

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP  
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE  
CENTRE DE THIES DEPARTEMENT GENIE ELECTROMECHANIQUE



G.M. 0328



PROJET DE FIN D'ETUDES  
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION

# **ÉTUDE PRÉVENTIVE DE LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION DANS LES ZONES PORTUAIRES**

AUTEUR : M. MOHAMED LEMINE DIOP  
ENCADREUR : M. SENI TAMBA

Membres du jury : M.

Dr. PAUL DEMBA (COORDINATEUR)

Pt. IBRAHIMA KALIL CISSE

Dr. SENI TAMBA

Dr. LAMINE DIALLO

ANNÉE ACADEMIQUE 2005 / 2006

## DÉDICACES

Louages à Dieu le tout puissant par la grâce duquel ce travail a eu jour.

Que la bénédiction et le salut de dieu soient sur le prophète Mohamed ; Ainsi que sa noble Famille et les bienheureux Compagnons.

A feu ma mère, la meilleure des mères.

Que la terre de Boghé lui soit légère.

Que Allah l'accueille dans ses paradis éternels.

A feu mon père, le sage parmi les sages, le meilleur des éducateurs.

Que la terre de Rosso lui soit légère.

Que dieu l'accueille dans ses paradis éternels.

A mes oncle et tante, cousin et cousines.

A mes frères. A mes sœurs.

A mes camarades de promotion.

A toutes personnes qui m'aimes.

A toutes personnes qui me sont chères.

Veillez trouver ici chers parents, chers amis et chers enseignants le résultat des sacrifices que vous avez toujours consentis pour ma réussite dans la vie et merci pour l'attention particulière que vous avez toujours porté à mon égard.

## REMERCIEMENTS

Après avoir remercié Dieu le très Miséricordieux-le tout Miséricordieux, que Dieu bénisse perdurablement notre Seigneur et Guide, Ton bien Aimé Mohammad ; ainsi que sa noble Famille et les bienheureux Compagnons, de m'avoir donné de la santé pour réaliser ce projet de fin d'études.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui de près ou de loin, m'ont aidé par leurs actes ou par leurs conseils à la réalisation ce projet de fin d'études.

En particulier j'adresse mes vifs remerciements à :

Monsieur Seni TAMBA, professeur à l'ESP pour avoir bien voulu diriger ce projet de fin d'études, pour ses conseils, pour son soutien constant et sa disponibilité tout au long de cette étude :

Monsieur Sidy Ahmed, directeur Technique du PAN et son personnel.

Monsieur Camara, Comandant de la capitainerie du PAN et son personnel pour les renseignements très précieux sur les épaves des navires et leurs positions dans la zone portuaire du PAN.

Monsieur Ahmed Moctar, conseiller auprès de directeur général du PAN pour l'analyse les différents aspects de la pollution dans les zones portuaires.

Mes remerciements vont aussi à :

A tout le corps professoral du département Génie Mécanique.

A tous les agents du PAN.

A tous mes camarades de promotion.

Pour leurs collaborations et leur compréhension à mon égard, ils n'ont ménagé aucun effort pour m'encourager, m'aider et me suivre dans mon apprentissage à l'école.

## SOMMAIRE

L'étude préventive de la lutte contre la pollution dans les zones portuaires, constitue l'objet de ce projet de fin d'étude traité en huit chapitres.

Dans le premier chapitre, il s'agit de faire une description l'impact écologique de la pollution d'hydrocarbure sur l'environnement marin.

Dans le second chapitre, nous proposons d'identifier, les sources réelles de la pollution chronique et accidentelle dans les environnements portuaires, par les hydrocarbures et les rejets qui représentent une menace de plus en plus grave pour l'environnement maritime.

Dans le troisième chapitre, les menaces que représentent les épaves pour l'environnement maritime et aux trafics maritimes. Hypothèse collision épave, pétrolier au long des zones portuaires, comment pourrons nous lutter contre la propagation des nappes d'hydrocarbure ? Et qu'elles seront les conséquences destructrices sur les réserves et sur les ressources halieutiques ?

En ce sens, nous proposons les procédures et les moyens de lutte contre la pollution par propagation des nappes hydrocarbures (marées noires) dans ses multiples aspects.

Au quatrième chapitre, atmosphère et les retombées de la pollution atmosphérique l'analyse la pollution atmosphérique, les processus des échanges entre les réservoirs principaux et ses impacts sur la vie humaine.

Au cinquième chapitre, Processus de transfert de la pollution par gaz liquide et liquide gaz par les aérosols.

Au sixième chapitre, Les moyens de prévention de la lutte contre la pollution dans les zones portuaires.

Au septième chapitre, les es procédés généraux d'extinction d'incendie, la détection d'incendie dans les zones portuaires et les navires. La classification les incendies et le mode action de les éteindre suivant chaque cas d'incendie.

## INTRODUCTION

L'objectif essentiel de cette étude est de mettre l'accent sur l'existence réelle de la pollution et le risque élevé de la pollution chronique et accidentelle dans les zones portuaires, provoquée par des polluants industriels. Les rejets terrestres acheminés vers la mer. Les rejets provenant des navires en mer et dans les ports, les incendies maritimes et les retombées atmosphériques.

Par définition les ports sont des maillons de la chaîne de transport et permettent d'assurer le passage d'un mode de transport terrestre à un mode de transport maritime.

Par cette occasion, il est impossible d'éliminer les risques de pollution maritime mais il est possible de limiter les causes, les conséquences, les effets néfastes sur la vie humaine et le milieu naturel. Comme la pollution est la présence ou l'introduction d'une altéragène dans un milieu déterminé. L'altéragène est toute substance ou tout facteur provoquant une altération de l'environnement. Selon la nature de l'altéragène, nous distinguons, trois types de pollutions : physique, chimique, biologique.

Il résulte que ces trois types de pollution peuvent avoir pour origine l'homme; mais on peut noter des causes naturelles : volcans, orages, des tremblements de terre.

Dans cette étude nous traitons les moyens de lutte contre la pollution provoquée par l'homme dans les zones portuaires. Nous traiterons également des divers procédés d'extinction et prévention de feu dans les zones portuaires.

En outre, la présence des épaves des navires dans les zones portuaires et dans les zones de pêche constitue l'insécurité pour la navigation maritime à l'intérieur et à l'extérieur des ports. Ces épaves deviennent également une source de pollution pour l'environnement portuaire dans ses formes les plus complexes.

Vu l'importance de la sécurité maritime, le souci constant du danger réel de la pollution dans les zones portuaires (Nouadhibou ; Dakar), la mise en place d'une structure de lutte contre la pollution s'impose. En ce sens, nous proposons les outils indispensables pour la lutte et la prévention de la pollution dans les zones portuaires, dans ses multiples aspects.

## **CHAPITRE1 : L'IMPACT ECOLOGIQUE LA POLLUTION SUR L'ENVIRONNEMENT MARIN**

Vu la spécificité du sujet, nous pensons qu'il est nécessaire de définir certains mots clés de cette étude. Hydrocarbures : composés organiques constitués de carbone et d'hydrogène ; ce sont les composés organiques les plus simples et on peut considérer que les autres composés organiques en sont dérivés. Les hydrocarbures présentent une grande importance commerciale, on les utilise comme carburants, comme combustibles, comme huiles lubrifiantes et comme produits de base en synthèse pétrochimique. La contamination par le déversement des hydrocarbures liquides est l'une des formes les plus graves de la pollution de l'environnement marin.

### **1.1. L'impact du déversement d'hydrocarbure sur l'environnement marin**

Après le déversement d'hydrocarbure, trois phases principales se déroulent.

#### **1.1.1. Extension de la pollution**

Une phase initiale d'extension de la pollution en surface et en profondeur avec forte mortalité des organismes vivants et contamination de l'environnement.

#### **1.1.2. Stabilisation de la pollution**

Une phase de stabilisation du niveau de contamination des différents ensembles touchés (eau de mer, roche en place, les plages, organismes vivants.)

#### **1.1.3. Recolonisation de la pollution**

Une phase de recolonisation et de restructuration des peuplements, aux rythmes variables suivant les ensembles bioclimatiques. Les hydrocarbures déversés dans l'environnement marin sont progressivement décomposés par des processus physiques, chimiques et biologiques.

## **CHAPITRE2 : POLLUTION CHRONIQUE ET ACCIDENTELLE DANS L'ENVIRONNEMENT PORTUAIRE**

La pollution chronique et accidentelle dans l'environnement portuaire, par les hydrocarbures et les rejets nocifs représente une menace de plus en plus grave pour l'environnement maritime.

Nous proposons ici d'identifier, certaines sources réelles de la pollution dans les environnements portuaires.

### **2.1. Pollution chronique dans l'environnement portuaire**

Les rejets d'huiles usées pendant les opérations d'entretiens des navires. Les déversements de gasoil pendant les opérations de transferts lors de ravitaillements en combustibles. Les fuites de carburants des soutes des épaves situées dans les zones de pêches en rade sont connues et devenues des sources de pollution chroniques. Les opérations de ballastages aux quais de commerce du PAN et quai NAFTAL. La raffinerie du pétrole NAFTAL les eaux servant véhicule lors du transport du pétrole brut son évacuer en mer sans traitement.

Les métaux alliage, pour la construction navale d'autres éléments toxiques (comme le plomb, mercure et le cadmium), les PVC et les matières plastiques provenant de résidus des hydrocarbures dans les épaves ou provenant des égouts peuvent avoir localement des conséquences très graves dans les environnements maritime portuaire.

Les eaux usées provenant des installations industrielles de ces deux villes portuaires (NDB, Dakar) et les eaux des égouts de diverses origines sont rejetées directement en mer sans traitement approprié.

## 2.2. Pollution accidentelle pétrolière dans l'environnement maritime

Après chaque accident majeur de la pollution pétrolière, les politiciens assurent au public que : Les leçons seront retenues et un tel accident ne se reproduira plus jamais ; La réalité est assez différente, la navigation est une industrie à risques et malgré les avancées technologiques, le fait que l'élément humain soit toujours le facteur critique, le danger de la navigation maritime ne change pas.

De façon similaire, les compétences propres de la marine sont toujours essentielles, dans l'utilisation des forces sous contrôle pour contre balancer les forces de la nature.

Compétences et la science pour déterminer la position d'un bateau de le mener en toute sécurité à bon port.

Les défis d'une navigation sûre sont situés dans le contexte de l'évolution des législations et des réglementations visant spécialement à protéger l'environnement de ces multiples dommages dont certains sont déjà irréparable.

Au moment de l'impact de la pollution accidentelle d'hydrocarbures dans les zones portuaires, il s'exprime de multiples considérations et points de vues sur les aspects politique, commerciaux, juridiques, l'environnementaux et communautaires de l'événement ;

Dans ce champ de visions d'intérêt, les impacts locaux réels peuvent se trouver masqués par des rapports stratégiques visant l'effet d'annonce et la question se pose de savoir ce qu'est censé protéger ?

L'impact d'un déversement d'hydrocarbures au niveau local met en cause les défis lancés aux législateurs, aux opérateurs, aux environnementalistes et aux partenaires économiques. Toute pollution accidentelle doit aboutir sur une perspective plus réaliste pour la survie de l'environnement ; en tirant ainsi des conséquences pratiques sur l'efficacité des régimes existants aux points de vue responsabilité et réparation.

### 2.2.1. Spécification l'impact de la pollution accidentelle dans l'environnement maritime.

La pollution accidentelle la plus redoutée est celle de déversements du pétrole brut dans l'environnement marin du aux trafic maritime. On peut noter les deux cas récents qui sont toujours reste dans les esprits, plus particulièrement dans celles des autorités portuaires et maritime dans le monde entier :

- **Torrey Canyon,**
- **Le Sea Empress**

Nous orientons les recherches les plus poussées sur le pétrolier Sea Empress

**Le Sea Empress**, chargé d'une cargaison de 130 018 tonnes de pétrole brut léger, s'est échoué dans le Middle Channel Rocks aux abords de Milford Haven (Royaume-Uni) le 15 février 1996.

**Torrey Canyon**, accidenté dans les environs des îles de Sorlingues , le 18 mars 1967, le pétrolier libérien Torrey Canyon, armé par une filiale américaine de l'Union Oil Company of California, chargé de 121 000 tonnes de brut, s'échoue entre les îles Sorlingues et la côte britannique.

Le gouvernement britannique a reconnu qu'il n'était possible d'attendre des propriétaires de navires qui parcourent le monde, des arrangements d'urgence.

Malgré la mobilisation de tous les moyens disponibles pour la lutte de cette pollution pétrolière des environnements maritimes, plusieurs nappes de pétrole dérivent en masse, venant toucher les côtes britanniques et françaises.

Il se révélera plus tard que certains des dispersants utilisés pour la lutte étaient plus toxiques que le pétrole brut déversé. Cet accident fait découvrir à l'Europe un risque qu'il avait négligé ; qui a donne naissance aux premiers éléments des politiques: Française, Britannique , Européenne des préventions et des luttes contre les grandes marées noires dans les environnements maritimes.

### 2.2.2. L'impact de La pollution accidentelle par Sea Empress sur l'environnement

L'enregistrement et diagnostic d'un accident dans l'environnement Maritimes, fournissent des références spécifiques, valables pour comprendre les causes, et les importantes options des interventions.

En tout, le déversement du pétrole brut par Sea Empress s'est élevé à 72 000 tonnes de pétrole brut et 480 tonnes de fuel dont on estime qu'entre 3 700 et 5 300 se sont échoués sur les côtes.

Les conséquences pour les 200 km de côtes galloises touchées se sont traduites par une interdiction de pêcher et un impact élevé sur l'habitat et 7 000 oiseaux marins mazoutés, qui se sont échoués sur ces côtes. Tout l'écosystème de l'environnement qui est touché, des plages de sable, des estrans rocheux et en fin une perte de deux millions de livres sterling dans le tourisme. Les aspects légaux de cette affaire ont des implications au niveau des autorités portuaires en terme de responsabilité ; ainsi que pour les systèmes de Commande et Contrôle des opérations de sauvetage.

L'autorité du port de Milford Haven (MIIPA) a été poursuivie par l'agence de l'environnement, selon le Water Resources Act (acte des ressources de l'eau) mettant en cause sa stricte responsabilité.

### **2.2.3. Les sources susceptibles d'entraîner la pollution accidentelle dans les zones portuaires**

Les règlements n'ont de valeur que s'il existe des moyens pour les faire respecter. Il s'agit en effet de détecter, d'identifier et de surveiller d'une part les pollueurs, d'autre part de dévier la pollution accidentelle.

- Règles de sécurité de la navigation,
- Dispositifs de séparation du trafic.
- Formation équipages de veille,
- Mise en place d'équipement et de navigation moderne,
- Capacité de manœuvre des grands navires,
- Norme de construction des pétroliers,
- Sécurité des procédures d'exploitation,
- La position des épaves dans les zones de navigations en fonction des marées,

### **2.2.4. Préventions des accidents susceptibles d'entraîner la pollution dans les zones portuaires**

- Quant aux réductions de déversements accidentels et les dommages causés en milieu marin par des navires pétroliers ; ces grandes diversités de mesures contribueront à diminuer considérablement la pollution pétrolière dans les zones portuaire.
- Capacité de suivie d'un pétrolier accidenté
- Limitations des dimensions des citernes
- Facilité de transfert des cargaisons dans les citernes non endommagées
- Mise au point de procédures de nettoyage obligatoires
- Octroi aux Etats de pouvoirs suffisants pour leurs permettre de prendre les mesures nécessaire vue de réduire ou même d'éliminer les dommages résultant d'accidents potentiels.
- Mise en place d'une procédure de répartitions des dommages

### 2.3. Réglementation actuelle de la pollution maritime

La réglementation actuellement en vigueur sur le plan international est la convention de Londres de 1954 amendée en 1962. Ratifiée par 43 pays dont la France, elle s'applique aux pétroliers jaugeant plus 150 tonneaux et aux autres navires plus de 500 tonneaux. Elle prévoit également, que dans une zone de 80,47 kilomètres des côtes, les rejets ne doivent pas contenir plus 100ppm d'hydrocarbures. En dehors de cette zone, les rejets sont libres. En 1969, un amendement non encore en vigueur, a été élaboré, qui prévoit :

Le remplacement de la norme des 100 ppm par une interdiction de rejet supérieur à 60 litres d'hydrocarbures par mille parcouru ; la limitation du rejet total de chaque navire au 1/15000<sup>e</sup> de sa cargaison ; l'interdiction de tout rejet dans la zone des 50 milles, l'ancienne zone réglementée s'étendant donc au-delà de cette distance. La modification du registre des hydrocarbures pour faciliter la recherche des infractions. La difficulté d'application et de contrôle de ces règlements a conduit l'OMCI à en considérer l'esprit et à préparer en 1973 une nouvelle convention plus globale.

#### 2.3.1. Convention de Londres pour les rejets opérationnels et accidentels en mer

En ce qui concerne les hydrocarbures, la convention de 1973 renforcera les règles de la Convention de 1954 et ses amendements sur les points suivants :

Le rejet total ne devra pas excéder 1/30000<sup>e</sup> de la cargaison pour les navires neufs.

Tout pétrolier neuf d'un tonnage supérieur à 70000 tonneaux sera occupé de ballasts séparés qui ne pourront pas recevoir d'hydrocarbures

Un oléomètre automatique (boîte noire) enregistra les teneurs et les circonstances de tout rejet.

Les ports, terminaux de chargement et ports de réparation seront équipés de stations de déballastage dans lesquels les eaux de ballast seront obligatoirement déversées lorsque les pétroliers auront effectués des voyages courts (inférieur à 72 heures.)

Les plateformes de forage seront assimilées à des navires de tonnage supérieur à 400 tonneaux et assujetties aux mêmes règles ; les citernes latérales auront un volume limité de façon à ce qu'une déchirure de coque ne puisse conduire à un déversement supérieur à 30000 tonnes.

L'application de ces règlements doit, à terme, réduire dans des proportions importantes les rejets opérationnels et accidentels.

### CHAPITRE3 : MENACE DE LA POLLUTION DES HYDROCARBURES PAR LES EPAVES ET AUX TRAFICS MARITIME

Le trafic maritime aux longs de ses cotes portuaires constitue des menaces permanentes pour l'environnement marin et sur tout pour les réserves satellites du Banc d'arguin et du cap Banc (colonie d'oiseaux.)

Hypothèse collision épave, pétrolier au long des zones portuaire, comment pourrons nous lutter contre la propagation des nappes d'hydrocarbure ? (Voir figure1 : Epave de Navire dans la baie de cansado Nouadhibou Mauritanie) Et qu'elles seront les conséquences destructives sur les réserves et sur les ressources halieutiques ?



Figure 1 : Epave de Navire dans la baie de cansado Nouadhibou (Mauritanie)

### 3.1. Conséquences destructrice de la pollution des hydrocarbures

Toute nappe de pétrole qui se répand à la surface de la mer commence par se diviser en lambeaux parallèles, dans l'axe du vent dominant.

