

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMÉNAGEMENT DU  
LITTORAL (I.S.M.A.L)**

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE FIN D'ÉTUDE (D.E.U.A) EN  
SCIENCES DE LA MER**

**OPTION : POLLUTION ET CHIMIE MARINE**

**THÈME**

**PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES ET SELS NUTRITIFS DANS  
LE PORT D'ANNABA**

**CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE LA POLLUTION**

**Présenté par :**

**Melle ZITOUNI RADIA ZOHRA**

**AINOUCHE NAWEL**

**DEVANT LE JURY :**

**M. ZIANI M.  
M. BOULAHIDJ M.  
M. GRIMES S.  
Melle BOUMAZA S.  
M. ROUBAH M.**

**PRÉSIDENT  
PROMOTEUR  
EXAMINATEUR  
EXAMINATEUR  
EXAMINATEUR**

**JUILLET 2000**

# SOMMAIRE

## Introduction

### 1- Généralité:

#### 1-1 Notion de traceurs océaniques:

1-1-1- Traceurs océaniques conservatifs.....	P2
1-1-2- Traceurs océaniques non conservatifs.....	P2

#### 1-2 Les paramètres physico-chimiques:

1-2-1- La Température.....	P2
1-2-2- La Salinité.....	P3
1-2-3- Le Potentiel d'hydrogène (pH).....	P3
1-2-4- L'Oxygène dissous.....	P3

1-3 Matières en suspensions.....	P4
----------------------------------	----

1-4 Matière organique.....	P4
----------------------------	----

#### 1-5 Les Sels nutritifs:

1-5-1 Définition.....	P4
1-5-2-Rôles.....	P5
1-5-3-Différentes formes de Sels nutritifs:	
1-5-3-1- La Silice dissoute.....	P5
1-5-3-2-L'Azote.....	P5
1-5-3-3-Le Phosphate.....	P7
1-5-4-Origine des sels nutritifs.....	P7
1-5-5-Cycle et régénération des sels nutritifs.....	P8
1-5-6-Distribution dans le milieu marin.....	P10
1-5-7-Sels nutritifs et rapport de "Redfield".....	P10

### 2-Présentation du site d'étude:

#### 2-1 Présentation du port de Annaba:

2-1-1-Situation et importance géographique de la ville de Annaba.....	P11
2-1-2-Description du port.....	P11
2-1-3-Activités du port.....	P14
2-1-4-Bathymétrie et sédimentologie.....	P16

#### 2-2- Facteurs climatiques et hydrologiques:

2-2-1-Facteurs climatiques.....	P16
2-2-2-Facteurs hydrologiques.....	P19

#### 2-3- Etat de la pollution dans le port:

2-3-1-Pollution due aux activités industrielles.....	P21
2-3-2-Pollution domestique et urbaine.....	P21
2-3-3-Pollution due aux activités portuaires.....	P23

<b>2-4- Choix et localisation des stations</b> .....	P23
--	-----

### **3- Méthodologie:**

#### **3-1- Travaux en mer:**

##### **3-1-1-Prélèvement et mesure des paramètres physico-chimique:**

3-1-1-1-Prélèvements de l'eau de mer.....	P26
3-1-1-2-Mesure des paramètres physico-chimiques .....	P26
3-1-1-2-1-Mesure de l'Oxygène dissous.....	P26
3-1-1-2-2-Mesure de la salinité et de la température.....	P27
3-1-1-2-3-Mesure du potentiel d'hydrogène.....	P27
3-1-2-Prélèvement du sédiment.....	P27

#### **3-2- Travaux au laboratoire**

##### **3-2-1-Mesure de la matière en suspension:**

3-2-1-1-Principe de la méthode.....	P27
3-2-1-2-Préparation des filtres.....	P29
3-2-1-3-Filtration des échantillons .....	P29
3-2-1-4-Mode de calcul de la MES.....	P29

##### **3-2-2-Mesure de la matière organique dans le sédiment:**

3-2-2-1-Principe de la méthode de mesure de la MO.....I.....	P29
3-2-2-2-Méthode de calcul.....	P31

##### **3-2-3-Analyse des sels nutritifs:**

3-2-3-1-Définition de la méthode d'analyse.....	P31
3-2-3-2-Loi de Beer-Lambert.....	P31
3-2-3-3-Description de la chaîne Technicon autoanalyseur II.....I.....	P32

##### **3-2-4-Dosage chimique des sels nutritifs:**

3-2-4-1-Principe général.....	P32
-------------------------------	-----

##### **3-2-4-2-Dosage de l'Azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>):**

3-2-4-2-1-Appareillage.....	P32
3-2-4-2-2-Solutions mères et standards.....	P34
3-2-4-2-3-Détermination des blancs.....	P35

##### **3-2-4-3-Dosage des Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):**

3-2-4-3-1-Circuits analytique des Nitrates.....	P35
3-2-4-3-2-Préparation de la colonne réductrice.....	P35
3-2-4-3-3-Solutions mères et standards.....	P37
3-2-4-3-4-Mode opératoire.....	P38
3-2-4-3-5-Test de reproductibilité.....	P38

##### **3-2-4-4-Dosage des Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>):**

3-2-4-4-1-Circuit analytique des Nitrites.....	P38
3-2-4-4-2-Solution mères et standards.....	P38
3-2-4-4-3-Test de reproductibilité.....	P41

<b>3-2-4-5-Dosage des Orthophosphates (<math>\text{PO}_4^{3-}</math>):</b>	
3-2-4-5-1-Circuit analytique des orthophosphates.....	P43
3-2-4-5-2-Solutions mères et standards.....	P43
3-2-4-5-3-Mode opératoire.....	P44
3-2-4-5-4-Test de reproductibilité.....	P44

## **4-Résultats et interprétation:**

Préambule.....	P46
<b>4-1- Analyse des résultats des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs:</b>	
<b>4-1-1-Analyse paramétrique:</b>	
4-1-1-1-Variations des paramètres physico-chimiques:	
4-1-1-1-a-La Température.....	P47
4-1-1-1-b-La Salinité.....	P48
4-1-1-1-c-Le PIH.....	P48
4-1-1-1-d-L'Oxygène dissous.....	P49
4-1-1-2-Variations des Sels nutritifs:	
4-1-1-2-a-L'Azote ammoniacal.....	P50
4-1-1-2-b-Les Nitrites.....	P50
4-1-1-2-c-Les Nitrates.....	P52
4-1-1-2-d-Les Orthophosphates.....	P52
4-1-1-3-Variations de la matière en suspension.....	P55
4-1-1-4-Variations de la matière organique.....	P55
<b>4-1-2-Analyse binaire des paramètres physico-chimiques:</b>	
4-1-2-1-Température-salinité.....	P56
4-1-2-2-Température-Oxygène.....	P57
4-1-2-3-Ph-Oxygène.....	P58
4-1-2-4-MES-Oxygène.....	P58
4-1-2-5-Rapport N/P.....	P59
<b>4-2-Discussions et conclusions</b> .....	P61
<b>4-3-Recommandations</b> .....	P63
<b>Conclusion Générale</b> .....	P64

## **Références Bibliographiques**

## **Introduction :**

On a longtemps pensé que la mer était un réservoir inépuisable de ressources, un puit sans fond capable d'absorber les déchets de l'humanité qui lui arrivent par les airs et les rivières. Elle digère et intègre les sédiments et les eaux chargées de polluants. A ces apports naturels s'ajoutent les déchets anthropiques, qui ont considérablement augmenté ces dernières décennies.

La Méditerranée est une mer soumise à une forte pression humaine. Ces eaux reçoivent d'une manière chronique des déchets domestiques, agricoles et industriels provenant des réseaux d'égouts ainsi que des grands nombres de conduits sous-marins.

Ces apports altèrent les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau et des sédiments et affectent le biotope, par conséquent le milieu marin est sujet à un déséquilibre significatif essentiellement au niveau des zones marines littorales et des enceintes suffisamment restreintes telle que les enceintes portuaires.

Il est certes difficile de comparer la qualité des eaux au niveau d'une enceinte portuaire à celle de l'immensité de l'océan, car ces deux milieux ne subissent pas le même type d'agressions.

Dans ce cadre, le présent mémoire s'intéresse à la qualité physico-chimique des eaux dans le port d'Annaba. Cette étude s'intègre dans le cadre du projet de recherche intitulé - la pollution dans les ports algériens agréé par l'ANDRU et réalisé au sein du département de chimie et pollution marine.

Pour se réaliser, une campagne océanographique s'est effectuée le 28/09/1999, à bord du M.S Benyahia.

Dans la première partie de cette étude, nous avons jugé indispensable de rappeler l'importance des paramètres physico-chimiques ainsi que l'origine, l'évolution et la distribution des sels nutritifs.

La seconde partie concerne la présentation du site étude, sa description, ainsi que l'importance et l'impact des activités industrielles sur le port étudié.

Les protocoles de mesure hydrologiques effectuées ainsi que le matériel utilisé sont relatés dans le chapitre méthodologie.

Enfin, les résultats recueillis sont interprétés et discutés. La conclusion générale clôture ce mémoire.

**CHAPITRE 1**  
**GÉNÉRALITÉS**

## **1- Généralités:**

Dans ce chapitre, nous exposons succinctement les propriétés physico-chimiques de l'eau de mer et des sels nutritifs dissous pour permettre la compréhension de leur distribution et de leur évolution dans le milieu marin.

### **1-1- Notion de traceurs océaniques :**

On regroupe sous l'appellation de traceurs océaniques, tout paramètre physique ou chimique pouvant contribuer, avec précision à la description de l'évolution de la masse d'eau ou à leur circulation. On distingue deux types de traceurs :

#### **1-1-1- Les traceurs océaniques conservatifs :**

La température, la salinité et la densité appartiennent à ce type de traceur ; on appelle donc traceurs océaniques conservatifs les paramètres dont les variations de concentrations sont dépendantes des phénomènes physiques tel que le transport, le mélange des eaux et la diffusion .

#### **1-1-2- Les traceurs océaniques non conservatifs :**

Contrairement aux paramètres précédents, les traceurs non conservatifs subissent l'action des phénomènes physiques, chimiques et biologiques.

On cite : les sels nutritifs, l'oxygène, le pH ainsi que les traceurs radioactifs tel que le carbone radioactif.

### **1-2- Les paramètres physico-chimiques :**

Ces paramètres sont les caractéristiques spécifiques des eaux. Ils varient en fonction des latitudes et longitudes, des saisons et de la profondeur.

A chaque région donc des caractéristiques hydrologiques propre à elle qui la distingue d'une autre.

#### **1-2-1- La Température :**

Elle est directement liée aux échanges thermiques entre les océans et l'atmosphère, par conséquent elle influe sur le climat et gouverne la circulation océanique.

La température est un paramètre très important dans l'étude des mélanges des masses d'eau, la détermination du taux de saturation des gaz (surtout l'oxygène).

En surface, la température suit les variations climatiques, tandis qu'elle diminue progressivement avec la profondeur (Aminot,1983).

L'eau de mer, ayant une chaleur spécifique élevée, réagit lentement aux variations des facteurs affectant sa température (tel que les variations diurnes), de ce fait, l'eau de mer emmagasine une quantité de chaleur.

La température peut également être un facteur limitant pour les espèces sténothermes, affectant leur cycle biologique et par conséquent leur reproduction.

### 1-2-2- La Salinité :

Etant l'une des caractéristiques principales de l'eau de mer, la salinité joue un rôle important en milieu marin. Sa mesure permet de connaître la circulation océanique, de suivre la trajectoire des masses d'eau. Elle influe également sur la densité de l'eau (Aminot, 1983).

Pour caractériser les concentrations en sels minéraux de l'eau de mer, on utilise trois paramètres qui sont :

- La chlorinité (Cl) : détermine par argentimétrie (dosage à l'aide de nitrate d'argent). Elle est égale à 0.3285234 fois le poids d'argent précipité sous forme d'halogénures d'argent dans 1 kg d'eau de mer.

- La chlorosité (Cl/l) : équivalente aux paramètre précédent mais relative à 1 litre d'eau de mer.

- La salinité : c'est la quantité totale en gramme de résidu solide dans un kilogramme d'eau de mer. Une convention internationale admettait jusqu'à 1969 avec Knudsen la relation qui suit :  $S \text{ ‰} = 1,805 \text{ Cl ‰} + 0,30$ .

Depuis cette date une relation plus exacte est utilisée :  $S = 1.805 \text{ Cl}$

### 1-2-3- Le potentiel d'Hydrogène ( pH) :

Les variations du pH sont en rapport avec celle de l'oxygène. Une forte production d'oxygène suite à l'activité photosynthétique implique une diminution de la teneur de l'eau en  $\text{CO}_2$ , en conséquence le pH augmente (Lefebvre *et al*, 1993).

Sa modification est due aussi à des facteurs physiques (échanges air - mer, la température), et chimiques, des rejets industriels ou des rapports d'eau continentale à pH acide.

Celui de l'eau de mer est proche de 8,2, essentiellement fixé par la présence des carbonates  $\text{CO}_2\text{-HCO}_3\text{-CO}_3$ . (Aminot, 1983).

En milieu fermé ou semis-fermé (estuaires, baies, ports), le pH peut approcher des valeurs voisines de 7 ou atteindre des valeurs plus acides (Lefebvre *et al*, 1993). Certains rejets industriels sont la cause de variation du pH qui s'avère dans ce cas un indice de pollution (Aminot, 1983).

### 1-2-4- L'oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un paramètre important du milieu qui gouverne la majorité des processus biologiques et chimiques des écosystèmes aquatiques (Aminot, 1983).

Les concentrations de l'oxygène dans l'eau de mer varient selon les profondeurs, la zone, la saison, cela est dû à ses différentes sources (atmosphère ou phénomène biologique).

Dans les eaux de surfaces, ses teneurs sont proches de la saturation, elles sont influencées par les échanges atmosphère - mer (Lefebvre *et al*, 1993).

Ces concentrations augmentent avec l'activité photosynthétique, en revanche, elles sont faibles en profondeur, car l'oxygène est utilisé pour oxyder la matière organique (Aminot, 1983).

### 1-3- Matières en suspensions (MES) :

La connaissance des teneurs en matière en suspension est importante pour l'étude des milieux aquatiques. Elle représente la fraction de matières particulaires organique et inorganique entraînées passivement par les mouvements d'eaux (Aminot, 1983), et dont la taille serait supérieure à  $0,5\mu\text{m}$  (Strickland *et* Parsons, 1972 *in* Aminot, 1983). Selon la nature des côtes et du fond marin, les matières en suspension peuvent être des sels minéraux précipités, des sédiments, des fragments minéraux, des squelettes planctoniques, ou encore des organismes vivants servant de nutriments aux organismes filtreurs tels que les moules et les bivalves (Lefebvre *et al*, 1993).

Les teneurs les plus élevées sont rencontrées à proximité des côtes estuariennes et plages, où elles sont le résultat de l'association de nombreux phénomènes physiques tels que l'érosion, les transports par les voies atmosphériques, peut être de rejet anthropique ou d'un remaniement du sédiment par les courants marins.

Les concentrations peuvent atteindre plusieurs centaines de milligrammes par litre dans les estuaires, et peuvent atteindre jusqu'à plusieurs grammes par litre. Leur présence dans le milieu marin affecte la photosynthèse en réduisant la transparence des eaux (Aminot, 1983)

### 1-4 - La matière organique (MO) :

Elle résulte des processus d'excrétion et de biodégradation par le catabolisme microbien qui procède essentiellement par réactions d'oxydation et nécessite donc d'importantes quantités d'oxygène.

Les matières organiques particulaires sont principalement constituées d'organismes phytoplanctoniques et zooplanctoniques et de résidus issus de leurs décompositions. (Lefebvre *et al*, 1993).

Le taux de matières organiques est en moyenne de 45 mg/l en zone marine côtière libre. Il augmente cependant de 29 % par rapport à cette valeur dans les enceintes portuaires sans égouts et de 53 % dans celles où existent un ou plusieurs rejets d'eaux résiduaires (Aubert *et al*, 1972). La matière organique est présente dans le milieu marin sous forme particulaire ou dissoute (Jacques *et* Tréguer, 1986).

### 1- 5- Les sels nutritifs :

#### 1-5-1 Définition :

Pour sa croissance, son développement et la formation de son squelette, le phytoplancton a besoin de sels nutritifs qu'il trouve dans le milieu marin sous forme dissoute ou particulaire. Ces sels sont essentiellement ceux de l'azote (15 %), du phosphore (3 %) et du silicium (Aubert *et al*, 1972).

Les concentrations d'éléments nutritifs dans le milieu doivent répondre aux exigences du phytoplancton. Les faibles concentrations minimisent la photosynthèse, tandis que les excès provoquent une eutrophisation du milieu, qui se traduit par une importante croissance de certaines espèces phytoplanctoniques. On trouve alors en surface des concentrations qui peuvent aller de quelques micromoles à quelques dizaines de milligramme par litres (Aminot, 1986).

Par contre dans les aires artificiellement endiguées, les processus d'eutrophisations s'altèrent et évoluent vers une dystrophie rapide et grave (déséquilibre nutritif).

Dans les milieux portuaires, une augmentation considérable des concentrations en sels nutritifs sont observées dans l'ensemble des ports.

### 1-5- 2- Rôles des sels nutritifs :

Le phytoplancton assimile les sels nutritifs dissous dans l'eau de mer et puise l'énergie solaire pour fabriquer leurs squelettes et leur matière organique.

La production biologique dépend principalement de la lumière ainsi que de la circulation océanique qui transporte les sels dissous(carbone, azote, phosphore, silicium) indispensables à la vie . Ainsi les régions de remontées d'eaux profondes et riches en sels nutritifs,( up welling) sont le siège d'une production biologique intense (Jeandel, 1998).

D'ou l'importance des sels nutritifs dans l'étude de la circulation des masses d'eaux et de leurs mélanges. Il existe des relations entre certains sels avec certains métaux lourds telles que celle qui lie des phosphates aux cadmiuims. Ce qui permet la compréhension du comportement et du devenir de ces derniers dans le milieu marin (Cossa *et* Lassus,1989)

### 1-5- 3 Différentes formes des sels nutritifs :

#### 1-5 -3- 1 - La Silice dissoute :

Dans l'eau de mer, le silicium dissous se trouve à (95 %) sous la forme d'acide orthosilicique  $\text{Si(OH)}_4$  et seulement( 5 %) sous formes ionisée  $\text{SiO(OH)}_3^-$  (Ivanoff,1972).

La silice est indispensable pour la croissance du phytoplancton à test silicique essentiellement formé de silice hydratée amorphe (diatomées et radiolaires). C'est sous la forme d'acide orthosilicique  $\text{Si(OH)}_4$  que se fait son absorption (Jacques *et* Tréguer,1986).

Les teneurs de l'eau en silice fluctuent en fonction des saisons. Au printemps, après les blooms phytoplanctoniques , les concentrations dans la zone euphotique sont très faibles ou presque nulles (Aminot,1983).

En revanche, elles augmentent à proximité des côtes et estuaires où les apports en eau douce riche en silice sont considérables. On y trouve des concentrations de l'ordre de 150  $\mu\text{moles/l}$  dans les eaux profondes.

#### 1-5- 3 -2- L'Azote :

L'azote est un élément essentiel des structures vivantes, il est prélevé dans l'atmosphère par certaines bactéries capables de le fixer directement. Il existe sous trois formes essentielles selon le degré d'oxydation :

Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) , nitrites( $\text{NO}_2^-$ ), ammonium( $\text{NH}_4^+$ ), ainsi qu'urée ou acides aminés . Ce sont les formes d'azote utilisables par le phytoplancton (Copin -Montégut, 1996).

#### 1-5-3-2-a -L'Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) :

En fonction de la forme sous laquelle est présent l'azote dans l'eau, la photosynthèse mettra en jeu des réactions enzymatiques différentes, l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) se trouve être la forme la plus

rentable énergiquement (Jacques *et* Tréguer, 1986). Cet ammonium est issu de la dégradation de l'azote organique par les bactéries.

Dans les eaux marines, l'azote ammoniacal se trouve à des concentrations inférieures à 1  $\mu\text{mole/l}$ . Les eaux profondes ne contiennent pas d'ammonium, celui-ci ayant été oxydé en nitrite puis en nitrate.

Il est prédominant dans les estuaires, de même qu'il est considéré comme étant un bon traceur de pollution urbaine, vu ses concentrations élevées à l'approche des émissaires urbains qui peuvent atteindre jusqu'à plusieurs centaines de micromoles par litre (Aminot, 1983).

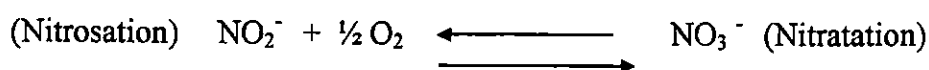
#### 1-5-3-2-b L'Azote nitreux ( $\text{NO}_2^-$ ) :

Dans le cycle de l'azote, les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu marin qui sont de l'ordre de zéro à quelques micromoles par litres d'azote nitreux (Aminot, 1983).

Ces concentrations connaissent des variations saisonnières, en hiver, elles varient entre 0,5 et 1  $\mu\text{mole/l}$  puis suite au développement phytoplanctonique, chutent en été et peuvent atteindre des valeurs très faibles, moins de 0,01  $\mu\text{mole/l}$  (Aminot, 1983).

A proximité des estuaires, et à de faibles teneurs en oxygène, les concentrations des nitrites sont supérieures à 5  $\mu\text{moles/l}$ . Cela refléterait la richesse de la zone en matière organique. (Aminot, 1983).

Les nitrites proviennent de l'excrétion directe ou de l'oxydation des composés azotés excrétés, suivant les réactions ci-dessous :



#### 1-5-3-2-c-L'Azote nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ) :

Les ions nitrates sont les plus stables en solution aqueuse. Dans le cycle de l'azote ils sont considérés comme la forme principale.

L'azote nitrique est issu de l'oxydation des nitrites par des bactéries (les nitrobacter).

Dans les estuaires où la salinité est faible et les apports terrigènes importants, les teneurs augmentent et peuvent atteindre jusqu'à plusieurs centaines de  $\mu\text{moles/l}$ .

Une augmentation considérable des concentrations en nitrates sont observées dans l'ensemble des ports. Ainsi la concentration en nitrate, dont le taux moyen hors du port est de 28 microgrammes/l, augmentent de 280 % à l'intérieur des zones endiguées en présence de rejets. Cette valeur atteint même 445 % du taux marin normal dans les aires portuaires stagnantes (Aubert *et al*, 1972)

#### 1-5-3-3 -Le phosphate :

Le phosphore est un élément nutritif qui se trouve généralement en mer sous forme organique et inorganique, dissous et particulaire.

Les orthophosphates sont la forme la plus abondante  $\text{PO}_4^{3-}$  (10%) et  $\text{HPO}_4^-$  (90%) et seulement (1%) de  $\text{H}_2\text{PO}_4$  (Aminot, 1983).

Il est présent comme l'azote dans tout l'environnement naturel. Les fortes concentrations suite à l'enrichissement d'origine domestique ou agricole peuvent provoquer le phénomène d'eutrophication. (OMS, 1979).

Ses teneurs en surfaces sont assez faibles (0 à 1  $\mu\text{mole/l}$ ), néanmoins, elles augmentent avec la profondeur.

Dans les estuaires, les concentrations en phosphates sont très élevées et peuvent atteindre plusieurs dizaines de  $\mu\text{moles}$  par litre (Aminot, 1983).

Au niveau des zones portuaires, leurs concentrations sont très importantes et peuvent augmenter de plusieurs centaines de  $\mu\text{moles}$  par litre (Aubert *et al*, 1983).

#### 1-5-4- Origines des sels nutritifs :

Les sels nutritifs arrivent en milieu marin par diverses sources, on distingue des sources externes ainsi que des sources internes.

##### 1-5-4-1- Sources externes :

###### -Les rejets :

Les rejets à charge polluante sont de multiples origines : agricole, industrielle ou domestique.

Ces rejets contribuent à la dégradation du milieu marin, en agissant directement sur ses qualités physico-chimiques et sur l'écosystème.

Les activités agricoles sont une source préoccupante de pollution par les résidus d'engrais et de produits phytosanitaires essentiellement composés de phosphore, d'azote et de leurs dérivés.

D'après l'O.M.S (1979), on trouve dans les eaux de déchets urbains non traités près de 40 à 120 mg/l d'azote ( $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NH}_4^+$ ).

###### -Les précipitations :

Les eaux de pluies lessivent les sols agricoles et créent des ruissellements qui rejoignent la mer et enrichissent ainsi le milieu marin en apport terrigène dont les sels nutritifs entrants dans la composition des engrais et fertilisants. Les phosphates d'origine anthropique ont un temps de résidence de  $10^5$  années dans l'eau avant de sédimenter au niveau du substrat pour émerger plus tard suite à des mouvements tectoniques (Froelich *et al* 1982, *in* Bethoux et Copin-Montégut, 1988).

##### 1-5-4-2- Sources internes :

La plus importante est l'activité biologique comprenant toutes les réactions biochimiques et autres (oxydation et dégradation), ayant lieu au niveau de la colonne d'eau.

Dans les zones oligotrophes, on note une diminution de concentration des sels nutritifs : ce sont des zones de faibles productions. Elles augmentent lorsqu'on s'en éloigne. Cela est le résultat selon Minas *et al* (1993) de la décomposition de la matière organique produite.

L'excrétion des niveaux trophiques supérieurs, ou encore la minéralisation bactérienne, sont des sources d'ammonium (Jacques et Tréguer, 1986).

En infimes quantités, le sédiment peut aussi rediffuser les sels nutritifs qui y sont immergés (Samson Kechacha et Dahmani, 1995).

### 1-5- 5 -Cycle des sels nutritifs :

La production primaire est basée sur l'assimilation des sels nutritifs pendant la photosynthèse en présence de lumière. Cette activité biologique est localisée dans la couche euphotique où les conditions favorables (lumière, température, etc...) sont réunies pour la croissance et le développement des végétaux marins et des organismes phytoplanctoniques. La vie de ce cycle est assez courte. Ces organismes fournissent après leur mort une quantité importante de matières organiques et de matériel biogénique (test, pelote fécales, ... etc).

Le processus de dégradation biologique, conduit le long de la colonne d'eau à des réactions d'oxydo-réduction en libérant sous forme dissoute du gaz carbonique, des composés minéraux de l'azote et du phosphore et consomme de l'oxygène (fig 1).

La réduction des nitrates se fait par des bactéries nitrifiantes, d'abord la matière organique se décompose en  $\text{NH}_4^+$  puis il y a nitrosation en  $\text{NO}_2^-$  ensuite la nitratisation des  $\text{NO}_2^-$  en  $\text{NO}_3^-$ .

Pour les phosphates, l'oxydation se fait sous l'effet de métabolisme des plantes ou des animaux ou sous l'effet des bactéries. Ces dernières transforment les phosphates organiques en phosphates minéraux.

