

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral**

**( I.S.M.A.L )**

**Mémoire de fin d'Etude en Vue de l'Obtention du diplôme d'Etudes**

**Universitaires Appliquées**

**( D . E . U . A )**

**Option: Pollution**

**Thème**

**Etude et détermination des niveaux  
de pollution marine au littoral dans  
le port d'Alger et le secteur  
FERHANI-EL KETTANI**

**Présenté par :**

**M<sup>r</sup> KELAI FOUJIL**

**M<sup>r</sup> EL MAZARI RABAH**

**Présenté par :**

**M<sup>me</sup> HOUMA FOUZIA**

**Devant le Jury :**

**M<sup>r</sup> SEFIANE OMAR**

**( Président de Jury )**

**M<sup>r</sup> REFES WAHID**

**( Examineur )**

**M<sup>elle</sup> OULD AHMED NOURA**

**( Examinatrice )**

**ISMAL 2002**

**SOMMAIRE**

<b>I- Introduction.....</b>	<b>01</b>
<b>II- Généralités et données bibliographiques :.....</b>	<b>03</b>
<b><i>II-1/Généralités sur la pollution .....</i></b>	<b>03</b>
II-1-1/Définition de la pollution.....	03
II-1-2/Eaux de surface.....	04
II-1-3/Sources de pollution.....	05
II-1-4/Principaux types de pollution :.....	06
II-1-4-1/ Pollution biologique.....	06
II-1-4-2/ Pollution Physique.....	07
II-1-4-3/ Pollution chimique.....	07
II-1-5/ Effets et limitation de la pollution.....	08
II-1-6/Autres atteintes au milieu marin.....	09
II-1-7/ Problèmes à venir.....	09
<b><i>II-2/Présentation des sites d'études :.....</i></b>	<b>12</b>
<u>II-2-1/Présentation du site 01(Port d'Alger) :</u> .....	12
II-2-1-1/Situation géographique.....	12
II-2-1-2/Description du milieu.....	12
II-2-1-3/La pollution du port d'Alger.....	15
II-2-1-4/Sources de pollution au port d'Alger.....	15
II-2-1-5/ La qualité d'eau de mer du port d'Alger :.....	17
II-2-1-6/ Choix et localisation des sites.....	17
<u>II-2-2/Présentation du site 02 (El Kettani) :</u> .....	19
II-2-2-1/ Historique.....	19
II-2-2-2 /Etat actuel des sites :.....	19
II-2-2-3/ situation géographique.....	23

II-2-2-4/ climatologie .....	23
II-2-2-5/ Identification des sources de la pollution marine.....	27
II-2-2-6/ Choix et localisation des sites.....	29
II-2-2-7/Circulation générale des eaux en Méditerranée occidentale.....	29
<b>III/ Méthodes et techniques d'analyse :.....</b>	<b>32</b>
<b>III-1/Echantillonnage et prélèvement d'eau :.....</b>	<b>32</b>
III-1-1/Conditions du prélèvement d'eau.....	32
III-1-2/Echantillonnage .....	33
III-1-3/Prélèvement et mode d'échantillonnage.....	33
III-1-4/Choix du site.....	35
III-1-5/Types d'échantillons.....	35
III-1-6/Techniques de prélèvement.....	37
III-1-7/Echantillonneurs.....	38
III-1-8/Choix des contenants.....	39
III-1-9/Nettoyage des contenants.....	40
III-1-10/Techniques de filtration.....	40
III-1-11/Identification, expédition.....	40
III-1-12/Risques de contamination.....	41
III-1-13/Conservation des échantillons.....	43
<b>III-2/Recherche et détermination des paramètres de qualité de l'eau :... 43</b>	<b>43</b>
<b>III-2-1/Recherche des paramètres physico-chimiques :.....</b>	<b>43</b>
III-2-1-1/Le taux d'oxygène dissous :.....	43
III-2-1-2/Demande chimique en oxygène :DCO.....	46
III-2-1-3/Demande biochimique en oxygène :DBO.....	47
III-2-1-4/L'azote ammoniacal.....	48
III-2-1-5/L'azote nitreux.....	49

III-2-1-6/L'azote nitrique.....	50
III-2-1-7/Le phosphore minéral dissous.....	51
III-2-1-8/La température.....	52
III-2-1-9/La salinité.....	53
III-2-1-10/Le potentiel d'Hydrogène (pH).....	55
<u>III-2-2/Détermination et méthode de dosage :.....</u>	<u>55</u>
<u>III-2-2-1/Dosage de l'oxygène dissous :.....</u>	<u>56</u>
III-2-2-1-1/Prélèvement, échantillonnage et conservation.....	56
III-2-2-1-2/Réactifs.....	57
III-2-2-1-3/Principe de la méthode :.....	59
III-2-2-1-4/Mode opératoire :.....	60
III-2-2-1-5/Calcul et expression des résultats :.....	64
III-2-2-1-6/Sources d'erreurs et interférences.....	67
<u>III-2-2-2/Dosage et détermination de la DCO :.....</u>	<u>68</u>
<u>III-2-2-3/Dosage de la DBO<sub>5</sub> :.....</u>	<u>73</u>
<u>III-2-2-4/Dosage de l'azote ammoniacal :.....</u>	<u>78</u>
<u>III-2-2-5/Dosage des nitrites :.....</u>	<u>80</u>
<u>III-2-2-6/Dosage des nitrates :.....</u>	<u>82</u>
<u>III-2-2-7/Dosage des orthophosphates par SAM :.....</u>	<u>86</u>
<u>III-2-2-8/Température.....</u>	<u>89</u>
<u>III-2-2-9/Le potentiel d'Hydrogène(pH).....</u>	<u>89</u>
<b>IV/Résultats et discussions :.....</b>	<b>92</b>
<b><i>IV-1/Variation spatiale des paramètres physico-chimiques.....</i></b>	<b>92</b>
<u>IV-1-1/Les paramètres mesurés in situ. ....</u>	<u>93</u>
IV-1-1-1/La température.....	93
IV-1-1-2/Le potentiel d'Hydrogène(pH).....	93
IV-1-1-3/L'oxygène dissous.....	94
IV-1-1-4/Les nitrates.....	96