À ce stade, l'évaporation du pétrole est rapide, ses composés volatils s'évaporant en l'espace d'une journée (les nappes de fioul léger peuvent même disparaître de moitié), alors que les résidus plus lourds se dispersent dans l'eau sous forme de gouttelettes.

Cette émulsion résiduelle est la plus polluante dans les cas les plus graves, elle forme à la surface, une mousse au chocolat ;

Sa lente décomposition incombe aux bactéries et autres microorganismes du milieu marin.

La chaîne de destruction du pétrole, et ses vitesses de réaction, dépendent de l'état de la mer, de la température et des conditions climatiques, et du type d'hydrocarbure.

En pleine mer, la pollution pétrolière affecte surtout les animaux de surface, notamment les oiseaux, ainsi que les mammifères et les reptiles marins.

La souillure gluante causée par le pétrole s'ajoute l'absorption de produits toxiques lorsque les animaux tentent de se nettoyer. Sur le littoral, écosystèmes entiers sont vulnérables à la pollution pétrolière, à commencer par les récifs coralliens, les marais salants et les mangroves...

### **3.2. Moyens de lutte contre la pollution par les hydrocarbures**

#### **3.2.1. Moyens par des agents dispersants.**

Par des agents dispersants :

Dans la lutte contre les marées noires, l'une des premières méthodes utilisées consistait à vaporiser des agents dispersants sur la nappe de pétrole pour la volatiliser.

Mais l'expérience a montré que les dispersants eux-mêmes, ou les émulsions qu'ils forment, peuvent s'avérer plus toxiques que le pétrole brut en question, et font périr de nombreux animaux (coqueaux, patelles, balanes et huîtres, etc.)

#### **3.2.2. Moyens par la biotechnologie**

Solution par la biotechnologie : elle consiste à répandre sur le pétrole des cultures bactériennes dont le métabolisme décompose les hydrocarbures.

Cependant, l'essentiel des évolutions de cette pollution de type organique est naturel, par évaporation, photo oxydation, dépôt puis lente dégradation.

#### **3.2.3. Inconvénient de la biotechnologie**

Cette solution présente l'inconvénient d'introduire dans l'écosystème marin des colonies de microorganismes et des nutriments biochimiques qui peuvent eux-mêmes être nuisibles et porter préjudice à la qualité de l'eau.

#### **3.2.4. Moyens par les barrages flottants**

Par des barrages flottants la méthode préconisée aujourd'hui est de contenir la nappe par des barrages flottants empêchant l'intrusion de la nappe sur le rivage et de la récupérer physiquement à l'aide d'écumeurs. On n'a encore recours aux agents dispersants que dans le seul cas où des nappes sont sur le point d'atteindre le rivage. De même, lorsque le pétrole a atteint littoral (situé au contact de la terre et de la mer), un ramassage physique est préférable à l'usage d'agents dispersants, qui risquent de diluer le pétrole en profondeur dans le sable. Avant que la nappe atteigne le rivage on la récupère physiquement à l'aide d'écumeurs en surface de la mer. (Voir figure2 le barrage flottant.)

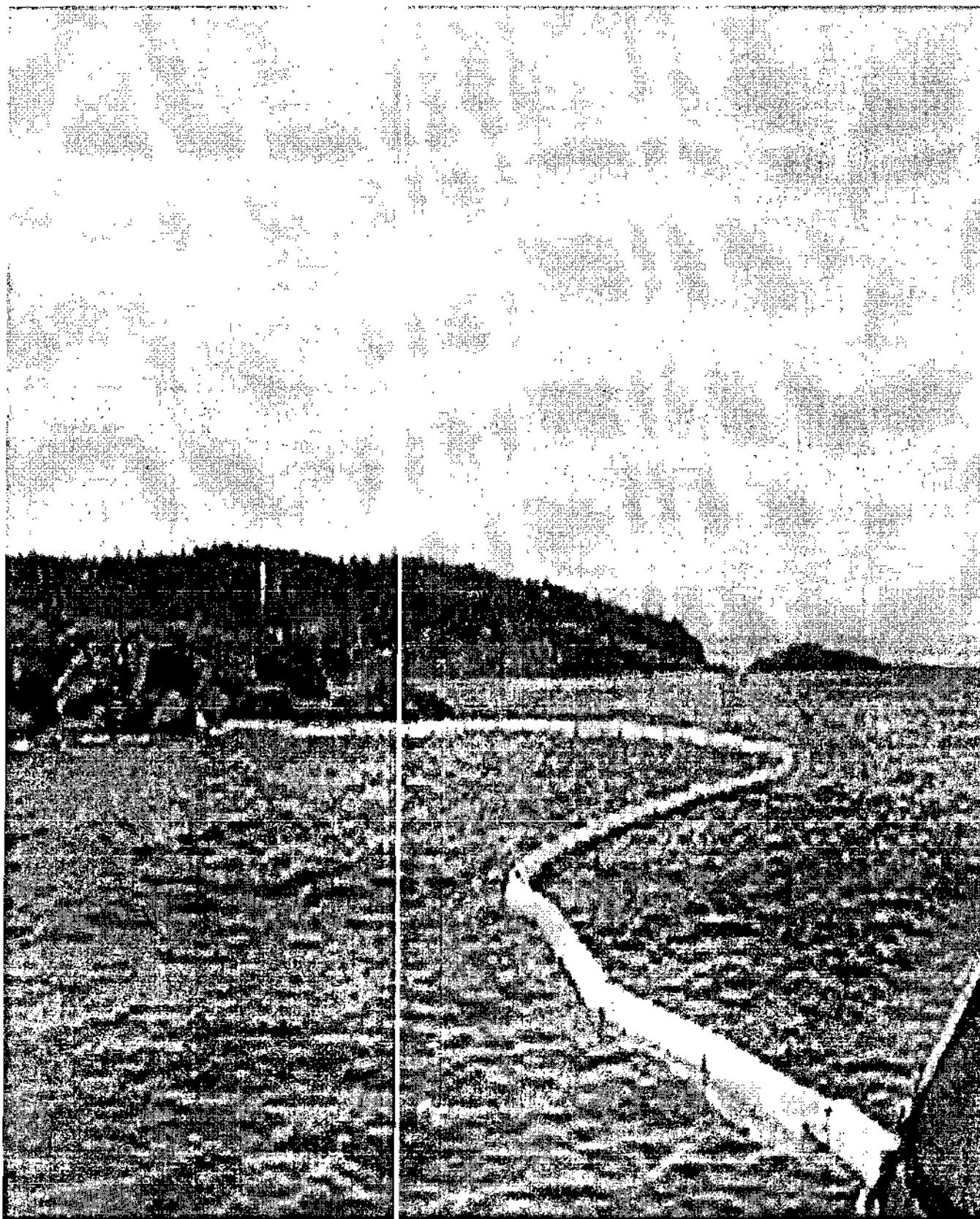


Figure 2 . Barrage flottant

### 3.2.5. La lutte contre la pollution d 'hydrocarbure sur la zone littorale

La zone littorale, ici nous présentons les moyens logistiques sans les quels la dépollution ne peut être exacte ; A savoir quel type de pollution arrivent sur le littoral. Figure 3 : hydrocarbure sur le littoral.



Figure 3 : Arrivée d'hydrocarbure sur le littoral.

### 3.3. Les différents types d'arrivages du pétrole sur le littoral

Un pétrole brut ou un fuel arrivant à la côte peut revêtir différentes formes : Nous présentons ici, les principaux types d'arrivage pour faciliter l'analyse de cette de formes pollution.

#### 3.3.1. Arrivages du pétrole sur le littoral en masse

Il s'agit de nappes homogènes d'épaisseur appréciable. L'hydrocarbure peut également être répandu sur une étendue importante (plusieurs centaines de m<sup>2</sup>), de façon plus ou moins continue, sur les surfaces dures verticales. ces dépôts revêtent l'aspect d'une bande horizontal voir figure 4.

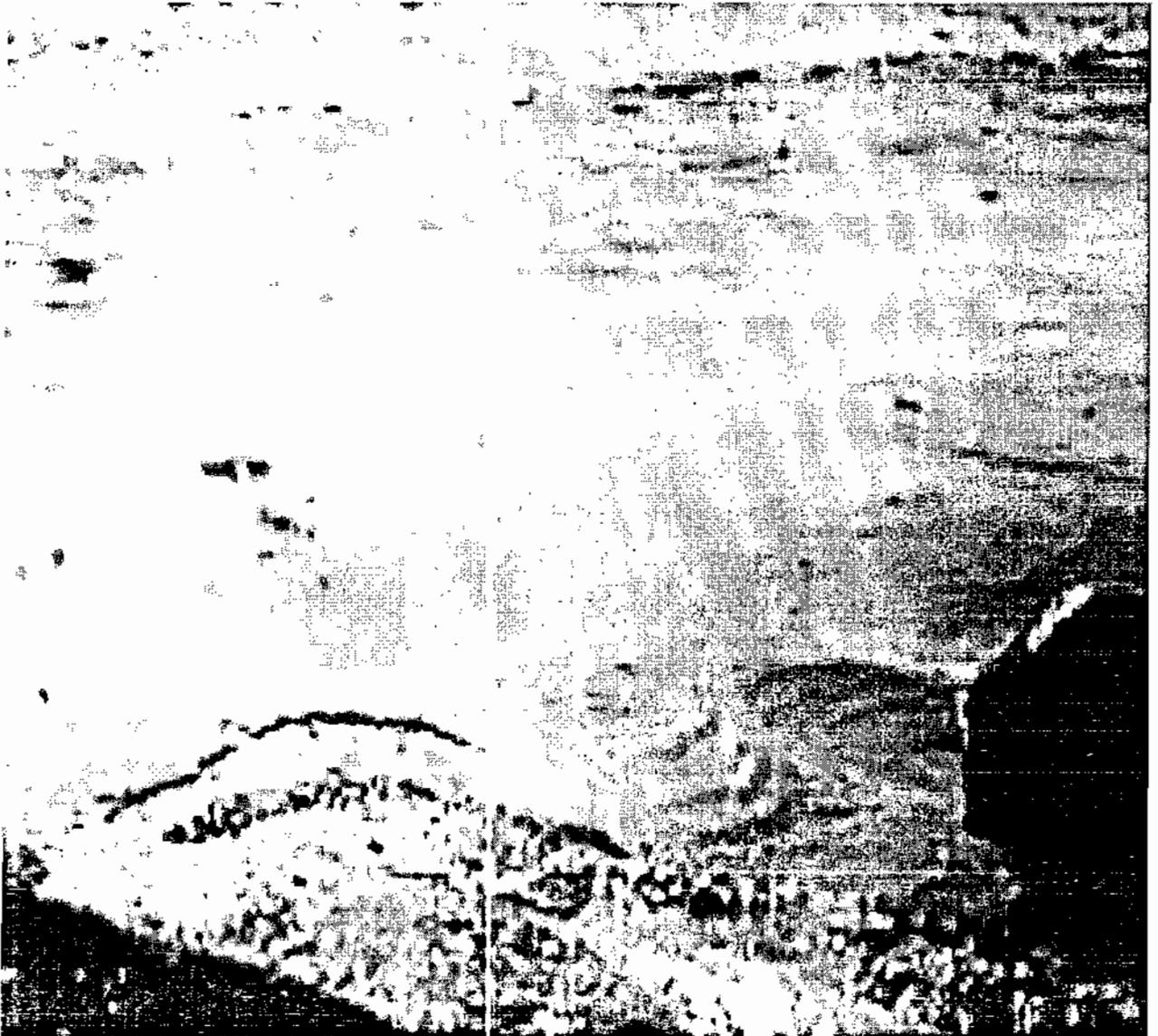


Figure 4 Arrivée d'une Nappe du pétrole brute d'épaisseurs homogène

### 3.3.2. Arrivage du pétrole sur le littoral en diffus

Trois possibilités se présentent :

Déposés en surface en plaques de plusieurs mm d'épaisseur et de diamètre supérieur au mètre, ou en galettes, au diamètre inférieur au mètre ; boulettes, au diamètre inférieur à 10 cm .Festons ou zébrures d'hydrocarbures correspondant à de faibles quantités de pétrole déposées en laisse de haute mer lors du retrait de la vague.

Ecume, ou mousse aérée brunâtre, déposée sur les estrans très fortement exposés, résultant d'un intense brassage, par les vagues, d'irisations plus ou moins fortes poussées à la côte. Cette écume ne représente qu'une très faible quantité de pétrole ; taches ou souillures, correspondant à des projections de pétrole sur des surfaces dures, irisations sur l'eau ou film gras sur l'estran. Pénétrés dans le sédiment ou naturellement enfouis ; couche de sédiments pollués, soit en surface, soit recouverte de sédiments propres (épaisseur variant de quelques cm à quelques dm),

Feuilletés, composés, sur une profondeur variable, de couches d'épaisseur notable (0,5 à 5 cm) d'hydrocarbure ou de sable pollué alternant avec des couches de sable propre. Le fuel peut se trouver piégé dans des débris divers ou des amas de végétaux échoués sur la plage (voir les figures d'arrivages du pétrole ci-dessous.)



**Figure 5 : Le pétrole brut arrive sur le littoral en boulettes**



Figure 6 : Le pétrole brut arrive sur le littoral en galettes

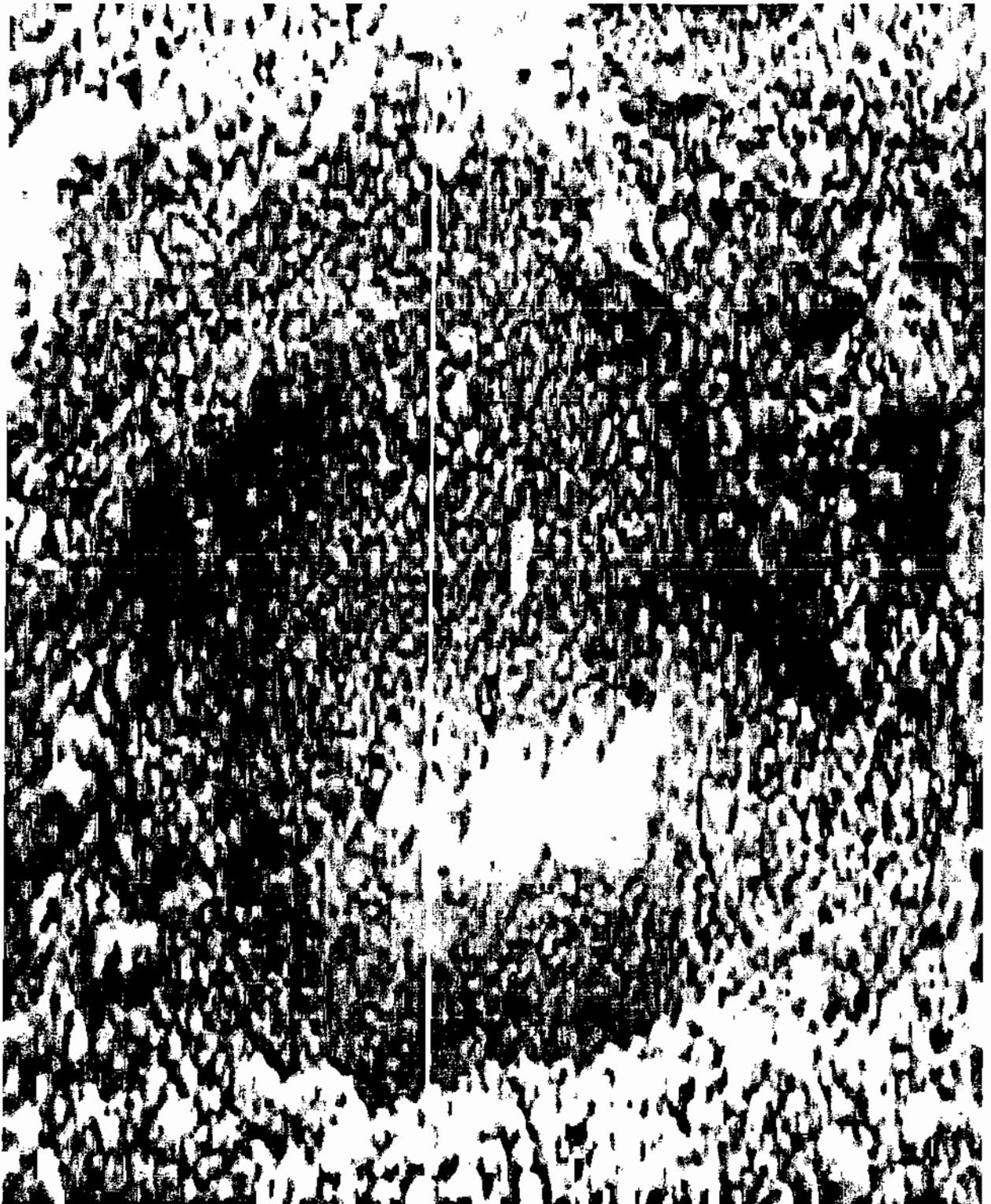


Figure 7 : Le pétrole brut arrive sur le littoral en feuilleté :

### 3.4. La quantification de la pollution a ramassé sur le littoral

Repérage des zones de dépôt du polluant.

Noter les caractéristiques du polluant (émulsion, pétrole frais, viscosité, couleur, adhérence aux substrats) et des matériaux pollués (sable, algues, débris divers). Mesurons pour chaque zone polluée et Calcule le volume de polluant pour chacune des zones. On additionne ensuite les volumes de polluant de tous les sites pour obtenir celui du secteur.

$$V = L \times l \times e \times c$$

L= La longueur, (L) en mètres, l=la largeur, (l) en mètres, e = L'épaisseur moyenne (e) en mètres,

c = le taux de couverture (c) en pourcentage.

Dans le cas de bandes homogènes rapprochées plus ou moins parallèles et de longueur identique, cette largeur correspond à la somme des largeurs des différentes bandes. L'épaisseur moyenne (e) du polluant (en mètres) ou des matériaux pollués (sable, algues, débris divers), le taux de couverture (c), en pourcentage.

#### 3.4.1. Quantification du pétrole enfoui sous le sable

Quantification du Pétrole en foui, on commence par déterminer l'extension de la couche polluée (L x l) ; voir figure 8 et le principe en dessous. Pour ce faire, on creuse des trous (tous les 2 ou 3 mètres) le long de lignes perpendiculaires au front d'eau. Espacer ces lignes selon une distance variable, à adapter en fonction de la longueur de la plage (tous les 20, 50, 100 mètres par exemple).

Vérifier rapidement que la couche de pétrole enfoui est continue entre 2 lignes. Si ce contrôle est négatif, en faire un autre en revenant à mi-distance de la dernière ligne, etc. Mesurer l'épaisseur moyenne de la couche polluée (e) et sa profondeur d'enfouissement. Attention à bien creuser assez profondément (1 m au moins, ou jusqu'au socle rocheux, ou jusqu'à la nappe de ruissellement).