La régénération de la silice et des carbonates de calciums se fait par la dissolution des squelettes siliciques et calciques le long de la colonne d'eau lors de leur chute en profondeur.

Le recyclage des sels nutritifs est favorisé aussi par les phénomènes de down welling, d'up welling et de la circulation sous-marine.

### 1-5- 6- Distribution des sels nutritifs :

Le comportement des sels nutritifs dans le milieu marin impose une distribution stricte.

Cette distribution se trouve influencée par divers facteurs, tel que la proximité des côtes, la profondeur, les teneurs en oxygène dissous ainsi que l'importance de la population phytoplanctonique.

Ces nombreux facteurs font que la distribution des sels nutritifs est caractérisée par une stratification au large, avec des eaux pauvres en surface et riche en profondeur et se trouve modifiée par les remontées d'eau. Donc, les eaux les plus fertiles remontent et enrichissent la surface appauvrie en sels nutritifs. Leur circulation est influencée par des phénomènes physiques (up welling et down welling), mais aussi par l'activité biologique.

### 1-5-7- Sels nutritifs et rapport de Redfield :

L'assimilation phytoplanctonique et la régénération du carbone, de l'azote, du phosphore et de l'oxygène se font dans des proportions quasi constantes (Copin-Montégut, 1996). Une relation très étroite existe entre l'oxygène et les éléments biochimiques liés à l'oxygène. Cette relation est exprimée par les apports biochimiques dit de Redfield (Copin-Montégut, 1996).

$$\Delta C / \Delta N / \Delta P / \Delta O_2 = 1 / 16 / 106 / -138$$

Ces apports molaires expriment la consommation de 138 moles d'oxygène pour oxyder 1 mole de carbone, 16 moles d'azotes, et 106 moles de phosphates.

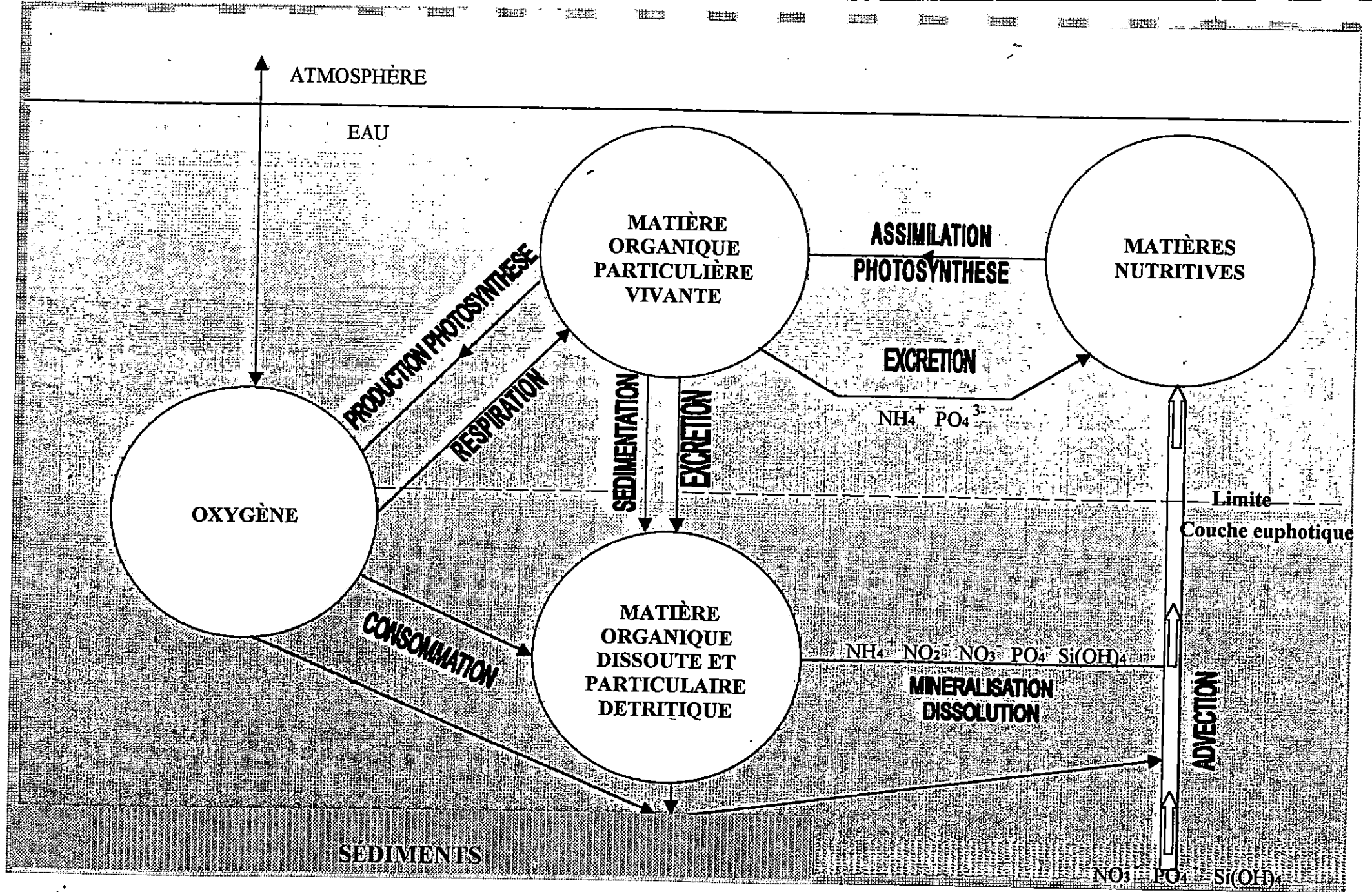


Fig 1 : Circulation des sels nutritifs ( d'après Jacques et Tréguer, 1986 )

Ce rapport est à peu près constant sauf en milieu pollué où il n'existe plus de proportions significatives entre les différents éléments (essentiellement N et P) car ils peuvent être issus de rejets et non d'activités biologiques (Dandonneau, 1998).

## **CHAPITRE 2**

# **PRÉSENTATION DU SITE D'ÉTUDE**

## 2- -Présentation du port d' Annaba

### 2-1-Situation et importance géographique de la ville d' Annaba :

Annaba se situe sur la côte est algérienne, sa superficie totale est de 1412 km<sup>2</sup>. Sa situation est donnée par la latitude de 36° 54' 11'' Nord et une longitude de 7°47' 03'' Est. (fig.2)

La ville d'Annaba est limitée au Nord par un littoral marin de 80 km, tandis que le bas pays est constitué de la plaine d' Annaba au pied des massifs de l'Edough et du Bouhamra, et de la grande plaine qui est traversée par plusieurs oueds dont : le Seybouse , le Boudjemaa et l'oued Mafragh (L.C.H.F.,1974). Capitale du fer et de l'acier, Annaba compte un grand nombre d'industries notamment des usines d'aluminium et de produits chimiques.

Le port d' Annaba est l'un des principaux ports industriels de l'Est et un exportateur important de minéraux tel que le fer le phosphate et le zinc en méditerranée.) (E.P.AN., 1998).

### 2-2-Description du port :

Sur le plan d'eau, le port s'étend sur 95 hectares répartis comme suit : (fig.3)

#### -Un avant port :

Au niveau duquel se trouve une passe de 245m de largeur permettant l'accès des navires à l'intérieur du port. Il atteint 45 hectares d'étendue la profondeur varie entre 10 et 14,1m.

#### -Une grande darse :

Qui se trouve séparée de l'avant port par la passe -Babayaud - ayant une largeur de 250 m, une profondeur de 10,5 à 13,8 m et s'étendant sur 40 hectares.

#### -Une petite darse :

On y accède par la passe - Cigogne -de 183 m de largeur, où la profondeur varie entre 5 et 11,8 m. Elle s'étend sur 10 hectares.

Le port est abrité par deux jetées : la jetée Sud au Sud-Est et la jetée Nord - jetée du lion - au Nord-Est.

#### -La grenouillère :

Se situe près de l'avant port. La grenouillère est le port de pêche d'Annaba. Sa profondeur varie entre 3.5 et 5.8 m.

Les installations d'accostage se composent de 22 postes à quai sur une longueur totale de 3220 m environs. Les navires mouillent à l'Est de la jetée Sud par des fonds de 10 à 13.7 m. Le tirant d'eau du port a une profondeur minimale de 4 m et maximale de 14,2 m.

Le tableau n° :1 montre l'affectation des quais au niveau du port ainsi que leur utilisation :

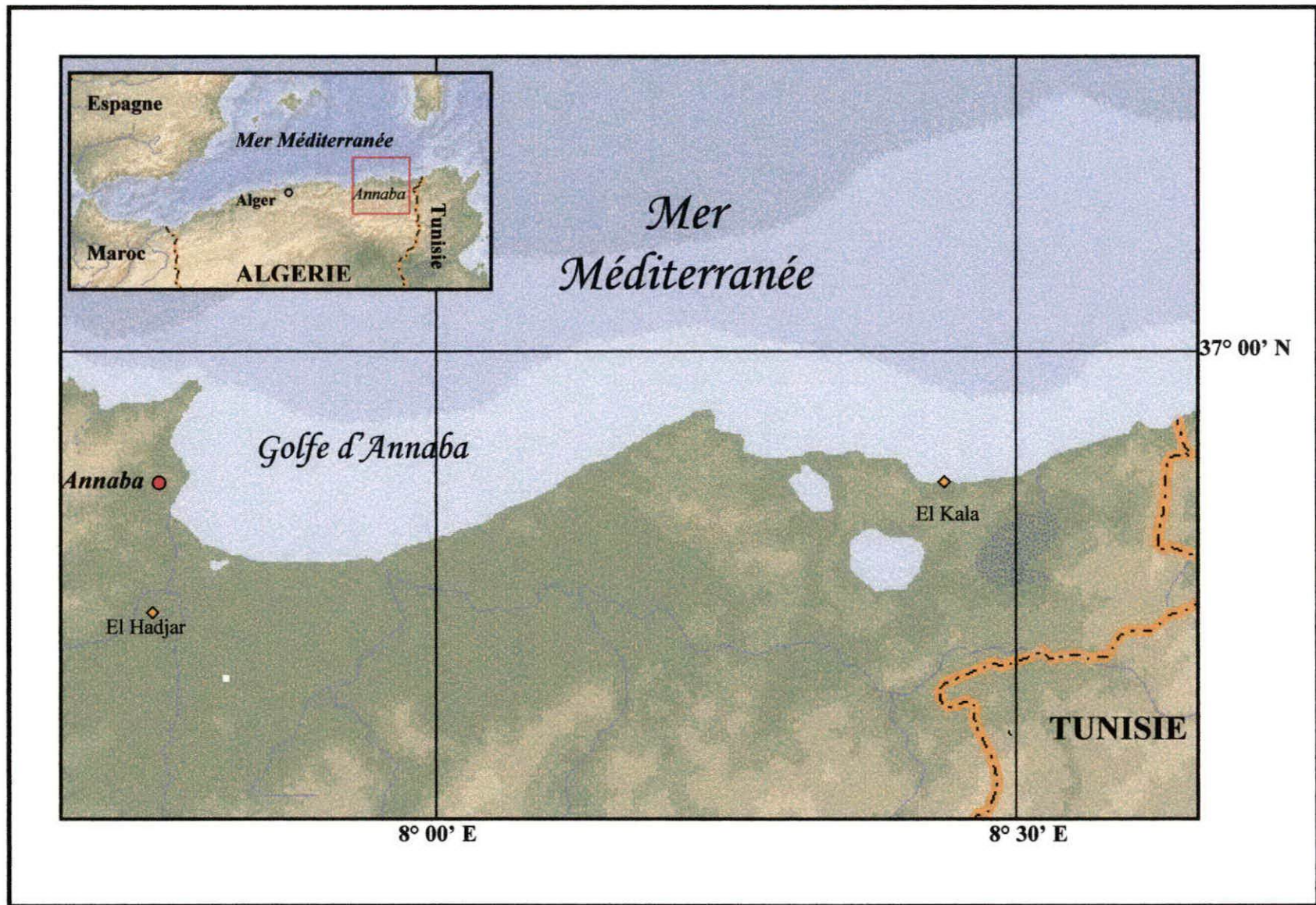
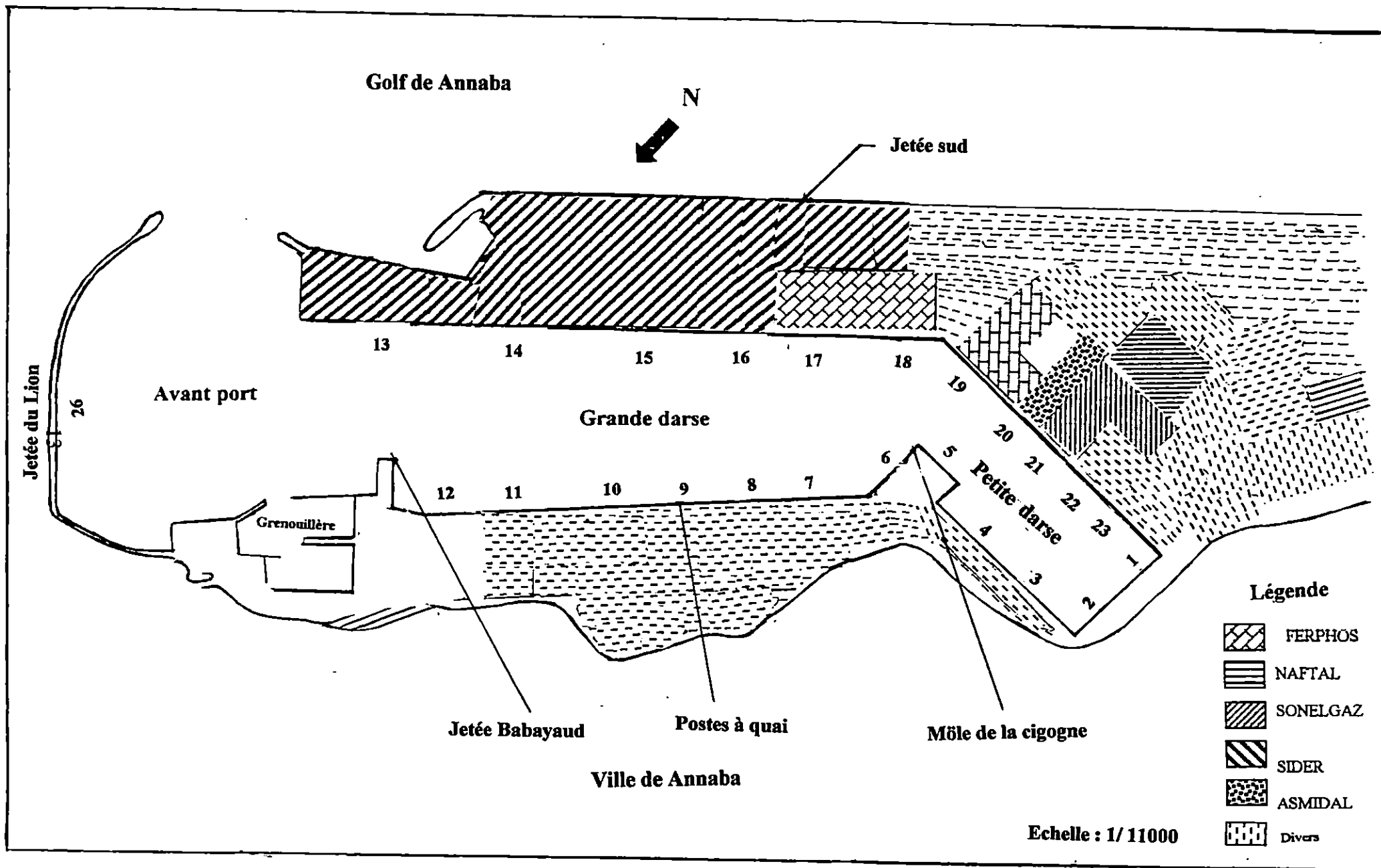


Figure 2 : Localisation de la ville d'Annaba (Atlas mondial, Microsoft ENCARTA 2000).



**Fig 3 : Position des infrastructures et installations existantes dans le port de Annaba**  
 ( inspirée de carte du ministère du transport, 1993).

Tableau n°1 : Affectation des quais du port d' Annaba (E.P.AN., 1998).

Quais	Post n°	Longueur (m)	Tirant d'eau (m)	Utilisation
Quai n°1 Nord	12	155	11	céréales sucre vrac huile végétale
	11	145	9,80	
Grande darse	10	145	9,80	divers général cargos
	9	145	9,80	divers général cargos
	8	145	9,80	divers général cargos
	7	165	9,80	divers général cargos
Môle 6 Cigogne	5-6	-	6,20	divers général cargos
Quai n°2 Petite darse	3-4	225	9,80	car ferries général cargos
Quai n°3 Petite darse	2-1	240	10	terminal conteneurs
Quai n°4 Sud petite darse	21	130	8,50	bitume général cargos potasse-souffre phosphate
	20	135	9	
	19	220	9,45	
Quai n°5 Grande darse	18	125	11	fuel-goudron-ammoniac phosphate-céréales produits SIDER charbon
	16-17	285	12,5	
	14-15	630	10	
	13	320	13,8	
Avant port	26	-	14,1	Produits pétroliers

### 2-3-Activités du port :

Le port connaît une intense activité industrielle, c'est un port de transit situé à l'intérieur de la ville.

Un nombre important de marchandises destinées aux wilayas de l'Est transitent par ce port avant d'être distribuées auprès de 12 wilayas :

( Biskra, El teref, Guelma, Soukahras, Oum-El Bouaghi, Batna, Tebessa, Setif Constantine, Khenchla et Mila) (E.P.AN., 1998).

Son caractère industriel se traduit par l'implantation d'industries dans son enceinte (tableau n°2).

Le port connaît aussi des activités de pêche. Au niveau de la grenouillère sont vendus les produits pêchés par les chalutiers.

En 1995, le nombre de chalutiers était de 26, les senneurs 52 et les petits métiers 54.

En 1994, la production annuelle variait aux alentours de 9 242 978 kg.

Les espèces pêchées sont essentiellement des : Rougets, Merlans, Anchois, Sardines, Crevettes rouges et grises. (Relevés des débarquements de la wilaya Annaba, 1994 -1995).

**Tableau n° 2:** Caractéristiques des eaux résiduaires déversants dans le port de Annaba et ses alentours (METAP, 1994)

Activités industrielles	Origine des principaux effluents	Caractères	Débit de rejet m <sup>3</sup> /j	Milieu récepteur	stations d'épuration
L'industrie dans le tissu urbain Complexe ASMIDAL Unité d'engrais phosphate Unité STPP Unité acide nitrique Unité ammoniac	Eau de process (Chargée de résidus chimique)  Eau de refroidissement	Pollution organique et inorganique.  Pollution chimique		Oued Boudjema Mer	Néant
ORELAIT  (Laiterie)	Dilution de lait ,de lait écrémé, de beurre  de Sérum,	Fortes concentration en matières	1300	Oued Seybouse	En voie de réalisation
ENCG(huile +savon)	Eaux de production	Rejets d'huile,de graisse,d'acides de soude		Mer	Néant
EMIB (brasserie+limonaderie)	Fabrication de boisson et de bière	Pollution d'origine organique,rejet de soude	800	Oued Boujema	Neutralisation
TOMACOO	Fabrication de tomate concentrée et d'harissa	Pollution d'origine organique MES	400	Oued Boujema	Néant
FERROVIAL	Unité métallurgique	Huiles usagées,MES.	400	Un fossé Oued Seybouse	Néant
PROMETAL	Traitement de surface	Cyanures,Cr,Hydroxydes métalliques.	100	Oued Seybouse	Décantation
Z,I,D ELHADJAR ENTPL		Pollution d'origine organique		Oued Seybouse	Décantation
SOMATREK/UTA	Nettoyage	Pollution organique ,MES.		Oued Seybouse	Décantation
SIDER	Traitement de surfa surface siderurgie .cokerie	Métaux lourds.	43200	Oued Meboudja	Précipitation(à l'arrêt).
EPBT		Pollution organique.		Oued Seybouse	Décantation

## 2-4- Bathymétrie et sédimentologie :

### 2-4-1- Bathymétrie :

Dans l'enceinte du port, la profondeur varie entre 5 et 14,1 m et la profondeur augmente au fur et à mesure que l'on se dirige vers la sortie (fig. 4). Elle diffère d'un bassin à un autre :

- Petite darse : profondeur minimale 5 m et maximale 11,8 m.
- Grande darse : les profondeurs sont comprises dans un intervalle de 10 à 13,8 m.
- Avant port : les profondeurs varient entre 6,2 et 14,1 m.
- La grenouillère : entre 3,5 et 5,8 m.

### 2-4-2- Sédimentologie :

La ville et le port d'Annaba se trouvent à la limite des plaines et des derniers contreforts des massifs de l'Edough. Dans ces plaines constituées par des conglomérats, argile, grès, de terrains alluvionnaires, de dépôts lagunaires et de dunes. Sous l'action des précipitations et des processus naturels, des dépôts se constituent lentement par les apports des oueds, notamment le Seybouse et le Boudjemaa.

Le port d'Annaba marque une frontière entre deux zones à caractères sédimentologiques différents : les sables grossiers recouvrent le fond devant la jetée du lion et atteignent la passe d'entrée, tandis que dans le port même, les vases prédominent (L.C.H.F, 74).

En fonction de la nature de cette vase, on constate l'existence de deux zones sédimentaires distinctes (fig 5):

- Une zone de vase sableuse qui occupe une partie de la grande darse et de l'avant port.
- Une zone de vase pure qui occupe la quasi totalité de l'avant port et se prolonge dans l'extrémité Est de la grande darse et toute la petite darse (Ketfi et Ourahmoun., en cours de réalisation).

## 2-5- Facteurs climatiques et hydrodynamiques :

### 2-5-1- Facteurs climatiques :

#### 2-5-1-1- Précipitations et températures :

A partir de données de l'Office Nationale de météorologie (1998), nous avons établi une courbe des moyennes des précipitations et des températures de 1993 à 1998, dans le but de mieux cerner les variations climatiques de la région d'Annaba.

Nous constatons que les précipitations maximales dans la région d'Annaba varient autour d'une moyenne de 101.1 mm essentiellement au mois de novembre. Les précipitations minimales ont une moyenne de 2.05 mm et cela durant le mois de juillet.

Pour la température, la valeur maximale est de 26.33°C au mois d'août alors que la valeur minimale est de 12.1°C au mois de février.

On remarque la présence d'une saison sèche caractérisée par une diminution des précipitations qui coïncide avec une augmentation maximale de la température.

Le début de l'été est marqué par des hausses de températures saisonnières mais ne dépassant pas 30°C (ONM., 1993-1998).

En conclusion, à partir de ces deux paramètres étudiés, on peut dire que le climat de la région d'Annaba est méditerranéen à caractère sub-humide (DGE, 1999). Selon les données il existe deux saisons : l'une humide, avec des températures entre 11 et 13°C et l'autre sèche, où l'on note l'absence de précipitations. Le climat d'Annaba est caractéristique des régions côtières.

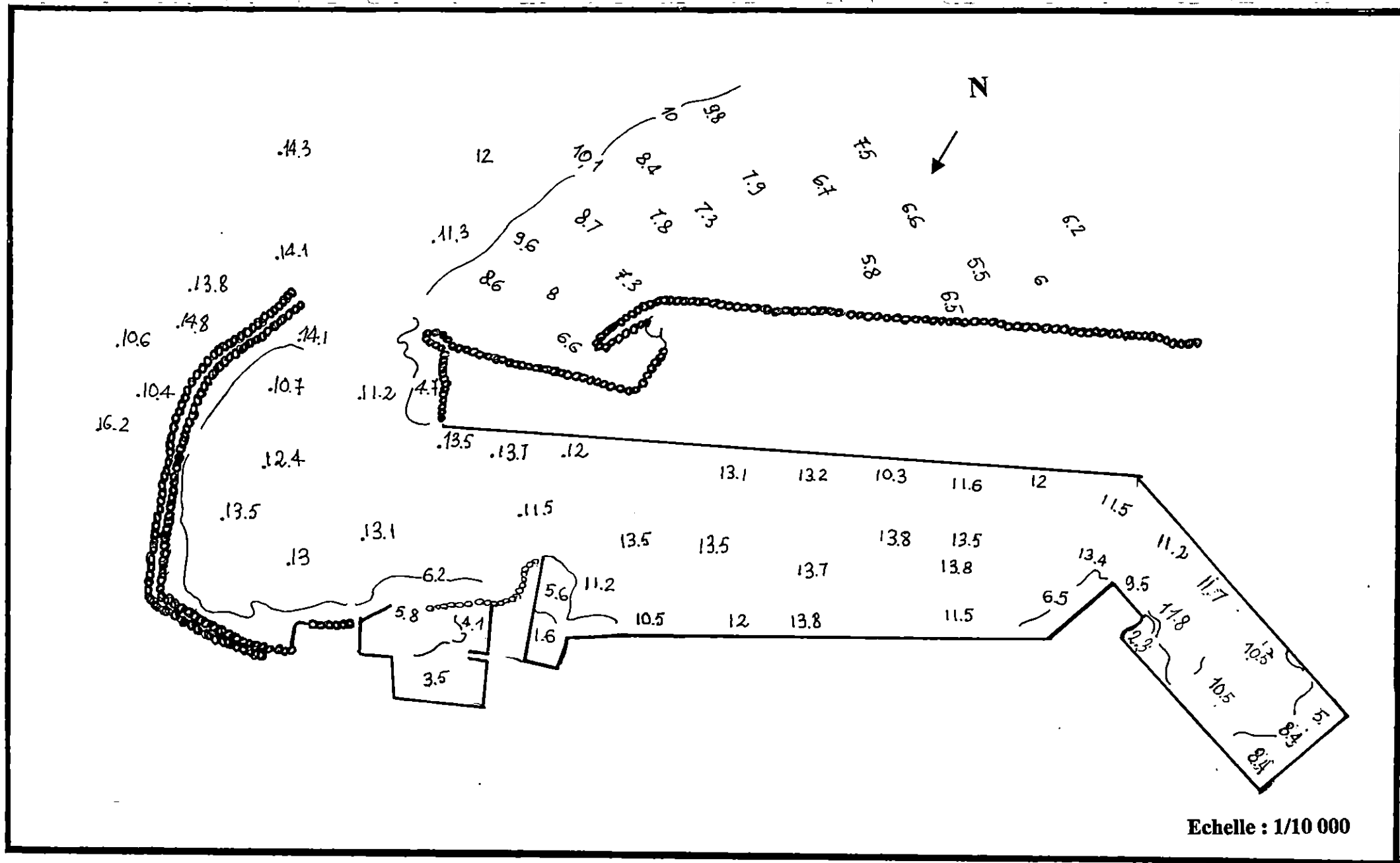
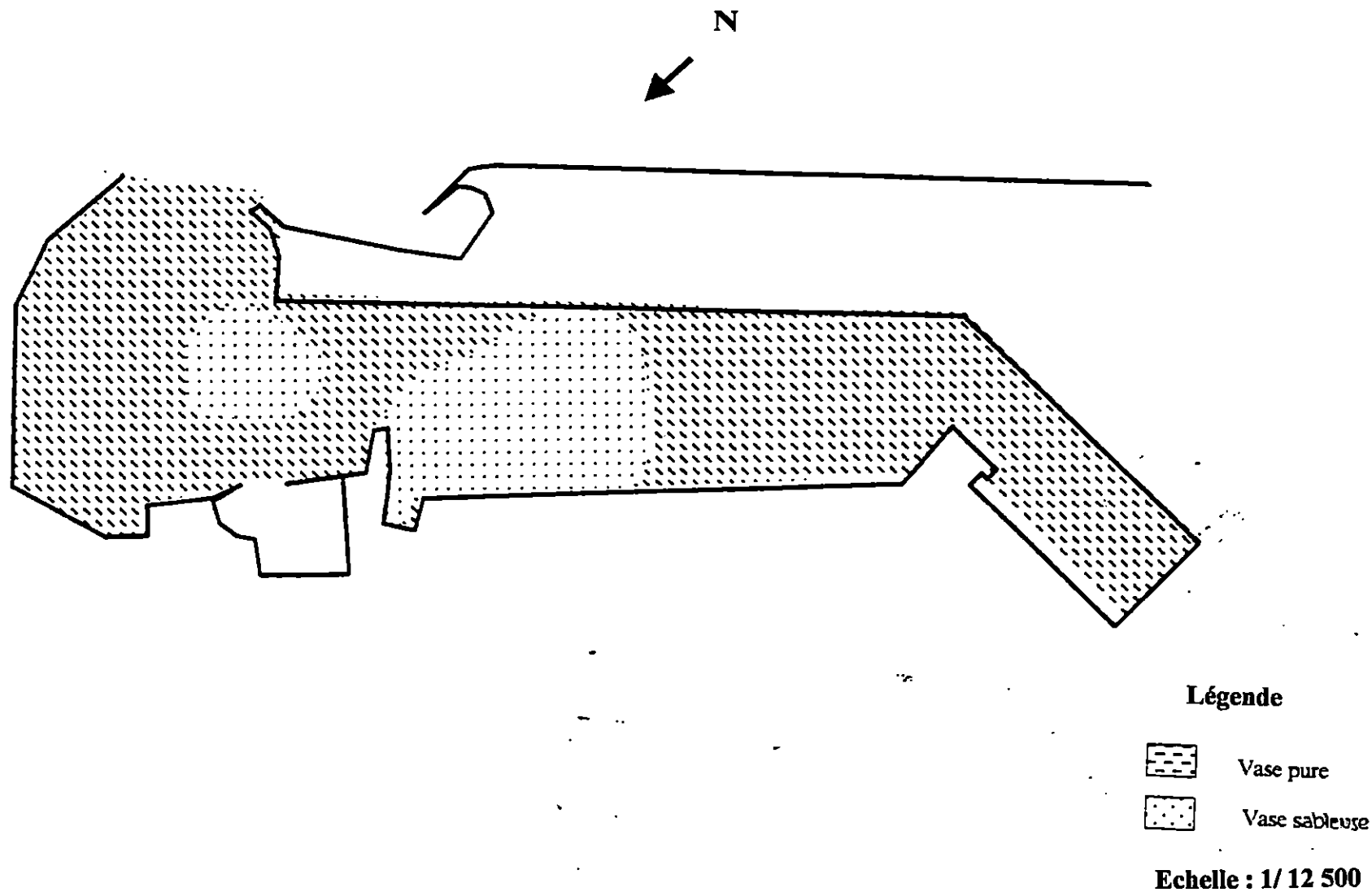


Fig 4 : Carte bathymétrique du port de Annaba ( Carte marine des forces navales , 1993).



