

**INSTITUT SCIENCE DE LA MER  
ET DE L'AMENAGEMENT DU LITTORAL**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

**THEME**



**Analyse des sels nutritifs  
Baie d'Alger**

**Présenté par** : Melle GUELATTI ASSIA

**Encadré par** : BOULEHDID MUSTAPHA

Spécialité Halieutique

Option : Chimie Marine

Septembre 2003

## SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>6</b>
<b>GENERALITES</b>	<b>7</b>
1) NOTIONS DE TRACEURS océaniques :	7
1.1) LES TRACEURS OCEANIQUE CONSERVATIFS :	7
1.2) LES TRACEURS OCEANIQUE NON CONSERVATIFS :	7
2) LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES :	8
2.1) LA TEMPERATURE :	8
2.2) LA SALINITE :	8
2.2.1) La salinité :	8
2.2.2) La chlorinité :	9
2.2.3) La chlorosite :	9
2.3) POTENTIEL D'HYDROGENE (PH) :	9
2.4) L'OXYGENE DISSOUS :	10
3) LES SELS NUTRITIFS dissous dans l'Eau de mer :	10
3.1) DEFINITION :	10
3.3) DIFFERENTES FORMES DES SELS NUTRITIFS :	11
3.3.1) L'azote :	11
3.3.2) L'azote ammoniacal :	11
3.3.3) Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :	12
3.3.4) Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) :	12
3.3.5) Les phosphates :	13
3.3.6) Le silicium :	13
3.4) ORIGINE DES SELS NUTRITIFS :	14
3.4.1) SOURCES EXTERNES :	14
3.4.1.1) LE CONTINENT :	14
3.4.1.2) SEDIMENTS MARIN PAR DIFFUSION :	15
3.4.1.3) VOLCANISME SOUS MARIN :	15
3.4.2) SOURCE INTERNE :	15
3.5) CYCLES DES SELS NUTRITIFS :	15
3.6) SELS NUTRITIFS ET RAPPORT DE REDFIELD :	16
<b>Présentation de la zone d'Etude</b>	<b>18</b>
1) LE LITTORAL ALGERIEN	18
2) Présentation de la zone d'étude	19

2.1) La Baie d'Alger :	19
2.2) La baie de Bou Ismail	19
<b>3) Physiographie de la zone d'étude :</b>	<b>19</b>
<b>4) REGIME CLIMATIQUE :</b>	<b>21</b>
<b>5) Les PRINCIPAUX FACTEURS HYDRODYNAMIQUES :</b>	<b>21</b>
5.1) Le vent :	21
5.2) La houle :	21
5.2.1) EN HIVER :	21
5.2.2) EN ETE :	21
5.3) CIRCULATION ET DYNAMIQUE GENERALE :	21
<b>6) RESEAU HYDROGRAPHIQUE :</b>	<b>22</b>
<b>6) RESEAU HYDROGRAPHIQUE :</b>	<b>23</b>
6.1) OUED NADOR :	23
6.2) OUED MAZAFRAN :	23
6.3) OUED BENI MESSOUS :	24
6.4) OUED EL HARRACH :	24
6.5) OUED HAMIZ	25
<b>7) ETAT DE LA POLLUTION :</b>	<b>25</b>
<b>METHODES D'ANALYSE DES SELS NUTRITIFS</b>	<b>27</b>
<b>Méthodes d'Analyse de l'Ammonium</b>	<b>28</b>
1) Principe du dosage :	28
2) Réactifs :	29
2.1) Solution tampon :	29
2.2) Solution de phénol :	29
2.3) Solution d'hypochlorite de sodium	30
2.4) Solution de nitroprussiate de sodium :	30
3) Solution mère :	31
3.1) Solution de base à 100 ppm N :	31
3.2) Solution à base de 10 ppm N :	31
4) Mode opératoire :	32
5) Entretien du circuit analytique :	32
6) Etalonnage :	32
7) Précision analytique :	32

<b>Analyse des nitrates et des nitrites :</b>	<b>33</b>
<b>1) Principe du dosage des nitrates et des nitrites :</b>	<b>33</b>
<b>2) Préparation des réactifs :</b>	<b>33</b>
2.1) Solution Tampon (R1) :	33
2.2) Réactifs de coloration (R2) :	34
<b>3) Solution mère :</b>	<b>34</b>
3.1) Solution mère de base à 100ppm N :	34
3.2) Solution de base à 10 ppm N :	34
<b>4) Préparation de la colonne cadmium -cuivre :</b>	<b>35</b>
<b>5) Entretien du circuit analytique :</b>	<b>35</b>
<b>6) Etalonnage :</b>	<b>36</b>
<b>7) Précision analytique :</b>	<b>36</b>
<b>Analyse des orthophosphates :</b>	<b>36</b>
<b>1) Principe du dosage des Orthophosphates :</b>	<b>36</b>
<b>2) Préparation des Réactifs :</b>	<b>37</b>
2.1) Solution d'héptamolybdate d'ammonium (R1) :	37
2.2) Solution d'acide ascorbique (R2) :	37
<b>3) Solution mère :</b>	<b>38</b>
3.1) Solution mère de base à 100 ppm P :	38
3.2) Solution mère de base à 10 ppm P :	38
<b>4) Mode opératoire :</b>	<b>38</b>
<b>5) Entretien du circuit analytique :</b>	<b>39</b>
<b>6) Etalonnage :</b>	<b>39</b>
<b>7) Précision analytique :</b>	<b>39</b>
<b>Méthode d'analyse de l'acide orthosilicique</b>	<b>39</b>
<b>1) Principe du dosage :</b>	<b>39</b>
<b>2) Préparation des réactifs :</b>	<b>40</b>
2.1) Solution d'acide sulfurique (R1) :	40
2.2) Solution d'héptamolybdate d'ammonium (R2) :	40
2.3) Solution d'acide oxalique (R3) :	41
2.4) Solution d'acide ascorbique (R4) :	41
<b>3) Solution mère :</b>	<b>41</b>

3.1) Solution de base : 100ppm Si	41
4) Mode opératoire :	42
5) Entretien du circuit analytique :	42
6) Etalonnage :	42
7) Précision analytique :	43
<b>Résultat et discussion :</b>	<b>48</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>48</b>
<b>1) ANALYSE PARAMETRIQUE :</b>	<b>48</b>
1.1) La température <i>in situ</i> :	48
1.2) La salinité:	49
1.3) LE POTENTIEL D'HYDROGENE :	49
1.4) Oxygène dissous	50
1.5) LES SELS NUTRITIFS :	50
1.5.1) LES NITRITES :	50
1.5.2) NITRATATE :	51
1.5.3) LES ORTHOPHOSPHATES	52
1.5.4) LA SILICE :	53
<b>2) Analyse binaire :</b>	<b>54</b>
2.1) DIAGRAMME TEMPERATURE – SALINITE :	54
2.2) DIAGRAMME TEMPERATURE –OXYGENE DISSOUS :	54
2.3) Rapport Nitrates-Phosphates :	55
<b>3) Etude comparative des données :</b>	<b>55</b>
3.1) Diagramme Température- Salinité :	56
3.2) Diagramme Nitrates-Phosphates :	56
3.3) Evolution dans l'espace et dans le temps :	57
<b>Conclusions GENERALES :</b>	<b>76</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :</b>	<b>78</b>

## INTRODUCTION

Le milieu aquatique naturel, notamment celui marin, est un milieu assez complexe. Ses caractéristiques sont directement ou indirectement régies par les conditions et contraintes qu'il subit. L'étude et la compréhension de ce système nécessite le plus souvent l'intervention de plusieurs disciplines scientifiques.

Notre zone d'étude qui est le littoral du grand algérois est soumise à l'influence d'une multitude de contraintes. Ces dernières peuvent se résumer en l'influence de deux milieux diamétralement différents :

- D'une part, l'influence de la ville d'Alger et de sa banlieue, due à l'importance de la densité de la population et à la grande diversité des activités industrielles et au trafic terrestre et maritime. De ce fait, le littoral du grand algérois, notamment la baie d'Alger, constitue un grand déversoir où se jette quotidiennement une importante quantité d'eau usées industrielles et ménagères chargées de diverses substances polluantes.
- Et d'autre part, l'influence directe du milieu marin du large gouverné par le comportement particulier du courant algérien.

Cette étude s'intègre dans le cadre d'un contrat d'étude conclu entre l'Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ISMAL) et l'Agence Pour la Protection du Littoral (APPL) qui consiste à un contrôle répétitif dans le temps et limité dans l'espace de la pollution par plusieurs indicateurs.

L'étude présentée dans ce mémoire se propose pour la prise en charge du volet des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs dans la zone d'étude qui s'étend de l'oued Mazfran jusqu'au marais de Régaïa. Certaines conditions ont limité cette étude à une seule série de prélèvements répartis en 17 stations qui ont été sélectionnées et réparties de manière à pouvoir cerner tous le littoral algérois.

Le présent mémoire est organisé en quatre principales parties. Dans la première partie, nous avons donné un aperçu fondamental sur les paramètres physiques et chimiques étudiés. La deuxième partie concerne la présentation de la zone d'étude et l'essentiel de ses caractéristiques. Les méthodes analytiques et les techniques appliquées dans les mesures et les analyses chimiques sont exposées dans la troisième partie. La dernière partie traite les résultats obtenus et leur discussion. En fin, des conclusions générales clôturent ce mémoire.

## GENERALITES

L'étude des paramètres physiques et chimiques de l'eau de mer et des sels nutritifs dissous nous permet de comprendre leur distribution et leur comportement dans l'eau de mer. Utilisés comme traceurs marins, ils nous renseignent sur les phénomènes et processus et leur évolution dans le temps et dans l'espace océanique.

### 1) NOTIONS DE TRACEURS OCEANQUES :

Un traceur océanique est un paramètre physique ou chimique pouvant contribuer à la caractérisation et à la définition de l'évolution et de l'historique d'une masse d'eau ou d'un phénomène océanique. On distingue deux principales familles de traceurs :

#### 1.1) LES TRACEURS OCEANIQUE CONSERVATIFS :

Les traceurs conservatifs sont des paramètres océaniques qui ne subissent aucune transformation au sein de l'océan. Les variations et l'évolution de leurs valeurs sont dépendantes uniquement des facteurs physiques de transport, de mélange et de diffusion. La température potentielle, la salinité ainsi que la densité sont les facteurs conservateurs.

Un certain nombre de traceurs artificiels (d'origine anthropique) ou polluants ont cette caractéristique, ce qui permet alors de suivre avec précision le mouvement et le déplacement des masses d'eau. Les fréons (*dérivés chlorés et fluorés du méthane ou de l'éthane appelés usuellement les CFCs*) font partie de cette famille.

#### 1.2) LES TRACEURS OCEANIQUE NON CONSERVATIFS :

Les traceurs non conservatifs subissent l'action des phénomènes physiques, chimiques, biologique et la désintégration radioactive. Les sels nutritifs, l'oxygène dissous, les carbonates ... etc. sont des traceurs océaniques non conservatifs.

## **2) LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES :**

### **2.1) LA TEMPERATURE :**

La température est un paramètre important à étudier pour la connaissance des masses d'eau. En physique marine, sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de la densité et donc des courants. La précision requise est alors de l'ordre de 0.01°C. Elle permet, de plus, l'étude des mélanges des masses d'eau. La principale application physico-chimique est la détermination des valeurs de saturation des eaux en gaz dissous et particulier de l'oxygène dissous. La précision doit alors être de 0.05 à 0.1 °C.

La température joue un rôle important dans les cycles biologiques qui ont des répercussions importantes sur la pêche, reproduction ...

D'une façon générale, en milieu côtier où les gradients thermique sont souvent très marqués, la mesure de la température se fait avec une précision de l'ordre de  $\pm 0.1$  °C.

### **2.2) LA SALINITE :**

La mesure de la salinité est importante dans l'étude du milieu marin par son influence sur la densité de l'eau de mer. Elle permet de connaître la circulation océanique et d'identifier les masses d'eau d'origines différentes et de suivre leur mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires.

La grandeur salinité représente la proportion de sels minéraux dissous dans l'eau de mer. Mais cette grandeur n'est pas accessible directement par une méthode de mesure. Aussi plusieurs définitions et relations ont été établies à fin de s'en approcher au mieux. Il est important de les connaître couramment pour la détermination de la salinité : La méthode de titration par volumétrie et la méthode basée sur la conductivité. Trois paramètres sont couramment utilisés :

#### **2.2.1) La salinité :**

*''C'est le poids en gramme de la matière inorganique dissoute dans un kg de l'eau de mer après que tous les bromures et tous les iodures ont été remplacés par la quantité équivalente en chlorures et que tous les carbonates ont été convertis en oxydes''.*

### 2.2.2) La chlorinité :

*C'est la masse en gramme des chlorures équivalents à la quantité totale des halogènes contenus dans 1 kg d'eau de mer.*

$$S = 1.0805 \text{ Cl} + 0.030$$

### 2.2.3) La chlorosité :

Grandeur accessible par l'analyse volumétrique. Elle ne se rapporte pas 1 kg mais à 1 litre d'eau de mer.

$$\text{Cl} = (\text{Cl/l}) \text{ t1/dt}$$

L'évolution technologique permet maintenant de mesurer *in situ* ou à bord la salinité rapidement . Ainsi, des salinomètres permettent de mesurer la salinité avec une précision de l'ordre de 0,0026 PSU. Cette précision est exigée pour l'étude des caractéristiques des masses d'eau profondes.

### 2.3) POTENTIEL D'HYDROGENE (PH) :

Le PH moyen de l'eau de mer est voisin de la valeur de 8,2. Ce PH est gouverné ou fixé essentiellement par la présence des espèces carbonatées (système des carbonates :  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$ ). La modification des concentrations des carbonates (respiration, photosynthèse, échange air- mer) ou en  $\text{CO}_3^-$  (dissolution et/ou précipitation) entraînera donc une modification du PH. En milieu côtier et estuaire, certains rejets industriels ou apports d'eaux continentales peuvent être la cause de la variation plus ou moins importante de PH. Dans ce cas, ceci s'avère un indice de pollution.

## 2.4) L'OXYGENE DISSOUS :

L'oxygène moléculaire dissous est un paramètre très important du milieu qui gouverne la majorité des processus biologiques, biogéochimiques et chimiques des écosystèmes aquatiques (Aminot, 1983). La concentration de l'eau de mer en oxygène dissous est la résultante des facteurs physiques (température, salinité), chimiques (oxydoréduction) et biologiques qui ont généralement une influence prépondérante sur l'oxygène (photosynthèse, respiration). La concentration en oxygène dissous par rapport à la valeur de la saturation est un élément nécessaire à connaître pour l'étude des systèmes aquatiques. Dans l'eau de mer la dissolution de l'oxygène dépend, en effet, de la pression atmosphérique, de la pression de la vapeur saturante, de la température de l'eau et de la salinité.

Ainsi, dans les estuaires et les milieux fermés ou semis fermés, des zones d'accumulation de détritiques carbonés en décomposition peuvent devenir totalement anoxiques. La nitrification de l'azote ammoniacal est également un facteur important qui contribue au déficit en oxygène. Par contre, en zone eutrophe, des développements importants de phytoplancton peuvent engendrer des sursaturations en oxygène dissous.

## 3) LES SELS NUTRITIFS DISSOUS DANS L'EAU DE MER :

### 3.1) DEFINITION :

Le phytoplancton a besoin de sels nutritifs pour sa croissance et son développement et la formation de son squelette qu'il trouve dans le milieu marin sous forme dissoute ou particulaire.

En effet, ces sels forment un substrat chimique indispensable pour le premier maillon de la chaîne alimentaire marine.

Les faibles concentrations minimisent la photosynthèse. Tandis que les fortes teneurs sont à l'origine de la prolifération rapide des espèces et peuvent provoquer une eutrophisation du milieu. Dans les aires artificiellement endiguées, les processus d'eutrophisation ou d'eutrofication s'altèrent et évoluent vers une dystrophie rapide et grave. On trouve alors en surface des concentrations qui peuvent aller de quelques micromoles à quelques dizaines de micromoles par litre (Aminot, 1986).

### 3.2 )ROLES DES SELS NUTRITIFS :

Les sels nutritifs constituent une base alimentaire et un substrat chimique indispensable pour le premier maillon de la chaîne alimentaire marine et ainsi du cycle biologique de la biomasse océanique. La production primaire marine dépend principalement de la lumière ainsi que de la dynamique océanique qui transporte les sels dissous indispensables à l'activité biologique dans les eaux de surface.

Les sels nutritifs peuvent contribuer à la compréhension du cycle biogéochimiques ou océanique de certains composants de l'eau de mer. Ainsi, il existe des relations entre certains sels avec certains métaux lourds, telle que celle qui lie les orthophosphates au cadmium, ce qui permet l'explication du comportement et du devenir de ces métaux dans le milieu marin (Cossa et Lassus, 1989).

### 3.3) DIFFERENTES FORMES DES SELS NUTRITIFS :

#### 3.3.1) L'azote :

L'azote moléculaire ( $N_2$ ) est de loin la forme la plus abondante dans l'eau de mer. Cependant, il ne constitue pas une source potentielle directement utilisable par les organismes autotrophes. Sa concentration, toujours voisine de la saturation, est gouvernée essentiellement par la température qui contrôle l'échange air-mer.

L'azote préféré par les organismes autotrophes et directement utilisable est l'azote combiné sous forme d'ions (les nitrates ( $NO_3^-$ ), les nitrites ( $NO_2^-$ ) et l'ammonium ( $NH_4^+$ )) et sous forme de composés organiques tels que l'urée, les acides aminés ... etc.

#### 3.3.2) L'azote ammoniacal :

L'azotes ammoniacal provient des excréctions animales (Aminot, 1983 ) et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés. Il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote. Il est oxydé par les bactéries nitrifiantes. Il se présente sous deux formes :

L'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) qui est le plus toxique pour la vie aquatique.

L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dont la proportion dépend du pH. Sa concentration varie selon le lieu et la saison. Il est présent dans les eaux de surface, où il y a l'activité biologique, et absente dans les eaux profondes. Il peut exister dans les eaux du fond par diffusion à partir du sédiment marin. Dans les eaux côtières, l'ammonium peut se révéler un bon indicateur de la pollution.

### **3.3.3) Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :**

Les nitrites constituent une forme chimique intermédiaire entre l'azote ammoniacal et les ions nitrates. Sa concentration varie de zéro à quelques micromoles par litre (Aminot, 1983). Les zones de forte production primaire, telles que les zones de remontées d'eau profondes, sont enrichies en nitrites provenant de l'excrétion directe des organismes ou de l'oxydation des composés azotés excrétés.

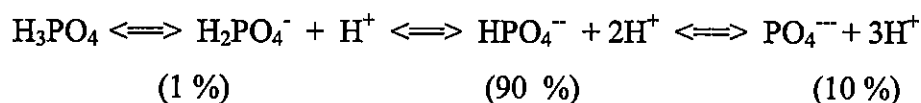
### **3.3.4) Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) :**

C'est le support principal de la croissance phytoplanctonique qui est l'espèce thermodynamiquement stable. Il est issu de l'oxydation des nitrites par des bactéries nitrifiantes (nitrobacter). Sa concentration varie de zéro dans les eaux de surface à quelques dizaines de micromoles par litre au niveau du minimum d'oxygène dissous. Le grand stock des nitrates est dans les eaux profondes. Dans les eaux anoxiques, les nitrates sont réduits et utilisés comme capteur d'électrons au lieu de l'oxygène dissous.

Dans les estuaires, où la salinité est faible et les apports terrigènes importants, les teneurs augmentent ainsi la concentration en nitrate dont le taux moyen hors du port est de 28 microgramme/l de 280% à l'extérieur des zones endiguées en présence des rejets. Cette valeur atteint même 445% du taux marin normale dans les aires portuaires stagnantes (AUBERT ET AL, 1972)

### 3.3.5) Les phosphates :

Phosphore inorganique dans l'eau de mer est essentiellement présent sous forme d'ions d'orthophosphates, correspondants aux différentes étapes de dissociation de l'acide orthophosphorique (Aminot, 1983).



Dans les eaux superficielles, le phosphore est activement consommé par le phytoplancton, ce qui explique les concentrations généralement très faibles à nulles dans ces eaux. Comme l'azote, il atteint des concentrations maximales en au niveau du minimum de l'oxygène ainsi que dans les estuaires (plus qu'une dizaine de micro moles/l). Toute fois, au vu des grandes différences de concentration observée pour le phosphore, il est certain que ces concentrations sont à l'échelle du millier d'années contrôlées par les processus biologiques. Il est probable qu'elles sont très inférieures à la solubilité théorique du phosphore.

### 3.3.6) Le silicium :

Le silicium entre dans la composition des tests de certaines espèces marines (diatomées, silicoflagellés... ). Cette silice biogénique est présente sous forme d'opale et a pour composition chimique ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). Sa teneur, généralement nulle dans les eaux de surface, augmente en fonction de la profondeur, car les tests siliciques sont plus résistants à la dissolution et leur vitesse de sédimentation est très grande (Ivanoff, 1971). De ce fait, la dissolution maximale est en profondeur et elle est estimée à environ 90 % (Hurde, 1973).

Pendant le bloom printanier du phytoplancton, les teneurs de silicium dans la zone euphotique chutent rapidement, comme l'azote et le phosphore. La concentration de la silice augmente sensiblement dans zones côtières et estuariennes, où les apports en eau douce riche en silice sont considérables.

### 3.4) ORIGINE DES SELS NUTRITIFS :

Les sels nutritifs dans le milieu marin ont plusieurs origines. On distingue des sources internes et des sources externes.

#### 3.4.1) SOURCES EXTERNES :

##### 3.4.1.1) LE CONTINENT :

Les sels nutritifs sous leurs différentes formes sont transportés du milieu terrestre vers le milieu marin par différentes voies. On peut distinguer :

##### **Les rejets :**

Les rejets à charge polluante sont d'origine agricole, industrielle ou domestique. Ces rejets contribuent à la dégradation du milieu marin, on agissant directement sur cette qualité physico-chimique et sur l'écosystème et son fonctionnement. Les activités agricoles sont une source préoccupante de la pollution par les résidus d'engrais et de produits phytosanitaires essentiellement composés de phosphate, d'azote et de leur dérivés. D'après l' O.M.S (1979), on trouve dans les eaux usées urbaines non traitées près de 40 à 120 mg/l d'azote ( $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NH}_4^+$ ).