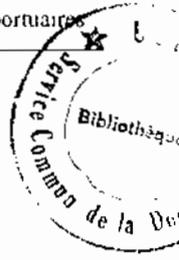
Reporter sur la figure la localisation précise de la couche et ses caractéristiques :

Couleur, épaisseur, volume de sédiment pollué (Voir le schéma de principe en dessous.)

$$V = L \times l \times e$$



Figure 8 : Principe de quantifications du pétrole enfoui sous le sable



### 3.4.2. Ramassage physique du pétrole sur le littoral

Nous sommes actuellement dans la phase de premier nettoyage.

Cette phase consiste à récupérer grossièrement mais rapidement le maximum de pétrole afin d'éviter qu'il ne soit emporté à nouveau par les vents et les marées et aille polluer d'autres zones littorales non encore atteintes.

Il est souhaitable que les opérations de nettoyage fin puis de restauration ne débutent que lorsque la certitude sera acquise qu'il n'y aura plus d'arrivages de pétrole sur le littoral.

Sur les plages on ramassera prioritairement les plaques, les taches, les galettes les plus grosses, pour éviter qu'elles soient enfouies par les mouvements du sable ou emportées et dispersées par les vagues vers d'autres sites plus sensibles. On ramassera également les macro déchets pollués, les algues fortement polluées, les hydrocarbures facilement récupérables en zones abritées.

Sur les zones rocheuses on ramassera les flaques épaisses accumulées dans les creux des rochers non battus. Sur les quais des ports et les approches des plages il est important de nettoyer tout ce qui peut introduire un risque de glissade ou dérapage des personnes ou véhicules.

Le nettoyage se fera à l'eau chaude sous pression (appareil type karcher) sans usage de détergent et avec récupération des effluents.

### 3.4.3. Moyens de ramassage du pétrole déposé

Le ramassage se fera manuellement (racolettes, pelles, râpeaux) sauf sur les très grandes plages ou des engins de ramassage mécanique (cribleuses,...) pourront être engagés si leur sécurité peut être assurée.

Des engins de travaux publics ou agricoles peuvent être utilisés pour faciliter le transport des polluants ramassés.

Il est fortement recommandé d'encadrer les personnels et volontaires travaillant sur le littoral afin d'assurer leur sécurité, d'optimiser les efforts de ramassage entrepris, afin de diminuer l'impact sur l'environnement.

En vue de faciliter les opérations de stockage, de transport et d'élimination et de limiter l'impact des opérations de nettoyage elles-mêmes, il est également recommandé de récupérer le moins possible le sable des plages avec le pétrole.

Cette consigne est particulièrement valable pour la récupération entreprise à l'aide d'engins de travaux publics.

En vue d'éviter toute pollution terrestre supplémentaire des précautions particulières (étanchéité des bennes et camions) devront être prises lors des transferts de polluant entre le lieu de collecte et le site de stockage intermédiaire.

Stockage du polluant récupéré : Dans un premier temps, compte tenu des quantités signalées, nous recommandons la mobilisation de bennes métalliques pour le stockage en haut de plage. Protéger les zones de stockages par des bâches plastiques.

Ne pas trop remplir ces bennes et éviter leur débordement.

Lorsque les quantités deviendront trop importantes des fosses de stockages devront être réalisées sous le contrôle des services spécialisés, avant le transport vers le site de stockage final en général les Raffinerie.

## CHAPITRE 4 : L'ATMOSPHERE ET LES RETOMBÉES DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Nous estimons par besoins immédiats avant d'entrée dans la phase d'analyse la pollution atmosphérique et les processus des échanges entre les réservoirs principaux :

Comme la mer, atmosphère et les divers chemincements des polluants, transfert gaz liquide, liquide gaz. Il est nécessaire de définir les clefs de ces processus qui est l'atmosphère.

### 4.1. Principaux constitnants de l'atmosphère

L'atmosphère est généralement considérée comme un système gazeux contenant principalement de l'azote, de l'oxygène, de l'argon, du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau.

A côté de ces constituants majoritaires, qui représentent plus de 99,5% de la masse de l'atmosphère, coexistent une multitude d'autres composés minoritaires : Molécules, atomes ou radicaux dont les concentrations, exprimées en partie par millions, voire en partie par milliards (ou sous multiples), peuvent avoir une influence considérable sur l'équilibre chimique ou radiatif de notre atmosphère. Leurs concentrations respectives dépendent de nombreux paramètres comme la localisation géographique, l'altitude, les saisons ou l'ensoleillement.

Nous notons en particulier la présence d'une grande variété d'hydrocarbures (méthanique), d'aldéhydes, d'oxydes d'azote et de soufre, d'acides (chlorhydrique, nitrique, sulfurique, organiques), de radicaux (OH, HO<sub>2</sub>).

Le tableau 1 ci-dessous résume succinctement les pourcentages en volume des principaux constituants de l'atmosphère. L'azote, l'oxygène et les gaz rares sont présents dans ces concentrations depuis des millions d'années. La composition de l'atmosphère sèche au voisinage du sol peut être considérée comme invariable. Dans ces conditions la masse molaire de l'air est de  $M=28.966$ , et sa masse totale est estimée à  $5.13 \cdot 10^{10}$  kg soit un millionième de la masse de la terre.

Composant	Formule chimique	%en volume
Azote	N <sub>2</sub>	78,1
Oxygène	O <sub>2</sub>	20,9
Argon	Ar	0,93
Di oxyde de carbone	CO <sub>2</sub>	0,035
Néon	Ne	0,0018
Hélium	He	0,0005
Méthane	CH <sub>4</sub>	0,00017
Krypton	Kr	0,00011
Xénon	Xe	0,00009
Hydrogène	H <sub>2</sub>	0,00005
Oxyde nitreux	N <sub>2</sub> O	0,00005
Ozone	O <sub>3</sub>	0,000001-0,000004

**Tableau I : les principaux constituant de l'atmosphère et les pourcentages en volume de ces Constituants.**

## 4.2. Stratification de l'atmosphère

La structure de l'atmosphère telle que nous la connaissons maintenant a presque été entièrement découverte au vingtième siècle. Après bien des controverses, la nomenclature la plus généralement admise actuellement fut recommandée par l'Union Internationale de Géophysique à Helsinki en 1960.

L'atmosphère est considérée comme un gaz parfait dont la pression diminue en fonction de l'altitude suivant une loi exponentielle.

Cette détente s'effectuant sans échange d'énergie, elle devait conduire à une diminution régulière de la température.

Or, cette température décroît jusqu'à 12 km d'altitude en zone tempérée, comme escompté, pour ensuite se maintenir jusqu'à 14 km d'altitude à une température comprise entre 230 K et 240 K dans ce que l'on appelle la tropopause.

Puis, dans la stratosphère la température croît légèrement jusqu'à 275 K en raison de l'absorption du rayonnement solaire par l'ozone.

La mésosphère s'étend au-delà de la stratopause jusqu'à un minimum de température situé vers 80 km qui correspond à la mésopause.

Finalement, dans la thermosphère, la température croît constamment. Elle atteint 855 K à 200 km et 1000 K à 750 km dans l'exosphère (voir figure 9 en dessous.)

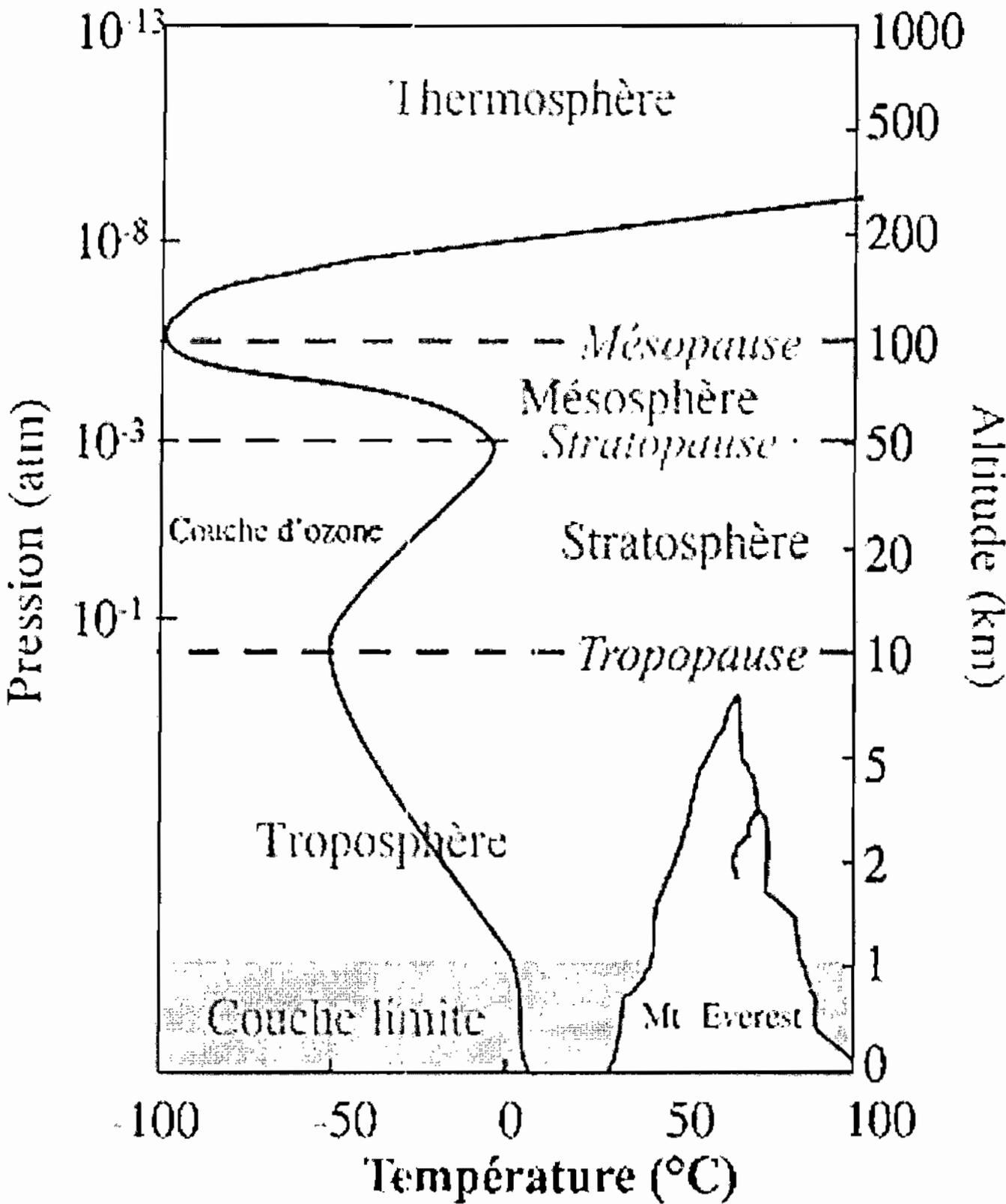


Figure 9 : Schématisation verticale de l'atmosphère :

### **4.3. Pollution atmosphérique et les retombées atmosphériques**

L'homme est exposé aux polluants atmosphériques dans les différents environnements où se déroule sa vie quotidienne ; afin d'avoir une connaissance globale des lieux de plus grande exposition de risque, d'être en mesure de déterminer et conduire une vie proportionnée et cohérente de réduction des risques liés à la pollution de l'air.

#### **4.3.1. Pollution atmosphérique de transfert gaz- liquide**

L'impact de la pollution atmosphérique sur la santé incite à informer la population sur les risques évitables et les actions à entreprendre.

Il convient de rassembler l'information collectée par les divers dispositifs de surveillance de la qualité de l'air dans l'air ambiant extérieur, ainsi que dans les atmosphères professionnelles et dans les autres espaces intérieurs.

L'activité d'expertise est à l'interface entre ceux qui font métier de connaître, et ceux qui ont pour fonction de décider. Tous les décideurs, à quelque niveau qu'ils soient, ont besoin "d'experts" qui traduisent les connaissances scientifiques, en réponse à des questions opérationnelles posées :

A quel niveau doit-on fixer la limite de concentration du polluant X dans tel espace vital Y ?

#### 4.3.2. Les sources de pollution atmosphérique dans l'environnement maritime

Les sources de pollution atmosphérique proviennent d'émissions non contrôlées par des épuratoires, des fonderies, cheminées, incendie pétrolier, par la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) :

L'évacuation de déchets industriels en mer par des épuratoires sans traitement indispensable dans des conditions dangereuses et frauduleuses.

Les usines métallurgiques et sidérurgiques, les incinérateurs, les raffineries de pétrole, les cimenteries présentes dans les espaces portuaires deviennent de plus en plus des pollueurs.

Les usines d'acides nitriques, sulfuriques contribuent quant à elles à d'importants rejets en dioxyde de soufre.

Les transports routiers rejettent également une large palette de ces polluants, avec notamment du monoxyde de carbone (CO).

Enfin, l'ozone (polluant secondaire) se forme à partir d'autres polluants dits primaires (les oxydes d'azote notamment), selon un processus photochimique ;

Pour les particules solides, outre l'état condensé de l'eau sous forme de glace, l'air contient des corps en suspension très divers, provenant pour la plupart de la surface de la terre.

L'ensemble constituant de ces polluants se concentre exclusivement au-dessus des villes et des zones industrielles d'où ils ont été libérés

Par conséquent, cette pollution anthropique affecte directement la qualité de l'air de la région polluée, entraînant de graves problèmes de santé chez la population environnante.

Ces polluants condensés hétérogène à la fois gaz, solide et liquide font retour sur terre, chez la population environnante par les aérosols à travers la pluie et les vents.

### 4.3.3 Spécification des sources de pollution atmosphérique *par* une cheminée

Quelle est la quantité des particules des polluants émises par une cheminée en tel site ?

Quelle est l'augmentation de la concentration du polluant dans toutes les zones touchées ?

En utilisant des modèles de dispersion atmosphérique ; (par ex. g/m<sup>3</sup> de particules de ces impacts).

Calcul des impacts physiques (par ex. nombre de crises d'asthme dues à ces particules, en utilisant une fonction dose-réponse). Evaluation monétaire (par ex. multiplication par le coût d'une crise)

Parmi les métaux lourds émis par les cheminées dangereux pour la santé, il faut citer le plomb, le mercure, le cadmium, l'arsenic et les additifs au plomb contenus dans l'essence.



Figure 10 : Cheminée sources de pollution atmosphérique

#### 4.3.4. Impact de la pollution atmosphérique sur l'environnement

Les principaux polluants anthropiques sont le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ), le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), ainsi que l'ozone ( $\text{O}_3$ ).

L'ensemble de ces constituants se concentre exclusivement au-dessus des villes et des zones industrielles d'où ils ont été libérés. Par conséquent, cette pollution anthropique affecte directement la qualité de l'air de la région polluée, entraînant de graves problèmes de santé chez la population environnante :

- Au niveau de la surface terrestre, les effets visibles d'une pollution atmosphérique commencent en général par des irritations oculaires dues aux fines particules en suspension dans l'air, ainsi que par des déficiences significatives de la vue et de la respiration.
- Des mauvaises odeurs peuvent se faire sentir, comme celle d'œuf pourri émanant du sulfure d'hydrogène.
- Des douleurs de poitrine ainsi que des toux répétées constituent d'autres symptômes caractéristiques. Lors de situations extrêmes avec de forts taux de toxicité, les risques de cancer sont accentués et des cas mortels peuvent se présenter.
- Les personnes particulièrement exposées à ces risques sont les jeunes enfants, les personnes âgées, ainsi que les personnes sensibles (asthmatiques, fumeurs, malades du cœur ou des poumons).
- Dans tous les cas, une exposition à long terme accentue ces effets néfastes.
- Cette pollution atmosphérique peut également avoir des effets désastreux sur le bétail, ou occasionner des dégâts importants sur les récoltes.
- Les concentrations en polluants sont réduites par le mélange permanent de l'atmosphère, qui permet d'atténuer leur effet nocif.
- Ce degré de mélange est fortement dépendant des conditions météorologiques, comme la température de l'air (forte chaleur) et la vitesse du vent (absence de vent).
- Le mouvement des systèmes de hautes, basses pressions et leur interaction avec la topographie locale peuvent également influencer sur ce mélange atmosphérique.

- Théoriquement, la température de l'air diminue avec l'altitude, lorsqu'une couche d'air froide se trouve au-dessous d'une couche d'air chaude, il se produit une inversion thermique.
- Ce phénomène retarde le mélange atmosphérique, laissant ainsi les polluants s'accumuler près de la surface de la terre.
- Ces situations d'inversion thermique peuvent se prolonger dans le temps lors de systèmes stationnaires de hautes pressions associées à de très faibles vents.
- La combinaison de circonstances extrêmes (taux de polluants, conditions atmosphériques) peut conduire à des événements catastrophiques (par exemple).
- Des situations de smog (brouillard et fumée) peuvent entraîner des conséquences dramatiques, notamment dans les grandes agglomérations mondiales.
  
- Par exemple, le « grand smog » de Londres en 1952 a entraîné la mort d'environ de 4 000 personnes, compte tenu d'un fort taux en fumée en dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>).
  
- L'étude effectuée par Unesco en 1990 a constaté qu'environ 70.000 enfants vivant dans les villes d'industrielles moyenne risquaient de perdre au moins quatre points de leur QI (quotient intellectuel), établi d'après des tests normalisés, parce qu'ils étaient fortement exposés aux émissions de plomb provenant de véhicules à moteur.
  
- En Amérique latine, quelque 15 millions d'enfants de moins de deux ans courent des risques de santé à cause de la pollution par le plomb dans l'atmosphère.
- Les États-Unis ont commencé à éliminer l'essence au plomb après l'adoption en 1970 de la Loi de l'air pur. Par contre, il a fallu attendre le milieu des années 1980 pour que la Commission européenne suive leur exemple.