**Fig 5 : Schéma de la sédimentologie dans le port de Annaba (Ketfi et Ourahmoune , en cours de réalisation).**

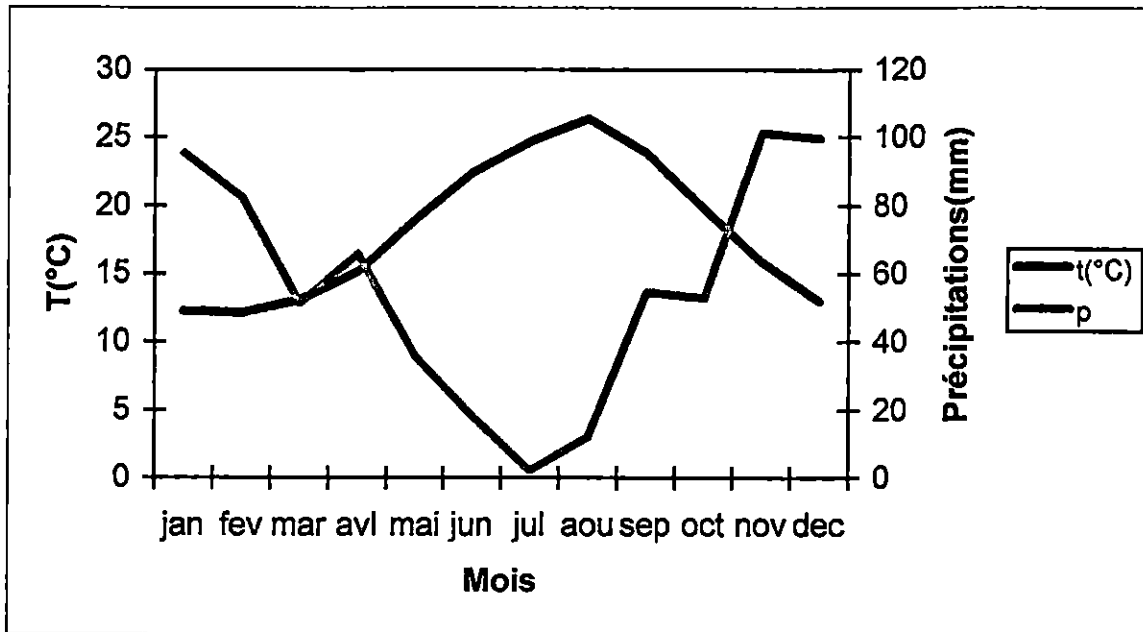


Fig 6 : Courbe des précipitations et températures moyennes dans la région d'Annaba (1993 – 1998).

### 2-5-1-2- Les vents :

Dans le golfe, les vents de secteur Nord-Ouest, Nord prédominent.

Annaba se trouve protégée de l'Ouest au Nord, Nord-Ouest par le cap de garde, en revanche, elle ne l'est pas pour les vents de secteur Nord-Est dont la ville et le port sont peu ou pas abrités (L.C.H.F.,1974).

### 2-5-2- Facteurs hydrodynamiques :

#### 2-5-2-1- Les houles :

Dans le golfe d'Annaba, les houles sont frontales, leurs crêtes sont parallèles aux rivages.

Créées sous l'action du vent, elles provoquent la mise en mouvement du sédiment ainsi que les polluants (Hydrocarbures, détergents...), favorisant leur dispersion (METAP.,1993).

#### 2-5-2-2- Les courants :

Des études faites par L.C.H.F(1974) montrent qu'en dehors du port les vitesses mesurées sont inférieures à 0.25 m/s et sont comprises entre 0.05 et 0.15 m/s en surface et en profondeur.

Venant du cap de garde, la circulation générale méditerranéenne se fait sentir, sa vitesse serait alors entre 0.5 et 1 m/s selon les saisons. Ce courant tend à se propager dans le golfe en se dirigeant vers le sud-est avec une intensité moindre (environ 0.5 m/s), puis en direction de l'embouchure de l'oued Mafragh (fig.7).

Ainsi, en l'absence de toutes autres causes génératrices de courants, des tourbillons lents se forment, les plus amples se trouvent au Sud et au Sud-Est du port.

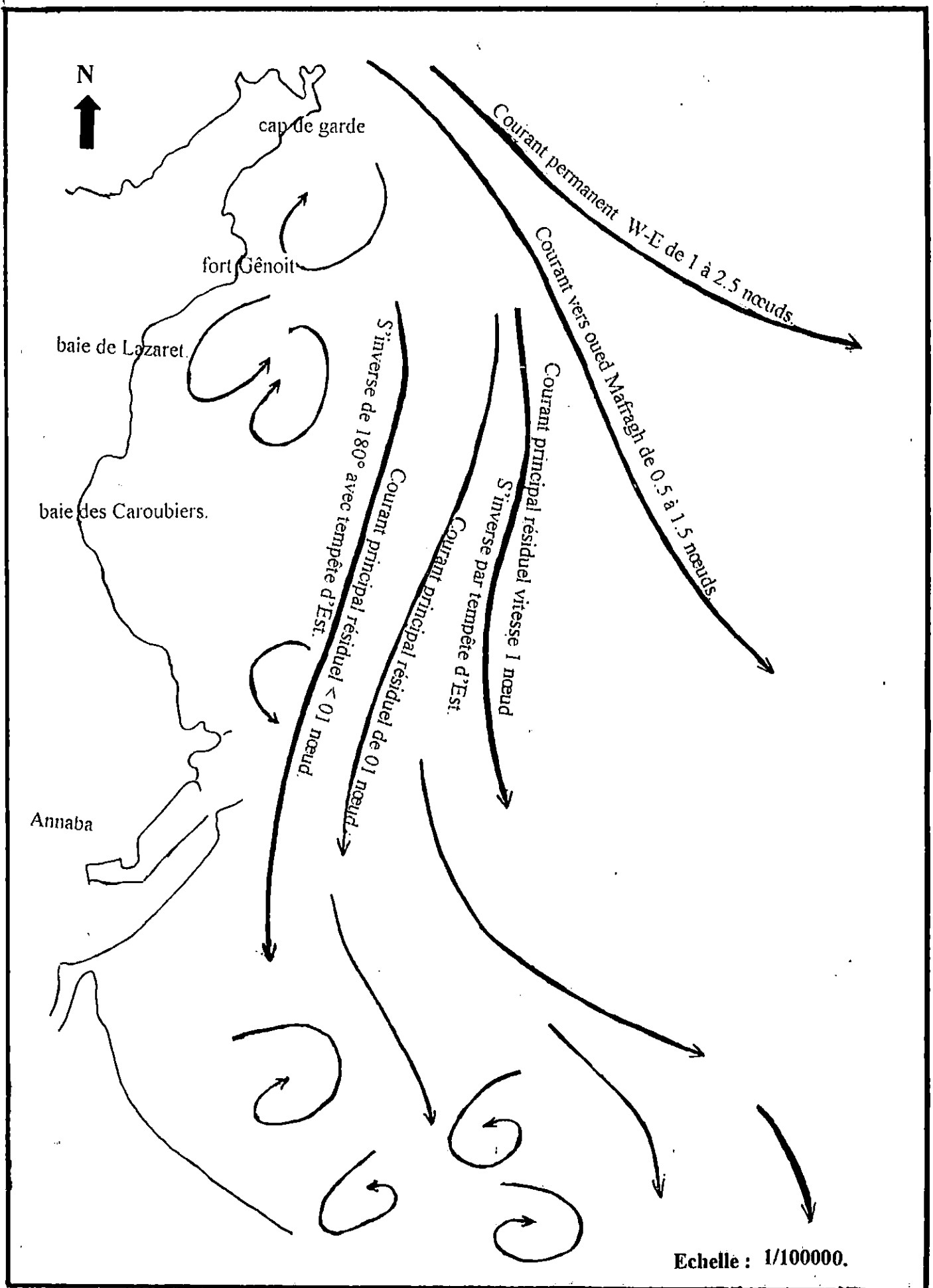


Fig 7 : Schéma des trajectoires de courants aux abords de Annaba (L.C.H.F., 1974).

Les plus fortes intensités de courants mesurées par cette mission, ont été au niveau de l'avant port (0.25 - 0.5 m/s).

Ceci s'explique par le phénomène de seiche qui provoque une oscillation des masses d'eau du plan portuaire. (LCHF., 1974).

## 2 -6- Etat de la pollution dans le port :

La ville d'Annaba a basé son économie sur l'industrie et l'agriculture.

Ces deux secteurs qui ont contribué à l'agression du littoral et du milieu marin.

Les sources de pollutions sont diverses (fig. 8) :

- Les activités urbaines et domestiques (pollution organique, virale et bactérienne).
- Les activités industrielles (pollution chimique et thermique).
- Les activités agricoles (pollution chimique).
- Les activités marines (pollution physico-chimique).

### 2 -6-1- Pollution industrielle :

Le port d'Annaba doit son caractère industriel au nombre important d'industries qui y sont implantées dont SIDER, ASMIDAL, SONELGAZ, FERPHOS, etc... Les rejets industriels se font soit directement en mer, soit sont véhiculés par le réseau hydrographique existant sans aucun traitement au préalable (Bouharrou., 1999).

Ainsi la plupart des oueds transportent ces rejets vers la mer. Certains ont atteint des seuils critiques de pollution. L'oued Seybouse se trouve être le plus inquiétant. Ce dernier est long de 137,4 km, avec un débit de 63.70 m<sup>3</sup>/s (METAP., 1994). Il véhicule des rejets domestiques de l'ENTPL, l'usine de carreaux et granite, ENCG, ferroviaire, hydrocanal et SIDER. (Bouharrou., 1999).

Oued Boudjemaa aussi, draine les rejets de l'unité d'acide phosphorique d'ASMIDAL, constituées essentiellement de phosphogypse. La quantité rejetée est estimée à 2000 t/j (METAP., 1994).

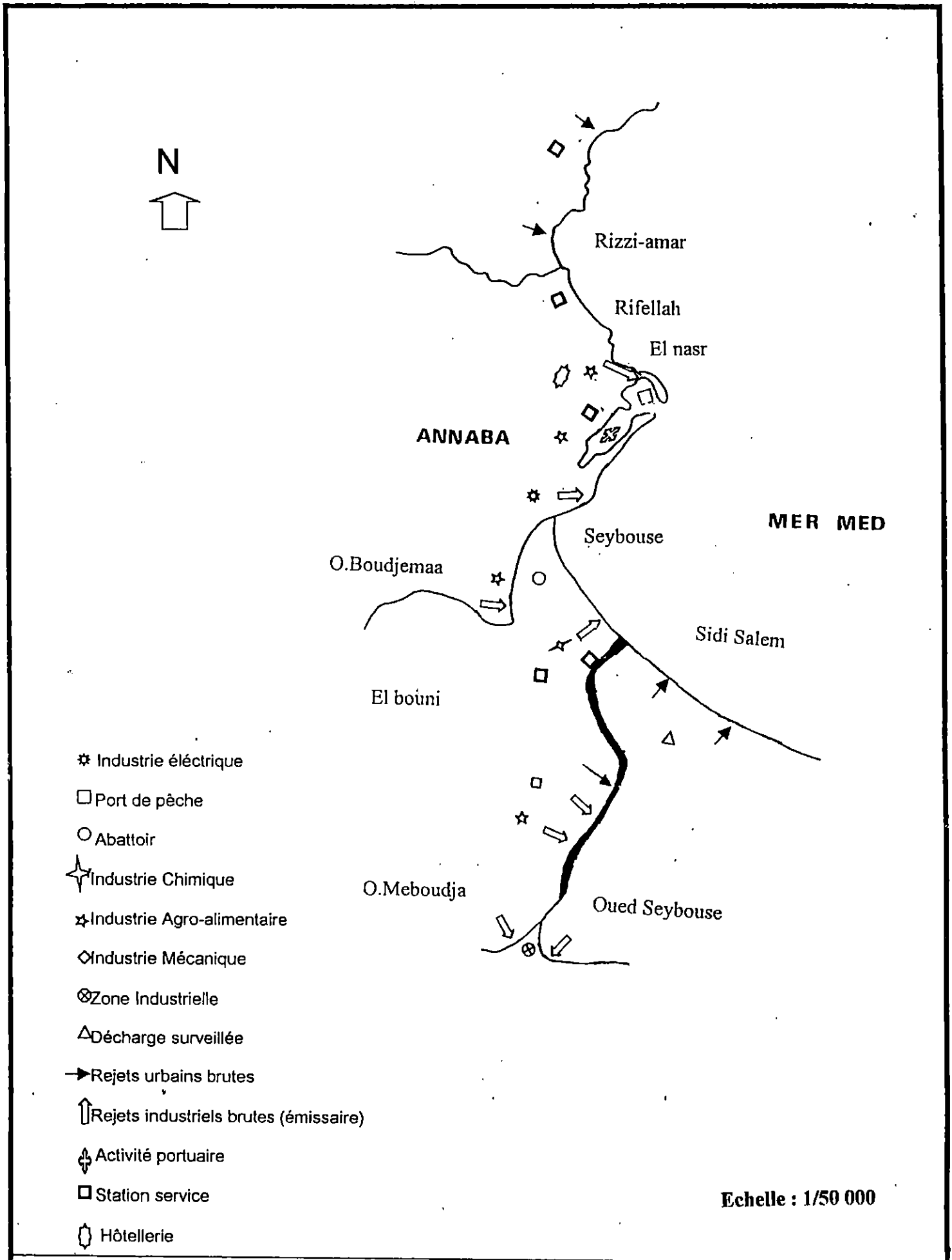
ASMIDAL est donc considérée comme l'une des principales sources de pollution dans la région d'Annaba, aussi bien marine qu'atmosphérique, avec des rejets annuels de 400 tonnes de poussières/an et 900 t/an d'oxyde de soufre ce qui est à l'origine de l'apparition de symptômes respiratoires. Le milieu marin quant à lui, subit une acidification (PH=4,4), la qualité de l'eau se trouve donc affectée (Symbiose, 1997).

Dans le port, ASMIDAL se situe au niveau du quai n°4 Sud, c'est pourquoi la petite darse a atteint un degré de perturbation important. La circulation des eaux dans ce bassin est très faible ainsi les polluants ont tendance à stagner.

### 2 -6-2- Pollution urbaine et domestique :

La population de la ville d'Annaba représente 85 % de la population totale de la wilaya (554 166 habitants). Le nombre d'habitants raccordés au réseau d'égoût est de 464 00 (METAP., 1993). La majorité de ces eaux ne sont pas traitées et sont déversées au niveau du port ou rejetées directement dans le milieu marin (METAP., 1993). Ces rejets ont un débit minimal de 1816 l/s et maximal de 2441 l/s (METAP., 1994). Ils se répartissent comme suit (fig. 9) :

- Une bouche d'eaux domestiques et industrielles (raffinerie des huiles et eaux de pluies) au niveau de la grenouillère.



**Fig 8 : Carte des rejets domestiques et industriels dans la région d'Annaba ( D.G.E, 1996 in Abdiche et Doudou)**

- Deux bouches d'eaux usées au niveau du quai Nord (eaux usées domestiques et pluviales de la zone portuaire).
- Du quai Sud se déverse également deux rejets (A) et (B).
- Six bouches d'eaux usées au niveau de la petite darse, le rejet N°7 correspond à de l'eau de pluie, tandis que le rejet n°8 provient des unités FERPHOS, ASMIDAL, NAFTAL et SONELGAZ (METAP.,1993).

### **2-6-3- Pollution due aux activités portuaires :**

Suite aux déversements d'émissaires dans le port, un dragage régulier est effectué, afin de maintenir les tirants d'eaux des quais.

Les produits de dragage sont déversés au large. Remaniés par la houle et le courant, ces produits sont remis en suspension et dispersés, polluant ainsi plus de surface ( Bouharrou., 1999).

### **2-7 Choix et localisation des stations :**

Afin de connaître l'impact des émissaires urbains sur la qualité physico-chimique des eaux du port, le choix et la localisation des 12 stations se sont effectués en fonction du nombre et de la localisation même des rejets. Cela permet de cerner le port sur toute sa superficie (fig 10).

les prélèvements ont concerné la surface et le fond et se répartissent comme suit :

#### **- La petite darse :**

Au niveau de ce bassin se trouvent deux stations : la station 1 se situant entre les rejets R4, R5, R6, R7, R8, tandis que la station 2 est à proximité des rejets R9 et R10.

#### **- La grande darse :**

Les stations 3, 5 et 6 longent le quai Sud. La station 4 par contre est localisée entre A, B, R3 et R2.

#### **- La grenouillère :**

Une seule station a été choisie qui est la station 7.

#### **- L'avant port :**

Aucun rejet n'y a été signalé, cependant ce bassin marque la transition entre la grande darse et l'extérieur du port.

Notre choix a porté sur la station 8 non loin de la jetée Nord et la station 9 qui se situe au niveau de la passe d'entrée du port.

#### **-Extérieur du port :**

Nous avons jugé nécessaire de choisir des stations en dehors de l'enceinte portuaire pour deux raisons essentielles :

- L'existence de rejets se déversant vers l'extérieur du port R11 et R12 situés respectivement à l'Est de la jetée Nord et à l'Ouest de la jetée Sud.

- La station 12 située au large servira comme station de référence, pour comparer les résultats obtenus en milieu fermé et en milieu ouvert non exposé aux mêmes conditions environnementales et hydrodynamiques.

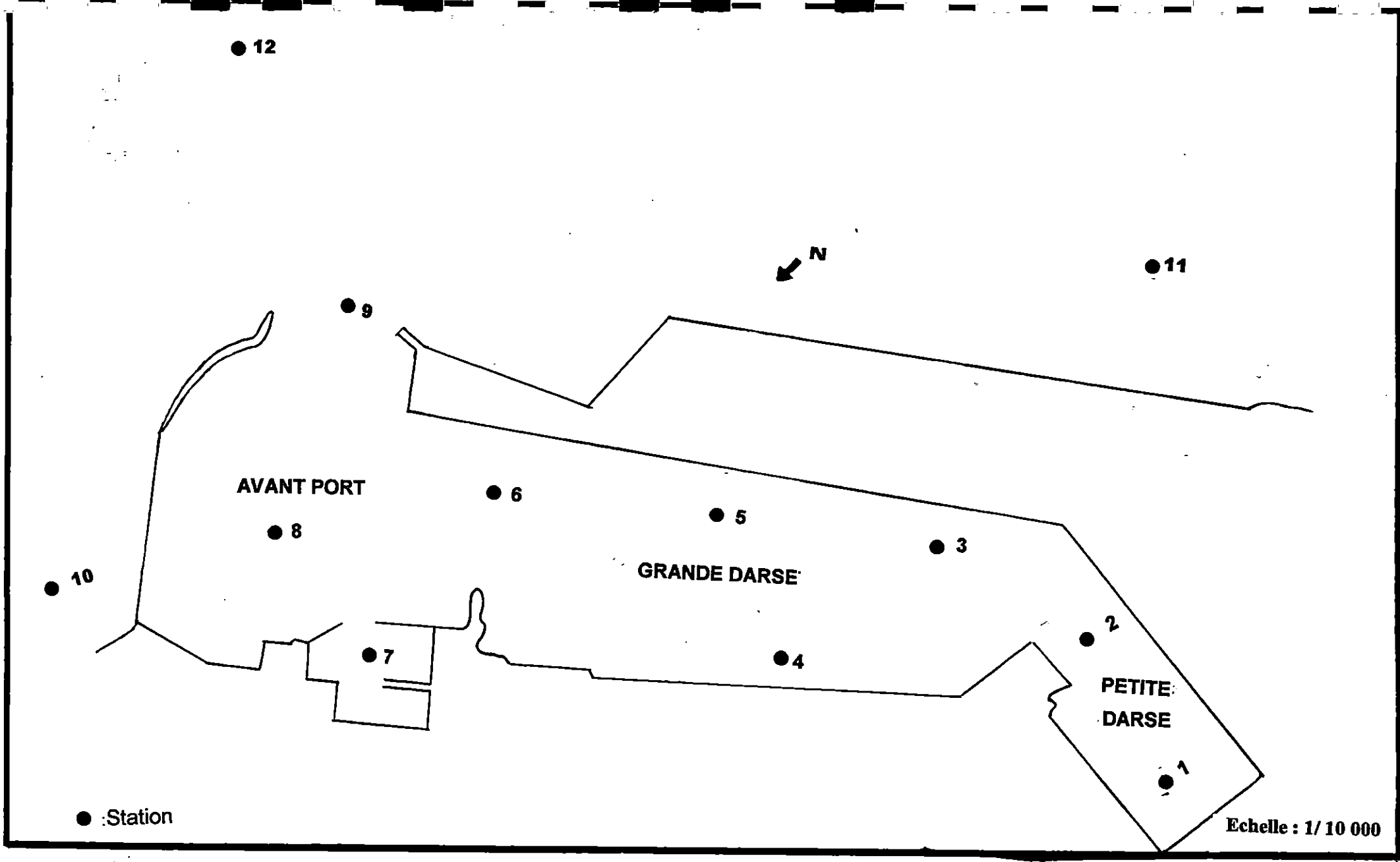


Fig 10 : Carte de localisation des stations prélèvement au niveau du port de Annaba.

**CHAPITRE 3**  
**MÉTHODOLOGIE**

### 3 - Méthodologie :

#### 3-1-Travaux en mer :

Les travaux en mer ont été réalisés à bord du navire océanographique " M.S. Ben yahia ", durant une campagne pluridisciplinaire en octobre 1999 par l'équipe du laboratoire de pollution et de chimie marine et de l'aménagement.

Pour notre travail, ces travaux ont consisté à prélever des échantillons d'eau de mer et de sédiments superficiels au niveau du port d'Annaba. Les paramètres physico-chimiques (température, salinité, potentiel d'hydrogène et oxygène dissous) ont été mesuré *in situ*, tandis que les échantillons d'eau destinés à la mesure des sels nutritifs dissous et la matière en suspension ont été conservé pour un traitement ultérieur au laboratoire, il en est de même pour la matière organique dans le sédiment.

#### 3-1-1- Prélèvements et mesure des paramètres physico-chimiques :

##### 3-1-1-1- Prélèvement de l'eau de mer:

Les prélèvements de l'eau de mer ont été réalisés par des bouteilles de prélèvements de type Van Dorm de 3.5 l de capacité qui ont été placées sur un câble hydrographique. La détermination précise des immersions s'effectue par une poulie compteuse sur laquelle passe le câble hydrographique. A l'arrivée de la bouteille en profondeur, un messenger est envoyé, ce qui va permettre la fermeture de la bouteille de prélèvement. Cette dernière est remontée à bord et le remplissage des échantillons se fait dans des flacons en polyéthylène qui ont été préalablement lavés avec un détergent, rincés à l'eau du robinet, puis rincé une deuxième fois à l'eau acidulée à base de HCl diluée à 10 %. Un autre rinçage est réalisé à l'eau bidistillée, séché à l'étuve à 70°C (Aminot,1983). Ses flacons seront numérotés et stockés à l'abri de la lumière afin d'éviter toute contamination.

##### 3-1-1-2- Mesure des paramètres physico-chimiques :

Les paramètres physico-chimiques ont été mesurés à bord du navire pour l'ensemble des stations prospectées. Ces mesures ont été réalisées au niveau de la surface et du fond de chaque station.