##### **Les apports fluviaux et éoliens :**

Ils dépendent de plusieurs facteurs notamment l'environnement naturel de drainage, le climat et les conditions météorologiques, la couverture végétale et les facteurs anthropiques. Ces facteurs sont responsables de l'importance des processus de lessivage des sols agricoles et des faciès géologiques et de l'acheminement des produits d'érosion vers le milieu marin.

Pour les phosphates Graham et Duce (1979) estiment un flux annuel par les cours d'eau de 170 à 200  $10^{10}$  g/an pour la forme dissoute et de 1400 à 2000  $\times 10^{10}$  g/an pour la forme particulaire. Par la voie éolienne, ils estiment un flux annuel 22  $\times 10^{10}$  g/an pour la forme dissoute et de 130  $\times 10^{10}$  g/an pour la forme particulaire.

#### 3.4.1.2) SEDIMENTS MARIN PAR DIFFUSION :

La matière organique sédimentée continue sa dégradation dans le sédiment marin. Après saturation des eaux interstitielles en phosphate et en ammonium, la diffusion de ces deux composés vers l'eau de mer peut avoir lieu. De même, une partie la silice biogénique ou inorganique présente dans le sédiment marin continue sa dissolution et la diffusion vers l'eau de mer peut avoir lieu. Cependant, cette source ne représente qu'environ 1 % du flux annuel total.

#### 3.4.1.3) VOLCANISME SOUS MARIN :

Représenté essentiellement par les apports hydrothermaux qui sont négligeables (Froelich et al., 1982).

#### 3.4.2) SOURCE INTERNE :

C'est la régénération des sels nutritifs à partir de la matière organique produite par le plancton marin dans les eaux de surface. Cette origine est la plus importante et peut représenter à elle seule jusqu'à 97% du flux annuel total.

#### 3.5) CYCLES DES SELS NUTRITIFS :

La croissance et la reproduction des espèces trophiques se font principalement dans la zone euphotique en assimilant le carbone et les sels nutritif dissous dans l'eau de mer pendant la photosynthèse. Ils produisent une quantité importante de matière organique appelée '*production primaire*'. La partie régénérée est consommée par les micro organismes animaux et transformés en énergie. Elle retourne à l'océan sous forme ionique, alors que la partie non consommée, représentant la nouvelle production, coule en profondeur. Pendant sa chute le long de la colonne d'eau de mer et surtout dans les eaux intermédiaires et profondes, elle se dégrade par l'attaque bactérienne par des réactions d'oxydoréduction. A la surface de sédiment, la fraction résiduelle de la matière organique subit une reminéralisation aérobie, et au cours de la diagenèse des sédiments, subit une reminéralisation anaérobie.

L'azote organique se décompose en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) qui s'oxyde en nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) puis en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ).

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

Pour la silice sous forme d'opale, la régénération se fait par simple dissolution physico-chimique des squelettes siliciques le long de la colonne d'eau pendant leur chute en profondeur.

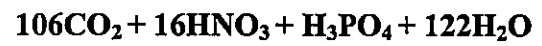
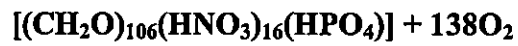
Ainsi, les eaux profondes s'enrichissent en sels nutritifs au détriment des eaux de surface. Arrivée dans les zones de divergences pendant leurs migrations, ces eaux profondes remontent et réalimentent de nouveau les eaux de surface en sels nutritifs.

### 3.6) SELS NUTRITIFS ET RAPPORT DE REDFIELD :

La production photosynthétique de la matière organique se déroule dans les eaux superficielles. A toute assimilation de carbone minéral correspond une prise dans ce milieu d'azote, de phosphore et de silicium minéral avec un rejet d'oxygène dissous dans des proportions fixes. De même, la régénération du carbone inorganique à partir de la matière organique planctonique est accompagnée par la libération d'azote, du phosphore et fixation d'oxygène dissous, toujours dans des proportions fixes.

Pour calculer la part biologique dans l'évolution des facteurs chimiques, il faut disposer des modèles physiques prenant en compte le mélange des eaux superficielles du large et de la résurgence côtière.

Ces proportions forment les rapports biochimiques dits de Redfield. Selon Redfield (1934) et Redfield et al. (1963), ces rapports demeurent constants à l'échelle de l'océan global. Cependant, il s'avère que ces rapports varient en fonction de la profondeur (Minster et Boulahdid, 1987; Boulahdid et Minster, 1989; Pujopa, 1995; Raimbault et al., 1995) ou en fonction des saisons en accord avec la variation de l'activité biologique (Berland et al., 1989). Il existe une relation très étroite entre l'oxygène d'une part, et les éléments liés biochimiquement à l'oxygène d'autre part, exprimée par les apports biochimiques de Redfield, selon sa réaction stœchiométrique (Redfield, 1934 et Redfield et al., 1963).



où la forme  $[(\text{CH}_2\text{O})_{106}(\text{HNO}_3)_{16}(\text{HPO}_4)]$  est une molécule qui représente la composition moyenne de la matière organique du plancton marin. Autrement dit, les rapports de Redfield sont exprimés comme suit :

$$\text{P/N/C/-O}_2 = 1/16/106/138$$

## **PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

### **1) LE LITTORAL ALGERIEN**

Le littoral algérien s'étend de Marssat Ben M'Hidi (frontière marocaine) au Cap Roux (frontière tunisienne) sur une longueur d'environ 1200 km. La densité humaine importante à laquelle s'ajoute les activités industrielles fait que la zone côtière subit une pression soutenue. Les plus grandes unités urbaines et industrielles sont en majorité côtières et portuaires. La plus part des grandes baies subissent une influence continentale avec sa charge polluante en évolution croissante et présentent aussi des fonds vaseux accessibles au chalutage.

La mer Méditerranée est une mer semi fermée mal alimentée en eau douce. Les apports fluviaux sont très faibles vis à vis de cette masse liquide et la pluviométrie moyenne est de l'ordre de 310 mm annuellement contre une moyenne mondiale de 970 mm. Par évaporation, du fait des caractères climatiques, elle enregistre une perte d'eau importante chaque année.

Le détroit de Gibraltar, dont les apports d'eau sont estimés à 38000 km<sup>3</sup>/an, constitue le principal flux entrant à cette mer qui renouvelle ainsi son eau en moyenne tous les 90 ans, si on tient compte des 2900 km<sup>3</sup>/an qui sortent vers l'atlantique et de ceux qui sortent de la mer noire et du canal du Suez.

Cette fragilité naturelle est, aujourd'hui, accentuée par le déversement des fleuves et oueds drainant des régions industrielles notamment de l'Europe du Sud et Sud Est. A cette pollution chimique s'ajoute les rejets d'eaux domestiques résultant d'une population du littoral sans cesse en augmentation.

## **2) PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

La zone d'étude englobe la partie Est de la baie de Bou Isamil, la baie d'Alger et la partie Ouest de la baie de Zemmouri. Elle s'étend de l'oued Mazafran (2° 48' E) à l'Ouest jusqu'au marais de Regaïa (2° 20' E) à l'Est. L'étendue de cette zone peut être confondu au grand algérois.

### **2.1) La Baie d'Alger :**

Le plateau continental s'étend face à Alger au large des embouchures des oueds El Harrach et El Hamiz. Il s'ouvre au NNE sur 19 km de la Pointe Pescade au cap Matifou et présente un tracé remarquablement régulier. Toujours de la pointe Pescade au cap Matifou, le rivage s'étend sur 31km dont 22 de côtes basses constituées de dunes et d'affleurements rocheux notamment à l'Est de Bordj El Kiffan.

### **2.2) La baie de Bou Ismail**

La baie de Bou Ismail est située à l'Ouest d'Alger dans la wilaya de Tipaza. Elle s'étend du massif de Chenoua (2° 20' E) à celui d'Alger (2° 55' E). Son ouverture est d'environ 40 km et sa superficie est de l'ordre de 350 km<sup>2</sup>.

La baie de Bou Ismail est orientée de Sud Ouest à Nord Est. Elle est limitée par Ras Acrata à l'Est de Sidi Fredj, le mont de Chenoua à l'Ouest, la plaine de la Metidja au sud et la mer Méditerranée au nord.

## **3) PHYSIOGRAPHIE DE LA ZONE D'ETUDE :**

En baie d'Alger, les apports terrigènes proviennent pour l'essentiel des oueds El Harrach et El Hamiz. Dans les sédiments pélitiques qui recouvrent la baie, les argiles représentent 40 à 50% des dépôts avec une association d'illite et de kaolinite où l'illite prédomine.

Les différents types de sédiments sont répartis en fonction de la bathymétrie. Cette distribution est bien nette dans la partie centrale de la baie où un sédiment sableux occupe les petits fonds de 0 à 20 m. ce sédiment voit sa fraction fine augmenter progressivement avec la profondeur à l'Est et à l'Ouest à l'abri du cap Matifou et du massif de Bouzerah. Il existe des zones abritées où, indépendamment de la profondeur, tous les éléments qui sont emmenés par les eaux usées décantent. Elles constituent la zone de décantation, présentant, ainsi, un sédiment sableux - vaseux qui renferme des débris terrigènes. Par contre, au Nord de ce cap et de ce massif, la forte pente des fonds rocheux avec des peuplements de substrat dur, aboutit à une sédimentation détritique grossière auquel vient s'ajouter une fraction pélagiques .

La baie de Bou Isamil est caractérisée par des sédiments uniformes . au delà de 30 m de profondeur, ces sédiments deviennent rapidement homogènes dans presque l'ensemble de la baie qui présente les aspects les plus divers en raison des apports terrigènes, de l'agitation des eaux et de l'activité biologique. Les sables (entre 0.04 et 1mm) infra littoraux, Leclaire (1972) les qualifie de sables fins très quartzueux formant une succession de belles plages de Douaouda à Ras Acrata. Ces sables côtiers à double origine terrigène et bioclastique se chargent progressivement vers le large en matériel argileux détritique et passent successivement à des sables vaseux et des vases sableuses surtout à l'est de la baie pour donner des vasières qui prédominent à l'Ouest de la baie. Dagorgne (1970) Aït Kaci et Pauc (1981 et 1983) mettent en évidence le rôle de l'oued Mazafran dans la sédimentation fine dans la baie de Bou Isamil, ainsi que les apports en suspension saisonniers transportés par cet oued.

D'après les études faites par Murouan et Holland (1951) et Durand (1952 et 1958) sur quelques sédiments de la baie, la bordure rocheuse de Tipaza à Khmisti est constituée de grès calcaire. Sur le prolongement de la bordure, le sable se mêle à des algues calcaires et des débris de coquilles de mollusque et de test d'oursins. De Bou Isamil à Sidi Fredj, nous trouvons des plages d'algues calcaires, des coquilles et des débris d'oursins.

#### **4) REGIME CLIMATIQUE :**

La précipitation sur la région varie de 60 à 1000 mm et couvre 80 jours en moyenne. Le régime hydrologique des oueds Nord Algérien se caractérise par le long étiage de six mois et des crues d'hiver et de printemps soudaines et fortes. Durand (1959) attribue une forte érosion et un alluvionnement important aux précipitations saisonnières sur un sol quasiment nu. Une importante charge solide est transportée par les oueds algériens vers le milieu marin.

#### **5) LES PRINCIPAUX FACTEURS HYDRODYNAMIQUES :**

##### **5.1) Le vent :**

Les vents de secteur Nord Est de direction  $60^\circ$  sont les plus fréquents. Ces vents sont mieux marqués en été et leur vitesse est répartie entre 1 et 30 nœuds, d'après des observations faites durant six années au cap Caxine à l'Ouest d'Alger.

##### **5.2) La houle :**

D'après Leclaire (1972), le régime saisonnier se caractérise par une rose annuelle où on observe deux directions privilégiées :

##### **5.2.1) EN HIVER :**

Les houles prédominantes sont W.N.W (pour plus de 80 %) avec une période moyenne de 8 à 9 secondes. Des périodes pouvant atteindre parfois 13 secondes ont été relevées lors des grandes tempêtes.

##### **5.2.2) EN ETE :**

La houle de direction N.NE. se caractérise par une période moyenne plus faible de 6 à 7 secondes et des amplitudes moins élevées de 0.5 à 1 m. 50 % de ces houles ont une période de 6 à 9 secondes et n'atteignent que très rarement 3 m d'amplitude.

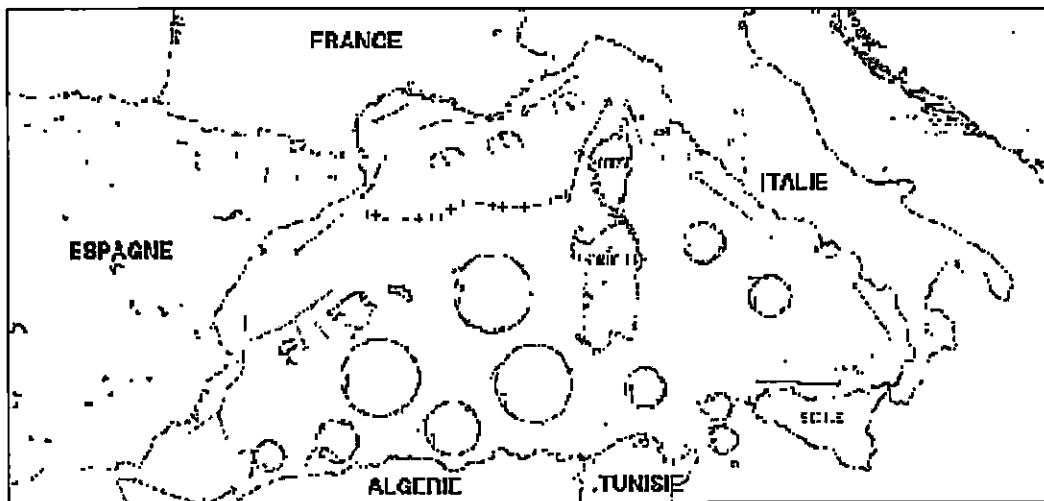
##### **5.3) CIRCULATION ET DYNAMIQUE GENERALE :**

La circulation dans le bassin algérien est gouvernée essentiellement par le courant d'origine atlantique. A la sortie de la mer d'Alboran, le flux d'eau est dirigé de manière continue des côtes espagnoles (Almeria) vers les côtes algériennes (ORAN), en les longeant à partir  $0^\circ$  E,

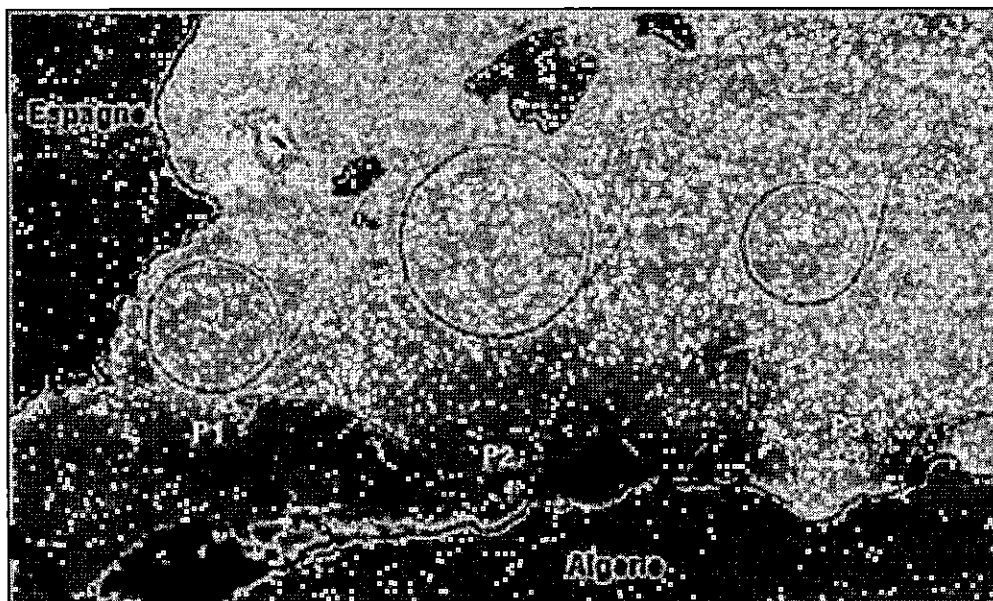
d'où l'appellation du courant algérien. Celui-ci devient généralement instable vers 1°E et 2°E, où des méandres puis des tourbillons cycloniques et anticycloniques se développent et dérivent vers l'Est le long des côtes à une vitesse de quelques km/jours.

Seuls les tourbillons anticycloniques évoluent pour atteindre des diamètres importants de l'ordre de 100 km et plus en se dirigeant vers le centre du bassin pour s'éteindre.

Ces tourbillons induisent des contres courants côtiers qui sont l'origine des résurgences d'eau côtières et des upwellings qui enrichissent les eaux de surface et les eaux côtières en sels nutritifs supportant ainsi une importante production phytoplanctonique.



**Circulation générale dans le bassin occidental de la mer Méditerranée**



## **6) RESEAU HYDROGRAPHIQUE :**

Les oueds constituent l'un des principaux vecteurs transportant les différents types de polluants du continent vers la mer. Ils influent sur les paramètres physiques et chimiques et sur la nature du fond marin due à l'apport solides et liquide assuré par ces oueds qui sont souvent utilisés comme des déversoirs naturels d'eau usées domestique, industrielle et agricole.

Le réseau hydrographique de la baie de Bou Ismail, de la baie d'Alger et de la baie de Zemouri se compose de quatre principaux oueds lesquels d'Ouest en Est sont l'oued Nador, l'oued Mazafran, l'oued Beni Messous, l'oued El Harrach, l'oued El Hamiz et le marais de Regaïa.

### **6.1) OUED NADOR :**

Situé dans la partie occidentale de la baie de Bou Ismail, l'oued prend son nom de la cluse de Tipaza. Avant de déboucher dans la baie de Chenoua, il regroupe les oueds Bou Yersen, Bou Ardoun et Meurad. Sa superficie est de l'ordre 230 km<sup>2</sup> (Braik, 1989).

### **6.2) OUED MAZAFRAN :**

Issu de la jonction de l'oued Chiffa, l'oued Bourouni et l'oued Djer au niveau de la plaine de la Mitidja. L'oued Mazafran est limité au Nord par les contre forts du Sahel, à l'ouest par la ride Nord Sud de Bourkika, à l'Est par une ligne sensiblement Nord Sud passant par ouled Fayet, Douira, les quatre chemins Bouinan et au sud par la ligne contre forts qui s'étendent de Bouinan à Ameer El Aïn en passant par Blida et El Afroun.

Le régime l'écoulement est caractérisé par climat méditerranéen à deux saisons. Cet oued dont l'embouchure est située à 6 miles environ à l'Est de Bou Ismail, couvre une superficie de l'ordre de 1900 km<sup>2</sup>. L'oued se caractérise aussi par un étiage de six mois et des crues d'hiver et printemps soudaines, fortes et rapides (Braik, 1989).

### 6.3) OUED BENI MESSOUS :

L'oued de Beni Messous parcourt à son aval sur une distance de 275 mètre, un terrain plat, avant d'atteindre la mer. A l'aval, la profondeur de l'oued de Beni Messous est de quelques dizaines de centimètres à son maximum de débit.

En période estivale, il arrive que l'embouchure soit, presque obstruée. En hiver, le débit de l'oued Beni Messous est relativement important, mais la charge polluante s'en trouve diminuée sous l'effet de la dilution.

En été, le débit est faible et compensé par l'augmentation de la charge en polluants due, d'une part, à l'absence de précipitations (diminution de débit) et d'autre part, à l'élévation de température qui favorise le développement de la majorité des germes pathogènes et saprophytes.

Mais, prend-il en considération le phénomène de sédimentation, qui diminue la charge polluante, organique, particulière des eaux de l'oued, due à l'accalmie de la saison estivale.

Au niveau de l'embouchure de oued de Beni Messous, les quelques agglomérations riveraines sont susceptibles d'être à l'origine de la pollution observée au niveau de l'oued. Au niveau de la commune de Beni Messous, les effluents sont, essentiellement stockés dans des fosses septiques, qu'on vide dans les oued Beni Messous.

Seuls l'hôpital de Beni Messous et les lotissements situés près de l'oued, éliminent leurs effluents, à l'aide de collecteurs d'eau usées. Ces dernières sont évacuées dans l'oued de Beni Messous par l'intermédiaire d'un réseau d'assainissement.

### 6.4) OUED EL HARRACH :

Situé dans la partie Est de la baie d'Alger, il a pour coordonnées géographiques 3° 08' longitude Est et 36° 45' latitude Nord. L'oued El Harrach prend sa source dans la partie Nord de l'atlas Blidien. Il a deux affluents à la source "Akaa" et "Mekta". Ainsi formé, l'oued coule en direction Nord Est et forme un passage hors de l'atlas Blidien par la percée du rocher de pigeons puis élargit son cours dans la plaine de la Metidja. Jusqu'à cet endroit, l'oued n'a pas d'affluents importants. Mais, il reçoit son plus grand affluent en traversant la plaine de la Metidja en direction Nord-Est. À environ trois km en amont de son embouchure,

l'oued El Harrach reçoit, venant de l'Est, l'oued Smar qui coule dans la zone industrielle dense et sert d'un véritable collecteur d'eaux d'usées.

L'écoulement d'oued El Harrach et de ses affluents est très fluctuant. Pendant les mois d'été, pauvres en précipitations, le débit total de l'oued El Harrach à son embouchure est de l'ordre de 1 m<sup>3</sup>/s. Mais, durant la saison des pluies, il présente des débits considérables. Les fortes crues provoquées par les pluies intenses dans les montagnes sont en général de très courte durée.

L'écoulement d'hiver est généralement supérieur ou égal à 10 m<sup>3</sup>/s. La période d'étiage du bassin se limite aux quatre mois d'été (juin, juillet, août et septembre) au cours desquelles l'alimentation des oueds est essentiellement phréatique.