#### 4.3.5. Les moyens de lutte contre la pollution atmosphérique

La maîtrise et la gestion des rejets anthropiques sont donc désormais devenues nécessaires, ceci est difficile à mettre en œuvre étant donné le mode de développement économique actuel d'Afrique francophone et du fait d'une sphère politique souvent peu sensible aux problèmes environnementaux après certaines observations. Diverses solutions techniques déjà peuvent limiter les rejets nocifs dans l'atmosphère ; par la même occasion nous proposons des solutions pratiques et préventives de la pollution atmosphérique :

- Le renforcement de l'expertise nationale sur la qualité de l'air dans son ensemble, à la fois sur le plan de l'expertise du risque mais aussi en ce qui concerne les questions techniques, indispensable.
- Il convient d'anticiper les travaux en maintenant au niveau national le développement de la recherche en épidémiologie et en toxicologie sur ces rejets atmosphérique, en recueillant des données de surveillance sanitaire des populations et des travailleurs et des données sur des polluants même lorsqu'ils ne font pas encore l'objet d'une réglementation.
- L'avancée des travaux prospectifs doit être lisible et faire l'objet de communications sur l'ensemble du domaine (pollution extérieure, intérieure, milieu du travail).
- La première méthode consiste à remplacer les modes d'énergie actuels par des énergies dites propres comme les énergies solaire, éolienne ou marémotrice.
- Une seconde solution consiste à modifier les substances dangereuses avant leur transformation, puis contrôler les processus de transformation.
- Les polluants automobiles peuvent ainsi être réduits en rendant la combustion d'essence aussi complète que possible.
- Les carburants pollueurs (diesel, essence) peuvent être remplacés par des carburants plus propres, tels que le gaz de pétrole liquéfié (GPL) ou le gaz naturel comprimé (GNC). Ces nouveaux combustibles émettent en effet un faible taux de matières polluantes (en monoxyde de carbone notamment).

- Une autre méthode consiste à retirer partiellement le polluant formé, par les gaz d'échappement qui proviennent d'un moteur à combustion interne contiennent des éléments nocifs pour la santé de l'homme et pour l'environnement, dont le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NOx) et les hydrocarbures non brûlés, dus à la combustion incomplète du mélange air carburant. La conversion de ces polluants en substances non nocives est réalisée par un **convertisseur catalyseur**, placé en aval des tuyaux d'échappement et constitué d'un cylindre en céramique revêtu de métaux tels que le platine, le palladium et le rhodium. Ces métaux ont la propriété de réagir avec les substances nocives, en les transformant en vapeur d'eau et en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Son utilisation sur les véhicules est indispensable, dans les villes portuaires.
- Dans l'industrie, les particules émises peuvent être récupérées grâce à des **cyclones, précipitateurs électrostatiques ou des filtres électrostatiques**. Les gaz polluants recueillis peuvent ensuite être incinérés afin d'obtenir des substances inoffensives.
- Par ailleurs, équipés **les véhicules des piles à combustibles**, rejetant uniquement de la vapeur d'eau dans l'atmosphère, constituent à première vue une alternative séduisante du point de vue écologique ; mais sur le long terme, cette solution aboutirait à une augmentation significative du taux de vapeur d'eau dans l'atmosphère, ce qui aurait pour conséquence d'accroître l'effet de serre. Voir le schéma de convertisseur catalyseur et son principe d'utilisation.

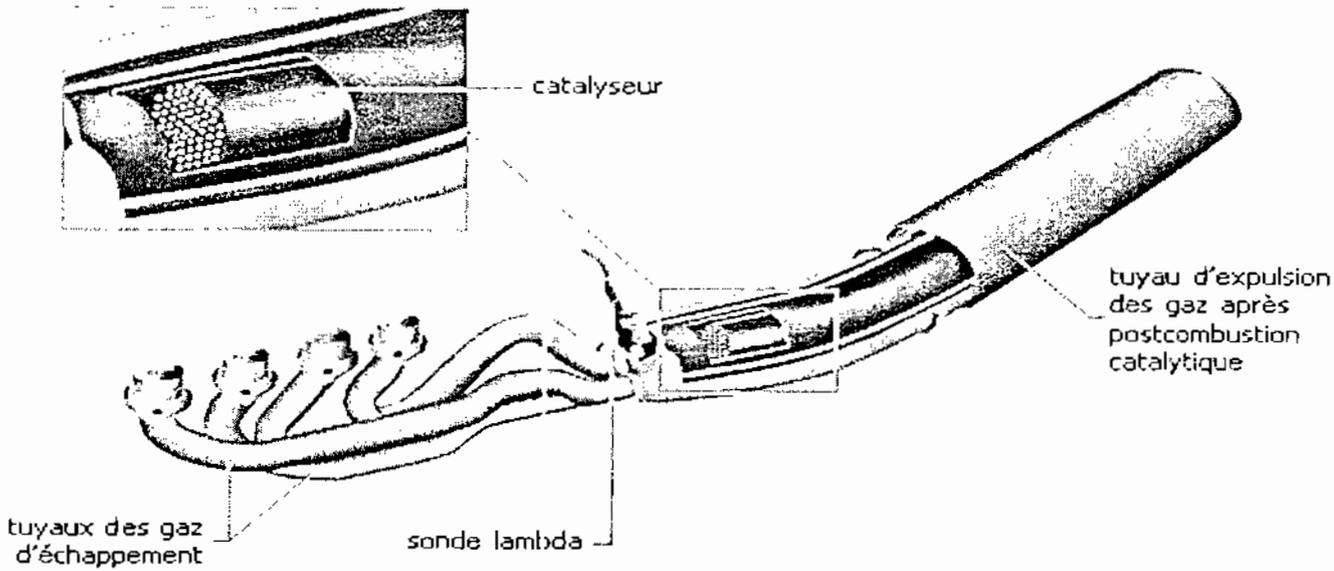


Figure 11 : d'un convertisseur catalyseur

### Convertisseur catalyseur :

Son principe est d'éliminer les éléments nocifs pour la santé de l'homme et pour l'environnement, dont le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NOx) et les hydrocarbures non brûlés, dus à la combustion incomplète du mélange air carburant.

La **conversion** de ces polluants en substances non nocives est réalisée par un **catalyseur**, placé en aval des tuyaux d'échappement et constitué d'un cylindre en céramique revêtu de métaux tels que le platine, le palladium et le rhodium.

Ces métaux ont la propriété de réagir avec les substances nocives, en les transformant en vapeur d'eau et en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), ce dernier contribuant toutefois à l'effet de serre.

#### 4.4. Gestion des risques liés à pollution atmosphérique

Un dispositif moderne de gestion des risques liés à la qualité de l'air comme, plus largement, à la qualité de l'environnement dans les zones portuaire, doit s'appuyer sur une information claire et loyale aux mécanismes de décision sans distorsion. Ce dispositif doit donc reposer sur une expertise contradictoire et assurer la participation et la consultation de tous les acteurs concernés, notamment pour fixer les priorités et les objectifs à atteindre. Pour créer les conditions de cette non distorsion, les acteurs et responsabilités en matière d'analyse et d'évaluation des risques doivent être clairement distingués de ceux, en charge de la gestion des risques.

##### **Evaluation et gestion**

Ces deux domaines sont étroitement articulés, une gestion éclairée des risques s'appuyant nécessairement (mais pas seulement) sur une évaluation objective et transparente des risques.

Mais ils doivent être clairement distingués, tant au niveau des instances qui en ont la charge, qu'en termes de procédures suivies. Alors que les exercices d'évaluation des risques doivent appuyer sur les meilleures informations objectives disponibles sur les dangers (la nocivité des polluants de l'air), les expositions, doivent expliciter clairement la nature et l'importance des incertitudes qui l'entachent .

La mission de gestion des risques est clairement un exercice politique d'arbitrage entre des points de vue variés (la santé, l'essor économique, l'emploi...) qui implique donc un jugement. Cela rend compte de la complexité de tous les problèmes liés à l'environnement, manifeste une exigence démocratique de traçabilité des responsabilités.

Nos systèmes actuels ne permettent pas d'assurer cette distinction, que ce soit au niveau d'environnement national que aux niveaux professionnels Cependant, ils demeurent incomplètes dans le domaine des risques environnementaux (liés aux situations de travail ou de résidence), manifeste encore une certaine ambiguïté dans la séparation des fonctions d'évaluation de la pollution, d'expertise et de contrôle. L'instauration d'une Agence de sécurité sanitaire communautaire de l'environnement, son articulation avec les services des l'États chargés de la gestion des risques de pollutions dans les zones portuaires et ces espaces. Ainsi avec les ports permettront, d'assurer de manière exemplaire cette exigence croissante de séparation des rôles et de définir clairement les conditions de leur complémentarité.

## CHAPITRE 5 : LES RETOMBÉES DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUES PAR LES AÉROSOLS

L'influence des aérosols sur le bilan radiatif, agissent sur le climat et sur la formation des nuages. Ils interviennent dans les processus de transfert de matière entre les océans et l'atmosphère, dans le transport de la pollution à longue distance et les mécanismes de dépôt par voie sèche, humide.

### 5.1. Transfert gaz liquide et liquide- gaz par les aérosols

Bien que l'atmosphère soit principalement constituée de gaz, elle contient néanmoins de la matière condensée. La capacité de notre planète à produire des quantités significatives de phases condensées liquide ou solide appelés plus couramment les aérosols.

Un aérosol est une particule liquide ou solide en suspension dans l'air. Les plus importantes particules liquides en suspension sont les gouttelettes d'eau qui constituent d'une manière très générale les hydrométéores.

Pour les particules solides, outre l'état condensé de l'eau sous forme de glace, l'air contient des corps en suspension très divers, provenant pour la plupart de la surface de la terre. Il existe également de la matière condensée hétérogène à la fois liquide et solide. C'est le cas des aérosols marins.

Dans les basses couches de l'atmosphère, les aérosols ont une influence sur le bilan radiatif et agissent sur le climat et sur la formation des nuages. Ils interviennent dans les processus de transfert de matière entre les océans et l'atmosphère, dans le transport à longue distance et les mécanismes de dépôt par voie sèche et humide.

## 5.2. Processus de transfert de la pollution par gaz liquide et liquide gaz

Sous l'effet de la chaleur du soleil une partie de la pollution à l'état liquide s'évapore ; Transformée en vapeur, elle s'élève dans l'atmosphère.

Plus la température est élevée, plus l'air peut contenir la pollution à l'état vapeur. Ainsi, en fonction de la température et de la pression de l'air, correspond un seuil de saturation au-delà duquel la vapeur passe à l'état liquide.

La vapeur polluée monte, l'atmosphère se refroidit, l'air est alors saturé et la vapeur se condense en fines gouttelettes et forme les nuages.

Ces derniers, entraînés par les vents voyagent et quand la température reste basse, les gouttes contenues dans les nuages ne se rassemblent en gouttes plus grosses des polluants.

Lorsque leur poids est suffisant pour vaincre les mouvements ascendants elles finissent par tomber : Il pleut. S'il fait très froid, les polluants se figent en cristaux : Il neige, il grêle. Arrivées sur la terre, les gouttes des polluants ne poursuivent pas le même itinéraire. Une majorité s'évapore à nouveau, d'autres s'écoulent, d'autres s'infiltrent.

En pénétrant dans le sol une partie de pollution est absorbée par les racines des plantes, le reste poursuit son chemin vers une nappe souterraine.

Dans le sol, la pollution chemine en fonction de la composition géologique :

Elle circule dans les vides présents dans les sols poreux (sable, gravier) ou fissurés (granit, calcaire). Arrêtée par un niveau imperméable, elle s'accumule. Une partie de ces sols devient ainsi saturée, ce qui forme une nappe souterraine.

En sous sol, les polluants à l'état liquide circulent en continues, elles s'ajoutent aux sources, nappes, rivières, fontaines, puits.

## CHAPITRE 6 : LES MOYENS DE PREVENTION DE LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION DANS LES ZONES PORTUAIRES

Avant de parler des moyens nécessaires pour la prévention de la lutte contre la pollution. Il est indispensable d'évaluer la situation actuelle.

Le PAN est pratiquement désarmé face à une quelconque situation de pollution d'hydrocarbures qui menace l'environnement marin. L'absence de moyens de prévention et de lutte contre la pollution d'hydrocarbures tant au niveau des autorités du PAN qu'au niveau des partenaires économique ce qui rend impossible toute action contre la pollution d'hydrocarbures en mer.

Nous avons déjà signalé, les limites des traitements des eaux usées provenant des usines à terre par station d'épuration de la ville. L'incendie de navire survenu en rade du PAN a montré l'inefficacité des moyens de lutte contre l'incendie en mer et limite, des moyens de lutte contre les incendies à terre.

### 6.1. Les moyens de prévention de pollution

Vu l'insuffisance d'une part et l'absence d'autre part de moyens de lutte contre la pollution et les incendies, le P.A.N devra au moins se doter des moyens suivants :

- Un bateau dépollueur équipé de moyens de pompage des hydrocarbures déversés en mer.
- Des moyens humains formés pour faire face à la prévention et à la lutte contre la pollution sous toutes ces formes.
- Un remorqueur de grande puissance pour le remorquage de navires en difficultés. Le remorqueur doit être muni de moyens de lutte contre les incendies en mer.
- Du matériel de pompage et de transfert pour le transvasement des combustibles à partir de navires en difficultés ou sinistrés.
- Des barrages flottants pour assurer l'emprisonnement des nappes d'hydrocarbures en cas de déversement, pour permettre leur destruction ou pompage.
- Deux camions à lance pour les installations à terre et des dispositifs mobiles contre incendies Une vedette de ramassage des déchets de navires, un banc à écume spécial pour cet effet.

## CHAPITRE 7 : LES PROCÉDES GÉNÉRAUX D'EXTINCTION DE FEU DANS LES ZONES PORTUAIRES

Les agents extinctions sont les produits divers solides, liquide ou gazeux, utilisée pour éteindre les incendies.

Dont leur mode action est de supprimer l'un des trois éléments essentiels à la combustion :

A savoir le combustible, la chaleur, l'oxygène.

Il est également possible de stopper la réaction en chaîne de combustion.

Avant d'entrée dans l'inters faces les procédés d'extinctions de feu, il est nécessaire de faire une description historique de l'organisation de lutte préventive contre les incendies et les progrès Technique pour cette lutte.

### 7.1. Histoire de lutte préventive contre les incendies et les progrès Techniques

#### 7.1.1. Histoire de lutte préventive contre les incendies

Il semble que se soient les Grecs et les Hébreux qui organisèrent les premières rondes de veilleurs de nuit, chargées de donner l'alarme et de combattre le feu.

C'est à l'empereur romain Auguste que l'on attribue l'institution d'un corps de vigiles.

À la suite de l'incendie de Rome, en l'an 64, la prévention fut renforcée.

Dans la Rome antique, on organisait des chaînes humaines :

Des seaux d'eau passaient de main en main et étaient déversés sur le foyer de l'incendie ; l'eau était fournie par les aqueducs.



### 7.1.2. Les progrès Techniques de lutte préventive contre les incendies

Aux XVe et XVIe siècles, les moyens de projeter l'eau se perfectionnèrent ; on développa la seringue, puis l'extincteur. Au XVIIe siècle, on acheminait près des incendies de simples baquets faisant office de réservoirs. Ils étaient parfois associés à une pompe actionnée manuellement, et on remplissait les seaux au moyen d'un tuyau ou d'une lance. Au XVIIIe siècle, on inventa un tuyau en cuir cousu à la main, qui permit d'intervenir plus près du feu sans mettre en danger le matériel, tout en améliorant l'efficacité du jet de l'eau. Vers la même époque, grâce à des dispositifs de pompage plus perfectionnés, on pouvait puiser l'eau des rivières et des étangs.

En France, dans les années 1700, l'avènement des pompes portatives munies de tuyaux permit l'organisation de véritables corps de pompiers, dont s'inspirèrent de nombreux pays européens.

La pompe à vapeur, conçue par l'Américain Abel Schwab, fut introduite dans les années 1860 en Amérique et en Angleterre, et en 1867 en France. On l'utilisait dans la plupart des grandes villes, les dispositifs à vapeur étaient généralement équipés de pompes à piston, plus rarement de pompes rotatives. Certaines étaient autopropulsées, la plupart étaient actionnées par des chevaux.

### 7.1.3. Motorisation des équipements de lutte préventive contre les incendies

Au début du XXe siècle, avec l'apparition du moteur à combustion interne, les équipements furent motorisés. On eut tout d'abord quelques difficultés à adapter de tels moteurs à essence sur les pompes. C'est pourquoi les premiers systèmes de pompage motorisés étaient équipés de deux moteurs, l'un pompant et l'autre propulsant l'ensemble.

Le premier engin équipé d'un seul moteur pour ces deux fonctions apparut au tout début du XXe siècle.

En 1925, les moteurs à essence supplantèrent les équipements à vapeur.

Les pompes munies d'un système de piston furent remplacées par des pompes rotatives ; Puis par des pompes centrifuges, qui sont les plus répandues aujourd'hui. À la même époque, on modernisa l'équipement de pompage.

## 7.2. Prévention et détection des incendies dans les zones portuaires

### 7.2.1. Prévention des incendies dans les zones portuaires

La prévention des incendies concerne surtout les bâtiments à risque :

Commerces, les installations portuaires ou industries.

Elle commence dès la construction, avec l'isolement des zones dangereuses et la planification de l'évacuation des personnes en cas d'incendie.

Cette prévention passe aussi par l'emploi de produits qui protègent le risque de combustion accidentelle sur certains matériaux très inflammables, comme les tissus, et par l'implantation d'un dispositif de détection des débuts d'incendie.

Ce système intégré est constitué des canalisations au sol ou au plafond, conformes aux dispositifs standard de protection contre le feu, et reliées automatiquement à une ou plusieurs arrivées d'eau.

Le dispositif est déclenché par l'élévation de température due à la chaleur que le feu dégage.

Les systèmes d'aspersion envoient alors de l'eau sur les flammes. Ce système est efficace à près de 100 p. 100.

De nombreux dispositifs d'aspersion sont commandés électriquement par une station centrale, qui transmet l'alarme à un service incendie.

Les bâtiments de grandes dimensions dans les zones portuaires possèdent leur propre système de distribution d'eau, relié à des stations incendie. Sur place, du personnel compétent commence à lutter contre le feu en attendant l'arrivée des pompiers. Si l'équipe de pompiers, en arrivant sur le lieu de l'incendie, constate un défaut de débit ou de pression d'eau, ils relient une pompe au système pour pallier ces défauts.

### **7.2.2. Sauvetage matériel dans les zones portuaires**

Sauvetage matériel ce terme se réfère aux dispositifs qu'utilisent les pompiers pour protéger de la fumée et de l'eau les marchandises, les biens domestiques et l'intérieur des bâtiments.

Les objets sont recouverts de couvertures étanches, et l'eau est évacuée à l'aide de balais, d'aspirateurs, de racloirs et de pompes portables.

La plupart des brigades de pompiers transportent le matériel de sauvetage avec leurs équipements.

Dans certaines grandes villes portuaires, il existe des compagnies spécialisées dans le sauvetage.

### **7.2.3. Les bateaux de sauvetage dans les zones maritime portuaires**

En mer les incendies sur les navires présentent des problèmes particuliers, qu'ils concernent des bateaux de plaisance ou des pétroliers transportant des millions de tonnes de pétrole.

Il faut pouvoir identifier la source de l'incendie et y accéder, tout en prenant soin de ne pas chavirer le navire.

Les bateaux de sauvetage sont de petites embarcations très rapides propulsées par des réacteurs ou de grands remorqueurs.

Ils transportent l'essentiel des équipements utilisés à terre pour lutter contre le feu en mer, à savoir : pompes, échelles et matériel de sauvetage.