IV-1-1-5/Les phosphates $PO_4^{3-}$ .....	97
IV-1-1-6/L'azote ammoniacal.....	97
IV-1-1-7/La demande chimique en oxygène ( DCO) .....	98
IV-1-1-8/Les nitrites.....	100
IV-1-1-9/La demande biochimique en oxygène $DBO_5$ .....	101
<u>IV-1-2/</u> Application des deux indices chimiques.....	103
<b><i>IV-2/Variation temporelle des paramètres physico-chimiques.....</i></b>	<b>106</b>
<u>IV-2-1/</u> Application au niveau du point $K0(m)$ .....	106
IV-2-1-1/Etude des variations.....	107
A)Azote amoniacal ( $NH_4^+$ ).....	107
B)Demande chimique en oxygène (DCO).....	108
IV-2-1-2/Etude de la biodégradabilité et rapport DCO/ $DBO_5$ .....	109
IV-2-1-3/Classification des résultats selon les deux indices.....	111
<u>IV-2-2/</u> Application au niveau du point $K150(m)$ .....	113
IV-2-2-1/Etude des variations.....	113
A)Les nitrates ( $NO_3^-$ ).....	113
B) La demande biochimique en oxygène ( $DBO_5$ ) .....	114
IV-2-2-2/Etude de la biodégradabilité et le rapport DCO/ $DBO_5$ .....	115
IV-2-2-3/Classification des résultats selon les deux indices.....	116
<b><i>IV-3/Variation des paramètres physico-chimiques au port d'Alger.....</i></b>	<b>118</b>
<u>IV-3-1/</u> Application au niveau du point $P0(m)$ .....	118
IV-3-1-1/Calcul de la moyenne des mesures pour le point $P0(m)$ .....	118
IV-3-1-2/Etude de la biodégradabilité et le rapport DCO/ $DBO_5$ .....	119
IV-3-1-3/Classification des résultats selon les deux indices.....	119
<u>IV-3-2/</u> Application au niveau du point $P250(m)$ .....	121
<u>IV-3-3/</u> Application au niveau du point $P800(m)$ .....	123

**SOMMAIRE**

---

***IV-4/Etude graphique et interprétation des résultats.....126***

**Discussion générale.....130**

**Conclusion.....132**

**Bibliographie.**

**Annexe.**

*Handwritten signature or mark*

**TABLEAUX**

<b><u>TABLEAU 1</u></b> : TYPES DE POLLUTION SELON (BELLAN ET PERRES .1994)	P06
<b><u>TABLEAU 2</u></b> : MOYENNES MENSUELLES DES PRECIPITATIONS A EL-KETTANI (1991-1998).	P24
<b><u>TABLEAU 3</u></b> : MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES A EL-KETTANI (1991-1998).	P24
<b><u>TABLEAU 4</u></b> : VITESSE SAISONNIERE DES VENTS ( <i>SSMO-1914-1970</i> )	P25.
<b><u>TABLEAU 5</u></b> : ESTIMATION DE DEBIT DE L'OUED M'KASSEL ( <i>INSP. ENVIR 2000</i> ).	P27
<b><u>TABLEAU 6</u></b> : CARACTIRISTIQUES DES CONDITIONNEMENTS APPROPRIES POUR LES ECHANTILLONS DE L'EAU DE MER.	P42
<b><u>TABLEAU 7</u></b> : RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA REGION D'EL KETTANI (DCO)	P74
<b><u>TABLEAU 8</u></b> : RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA REGION D'EL KETTANI (DBO <sub>5</sub> )	P78
<b><u>TABLEAU 9</u></b> : RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA REGION D'EL KETTANI (NH <sub>4</sub> )	P81
<b><u>TABLEAU 10</u></b> : RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA REGION D'EL KETTANI (NO <sub>3</sub> )	P84
<b><u>TABLEAU 11</u></b> : RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA REGION D'EL KETTANI (NO <sub>2</sub> )	P87
<b><u>TABLEAU 12</u></b> : RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA REGION D'EL KETTANI (PO <sub>4</sub> )	P90
<b><u>TABLEAU 13</u></b> : RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA REGION D'EL KETTANI (T°)	P91
<b><u>TABLEAU 14</u></b> : RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA REGION D'EL KETTANI (pH)	P93
<b><u>TABLEAU I</u></b> : RESULTATS DE L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU D'EL KETTANI	P94
<b><u>TABLEAU X</u></b> : INDICE CHIMIQUE SELON VERNIER ET MICHA, 6 PARAMETRES. 1981	P105
<b><u>TABLEAU X<sub>1</sub></u></b> : INDICE CHIMIQUE SELON VERNIER ET MICHA.	

## SOMMAIRE (TABLEAUX)

6 PARAMETRES, 1981, A EL KETTANI	P106
<u>TABLEAU Y</u> : INDICE CHIMIQUE SELON LISEC, 4 PARAMETRES	P107
<u>TABLEAU Y<sub>1</sub></u> : INDICE CHIMIQUE SELON LISEC, 4 PARAMETRES, A EL KETTANI	P108
<u>TABLEAU II</u> : RESULTATS DE L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU A EL KETTANI AU POINT K0	P109
<u>TABLEAU X<sub>2</sub></u> : INDICE CHIMIQUE SELON VERNIER ET MICHA, 6 PARAMETRES, 1981, A EL KETTANI AU POINT K0	P115
<u>TABLEAU Y<sub>2</sub></u> : INDICE CHIMIQUE SELON LISEC, 4 PARAMETRES A EL KETTANI AU POINT K0	P115
<u>TABLEAU III</u> : RESULTATS DE L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU A EL KETTANI AU POINT K150	P116
<u>TABLEAU X<sub>3</sub></u> : INDICE CHIMIQUE SELON VERNIER ET MICHA, 6 PARAMETRES, 1981, A EL KETTANI AU POINT K150	P119
<u>TABLEAU Y<sub>3</sub></u> : INDICE CHIMIQUE SELON LISEC, 4 PARAMETRES A EL KETTANI AU POINT K150	P120
<u>TABLEAU IV</u> : RESULTATS DE L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DU PORT D'ALGER AU POINT P0	P121
<u>TABLEAU X<sub>4</sub></u> : INDICE CHIMIQUE SELON VERNIER ET MICHA, 6 PARAMETRES, 1981, DU PORT D'ALGER AU POINT P0	P123
<u>TABLEAU Y<sub>4</sub></u> : INDICE CHIMIQUE SELON LISEC, 4 PARAMETRES DU PORT D'ALGER AU POINT P0	P124
<u>TABLEAU V</u> : RESULTAT DE L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DU PORT D'ALGER AU POINT P250	P124
<u>TABLEAU X<sub>5</sub></u> : INDICE CHIMIQUE SELON VERNIER ET MICHA, 6 PARAMETRES, 1981, DU PORT D'ALGER AU POINT P250	P126
<u>TABLEAU Y<sub>5</sub></u> : INDICE CHIMIQUE SELON LISEC, 4 PARAMETRES , DU PORT D'ALGER AU POINT P250	P126
<u>TABLEAU VI</u> : : RESULTAT DE L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DU PORT D'ALGER AU POINT P800	P127
<u>TABLEAU X<sub>6</sub></u> : INDICE CHIMIQUE SELON VERNIER ET MICHA, 6 PARAMETRES, 1981 DU PORT D'ALGER AU POINT P800	P129
<u>TABLEAU Y<sub>6</sub></u> : INDICE CHIMIQUE SELON LISEC, 4 PARAMETRES DU PORT D'ALGER AU POINT P800	P129