##### 3-1-1-2-1- Mesure de l'oxygène dissous :

L'oxygène dissous peut être mesuré par la méthode chimique de Winkler ( Aminot ,1983). Pour nos analyses nous avons mesuré l'oxygène à l'aide d'un oxymètre de type WT OXI 92. Cet appareil est muni d'une sonde électrolytique que l'on plonge dans l'eau de mer prélevée. La valeur de l'oxygène dissous s'affiche sur un petit écran en mg/l avec une précision de  $\pm 0.01$ mg/l (Aminot,1983). L'étalonnage de l'oxymètre se fait par une solution tampon en fixant le pourcentage de saturation de l'oxygène (environ 102 %) et en prenant en considération la pression atmosphérique ambiante.

### 3-1-1-2-2- Mesure de la salinité et de la température :

Il existe 2 méthodes essentielles pour la mesure de la salinité :

La méthode volumétrique (méthode indirecte), et la méthode Conductimétrique (méthode directe). Dans le cas de notre travail nous avons utilisé la deuxième méthode car elle est plus pratique et permet de mesurer la salinité *in situ*. L'appareil utilisé est un salinomètre de type Kent 5005 avec une précision de  $\pm 0.01$  psu (Aminot,1983). Ce salinomètre est préalablement étalonné à l'aide d'une eau de mer -normale- ayant une salinité connue égale à 35 psu. La sonde électrolytique de l'appareil est rincée avec de l'eau de mer puis plongée dans le flacon de prélèvement, lorsque l'aiguille du salinomètre se stabilise, on note la valeur de la salinité.

A l'aide du salinomètre on peut aussi mesurer la température *in situ* en °C avec une précision de  $\pm 0.01$ °C (Aminot,1983).

### 3-1-1-2 -3- Mesure du potentiel d'hydrogène (pH) :

Pour la mesure de ce paramètre, on a utilisé la méthode électrochimique qui permet les mesures *in situ* du pH.

Les mesures se font à l'aide d'un pH mètre de type Methrom (modél 605 ) muni d'une électrode en verre rincée à l'eau bidistillée et essuyé, puis plongée dans le flacon de prélèvement. Après immersion de l'électrode et stabilisation, la valeur du pH est notée. Rappelons que l'étalonnage se fait avec des solutions étalons de pH respectifs de 4.01 et 7.00.

### 3 -1-2- Prélèvement du sédiment :

Le sédiment est prélevé par une benne " Van Veen " inoxydable, qui permet de prélever sur une surface de  $1/8$  m<sup>2</sup>, sans que ce dernier ne soit perturbé par le mouvement de cet engin. Une fois remontés, les échantillons sont récupérés et mis dans des sacs en plastiques sur lesquels sont inscrit le numéro de chaque station. Les sédiments recueillis sont maintenus à (-18°C), afin de conserver les propriétés chimiques du sédiment et d'éviter toute contamination ( Fig 11).

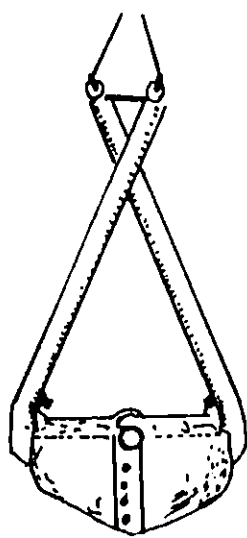
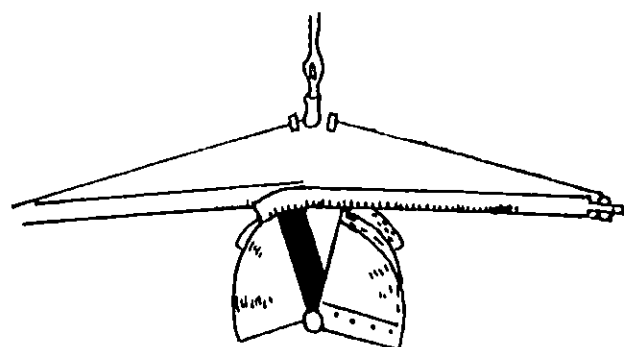
### 3-2- Travaux au laboratoire:

Il s'agit de la mesure de la matière en suspension, de la matière organique, ainsi que de l'analyse des sels nutritifs dissous.

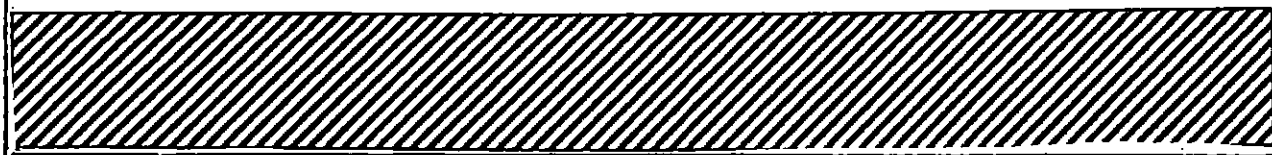
#### 3-2 -1 - Mesure de la matière en suspension :

##### 3-2 -1-1- Principe de la méthode :

Le principe de la méthode consiste à filtrer l'eau de mer à travers des filtres millipores afin de retenir les particules ayant une taille supérieure ou égale à  $0.45\mu\text{m}$  (Aminot,1983).



**Sédiment**



**Fig 11 : Schéma du fonctionnement de la benne « Van Veen » (d'après C.O.I, 1984).**

**3-2-1-2- Préparation des filtres :**

Les filtres millipores sont rincés à l'eau bidistillée puis séché dans l'étuve à 70°C pendant 2h environ. Une fois secs, les filtres sont mis dans des boîtes à filtres préalablement numérotées que l'on laisse refroidir dans un dessiccateur qui va absorber toute humidité restante dans les filtres, ensuite on les pèse à vide.

**3-2-1-3 - Filtration des échantillons :**

Cette étape consiste à filtrer un volume d'eau bien déterminé, grâce à un système de filtration (Fig 12), ayant un minimum de 100 ml. Dans le cas de nos échantillons, le volume est supérieur à 250 ml. Les filtres contenant la matière en suspension sont placés dans l'étuve à une température de 70°C pendant deux heures, puis mis dans un dessiccateur pendant 30 minutes.

Chaque filtre est pesé et remis dans sa boîte correspondante et placé à l'abri dans une étuve à une température ambiante afin d'éviter toute contamination.

**3-2-1-4- Mode de calcul de la matière en suspension :**

La concentration de la matière en suspension est donnée par la relation suivante:

$$\text{MES (mg/l)} = \frac{P2 - P1}{V}$$

P1 = poids du filtre avant la filtration (en mg).

P2 = poids du filtre après la filtration (en mg).

V = volume d'eau de mer filtrée (en l).

**3-2-2- Mesure de la matière organique dans le sédiment :****3-2-2-1- Principe de la mesure de la matière organique :**

Le principe de la mesure de la matière organique suit la méthode de Rodier (1984) qui se réalise selon les étapes suivantes :

- Le sédiment est décongelé au laboratoire.
- Des creusets sont remplis par le sédiment et mis à l'étuve à 70°C pendant 24 heures pour le séchage.
- Une fois secs, les échantillons sont pesés avec une balance de précision.
- Ensuite, les échantillons sont mis dans un four à 600°C pendant 2 heures.
- Les creusets sont retirés du four et pesés une deuxième fois.

**3-2-2-2- Méthode de calcul :**

Le calcul de la matière organique s'effectue selon l'expression suivante :

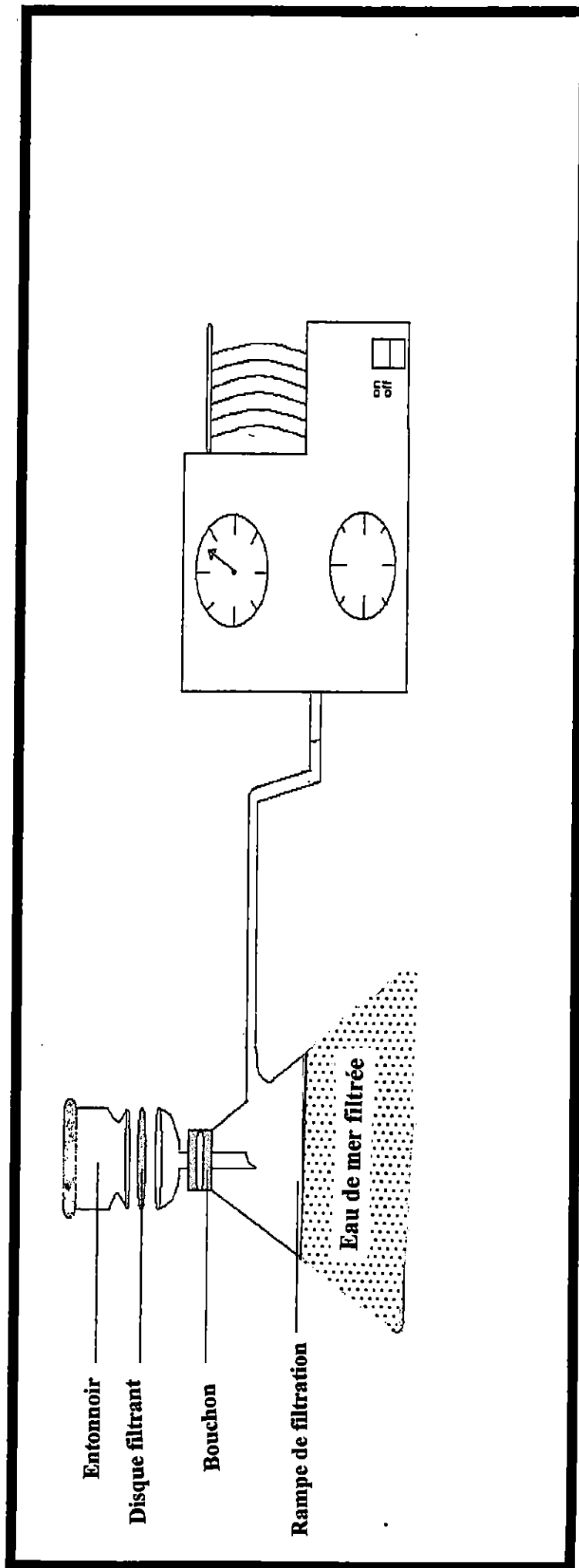


Fig 12 : Schéma d'un ensemble complet de filtration de la matière en suspension.

$$M.O (\% ) = P1 - P2/P1 .100$$

P1 = poids des échantillons avant le passage au four (mg).

P2 = poids des échantillons après le passage au four (mg).

### 3-2-3- Analyse des sels nutritifs :

Pour l'analyse des sels nutritifs, nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) et orthophosphate ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) nous avons utilisé la méthode automatisée sur chaîne technicon par l'Autoanalyseur II. Cet appareil permet d'avoir une bonne reproductibilité des résultats ainsi que l'obtention rapide des données.

Pour l'analyse de l'azote ammoniacal nous avons utilisé un spectrophotomètre qui est un appareil classique permettant de faire le dosage par la méthode manuelle.

#### 3-2-3-1- Définition de la méthode d'analyse :

La méthode d'analyse des sels nutritifs est basée sur la colorimétrie qui est une méthode chimique, basée sur l'absorption de la lumière par la solution à analyser, et cela, selon le sel étudié, à une longueur d'onde bien déterminée.

La méthode calorimétrique obéit à la loi de Beer-Lambert.

#### 3-2-3-2- Loi de Beer-Lambert :

Un faisceau de lumière qui traverse une solution ou un milieu de longueur d'onde (L) sera en partie absorbée par la solution et transmis après avoir traversé cette même solution. La quantité de lumière absorbée par la solution appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O). Cette densité optique est donnée par la loi de Beer-Lambert qui s'exprime par la relation suivante :

$$A = D.O = \log I^0/I = E.L.C$$

$I^0$  et  $I$  sont l'intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant.

$E$  = coefficient d'extinction molaire.

$L$  = longueur de la solution.

$C$  = concentration de la solution absorbante.

### 3-2-3-3- Description de La chaîne Technichon autoanalyseur II :

L'autoanalyseur II est un appareil qui permet le dosage automatique des sels nutritifs. Il est constitué de 5 éléments essentiels :

- **L'échantillonneur** : assure le prélèvement automatique des échantillons, il est directement lié à la pompe (fig 13).
- **La pompe proportionnante** : assure le pompage de réactifs, échantillons, bulles d'air et solution de rinçage et leur propulsion à travers le circuit analytique (fig 13).
- **La cassette analytique** : assure le support au montage du circuit, grâce à ses bobines spirales. Chaque sel a son propre circuit analytique.
- **Le colorimètre monocanal à flux continu** : assure les mesures de la densité optique qu'il envoie à l'enregistreur sous forme de signal électrique proportionnel à celle-ci (la densité optique) (fig 13). Au niveau de la cuve de mesure s'effectue le débullage parfait du flux segmenté par des bulles d'air qui seront évacuées hors du trajet optique et cela pour assurer constamment un flux continu. Pendant l'analyse, le colorimètre envoie deux faisceaux lumineux à partir d'une lampe fixe. Ces deux derniers aboutissent finalement à deux phototubes détecteurs de l'intensité de l'énergie lumineuse. Les deux phototubes émettent deux signaux électriques qui seront reçus par un commutateur qui établira le logarithme des rapports des signaux et les convertit directement en signaux proportionnels aux concentrations de la substance dosées.
- **L'enregistreur graphique** : se trouve en fin de chaîne, l'enregistreur va transformer les signaux électriques émis par le colorimètre en des signaux graphiques sur du papier. La hauteur du graphique sera proportionnelle à la concentration de la substance analysée.

### 3-2-4- Dosage chimique des sels nutritifs :

#### 3-2-4-1- Principe général :

Le principe général des analyses chimiques des sels nutritifs est basé sur des réactions de coloration. En effet, pendant le dosage, les sels vont se mélanger avec des réactifs spécifiques et vont donner une certaine coloration tout en absorbant l'énergie lumineuse à une longueur d'onde donnée. La coloration du mélange est d'autant plus intense que sa concentration en sel.

#### 3-2-4-2- Dosage de l'Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ):

L'analyse de l'azote ammoniacal nécessite un soin particulier et le prélèvement doit se faire en évitant toute contamination par l'atmosphère.

Le dosage de l'azote ammoniacal est basé sur la méthode de Koroleff (1969).

En premier lieu, l'ammoniac forme une monochloramine avec l'hypochlorite. Cette dernière

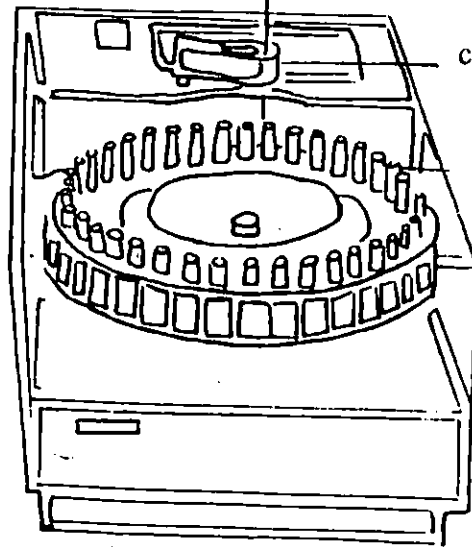
Tube de pompe

Pipette de prélèvement

cuve de rinçage

godet à échantillon

**Echantillonneur**



bloc porte tube

**Pompe proportionnante**

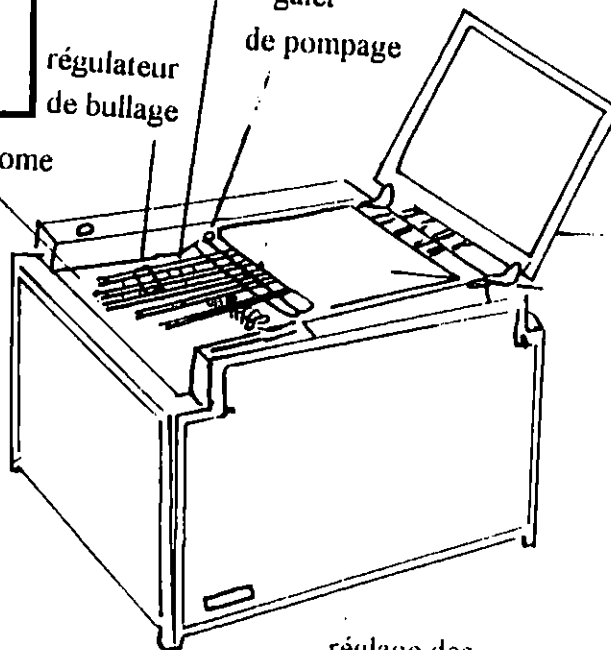
galet

de pompage

régulateur  
de bullage

Tube de pompe

arrivée des solutions  
ou de l'air  
plateau de la  
tête de pompe



**Colorimètre monocanal**

réglage des  
diaphragmes

arrivés de la  
solution à analyser

dispositifs  
de réglage

cheminée d'évacuation  
de la chaleur produite par la lampe

évier  
pompage

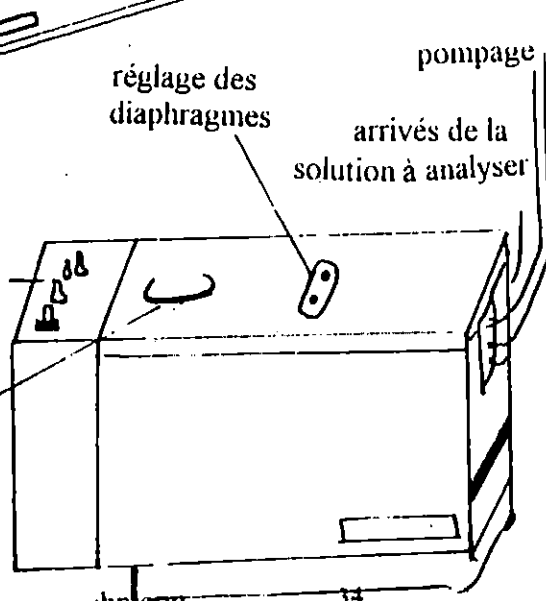


Fig 13 :Schéma des différents éléments de la chaîne Technicon II.

réagit avec le phénol en présence d'un excès d'hypochlorite pour former le bleu d'indophénol. La réaction est accélérée par le nitroprussiate.

### 3-2-4-2-1-Appareillage :

En raison de contraintes techniques, l'analyse de l'azote ammoniacal a été effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à U.V, muni d'un filtre ayant un maximum de transmission de 630 nm, pouvant accepter des cuves de 10 cm de trajet optique. L'appareil utilisé est un colorimètre de marque " SP6 400 UV PYE UNICAM ".

Les réactifs nécessaires pour le dosage de l'azote ammoniacal sont les suivants :

#### Réactif 1 : solution de phénol- nitroprussiate

- Dissoudre 35 g de phénol et 400 g de nitroprussiate de sodium ( $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) et compléter jusqu'à 1 litre avec de l'eau bidistillée.

#### Réactif 2 : solution alcaline d'hypochlorite

- Dissoudre 280g de citrate trisodique ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) et 22g de soude dans 800 ml d'eau bidistillée.

-Ajouter un volume de solution d'hypochlorite de sodium correspondant à 1.4 g de chlore, soit 44 ml d'une solution à 10 degrés chlorométrique.

-Compléter à 1000 ml.

### 3-2-4-2-2- Solutions mères et standards :

#### -Solution mère primaire (Solution A) :

- Dissoudre 0.661 g de sulfate d'ammonium  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , dans 1000 ml d'eau bidistillée. 1 ml contient 10  $\mu\text{mole}$  de  $\text{N-NH}_4^+$ . Cette solution est stable indéfiniment au réfrigérateur.

#### -Solution mère secondaire (SolutionB) :

- Diluer 20 fois la solution A avec de l'eau bidistillée, puis ajouter du chloroforme à raison de 1 ml/l. Soit 1 ml contient 0.5  $\mu\text{mole}$  de  $\text{NH}_4^+$ .

A partir de la solution mère secondaire les étalons ayant des concentrations de 1, 2, 4 et 8  $\mu\text{mol}$  sont préparés. la courbe d'étalonnage de l'azote ammoniacal ( fig 14)qui est une droite linéaire sous la forme de  $\text{D.O} = f(\text{C})$  obéissant à la loi de Beer-Lambert .

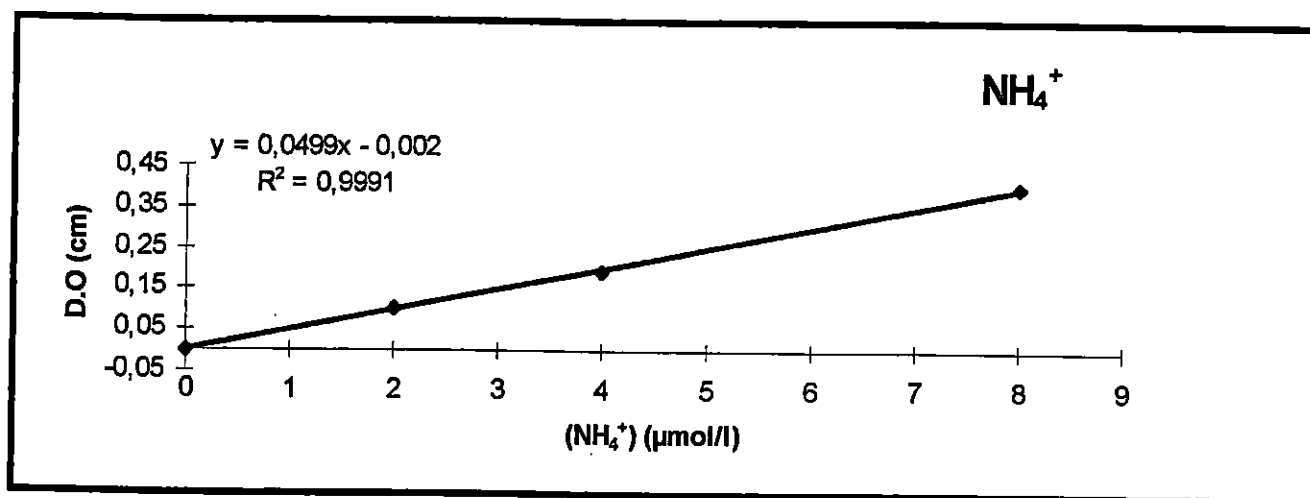


Fig 14 : Courbe d'étalonnage de l'azote ammoniacal

**3-2-4-2-3- Détermination des blancs :**

Appelés aussi absorbances parasites, ce sont des absorbances qui ne proviennent pas des réactions colorées produites par le sel analysé. Il s'agit de blanc de cuve, de réactif et de turbidité.

- Le blanc de cuve : est obtenu en analysant de l'eau bidistillée.
- Le blanc de réactif : est obtenu en rajoutant à l'eau bidistillée les réactifs 1 et 2 dans les mêmes proportions que celle utilisées pour les échantillons d'eau de mer.
- Le blanc de turbidité (effet de sel) : est obtenu par l'analyse d'un échantillon. Les absorbances correspondants à chaque blanc sont retranchées de celles des échantillons d'eau de mer.

Le but de la détermination des blancs de cuves est d'éliminer toute erreur pouvant provenir de l'extérieur.

**3-2-4-3- Dosage des Nitrates(  $\text{NO}_3^-$  ) :**

La méthode utilisée pour les mesures des nitrates est la méthode décrite par Trèguer et Le Corre (1974,1975). En effet, le dosage des nitrates est basé sur leur réduction en nitrite et cela en passant dans un milieu alcalin, à travers une colonne réductrice « Cadmium – Cuivre » Introduite par Woods *et al* (1967)( Aminot ,1983). Les nitrites sont dosés par colorimétrie et cela après diazotation avec le sulfanilamide en milieu acide. Le diazoïque obtenu réagit avec le N- naphthylène diamine pour donner un composé azoïque de coloration rose absorbant la lumière à une longueur d'onde de 540 nm.

**3-2-4-3-1- Circuit analytique des Nitrates :**

Les réactifs nécessaires pour le dosage des nitrates sont cités ci-dessous. Ces réactifs passent à travers un circuit analytique ( fig 15).

- Réactif 1 : solution de sulfanilamide ( $\text{NH}_2 \text{SO}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-NH}_2$  ).
- Dissoudre 5g de sulfanilamide dans 500 ml d'eau bidistillée.
- Ajouter 50ml d'acide chlorhydrique (HCL) puis compléter à 1 litre d'eau distillée.
- Ajouter 1ml de bridj qui est un agent assurant l'équilibre hydrolyque du circuit.

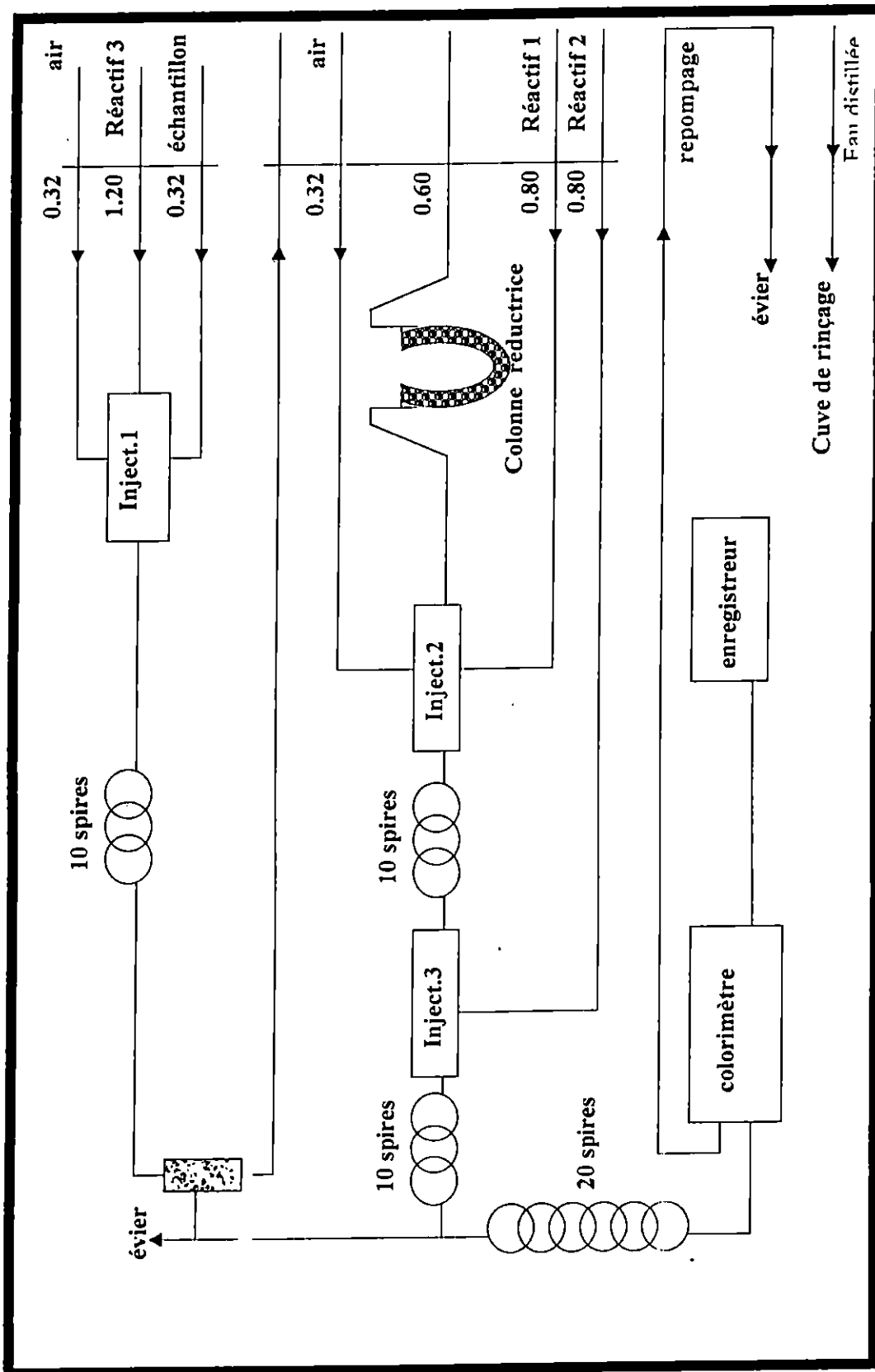
- Réactif 2 : Solution de N-naphtyl-ethylenediamine.
- Dissoudre 500mg de dichlorure de N-naphtyl éthylène diamine ( $\text{C}_{12} \text{H}_{18} \text{CL}_2\text{N}_2\text{CH}_3\text{OH}$ ) dans 1litre d'eau bidistillée.