En raison de ses débits irréguliers et pratiquement nuls en été, les rejets permanents d'eau usée ne font qu'aggraver l'état actuel de l'oued El Harrach.

Les cours supérieurs de l'oued El Harrach subissent une forte érosion qui est favorisée par l'absence de végétation. Partout l'érosion superficielle y est très visible. Lors de crue, l'oued transporte des volumes considérables de sédiments, ce qui montre l'importance et la forme des bancs de gravier présents dans le lit de l'oued.

#### 6.5) OUED HAMIZ

Dont le débit est régulé par un barrage l'activité industrielle y est réduite, il présente une charge polluante peu importante.

### **7) ETAT DE LA POLLUTION :**

L'installation de nombreuses zones industrielles le long du littoral du grand algérois a fait augmenter le risque de la pollution de l'environnement marin. En effet, la quasi-totalité des affluents de toutes les natures se jette directement dans le milieu marin sans aucun traitement préalable. Le cas du port d'Alger et de la baie d'Alger est édifiant. En effet, environ 27 rejets d'eau usée se jettent directement dans le port d'Alger. Ce dernier est devenu lui-même presque une source de pollution. A cela s'ajoutent les apports des principaux oueds qui

traversent d'importantes zones urbaines, agricoles et industrielles charriant une masse inquiétant de la pollution surtout pendant la période des crues en hiver.

La pollution par les germes pathogène est devenue alarmante. Des travaux microbiologiques ont révélé une situation plus inquiétante (Buran et al., 1979 ; Aid et al., 1982). Cette inquiétude s'accroît avec l'importance de l'urbanisation et des installations industrielles côtières ainsi que le tourisme.

## METHODES D'ANALYSE DES SELS NUTRITIFS

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  et  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) est le dosage par colorimétrie à flux continu automatisée sur un appareil SAN PLUS ANALYZER. S.F.A.S (troisième génération), selon les protocoles définis par le constructeur SKALAR.

### Définition de la colorimétrie :

La colorimétrie appelée aussi photométrie ou absorptiométrie est l'une des méthodes de dosage chimique basée sur l'absorption de la lumière par la solution analysée. La colorimétrie est basée sur la loi de Beer - Lambert.

### Principe de la méthode :

Quand un faisceau d'une longueur d'onde donnée traverse une solution analytique, une partie du faisceau sera transmise "transmission" et l'autre sera absorbée "absorbance" mesurée en densité optique.

### Loi de Beer Lambert :

Lorsqu'un faisceau lumineux monochromatique traverse un milieu absorbant d'une longueur (L), son intensité émergente subit une perte due à l'absorbance du milieu traversé. Cette perte (Absorbance ou Densité Optique) est proportionnelle à la longueur du milieu et sa concentration en substances absorbantes. Elle est exprimée par la loi de Beer-Lambert :

$$\text{D.O.} = \text{A} = \text{Ln } I_0/I = \text{k.L.C}$$

Où :

$I_0$  et  $I$  : intensités lumineuses incidente et émergente du milieu absorbant.

$A$  : absorbance ou densité optique.

$k$  : Coefficient d'extinction molaire.

$L$  : trajet optique (épaisseur du milieu absorbant).

$C$  : concentration du milieu substances absorbantes.

## **Méthode de dosage des sels nutritifs :**

### **Principes des dosages :**

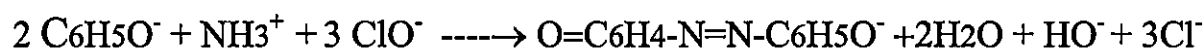
Le Principe du dosage des sels nutritifs est basée sur une réaction de coloration. En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (température,  $pH$ , agents catalyseurs...) avec les réactifs spécifiques pour donner lieu à une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'onde. L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration. De même, cette dernière est d'autant plus importante que la solution est plus concentrée en sel dosé.

## **Méthodes d'Analyse de l'Ammonium**

### **1) PRINCIPE DU DOSAGE :**

Le dosage est basé sur la réaction de Berthelot (1859). Cette réaction est adaptée à l'analyse de l'eau de mer automatisée par plusieurs auteurs et nous avons utilisé la technique utilisée par le constructeur SKALAR. Elle s'applique à des concentrations allant de 2 à 100 ppb N.

En milieu alcalin ( $8 < \text{pH} < 11.5$ ), l'ammonium dissous réagit sur l'hypochlorite pour former une monochloramine.. En présence de phénol et d'un excès d'hypochlorite (milieu oxydant), ce composé donne lieu à la formation d'un bleu d'indophénol. La réaction est catalysée par le nitroprussiate de sodium et le maximum d'absorption se fait à une longueur d'onde de 630 nm.



## 2) REACTIFS :

### 2.1) Solution tampon :

tartrate de sodium de potassium ( $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{KNa}$ , $4\text{H}_2\text{O}$ ) .....	33 g.
Citrate de sodium ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$ , $2\text{H}_2\text{O}$ ) .....	24 g.
Acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) .....	Q.S.P. ajuster le pH à 5
Eau distillée .....	1000 ml.
Brig 35 (30%) .....	0,5 ml.

Dissoudre le tartrate de sodium de potassium dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter le citrate de sodium et dissoudre. Ajouter et bien mélanger une quantité suffisante de l'acide sulfurique pour ajuster le PH à 5,0. Compléter jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée, rajouter le brij 35 et mélanger. La solution est stable durant une semaine. Conserver à 4 °C quand la solution n'est pas utilisée.

### 2.2) Solution de phénol :

Phénol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ) .....	83gr.
Hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) .....	40gr
Eau distillée .....	1000 ml

Dissoudre le phénol dans environ 50 ml d'eau distillée. Ajouter l'hydroxyde de sodium, compléter jusqu'à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger. La solution est stable pendant une semaine.

### 2.3) Solution d'hypochlorite de sodium

Hypochlorite de sodium (NaClO) ..... 200 ml  
Eau distillée ..... 800 ml

Diluer l'hypochlorite de sodium (13% de chlore actifs) dans environ 700 ml d'eau distillée et mélanger.

Quand on utilise une solution d'hypochlorite de sodium de concentration déférente, ajuster la quantité de l'hypochlorite de sodium additionné. La concentration finale de chlore active doit être de 0,3 %. Des quantités plus élevées ou plus basses de chlore actif, résultent une sensibilité plus basse et une faible linéarité.

### 2.4) Solution de nitroprussiate de sodium :

Nitroprussiate de sodium ( $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}], 2\text{H}_2\text{O}$ ) ..... 0.5 g  
Eau distillée ..... 1000 ml

Dissoudre le nitroprussiate de sodium dans environ 800 ml d'eau distille, remplir jusqu'à 1 litre d'eau distillée et mélanger. La solution est à stocker dans une bouteille d'une couleur sombre ou opaque. Elle est stable pendant une semaine. A conserver à 4 °C quand elle n'est pas utilisée.

### 2.5) Solution de rinçage : eau fraîchement distillée

## 2.6) Solution tampon d'acide sulfurique :

Acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (97 %)) ..... 139 ml  
Eau distillée ..... 861 ml.

Diluer soigneusement l'acide sulfurique dans environ 800 ml d'eau distillée puis ajuster à un litre et mélanger.

## 3) SOLUTION MERE :

### 3.1) Solution de base à 100 ppm N :

Chlorure d'ammonium (NH<sub>4</sub>Cl) ..... 0.3819 gr  
Eau distillée ..... 1000 ml

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans un litre avec de l'eau distillée et mélanger. La solution est stable durant 1 mois. Elle est à conserver à une température de 4 °C quand elle n'est pas utilisée.

### 3.2) Solution à base de 10 ppm N :

Diluer 10 ml de la solution à base de 100 ppm N à 100 ml avec de l'eau distillée. Cette solution mère est à préparer chaque semaine.

L'eau utilisée pour la préparation des réactifs et des standards doit être dégazée correctement avant leur l'emploi. Ceci s'applique spécialement pour l'eau produite par l'osmose inverse ou par les méthodes d'échange d'ion. En effet, cette contient beaucoup de gaz, qui peuvent être évacués par plusieurs procédés de dégazage.

#### **4) MODE OPERATOIRE :**

La sensibilité du standard le plus élevé 100ppbN est de  $\pm 200$  A.U.

Temps de prélèvement de l'échantillon : 60 s.

Temps de rinçage : 60 s.

Temps de prélèvement d'air : 0 s.

Temps de stabilisation du système est de 20 minutes approximativement.

Couvrir les standards et les échantillons dans l'échantillonneur automatique avec des paras films pour éviter toute type de contamination par l'ammoniaque.

#### **5) ENTRETIEN DU CIRCUIT ANALYTIQUE :**

Pour décontamine le système, effectuer un rinçage avec 1/10 d'une solution d'hypochlorite dilué une fois par semaine pendant une demi-heure.

Eviter toute turbidité dans les réactifs et filtrer si nécessaire.

#### **6) ETALONNAGE :**

Une série de six standards est préparée à chaque analyse (quotidiennement). La courbe d'étalonnage établit est une droite qui a pour forme  $D.O. = f(c)$  et un coefficient de corrélation de  $r^2 = 0,993$ . La loi de Beer Lambert est vérifiée jusqu'à plus de 10  $\mu\text{mole/l}$ .

#### **7) PRECISION ANALYTIQUE :**

La précision analytique est estimée par la reproductibilité analytique sur six (6) mesures effectuées pour une concentration de 17,30  $\mu\text{mole/l}$  L'écart type donne une précision de  $\pm 3.34$  ( $\pm 0.034$  %) et la reproductibilité est de 96.66 %.

Nous signalons que les résultats obtenus sont trop élevés par rapport à ce qu'on trouve régulièrement dans les eaux marines non influencées par les sources de pollution. Elles ne

peuvent en aucun cas représenter une pollution presque homogène sur toute la zone étudiée. Ces fortes teneurs sont dues vraisemblablement à une contamination lors des différentes étapes de prélèvement, de traitement et d'analyse des échantillons.

## **Analyse des nitrates et des nitrites :**

### **1) PRINCIPE DU DOSAGE DES NITRATES ET DES NITRITES :**

La méthode est basée sur la réduction des nitrates en nitrites par passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traité au cuivre (Wood et al., 1967). Après cette réduction les nitrites sont dosés selon la technique décrite par Bendshneider et Robinson (1952). Cette méthode automatisée s'applique à des concentrations allant 1 à 100 ppb N.

En effet, les nitrites forment un diazoïque par réaction avec la sulfanilamide en milieu acide ( $\text{pH} < 2$ ). Ce composé formera ensuite, en présence de N-naphtylethylenediamine, un composé azoïque de couleur rose absorbant un maximum de lumière à 540 nm.

### **2) PREPARATION DES REACTIFS :**

#### **2.1) Solution Tampon (R1) :**

Chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) .....	50 gr
Solution d'ammoniaque ( $\text{NH}_4\text{OH}$ à 25%)....	Q.S.P. ajuster le pH à 8,5
Hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) .....	5 gr
Eau distille .....	1000 ml
Brij 35 (30%) .....	3 ml.

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajuster le PH a 8.5 avec la solution d'ammoniaque. Ajouter l'hydroxyde de sodium et dissoudre. Ajuster jusqu'à un litre avec de l'eau distillée. Ajouter le Brij 35 et mélanger. La solution est stable durant une semaine et à conserver 4 °C quand elle n'est pas utilisée.

## 2.2) Réactifs de coloration (R2) :

Acide phosphorique ( $H_3PO_4$ à 85%) .....	150 ml
Sulfanilamide ( $C_6H_8N_2O_2S$ ) .....	10 gr
Dichlorures $\alpha$ -naphtyléthylène diamine ( $C_{12}H_{16}Cl_2N_2$ ) .....	0.5 gr
Eau distillée .....	850 ml

Diluer l'acide phosphorique dans environ 700 ml. Ajouter le sulfanilamide et le dichlorures  $\alpha$ -naphtyléthylène diamine et dissoudre. Ajuster à un litre avec de l'eau distillée. La solution est stable pendant deux semaines. Elle est à conserver dans un flacon sombre à 4 °C).

## 3) SOLUTION MERE :

### 3.1) Solution mère de base à 100ppm N :

Nitrate de sodium ( $NaNO_3$ ) .....	0.6068 gr
Eau distillée .....	1000 ml

Dissoudre le nitrate de sodium dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter 1 ml de chloroforme et ajuster soigneusement à jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée. Cette solution est stable pendant 1 mois. Elle est à conserver à 4 °C.

### 3.2) Solution de base à 10 ppm N :

10 ml de la solution de base à 100 ppb N sont dilués à 100 ml avec de l'eau distillée. Cette solution est à préparer chaque semaine.

#### **4) PREPARATION DE LA COLONNE CADMIUM -CUIVRE :**

La colonne est en verre sous forme de U, d'un diamètre interne de 2 mm et d'une longueur de 35 cm.

2.5 g de cadmium en grains sont sélectionnés par tamisage entre 0,3 et 1,0 mm.

Laver le cadmium avec environ 30 ml d'HCl (4N) en remuant pendant une minute.

Laver le cadmium plusieurs fois avec l'eau distillée.

Laver le cadmium avec l'éther éthylique puis avec l'eau distillée plusieurs fois.

Ajouter 50 ml d'une solution de sulfates de cuivre ( $\text{CuSO}_4, 5\text{H}_2\text{O}$  à 2%) et remuer pendant 5 minutes jusqu'à la disparition de la couleur bleue.

Rincer les grains de cadmium plusieurs fois à l'eau distillée.

Ajouter encore une fois 50 ml de la solution de sulfates de cuivre (2%) et remuer pendant 5 minutes jusqu'à la disparition de la couleur bleue et l'apparition de particules colloïdales rougeâtres.

Rincer les grains de cadmium plusieurs fois à l'eau distillée.

Mettre les grains dans une solution de chlorures d'ammonium à 6,9 %. A partir de cet instant, les grains ne doivent plus être en contact avec l'air.

Remplir soigneusement la colonne avec les grains de cadmium traité.

#### **5) ENTRETIEN DU CIRCUIT ANALYTIQUE :**

Avant le nettoyage, il faut débrancher la colonne réductrice cadmium cuivre.

Pour décontaminer le système, effectuer un rinçage avec 1/10 d'une solution d'hypochlorite dilué une fois par semaine pendant une demi-heure.

Eviter toute turbidité dans les réactifs et filtrer si nécessaire.

Après six mois, la quantité de Brij35 peut être réduite à 1 ml/l.

## **6) ETALONNAGE :**

Une série de six standards est préparée à chaque analyse (quotidiennement). La courbe d'étalonnage établit a pour forme  $D.O. = f(c)$  et un coefficient de corrélation de  $r^2 = 0,998$  pour les nitrites et de  $r^2 = 0,000$  pour les nitrates. La loi de Beer Lambert est vérifiée jusqu'à plus de  $7 \mu\text{mole/l}$  pour les nitrates dans nos analyses. Cependant, en général, elle vérifiée jusqu'à  $35 \mu\text{mole/l}$  (Boulahdid, 1987).

## **7) PRECISION ANALYTIQUE :**

La précision analytique est estimée par la reproductibilité analytique sur six (6) mesures effectuées pour une concentration de  $3.86 \mu\text{mole/l}$ . L'écart type donne une précision de  $\pm 2.95$  ( $\pm 0.029 \%$ ) et la reproductibilité est de  $99.97 \%$ .

## **Analyse des orthophosphates :**

### **1) PRINCIPE DU DOSAGE DES ORTHOPHOSPHATES :**

Le dosage des orthophosphates se fait par la réaction de Deniges (1920) selon la méthode de Murphy et Reily (1962). Cette méthode est utilisée et appliquée à l'eau de mer d'une concentration en orthophosphates allant de 2 à 100 ppb.

En présence d'oxytartrate de potassium et d'antimoineIII à une température de  $40^\circ\text{C}$  (bain marie), les ions orthophosphates réagissent avec l'héptamolybdate d'ammonium pour former un complexe antimoino-phospho-molybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique. Cette forme réduite de coloration bleue a un maximum d'absorption à  $880 \text{ nm}$ .

## 2) PREPARATION DES REACTIFS :

### 2.1) Solution d'héptamolybdate d'ammonium (R1) :

Oxytartrate de potassium et d'antimoine III( $K(SbO) C_4H_4O_6, \frac{1}{2}H_2O$ )...	230 mg
Acide sulfurique ( $H_2SO_4$ (97%)) .....	69,4 ml.
Heptamolybdate d'ammonium ( $(NH_4)_6 MO_7 O_{24} 4H_2O$ ) .....	6 g.
Eau distillés .....	1000 ml.
FFD6 .....	2 ml.

L'oxytartrate de potassium et d'antimoine est dissous dans environ 800ml d'eau distillée. A cette solution on ajoute soigneusement l'acide sulfurique tout en remuant jusqu'au refroidissement. Ajouter l'héptamolybdate d'ammonium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillé. En fin, ajouter le FFD6 et mélanger. Notons qu'il ne faut pas utiliser de spatule métallique en manipulant l'héptamolybdate d'ammonium.

La sensibilité de la réaction chimique peut être augmentée de 50 % en utilisant 35 ml d'acide sulfurique concentré au lieu de 69.4 ml. L'interférence de la silice est de 10 % pour une concentration de 300 ppb de Si et de 10 % pour 10 ppm de Si pour une gamme de concentration de 100 ppb de P. Le PH final doit être inférieur à 1. La solution est stable durant 5 jours. Elle est à conserver à une température de 4 °C quand la solution n'est pas utilisée.

### 2.2) Solution d'acide ascorbique (R2) :

Acide ascorbique ( $C_6H_8O_6$ ) .....	11 g.
Acétone ( $C_3H_6O$ ) .....	60 ml.
Eau distillée .....	940 ml.

L'acide ascorbique est dissous dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter l'acétone et ajuster jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée. Ajouter FFD6 et mélanger.

La solution est stable durant 5 jours. Elle est à conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

### **3) SOLUTION MERE :**

#### **3.1) Solution mère de base à 100 ppm P :**

Dihydrophosphate de Potassium ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) ..... 0,4394 g.

Eau distillée ..... 1000 ml

Le phosphate de potassium hydrogéné est dissous dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter 1 ml de chloroforme et ajuster très soigneusement jusqu' à 1 litre avec de l'eau distillée. La solution est stable pendant un mois. Conserver à 4 °C quand la solution n'est pas utilisée.

#### **3.2) Solution mère de base à 10 ppm P :**

La préparation de cette solution consiste à diluer 10 ml d'une solution de base à 100 ppm P à 100 ml avec de l'eau distillée. Cette solution est à préparer chaque semaine.

### **4) MODE OPERATOIRE :**

L'appareil doit être allumé pendant une heure avant l'analyse pour la stabilité de l'énergie.

La cuve de mesure dans le trajet optique est de 50 mm

Le filtre monochromatique est à 880nm

La sensibilité du standard le plus élevé 100 ppb P est à  $\pm 150$  A.U.

Le temps d'échantillonnage est 60 sec

Le temps de rinçage est de : 60 sec.

Le temps d'air est de 0 sec.

Le temps de stabilisation du système hydraulique est de l'ordre de 20 minutes.

## **5) ENTRETIEN DU CIRCUIT ANALYTIQUE :**

Pour décontaminer le système, rincer une fois par semaine le système pendant 30 minutes avec un 1/10 d'une solution d'hypochlorite diluée et pendant 15 minutes avec de l'eau distillée.

Eviter toute turbidité dans les réactifs et filtrer si nécessaire.

## **6) ETALONNAGE :**

Une série de six standards est préparé à chaque analyse (quotidiennement). La courbe d'étalonnage établit a pour forme  $D.O. = f(c)$  et un coefficient de corrélation de  $r^2 = 0,9998$ . La loi de Beer Lambert est vérifiée jusqu'à plus de 8  $\mu\text{mole/l}$  dans nos analyses.

## **7) PRECISION ANALYTIQUE :**

La précision analytique est estimée par la reproductibilité analytique sur six (6) mesures effectuées pour une concentration de 0.095  $\mu\text{mole/l}$ . L'écart type donne une précision de  $\pm 0.197$  ( $\pm 0.0019$  %) et la reproductibilité est de 99.99 %.

# **METHODE D'ANALYSE DE L'ACIDE ORTHOSILICIQUE**

## **1) PRINCIPE DU DOSAGE :**

Le dosage de l'acide orthosilicique dans l'eau de mer est basé sur la méthode de Mulin et Reily (1955). Cette méthode a été adaptée à l'analyse automatisée et nous avons utilisé la technique du constructeur SKALAR qui se base sur l'adaptation de Babulak et Gildenberg (1973). Cette technique est utilisée dans l'eau de mer pour des concentrations allant de 2 à 100 ppb Si.

Le principe du dosage est la réaction de l'acide orthosilicique avec l'héptamolybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe silicomolybdique. La réduction de ce dernier par l'acide ascorbique donne une coloration bleue qui absorbe la lumière à 660 nm. L'acide oxalique empêche les interférences avec les orthophosphates présents dans l'échantillon.

## **2) PREPARATION DES REACTIFS :**

### **2.1) Solution d'acide sulfurique (R1) :**

Acide sulfurique ( $H_2SO_4$  à 97%) ..... 10 ml  
Au distillée rafraîchie quotidiennement ..... 990 ml.  
FFD6 ..... 2 ml.

Diluer l'acide sulfurique dans 800 ml d'eau distillée. Remplir jusqu'à 1 litre avec la même eau. Ajouter le FFD6 et mélanger. La solution est stable pendant une semaine. Elle est à conserver à 4 °C quant elle n'est pas utilisée.

### **2.2) Solution d'héptamolybdate d'ammonium (R2) :**

Héptamolybdate d'ammonium ( $(NH_4)_6Mo_7O_{24}, 4H_2O$ ) ..... 20 g.  
Eau fraîchement distillée ..... 100 ml.  
FFD6 ..... 2 ml

Diluer d'héptamolybdate d'ammonium dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajuster jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée et ajouter le FFD6 et mélanger. Cette solution est à conserver dans une bouteille polyéthylène. Elle est stable pendant un jour. Il ne faut pas manipuler d'héptamolybdate d'ammonium avec une spatule métallique.