#### 7.2.4. Les bateaux-pompes dans les zones maritime portuaires

Les bateaux-pompes sont également munis de dispositifs qui leur sont propres :

Lances tournantes ou déviées, pompes portables, barrages flottants, dispositifs qui produisent de la mousse et extincteurs spéciaux, à dioxyde de carbone, par exemple. Traitant directement à sa source, les pompiers freinent son extension en creusant des tranchées pour l'empêcher incendie de se propager. Une fois l'incendie isolé, on a recours à la méthode ou les méthodes les plus adaptées pour éteindre ces derniers.

Exemple simulation les bateaux-pompes et les bateaux de sauvetage secourant un pétrolier en feu. Simulation le déversement du pétrole brut et incendie. (Voir description en deux phases.)

Phase I : le pétrolier est en feu, avant l'arrivée les bateaux-pompes.

Nous observons ici un véritable désastre écologique, la pollution pétrolière dans la forme la plus dangereuse qui combine toute les formes de la pollution :

Mer,

Terre,

L'atmosphère

En pleine mer, la pollution pétrolière affecte surtout les animaux de surface et notamment les oiseaux, ainsi que les mammifères et les reptiles marins. A la souillure gluante causée par le pétrole s'ajoute l'ingestion de produits toxiques du à l'incendie. Sur le littoral, écosystèmes entiers sont vulnérables à la pollution pétrolière.

Cette émulsion résiduelle d'incendie est la plus polluante dans les cas les plus graves, elle forme à sa lente décomposition incombe aux bactéries et autres microorganismes du milieu marin.

La chaîne de destruction du pétrole, et ses vitesses de réaction, dépendent de l'état de la mer, de la température, des conditions climatiques et du type d'hydrocarbure.

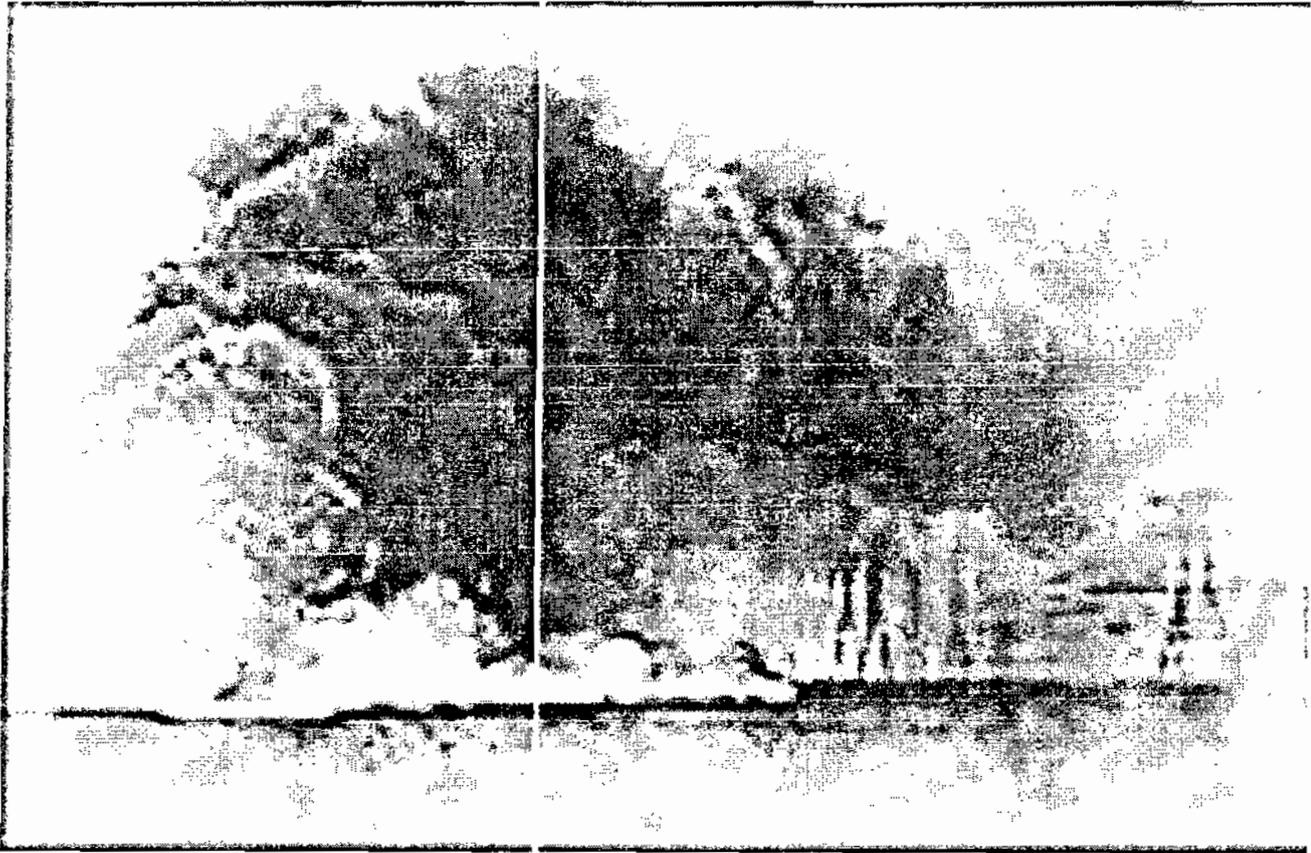


Figure 12 : pétrolier en incendie en mer

Phase II : Les bateaux- pompes secourant le pétrolier en feu :

Les bateaux- pompes secourant le pétrolier en feu entre les cotes Mauritaniennes et Sénégalaises, utilisant une importante eau de réservoir qui les entoure (eau de mer). Ces bateaux –pompes peuvent envoyer centaines de litres d'eau par minute, qu'ils projettent jusqu'à 60 mètres de distance.

Le principe de secourt le pétrolier en incendie :

Les pompiers de deux bateaux de sauvetage freinent extension déversement du pétrole brut en creusant des tranchées pour l'empêcher incendie de se propager sur le pétrole brute à la surface de l'eau : isolé l'incendie. Simultanément les quatre bateaux- pompes utilisant une importante eau de réservoir qui les entoure (eau de mer), qui 'il envoie en centaines de litres d'eau par minute sur le pollueur, par projection avec une distance de serute, jusqu'à 60 mètres entre incendie et les bateaux- pompes. La repartissions les bateaux- pompes en forme de triangle équilatérale à l'attaque du feu, a pour objectif de ue pas déséquilibré le pétrolier. L'agent extinction est eau de mer qui agit par refroidissement.( Voir figure13.)

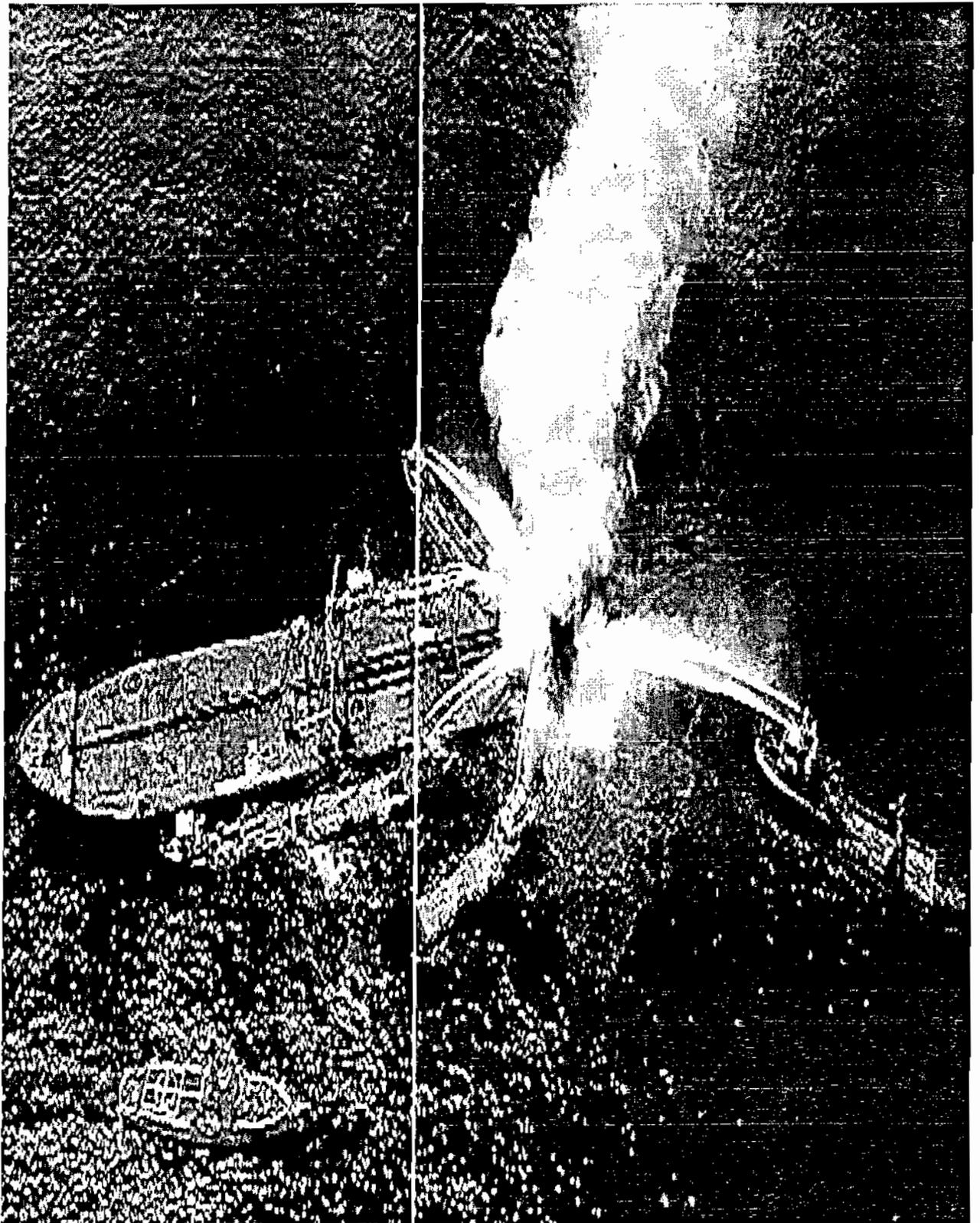


Figure 13 : Bateaux pompes secoures le pétrolier en incendie Phase II

### 7.2.5. Le système de pompage pour la lutte contre l'incendie

Le système de pompage est constitué d'une pompe puissante ou plusieurs pouvant apporter de l'eau en grande quantité et à haute pression. Ainsi que de plusieurs centaines de mètres de tuyaux, dont certains de faible longueur et de diamètre important, sont raccordés aux prises d'eau réservées aux pompiers, appelées bouches d'incendie.

Un réservoir d'eau est prévu pour l'attaque initiale du feu, le temps que les pompiers raccordent la pompe aux bouches d'incendie, on l'utilise également lorsqu'il n'y a aucune arrivée d'eau.

Actuellement, les lances peuvent projeter de l'eau sous différentes formes : jets très forts, spray ou brouillard.

Les camions-citernes transportent différents types de lances selon la quantité de chaleur que l'eau doit absorber.

Ces dispositifs peuvent envoyer de l'eau à des débits allant de 57 l/min à plus de 380 l/min.

Des jets d'eau puissants atteignent plus facilement le foyer de l'incendie ; lorsque l'eau est sous forme de brouillard, elle absorbe plus rapidement la chaleur, car les gouttelettes ont une surface de contact importante.

On peut employer des lances à brouillard pour dissiper les vapeurs des liquides inflammables. Cependant, la mousse convient généralement pour éteindre ce type de feu.

### 7.3. Détection des incendies dans les zones portuaires et les navires

Les systèmes de détection d'incendie sont obligatoires dans les bâtiments de zones portuaires :

Les grands navires, les pétroliers, les immeubles d'habitation, et parfois même dans les maisons individuelles. Ils sont chargés de donner l'alarme, voire même de commencer à combattre le feu. Certains systèmes sont conçus pour réagir à la fumée et d'autres à la chaleur. Il existe deux principaux types de détecteurs d'incendies :

#### 7.3.1. Détection d'incendie par ionisation

Le détecteur utilise l'ionisation, il contient une source radioactive qui ionise les molécules d'air entre deux électrodes, ce qui permet le passage d'un courant de faible intensité entre ces dernières.

Lorsque les particules de fumée produites par un incendie pénètrent dans la cellule, elles provoquent la diminution de l'intensité du courant en adhérant aux molécules ionisées, cela déclenche une sirène.

Ce le cas le plus utiliser dans les Navires de façon généralement (voir schéma et principe de détection incendie sur un navire.)

#### Principe de détection incendie sur un navire

Le principe utilisé est l'ionisation :

Il contient une source radioactive qui ionise les molécules d'air entre deux électrodes, ce qui permet le passage d'un courant de faible intensité entre ces dernières.

Lorsque les particules de fumée produites par un incendie pénètrent dans la cellule, elles provoquent la diminution de l'intensité du courant en adhérant aux molécules ionisées, cela déclenche une sirène d'alarme.

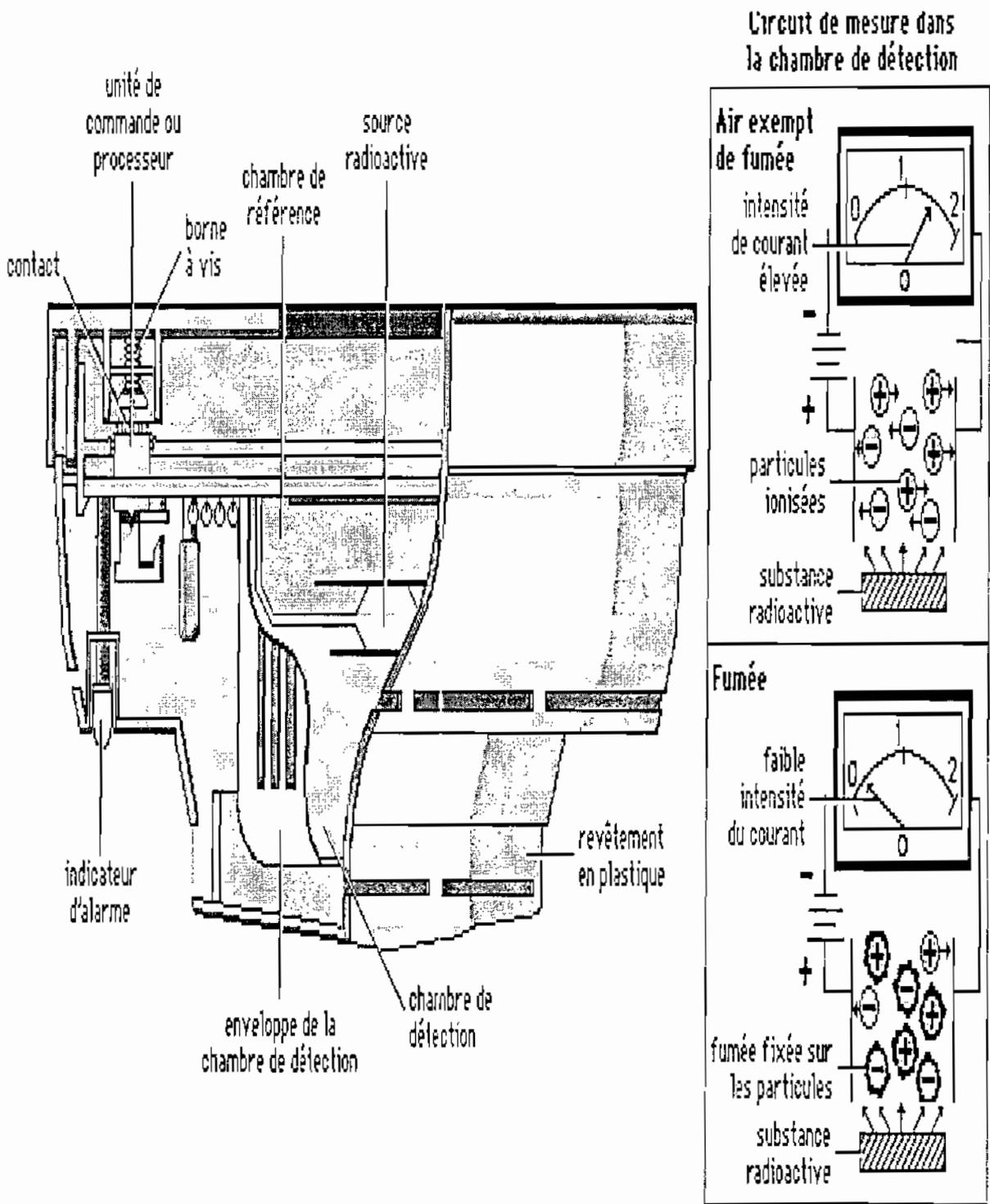


Figure 14 : de détection incendie sur un navire

### **7.3.2. Détection d'incendie par une cellule photoélectrique**

Le détecteur utilise une cellule photoélectrique, dans certains appareils de ce type, la fumée qui pénètre dans la cellule obscurcit un faisceau de lumière, cela déclenche une sirène ou une autre sorte d'alarme.

Dans les deux cas, les modifications déclenchent une alarme, entendue sur les lieux ou qui alerte à son tour une station centrale qui prévient le service incendie. Les détecteurs photoélectriques sont moins rapides que les détecteurs à ionisation.

Dans d'autres dispositifs, la fumée provoque l'apparition d'un rayon lumineux. Tous ces dispositifs peuvent fonctionner à l'aide des batteries ou en courant électrique du bâtiment.

## **7.4. Le choix et la classification des agents d'extinction d'incendie**

### **7.4.1. Le choix de l'agent d'extinction d'incendie**

Le choix de l'agent d'extinction dépend de la nature du combustible.

Le plus ancien d'agent d'extinction est l'eau, auquel on peut ajouter différents produits chimiques pour augmenter son efficacité.

Des agents mouillants permettent de réduire la tension superficielle du liquide qui pénètre alors plus facilement.

On favorise également la formation de fines gouttes, qui absorbent rapidement la chaleur.

En ajoutant à l'eau des produits chimiques produisant de la mousse, on parvient à former un écran de mousse qui isole le feu.

La mousse permet de stopper la combustion de liquides, tels : que les huiles, le pétrole ou les goudrons. Elle est également utilisée pour combattre les incendies dans les ports, les navires pétroliers et les raffineries. Un additif chimique peut multiplier le volume de mousse par mille. Ce phénomène peut être utile pour éteindre des incendies dans des caves ou dans d'autres endroits difficilement accessibles. Le feu peut alors être étouffé rapidement, en limitant les dégâts provoqués par l'eau.