- Réactif 3 :
- Dissoudre 10g de chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4 \text{Cl}$ ) dans 1 litre d'eau bidistillée et ajuster le pH à 8.5 par une solution d'ammoniac.

**3-2-4-3-2- Préparation de la colonne réductrice :**

La préparation de la colonne réductrice se fait dans les étapes suivantes :

- Sélectionner les grains de cadmium par tamisage entre 0.315 et 0.710 mm.
- Peser 3g de cadmium tamisé.
- Laver à l'éther éthylique.



**Fig 15 : Circuit analytique des Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).**

- Rincer à l'eau bidistillée.
  - Laver à 50 ml d'HCL.
  - Rincer à l'eau bidistillée.
  - Dans un erlenmeyer contenant les grains de cadmium, mettre 50 ml d'une solution de sulfate de cuivre  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  à 2 % et bien agiter la solution pendant plusieurs minutes jusqu'à la disparition de la couleur bleue.
  - Rincer et laisser décompter à nouveau les grains de cadmium par 50 ml de la solution de sulfate de cuivre jusqu'à la disparition de la couleur bleue et l'apparition de particules colloïdales de couleurs rouge.
  - Laver à l'eau bidistillée jusqu'à décantation totale des particules.
  - Tremper les grains de cadmium dans une solution de chlorure d'ammonium  $\text{NH}_4\text{Cl}$  : 6.9g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sont dissous dans 1 litre d'eau bidistillée.
  - Remplir une colonne en forme de -U- à partir de la solution préparée.
  - Ainsi, la colonne est prête à l'usage.
- Elle peut être conservée à une température ambiante. Cependant, toute introduction de bulle d'air ainsi que le passage de toute solution acide pourrait affecter le rendement de la colonne réductrice.

### 3-2-4-3-3-Solutions mères et standards :

#### - Solution mère primaire (Solution A):

dissoudre 506 mg de nitrate de potassium ( $\text{KNO}_3$ ) sec dans 1l d'eau bidistillée. Ajouter 1 ml de chloroforme. Cette solution est conservée dans un flacon brun à l'abri de la lumière et au frais.

1 ml de la solution mère contient  $5\mu\text{mole/l}$ .

#### -Solution mère secondaire (Solution B):

Cette solution est obtenue en pipetant 2 ml de la solution B dans 100 ml d'eau bidistillée.  $B = 100\mu\text{mole N-NO}_3/\text{l}$ .

A partir de la solution mère primaire, les standards S1, S2, S3, S4 sont préparés avec des concentrations respectives de 1, 2, 4, 6  $\mu\text{mole/l}$  (fig 16).

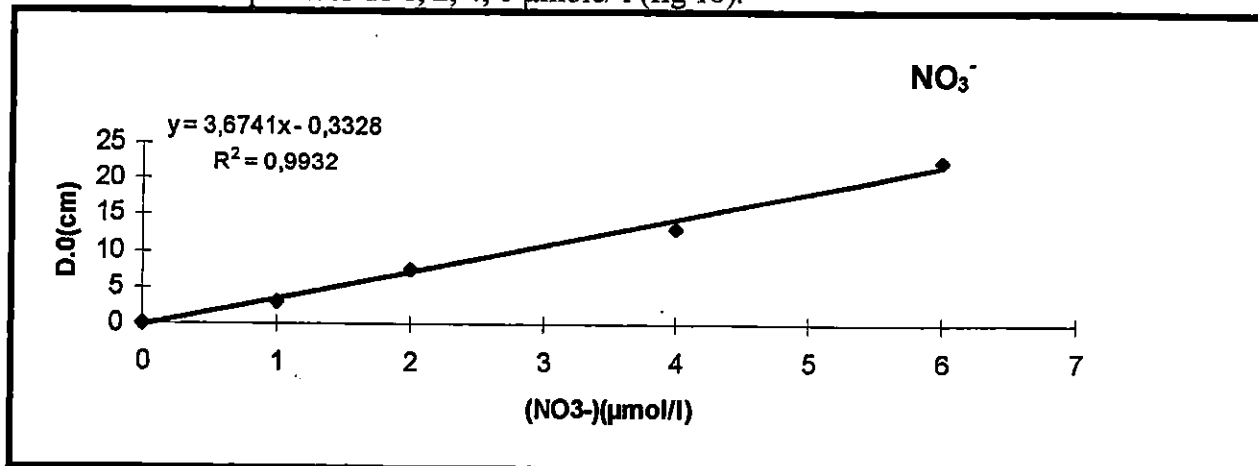


Fig 16 : Courbe d'étalonnage des Nitrates.

**3-2-4-3-4-Mode opératoire :**

- Le colorimètre est allumé 1 heure au moins avant le début de la manipulation.
- Les mesures se font à une longueur d'onde de 540 nm.
- Le standard de calibration est de 9.
- Le damping est égal à 2.
- La vitesse est de 30 cm/h.
- La ligne de base est obtenue après le passage de l'eau bidistillée au niveau du circuit analytique. Lorsque les réactifs arrivent au niveau de la cuve de mesure, un petit décalage s'effectue dans la ligne de base.
- La série d'échantillon analysée est précédée et succédée d'une série de standards.

**3-2-4-3-5-Test de reproductibilité :**

Dans le cas de notre travail nous avons utilisé 6 mesures de l'échantillon de la station 3 de concentration moyenne. La reproductibilité obtenue des nitrates est de  $7.75 \pm 0.45$  soit une précision de 5.8 % (fig 17).

**3-2-4-4- Méthode d'analyse des Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ):**

Le dosage des Nitrites est basé sur la méthode de Benschneider & Robinson (1952, *in* Aminot, 1983). Le protocole de dosage des nitrites est similaire à celui des nitrates mis à part l'absence de la colonne réductrice et du réactif 3.

**3-2-4-4-1-Circuit analytique des Nitrites :**

Les liaisons sont réalisées par des tubes en verre, et renforcées par des joints en plastiques qui assurent aussi la souplesse du montage. Les réactifs et l'eau de mer sont pompés de la même manière que pour les Nitrates (fig 18) sauf que les débits sont augmentés .

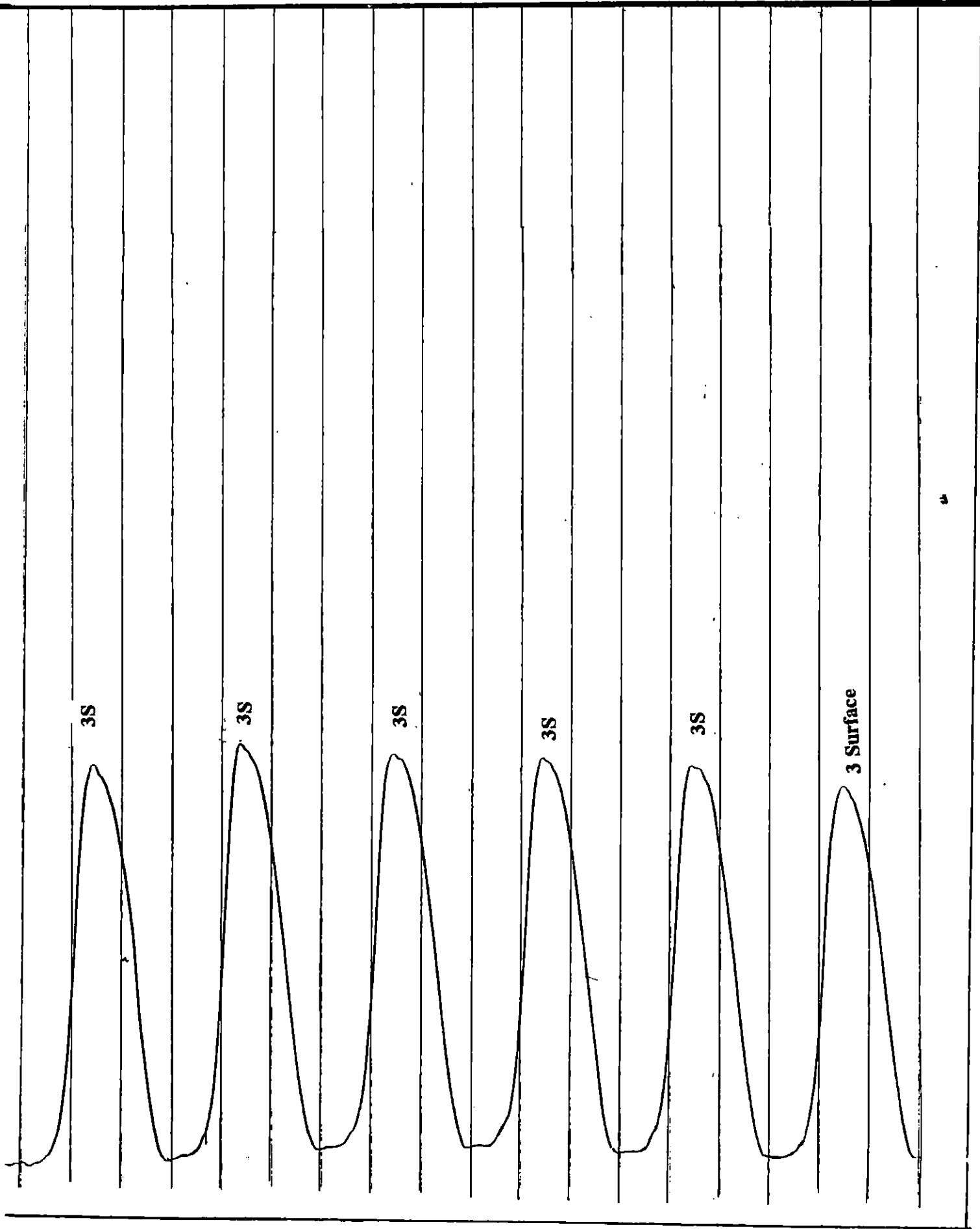
**3-2-4-4-2-Solution mère et standards :****- Solution mère primaire (Solution A) :**

- Dissoudre 0.345g de nitrite de sodium ( $\text{NaNO}_2$ ) dans un 1 litre d'eau bidistillée, puis ajouter 1ml de chloroforme.

**- Solution mère secondaire (Solution B) :**

Cette solution B est obtenue en pipettant 0.2 ml de la solution (A) dans une fiole ajustée avec 100 ml d'eau bidistillée.

Ceci nous permettra d'obtenir les solutions standards désirées à savoir 0.1, 0.2 et 0.4  $\mu\text{mole/l}$  et de tracer la droite d'étalonnage (fig 19).



**Fig 17 : Test de reproductibilité des Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).**

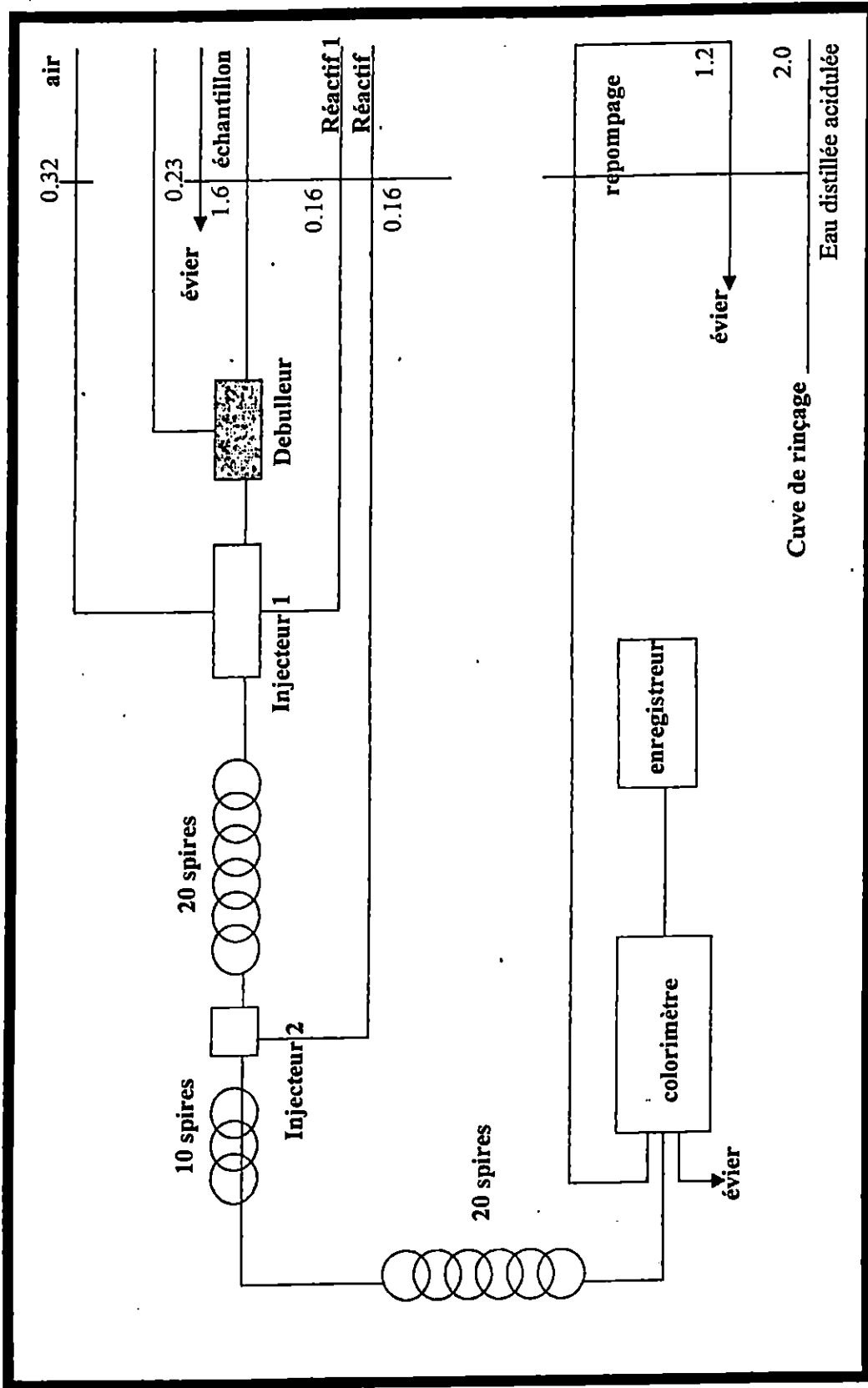


Fig 18 : Circuit analytique des Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ).

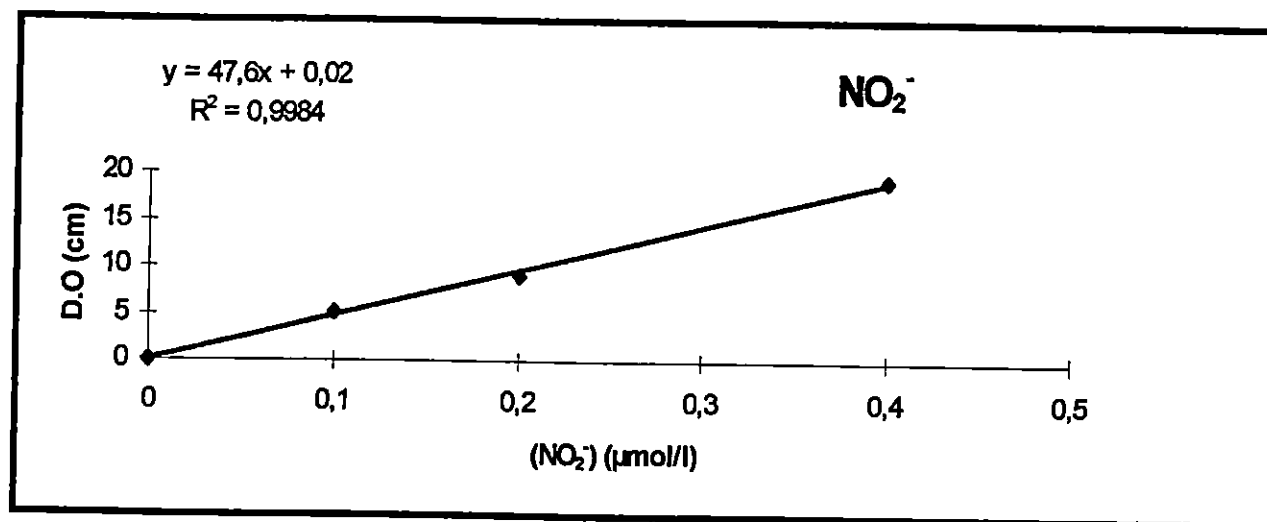


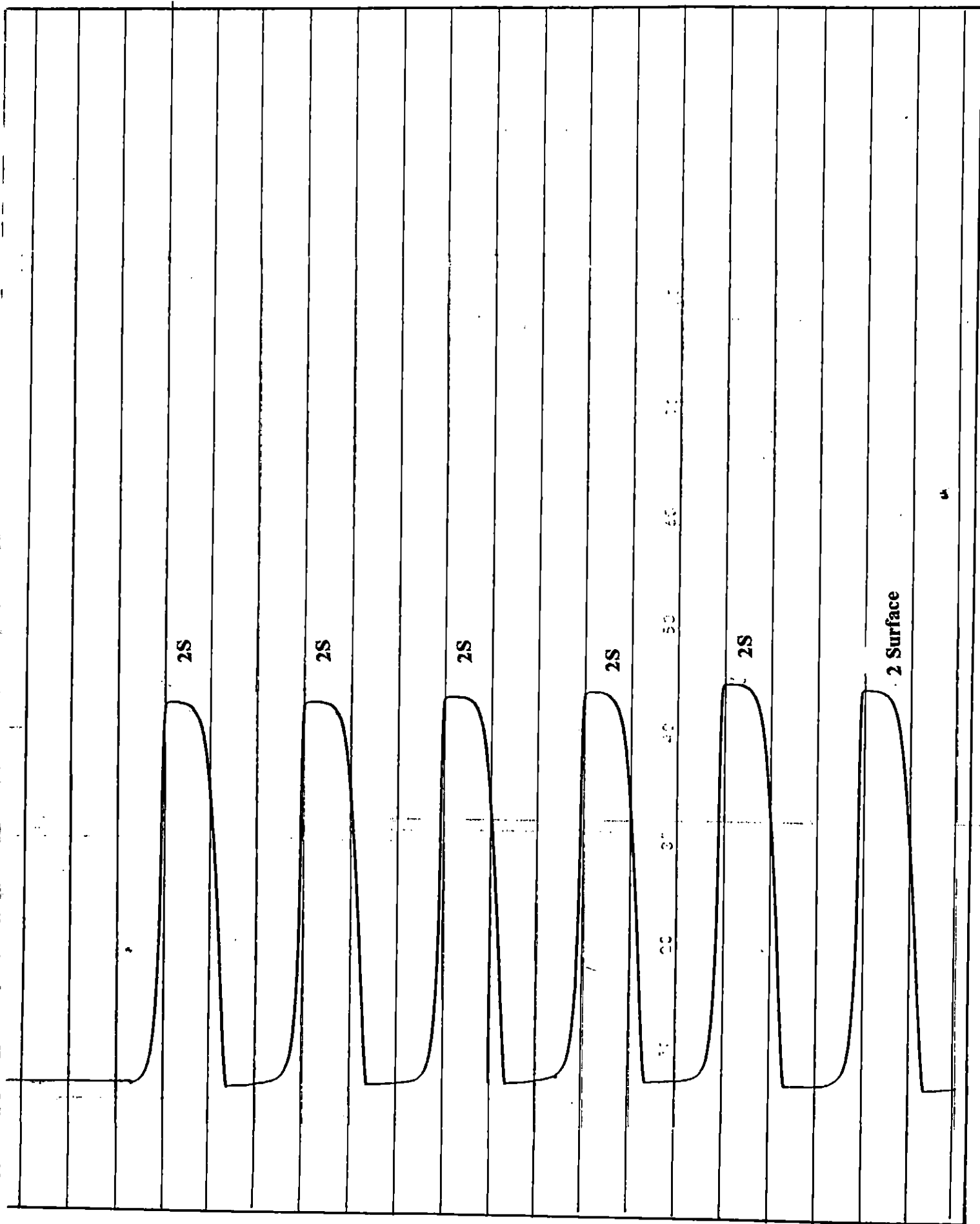
Fig 19 : Courbe d'étalonnage des Nitrites

**3-2-4-4-3- Le test de reproductibilité :** Le test de reproductibilité s'est fait à partir de 8 mesures de l'échantillon de la station 2 qui a une concentration moyenne. La reproductibilité pour les Nitrates est de  $7.56 \pm 0.14$  soit une précision de 2 % ( fig 20).

#### 3-2-4-5- Dosage des Orthophosphates( $\text{PO}_4^{3-}$ ):

Le dosage des phosphates est basé sur la méthode de Murphy et Riley (1962) (Aminot ,1983).

Dans un bain-marie de 37.5°C en présence d'antimoine III, les orthophosphates vont réagir avec le molybdate d'ammonium pour donner un mélange qui va être réduit par l'acide ascorbique. Cette réduction aboutit à la formation d'un composé de coloration bleue et cela se fait par une absorption de longueur d'onde de 885nm.



**Fig 20 : Test de reproductibilité des Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ).**

**3-2-4-5-1- Circuit analytique des Phosphates :**

Les tubes de liaisons en plastique sont à éviter vu le risque de contamination que cela pourrait provoquer. Les seuls tubes en plastiques qui existent sur ce circuit se trouvent au niveau des tubes de jonction de pompage et cela afin d'assurer la souplesse au montage du circuit ( fig 21).

Les réactifs nécessaires pour le dosage des phosphates sont les suivants :

**- Réactif 1 :**

Ce réactif est préparé à partir d'un mélange de 3 solutions ;

- 500 ml d'acide sulfurique (4.9 N)
- 150 ml de solution d'heptamolybdate d'ammonium.
- 50 ml d'oxytartrate de potassium et d'antimoine III.

Chacune de ces solutions est préparée de la manière suivante :

1- Acide sulfurique (4.9 N) : verser doucement dans une fiole jaugée 136 ml de  $H_2SO_4$ , puis compléter avec 100 ml d'eau bidistillée.

2- Solution d'heptamolybdate d'ammonium : dissoudre 40 g de  $NH_4MO_7O_{24} \cdot 4H_2O$  dans 100 ml d'eau bidistillée.

3- Solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine III : dissoudre 3 g de  $K(SBO)C_4H_8O_6O_5 \cdot H_2O$ , compléter jusqu'à 100 ml d'eau bidistillée.

**- Réactif 2 :** solution d'acide ascorbique ( $C_6H_8O_6$ ).

- Dissoudre 9g d'acide ascorbique dans 500 ml d'eau bidistillée.

- Ajouter 0.5 ml de Levor IV ou V (agent mouillant).

**3-2-4-5-2- Solutions mères et standards :**

**- Solution mère primaire (Solution A) :**

dissoudre 0.068 g de dihydrogénophosphate de potassium ( $KH_2PO_4$ ) dans 1000ml d'eau bidistillée, puis ajouter 1 ml de chloroforme. 1 ml de la solution mère contient 0.5  $\mu\text{mole/l}$  de  $HPO_4^{2-}$ .

**- Solution mère secondaire (Solution B) :**

Cette solution se prépare en versant à l'aide d'une pipette 2 ml de la solution A dans une fiole jaugée de 100 ml puis compléter à 100 ml avec de l'eau bidistillée.

La solution B = 10  $\mu\text{mole/l}$   $PO_4\text{-P/l}$ . Les solutions standards qui ont des concentrations respectives de 0.4, 0.6, et 1  $\mu\text{mole/l}$  sont préparées avec la solution mère secondaire ( fig 22).