### 2.3) Solution d'acide oxalique (R3) :

Acide Oxalique ( $C_2H_2O_4, 2H_2O$ ) ..... 44 g.  
Eau fraîchement distillée ..... 1000 ml

### 2.4) Solution d'acide ascorbique (R4) :

Acide ascorbique ..... 40 g.  
Eau fraîchement distillée ..... 1000 ml.

Dissoudre l'acide ascorbique dans environ 800 ml d'eau distillée et mélanger. La solution est à conserver dans un flacon en polythène. Elle est stable durant une semaine et à conserver à 4 °C quand elle n'est pas utilisée.

Dissoudre l'acide oxalique dans environ 800ml d'eau distillée. Ajuster jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger. Conserver la solution dans une bouteille en polythène. Elle est stable durant un mois en la conservant a une température de 4 ° C quand elle n'est pas utilisée.

## 3) SOLUTION MERE :

### 3.1) Solution de base : 100ppm Si

Metasilicate de sodium ( $NaSiO_3, 9H_2O$ ) ..... 1,0119 g.  
Eau distillée ..... 1000 ml.

***Dissoudre le metasilicate de sodium dans environ 800 ml d'eau distillée et mélanger. La solution est stable durant 1 mois conservée dans une bouteille polythène.***

#### **4) MODE OPERATOIRE :**

L'appareil doit être allumé pendant une heure avant l'analyse pour la stabilité de l'énergie.

La cellule du flux dans le trajet optique est de 15 mm

Le filtre monochromatique est à 660 nm

La sensibilité du standard le plus élevé 100 ppb Si est à  $\pm 170$  A.U.

Le temps d'échantillonnage est 60 sec

Le temps de rinçage est de : 60 sec.

Le temps d'air est de 0 sec.

Le temps de stabilisation du système hydraulique est de l'ordre de 15 minutes.

#### **5) ENTRETIEN DU CIRCUIT ANALYTIQUE :**

pour décontaminer le système, effectuer un rinçage hebdomadaire pendant 30 minutes avec une solution d'hydroxyde de sodium (0,5N) suivit d'un rinçage à l'eau distillée pendant 15 minutes.

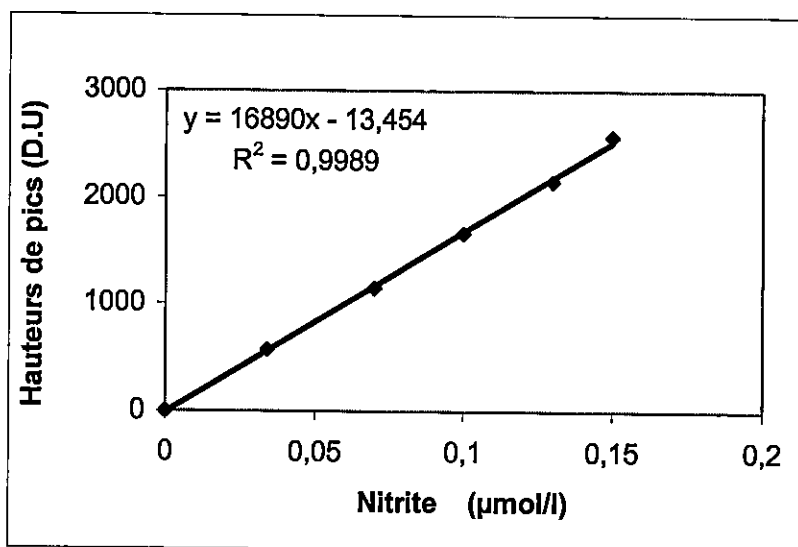
Eviter toute turbidité ou précipité dans les réactifs. Filtrer les réactifs si nécessaires.

#### **6) ETALONNAGE :**

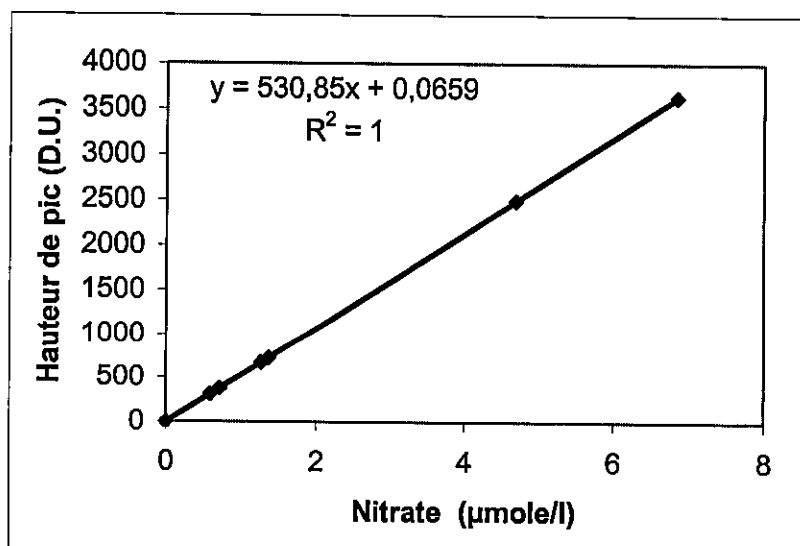
Une série de six standards est préparé à chaque analyse (quotidiennement). La relation D.O. =  $f(c)$  est linéaire ( $r = 0,999$ ) et la loi de Beer Lambert est vérifiée jusqu'à plus de 4  $\mu\text{mole/l}$  dans nos analyses. Cependant, en général, cette loi est vérifiée jusqu'à plus de 180  $\mu\text{mole/l}$  (Boulahtid, 1987).

### 7) PRECISION ANALYTIQUE :

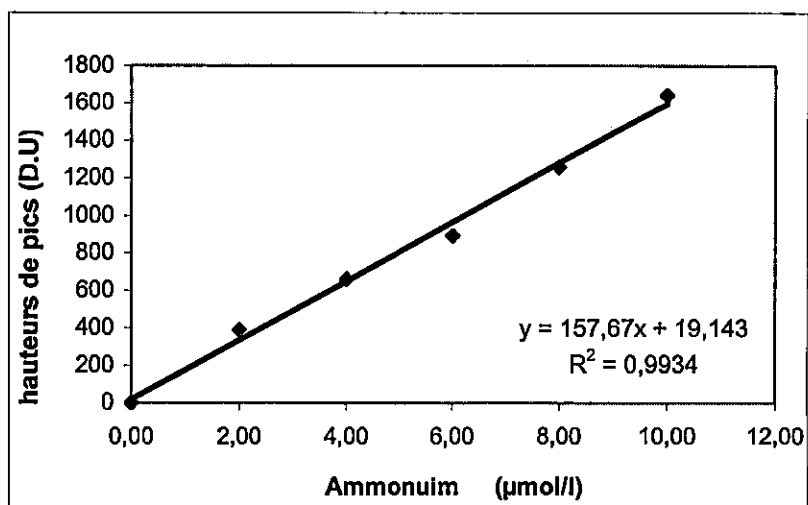
La précision analytique est estimée par la reproductibilité analytique sur six (6) mesures effectuées pour une concentration de  $0,93 \mu\text{mole/l}$ . L'écart type donne une précision de  $\pm 0,14$  ( $\pm 0,001\%$ ) et la reproductibilité est de  $99,99\%$ .



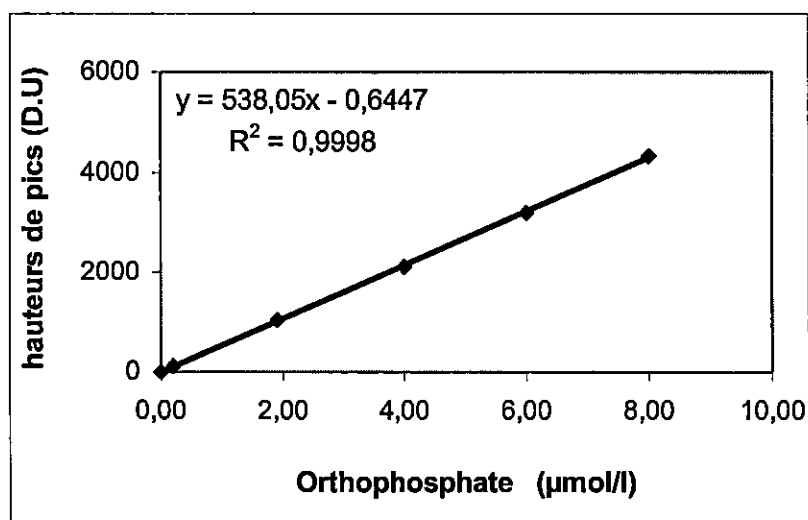
**Figure :** Droite d'étalonnage des nitrites effectuée lors des analyses pour le calcul des concentrations.



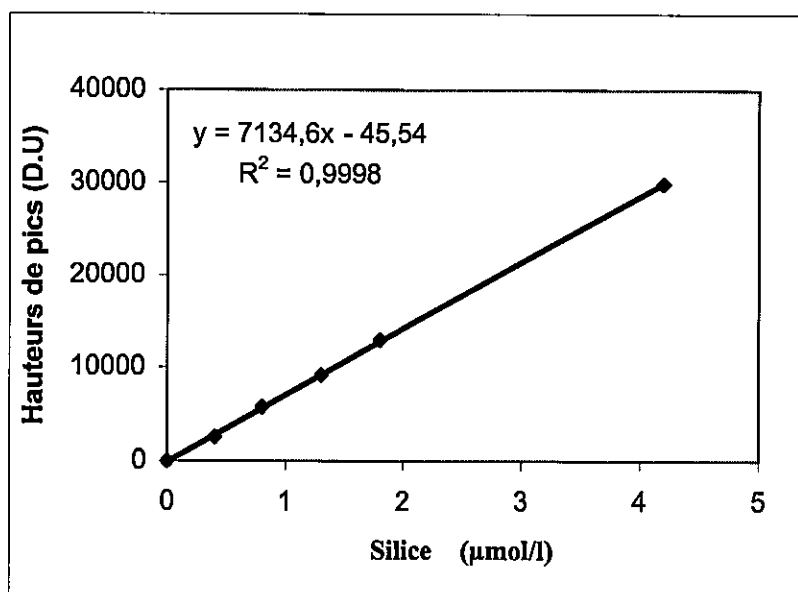
**Figure :** Droite d'étalonnage des nitrates effectuée lors des analyses pour le calcul des concentrations.



**Figure :** Droite d'étalonnage de l'ammonium effectuée lors des analyses pour le calcul des concentrations.



**Figure :** Droite d'étalonnage des orthophosphates effectuée lors des analyses pour le calcul des concentrations.



**Figure :** Droite d'étalonnage de la silice effectuée lors des analyses pour le calcul des concentrations.

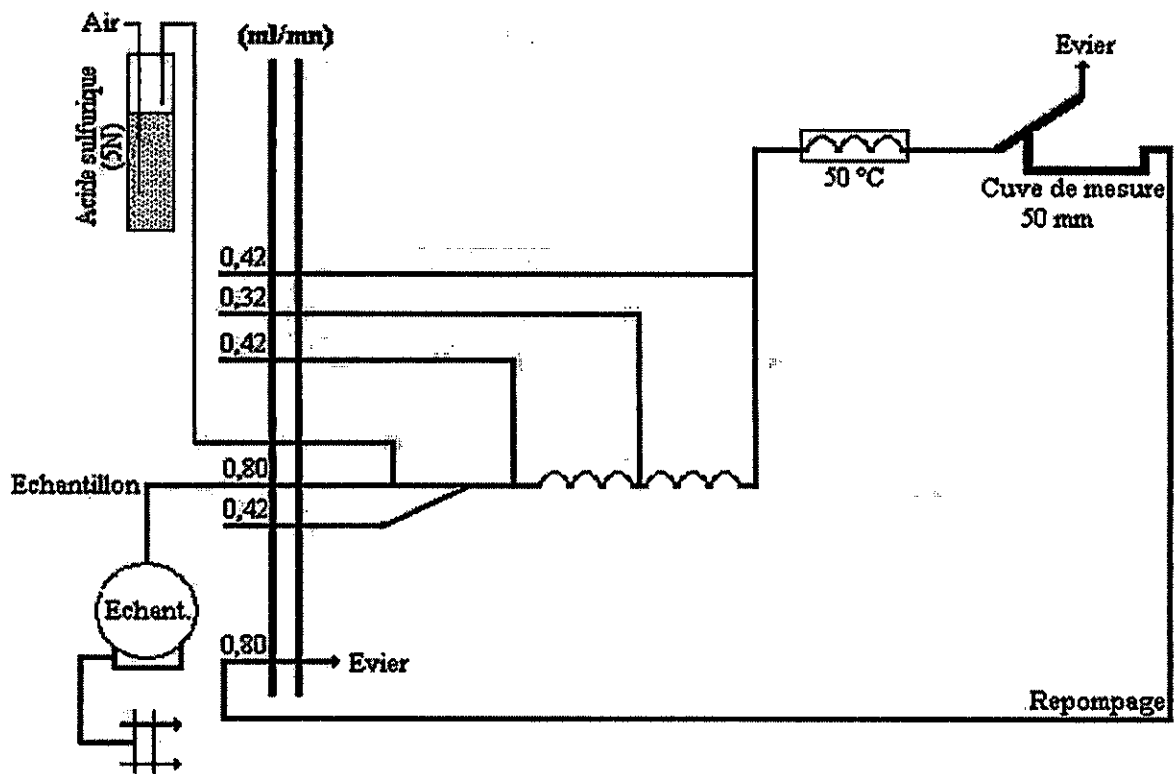


Figure : Circuit analytique de l'ammonium.

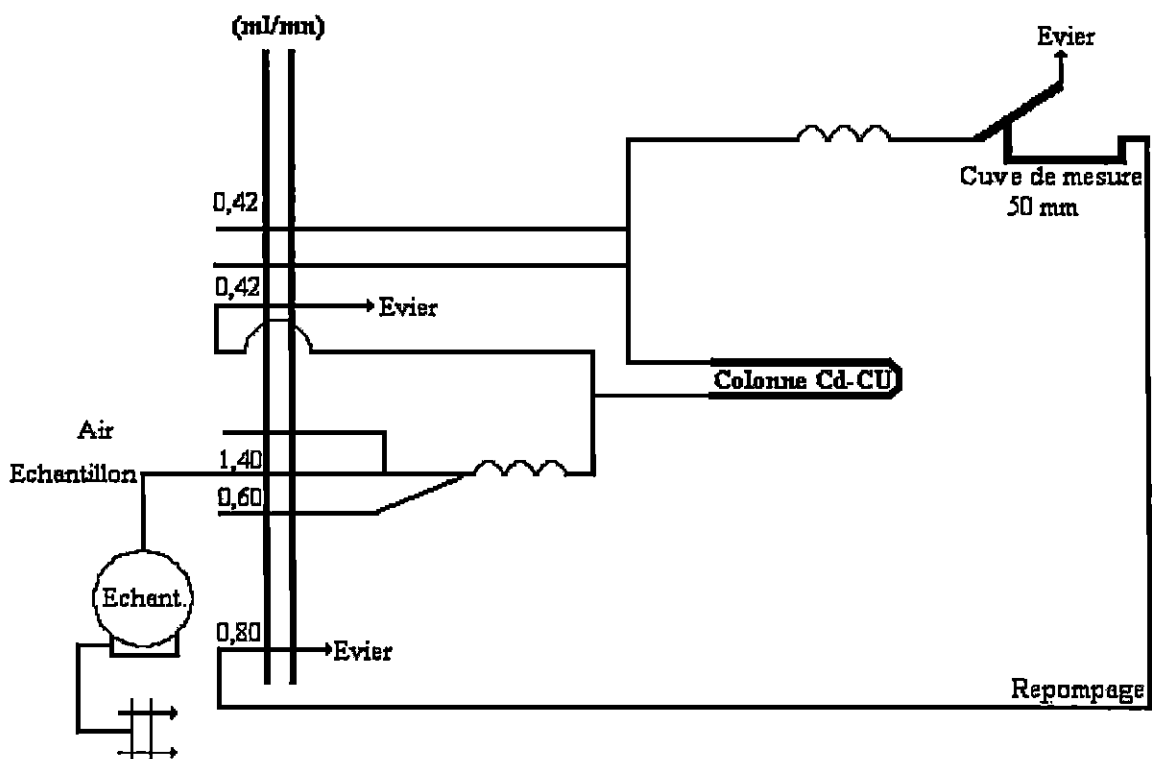


Figure : Circuit analytique des nitrates et des nitrites.

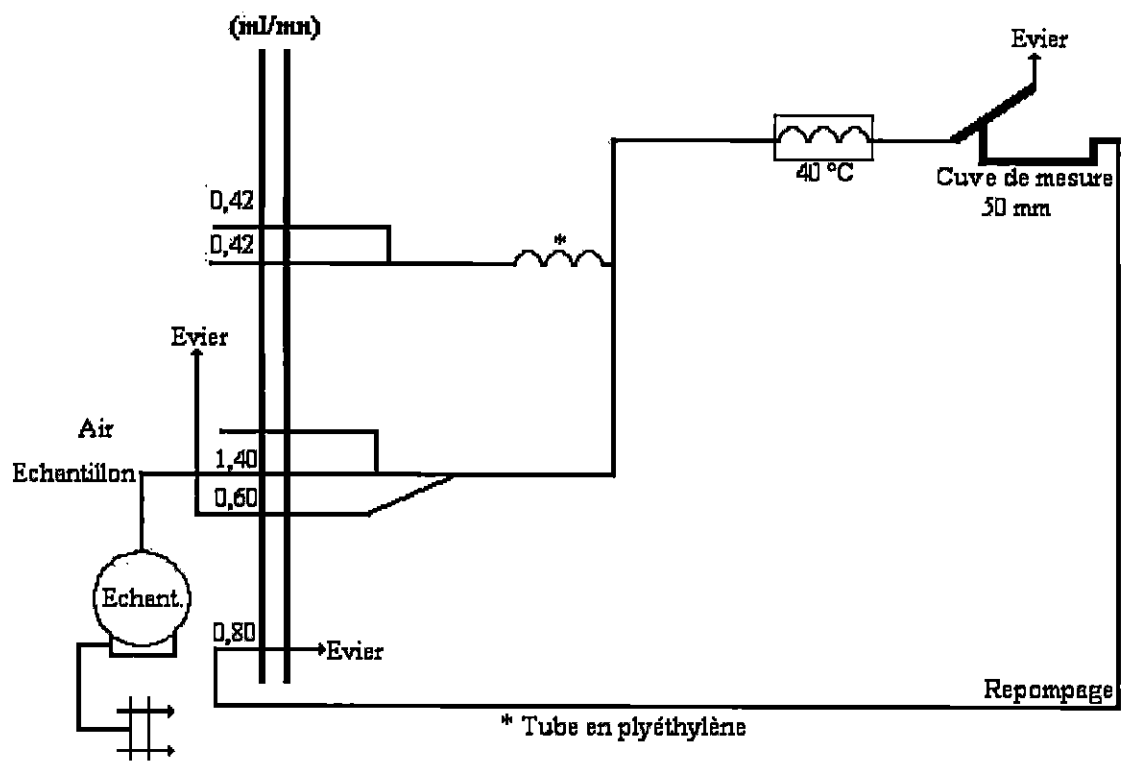


Figure : Circuit analytique des phosphates.

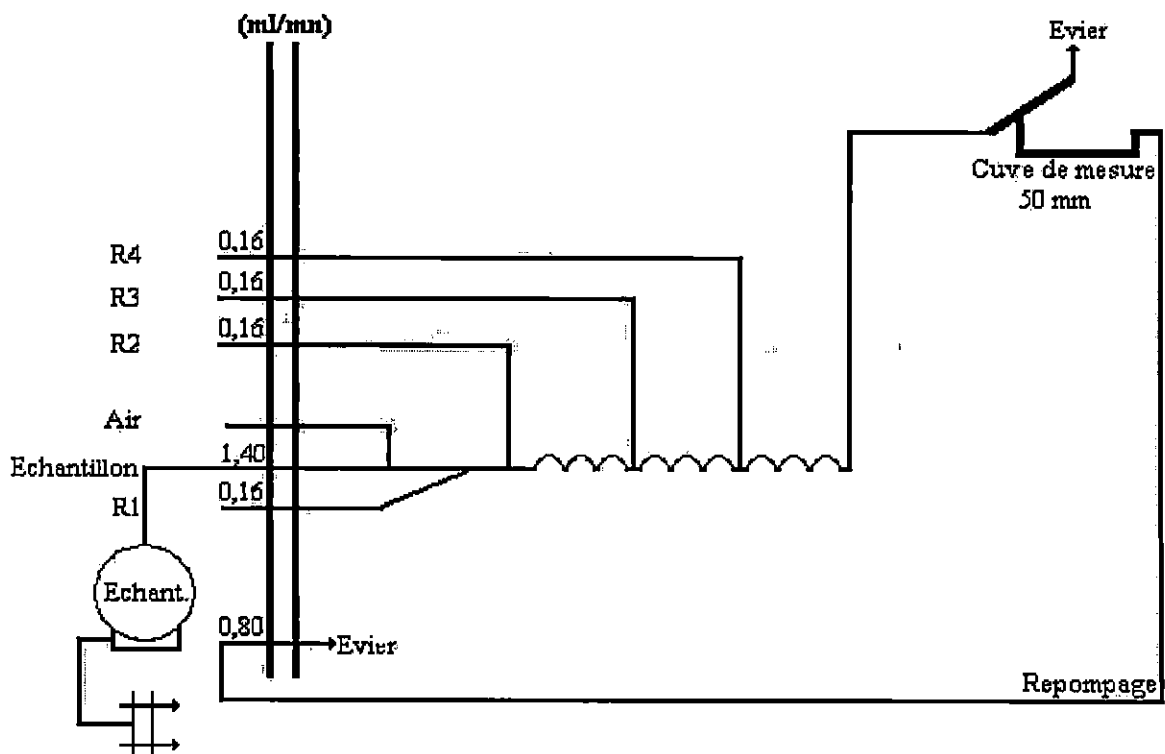


Figure : Circuit analytique de l'acide orthosilicique.