### 7.4.2. Classification les agents d'extinctions d'incendie

Selon la nature des matériaux en combustion ces agents d'extinction, sont classés en trois catégories :

Les agents d'extinction de classe A (feux secs) sont alimentés par des combustibles ordinaires, généralement à base de cellulose tels que le bois, les vêtements ou le papier ; les agents d'extinctions de classe B (feux gras) ont pour combustible des liquides inflammables, des huiles ou des graisses ;

les agents d'extinctions de classe C sont les feux de gaz (méthane, propane, butane, gaz de ville, etc.).

Cette classification est celle que l'on adopte en France. Certains pays y ajoutent une classe D impliquant des conducteurs électriques sous tension ainsi qu'une classe E regroupant les feux spéciaux, et notamment les feux de métaux. À chaque type de feu correspond une catégorie spécifique d'agent d'extinction.

#### ➤ Les agents extinctions de classe A

Ce sont, habituellement, des extinctions à eau.

L'eau, par absorption de la chaleur (refroidissement) des matériaux en combustion, éteint le feu.

Les agents d'extinctions à eau on les associe de l'air sous pression pour pulvériser l'eau sur le feu.

#### ➤ Les agents d'extinctions de classe B

On éteint les feux de classe B par élimination de l'air et ralentissement de la libération des vapeurs inflammables ou par interruption de la réaction en chaîne de la combustion.

Trois types d'agents extinctions :

Gaz dioxyde de carbone, produits chimiques et mousses sont utilisés sur les feux provoqués par les liquides inflammables, les graisses et les huiles. Le dioxyde de carbone, que l'on utilise comprimé, isole le feu de l'oxygène présent dans l'air autour du feu. Les deux types d'agents extinction chimiques sont à base de bicarbonate ordinaire de sodium ou de potassium.

Les agents extinctions combinant :

Urée et bicarbonate ; potassium et chlorure de potassium. Ou pour les d'agents extinctions polyvalentes, phosphate d'ammonium.

Ces agents extinction polyvalents :Sont utilisables pour les feux de classe A, B ou C La plupart des agents extinctions chimiques utilisent des produits sous pression pour assurer l'éjection des produits et le feu s'éteint en général par interruption de la réaction en chaîne de la combustion.

Les d'agents extinctions à mousse utilisent un agent aqueux moussant qui crée une couche de mousse par décharge à travers une buse. Ce qui crée une barrière isolant l'oxygène du feu.

#### ➤ Les agents d'extinctions de classe C

D'une façon générale, les produits convenant pour l'extinction des feux de classe B sont également efficaces contre les feux de classe C.

Il existe aussi maintenant des agents d'extinctions en poudres polyvalentes efficaces contre les feux de toute nature : classes A, B et C mais aussi conducteurs électriques et métaux (E et D.)

### 7.5. Les procédés d'extinctions des feux et leurs modes d'actions

Les agents extincteurs sont les divers produits solides, liquides ou gazeux, utilisés pour éteindre les incendies.

Ils peuvent agir selon les modes suivants .

#### 7.5.1. Extinction par refroidissement

Par refroidissement, le procédé consiste à baisser la température d'un corps qui brûle au-dessus de la valeur pour la quelle la combustion s'entretient (cas de l'eau en général) .

### **7.5.2. Extinction par étouffement**

Par étouffement, le procédé consiste à isoler ou à supprimer l'élément comburant deux manières sont à envisager :

En isolant complètement le combustible du comburant comme avec une carapace (cas des poudres et des mousses). En appauvrissant la teneur en oxygène de l'air environnant (cas du  $\text{CO}_2$  azote, gaz inerte)

### **7.5.3. Extinction par inhibition**

Par inhibition, le procédé consiste à arrêter les réactions chimiques entre la combustion et comburant durant la combustion ainsi l'incendie stopper (cas des halogènes)

### **7.5.4. Extinction par suppression du combustible**

Deux cas sont envisageables :

Combustibles liquides : Isolation de l'alimentation en combustible.

Combustibles solides : Evacuation des déblais en incandescence.

### **7.5.5. Extinction par effet de souffle**

Par effet de souffle, Le procédé consiste à séparer les flammes du foyer par un puissant courant gazeux ou liquide (c'est le cas de l'eau en jet plein, du  $\text{CO}_2$ , des halogènes)

## CHAPITRE 8 : PROCÉDES GÉNÉRAUX D'INSPECTION ET DÉPOLLUTION DES EAUX USEES

Inspection et dépollution des eaux usées avant leurs évacuations dans des eaux des réserves pour contourner les effets de pollution, les expériences ont montré que : La pollution des eaux d'une réserve naturelle superficielle ou profonde a pour conséquence la perturbation, plus ou moins longue échéance, de l'équilibre biologique de cette eau ; ce qui la rendra susceptible de provoquer des dommages et désordres écologiques.

### 8.1. Inspection des paramètres de la pollution des eaux

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, aussi se réfère-t-on à quelques paramètres pour les caractériser. Ils sont généralement exprimés en mg/L.

#### 8.1.1. Matières en suspension (MES)

C'est la fraction de polluant non dissoute dans l'eau. Les conditions relatives aux déterminations de la qualité minimale d'un rejet d'effluents urbains précisent que :

Les matières en suspension et particulièrement la fraction décantable de celles-ci, peuvent constituer, à l'aval du rejet, des dépôts qui empêchent la vie d'une faune et d'une flore benthiques normales et qui dégradent la qualité de l'eau sous-jacente par le produit des fermentations. Empêchent la vie l'ensemble des organismes animaux et végétaux.

Les matières en suspension contribuent aussi à déséquilibrer le milieu aquatique en accroissant la turbidité et peuvent avoir un effet néfaste direct sur l'appareil respiratoire des poissons.

#### 8.1.2. Demande biologique en oxygène (DBO)

Est un paramètre global qui exprime la quantité d'oxygène qu'une biomasse épuratrice va consommer pour décomposer les matières organiques contenues dans l'effluent.

Elle est donc représentative de la somme des matières organiques biodégradables.

Elle est généralement mesurée en 5 jours (DBO<sub>5</sub>).

### 8.1.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

Elle est, représentative de la quantité de matières organiques oxydables par voie chimique. Le rapport entre ces deux paramètres peut donner une idée de la biodégradabilité de l'effluent.

La DBO et la DCO sont deux moyens d'apprécier la teneur en matières organiques oxydables. La dégradation de celles-ci dans le milieu naturel s'accompagne d'une consommation d'oxygène et entraînent un abaissement excessif de la concentration d'oxygène dissous.

L'**azote** peut se trouver sous forme minérale (ammoniacal, nitrate) ou organique. La présence d'azote organique ou ammoniacal se traduit par une consommation d'oxygène dans le milieu naturel et par une entrave à la vie des poissons.

Le **phosphore** peut également se trouver sous forme minérale (en provenance des lessives ou des rejets industriels) ou organique. Élément indispensable à la vie des algues, la présence de phosphore entraîne un risque d'eutrophisation du cours d'eau ou du lac, c'est à dire que celui-ci peut se voir envahi par un développement excessif de la population algale. Pour une meilleure adaptation du traitement, les paramètres globaux s'avèrent insuffisants et l'utilisation de modèles mathématiques pour simuler les processus d'épuration exige une meilleure connaissance des différentes fractions constituant de la pollution à traiter.

**La fraction décantable**, qui correspond à la pollution particulière et qui pourra être enlevée par un simple traitement physique, telle que la décantation. **La fraction colloïdale**, qui correspond à la pollution pouvant flocculer par ajout de réactif et être enlevée par traitement physique. **La fraction soluble**, qui correspond à la pollution qui sera éliminée spécifiquement par voie biologique. Une partie de cette pollution soluble n'est pas biodégradable, elle correspond à des Molécules complexes (certains détergents et pesticides) se retrouvent dans l'effluent final.

DCO, DBO5 solubles, après filtration ; La part de pollution non biodégradable peut être déterminée par une mesure dite de DCO durée qui consiste en la mesure de la DCO soluble de l'eau à analyser après son aération pendant 15 à 20 jours.

## 8.2. Mesure des paramètres de la pollution des eaux

L'évaluation des caractéristiques de pollution se fait sur des échantillons qui ont été correctement prélevés. Les analyses du laboratoire n'ont pas de valeur si l'échantillon n'est pas vraiment représentatif des conditions ou de la qualité existant réellement dans la pratique. En matière d'eaux usées, les difficultés sont accrues car le débit et la composition instantanée varient dans de grandes proportions. Pour cela, il est important de réaliser des échantillons moyens sur 24 h, asservis au débit pour déterminer le flux journalier de pollution ou **mesure** de débits :

Faibles débits : 0 à 25 m<sup>3</sup>/h :

Méthode utilisant une capacité étalonnée et un chronomètre.

Débits moyens : 25 à 400 m<sup>3</sup>/h :

Déversoirs en parois minces, triangulaires ou rectangulaires. Au-delà de 700 m<sup>3</sup>/h, moulins dans portion de canal calibré.

On mesure également la quantité de **germes** et de **virus**, les teneurs en **graisses**, **détergents** et **métaux lourds**. Chacun de ces paramètres représente une nuisance potentielle pour l'environnement.

### 8.2 .1. Méthode normalisée de mesure de pollution

DBO5 : norme NF T 90-103

DCO : norme NF T 90-101

MES : norme NF T 90-105 (2)

Norme NF EN 872

NTK : (azote Kjeldahl)

Qui correspond à la somme de l'azote sous forme ammoniacale et organique ; norme EN 25663 ;

NH<sub>4</sub> : norme NF T 90-015

NO<sub>3</sub> : norme NF T 90-045

PT : norme NF EN 1189

À côté de ces méthodes normalisées, il existe des **méthodes rapides réalisées** sur des volumes d'échantillons réduits et qui font souvent appel, en final, à une mesure par colorimétrie. Ces analyses rapides sont proposées par Hach, Mercy, Hydro Cure.

### 8.2.2. Notion d'équivalent de pollution par habitant

L'équivalent habitant (éq. h.) correspond à la quantité de pollution rejetée par un habitant quotidiennement.

L'arrêté du 10 décembre 1991 définit les quantités journalières suivantes pour chaque habitant :

90 g de matières en suspension (MES);

57 g de matières oxydables (MO) ;

15 g de NTK (Qui correspond à la somme de l'azote sous forme ammoniacale et organique ; norme EN 25663)

4 g de phosphore total

**Les matières oxydables (MO)** correspondent à une moyenne pondérée de la DCO et de la DBO<sub>5</sub>, mesurée après une décantation de 2 h, suivant la formule :

Objectifs du traitement est de déterminé des niveaux de qualité types que l'on peut fixer comme objectif à une dépollution d'eaux usées.

$$MO = \frac{DCO + 2DBO_5}{3}$$

### 8.3. Norme européenne de traitement des eaux en fonction de zone d'habitation

La directive européenne du 19 mars 1991, relative au traitement des eaux résiduaires, impose la collecte et le traitement de la globalité des eaux urbaines résiduaires dans des délais qui s'échelonnent entre fin 1998 et fin 2005.

Pour un réseau unitaire qui collecte à la fois les eaux résiduaires et les eaux pluviales, cette directive implique de prendre en compte, pour le dimensionnement des ouvrages de traitement, les débits et les charges par temps de pluie.

Les niveaux de rejet exigés après traitement sont fonction de la capacité d'autoépuration du milieu récepteur.

### 8.3.1. Traitement des eaux en zones habitations moins sensibles

Certaines zones des rejets en eaux côtières et estuariennes pourront être considérées comme moins sensibles après qu'une étude préalable d'environnement l'aura justifié.

Les niveaux de rejet applicables pour les zones moins sensibles correspondent à un traitement primaire :

Réduction au moins de 20 % de la DBO5 et de 50 % des MES sur échantillon moyen 24 h.

### 8.3. 2.Traitement des eaux zones habitations sensibles

Ces zones correspondent à des zones avec risques d'eutrophisation ou zones posant problème pour la production d'eau potable.

Le traitement consiste, en plus du traitement général, à éliminer la pollution azotée et phosphorée.

**L'Azote total** en moyenne annuelle :

15 mg/L pour les agglomérations de 10 000 à 100 000 éq. h.

10 mg/L pour celles de plus de 100 000 éq. h. Où, en moyenne journalière :

20 mg/L pour toutes les agglomérations.

**Le Phosphore total** en moyenne annuelle :

2 mg/L pour les agglomérations de 10 000 à 100 000 éq. H.

1 mg/L pour les plus de 100 000 éq.H.

Ou 80 % de réduction.

Les niveaux de rejet ou les pourcentages de réduction sont à respecter 95 % du temps.

La transcription de cette directive européenne en droit français a été prise en compte dans les arrêtés du 22 décembre 1994 et du 12 mai 1995.

## 8.4. Dépollution des eaux usées dans les zones portuaires

Tout traitement de dépollution doit comporter ce qu'il est convenu d'appeler un prétraitement qui consiste en un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne ultérieurement.

Ces opérations sont : le dégrillage, le dessablage et le déshuilage.

### 8.4.1. Dégrillage de matières en suspension

L'eau brute passe à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80 degré sur l'horizontale. L'espacement des barreaux varie de 6 à 100 mm.

La vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s.

Le nettoyage de la grille est généralement mécanique.

Il est réalisé par un râteau solidaire d'un chariot qui se déplace de bas en haut le long d'une crémaillère ou entraîné par deux câbles (Voir figure 14).

Le fonctionnement du dispositif de nettoyage peut être commandé par une temporisation ou/et à partir d'un indicateur de perte de charge différentiel.

Les matériaux de dégrillage constituent un produit gênant qui est composté d'un évacuateur ou évacué par camions.

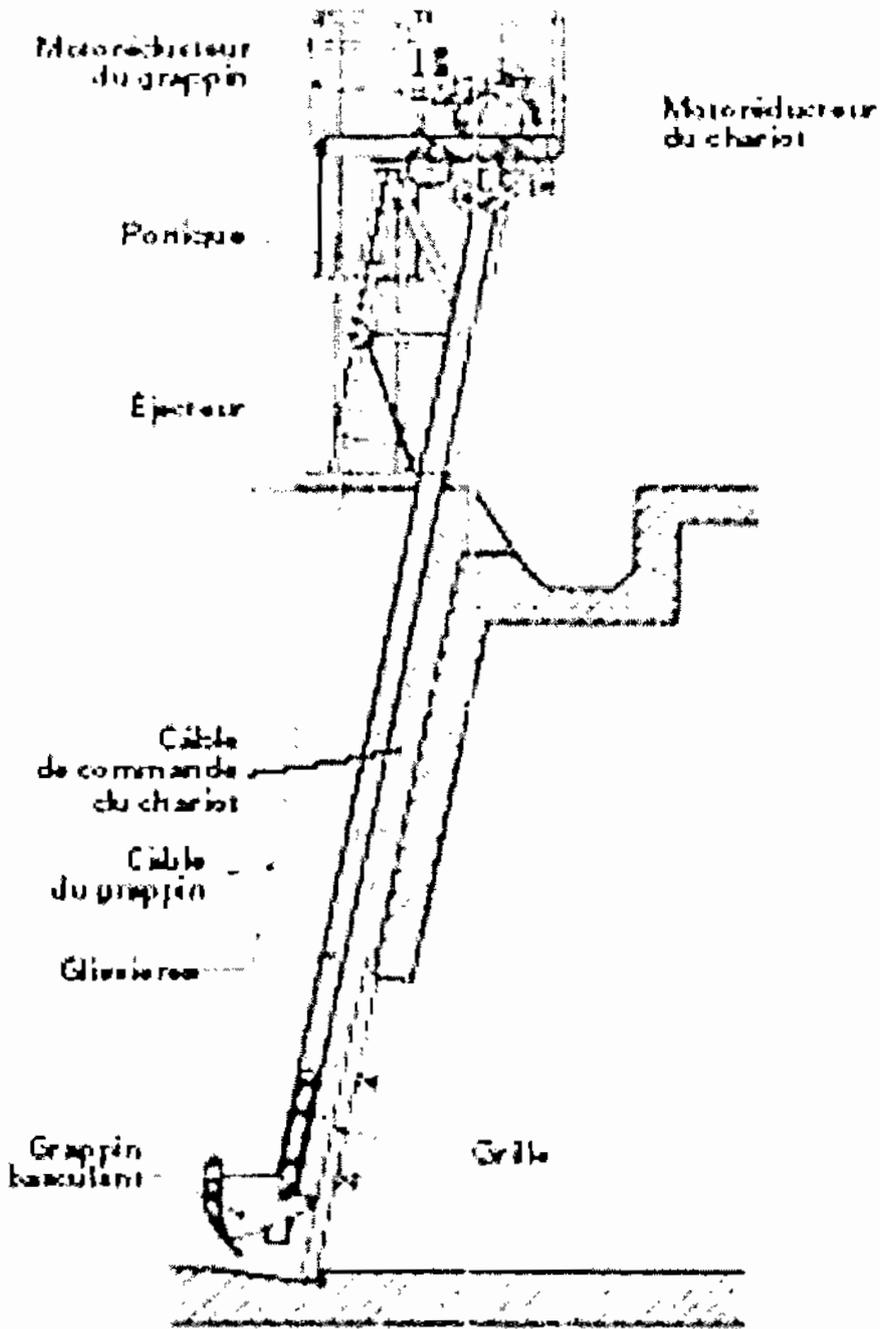
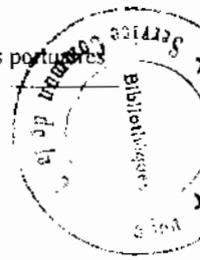


Figure 15 : Dégrieur à câble avec grappin



### 8.4.2. Dessablage des eaux usées

Le dessablage s'effectue sur des particules de dimensions supérieures à 200  $\mu$ m. La vitesse de sédimentation se calcule par la loi de Stokes (chute libre).

On calcule la section du dessableur de manière que la vitesse de l'eau ne descende pas au-dessous de 0,30 à 0,20 m/s ; on évite ainsi que les matières organiques se déposent en même temps que les sables.

Les ouvrages à prévoir pour obtenir une vitesse d'écoulement de 0,30 m/s sont, par ordre d'importance :

Les dessableurs couloirs (à écoulement rectiligne), dont la vitesse d'écoulement est variable ou constante. Les dessableurs circulaires, à alimentation tangentielle ou à brassage mécanique ou à insufflation d'air (pour éviter le dépôt de matières organiques, en heures creuses, avec faible débit) ;

Les dessableurs rectangulaires à insufflation d'air. On insuffle de l'air qui provoque une rotation de liquide et crée ainsi une vitesse constante de balayage du fond, perpendiculaire à la vitesse du transit, la quelle, beaucoup plus faible, peut alors être variable sans inconvénient.

Le sable est extrait soit mécaniquement par raclage vers un poste de réception, puis repris par pompage, soit directement par pompe succuse montée sur pont roulant.

Le sable séparé contient malgré tout des matières organiques et plusieurs dispositifs sont appliqués pour améliorer sa qualité :

Lavage par hydrocyclone, extraction des résidus de stockage par des moyens mécaniques qui font, en même temps, office de lavage des sables.