CARTES

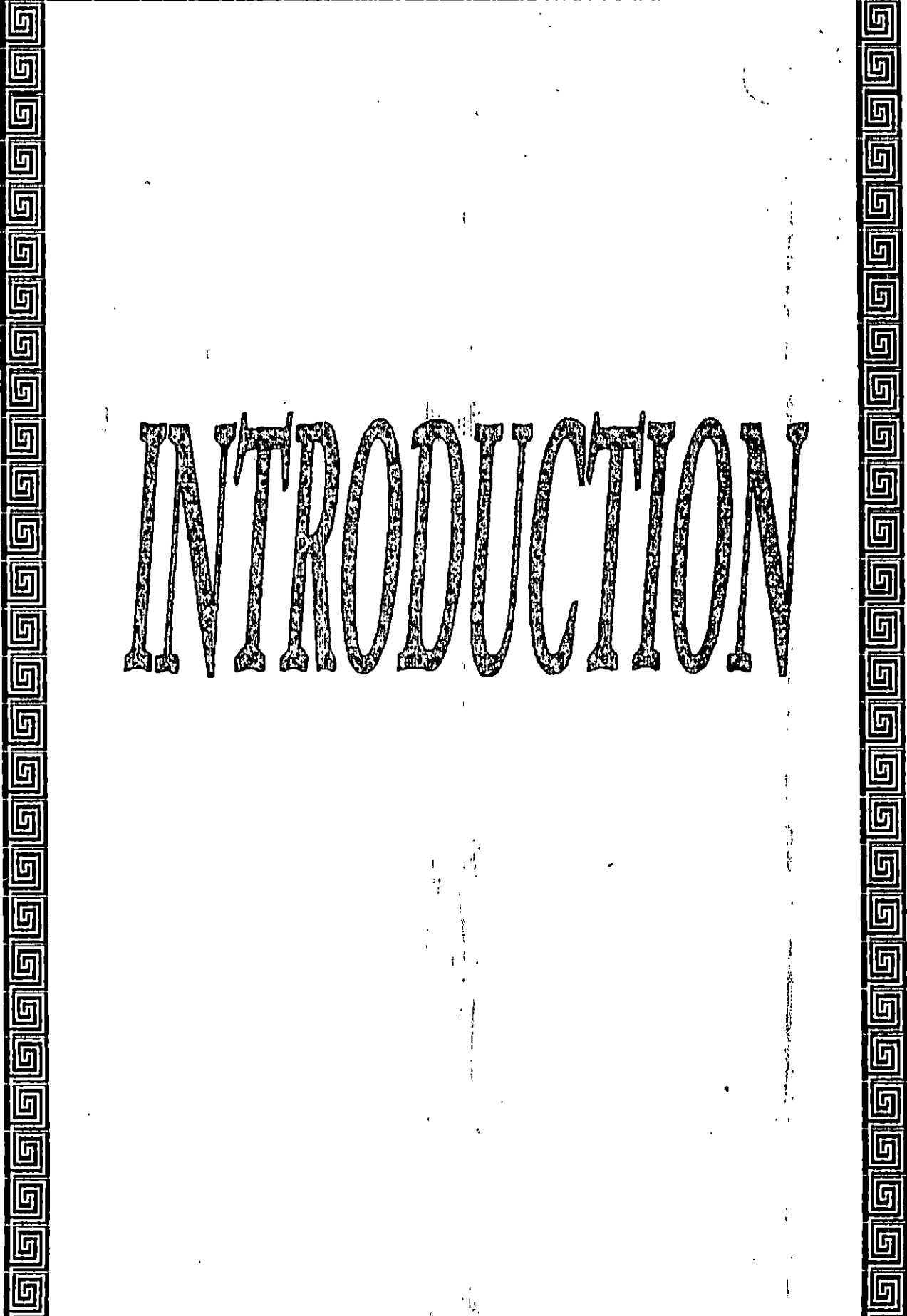

<u>CARTE N° 1</u> : LA BAIE D'ALGER	P11
<u>CARTE N° 2</u> : PORT D'ALGER LES PRINCIPAUX EMISSAIRES.	P14
<u>CARTE N° 3</u> : GRADIENT DE LA POLLUTION DANS LE PORT D'ALGER.	P16
<u>CARTE N° 4</u> : SITUATION GEOGRAPHIQUE DANS LA ZONE D'ETUDE (EL-KETTANI - FERHANI)	P26
<u>CARTE N° 5</u> : IDENTIFICATION DES SOURCES DE LA POLLUTION DANS LA ZONE D'ETUDE (EL-KETTANI - FERHANI)	P28
<u>CARTE N° 6</u> : DIAGRAMME DE LA CIRCULATION DES EAUX DE SURFACE EN MEDITERRANEE OCCIDENTALE (FOLKARD ET AL 1994).	P31
<u>CARTE N° 7</u> : CIRCULATION DE L'EAU D'ORIGINE ATLANTIQUE (MILLOT, 1987).	P31

**FIGURES**

<b>Figure 01</b>	Moyenne mensuelle des pluies à EL-KETTANI 1991-1998	24
<b>Figure 02</b>	Moyenne mensuelle des Températures à EL-KETTANI 1991-1998	25
<b>Figure 03</b>	Variation spatiale de $\text{NH}_4^+$	99
<b>Figure 04</b>	Variation spatiale de la DCO	100
<b>Figure 05</b>	Variation spatiale des $\text{NO}_2^-$	102
<b>Figure 06</b>	Variation spatiale de la $\text{DBO}_5$	103
<b>Figure 07</b>	Variation Temporelle de $\text{NH}_4^+$	110
<b>Figure 08</b>	Variation Temporelle de DCO	111
<b>Figure 09</b>	Variation Temporelle de $\text{NO}_2^-$	116
<b>Figure 10</b>	Variation Temporelle de $\text{DBO}_5$	117

**PHOTOS**

<b><u>Photo N° 1</u></b> – Site d'étude ( Vue de saint- Eugène 1904)	P18.
<b><u>Photo N° 2</u></b> – Site d'étude ( Vue de Bab El –Oued 1909 )	P18
<b><u>Photo N° 3</u></b> – Secteur Ouest ( Plage R'mila).	P20
<b><u>Photo N° 4</u></b> – Le remblai ( Stade et station Ferhani).	P20
<b><u>Photo N° 5</u></b> – Secteur central ( Cordon en enrochement près de la R.N11).	P22
<b><u>Photo N° 6</u></b> – Secteur Est ( Plage, Complexe de la piscine El-Kettani ).	P22



# INTRODUCTION

## **I. INTRODUCTION :**

L'eau est une source stratégique limitée qui est non seulement indispensable à l'entretien de la vie sur terre , mais aussi d'une importance vitale pour tous les secteurs socio-économiques dont le développement engendre inévitablement la dégradation de la qualité des ressources hydriques .Les oueds et les cours d'eau reçoivent en permanence les rejets urbains et industriels chargés d'éléments chimiques et biologiques entraînant l'eutrophisation des ressources .