## **RESULTAT ET DISCUSSION :**

### **INTRODUCTION**

Les acquises dans cette étude sont consignées dans un rapport interne adressé à l'Agence pour la Protection du Littoral APPL (Wilaya d'Alger). En effet, comme il a été déjà signalé, cette étude rentre dans le cadre d'un contrat d'étude entre l'ISMAL et l'APPL.

L'ensemble des résultats obtenus va essayer de nous donner un aperçu sur le milieu étudié et les phénomènes qui s'y déroulent. Pour cela et afin d'expliquer les valeurs obtenues des paramètres physico-chimiques on procédera à une analyse générale des données suivie d'une étude de répartition spatiale par l'établissement des cartes de distribution horizontale. Ensuite, on pourra définir des corrélations par une étude binaire entre les paramètres.

Une étude comparative entre nos données et les données acquises auparavant dans la baie d'Alger et dans la baie de Bou Ismail nous permettra de connaître les différentes évolutions dans l'espace et dans le temps.

### **1) ANALYSE PARAMETRIQUE :**

Les données acquises dans le littoral algérois en 17 stations sont des valeurs moyennes à faibles obtenus à différents niveaux de profondeur. L'étude des paramètres physico-chimique et des sels nutritifs a pour but de déterminer le degré de perturbation de ce milieu et de faire une comparaison dans l'espace et dans le temps. Ce qui suit présente l'analyse des résultats obtenus des différentes mesures effectuées.

#### **1.1) La température *in situ* :**

Les valeurs des températures au niveau du littoral algérois reflètent une situation typiquement hivernale. L'écart thermique est compris entre 13.8 et 16.9 °C avec une température moyenne de 15.17 °C.

Les plus fortes valeurs avec une moyenne de 15.12 °C et un écart type 0,90 s'observent dans la tranche d'eaux superficielle directement soumise à l'influence des conditions météorologiques. Le maximum de 16.60 °C est localisé au niveau de la station 10 dans la baie d'Alger.

Les températures de la couche d'eau profonde sont plus faibles et varient entre 13.8 °C et 16.90 °C. le maximum est localisé aussi au niveau de la station 10.

Entre ces deux couches apparaissent des eaux de température intermédiaire issue probablement de leur mélange.

La station 6 s'avère contenir le minimum thermique. Ceci résulte probablement du fait qu'elle se situe à l'endroit d'une remontée d'eau profonde (donc froide) évoquée par Brinis et Brahmia (1997).

### 1.2) La salinité:

Les valeurs obtenues de la salinité se situent entre 31.00 psu et 36.90 psu avec une moyenne de 35.34 psu.

En surface, les plus faibles salinités retrouvées sont enregistrées dans les stations 2, 10, 11, 12, 14 et la station de référence (25 m de profondeur). Ces salinités ne sont ni atlantiques ni méditerranéennes, car la salinité à l'entrée au détroit de Gibraltar est de l'ordre de 36.150 PSU (Millot, 1987). Ces salinités évoquent plutôt à une influence importante des apports en eaux douces par les oueds Mazafran, El Harrach et El Hamiz.

Le reste des valeurs de la salinité sont caractéristiques de l'eau atlantique mélangée à celle de la mer Méditerranée. Les valeurs élevées sont observées dans les eaux du fond. Le maximum se trouve à la station 5 et les plus fortes appartiennent aux stations 3, 4, 5, 6, 7 et la station de référence.

### 1.3) LE POTENTIEL D'HYDROGENE :

Les valeurs du PH sont comprises entre 7.25 et 8.17. La moyenne est de 8.02 avec un écart types de 0.15

Pour les eaux de profondeurs le PH varie entre 7.86 et 8.17 avec une moyenne de () et un écart type (). La valeur minimale mesurée est de 7.86 (station 10), ce qui s'explique par la présence de plusieurs rejets importants au niveau de cette station, notamment l'oued El

Harrach. Le *PH* de la station 2 est le plus élevé dans les eaux de surface et dans les eaux profondes (en face de oued Mazafran).

La variation de *PH* est assez significative et en bon accord avec celle évoquée pour les autres paramètres dans les zones côtières. Ce qui reflète l'empreinte des eaux usées douces de fluctuation importante par rapport à celle de l'eau de mer.

#### 1.4) Oxygène dissous

Les résultats de l'oxygène dissous révèlent des fluctuations assez importantes. Ses valeurs varient entre 7.1 et 10.5 mg/l avec une moyenne de 8,14 mg/l. Les causes de la fluctuation de concentration sont la variabilité des facteurs intervenants (photosynthèse, échange air-mer, mélange des masses d'eaux et notamment l'agitation des eaux côtières et les apports continentaux).

Le maximum des teneurs est observé en face de oued Mazafran (station 2 avec 10.5 mg/l). En effet, les fortes crues dans la période de l'échantillonnage ont été à l'origine d'un apport considérable d'eau douce fortement oxygénée et sa densité lui a permis le maintien en surface.

Les valeurs minimales de l'oxygène sont localisées en face l'oued Mazafran (station 2) et en face les complexes touristiques de Sidi Fredj et Club des Pins. La modération des facteurs contrôlant l'oxygène dissous dans ces zones peut expliquer ces valeurs. Les rejets des eaux usées qui ont consommé leur oxygène peut contribuer aussi à expliquer ces résultats.

#### 1.5) LES SELS NUTRITIFS :

##### 1.5.1) LES NITRITES :

Les valeurs des nitrites varient faiblement autour d'une moyenne de 0.117  $\mu\text{mole/l}$ . Cette variation se culmine par les valeurs fortes et maximales en face de l'oued El Harrach (0.217  $\mu\text{mole/l}$ ), l'oued Mazafran (0.205  $\mu\text{mole/l}$ ) et l'oued Beni Messous (0.108  $\mu\text{mole/l}$ ). Ces valeurs semblent être liées aux apports urbains et industriels. Les émissaires à rejets directs maintiennent un écoulement quasi permanent pendant l'année et souvent chargés en nitrites et des quantités importantes de matière organique. Cette dernière subit une dégradation rapide

et complète et s'oxyde en présence d'oxygène toujours disponible. Les fortes concentrations de nitrites liées au minimum d'oxygène relevées dans certains endroits témoignent de ce recyclage de la matière organique.

Il est ainsi déterminé en Méditerranée que toutes les teneurs en nitrites dépassant 0.3  $\mu\text{mole/l}$  dans les eaux superficielles résultent nécessairement d'une oxydation incomplète de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) par le fait que la vitesse de nitrification soit dépassée par celle de la nitrosation (Jacques et Tréguer, 1986). Ce qui explique les concentrations relativement fortes en nitrites en présence d'oxygène dissous. La concentration des nitrites produites par excès se verra augmentée progressivement dans le temps (Bianchi et Fernandes, 1991; Fossetet et Bianchi, 1995).

Les fortes teneurs en nitrites restent pratiquement côtières et s'étendent au droit de Zéralda. Les nombreux complexes touristiques, notamment le centre de la thalassothérapie implanté le long de cette bordure littorale, sont probablement à l'origine de cette pollution, puisque leurs eaux usées sont directement évacuées en mer (Aïd et al., ).

Les faibles teneurs en nitrites relevées dans certaines stations, notamment la station 9, peuvent témoigner de l'absence de rejets d'eaux usées riches en nitrites ou aussi présenter le caractère d'eau profonde pauvre en nitrites.

### **1.5.2) NITRATATE :**

Les concentrations des nitrates sont élevées. Elles sont comprises entre 0.05  $\mu\text{mole/l}$  et 12.76  $\mu\text{mole/l}$  (la station de Réghaïa enregistre 49.53  $\mu\text{mole/l}$ ) avec une moyenne de 3.87  $\mu\text{mole/l}$

Les teneurs en surface sont aussi élevées. Les fortes concentrations retrouvées à ce niveau sont en surface des embouchures des oueds Mazafran (station 1) et l'oued El Harrach (station 10). Ces teneurs à ce niveau ne peuvent s'expliquer que par les apports continentaux en premier lieu qui sont dus au lessivage des terres agricoles riches en engrais azotés et les rejets industriels et domestiques qui se déversent dans les oueds. En effet, un examen minutieux montre que les plus fortes valeurs sont attribuées aux stations ayant une empreinte de l'influence continentale (voir l'analyse du diagramme T-S). Ainsi, à l'exception de la station de Réghaïa, le maximum relevé de 12.76  $\mu\text{mole/l}$  est enregistré dans les eaux de surface de la station 10 qui se trouve en face l'oued El Harrach et qui est très imprégnée par les eaux douces de cet oued (salinité = 31.000 psu). Cependant, les concentrations minimales sont localisées au niveau de station 8 (0.05 et 0.13  $\mu\text{mole/l}$ ). Le phénomène de dilution et/ou

l'absence de l'influence des apports côtiers ainsi que l'utilisation biologique peuvent être à l'origine.

L'alimentation à partir des eaux profondes par les résurgences côtières (Millot et al., 1985 et Boulahdid et al., 1993) et le mélange hivernal connu en absence de la stratification thermique saisonnière et l'affaiblissement de la thermocline peuvent contribuer à cet enrichissement en nitrates. De même que la régénération dans le sédiment marin côtier et la diffusion peuvent constituer un apport supplémentaire.

L'analyse des résultats montre que les concentrations sont élevées dans la baie de Bou Ismail au même titre que la baie d'Alger et la baie de Zemmouri. D'une manière globale, les concentrations sont très souvent plus élevées en surface et décroissent avec la profondeur. Ceci ne concorde pas avec le comportement en milieu océanique.

### **1.5.3) LES ORTHOPHOSPHATES**

Les teneurs des phosphates varient entre 0.006 et 1.114  $\mu\text{mol/l}$  avec une moyenne de (0.095  $\mu\text{mole/l}$ ) et un écart type de 0.19. Dans la station de Régaïa la concentration relevée est de 14.061  $\mu\text{mol/l}$ . Une analyse simple permet de distinguer deux classes de concentrations.

La première classe est formée par les faibles concentrations ne dépassant pas 0.073  $\mu\text{mole/l}$ . Ces concentrations réparties sur toutes les zones étudiées, peuvent être considérées comme des concentrations normales. Cependant, elles sont inférieures au seuil requis pour le développement normal du plancton. A ce stade, les orthophosphates sont en état d'épuisement. La même situation a été trouvée par Boulahdid et al. (1993).

La deuxième classe est représentée par les concentrations  $\geq 0.125 \mu\text{mole/l}$  avec un maximum de 1.114  $\mu\text{mole/l}$ . Ces concentrations concernent les eaux de surfaces des stations 1, 10, 11, 12, 13, 14 (surface et fond) et la station de référence. Toutes ces stations sont déjà caractérisées par l'empreinte de l'apport continental dans le diagramme Température-Salinité (salinité  $< 35.797 \text{ psu}$ ) et dans le diagramme Température- $\text{O}_2$ . ces concentrations sont donc dues aux apports d'eaux usées urbaines, agricoles et industrielles riches en orthophosphates.

Ces apports continentaux chargés en orthophosphates ne permettent pas de maintenir un niveau significatif ni en surface ni en profondeur. D'une manière générale, la concentration

des orthophosphates a tendance à décroître avec la profondeur (de la surface vers le fond) comme les nitrates. Ceci est du à la densité faibles des eaux douces qui demeurent en surface pendant le mélange.

Au large et dans le milieu océanique, où la situation est normale, s'est l'inverse qu'on trouve. Les teneurs élevées des eaux profondes sont le résultat de la régénération de la matière organique produite en surface (Bethoux, 1980 ; Boulahdid, 1987 ; Raimbault et al., 1993 ; Abdel Moati, 1995)

#### **1.5.4) LA SILICE :**

Les teneurs de la silice sont relativement faibles avec une concentration qui varie de 0.0084 – 0.604  $\mu\text{mol/l}$ . Les valeurs maximales sont rencontrées dans la couche superficielle qui accuse de très forte fluctuation pour une moyenne de 0.1224  $\mu\text{mole/l}$  et un écart type de 0,14. Le maximum est observé au niveau de la station 10 et est de 0.604  $\mu\text{mole/l}$  en face oued El Harrach. Dans la baie de Bou Isamil le maximum est de 0.489 observé dans la station 1 en face d'oued Mazafran.

Ceci est du à l'apport terrigène direct du fait de l'altération des roches silicatées (apport de l'oued et érosion côtière). En effet, la régénération de la silice géochimique et la diffusion à partir du sédiment marin ne sont pas moins importantes (Mackenzie et al., 1976; Ringo, 1983).

La distribution spatiale de la silice et sa variation est similaire à celle des phosphates et des nitrates où l'influence des apports continentaux semble être à l'origine.

## **2) ANALYSE BINAIRE :**

### **2.1) DIAGRAMME TEMPERATURE – SALINITE :**

La figure (x) montre le diagramme température salinité établis dans tout le littoral algérois. Ce diagramme laisse apparaître deux nuages de points traduisant ainsi la présence de deux masses d'eau, quoi que la profondeur soit entre 0m et 35m.

La première est caractérisée par des températures légèrement élevées, comprises entre 15.5 et 16.90 °C. Un petit nuage de point s'écarte légèrement du reste par leurs faibles salinité (<35.797 psu) et il est formé des eaux de surface des station 11, 12, 14 et la station de référence. Cette masse d'eau présente les caractéristiques de l'eau atlantique avec, cependant, l'empreinte des apports continentaux de l'Oued El Harrach et l'équilibre thermique avec l'atmosphère.

Les eaux de la deuxième masse sont plus froides (température <15.50 °C) avec une salinité moyenne légèrement plus élevée. Ceci renseigne sur les caractéristiques de l'eau atlantique vraisemblablement en mélange avec les eaux sous jacentes (eau profondes).

Deux points s'écartent complètement des deux masses d'eau. Le premier est formé par l'eau de surface de la station 10 en face l'embouchure de l'Oued El Harrach. Ayant une très faible salinité (31.000 psu) et une température élevée (16.6 °C), cette eau évoque l'importance de l'apport d'eau usée continentale de l'Oued El Harrach. Le deuxième est formé par l'eau de surface de la station 2 en face l'embouchure de l'Oued Mazafran et renseigne aussi sur l'importance de l'apport d'eau douce par cet oued.

### **2.2) DIAGRAMME TEMPERATURE –OXYGENE DISSOUS :**

La corrélation des données de la température avec celle de l'oxygène dissous donne une distribution assez diffuse. Cependant, si on écarte les données de la baie de Bou Ismail, notamment les stations 1, 2, 3 et 4, on aura une distribution linéaire qui renseigne sur la relation connue fondamentalement entre les deux paramètres. Ceci nous permet de dire que les conditions physico-chimiques de la baie de Bou Ismail sont différentes de celles de la baie d'Alger et de la baie de Zemmouri. Ces conditions sont gouvernées essentiellement par la dynamique marine, l'activité biologique et les conditions météorologiques, surtout dans les zones côtières.

Cependant, dans notre cas l'influence continentale serait en partie en cause. En effet, les stations qui s'écartent de l'ensemble des points définissant la distribution sont surtout la

station 1, 2, 3 et 4 qui sont influencées certainement par les apports de l'oued Mazafran et les rejets du complexe touristique de Sidi Fredj.

### 2.3) Rapport Nitrates-Phosphates :

Le Diagramme de corrélation entre les nitrates et les phosphates donne une distribution assez diffuse et répartie en plusieurs petits groupes de points. L'examen détaillé de cette répartition ne permet pas de déterminer des facteurs de distribution tels que en fonction de la zone, de la profondeur... L'unique constatation qui peut être évoquée est que les points qui se détachent le plus de la distribution sont du aux fortes valeurs surtout de phosphate. Ces valeurs appartiennent à certaines stations déjà signalées par l'influence importante des apports continentaux riches en orthophosphates et en nitrates.

Le rapport estimé par l'ensemble des données est de l'ordre de 10 avec un coefficient de corrélation assez faible ( $r^2 = 0,45$ ). Donc ce rapport ne peut pas être représentatif de la relation connue généralement entre les nitrates et les phosphates en milieu marin. La cause est que ce rapport est très perturbé et très influencé par la charge polluante contenue dans les apports continentaux.

L'estimation de ce rapports pour chaque baie séparée (baie de Bou Ismail, baie d'Alger, baie de Zemouri ) ne donne pas aussi des valeurs significatives. Cependant, Lokmane (1992), Boulahdid et al. (1993) et Brinis et Brahmia (1997), avec un nombre plus important de données, estiment respectivement le rapport de .... pour la baie de Zemmouri, le rapport de 1.6 pour la baie d'Alger et les rapports de 16 (partie ouest) et de 2...(partie Est) pour la baie de Bou Isamil. Il est à signaler que les observations effectuées par ces auteurs sont en période printanière et estivale alors que nos observations ont effectuées pendant la période hivernales caractérisée par les crues.

### 3) *ETUDE COMPARATIVE DES DONNEES :*

L'étude comparative suivante permettra de situer nos données par rapport à celles déjà acquise antérieurement dans la zone d'étude. Ceci permettra aussi d'apprécier la justesse et la qualité des données ainsi que leur dans le temps et dans l'espace étudié.

Ainsi nos données vont être comparées à celles acquises dans la baie de Zemmouri (Lokmane, 1992), dans la baie d'Alger (Boulahdid et al., 1993) et dans la baie de Bou Ismail (Brinis et Brahmia, 1997). Pour simplifier cette étude, on procédera à l'analyse de quelques diagrammes de corrélation établi entre certains paramètres par toutes les données.

### 3.1) Diagramme Température- Salinité :

Le diagramme température- salinité formé par les données des trois baies montre un grand nuage de point dense évoquant ainsi une seule masse d'eau. Cependant, quelques points par leurs faibles salinités, se détachent du grand nuage et en majorité font partie de nos données. Le reste de ces dernières peut être confus parmi les données acquises antérieurement dans le site d'étude. La localisation de ces données dans le diagramme permet de constater que les salinités de nos données sont relativement moyennes, alors que les températures sont en moyenne basses, du certainement à la saison hivernale où les mesures ont été effectuées.

### 3.2) Diagramme Nitrates-Phosphates :

L'examen de diagramme de corrélation entre les nitrates et phosphates permet de constater que :

A l'exception d'une seule de nos données (eau de surface de la station 10), toutes les concentrations des Phosphates sont faibles ( $\leq 0.293 \mu\text{mole/l}$ ). Ceci peut être considéré comme normal vu les faibles profondeurs de prélèvement des eaux côtières.

A l'exception de deux données de la baie de Zemmouri, les concentrations de nitrates de notre étude sont les plus élevées d'une manière assez significative, malgré les faibles profondeurs de prélèvement. De ce fait, on peut considérer que la pollution (apport continental) par nitrates est plus significative que par les phosphates.

Il est clair que la corrélation entre les nitrates et phosphates (rapport N/P) est plus significative dans les données antérieures que celles de notre étude. La raison ne peut être que la perturbation du milieu marin par les apports continentaux en nitrates et en phosphates issus des activités anthropiques (pollution agricole, ménagère, industrielle ...). En effet, la saison hivernale de l'année 2002/2003, où l'échantillonnage a été effectué, était caractérisée par une pluviométrie assez importante qui a provoqué des grandes crues.

Cependant, en terme de rapport nitrates/phosphates la valeur estimée par nos données est plus proche de celle admise pour les eaux de surface océaniques et qui de 16 (Redfield et al., 1963 ; Takahashi et al., 1985; Minster et Boulahdid, 1987 et Boulahdid et Minster, 1989).

A ce propos, nous notons que le rapport N/P dans le milieu marin côtier est très variable et la relation entre les nitrates et les  $\text{PO}_4$  est soumise à l'influence de plusieurs facteurs et contraintes variables d'une région à une autre et d'une saison à une autre.

### 3.3) Evolution dans l'espace et dans le temps :

Le tableau en dessous montre les valeurs minimales, maximales, et moyennes des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs acquises dans les baies d'Alger, de Zemouri, de Bou Ismail et dans la région algéroise à différentes saisons.

L'observation générale montre que l'ensemble des données pour chacun des paramètres se trouve dans une gamme comparative. Les écarts plus ou moins significatifs qui existent peuvent être attribués à différents facteurs ou contraintes justifiables.

Ainsi, sur le plan thermique, l'écart le plus important est constaté entre nos données acquises dans la région algéroise et celles de la baie de zemouri. Cette dernière possède les valeurs les plus élevées alors que nos données sont les plus basses. Ceci est du aux saisons d'étude différentes : l'hiver pour nos données et le printemps pour les données de la baie de Zemmouri.

Pour la salinité, nous retrouvons presque la même situation, sauf que la moyenne de nos données est supérieure à celle de la baie de Bou-Ismaïl. Cela se traduit par le fait que les eaux de notre site d'étude soient plus salées que celles de la baie de Bou-Ismaïl. Les valeurs faibles de la salinité de nos données concernent, en fait, uniquement quelques stations très influencées par l'eau continentale douce. De même que les très fortes salinités de la baie de Bou-Ismaïl ne concernent que quelques échantillons représentatifs d'une remontée d'eau profonde. En effet, les maxima de salinité de la baie de Zemouri, de Bou-Ismaïl et d'Alger renseignent sur des résurgences côtières plus ou moins importantes (Lokamane 1992, Boulahdid et al., 1993 et Brnis et Brahmia, 1997). Par contre, les minima de salinité sont très souvent expliqués par l'apport d'eau douce continentale.

Les nitrates et phosphates sont connus pour leur évolution temporelle similaire dans les conditions normales naturelles. En plus du facteur de mélange, l'évolution de ces deux paramètres dans les eaux côtières est gouvernée surtout par l'apport continental et l'utilisation phytoplanctonique. Si un équilibre entre ces facteurs semble exister dans la baie de Bou-Ismaïl, il ne l'est pas dans les autres zones. En effet, le facteur d'apport polluant semble être prépondérant notamment en nitrates dans nos données et les données de la baie de Zemouri et en phosphate dans nos données et les données de la baie d'Alger.

Les niveaux de concentrations équivalents sont à signaler entre nos données et celles de la baie de Zemouri et entre les données de la baie d'Alger et les données de la baie de Bou-

ismail pour les nitrates. Pour les phosphates, cela s'observe entre les données de la baie de Bou Isamil et celles de la baie de Zemouri.