Le volume de sable extrait par habitant et par an est de l'ordre de 5 à 12 dm<sup>3</sup>.

### 8.4.3. Déshuilage dégraissage des eaux usées

Le déshuilage dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de natures très diverses et leur quantité s'estime par la mesure des matières extractibles par solvants.

La teneur des eaux usées en matières extractibles est de l'ordre de 30 à 75 mg/L. Néanmoins, certains rejets industriels (abattoirs, laiteries...) peuvent élever ces valeurs à 300-350 mg/L.

Les huiles et graisses, lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées, sont séparées sous forme de boues flottantes dans des ouvrages comportant une zone d'aération où les bulles d'air augmentent la vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération.

Le temps de séjour dans ce type d'ouvrage est de 5 à 12 min. Le débit d'air insufflé est de l'ordre de 0,2 m<sup>3</sup> par mètre cube d'eau et par heure.

Le plus souvent, les fonctions de dessablage et de déshuilage sont combinées dans un même ouvrage qui met en oeuvre les principes de fonctionnement cités précédemment

(Voir figure 16).

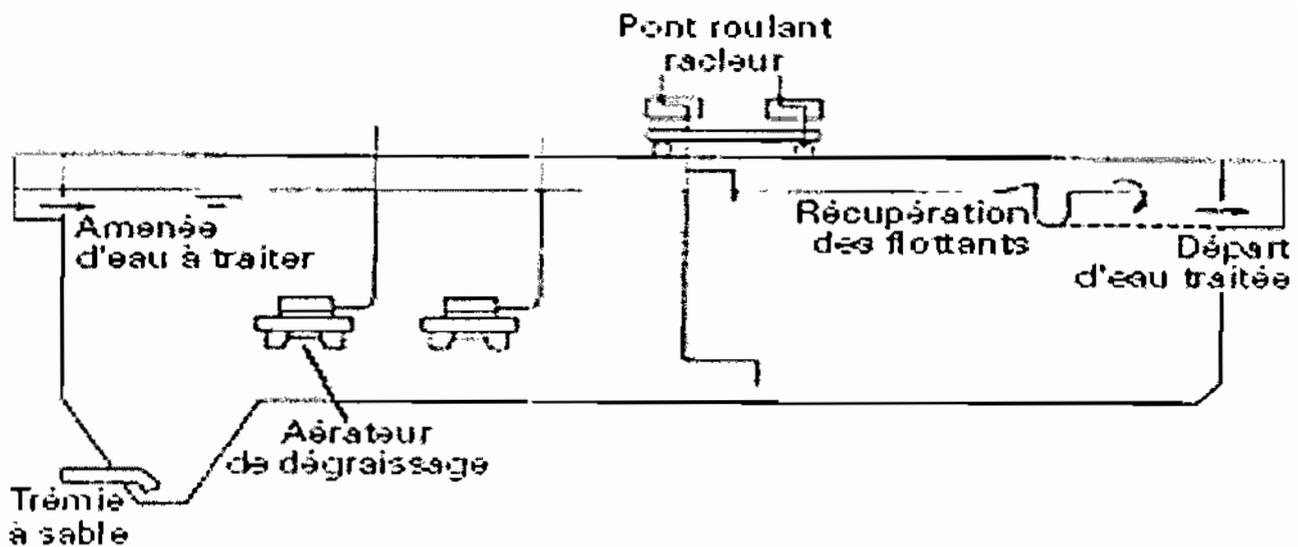
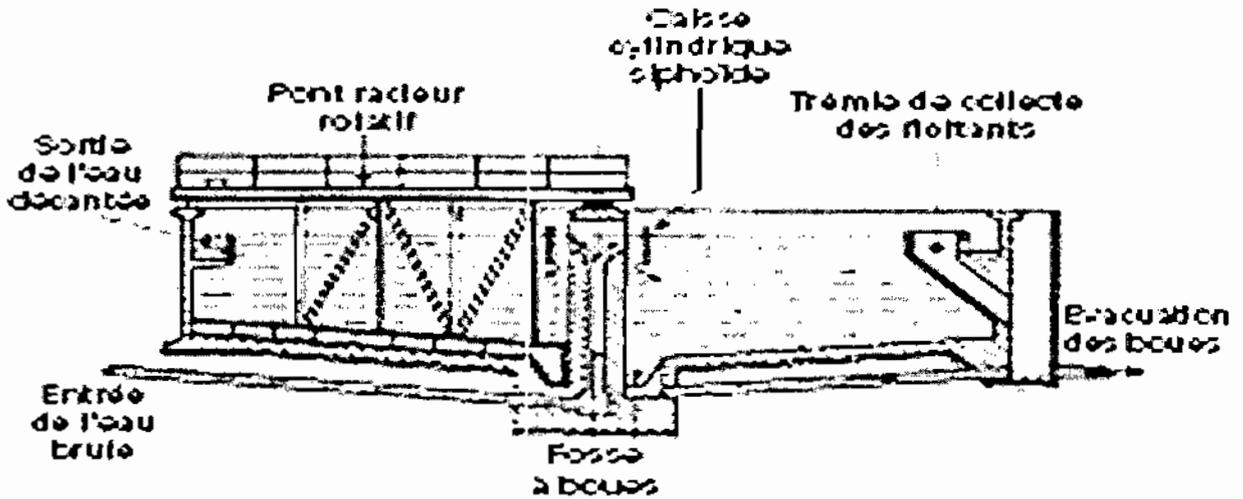


Figure 16 : Déshuilage dégraissage des eaux usées.

#### 8.4.4. Décantations des eaux usées

La décantation se distingue du dessablage en ce sens qu'elle enlève plus de la moitié des matières en suspension, alors que le dessablage ne vise que l'élimination du sable et des autres matières minérales (plus lourdes que les matières organiques).



Décanteur 17 : Circulaire avec raclage de boue

### 8.4.5. Décanteur lamellaire à contre courant

Le raclage des boues s'effectue au moyen d'un racleur de fond entraîné par chaînes qui les ramène vers 1 ou 2 trémies. Avec un décanteur classique ou lamellaire sur des eaux domestiques, le pourcentage de matières totales en suspension éliminées est de 50 à 65 %, celui de la DBO5 éliminée est de 20 à 35 %.

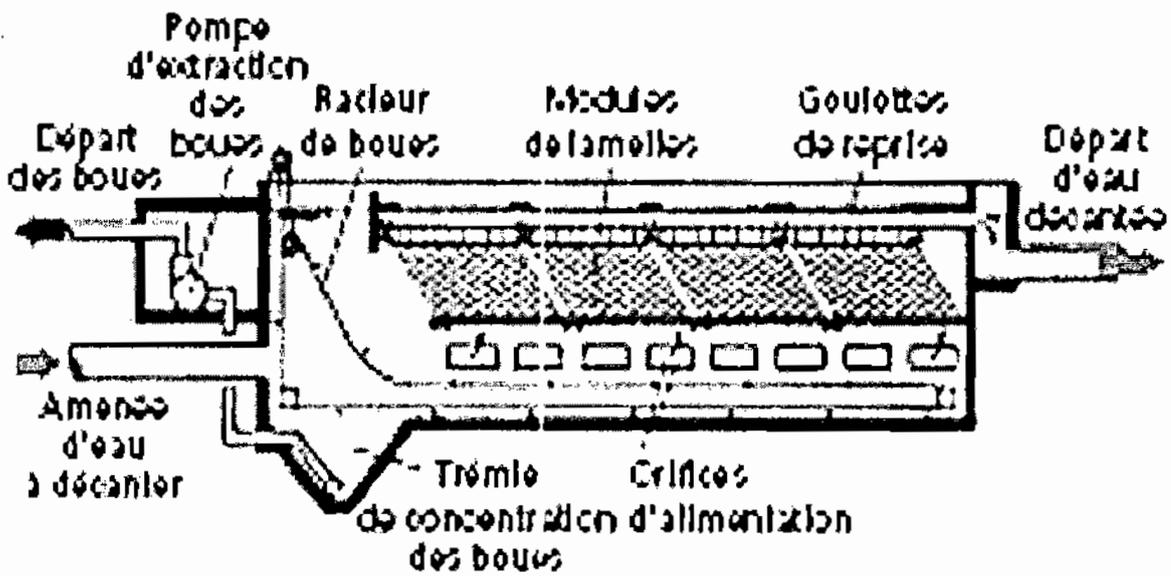


Figure 18 : Décanteur lamellaire à contre courant.

## 8.5. Traitements physico-chimiques des eaux usées

Ce traitement consiste à enlever leur stabilité aux matières colloïdales (composé chimie de particules à l'état solide, dispersées.)

### 8.5.1 Élimination de la pollution colloïdale

La pollution colloïdale présentes dans l'eau en provoquant la neutralisation de leurs charges électriques superficielles et l'agglomération de ces particules pour former un flocon volumineux décantable appeler **Floc**.

La première étape est appelée **coagulation** et se réalise dans le traitement d'eau par l'utilisation essentiellement de sels de fer ou d'aluminium.

La deuxième étape est la **floculation** et se réalise par l'ajout de polymère organique (macromolécule à longue chaîne).

De l'addition de sels de fer ou d'aluminium vont résulter la formation d'un précipité d'hydroxyde [ $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ou  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ] et une chute d'alcalinité.

Les taux de réactif à mettre en oeuvre sont déterminés par des essais de floculation. L'ajustement du pH par ajout d'acide ou de base est parfois nécessaire pour obtenir le pH optimal de **coagulation floculation** des réactifs employés :

$\text{Al}^{3+}$  : 6,0 à 7,4

$\text{Fe}^{3+}$  : 5 à 8,5

Le choix des temps de contact, des énergies d'agitation et de la forme des turbines de mélange est également très important et permet des économies substantielles de réactif.

Une coagulation floculation, suivie d'une décantation appliquée sur une eau domestique, permet d'éliminer jusqu'à plus de 90 % des matières en suspension et de 40 à 65 % de la DBO<sub>5</sub>.

Les procédés de **coagulation floculation** utilisés peuvent être de type classique avec décantation lamellaire ou non, mais peuvent faire également appel à de nouvelles techniques comme le décanteur lamellaire à circulations de boues ou le décanteur lamellaire à floes lestés.

### 8.5.2. Décanteur lamellaire à circulation de boues

Ce procédé est basé sur trois principes (Voir Figure 17) : Un réacteur de coagulation floculation intégré. Une circulation des boues de la zone d'épaississement vers le réacteur. Le réacteur est constitué de trois chambres successives :

Les deux premières assurent la floculation rapide en réacteur agité et la dernière effectue la floculation lente en réacteur piston. Le réacteur agité comporte deux zones.

**Une zone cylindrique centrale** équipée d'une hélice qui induit un débit de circulation interne provenant de la seconde zone.

Celle-ci, à flux ascendant, peut être coaxiale à la première ou être à base rectangulaire. L'eau brute préalablement coagulée est admise à la base du **réacteur agité** et le floculant est injecté sous **la turbine**.

Un apport de boues est effectué dans l'eau brute par un système de circulation externe.

**Le réacteur piston** à flux ascendant peut être constitué d'une chambre coaxiale aux deux précédentes ou par une chambre latérale à base rectangulaire. Cette **zone de floculation** lente permet d'obtenir les flocs de taille importante (plusieurs millimètres) Présentant une grande homogénéité.

Cette densité de floc permet d'aborder la zone de décantation avec des vitesses apparentes bien supérieures à celles des appareils classiques.

Le floc aborde ensuite **une zone de prédécantation** et d'épaississement par des déversoirs. Cette zone assure la décantation de la majeure partie des matières en suspension présentes dans le réacteur.

La partie cylindro-conique de cet organe est équipée **d'une herse** et d'un racleur de fond assurant un épaississement intégré des boues. Les boues épaissies sont extraites par la tuyauterie. Une partie de ces boues est recirculée à l'aide d'une pompe dans la tuyauterie d'amenée d'eau brute vers le réacteur.

Après la prédécantation, le décanteur lamellaire assure la décantation du floc résiduel. Il est équipé de modules lamellaires ou tubulaires de décantation rapide dans lesquels l'eau circule à contre-courant des boues. Cet organe comporte habituellement, à sa partie inférieure, un dispositif de raclage ramenant les boues résiduelles dans une fosse de concentration. La faible concentration des matières en suspension envoyées vers le décanteur lamellaire et la forte densité du floc permettent d'y appliquer des vitesses de décantation élevées (20 à 40 m/h sur la zone lamellaire). La concentration des boues extraites varie entre 40 et 80 g/L. (Voir Figure 17)

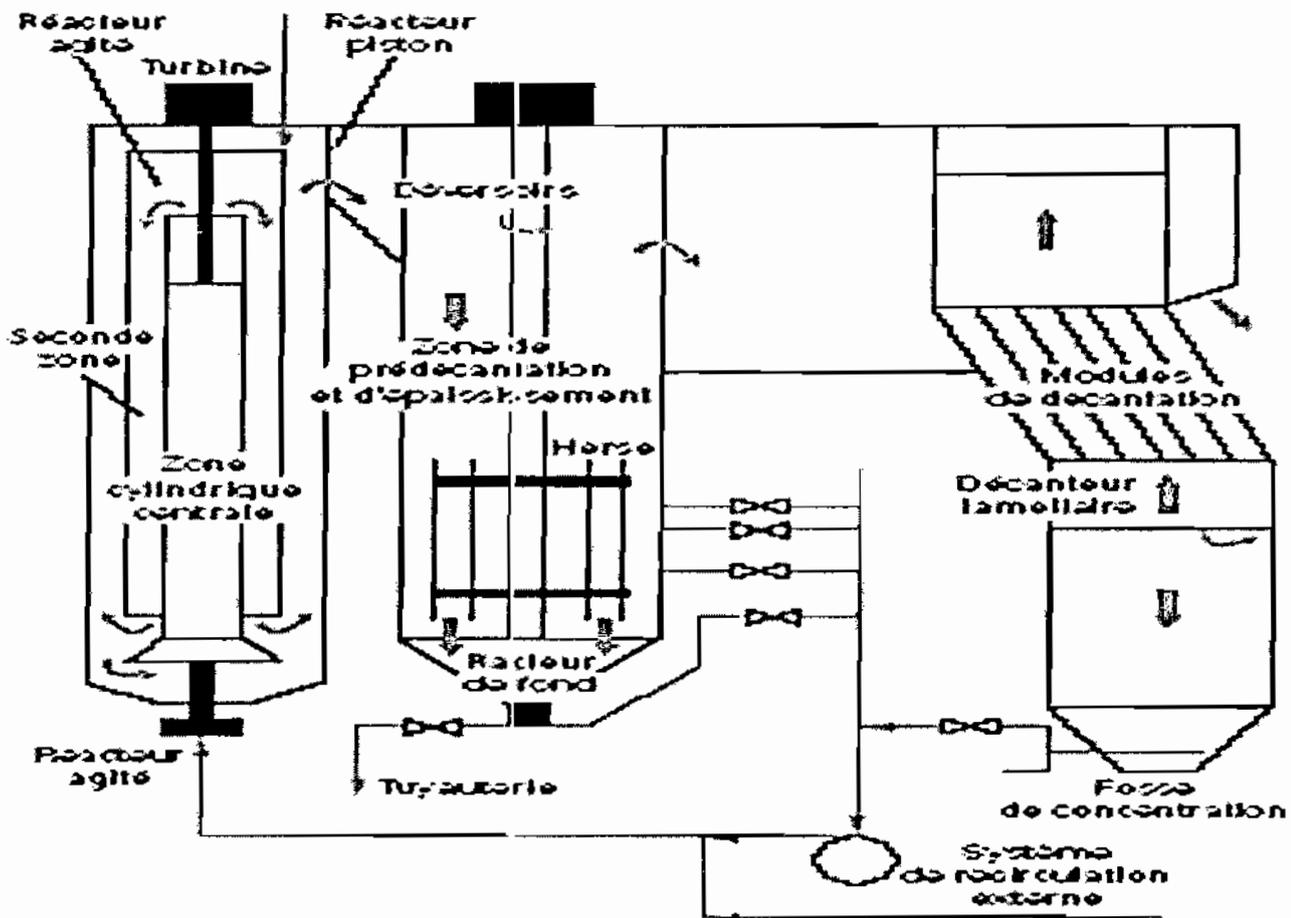


Figure 17 : Décanteur lamellaire à circulation des boues.

## 8.6. Élimination du phosphore dans les eaux usées

Les sels de fer ou d'aluminium sont également capables de se combiner avec les ions phosphate pour former un précipité de phosphate de fer ou d'aluminium ( $\text{Fe PO}_4$  ou  $\text{AlPO}_4$ ).

Du fait de la compétitivité des réactions de formation de précipités d'hydroxyde ou de phosphate, le rapport molaire à mettre en œuvre entre Fe/P ou Al/P varie de 1 à 3.

Cela signifie que, pour éliminer 1 g de P, il faut : 1,8 à 5,4 g de Fe soit, exprimé par exemple en  $\text{FeCl}_3$  pur, de 5,2 à 15,7 g ou 0,87 à 2,61 g d'Al soit, exprimé en sulfate d'alumine, de 9,3 à 28 g de produit commercial [ $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3, 18 \text{ H}_2\text{O}$ ].

La précipitation chimique du phosphore peut se réaliser à plusieurs étapes dans la filière de traitement :

Au niveau de la décantation primaire. Dans le bassin de boues activées, le précipité décantant dans le clarificateur ; enfin, sur l'eau épurée biologiquement avec un ouvrage spécifique de décantation.

## 8.7. Traitements biologiques des eaux usées

L'épuration biologique a pour but d'éliminer la matière polluante biodégradable contenue dans l'eau domestique décantée ou non en la transformant en matières en suspension.

Micro-organismes et leurs déchets, plus facilement récupérables. La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'oxygène) ou anaérobie (en l'absence d'oxygène). Dans ce dernier cas, où les réactions s'effectuent à l'abri de l'air, le carbone organique, après dégradation, se retrouve sous forme de  $\text{CO}_2$ , méthane et biomasse.

Ce type de traitement appelé digestion anaérobie n'est utilisé que pour des effluents très concentrés en pollution carbonée, de type industriel (sucrierie, conserverie.) Le traitement biologique classique des eaux domestiques s'effectue par voie aérobie. Le traitement consiste à dégrader les impuretés grâce à l'action d'une biomasse épuratrice, à laquelle doit être fourni l'oxygène nécessaire à son développement.

En simplifiant, on peut décrire ce processus par l'équation :

Eau résiduaire + biomasse épuratrice +  $\text{O}_2$  Eau purifiée + accroissement de biomasse + gaz ( $\text{CO}_2$ ) résiduaires.

## 8.8. Développement d'une culture bactérienne

La biomasse utilisée dans le traitement des eaux usées constitue un écosystème très simplifié, ne faisant appel qu'à des microorganismes.