L'eau de la zone côtière est la partie de la mer la plus importante, du point de vue ressources nutritives mais aussi la plus soumise aux agressions de pollutions de différentes natures.

Le littoral des pays riverains de la Méditerranée subit de fortes pressions dues à un surpeuplement, et à des activités humaines résultant d'un développement rapide et incontrôlé. Dans notre cas ,on remarque que le littoral d'Alger est pratiquement touché par diverses pollutions et on constate une densité urbaine importante sur la côte qui déverse ses rejets dans les eaux marines et des usines qui rejettent leurs déchets industriels et contribuent à polluer le milieu sous l'effet des substances toxiques et corrosives.

D'autre part ,une partie importante des impuretés de l'eau est d'ailleurs indépendante de la volonté humaine : terre et matières organiques entraînées par lessivage des sols qui se retrouvent dans les rivières et les oueds et la salinité des eaux profondes dues à la dissolution des roches. A cette pollution naturelle ,s'ajoutent les apports de l'activité humaine :nitrates des engrais, phosphates des lessives, pesticides matières complexes des déjections humaines et animales ,produits chimiques organiques et minéraux déversés par les industries .

D'importantes activités industrielles polluantes sont donc concentrées sur le littoral où d'énormes quantités d'eaux usées non traitées et substances toxiques sont rejetées en mer. On relève la présence de métaux lourds dans les zones marines côtières et dans le sédiment marin .

En Algérie, le littoral atteint 1200 km de long où réside plus de 43 % de la population. La densité de la population littorale atteint les 281 hab./km<sup>2</sup> (Densité nationale moyenne de population est de 12.2 hab./km<sup>2</sup>). La grande partie des activités économiques et sociales en Algérie est située sur la frange côtière.

## INTRODUCTION

---

La concentration des usines et de la population dans les villes littorales provoque la *décadence de l'environnement*. Le transport des hydrocarbures par voie maritime constitue le point de convergence de nombreuses pollutions ; sans compter les cas d'accidents qui peuvent engendrer des pertes de produits chimiques ou toxiques. Le manque des stations de déballastage qui entraînent la vidange des hydrocarbures en pleine mer par les navires participe à son tour à la dégradation de l'écosystème.

L'inexistence et le manque de stations d'épuration entraînent le *déversement direct des eaux usées dans la mer*, ce qui aggrave de plus la situation de la pollution et conduit à des conséquences nuisantes et nocives .

Le principal but de notre travail est d'étudier la qualité des eaux marines et d'évaluer le degré de pollution selon certaines classes et indices pour des eaux chargées différemment .

Après cette classification , nous nous sommes intéressés à donner, selon chaque indice le nombre de paramètres physico-chimiques nécessaires pour caractériser une eau polluée. A chaque fois , nous avons comparé les résultats de chaque classe pour pouvoir donner des conclusions sur cette méthode d'étude .

Notre travail est structuré comme suit :

**Chapitre II** : consacré à des généralités et données bibliographiques.

**Chapitre III** : consacré aux méthodes et techniques d'analyses .

**Chapitre IV** : consacré aux résultats et discussion

- Une conclusion .



## CHAPITRE II

# GENERALITE ET DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

## II-GENERALITES ET DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES :

### II-1-Généralités sur la pollution :

Les études faites sur la pollution des eaux marines en Méditerranée étaient de façon générale le principal problème d'environnement qui se pose. Cette pollution a été attribuée au manque généralisé de système adéquat de traitement et d'évacuation des eaux usées domestiques et industrielles, aux déversements de pesticides et hydrocarbures et à la présence de micro-organismes pathogènes. (Lecomte, 1998).

La situation actuelle présente pour la santé un risque notable tel que plusieurs éruptions de choléra et des maladies dermiques. Elle influe beaucoup sur le bien être économique et social des pays. (El Khabar, 2001).

### II-1-1-Définition de la pollution

Provenant du latin polluere, mouiller puis souiller et rendre dangereux. (Larousse 1988). Le mot pollution veut dire souillure et profanation.

Dans le domaine marin ce terme désigne toute souillure du milieu sinon une profanation de ce domaine sacré de la vie. Pour l'organisation mondiale de la Santé OMS, la pollution peut être définie comme la dénaturation qui résulte d'une activité humaine et rend moins propre à l'usage auquel elle convenait dans son état naturel.

Le GIPM (\*) la définit comme étant une modification de l'équilibre naturel de la mer susceptible de mettre en danger la santé de l'homme, de nuire aux ressources biologiques, à la flore et la faune marine, de porter atteinte aux arguments ou de gêner toute autre utilisation légitime de la mer.

Cependant la définition qui est couramment acceptée par les organismes internationaux et qui souligne la nature multiple de la pollution provenant de l'activité humaine, est l'introduction par l'homme dans le milieu marin (y compris les estuaires) directement ou indirectement de substances ou d'énergies qui entraînent des effets délétères tels que dommages aux ressources biologiques, danger pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes y compris la pêche, diminution de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation, et réduction des possibilités offertes dans le domaine de loisir.

La pollution peut être définie comme une dégradation biologique du milieu naturel due à l'émission de déchets résultants des activités humaines.

La pollution n'est pas la seule cause de la dégradation du milieu marin ou biocénoses marines, mais d'autres voies de dégradations existent telles que : la sur-pêche et les aménagements mal calculés.(Hamzaoui,1983).

### II-1-2-Eaux de surface.

Toutes les eaux ont une origine atmosphérique. Lors de la formation de la terre, les océans se sont formés constituant ainsi un type d'eau de surface.

Les eaux souterraines sont formées par filtration des eaux tombées sur le sol, donnant naissance à des nappes d'eaux souterraines.

Les eaux douces superficielles se sont formées par ruissellement, et par drainage qui, finalement a stagné en un endroit précis.