Notons que ces anomalies sont à l'origine des perturbations observées dans les corrélations entre les nitrates et les phosphates et dans les valeurs de leur rapport.

Pour les autres paramètres, les niveaux de concertation sont presque équivalents que ce soit pour les nitrites, l'oxygène ou le PH. Toutes fois, nous notons des valeurs assez faibles d'oxygène surtout au niveau de la baie de Bou-Isamil. D'après Brins et Brahim (1997) cela est dû aux rejets d'eaux usées de l'Oued Béni-Messous.

Tableau des Valeurs maximales, moyennes et minimales des certains paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs dans différentes zones du grand Alger.

• Région algéroise (Février 2003)

	Température (°C)	Salinité (PSU)	PH	Oxygène dissous (mg/l)	Nitrite ( $\mu$ mole/l)	Nitrate ( $\mu$ mole/l)	Phosphate ( $\mu$ mole/l)
<b>Maximum</b>	16,90	36,979	8,17	10,50	0,217	12,76	1,114
<b>Minimum</b>	13,80	31,000	7,86	7,39	0,064	0,05	0,006
<b>Moyenne</b>	15,20	36,375	8,04	8,17	0,103	3,87	0,095

(La présente étude)

• Baie d'Alger (Mai 1989)

	Température (°C)	Salinité (PSU)	PH	Oxygène dissous (mg/l)	Nitrite ( $\mu$ mole/l)	Nitrate ( $\mu$ mole/l)	Phosphate ( $\mu$ mole/l)
<b>Maximum</b>	19,1	37,500	8,41	10,0	0,600	4,070	1,61
<b>Minimum</b>	14,6	35,610	7,89	6,8	0,050	0,190	0,08
<b>Moyenne</b>	16,8	36,540	8,18	7,7	0,173	0,955	0,53

(Eddalia, 1989)

• Baie de Zemmouri (Juin 1991)

	Température (°C)	Salinité (PSU)	PH	Oxygène dissous (mg/l)	Nitrite ( $\mu$ mole/l)	Nitrate ( $\mu$ mole/l)	Phosphate ( $\mu$ mole/l)
<b>Maximum</b>	21,4	38,300	8,66	9,0	0,34	19,31	0,93
<b>Minimum</b>	15,5	36,510	7,82	5,8	0,05	0,25	0,00
<b>Moyenne</b>	18,6	37,110	8,14	7,6	0,152	3,483	0,29

(Lokmane, 1992)

• Baie de Bou Ismail (Juillet 1996)

	Température (°C)	Salinité (PSU)	PH	Oxygène dissous (mg/l)	Nitrite ( $\mu$ mole/l)	Nitrate ( $\mu$ mole/l)	Phosphate ( $\mu$ mole/l)
<b>Maximum</b>	19,00	38,150	8,51	8,70	0,410	4,760	0,460
<b>Minimum</b>	14,00	34,710	8,34	4,40	0,050	0,000	0,040
<b>Moyenne</b>	17,69	36,180	8,44	5,40	0,169	0,644	0,143

(Brinis et Brahmia, 1997)

### DIAGRAMME TEMPERATURE-SALINITE DANS LE LITTORALE ALGEROIS

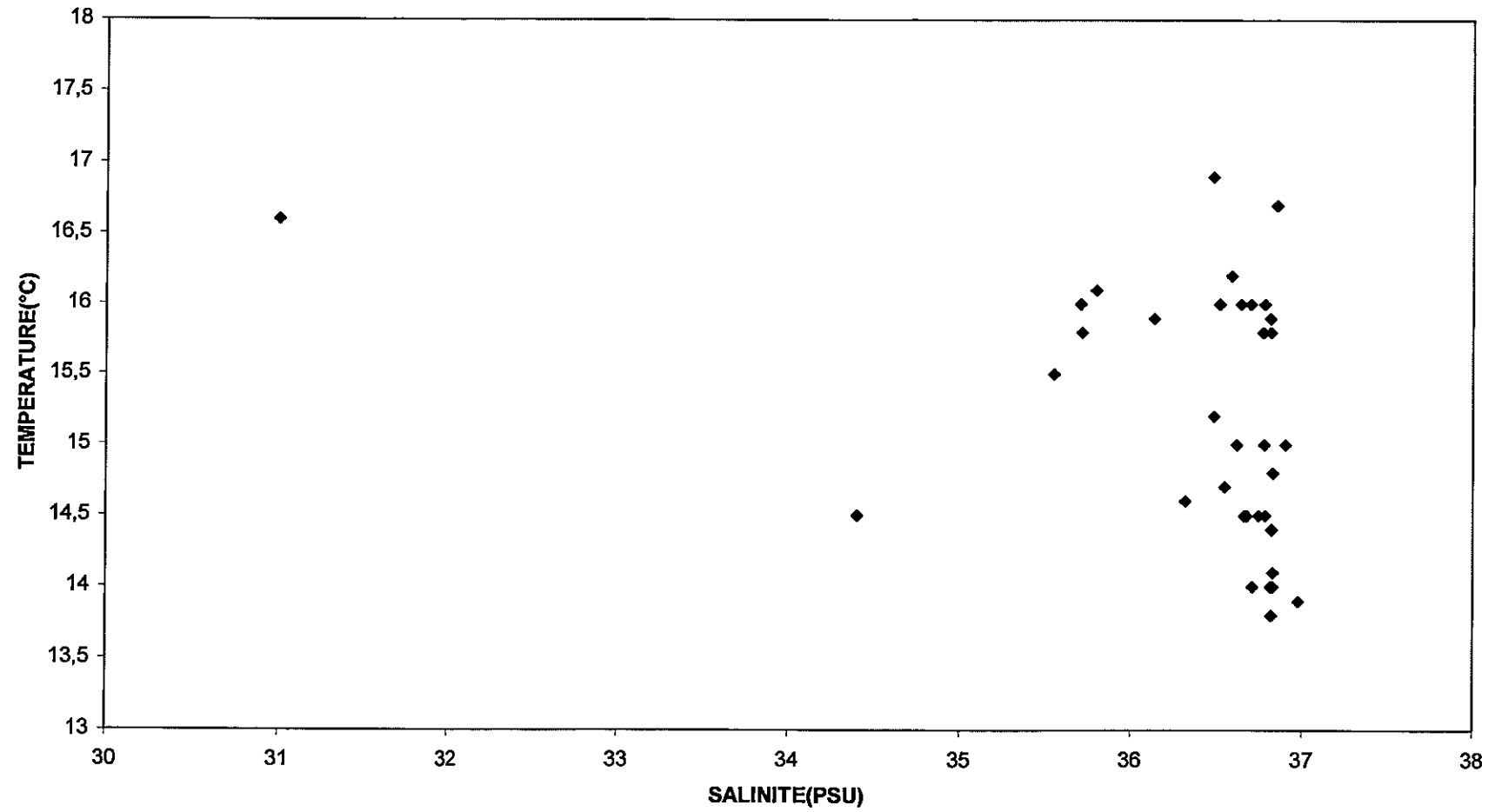
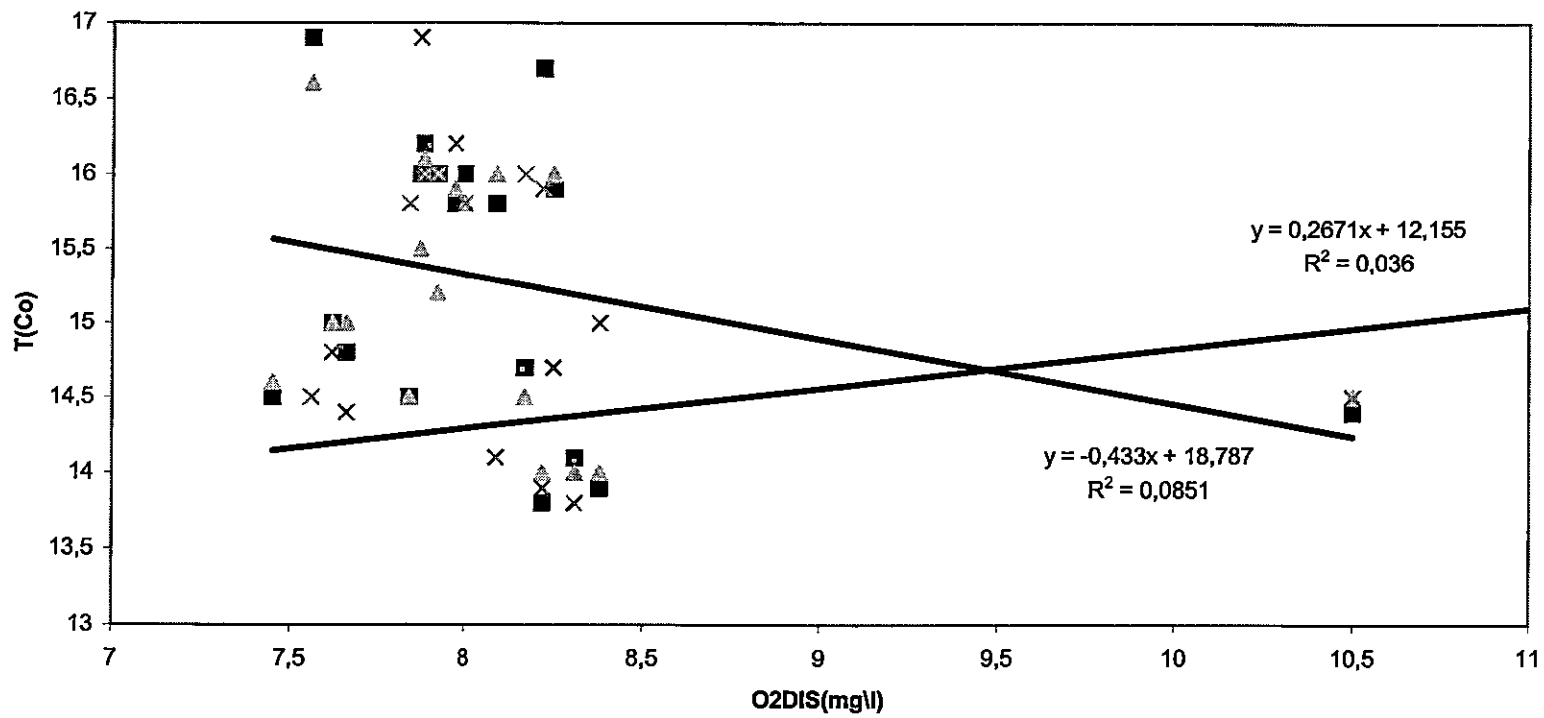
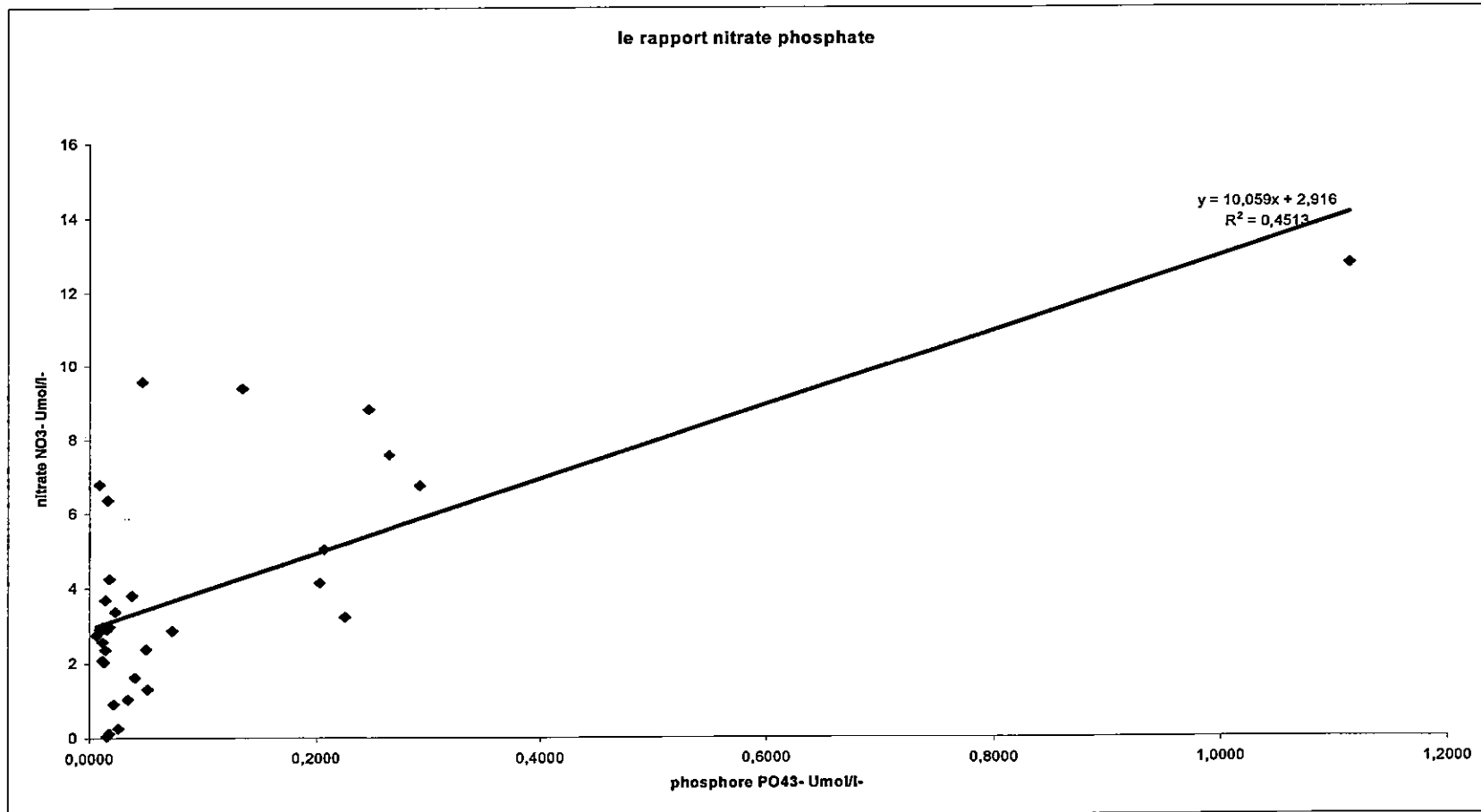


DIAGRAMME DE CORRELATION TEMPERATURE-OXYGENE DISSOUS DANS LE LITTORALE ALGEROIS



## DIAGRAMME DE CORRELATION PHOSPHATE - NITRATE



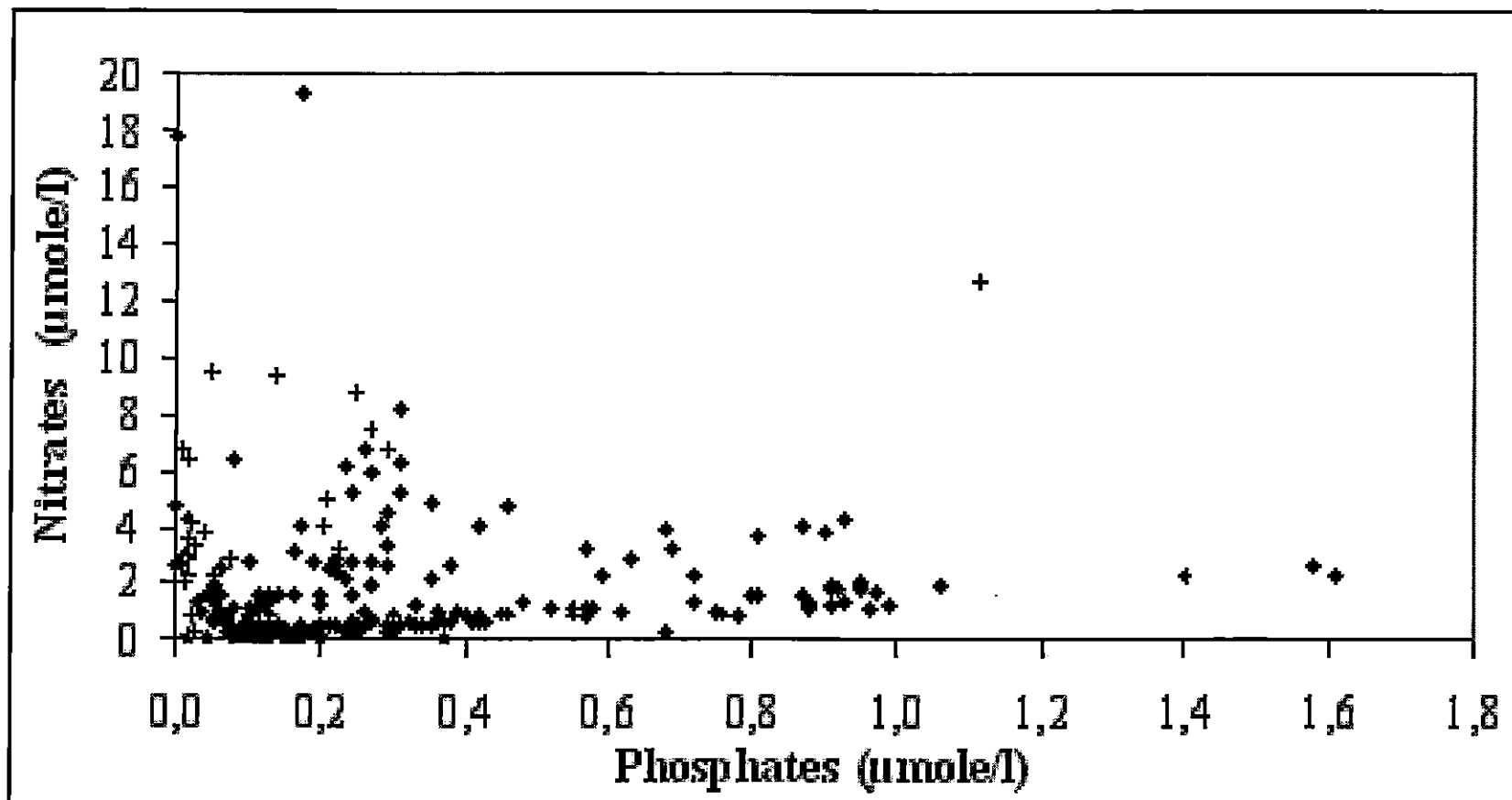


Figure : Diagramme Nitrates - Phosphates comparatif entre d'une part, toutes les données acquises auparavant dans la baie de Bou Ismail, la baie d'Alger et la baie de Zemmouri (◆) et d'autre part, les données de la présente étude (+).