Elle peut être, soit libre, c'est-à-dire intimement mêlée au milieu aqueux à épurer (boues activées), soit fixée ; elle est alors accrochée sur un support solide à la surface duquel percole l'eau à traiter (lit bactérien, biofiltre).

Elle est constituée d'êtres vivants de petite taille, inférieurs au millimètre, microflore de bactéries et microfaune d'animaux, protozoaires et métazoaires proches des vers.

Ces êtres s'y trouvent à de très fortes concentrations, de l'ordre de  $10^{11}$  à  $10^{12}$  par litre pour les bactéries et  $10^6$  à  $10^8$  par litre pour la microfaune.

Les relations entre ces divers groupes sont apparemment simples :

Les bactéries sont des producteurs primaires qui fixent le substrat apporté par les eaux usées sous forme de matière organique ;

la microfaune se nourrit de bactéries et parfois d'autres espèces de la microfaune.

La microfaune est représentée surtout par des protozoaires, organismes prédateurs de taille comprise entre 20 et 200 micromètres qui jouent un rôle important pour la clarification de l'effluent. Ils sont, en effet, à l'origine de la formation en floe de la biomasse ; celle-ci apparaît alors comme une suspension de particules de quelques millimètres de diamètre, agglomérats constitués de bactéries, levures, protozoaires, matières organiques non assimilées et absorbées, matières minérales flocculées ; elle présente alors une aptitude à la décantation, ce qui offre une possibilité de séparation biomasse liquide interstitiel par une technique simple.

### 8.8.1. Evolutionnaire culture bactérienne

La croissance d'une biomasse de concentration  $X$  mise en présence à l'instant zéro d'un substrat dégradable de concentration  $S$  comporte un certain nombre de phases ( VOIR figure 20).

#### Phase de latence :

Elle correspond à l'adaptation des micro-organismes au milieu nutritif. La vitesse de croissance est nulle ou faiblement positive

#### Phase de croissance exponentielle :

Lorsque le taux de reproduction cellulaire atteint son maximum et reste constant en présence d'une concentration non limitante en substrat.

Cette phase de croissance exponentielle peut se décrire par les deux équations suivantes :

$$\frac{dX}{dt} = \mu X$$

$$\frac{dS}{dt} = -Y^{-1} \mu X$$

Avec  $X$  (g/L) concentration en matières organiques actives,  $t$  (h) temps,  $\mu$  (h<sup>-1</sup>) taux de croissance maximal des microorganismes par heure,  $S$  (g/L) substrat dégradable exprimé en consommation d'oxygène, c'est-à-dire en DBO5 éliminée,  $Y$  (g/g) quantité de cellules produites par gramme de substrat de concentration  $S$  utilisé.  $Y$  est appel rendement cellulaire.

#### Phase de croissance ralentie :

Lorsque la concentration en substrat diminue, la vitesse de croissance diminue et finit par s'annuler en phase ralentie habituellement utilisée. En pratique, on a l'équation :

$$\frac{S_1}{S_0} = \frac{1}{1 + KX}$$

Avec  $S_1$  (mg/L) DBO5 restante dissoute,  $S_0$  (mg/L) DBO5 initiale,  $K$  [L/(g · h)] constante dans une gamme de charge Très cordialement, étroite ;  $K$  est compris entre : 0,8 et 1,4 en moyenne charge, 0,4 et 0,5 en aération prolongée . Pour obtenir la DBO5 totale d'un rejet, il faut ajouter à  $S_1$ , la DBO5 Correspondante aux matières en suspension. Les rapports DBO5/MES varient de 0,3 à 0,5 selon la charge de fonctionnement.

### Respiration endogène .

Lorsque les micro-organismes ne sont plus alimentés, leur masse diminue par respiration endogène. La décroissance est proportionnelle à la concentration en microorganismes  $S_a$  :

$$\frac{dX_s}{dt} = -b_d S_a$$

Avec  $b_d$  ( $h^{-1}$ ) taux de respiration endogène ou taux de mortalité des micro-organismes ; il est de 0,18 à 20 °C et de 0,135 à 13 °C.

Ces différentes phases et les équations qui les régissent sont valables en milieu aérobie et anaérobie. Les valeurs des différents coefficients dépendent de la nature du substrat et de divers paramètres tels la température, le pH. La croissance bactérienne nécessite la présence d'éléments nutritifs, en particulier azote N et phosphore P.

Il faut que les valeurs de DBO5, de N et de P soient dans les rapports 100, 5 et 1. La croissance bactérienne tolère une gamme de pH allant de 5 à 9 avec une zone optimale de 6 à 8. De nombreuses substances peuvent avoir un effet toxique sur l'activité des micro-organismes, en particulier les métaux lourds (Cu, Cr<sup>6+</sup>, Cd), même en faible quantité (0,1 mg/L).

Quand certaines substances carbonées organiques comme le phénol et les cyanures arrivent de façon régulière, la population bactérienne peut s'acclimater à une certaine concentration de ces substances (formation de souches adaptées).

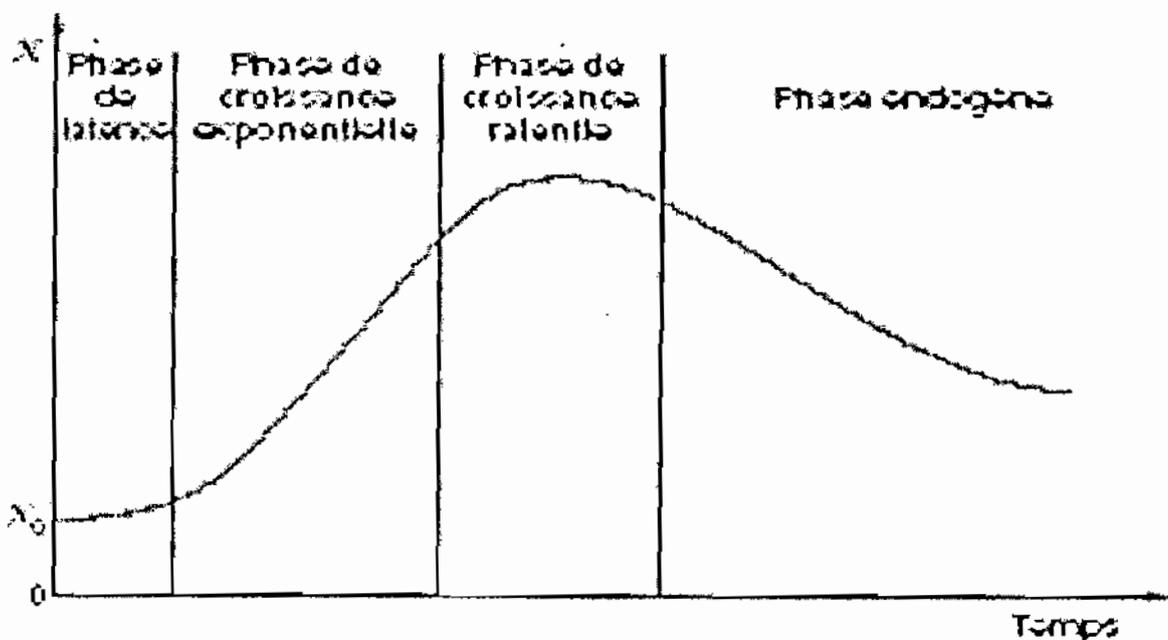


Figure 20 : Evolutionnaire culture bactérienne

### 8.8.2. Modélisation de la croissance bactérienne

Plusieurs modèles mathématiques ont été proposés pour rendre compte de la croissance bactérienne. Le modèle de Monod est le plus ancien, et encore le plus utilisé il est du type :

$$\frac{dX}{dt} = \mu X \quad \text{avec} \quad \mu = \mu_m \frac{S}{(k + S)}$$

Avec ( $\mu$ ) taux de croissance à l'instant  $t$ ,  $k$  (mg/L) concentration seuil au-dessus de laquelle le taux de croissance devient très dépendant de la concentration en substrat.

### 8.9. Mécanisme de l'élimination biologique de l'azote et du phosphore

#### 8.9.1. Mécanisme de l'élimination biologique de l'azote

Elle se réalise en deux étapes qui sont chronologiquement la nitrification et la dénitrification.

La **nitrification** consiste en l'oxydation de  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_3^-$  par l'intermédiaire de deux espèces de bactéries autotrophes. Ces bactéries sont dites autotrophes car elles utilisent du carbone minéral pour constituer leurs cellules. Le taux de croissance de ces bactéries est plus faible que celui des bactéries dégradant la pollution carbonée (bactéries hétérotrophes).

Les cultures mixtes ne pourront se maintenir de façon stable que si le taux de croissance des bactéries hétérotrophes est ramené, par diminution de la charge carbonée, au même taux que celui des bactéries autotrophes.

L'effet de la température est très important. La cinétique de nitrification, dans une plage de 10 à 20 °C, varie linéairement avec la température ; la cinétique à 20 °C étant 2 fois plus élevée qu'à 10 °C. Au-dessous de 10 °C et au-dessus de 30 °C, l'activité nitrifiante chute rapidement.

La présence de  $\text{CO}_2$  ou de carbonate est indispensable. La réaction ne peut se faire qu'en milieu aérobie. La **dénitrification** consiste en la réduction des nitrates formés en azote gazeux par des bactéries hétérotrophes placées dans un milieu pauvre en oxygène.

L'oxygène combiné des nitrates sert à dégrader le carbone organique nécessaire à la croissance de ces bactéries.

Les sources de matières organiques peuvent être diverses :

Le méthanol, le glucose, l'éthanol ; des effluents industriels, par exemple, les eaux de lavage de laiteries, les eaux résiduaires de sucreries. L'eau à traiter qui est la source économiquement intéressante.

### 8.9.2. Mécanisme de l'élimination biologique du phosphore

Le principe de la déphosphatation biologique consiste en une suraccumulation de phosphore dans une biomasse. Si des teneurs de 2 à 3 % en phosphore dans les boues sont obtenues sous des conditions normales de dégradation d'un substrat organique, le mécanisme de suraccumulation nécessite de placer la biomasse alternativement en phase anaérobie (sans oxygène même lié à un composé chimique) et aérobie. Pour les procédés assurant en plus une élimination de l'azote, la zone de dénitrification, caractérisée par la présence de nitrate, est donc assimilée à une zone aérobie. Mis dans ces conditions, les micro-organismes accumulent du phosphore, jusqu'à 10 % de leur poids sec, sous forme de granulés de polyphosphate.

En globalité, une biomasse déphosphatante, dans laquelle bien entendu existent d'autres bactéries, pourra stocker jusqu'à 6 % de son poids sec en phosphore. Les réactions intervenant dans chaque zone peuvent être résumées ainsi :

- **Zone anaérobie** : Synthèse de réserves de polyhydroxybutyrate (PHB) via les ions acétate produits à partir du substrat organique de l'eau à traiter, relargage par les micro-organismes déphosphatants du phosphore intracellulaire ;
- **Zone aérobie** : Suraccumulation du phosphore sous forme de granulés de polyphosphate, consommation des réserves de PHB.

Ces phénomènes, indispensables au processus de déphosphatation biologique, vont conditionner la conception des filières de traitement.

Le schéma de base devra comporter au moins une zone anaérobie où se produira le relargage du phosphore et au moins une zone aérée où les réactions de surassimilation se réaliseront.

Pour obtenir une bonne déphosphatation biologique, l'élément essentiel est la présence d'une quantité suffisante de matières organiques facilement assimilables dans l'eau à traiter.

À partir d'une eau usée urbaine classique, on obtient, en moyenne, un rapport de 3,5 % de phosphore éliminé par DBO5 consommée.

Cela conduit à n'assurer par voie biologique qu'entre 50 et 65 % d'élimination du phosphore.

## 8.10. Cultures libres des boues activées et Caractéristiques

Le terme cultures libres regroupe les procédés où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de floes au sein du liquide à traiter.

### 8.10.1. Cultures libres des boues activées

Pour les boues activées on utilise un bassin brassé, pour conserver en suspension la culture, dans lequel est maintenue :

Soit une concentration d'oxygène, pour les procédés aérobies .

Soit une absence d'oxygène, pour les procédés anaérobies.

Le procédé par boues activées est le plus commun des procédés par cultures libres.

### 8.10.2. Caractéristiques des boues

Différents paramètres permettent de définir le fonctionnement d'une boue activée :

La charge volumique  $C_v$  qui correspond à la quantité journalière de DBO5 (en kg/j) à dégrader dans le volume  $V$  ( $m^3$ ) de l'ouvrage.

Elle s'exprime en  $kg\ DBO5 / (j \cdot m^3)$  ;

La charge massique  $C_m$  qui est la quantité de DBO5 (en kg/j) rapportée à la masse de matières en suspension totales contenues dans l'ouvrage de volume  $V$ .

Elle s'exprime en  $kg\ DBO5 / (kg\ MEST \cdot j)$  ;

La charge massique est parfois rapportée à la masse de micro-organismes ou pratiquement de matières volatiles sèches (MVS) contenues dans l'ouvrage.

Elle s'exprime alors en  $kg\ DBO5 / (j \cdot kg\ MVS.)$

L'âge des boues qui est le rapport entre la masse de boues présentes dans le réacteur et la masse journalière de boues extraites s'exprime en jours.

## CONCLUSION

Suite à l'analyse au cours de cette étude, nous avons mesuré les risques, les impacts écologiques de la pollution dans les zones portuaires. L'étude a mis en évidence la mise en place d'une structure interportuaire (Mauritanienne, Sénégalaise), dotée des ressources humains et de moyens matériels à la hauteur des enjeux de la protection de l'environnement contre la pollution dans ces multiples aspects. Les informations enregistrées de la capitainerie du Port Autonome de Nouadhibou et les visites effectuées au Port Autonome de Dakar, ont révélé le désarmement face à toute catastrophe d'un pétrolier dans les environnements portuaires respectifs ; vu l'inexistence des moyens de lutte contre la pollution par les hydrocarbures et les incendies en haute mer d'une part ; l'insuffisance, d'autre part ces moyens de lutte contre la pollution par les hydrocarbures et les incendies en haute mer. Met en danger les ressources halieutiques, les réserves et l'environnement maritime.

Sans être en mesure à l'état actuel, de résoudre tous les cas dont certains n'auront d'ailleurs probablement jamais de solution, il est possible de rester optimiste dans la mesure où l'on poursuit les efforts entrepris. Si demain se reproduisent les catastrophes comme celle du Sea Empress dans nos zones portuaires respectives, il est certain que son échelle dépasserait beaucoup nos moyens, mais il est également certain l'utilisation consciente des études déjà entreprises en réduiraient considérablement les effets.

La pollution atmosphérique provient des émissions non contrôlées par la combustion des énergies fossiles mais pas seulement, ces multiples constituants des polluants se concentrent exclusivement au-dessus des villes des zones industrielles et d'autres d'où ils ont été libérés. Par conséquent, cette pollution anthropique affecte directement la qualité de l'air de la région polluée, entraînant de graves problèmes de santé chez la population environnante. Ces polluants condensés hétérogènes à la fois gaz, solide, liquide font retour sur terre, chez la population environnante par les aérosols à travers la pluie et les vents. Les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé incitent à informer la population de façon démocratique sur les risques évitables et les actions à entreprendre ; afin d'avoir une connaissance globale des lieux de plus grande exposition de risque, d'être en mesure de déterminer, conduire une vie proportionnée et cohérente de réduction des risques liés à la pollution de l'air.

L'homme est exposé aux polluants atmosphériques dans les différents environnements où se déroule sa vie quotidienne ; l'activité d'expertise est à l'interface entre ceux qui font métier de connaître et ceux qui ont pour fonction de décider. Tous les décideurs, à quelque niveau qu'ils soient, ont besoin d'experts qui traduisent les connaissances scientifiques, en réponse à des questions opérationnelles posées : A quel niveau doit-on fixer la limite de concentration du polluant X dans tel espace vital Y ?

Il convient d'anticiper les travaux en maintenant au niveau national le développement de la recherche en épidémiologie et en toxicologie sur ces rejets atmosphérique, en recueillant des données de surveillance sanitaire des populations , des travailleurs et des données sur des polluants même lorsqu'ils ne font pas encore l'objet d'une réglementation.

Compte tenu de la croissance démographique et industrielle, il faut considérer qu'on ne pourra plus continuer de prendre la mer comme décharge public. S'il est normal de penser que les déchets naturels de l'humanité doivent entrer dans les cycles biogéochimiques fondamentaux des écosystèmes, il n'est pas sage de croire que l'on puisse sans danger y introduire de façon incontrôlée des quantités de plus en plus grandes de matières organiques et de bactéries. Il est criminel de rejeter en vrac les eaux usées, les produits chimiques, comme les détergents, les insecticides, les hydrocarbures et autres produits ménagers aujourd'hui si abondamment utilisés. Ces composés qui, finalement, parviennent en mer constituent pour écosystèmes un danger permanent et insidieux, qui s'étend de plus en plus à tous les rivages portuaires.

## RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- 1- PH. LE LOURD. La lutte contre la pollution des mers par les hydrocarbures; au Centre National pour l'Exploitation des Océans (C.N.E.X.O.) Ingénieur agronome Département. Publié en 1976 par UNESCO
- 2- J.M. PERES : Action des facteurs de pollution sur les communautés pélagiques. Pollution et eutrophisation, Pollution par rejets solides. Professeur, Université D'Aix-Marseille (II), Membre de l'Institut- Directeur de la Station marine d'Endoume et du Centre d'Océanographie, Bordas, paris, 1976 ---0119760211.
- 3- F.SOUDAN. Pollution des mers et exploitation de la matière vivante. Maître de recherches- Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, Nantes. Ouvrage de la collection : Tome1 et Tome2 ; en 1982
- 4- G.BELLAN. Action des facteurs de pollution sur les communautés benthiques et Pollution par les tensio-actifs. Maître de Recherches au Centre national de la Recherche scientifique (C.N.R.S.)- Station marine d'Endoume .Ouvrage collectif présenté par J .M . PERES ; en 1976.
- 5- M.FONTAINE. Introduction à l'étude des pollutions marines Professeur, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, Membre de l'institut - Directeur de l'Institut Océanographique, Paris. Bordas, paris, 1976 ---0119760211
- 6- M.GAUTHIER. Les pollutions bactériennes en milieu marin Chargé de recherches à l'institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (I.N.S.E.R.M.), Sous -directeur au Centre d'Etudes et de Recherches de Biologie et Océanographie Médicale (C.E.R.B.O.M.), Nice .Bordas, paris, 1976 ---0119760211
- 7- Plan d'ensemble de l'Etude mondiale de la pollution dans le milieu marin et principes directeur pour l'organisation des études de base. Publié en 1976 par UNESCO
- 8-NB : Certaines données de base sont recueillies aux niveaux du Port Autonome de NOUADHIBOU et les visites effectuées au Port Autonome de DAKAR. En 2005et 2006.