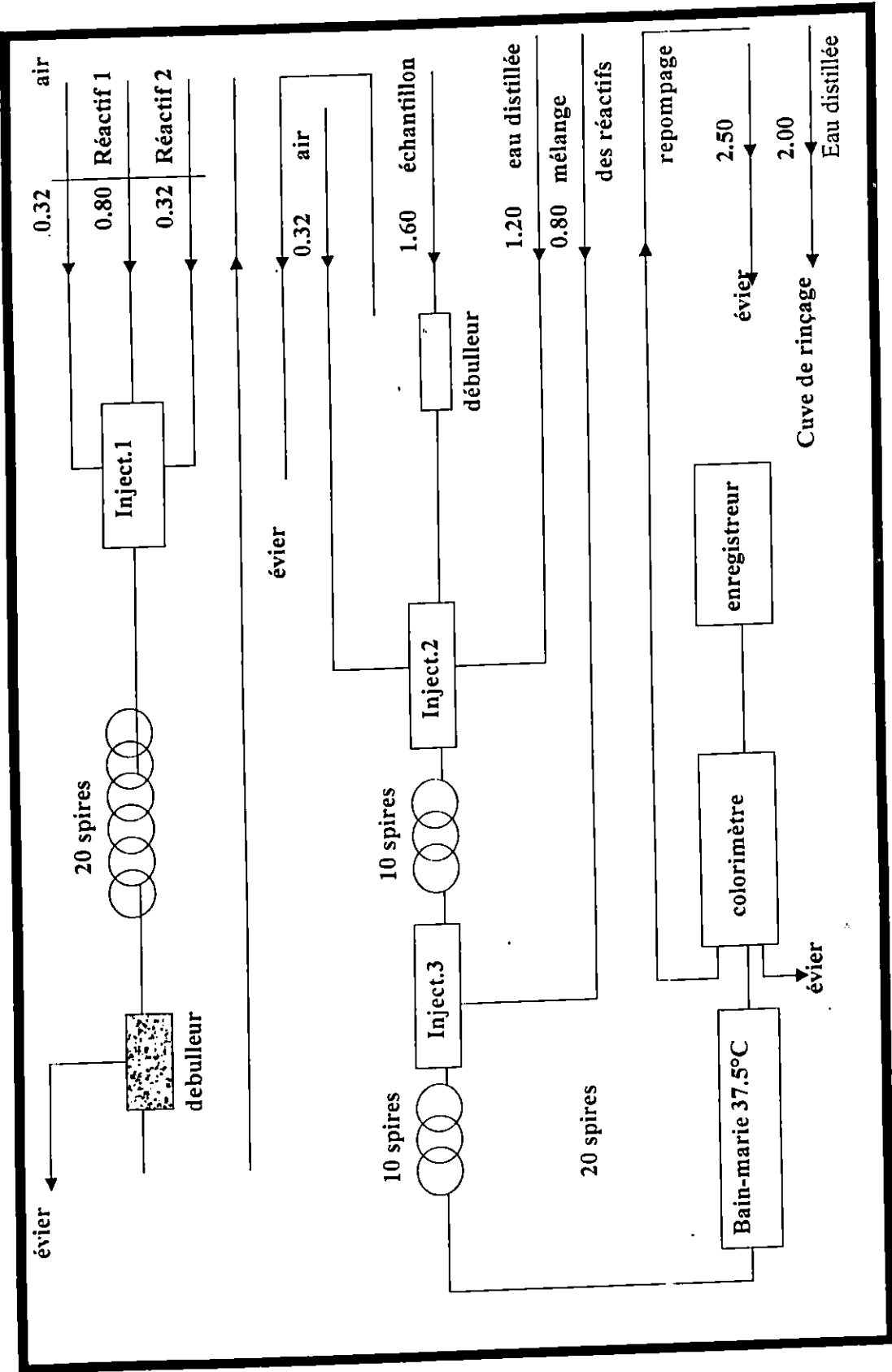


Fig 21: Circuit analytique des Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

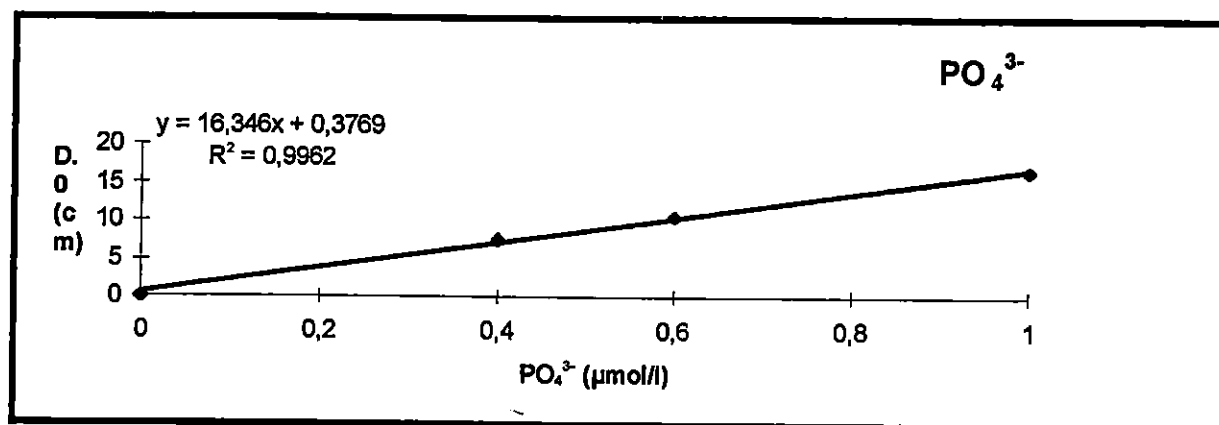


Fig 22 : Courbe d'étalonnage des orthophosphates

#### 3-2-4-5-3- Mode opératoire :

Le colorimètre est allumé plusieurs heures avant le début de l'analyse. La ligne de base est obtenue juste après le passage de l'eau bidistillée à travers le circuit analytique. Cette dernière est légèrement déviée positivement lors du passage des réactifs.

- Les mesures sont effectuées à une longueur d'onde de 885 nm.
- Le standard de la calibration est de 9.
- Le damping est égal à 2.

#### 3-2-4-5-4- Test de reproductibilité :

Le test de reproductibilité des phosphates s'est effectué à l'aide d'une solution standards. La reproductibilité des phosphates est de  $9.8 \pm 0.6$  soit une précision de 6.12 %. Les résultats ne sont pas très fiables, cela est du à l'usage fréquent des phototubes.

# **CHAPITRE 4**

## **RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION**

## PRÉAMBULE

Les résultats qui feront l'objet de cette étude ont été acquis lors de la campagne océanographique, réalisée à bord du « M.S. Benyahia » en Octobre 1999 au niveau du port de Annaba par le département de molysmologie (laboratoire de pollution et de chimie marine).

Ces résultats font partie intégrante d'un projet de recherche intitulé « la pollution dans les ports Algériens » agréé par l'ANDRU (Agence Nationale de Développement et de Recherche Universitaire) sont placés sous le sceau de la confidentialité.

Ainsi, les données obtenues pour les différents paramètres étudiés (Température, Salinité, Oxygène dissous, Potentiel d'hydrogène, Matière en suspension, Matière organique, Azote ammoniacal, Nitrates, Nitrites et Phosphates) dans l'eau de mer de ce port sont consignés dans un rapport interne au niveau du laboratoire de chimie marine de l'I.S.M.A.L. Ils ne peuvent être consultés sans autorisation préalable du responsable du projet.

#### 4 - 1- Résultats des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs :

##### 4-1-1- Analyse paramétrique :

Les résultats obtenus des paramètres physico-chimiques, de la matière organique, de la matière en suspension, ainsi que des sels nutritifs du port d'Annaba sont Présentés dans le texte et graphiquement.

Notre étude a pour but de donner une approche de la situation du port d'Annaba, mais aussi de déterminer le degré de perturbation de ce milieu.

Ce qui suit représente l'analyse des résultats obtenus des différentes mesures effectuées.

##### 4-1 - 1 - 1 - Variation des paramètres physico-chimiques :

##### 4-1-1-1-a - La Température :

Les valeurs des températures au niveau du port d'Annaba varient en général dans l'intervalle (22.8 - 27.7)°C avec une moyenne de 24.74°C et un écart type de 1.48°C (fig 23).

Les teneurs en surface se trouvent entre 23.4°C (station 11) et 27.7°C (station 2 ) avec une moyenne de 25.03 °C et un écart type de 1.40.

En profondeur, la température varie entre 22.8°C (station 1 et 12 à des profondeurs respectives de 8m et 19m) et 26.8°C (station 2) avec une moyenne de 24.45°C et un écart type de 1.56°C.

Par ces résultats on remarque qu'en général les températures des stations se trouvant à l'intérieur du port sont plus élevées que celles qui se trouvent à l'extérieur. Cela pourrait s'expliquer par la morphologie du port qui ne permette pas les échanges ainsi que l'importance des rejets au niveau du port. La stagnation et le faible échange avec l'extérieur favoriserait donc le réchauffement des eaux.

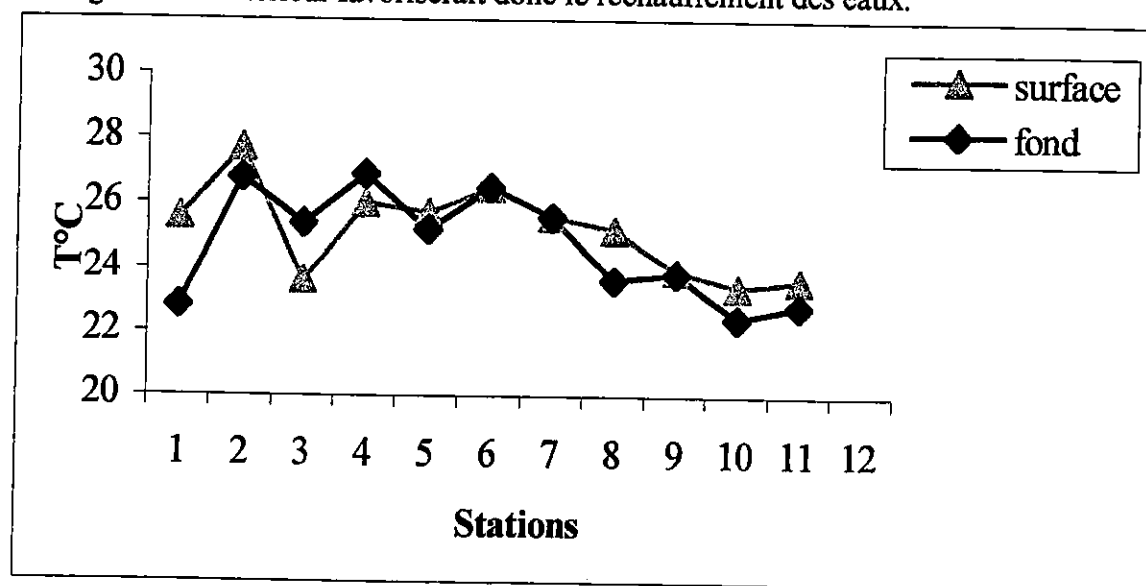


Fig 23 : Variation spatiale de la température en fonction des stations.

**4-1-1-1-b-La Salinité :**

Les valeurs obtenues de la salinité se situent entre 34 et 36.4 psu avec une moyenne de 35.53 psu et un écart type de 0.63.

En ce qui concerne les eaux de surfaces la salinité varie entre 34.6 psu (station 4) et 36.3 psu (station 12) avec une moyenne de 35.5 et un écart type de 0.60 (Fig 24)

Pour les eaux profondes la salinité varie dans l'intervalle (34 - 36.4) psu avec une moyenne de 35.52 psu et un écart type de 0.68.

On remarque que les valeurs de la salinité sont relativement faible en moyenne.

La valeur la plus faible se trouve au niveau de la petite darse (station 1). Au niveau de cette darse aboutissent six bouches d'eaux domestiques usées, d'eau de pluie et industrielles, cela explique les faibles salinités relevées dans cette darse.

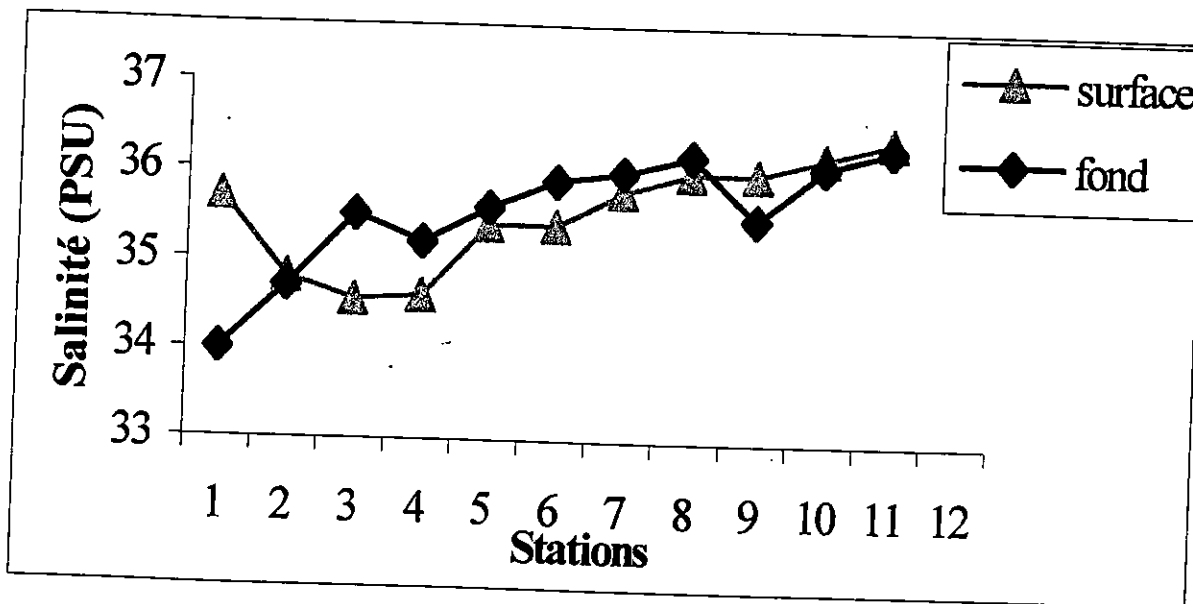


Fig 24 : Variation spatiale de la salinité en fonction des stations.

**4-1-1-1-c - Le Potentiel d'hydrogène ( pH ):**

Les valeurs du pH sont comprises entre 7.21 et 7.95. La moyenne est de 7.52 avec un écart type de 0.2.

Pour les eaux de surfaces, le pH varie entre 7.21 - 7.7 avec une moyenne de 7.5 et un écart type de 0.19 (Fig 25).

Pour les eaux profondes, le pH se situe entre 6.97 et 7.87 avec une moyenne de 7.52 et un écart type de 0.21.

La valeur minimale mesurée est de 6.97 dans la petite darse (station 1). Ce qui s'explique par la présence de plusieurs rejets au niveau de cette station.

D'une manière générale, la variation du pH est assez significative. De plus, ces valeurs sont nettement inférieures à celles de l'eau de mer.

Ces observations reflètent l'empreinte des eaux usées douces de fluctuation importante par rapport à celle de l'eau de mer.

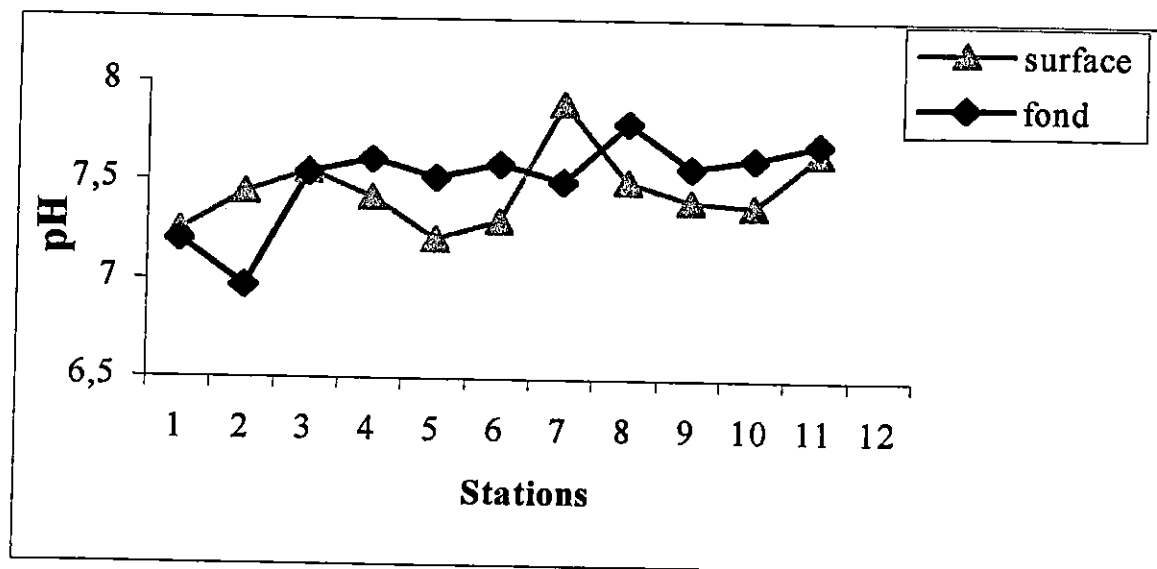


Fig 25 : Variation du pH en fonction des stations

#### 4-1-1-1-d - L'Oxygène dissous :

Les teneurs en oxygène des eaux du port varient entre 1.7 et 8.2 mg/l avec une moyenne de 6.19 mg/l et un écart type de 1.61 mg/l.

Pour les eaux de surfaces, l'oxygène varie entre 1.7 et 8.2 mg/l avec une moyenne de 6.04 mg/l et un écart type de 1.76 (Fig 26).

La teneur en oxygène au niveau des eaux profondes varie entre 4 - 8.1 mg/l avec une moyenne de 6.34 et un écart type de 1.51.

La teneur minimale enregistrée est de 1.7 mg/l (station 7) au niveau de la grenouillère. Ces concentrations indiquent une intense consommation d'oxygène dans le processus de reminéralisation de la matière organique en provenance des égouts. La plus forte teneur en oxygène dissous se trouve au niveau de la station de référence ( station 12 ) qui est de 7.9 mg/l. Ceci est due à l'agitation des eaux causée par les vents ainsi qu'à la circulation des petits métiers

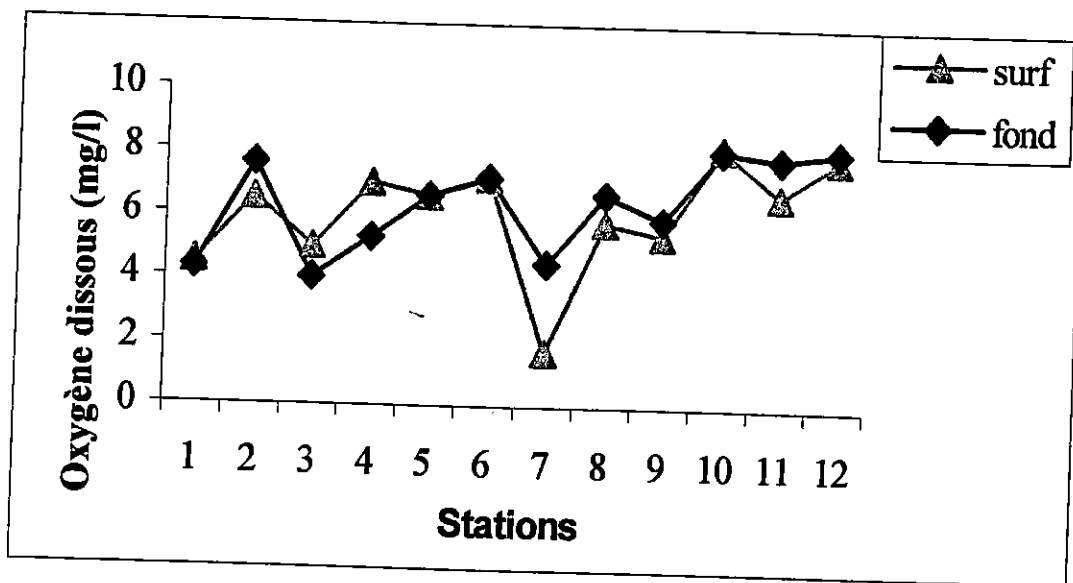


Fig 26 : variation spatiale de l'oxygène dissous en fonction des stations.

#### 4-1 -1 -2 -Variation des Sels nutritifs :

##### 4-1-1-2-a- L'Azote ammoniacal :

Le dosage de l'Azote ammoniacal n'a concerné que les eaux superficielles en raison de son oxydation avec la profondeur.

Malgré cela, les teneurs en surface s'avèrent être faibles ou nulles au niveau de certaines stations (station 4,6,8,9 et 10) avec une moyenne de  $4,10 \mu\text{moles/l}$  et un écart type de 2,31. La valeur maximale est de  $5,97 \mu\text{moles/l}$  et se situe au niveau de la station 1.

Ceci s'expliquerait par la concentration d'un nombre important de rejets domestiques et industriels, très riches en matières organiques. Ces teneurs reflètent l'état de la petite darse. Par ailleurs, au niveau des stations 4, 6, 8, 9 et 10 les teneurs en azote ammoniacal sont quasiment nulles, en raison de son utilisation dans les processus microbiens, et biologiques (pour les stations se trouvant en dehors de l'enceinte portuaire).

##### 4-1-1-2-b - Les Nitrates:

Les teneurs en nitrates sont très importantes au niveau de ce site. Elles varient dans l'intervalle ( $221,7 - 1765,9 \mu\text{mole/l}$ ) avec une moyenne de  $726,4 \mu\text{mole/l}$  (Fig 27), ce qui est aberrant. Les teneurs en Nitrates dans les eaux du fond sont plus importantes que celles des eaux de surfaces, soit à cause de la sédimentation et décantation des Nitrates soit par la disposition des bouches d'émissaires au niveau du fond.

Ces teneurs sont anormalement élevées par rapport aux eaux marines. Ceci dit, la seule explication que l'on pourrait avancer serait liée à la pollution du port due aux nombreux rejets.

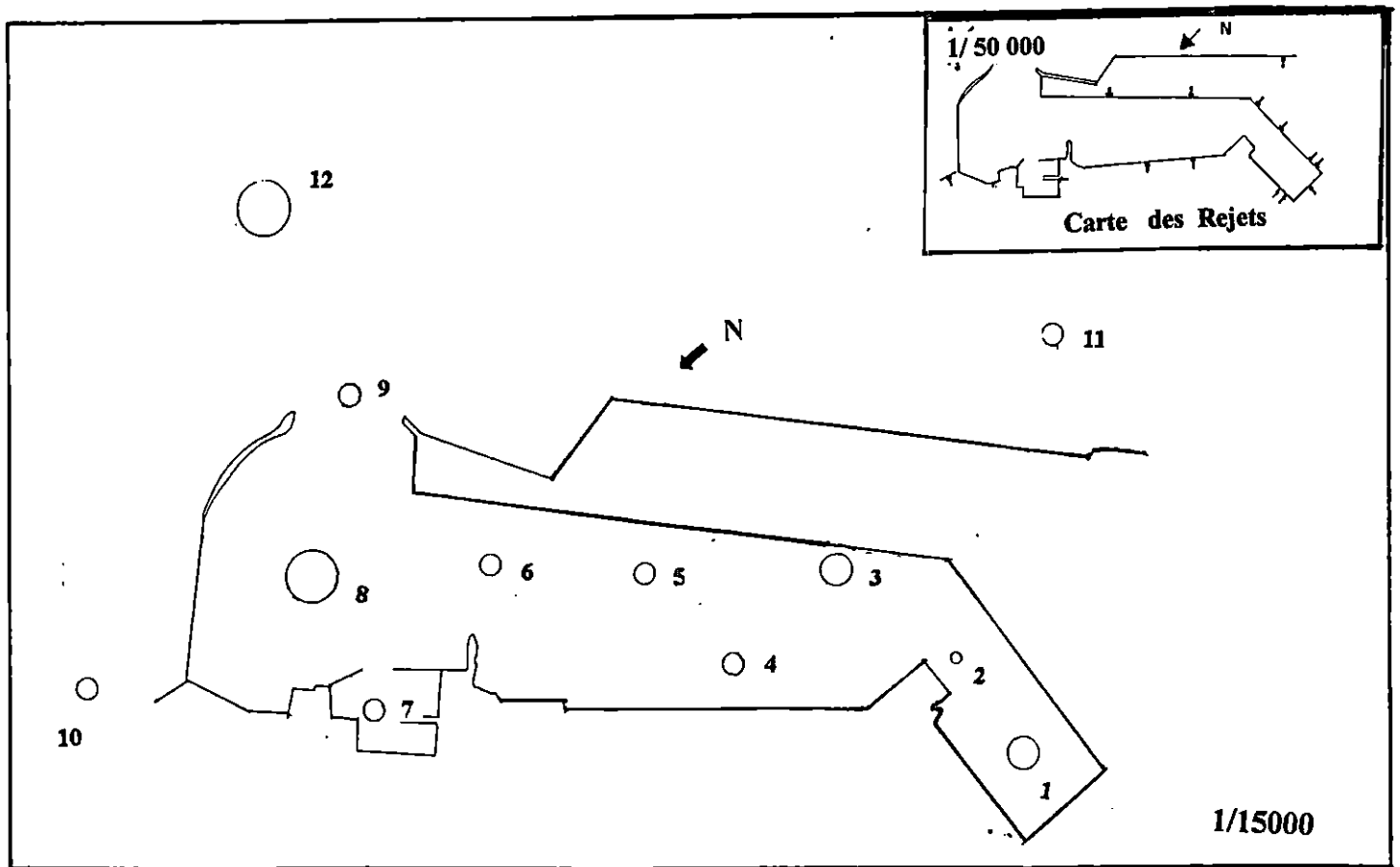


Fig 27 : Distribution des Nitrates ( $\text{NO}_3$ ) dans les eaux superficielles du port de Annaba.

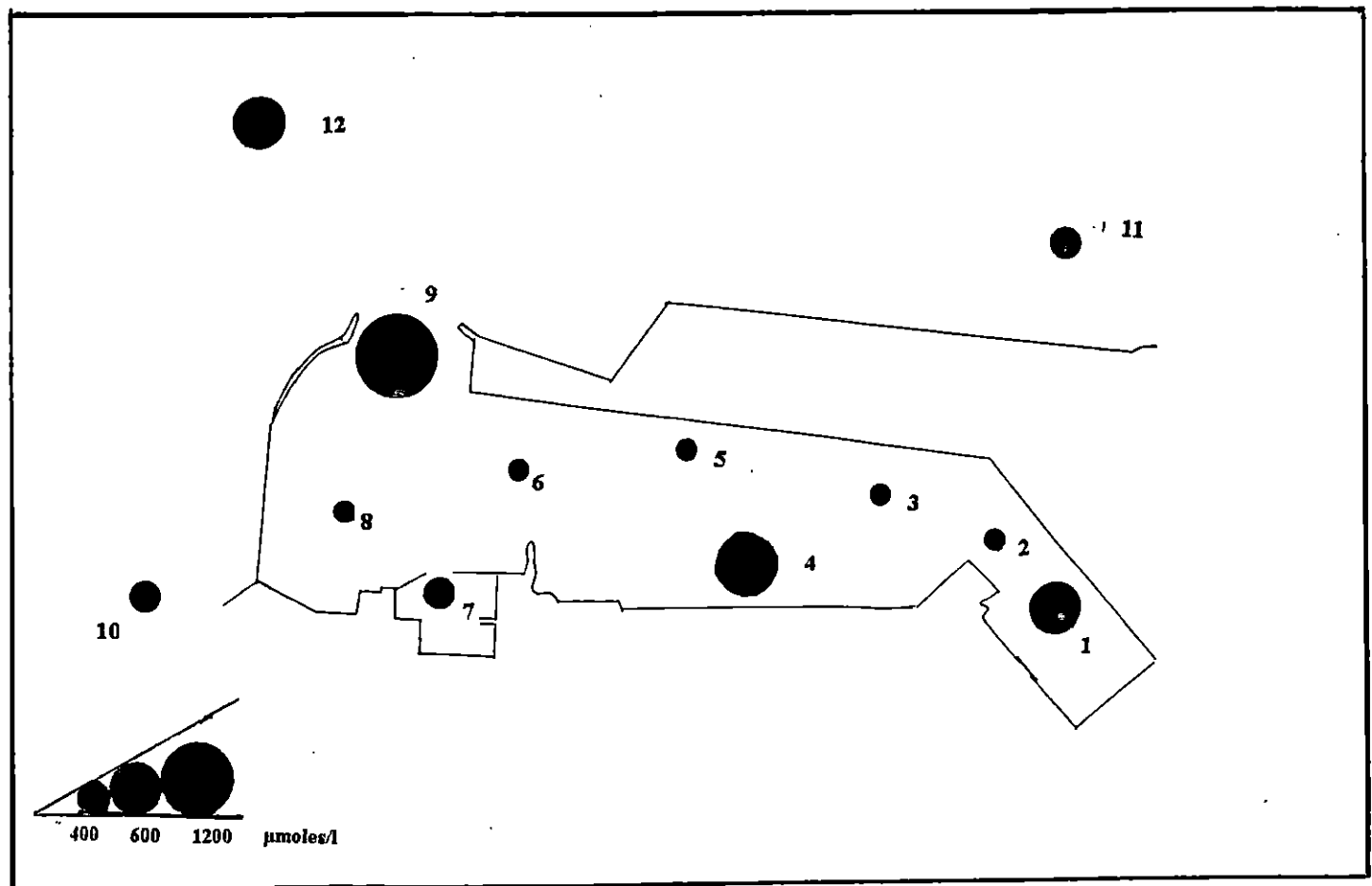


Fig 28 : Distribution des Nitrates ( $\text{NO}_3$ ) dans les eaux de fond du port de Annaba.