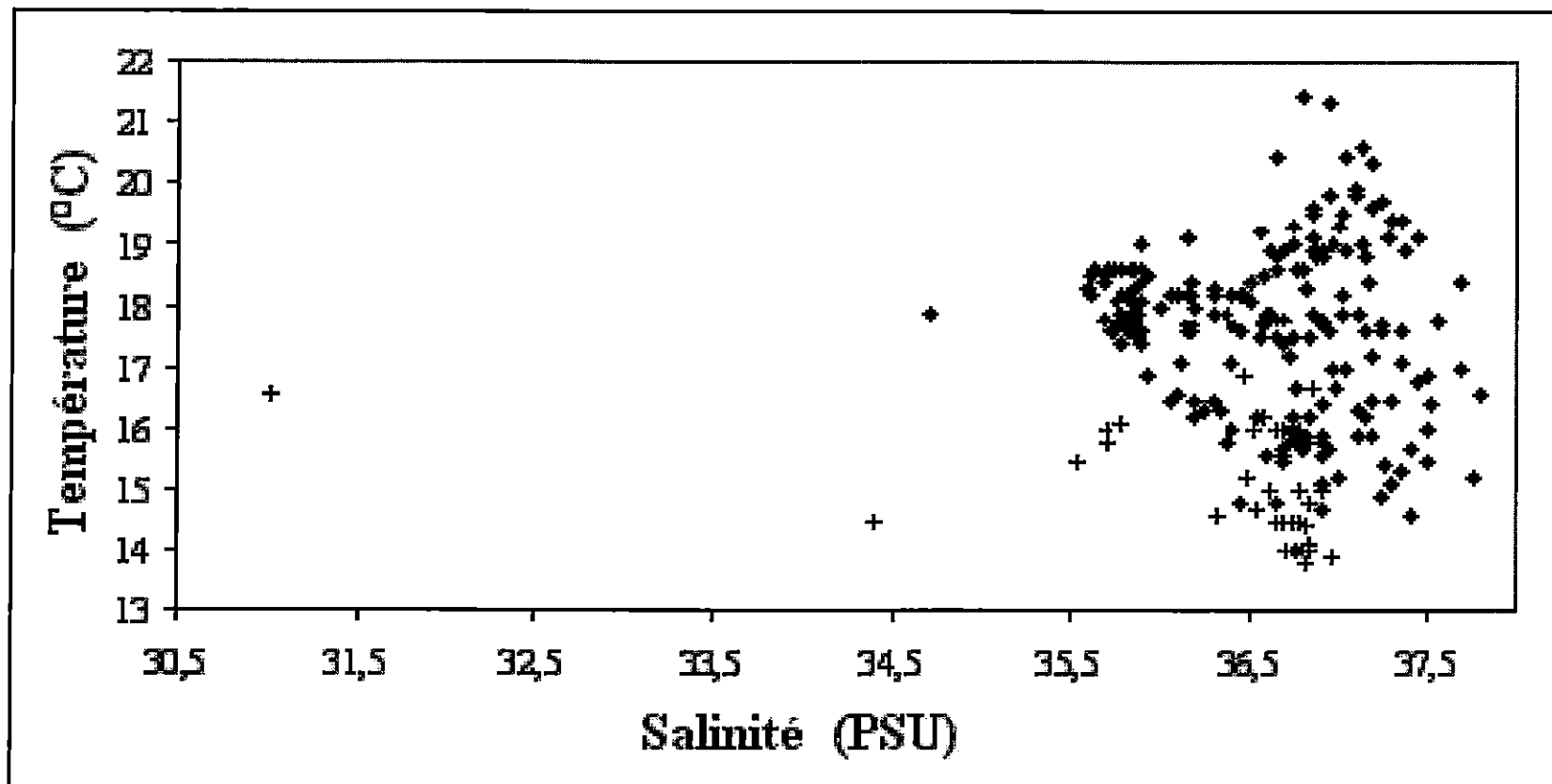
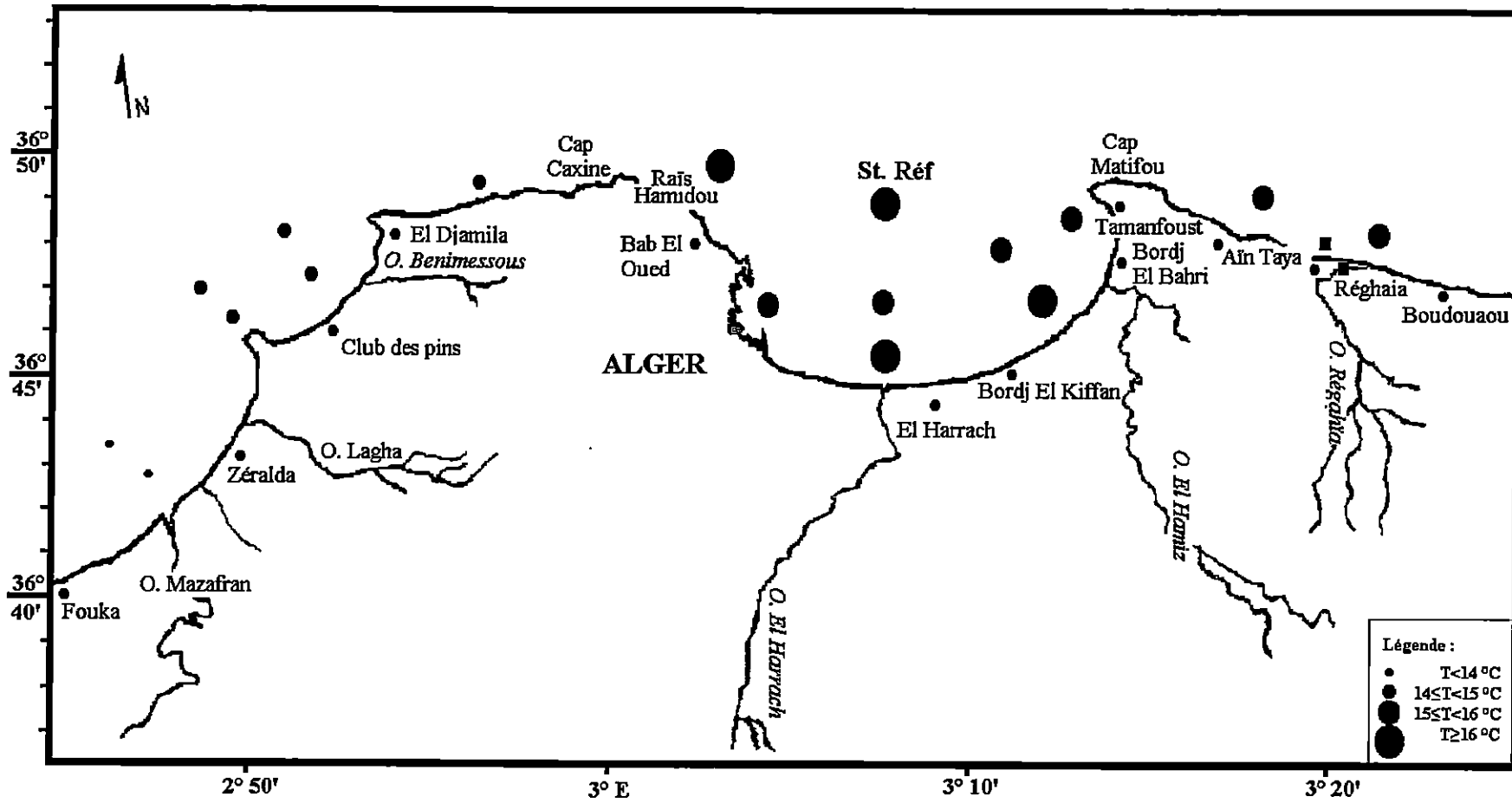
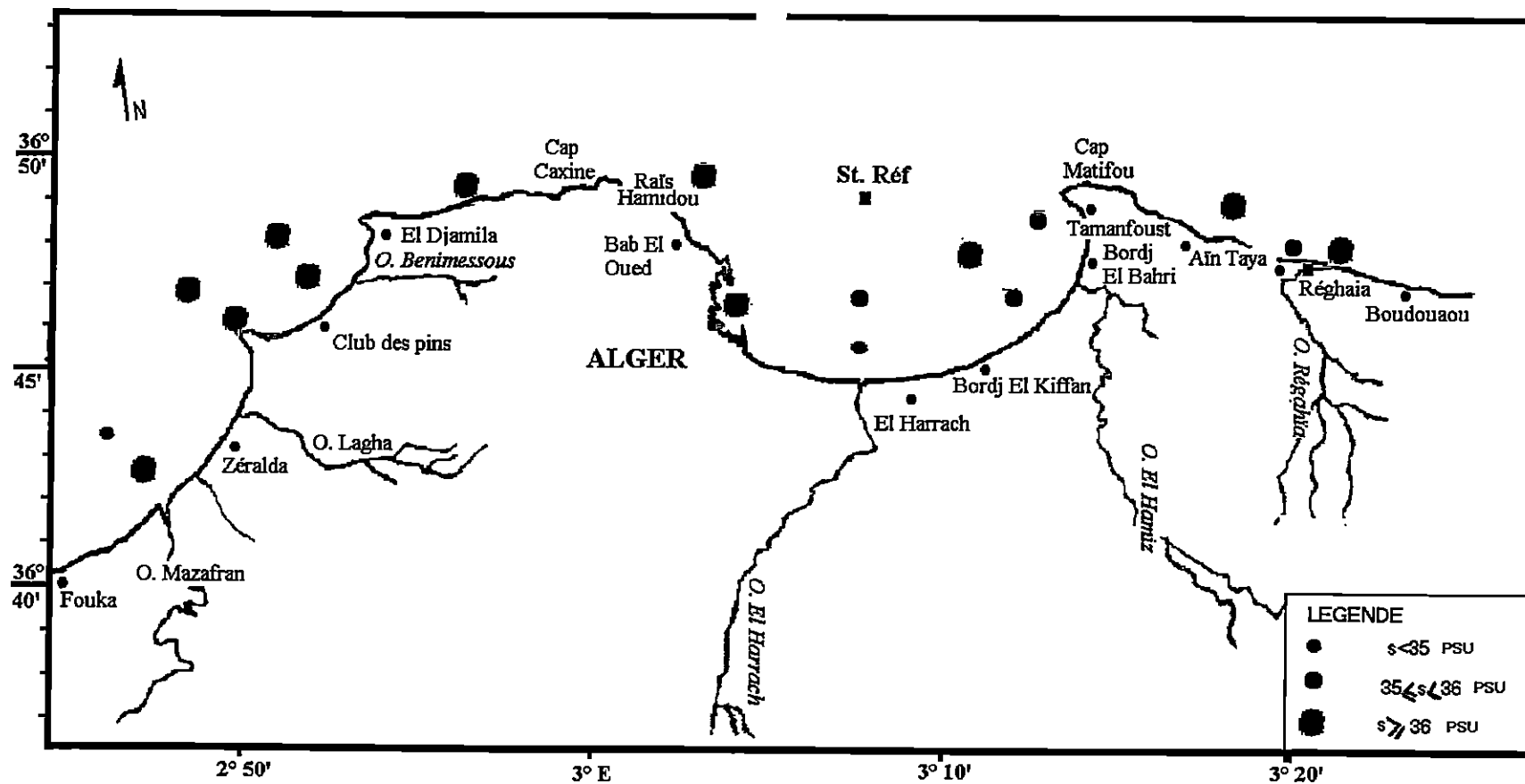


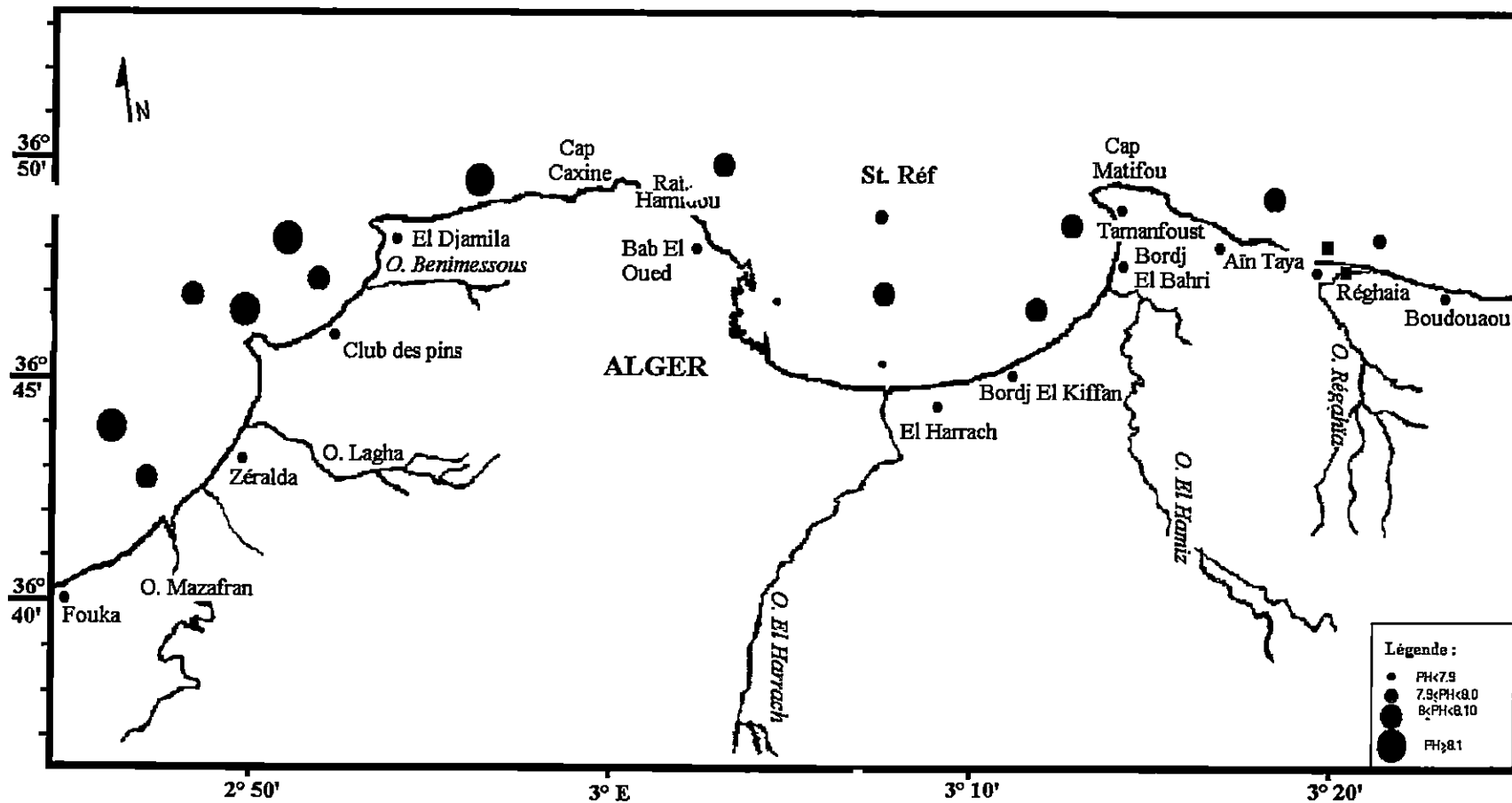
Figure : Diagramme Température – Salinité comparatif entre d’une part, toutes les données acquises auparavant dans la baie de Bou Ismail, la baie d’Alger et la baie de Zemmouri (◆) et d’autre part les données de la présente étude, acquises dans le littoral du grand algérois (+).



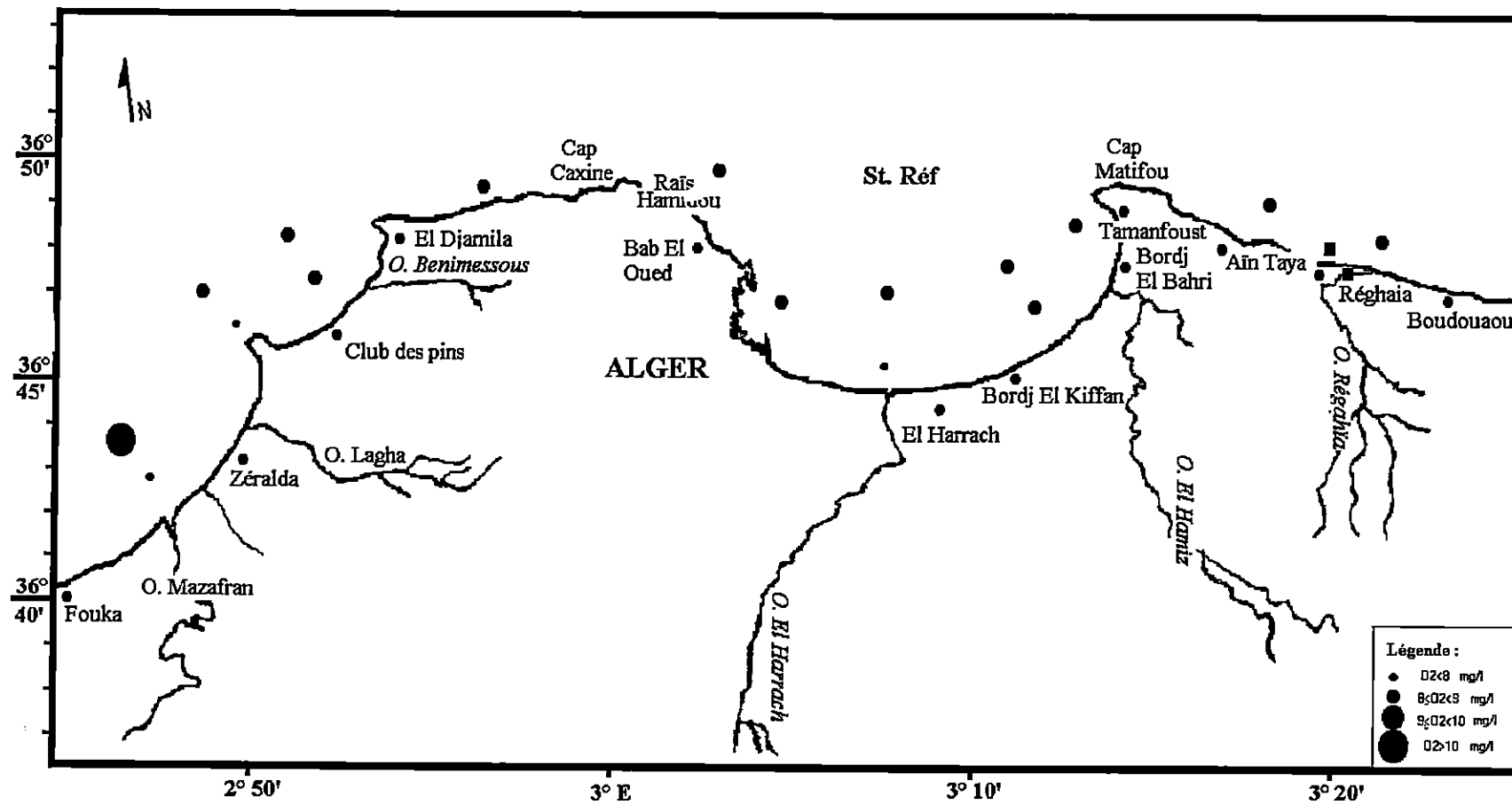
## DISTRIBUTION DE LA TEMPERATURE DANS LES EAUX DE LA SURFACE



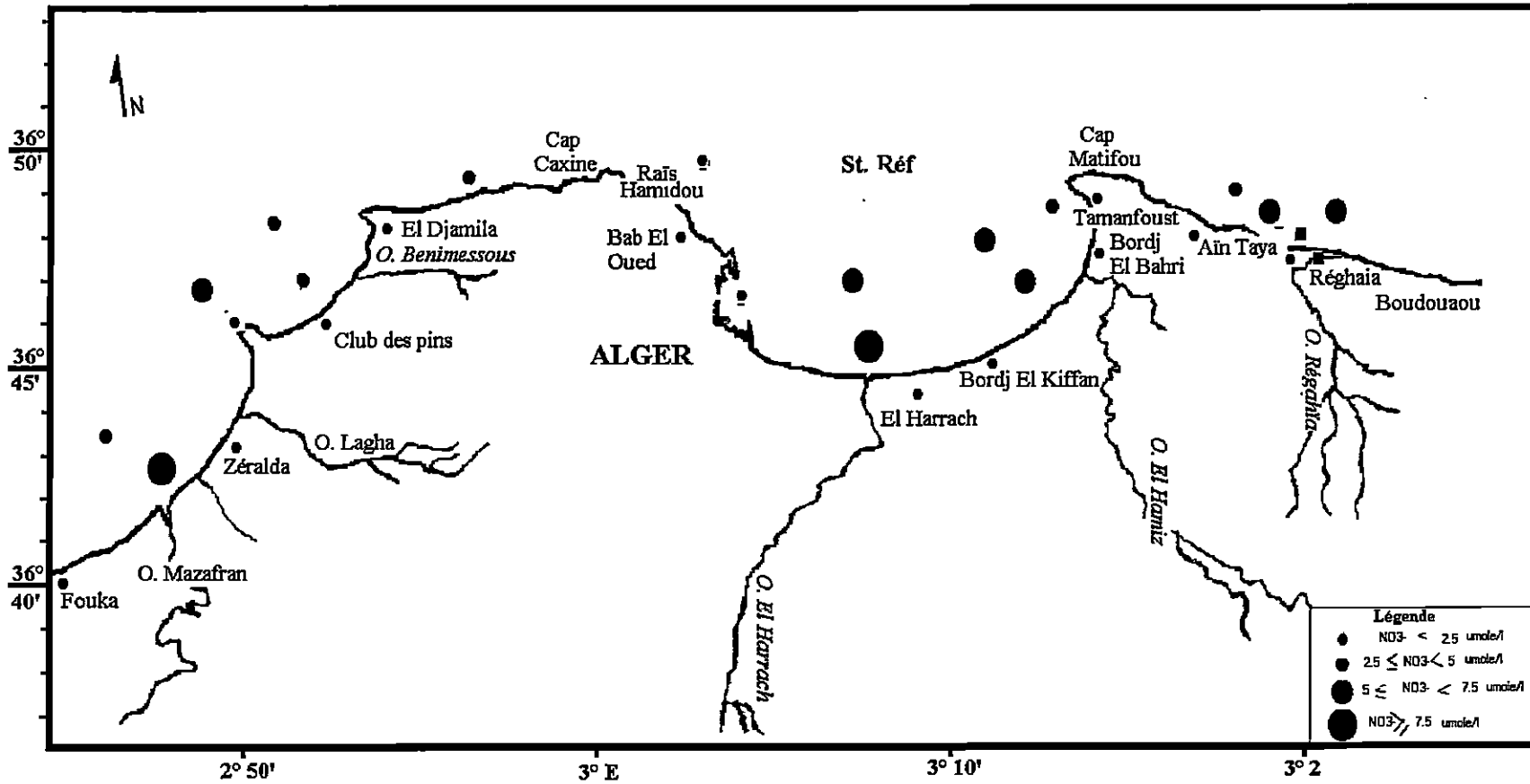
## DISTRIBUTION DE LA SALINITE DANS LES EAUX DE SURFACE



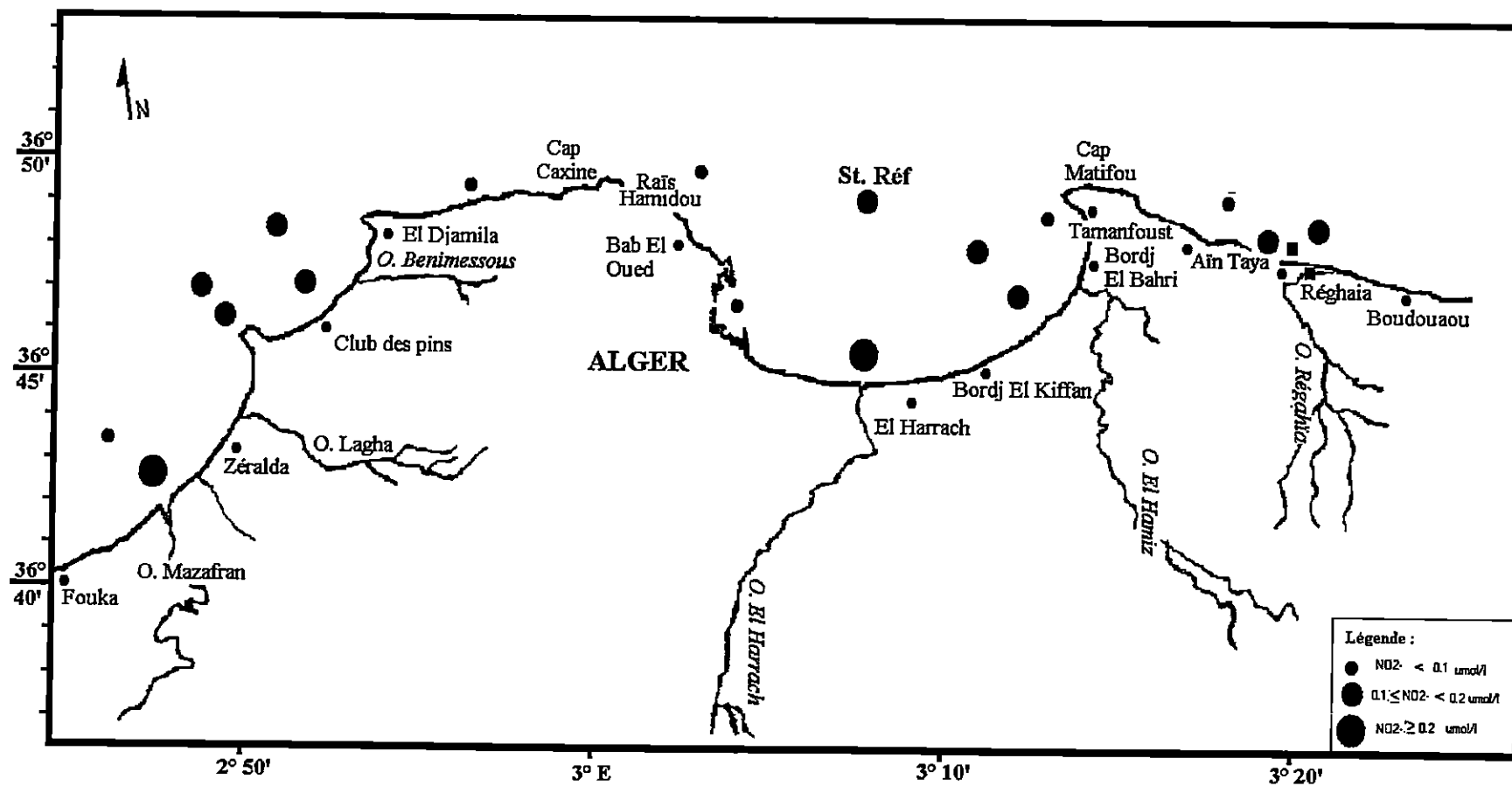
## **DISTRIBUTION DU PH DANS LES EAUX DE SURFACE**