L'eau dans la nature réalise un vaste cycle sous trois états : gazeux, liquide, solide et dans deux milieux : au-dessus et au-dessous du sol.(Houma,1997).

---

\*. GIPM : Groupe interministériel d'étude de problèmes de pollution de la mer.

Deux facteurs sont cependant nécessaires pour l'accomplir :

- Le soleil qui transforme l'eau en vapeur, sous l'évaporation et la transpiration des végétaux d'où le thème d'évapo- transpiration.
- La pesanteur est la cause des précipitations (pluie, grêle et neige), ce qui entraîne un écoulement sur la surface (cours d'eau, lacs, océans), puis un écoulement souterrain après infiltration des eaux dans le sol et le sous-sol, qui finalement peuvent rejoindre les étendues d'eaux libres continentales et océaniques, fermant ainsi le cycle.

L'ensemble des eaux de la biosphère, c'est à dire de notre espace vital constitue ce que l'on appelle l'hydrosphère où son volume total a été évalué à 1343 millions de Km<sup>3</sup>. L'hydrosphère est formée à plus de 90% par les mers et les océans qui occupent près de 71% de la surface terrestre, le reste des eaux liquides de l'hydrosphère est constitué principalement par les lacs, les fleuves et les rivières qui se trouvent à l'air libre sous terre ;leur volume est difficile à évaluer.

On appelle les eaux continentales les eaux que l'on trouve sur la terre immergée. Elles se présentent sous plusieurs formes : solides ou liquides, stagnantes ou mouvantes, superficielles ou souterraines.

### II-1-3- Sources de pollution

On peut identifier plusieurs sources de contamination de la mer :

- Rejets domestiques (eaux usées), les apports terrigènes.
- Les ports et les centres urbains, rejets en mer des navires (eaux de ballaster).
- Rejets industriels (centrales thermiques, raffineries).

(Bakalem,1981), (Houma,1997).

**II-1-4-Principaux types de pollution :**

La gravité des différentes pollutions qui peuvent affecter le milieu marin dépend :

- Du type de pollution (instantané ou permanent).
- Du milieu récepteur (ouvert, fermé, semi-fermé).
- De la nature et de la réactivité de la substance polluante (conservatrice ou non conservatrice).

Les types de pollution sont divers (Bellan et Perres 1994) ; on les regroupe selon leurs natures prédominantes.

**Tableau 1 : Types de pollution selon (Bellan et Perres 1994).**

<b>Pollution biologique</b>	<b>Pollution physique</b>	<b>Pollution chimique</b>
- micro organismes. -germes provenant des égouts. -introduction d'une espèce marine exogène.	Pollution thermique : rejet d'eau réchauffée ou refroidie. Rejet liquide de solide.	Déversement des substances chimiques : hydrocarbures, détergent, métaux lourds... etc.

**II-1-4-1- Pollution biologique.**

Le terme générique de microbe désigne couramment des bactéries et des virus pathogènes, organismes unicellulaires invisibles à l'œil nu, cette pollution conduit au phénomène d'eutrophisation qui peut à son tour provoquer une nouvelle pollution organique (pollution secondaire).

Les risques de la contamination des eaux par les bactéries et les virus sont dûs aux rejets dans les eaux , continentales ou littorales, de substances

organiques contenues dans les eaux usées urbaines ou industrielles, débris ménagers, matière fécale, papeteries, abattoirs, laiteries, fromageries.

A ces effluents, il convient d'ajouter également les déversements de nombreuses industries agro-alimentaires ( élevages agricoles, tanneries, boyauderies ...) qui constituent une source importante en pollution microbiologique.

Les virus les plus préoccupants pour la qualité de l'eau sont les entérovirus qui peuvent subsister des jours et des mois dans l'eau où ils pénètrent principalement par les rejets des égouts (symptômes variés : éruptions cutanées, gastro-entérite, hépatite virale ...)(Bellan et Perres,1994).

#### II-1-4-2- Pollution Physique :

Elle regroupe les matières solides ou en suspension quelque soit leurs natures, qui peuvent avoir une action de modification sur la qualité biologique du milieu marin par action mécanique : réchauffement d'eaux, et radiation ionisante de certaines industries (pollution thermique).

Nous pouvons citer la présence de matières colloïdales qui sont retenues par filtration.

Les eaux chaudes diminuent le transfert d'Oxygène atmosphérique vers l'eau et sa solubilité. (Aminot, 1992).

Les métabolismes phytoplanctoniques peuvent être perturbés car l'eau chaude inhibe leur photosynthèse. (Bellan et Perres,1994).

#### II-1-4-3- Pollution chimique

Elle regroupe l'ensemble des éléments toxiques dus à la présence de composés chimiques organiques ou minéraux et qui sont d'origines diverses (industrielle, agricole, domestique...) dont la toxicité peut être directe si elle

est limitée dans le temps et ne s'accumule pas dans les tissus des êtres vivants mais affectant la croissance, la reproduction, le comportement des espèces ; elle peut être chronique dans le cas où les produits toxiques ne sont pas dégradables et sont stockés dans les tissus des organismes marins.

Parmi les substances toxiques de bio-accumulation, nous pouvons citer :

- Les métaux lourds (Zinc, cadmium, Nickel, Mercure...)
- Les organo-métalliques (éthyle mercure, phénol mercure...)
- Les organo-chlorés (DDT, pesticide).

et les sels minéraux dissous (nitrates ,nitrites ,sulfates et chlorures ).

(Bellan et Perres,1994).

#### **II-1-5- Effets et limitation de la pollution :**

Ils dépendent du type de pollution, de l'agent polluant, des organismes victimes et de leur état général : ( âge, sexe, état de santé). On admet généralement que les effets sont beaucoup plus graves en milieu côtier qu'en pleine mer. Les écosystèmes peuvent être complètement déséquilibrés à la suite de disparition d'espèces sensibles et de prolifération d'espèces plus résistantes. A plus ou moins long terme, l'homme est touché par ces pollutions : empêchement à l'utilisation des zones polluées, interdiction de consommation d'organisme marins... Les coquillages (et autres filtreurs) concentrent les polluants par leur activité (très importante) de filtration. Les grands prédateurs en bout de chaîne alimentaire concentrent les polluants qui se sont accumulés à chaque maillon de la chaîne. Dans de tels cas, la pêche peut être interdite, la baignade également, selon la pollution décelée.

Aujourd'hui, les pollutions domestiques et industrielles sont relativement limitées par l'implantation obligatoire (circulaire européenne récente) de stations d'épuration relativement efficaces : (les réseaux de

surveillance, notamment le réseau *Posidonie*, ont mis en évidence, en plusieurs endroits, la nette amélioration de la qualité du milieu).