**4-1-1-2-c - Les Nitrites :**

Les teneurs en Nitrites sont relativement élevées au niveau du port. En effet, elles varient de 0.2 à 12.4  $\mu\text{mole/l}$  avec une moyenne de 2.97  $\mu\text{mole/l}$  et un écart type de 0.10.

Au niveau de la surface, la teneur en nitrites varie de ( 0.3 - 12.4 ) avec une moyenne de 3  $\mu\text{mole/l}$  et un écart type de 3.74.( Fig 29). Les teneurs en Nitrites des eaux du fonds varient de ( 0.2 - 6.7 )  $\mu\text{mole/l}$  avec une moyenne de 2.92  $\mu\text{mole/l}$  et un écart type de 2.10 (Fig 30).

Nous remarquons que la valeur la plus importante se trouve au niveau de la petite darse ( station 1 ) avec une teneur en Nitrite égale à 12.4  $\mu\text{mole/l}$ . Ceci est due soit à l'apport de substances organiques ou chimiques par les émissaires , ou à la formation des Nitrites à partir de la dégradation de la matière organique et l'oxydation de l'ammonium par les processus microbiens.

**4-1-1-2-d - Les Phosphates :**

Les teneurs des eaux en Phosphates varient entre (37.36 - 704.73  $\mu\text{mole /l}$ ) avec une moyenne de 202.2  $\mu\text{mole/l}$ .

La teneur la plus importante est de 704.73  $\mu\text{mole/l}$  au niveau des eaux de fond de la station 4, et cela à cause de la présence de plusieurs rejets au niveau de cette station.

Les résultats obtenus montrent que les teneurs en Phosphates varient selon les différentes darses. Ainsi la petite darse contient la valeur maximale de taux de phosphates, alors que les teneurs minimales se trouvent au niveau de la grande darse (station 9) avec une teneur de 37.3  $\mu\text{mole/l}$  (Fig 31 et 32 ).

Ces fortes concentrations, représentent un indice de pollution d'origine domestique et surtout industrielle.

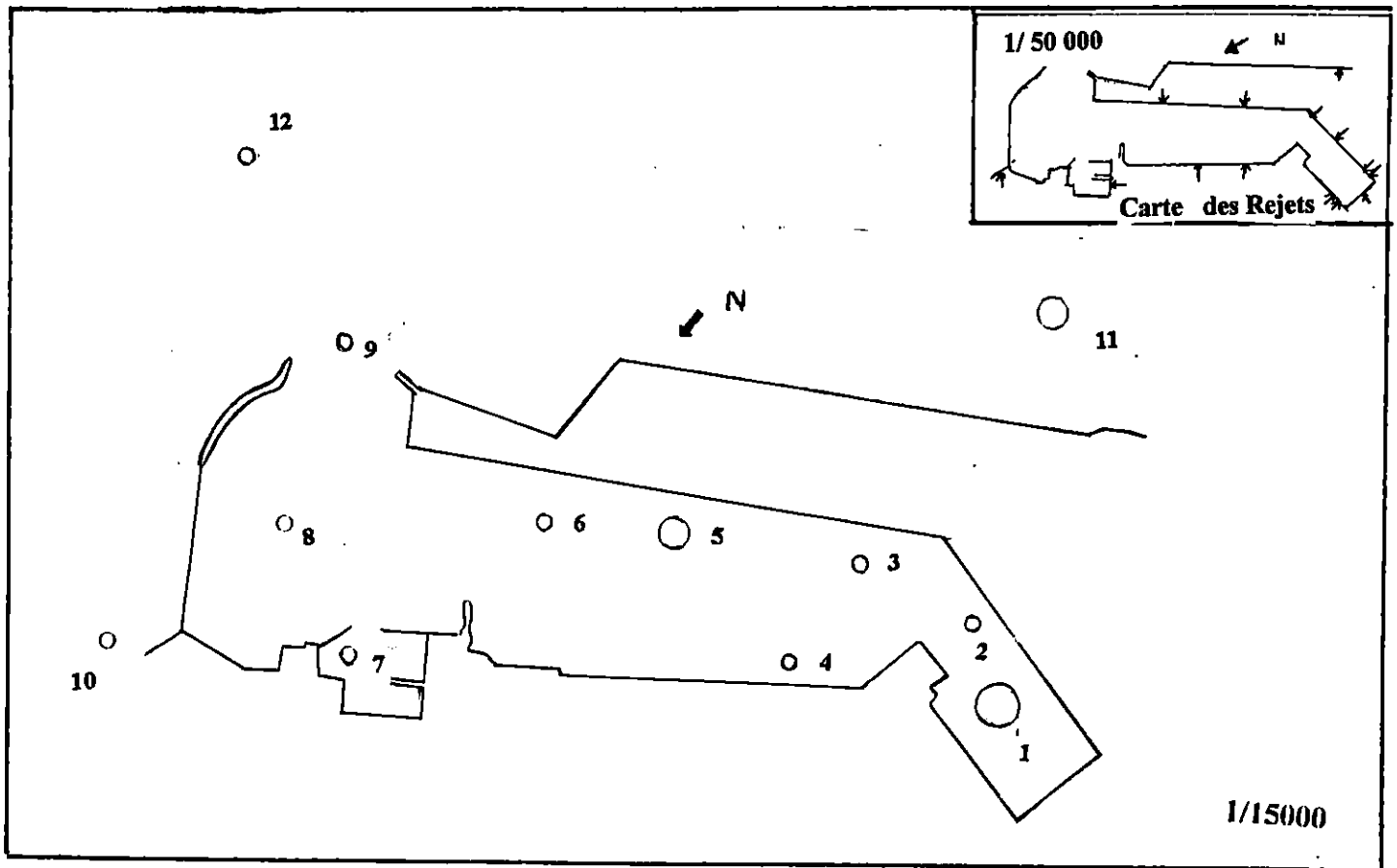


Fig 29 : Distribution des Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) dans les eaux superficielles du port de Annaba.

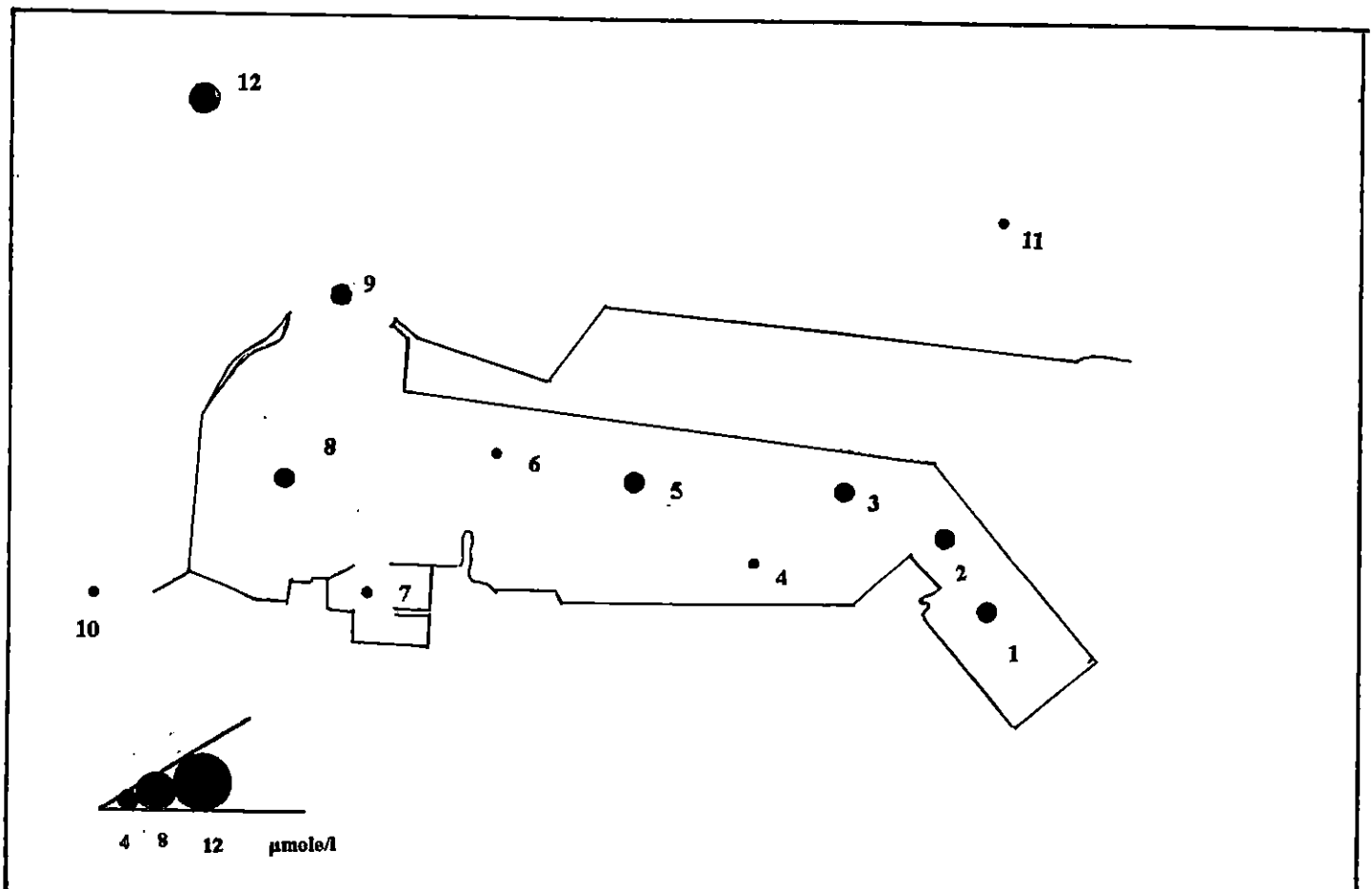


Fig 30 : Distribution des Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) dans les eaux de fond du port de Annaba.

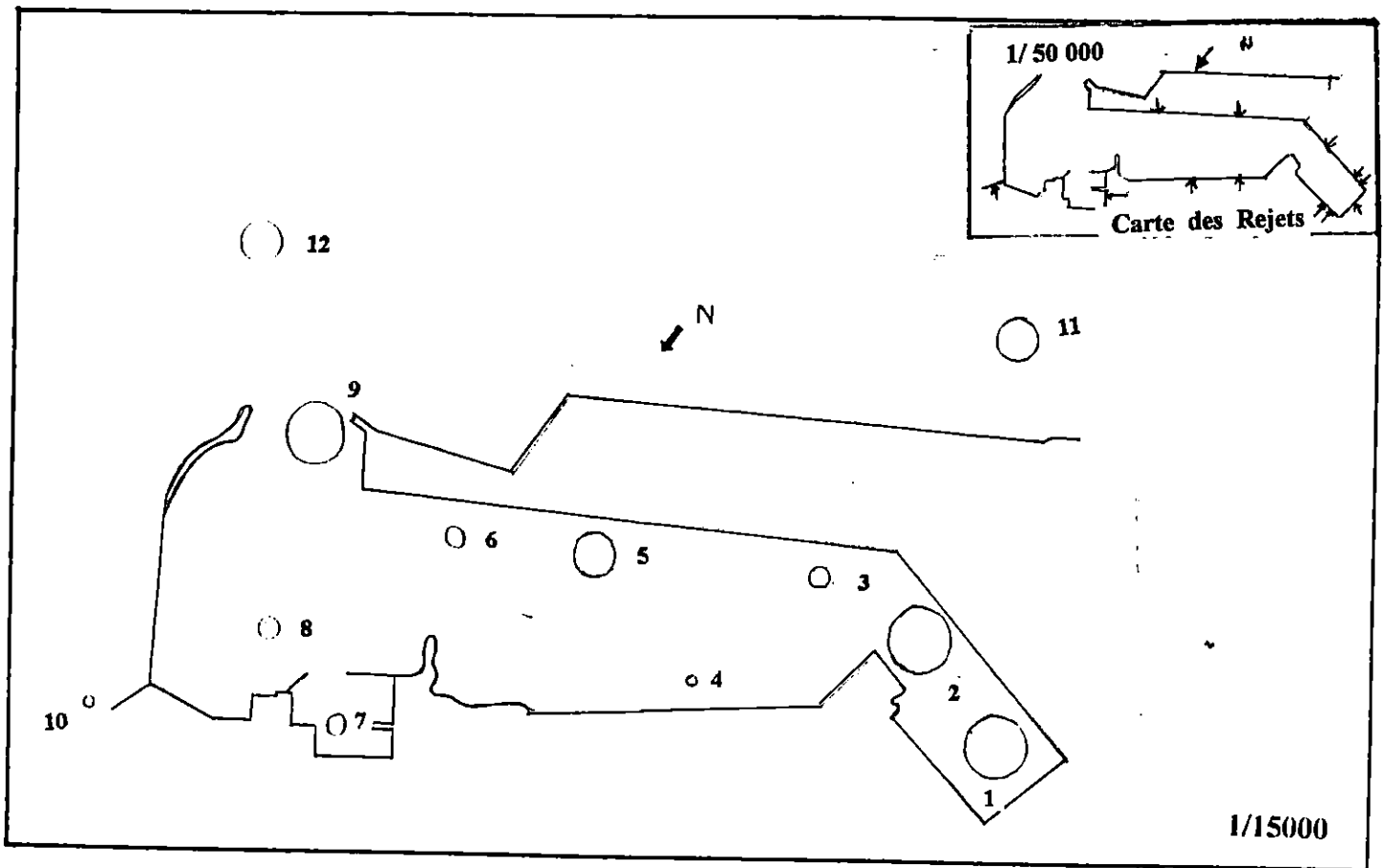


Fig 31: Distribution des Orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dans les eaux superficielles du port de Annaba.

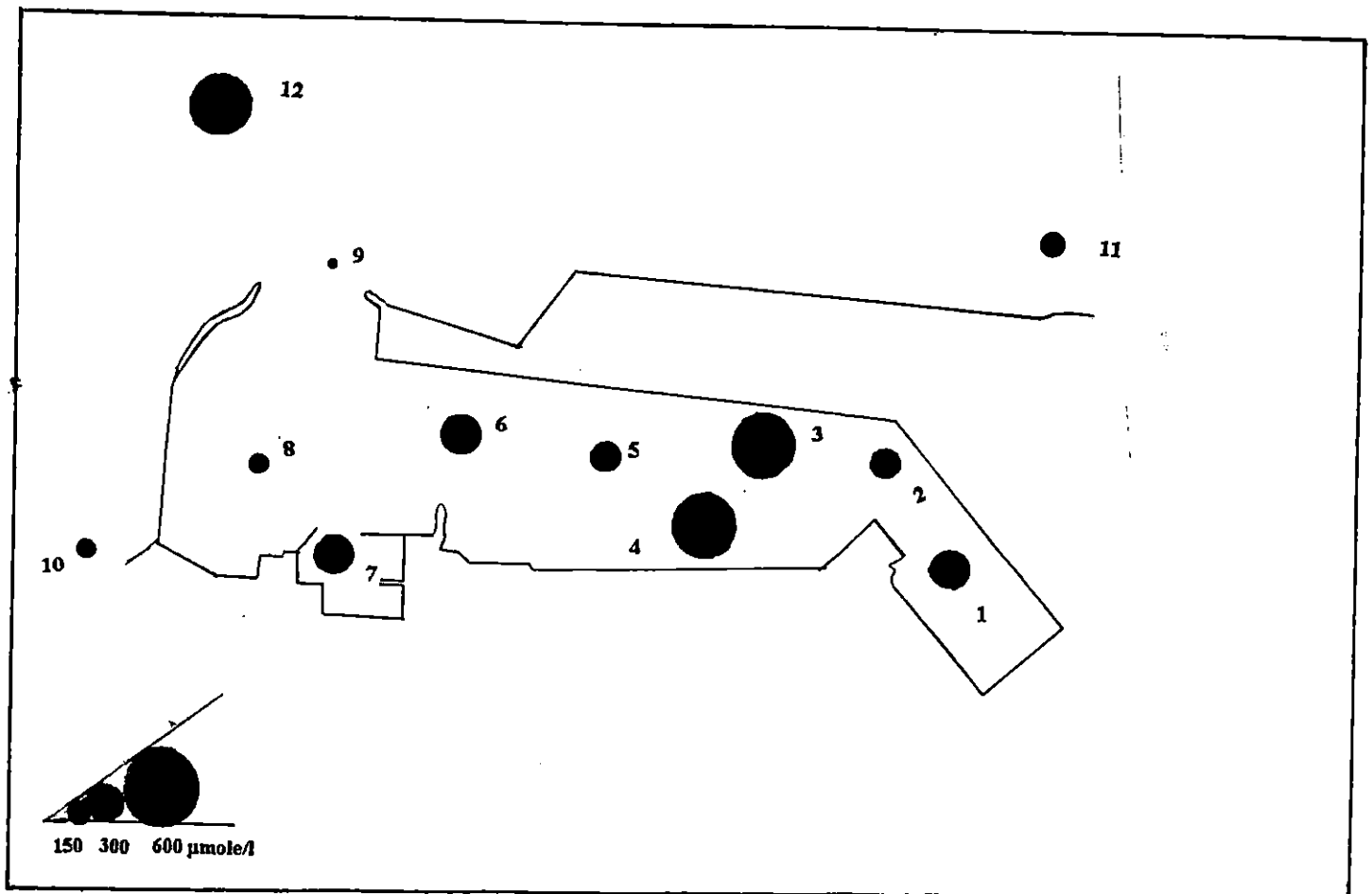


Fig 32 : Distribution des Orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dans les eaux de fond du port de Annaba.

#### 4-1-1-3 – Variations de la matière en suspension :

Les teneurs en matière en suspension au niveau du port varient entre (0.22 -95.67 )mg/l avec une moyenne de 20.2mg/l et un écart type de 7.7 (Fig 33).

Les fortes teneurs se localisent au niveau de la station 11. Ceci pourrait s'expliquer par la localisation de cette station non loin d'un rejet (R12) et aussi du fait qu'elle soit exposée aux effluents de l'Oued Seybouse qui draine lors de sa circulation une quantité importante de matière en suspension.

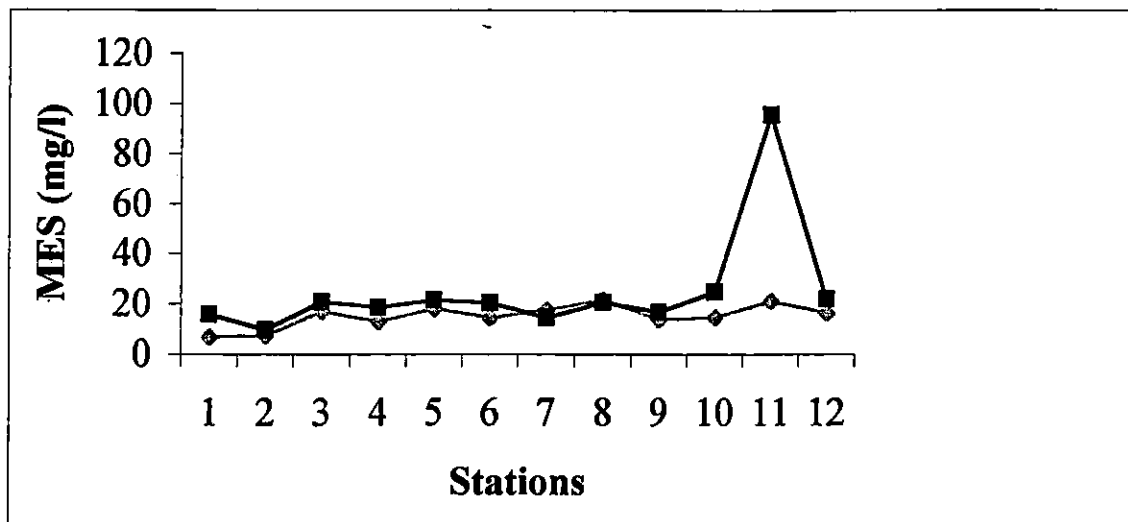


Fig 33 : Variation spatiale de la matière en suspension en fonction des stations

#### 4-1-1-4 -Variations de la matière organique :

- Les teneurs en matière organique sont assez élevés par rapport à celles mesurées en milieu marin .car les ports sont les premiers lieux à recevoir les nombreux déchets générés par l'activité humaine. En effet, dans le port de Annaba la moyenne des teneurs en matière organique est de 6.78 % avec un écart type de 1.57 . Le taux le plus élevé se localise au niveau de la station 8 avec une valeur de 10.8 % .

Par le biais des égouts , les nombreux déchets générés par l'activité humaine rejoignent les différents bassins du port. L'absence de l'hydrodynamisme dans l'enceinte portuaire provoque une accumulation de la matière organique induisant à la longue une pollution organique.

Le taux de matière organique le moins élevé est mesuré au niveau de la station 12 avec un pourcentage de 1.99 % . Ce qui est du probablement à la localisation de cette station en dehors de l'enceinte portuaire où les conditions hydrologiques et hydrodynamiques seraient différentes.

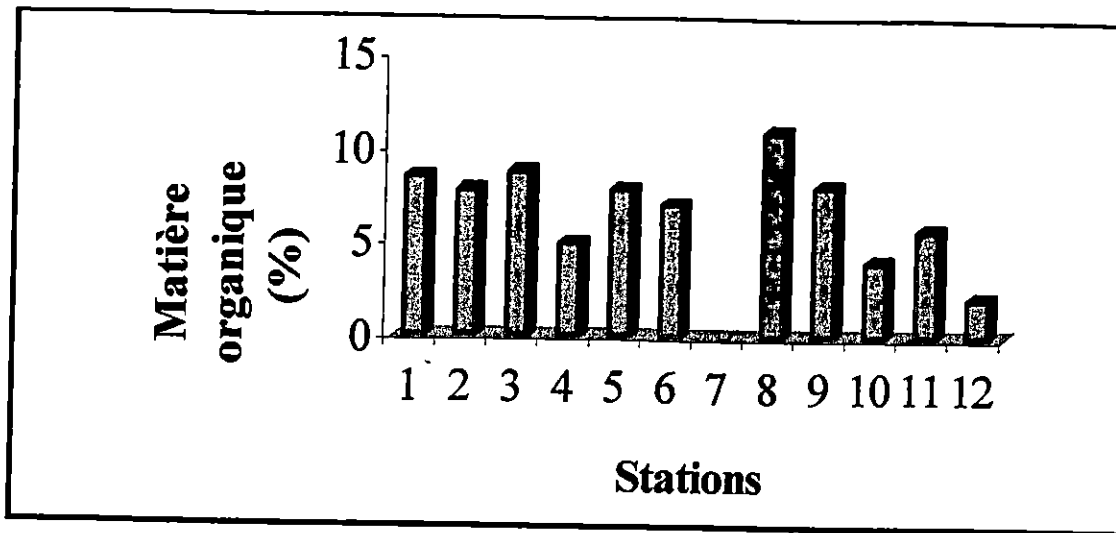


Fig 33 : Variation spatiale de la matière organique en fonction des stations

#### 4-1-2- Analyse binaire des paramètres physico-chimique

L'analyse binaire est un processus qui a pour objectif l'étude des comportements d'un paramètre par rapport à un autre ainsi que la mise en évidence des relations qui peuvent exister entre ces derniers du point de vu physique et chimique.

##### 4-1-2-1- Le diagramme Température-Salinité (T-S) :

Il représente la signature hydrologique du milieu marin étudié pour l'identification des masses d'eau. Ce dernier montre une distribution sous forme de nuage de point qui se divise légèrement en deux. En effet le premier nuage de point représente les prélèvements de la petite darse caractérisés par des températures assez élevées et faible en salinité, ceci pourrai s'expliquer par l'apport d'eau usée au niveau de ce bassin.

Le second nuage de point représente les échantillons de la grande darse ou la salinité reprend des valeurs maximales au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'intérieur du port.

En général, le diagramme T-S (Fig 34 ) montre des valeurs très aléatoires. Ainsi la température varie entre 22.8°C et 27.7°C, tandis que les valeurs de la salinité ont tendance à s'accroître au niveau de la sortie du port pour se rapprocher de la salinité d'une eau marine non influencée par des rejets d'eau douce.

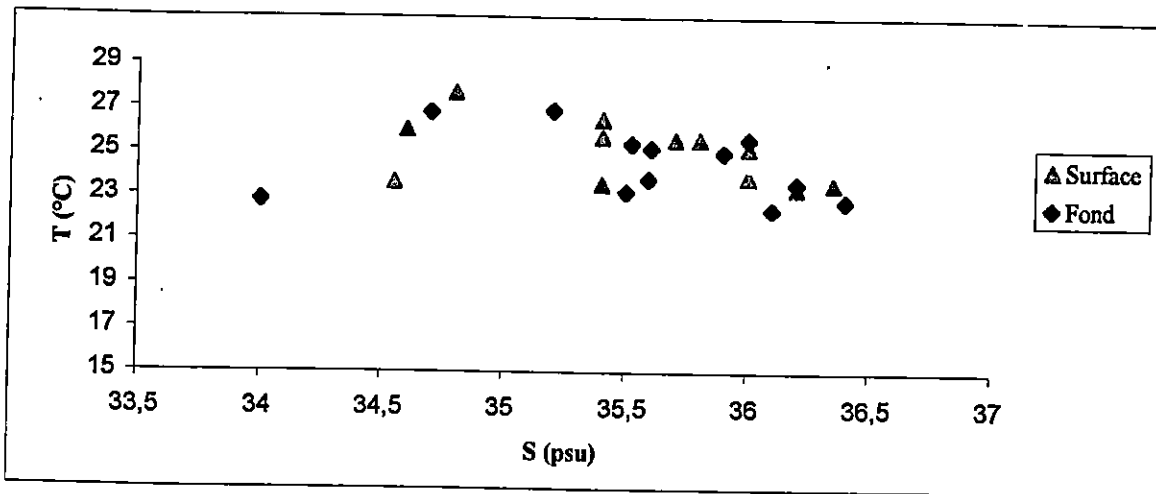


Fig 34 : Diagramme de corrélation T-S.