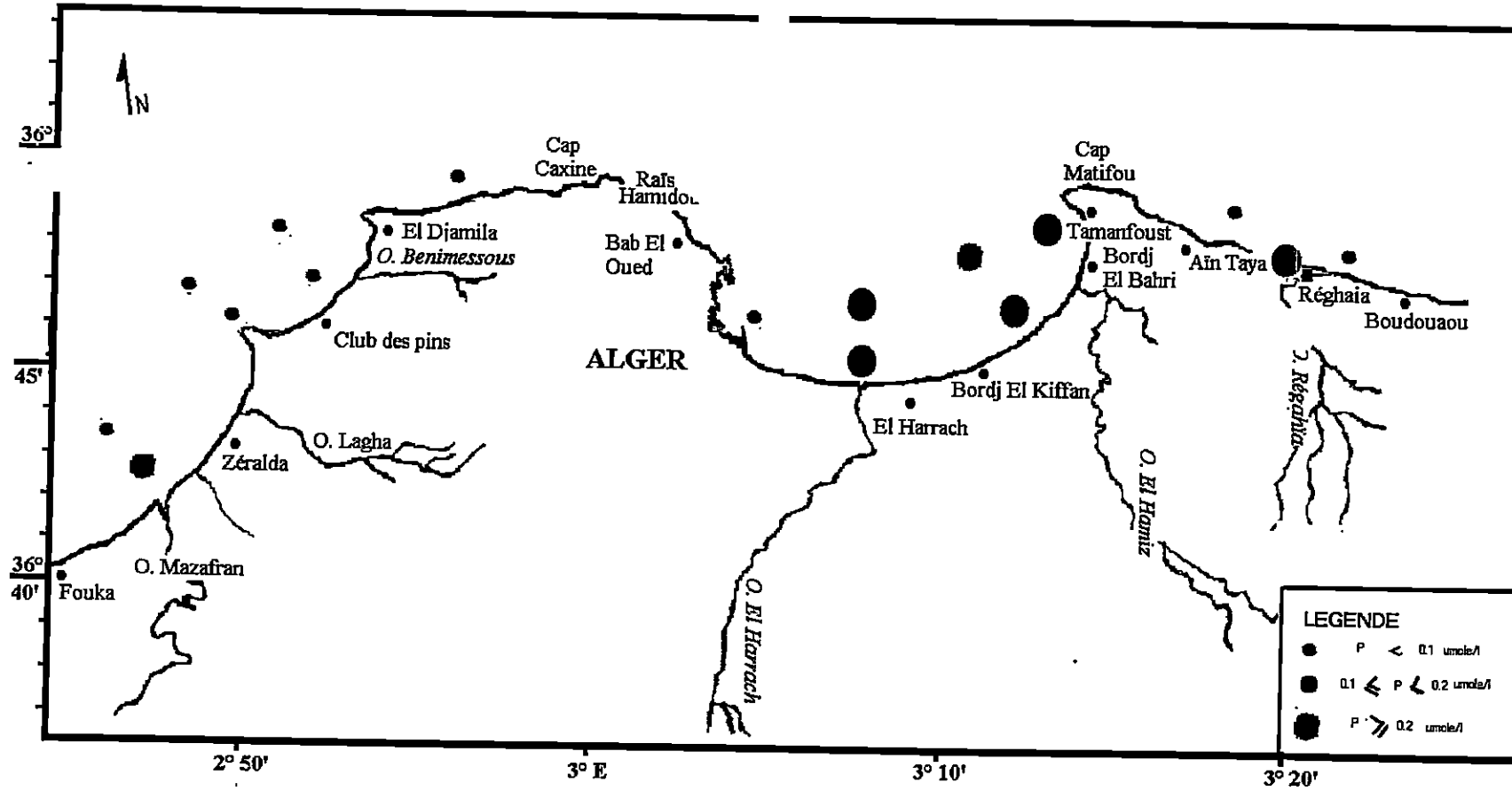
DISTRIBUTION DE L'OXYGÈNE DISSOUS DANS LES EAUX DE SURFACE



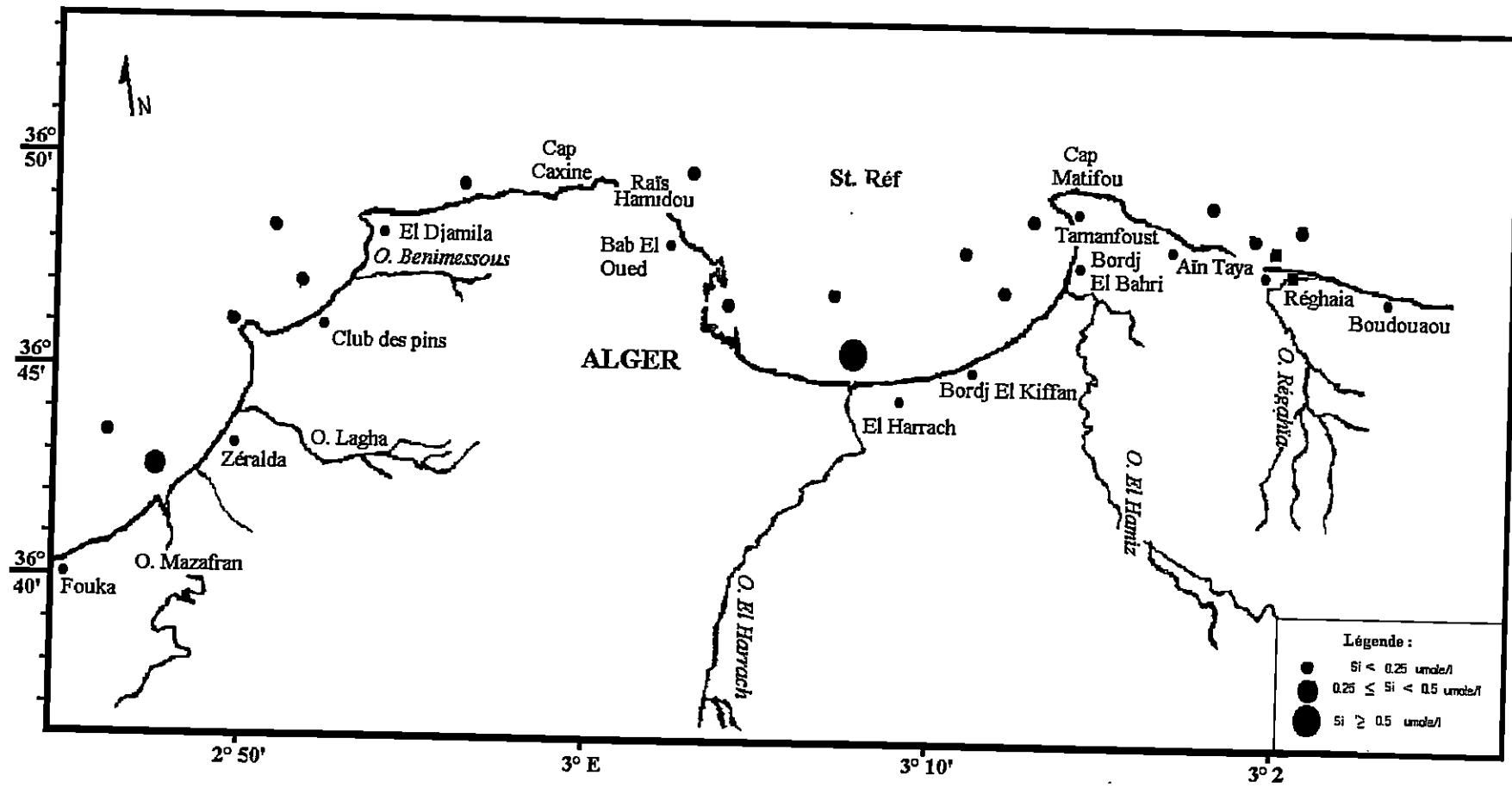
**DISTRIBUTION DES NITRATES DANS LES EAUX DE SURFACE**



**DISTRIBUTION DES NITRITES DANS LES SURFACE**



DISTRIBUTION DES ORTHOPHOSPHATE DANS LES EAUX DE SURFACE



DISTRIBUTION DES SILICATE DANS LES EAUX DE SURFACE

## CONCLUSIONS GENERALES :

L'étude menée à travers ce mémoire fait partie d'un contrat de recherche dont le but est le contrôle de la pollution le long du littoral algérois par plusieurs indicateurs, afin d'identifier les sources de pollution et leur l'importance. Cette étude a été menée sur deux volets. L'un est la maîtrise de la technique d'analyse automatisée des sels nutritifs avec l'acquisition de nouvelles données. L'autre est l'analyse des résultats obtenus et leur discussion par rapport à leur distribution sur le site d'étude.

Pour l'analyse des sels nutritifs, elles ont été effectuées sur le SKALAR qui est la troisième génération des auto-analyseurs. Cette analyse nous a permis de maîtriser les techniques utilisées sur cet appareil. La fiabilité et la rapidité qu'offre cet appareil, nous ont permet aussi d'acquérir des résultats avec une précision analytique très acceptable dans des conditions optimales.

L'examen des résultats obtenus a permis la mise en évidence des caractéristiques des eaux de la zone d'étude. Ils ont permis aussi l'identification des contraintes majeures que subit la zone d'étude ainsi que les source de pollution.

La contrainte continentale représentée essentiellement par les eaux usées et pluviales qui sont déversées dans la zone d'étude par les différents oueds a pour une première conséquence la dilution en partie et à un certain taux les eaux à proximité des embouchures d'oueds (notamment l'oued Mazafran et l'oued El Harrach). Cette conséquence est à l'origine des valeurs de salinité anormalement faibles.

Comme deuxième conséquence des masses d'eaux usées et pluviales déversées avec leur charges polluante est les valeurs anormalement élevée des sels nutritifs et d'autre paramètres physicochimiques.

Pour les sels nutritifs, les anomalies les plus importantes sont constatées au niveaux des teneurs du phosphate, des nitrate et nitrites en face des embouchures d'oueds mais, surtout dans les eaux de surface en ace l'embouchure de l'oued El Harrach où le maximum est trouvé. Dans ces mêmes eaux on trouve aussi les valeurs les plus basses de la salinité et du PH. Nous pensons que la nomenclature aurait pu être plus longue si l'analyse s'est étendue à d'autres paramètres non étudiés dans ce mémoire.

Bien que le niveau concentration trouvé n'est pas alarmant, il est à l'origine ou il contribue au déséquilibre des composants chimiques de l'écosystème marin côtier. En effet, la mauvaise corrélation trouvée entre les nitrates et les phosphates et leur rapport estimé de l'ordre de 10 témoigne sur ce déséquilibre. Ceci évoque des apports continentaux en nitres

et en phosphates non équilibrés. Les apports de phosphates sont prépondérant et résultent certainement des composés phosphatés des détergents rejetés par l'agglomération algéroise et ses zones industrielles et des engrais phosphatés de zones agricoles de la Mitidja.

A la lumière de ces résultats, nous recommandons un suivi de ce travail pour :

- Vérifier la présente l'étude en d'autres saisons.
- Faire une étude plus poussée qui pourra quantifier la charge polluante déversée par les oueds dans le milieu marin étudié.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- ABDEL-MOATI M.A.R ,1995.benthic recycling of phosphorus in the coastal of waters of alexandria.rapp.comm.int. mer medit.,vol.34:53
- AID F., GAUMER G. et SAMSON-KECHACHA F.L., 1982. Evolution saisonnière de la pollution des plages de l'ouest Algérois .Vies journées. Etud. Pollutions, cannes. ,C.I.E.S.M. : 609-613.
- AID.F.,GAUMER G.1981 variation saisonnières de l'activité auto et hétérotrophe du plancton de la baie d'Alger .Effets des facteurs nutritionnels. Theses 3 eme cycle .U.S.T.H.B.ALGER 89p.
- AIT-KACI A.D ., et PAUC H ., 1981.Lerole de l'oued mazafran dans la sedimentation fine . Pelagos . Bull . Inst. Oceanogr .Alg ., Vol.VI,Fasc . 1:1-14.
- AMINOT A. et CHAUSSEPIED M., 1983. manuels des analyses chimiques en milieu marin. Edt. CNEXO Brest, 395p.
- AMINOT.A.E.,KEROUL.R. , 1986. dosage automatique de l'urée dans l'eau de mer : une méthode très sensible a la diacetylmonoxime. Can J.Fish.aquat.Sci.39. 174-183.
- AUBERT M., et AL. ,1972.pollution chimique de la mer. Rev. Intern. Oceanogra. Med. TomXXVIII;181-191.
- BABULAK,S.W., et GILDENBERG.L.,1973.automated determination of silicate and detergents.,J of the american oil chimists society,Vol. 50,.296-299p.
- BENSCHNIDER K and ROBINSON R .J.,1986.satellite definition of the bio-opticaland thermal variations of coastal eddies associated with the african current.J Geophys. R es., Vol.91,N° : 11-26.
- BETHOUX J.P., 1984. paleo-hydrologie de la meditteranee au cours de derniers 20000ans.Vol.Special.75-78p.
- BETHOUX.J.P., 1980.le cycle de phosphore dans le bassin occidental de la mer méditerranée. model d'étude de devenir des rejets tellurique Ves journées. Etud. Pollutions, Cagliari, C.I.E.S.M.(1976) : 143-146.
- BERTHELOT G. ,1984.Indophenol reaction and its use in the analysis chemistry of nitrogen.The analyst.Vol.109.549-565p.
- BERGER A.L.,1978.long term variation of caloric insolation resulting from the earth's orbital elements.quaternary research,9,139-167.
- BIANCHI M et FERNANDS M., 1991.biomasse et activités bactériennes s hydrodynamiques, chimie et planctonologie en mer alboran Est.ATLAS ALMOFRONT-1. Ouvrage collectif publie sous la direction de PRIEUR L.ET SOURNIA A. : 253-275.

- BOULHDID M., 1987. analyses des sels nutritifs dans l'eau de mer. Etude de mélanges des masses d'eau et de l'exploitation de la matière organique dans l'océan. thèse de doctorat, sp. Géochimie fondamentale. université de paris VII, 266p.
- BOULHDID M, EDDALIA N BOUDJELLAL B et AZZOUZ M., 1993. physico-chimie de la baie d'alger. Deuxième congrès de la société algérienne de chimie Zeralda (Algérie), 6p.
- BOULHDID M. and MINSTRE J.F., 1989. oxygen consumption and nutrients regeneration ratios along isopycnal horizons in the pacific ocean. *mar. chem.*, Vol.26:133-153.
- BRAHMIA A ET BRINIS A., 1997. caractéristiques hydrologiques et niveau de fertilité des eaux de la baie de BOUSMAIL. mémoire d'ingénieur d'état, ISMAL, Alger, 103p.
- BRAIK .J. , 1989. Etude de la dynamique sédimentaire devant Bous-Ismaïl. Sédimentologie-Morphologie. Problème d'érosion du littoral . Aménagement. These de Magister en Geologie. U.S.T.H.B. (Alger) , 174p.
- COSSA D., LASSUS P., 1989. le cadmium en milieu marin. IFREMER. rapports scientifiques et techniques N°16 : 11-21.
- DAGONE A., 1973. Sédimentologie et bionomie benthique en baie de Bou-Ismaïl . *Pelagos, Bull. Inst. Oceanogr. Alg.* Vol.4. Fasc. 2:40-53.
- DENIGUES M.G. , 1920. reaction de coloration extrêmement sensible des phosphates et des arséniate ses application . *C . R . Acad. . Sciences , Paris*, 802-804p.
- DURAND J. and PETROFF, N., 1980. determination of benzo(a) pyrene and other polynuclear aromatic hydrocarbons in petroleum oils by direct liquid chromatography. *J. chromatogr.* 190 , 85-95.
- FERHAT N., DJELLALI M 1992: analyses des métaux lourds et des paramètres physico-chimiques en milieu marin, lagunaire et embouchures des oueds. option: molysmologie. ISMSL. Alger. 161p.
- FOSSET C ET BIANCHI M., 1995. activité s de nitrification dans la colonne d'eau océanique. campagne DYNAPORC-TETHYSII. (30 avri-el-2juin 1995) *Rapp. Atelier es 23 e 24 novembre 1995*: 20-21.
- HOLDEN , A.V. and MARSDEN , K. , 1969. single-stage clean-up of animal tissue extracts for organochlorine residue analysis. *J . Chromathograph.* 44 , 481-492.
- HURDE. D.C. , 1973 . Introduction of biological opal , sediment and sea water in centrol aquatorial pacific. *Geochim. Cosmochim. Acta . Vol37*, 2257-2282p.
- IVANOFF A., 1971. introduction a l'océanographie propriétés physique et chimique des eaux de mer (Tome1) VUIBERT. Paris, 208p.
- JACQUE G et TREGUER P., 1986. écosystèmes pélagique marin. collection decologie. 19 Edit. MASSON, Paris, 243p.

- LECLAIRE L , 1972.la sédimentation holocène sur versant méridional du bassin Algero-baleares (précontinent Alger) . Mémoire, Museum, National, Histoire, Naturelle. Nouvelle Série C. Science de la terre.TomeXXIV.Fasc .Unique,391p
- LOKMAN D.1993.les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la baie de Zemouri .mémoire de DEUA, ISMAL, Alger, 68p.
- MCKENZIE F.T.,GARRELES R.M., BRICKER O .P. et BICKLEY F.,1976.silica in sea water : control by silica minerals . Science, Vol. 31 .1182-1193p.
- MCKENZIE F.T. ,GARRELES R .M ,1966.chimical mass balance between rivers and oceans.Am.J.Sci.,Vol 264,p507-525.
- METAXAS D.A.,BARTZOKAS A.and VITSAS A.,1991.temperature fluctuations in the mediterranean area during the last 120 years.int J.Climatology,11,897-908.
- Millot c., 1987. the circulation of the levantine water in the algerian basin.J.GEOPHYS.Res.,Vol.92,NO C8 8265-8276..
- MILLOT C.,1985. some features of the algerian current.J GEOPHYS.RES .Vol.90 NO C4 7169-7176.
- MINSTER J.F., 1989.Introduction to chemical tracers of the ocean circulation .ANDERSON D.L.T. and WILLEBAND J .(Eds), Oceanic circulation Models: Combining Data and Dynamics:345-376.
- MINSTER J .F.and BOULHDID M., 1987 Redfield ratios along isopycnal surfaces. A complementary study. Deep-Sea Res., Vol 34, N°12: 1981-2003
- PUJO-PAY M., 1995. L'azote et le phosphore en milieu marin. Importance des formes organiques en milieu océanique du large. Thèse de doctorat, Sp. : Océanologie, Université d'Aix-Marseille II, 164 p.
- RAIMBAULT P., BOUDJELLAL B., COATANOAN C., MOUTIN T. and PIZAY M. D., 1995. Variabilité temporelle et hétérogénéité spatiale des sels nutritifs au cours de la campagne DYNAPROC. Résultats préliminaires. (30 avril – 2 juin 1995). Rapp. Atelier des 23 et 24 Novembre 1995 : 10-12
- REDFIELD A. C., KETCHUM B. M. et RICHARDS F. A., 1963. The influence of organisms on the composition of sea water. THE SEA, HILL M.N. (Eds), Vol. 2. New York, Interscience press. : 26-77
- MURPHY J.ET RILEY J P .,1962.a modified single method for the determination of phosphates in naturel waters .anal. chm.acta,Vol.34:65.
- O.M.S.(ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE),1979. principes et directives applicables au déversement de déchets dans le milieu marin :551-554.

RAIMBAULT P et AL ,1993, le phosphate en Méditerranée occidentale. Donnée récente et réévaluation de l'évolution temporelle aux seins des eaux profondes. Rapp. Comm.int Mer Med. Vol 34.68p.

RAIMBAUL P., BOULHDID M., BOUDJELLAL B., DALLIER T et SOUVERMEZOGLOU C, 1991. analyses des sels nutritifs. Campagne MEDIPROD VI, campagnes océanographiques françaises N °16-1991, ifremer, 11-13p.

RINGOT J.L., 1983. études du cycle biogéochimique de substance nutritifs dissoutes dans les eaux interstitielles des sédiments à l'aide de l'analyse factorielle des correspondances : cas e la baie de CANNES VI journées. Etude pollutions, Cannes. ,C.I.E.S, M91982) : 133-137.

TAKAHASHI T et BROECKER, W.S., 1985. sources and flow patters of deep-ocean waters as deduced from potential temperature, salinity, and phosphate concentration. J. Geophys. Res., 90. 6925.

WOOD E.P.K , ARMSTRONG F.A.J. et RICHARD F.A., 1967. Determination of nitrate in seawater by cadmium cooper reduction to nitrite . J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 47 : 23-31

ZITOUNI.R, AINOUCHE.N. Paramètres physico-chimiques et sels nutritifs dans le port d'Annaba. mémoire d'ingénieur d'état en halieutique : option pollution et chimie marine. ISMAL. Alger 63p.