Il n'en demeure pas moins que la pollution reste le problème de chacun et qu'un petit effort personnel de comportement apporterait une contribution importante au confort et à la qualité de vie de tous.(Houma,1997).

#### II-1-6- Autres atteintes au milieu marin.

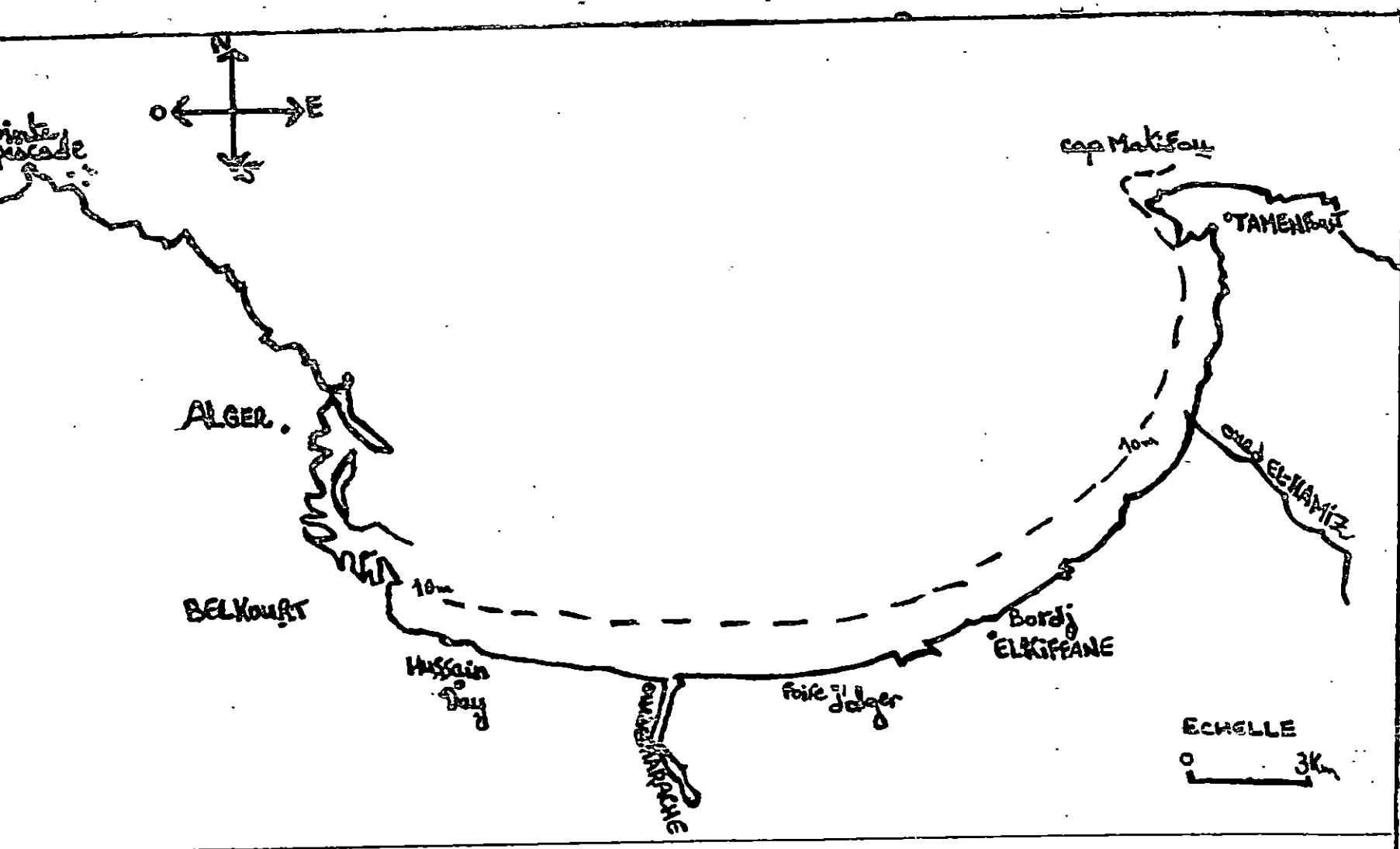
L'impact des constructions sur la mer (ports, plate-forme d'aéroport, parking ...) et sur les fonds marins peut être très important .10 % des petits fonds entre 0 et 20 m ont été ainsi définitivement recouverts ou endigués par des ouvrages.La sur-pêche et l'évolution du matériel (bateaux et treuils de plus en plus puissants), ainsi que la sur-fréquentation de certains sites ont également un impact très important sur le milieu et ses ressources ; d'où la création d'un déséquilibre écologique.(Houma,1997).

#### II-1-7- Problèmes à venir.

Le principal problème que rencontrent les gens qui essaient de traiter la pollution est sans aucun doute celui de l'explosion démographique. La concentration des populations dans les grands centres urbains (nombreux au bord de mer sur le bassin méditerranéen) obligera à la mise en œuvre de centrales d'épuration toujours plus importantes et toujours plus performantes. De plus, si les pays industrialisés ont pris, depuis quelques années, conscience de l'intérêt à préserver l'environnement, les pays de la rive sud de la Méditerranée commencent à adopter le mode de vie des pays plus riches, sans encore accorder trop d'importance à leur environnement. Le problème de la pollution étant d'ordre mondial (les polluants ne s'arrêtent pas aux frontières), nos pays doivent d'ores et déjà prévoir des coopérations

## GENERALITES ET DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

pour la gestion de ces problèmes, faute de quoi, les efforts déployés depuis quelques années n'auront servi, à long terme, à rien. (Houma, 1997).



CARTE N° 1: LA BAIE D'ALGER.

## **II-2- Présentation des sites d'études :**

### **II-2-1- Présentation du site 01 (Port d'Alger) :**

Le port d'Alger est situé sur le littoral Ouest d'une longue baie en forme de croissant constituant la baie d'Alger (*Carte N° 01*).

A l'Ouest les collines de Bouzaréah offrent une certaine protection contre les vents dangereux d'hiver provenant de l'Ouest et du Nord Ouest.(L.E.M).

#### **II-2-1-1-Situation géographique :**

Le port d'Alger se situe dans la partie Ouest de la baie d'Alger ses coordonnées sont :

- longitude 3°.4'
- Latitude 36°.46'

Le port d'Alger est entouré par la ville d'Alger (2 millions d'habitants); de ce fait, il reçoit les eaux usées d'une grand partie de la ville (**Bakalem et Romano, 1981**).