4-1-2-2- Le diagramme Température – Oxygène dissous :

Le taux d'oxygène est liés très étroitement à la température, à la salinité ainsi qu'à la pression atmosphérique. Cependant, dans le cas de notre étude, le diagramme température-oxygène présente une corrélation très peu significative ou presque pas significative vu que le coefficient de corrélation  $R = 0,037$  (Fig 35 ). En effet nous pouvons constater que le taux d'oxygène au niveau du port n'est pas du tout géré par la température, ce qui prouve que ce milieu est très perturbé, et cela à cause des rejets d'émissaires urbains et industriels au niveau du port.

Ces deux paramètres évoluent anormalement car ils sont sous l'influence des rejets.

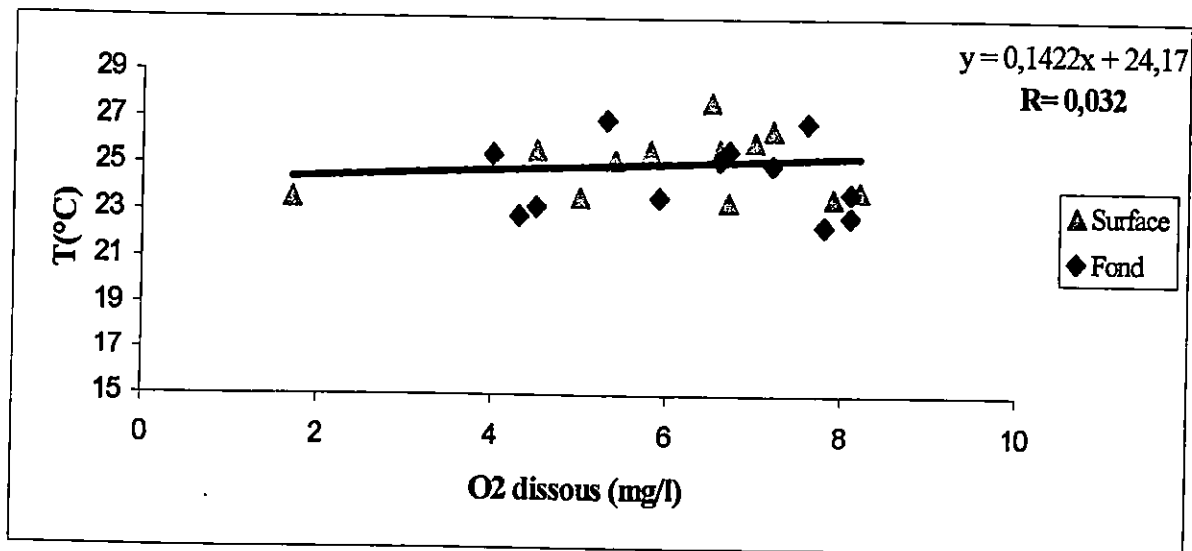


Fig 35 : Diagramme de corrélation Température – Oxygène dissous.

#### 4-1-2-3- Le diagramme de corrélation pH – Oxygène dissous :

Le diagramme pH – Oxygène dissous montre une corrélation significative avec un coefficient de corrélation  $R = 0.5$  (Fig 36 ). Dans la distribution globale du nuage de point, nous pouvons constater deux parties : La première caractérise la petite darse avec des valeurs minimales en oxygène dissous et en pH, due à la présence d'eaux douces au niveau de celle ci tandis que la deuxième partie caractérise la grande darse et l'avant port avec des valeurs maximales. En effet, nous remarquons que le taux oxygène dissous a tendance à augmenter au fur et à mesure que le pH augmente. Cela signifierait qu'il existe une corrélation entre le potentiel d'hydrogène et le taux oxygène dissous.

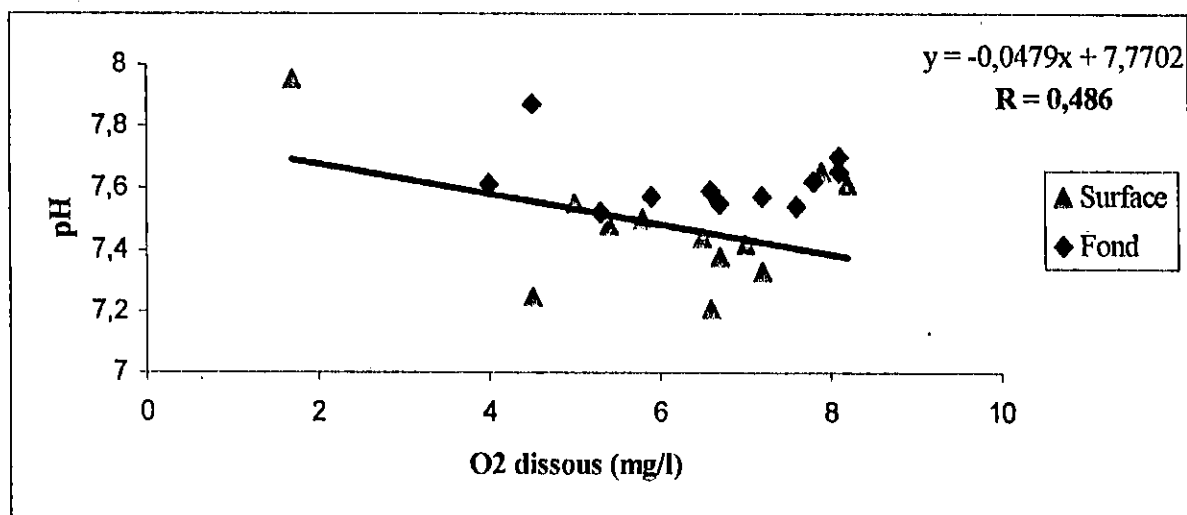


Fig 36 : Diagramme de corrélation pH- Oxygène dissous.

#### 4-1-2-4- Le diagramme de corrélation MES – Oxygène dissous :

La variation de la matière en suspension dans l'eau de mer dépend de l'oxygène et du pH (oxydation). Cependant, sa sédimentation et son transport dépendent de l'état de la mer (courants et agitation des eaux). Le diagramme (Fig 37 ) montre un nuage de points dont la distribution n'est pas significative avec une pente presque nulle. Le coefficient de corrélation  $R = 0.23$  ce qui est très peu significatif.

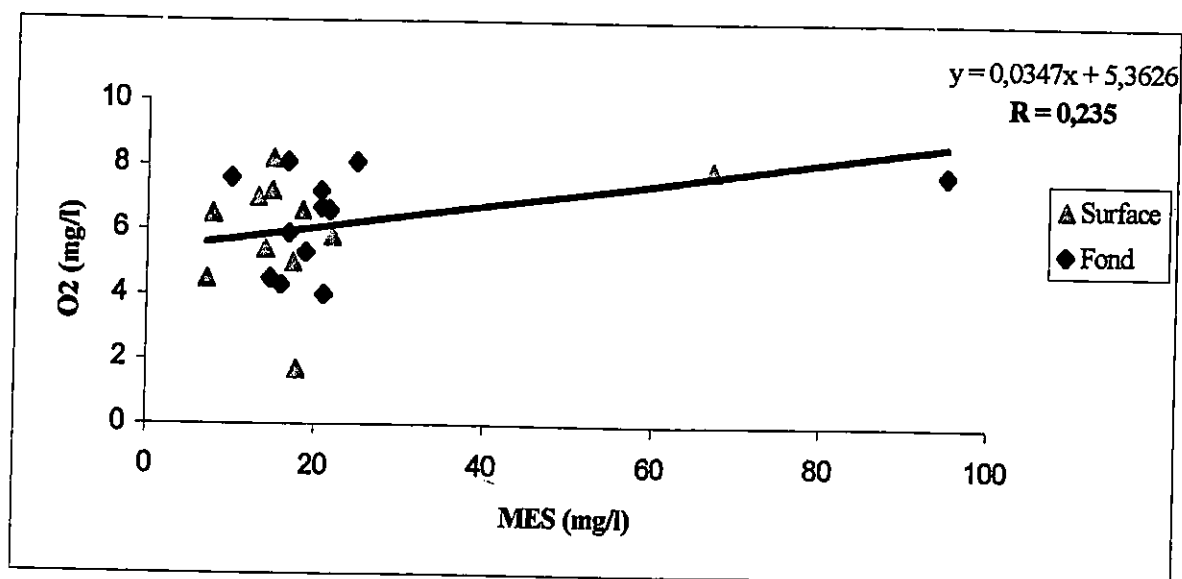


Fig 37 : Diagramme de corrélation MES-O<sub>2</sub> dissous.

#### 4-1-2-5- Le diagramme de corrélation Nitrates-Phosphates (N/P) :

Le diagramme N/P indique une distribution dispersée avec un rapport N/P de 0.11 (Fig 38 ). Ce rapport étant très faible, n'est pas significatif par rapport à celui admis habituellement dans les océans qui est de l'ordre de 16 (Redfield *et al.*, 1963 in Copin-Montégut, 1996). Cependant, pour les zones soumises à l'influence de l'activité humaine, ce rapport varie entre de très larges limites.

L'apport permanent de Nitrates et de Phosphates au niveau du port par les égouts, explique la faible valeur du rapport de Redfield, il apparaît donc que l'équilibre de ce milieu est extrêmement sensible et peut même être détruit.

En effet, la faible valeur du rapport N/P révèle une abondance de Phosphates et des Nitrates, d'origine domestiques mais surtout industrielles, en plus grande quantité que le milieu ne puisse ingérer.

Ce rapport confirme le degré de pollution et de perturbation de l'écosystème portuaire de Annaba.

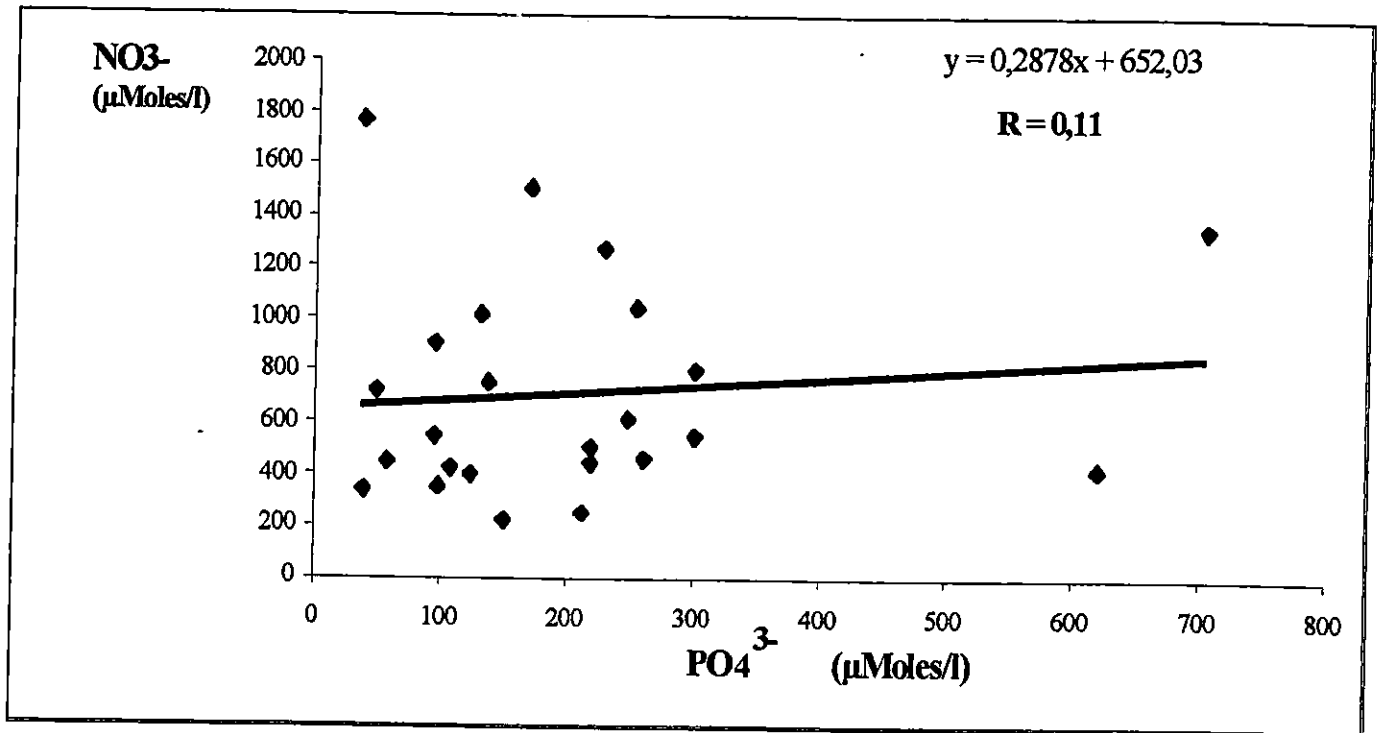


Fig 38 : Diagramme de corrélation N/P.

#### 4-2- Discussion et conclusion :

Les observations effectuées dans le port d'Annaba nous ont permis d'avoir une idée sur la situation et la qualité de ces eaux, le comportement des paramètres dans les différents bassins, ainsi que les sources de pollutions et leurs importances.

Cependant, nous avons jugé intéressant de comparer nos résultats avec les résultats d'autres ports. Très peu d'études sur les sels nutritifs ont été effectuées au niveau de ports. Cependant, nous avons pris comme référence le port de plaisance de Sidi Fredj et le vieux port de Marseille.

Le tableau qui suit représente les moyennes des différents paramètres mesurés au niveau du port de Sidi Fredj, du port de Marseille, ainsi que du port d'Annaba.

Tableau n° 3 : Teneurs des eaux des ports de Sidi-fredj ,marseille et d'Annaba en sels nutritifs.

Paramètres	P.Sidi Fredj	P.Marseille	P. Annaba
NO <sup>3-</sup> (µmole/l)	1.39	1.78	726.48
NO <sup>2-</sup> (µmole/l)	0.39	0.14	2.97
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (µmole/l)	1.26	0.2	202.2
Références	Amrani -Ferhat (1994)	Tethys (1982)	Présent travail

On constate que les teneurs en sels nutritifs sont beaucoup plus importante au niveau du port d'Annaba comparée à celles de Sidi fredj ou de Marseille.

Les teneurs des sels nutritifs dans les ports de Sidi -fredj et de marseille dépassent quelque peu les normes et se traduit surtout par une activité estivale .

En effet ,l'écart est considérable et s'explique par l'implantation d'une importante industrie d'engrais chimique (ASMIDAL) et par le déversement du plus grands nombre d'émissaires dans le port.

La distribution des sels nutritifs est spécifique pour chaque sel. Les Nitrites et les Nitrates présentent des variations importantes . En effet ,la faible valeur du rapport N/P confirme que les Nitrates et Phosphates ne soient plus gouvernés par les processus biologiques mais plutôt par l'activité humaine ,domestique et industrielle .

Les températures au niveau du port d'Annaba sont assez élevées. Les valeurs maximales sont notées au niveau de la petite darse, caractérisée par la stagnation des eaux, le faible échange avec l'extérieur, le déversement des eaux de process et eaux de refroidissement dont la température est élevée, mais aussi, l'éloignement de l'influence de la mer.

La variation du potentiel d'hydrogène est assez significative, elle va de 7.2 à 7.9 de plus, les valeurs sont nettement inférieures à celles de l'eau de mer qui est de 8.2.

Dans ce cas, les rejets industrielles et les apports d'eaux continentales sont la cause de la variation du pH qui s'avère dans ce cas être un indice de pollution.

L'oxygène dissous présente des valeurs assez aléatoires et varie entre 1.7 et 8.2 mg/l.

On note tout de même que la petite darse contient les valeurs les plus basses.

Par contre les valeurs les plus élevées se trouvent au niveau de la grande darse ainsi que de l'avant port.

Concernant la matière en suspension, une contribution externe est sûre dans le port d'Annaba. Les teneurs les plus importantes se localisent au niveau de la sortie du port, ceci est dû à la proximité des stations des embouchures des oueds.

La matière organique aussi présente des valeurs importantes et cela confirme notre hypothèse sur la consommation de l'oxygène dans les processus de reminéralisation de la matière organique.

Les résultats physico-chimiques des eaux du fond et de surface du port d'Annaba obtenus révèlent des eaux portuaires influencées par des facteurs anthropiques notamment des rejets domestiques et industriels et non par le développement phytoplanctonique et l'activité biologique. Ainsi, les analyses effectuées, mettent en évidence une forte homogénéité thermique de la masse d'eau.

D'une manière générale, une sous oxygénation caractérisée, propre au milieu portuaire se fait nettement ressentir en raison des faibles profondeurs et du mauvais brassage des eaux. Cette insuffisance traduit très probablement une pollution du milieu en matière en suspension et organique dont la dégradation nécessite une consommation importante en oxygène pour les processus bactériens.

Les faibles salinités s'expliquent par le fait que le port soit le point de convergence de plusieurs rejets d'eaux usées.

Les valeurs du potentiel d'hydrogène des eaux de l'intérieur du port sont plus basses que celles de la sortie du port, ce qui confirme la perturbation du milieu marin.

Les sels nutritifs présents dans le port d'Annaba montrent des teneurs hétérogènes.

Les concentrations des sels nutritifs (Azote ammoniacal, Nitrate, Nitrite) montrent une pollution évidente due aux rejets. Cependant, les teneurs en phosphates sont aussi bien élevées que celles des nitrates et des nitrites, cela est dû aux rejets domestiques et aux rejets industrielles issues principalement de ASMIDAL.

Cette abondance en sels nutritifs s'accompagne toujours d'une diminution de l'indice de diversité des espèces, seules persistent les espèces dites « opportunistes ».

Les résultats auxquels nous sommes parvenus confirment les conclusions de Abdiche et Doudou (1998) ayant trouvé à l'état de perturbation très avancé le fond du port, notamment la petite darse. Ces auteurs signalent par ailleurs plus de 85 % d'espèces indicatrices de pollution, notamment *Capitella capitata*, *Scolelepis fligonosa*, *Andonouinia tentaculata* et de *Corbula gibba*. Harrat (1991) classait cette zone du port comme zone azoïque (pollution maximale).

**4 -3-Recommandations :**

Afin de trouver éventuellement une solution contre la pollution existant au sein des ports, nous avons jugé intéressant de proposer les recommandations qui suivent :

- Etablissement par les autorités portuaires de notices explicatives sur les risques des déchets et des ordures pour le milieu marin.
- Chercher des modalités pratiques pour mieux sensibiliser les gens autour des problèmes de l'environnement (inspection de l'environnement, associations, citoyens) des réels dangers causés qui menacent le milieu marin.
- Le respect des réglementations concernant les rejets.
- Mise en service des stations d'épuration au sein du port d'Annaba afin d'alléger et de réduire les nuisances causées par les rejets.
- Prendre des mesures de préventions et de corrections vis à vis des unités industrielles se trouvant au niveau du port, en se référant aux normes internationales (OMS).

## **CONCLUSION GÉNÉRALE :**

L'étude menée à travers ce mémoire fait parti d'un projet de recherche dont le but est de déterminer la pollution au niveau des ports algériens.

Pour cela, nous avons utilisé une approche fondée sur des relevées hydrologiques ainsi que sur des dosages chimiques. Des mesures de paramètres ont été réalisées in situ alors que d'autres nécessitant des équipements analytiques se sont faites au niveau du laboratoire. Ce travail a permis la maîtrise des instruments scientifiques et des techniques de mesures très fines.

Pour l'analyse des sels nutritifs, la fiabilité et la rapidité qu'offre l'Autoanalyseur II technicon représente un gain important qu'on ne pouvait acquérir par la méthode manuelle. Les résultats tant sur le plan physico-chimique auxquels nous sommes parvenus confortent l'hypothèse selon laquelle, les ports constituent des milieux perturbés par excellence, le port d'Annaba n'y fait pas exception.

Ce port apparaît comme un système semi fermé perturbé. En effet, une telle situation est mise en évidence par les résultats de la petite darse. Cette dernière présente des caractères physiques et chimiques différents de ceux relevés dans les autres parties du port.

La distribution des sels nutritifs et de la matière en suspension dans le port d'Annaba est principalement gouvernée aussi bien par l'activité anthropique que par les eaux des oueds. Ceci s'observe bien pour les teneurs en nitrates, nitrites et phosphates. Il est évident que l'impact de la pollution sur ce milieu est considérable.

Notre étude a mis en évidence l'effet non négligeable des rejets et leurs conséquences irrésistibles sur l'écosystème de ce port.

Ainsi, l'étude faite reflète clairement la situation de ce site. Cependant, il est temps de réfléchir à ce problème afin de trouver éventuellement des solutions ou d'instaurer une certaines réglementations concernant les rejets au niveau du port d'Annaba.

**RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUE**

## Références bibliographiques

**ABDICHE C. et DOUDOU S A.,1988.** Approche de la pollution par les bio-indicateurs :Structure et organisation des peuplements macrozoobenthiques du port d'Annaba. *Mémoire d'ingénieur d'état en Halieutique ,option Benthologie.I.S.M.A.L.Alger .94p.*

**ARFI R.,CHAMPALBERT G.,PATRITI G.,PUDDU A et REYS J.PE.,1982.** Etude comparée du plancton du vieux port ,de l'avant port ,et du golfe de Marseille. Liaison avec des paramètres physiques ,chimiques et de pollution.Station marine d'Endoume. *Théthys.* Vol 10 n°3 :200-211.

**AMINOT A., et CHAUSSEPIED M., 1983.** Manuel des analyses chimiques dans le milieu marin. *Edt. CNEXO, 395p.*

**AMRANI S.et FERHAT S.,1994.**Caractéristiques physico-chimiques des eaux du port de plaisance de Sidi-Fredj. *Mémoire de DEUA en sciences de la mer.I.S.M.A.L. 78p .*

**AUBERT M., AUBERT J., GAUTHIER M., 1972.** Pollution chimique de la mer. *Rev . Intern. Oceanogr. Med. Tome XXVIII : 181-191.*

**BETHOUX J.P et COPIN-MONTÉGUT.,1988.**Phosphorus and Nitrogen in the mediteranean sea :spécifities and forecasting.*Océanologica Acta,n°spécial:75-78.*

**BOUHARROUR S., 1999.** Pollution du littoral marin de la wilaya de ANNABA. Inspection de l'environnement de la wilaya de ANNABA. 13p.

**CHARBONIER D., 1990.** Pêche et aquaculture en mediterannée. Etat actuel et perspectives .Les fascicules du plan bleu. Edt Economica .94p.

**COPIN-MONTÉGUT G.,1996.** Chimie de l'eau de mer. *Institut océanographique ,Paris.319p.*

**C.O.I.( Commission Océanographique Intergouvernementale), 1984.** Manuel sur la surveillance continue du pétrole et des hydrocarbures pétroliers dissous ou dispersés dans l'eau de mer et sur les plages. UNESCO.67p.

**COSSA D. et LASSUS P.,1989.**Le cadmium en milieu marin.IFREMER.Rapports scientifiques et techniques n°16 :11-21.

**DJAMEL B.,1997.**Annaba aligne.n°4 :8-10. ses records .SYMBIOSE

**DANDONNEAU Y., 1998.** Le cycle du carbone dans les océans. Les humeurs de l'océan. *Edt Française de scientific American* : 54-57.

**E.P.AN (Entreprise portuaire d'Annaba),1998.**Fascicule de présentation du port.12p.

**IVANOFF A., 1972.**Introduction à l'océanographie ,propriétés physiques et chimiques des eaux de mer. Tome I.Edt Masson.Paris.233p.

**JACQUES G. et TRÉGUER P.,1986.**Ecosystème pélagique marin .Collection d'écologie.19<sup>ème</sup> ,Edt.Masson.Paris.243p.

**JEANDEL C.; 1998.** Les humeurs de l'océans. Les particules marines .Edt Française de scientific American : 58-60.

**KETFI B.et OURAHMOUN H.,2000.**Etude bathysédimentologique du port d'Annaba (dragage).*Mémoire de DEUA en sciences de la mer.*110p.

**L.C.H.F.(Laboratoire Central Hydrolitique de France),1974.**Ministère des travaux publiques .Étude hydrologique dans le golfe de Annaba.265p.

**LEFEBVRE Y.,ALECHINE W.,AUBERT .,COUGET P.,COURVOISIER P.,DUFFAU C.,FERON D.,GLOMOT P.,GUNALTUN M.,LEGRAND R.,LEMOINE L.,MOIRIZUR Y.,ROCHE M.,SAMARAN J.P.,TRIPONE Y.,1993.** Circuit d'analyse de l'eau de mer. Edt Technip.393p.

**MAUVAIS J.,1990.**Les ports de plaisances ,conséquence sur le milieu marin, outil de prévision .EQUINOXE : magazine des ressources vivantes .n°30 :8-13.

**METAP.,1993.**Étude de protection contre la pollution des ports et du littoral Algériens.Rapport intermédiaire provisoire .réalisé par V.K.I Danemark ,L.E.M Algérie,Dorsh consult Allemagne et I.D.H. Danemark .Ministère du transport.n°4.81p.

**METAP.,1994.**Étude de protection contre la pollution des ports et du littoral algériens.Rapport intermédiaire provisoire.Réalisé par V.K.I Danemark ,L.E.M Algérie,Dorsh consult Allemagne et I.D.H Danemark.Ministère du transport.Rapport final.170p.

**RAIMBAULT P., CONAN P. et COSTE B., 1993.** Le phosphate en méditerranée occidentale. Donnée récente et ré-évaluation de l'évolution temporelle au sein des eaux profondes. Rapp. Comm. Int. Mer Med 34., Vol 34. 68p.

**O.M.S (Organisation Mondiale de la Santé), 1979.** Principes et directives applicables au déversement de déchets dans le milieu marin : 551-554.

**PERES J.M., 1976.** Pollution des eaux marines. Edt Gauthiers Villard. 231p.

**RODIER J., 1984.** L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer). 7, Edt Dunod. 1367p.

**SAMSON KECHACHA et DAHMANI., 1995.** Gradient vertical des sels nutritifs en milieu côtier dans la région d'Alger. Rapp. Comm. Int. Mer. Med., Vol 3:70.

**TREGUER P et LECORRE P., 1975.** Manuel d'analyses des sels nutritifs dans l'eau de mer (Utilisation de l'auto analyseur II Technicon (2<sup>ème</sup> édition), laboratoire d'océanographie chimique : 110.

**Fiches consultées :**

- Fiches statistiques des débarquements du port d'Annaba. 1994-1995.
- Relevé météorologique de l'O.N.M (Office Nationale de Météorologie). 1993-1998.
- Rapport du Ministère des transports ., 1993. Étude sur le développement des ports d'Alger, d'Oran, et d'Annaba en Algérie. *Rapport final* n°2. 295p.