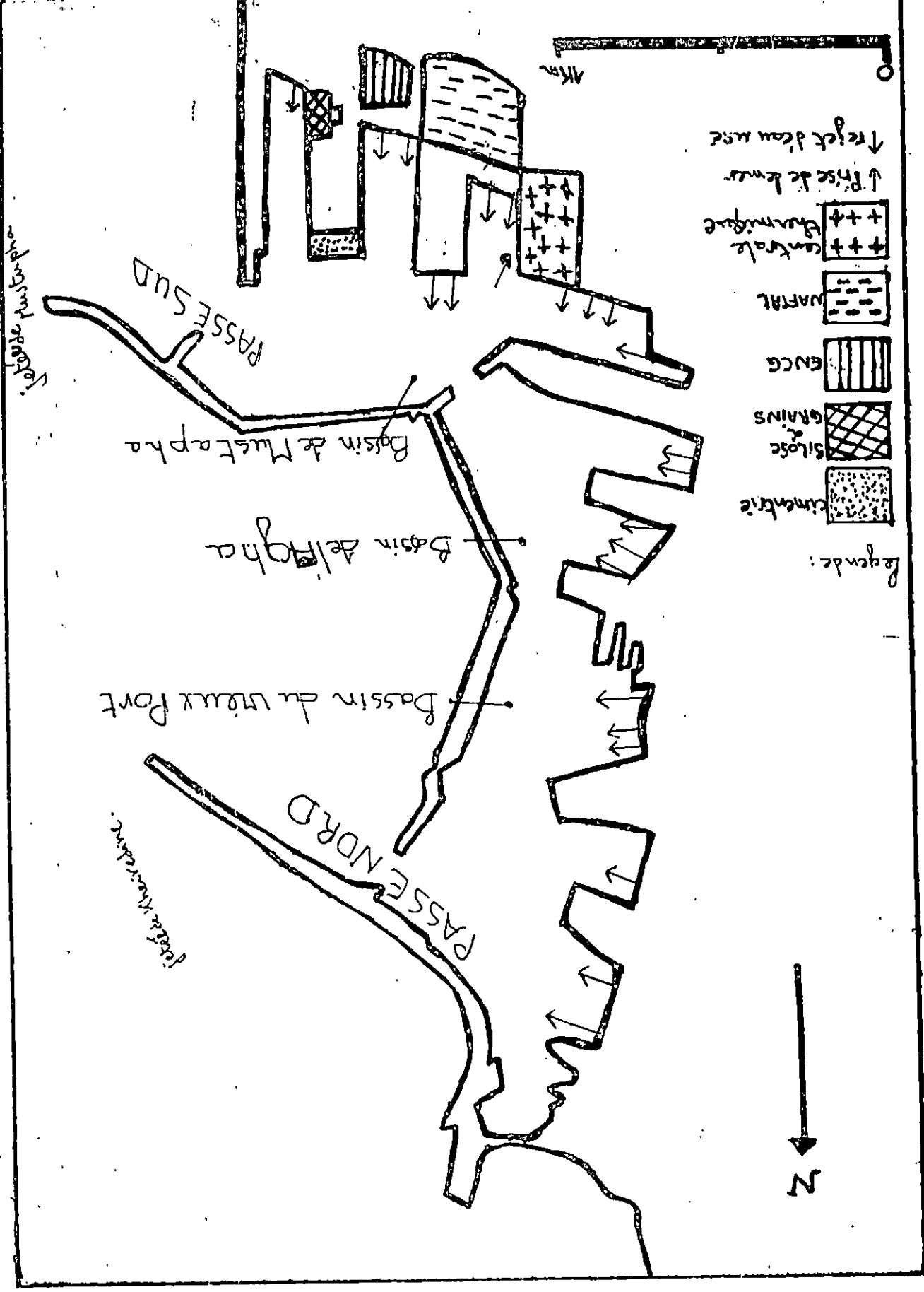
#### **II-2-1-2-Description de milieu :**

Le port d'Alger constitue un milieu semi-fermé , il s'étend sur une superficie de 184 hectares et comprend un port de pêche et un port de commerce. Le port se compose de trois bassins du sud au nord.

- Le bassin de Mustapha (75 HA).
- Le bassin de l'Agha (35 HA).
- Le bassin du vieux port (74 HA).
- Deux passes permettent la communication avec la mer.
- La passe sud : (176m de largeur et 22 m de profondeur), fait communiquer le bassin de Mustapha avec le large.

## GENERALITES ET DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

- La passe Nord (240m de largeur et 16m de profondeur) permet les échanges d'eau entre le vieux port et la baie d'Alger.
- Une grande brise lames s'étend parallèlement à la côte (jetées de l'Agha du vieux port et du Mustapha), et les deux jetées secondaires (la jetée Kheire-edine vers le Nord et la jetée Est)- offrent une meilleure protection au port.
  - Tous les quais principaux sont desservis par des voies ferrées, il existe plusieurs accès routiers menant au port et 2 accès maritimes ; la passe Nord et la passe Sud de profondeurs respectives de 12m et 13m.
  - A l'Ouest le bassin du vieux port dont la profondeur varie entre 12 et 15m est utilisé par les cargos de faible tonnage, les Ferry-Boats, les bateaux de pêche et les unités de la marine nationale.
  - Au centre le bassin de l'Agha dont la profondeur d'eau varie entre 10 et 11m est limité par le grand môle de *Bouloghine*, le môle à marchandise conventionnelle (le plus important ainsi que deux môles plus petits.)
  - A l'est le bassin de Mustapha, à profondeur d'eau à quai de 7 à 11m est limité par le môle de SKIKDA ainsi que le môle El-Hadjar. La passe de Mustapha est à une profondeur moyenne de 12m, le long du brise lames, où se trouvent également des postes d'amarrage pour pétroliers.(L.E.M).



**II-2-1-3-La pollution du port d'Alger :**

De nombreux égouts se déversent dans le port d'Alger de plus dans la partie sud sont implantées plusieurs unités industrielles (cimenterie, centrale thermique etc....)

L'augmentation constante du flux de pollution liée au développement urbain de l'agglomération algéroise et aux activités croissantes de son port entraîne au niveau du port d'Alger ( milieu semi-fermé), une détérioration du milieu dont les répercussions tant sur le plan qualitatif que quantitatif se font nettement sentir sur la macrofaune des fonds meubles (Bakalem et Romano,1981).

**II-2-1-4-Sources de pollution au port d'Alger : (Carte N° 02)**

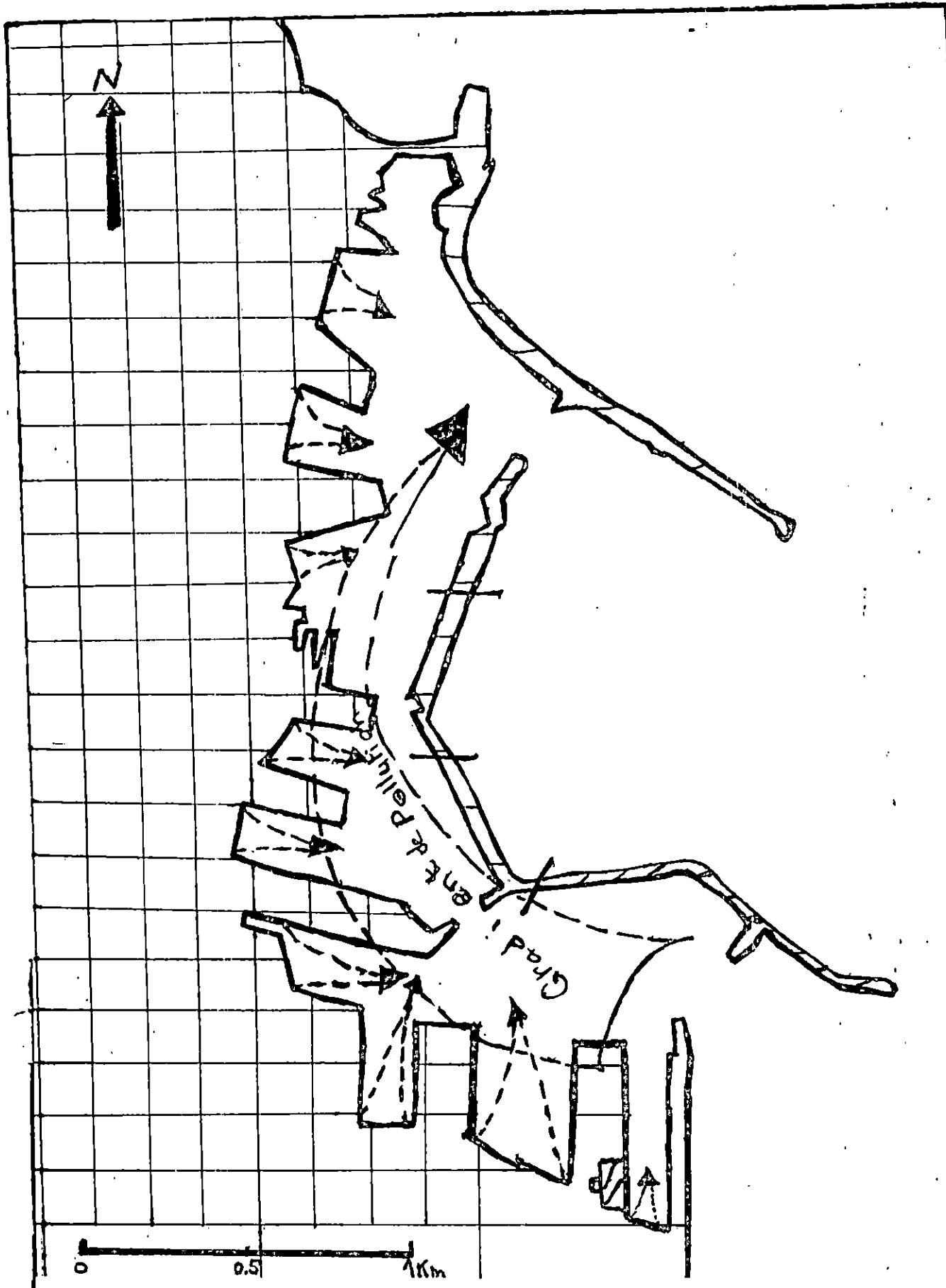
Au total, il y a 22 émissaires urbains qui aboutissent dans le port d'Alger et qui se répartissent comme suit :

- Le bassin de Mustapha : 11 émissaires urbains : sur les quais de ce bassin sont implantées des unités industrielles (huilerie, savonnerie, centrale thermique, dépôts d'hydrocarbures, silos de blé et cimenterie).

- Le bassin de l'Agha : 5 rejets s'y déversent, amenant les eaux usées plus les décharges du chantier naval.

- Le bassin du vieux port : 6 arrivées d'eau usée ; ces déversements sont des rejets des eaux usées urbaines et des résidus du chantier naval.

- Et il y a également 8 rejets d'origine domestique au niveau de la darse de l'Amirauté.(Bakalem,1981),(Hamzaoui,1983).



**II-2-1-5- La qualité d'eau de mer du port d'Alger :**

Les effets des rejets des produits de dragage sur la qualité de la colonne d'eau sont surtout négatifs sur la couche superficielle. (LEM)

*(Carte N° 03).*

La dérive du panache risque d'accroître la turbidité de la colonne d'eau sur une étendue dont la surface sera fonction de la direction et de la vitesse des courants, dans la mesure où les rejets seront étalés dans le temps. L'impact sur la qualité de la colonne d'eau sera réduit. Les paramètres physico-chimiques susceptibles d'être modifiés sont :

- *Augmentation momentanée de la DBO5*
- *Chute momentanée de la teneur en O2 dissous.*
- *Augmentation des matières organiques en suspension.*

Les polluants chimiques présents en petite quantité, seront trop dilués pour avoir des effets négatifs. (Tardat, 1992).

**II-2-1-6- Choix et localisation des sites.**

• **Port d'Alger :**

Les analyses effectuées dans le port d'Alger sont dépendantes des analyses physico-chimiques des stations qui couvrent toutes les parties intéressantes du port d'Alger.

**Po : au niveau du port ; P250m et P800 m : loin à 250 et 800 mètres du port.**



Photo N° 1 - Site d'étude (Vue de Saint-Eugène 1904)



Photo N° 2 - Site d'étude (Vue de Bab El-Oued 1909)

**II-2-2-Présentation du site 02 : (EL-KETTAND) :**

**II-2-2-1- Historique.**

Le Boulevard front de mer (*Padovani*) appartient à l'arrondissement urbain de *Bab -El-Oued*. Ce dernier est traversé par l'*Oued Mekssel*.

Pendant l'époque coloniale (avant 1890 ) notre Site (du carrefour de *Kettani* jusqu'au carrefour de *Ferhani*) était constitué d'une esplanade coupée à 400m par un ancien boulevard (*le boulevard Guillemin*)

Actuellement, le boulevard **Abderrahmane Mira** assure la liaison depuis Alger jusqu'à **Rais Hamidou**. (*Photo N° 01 , 02*)

Au milieu, il y a une belle plage, de 800m de longueur environ qui accueille des milliers de personnes de différentes catégories d'âge, venant des quartiers populaires de *Bab -El-Oued*, surtout en période estivale. (**Abd El Rahmane,2000**)

**II-2-2-2- Etat actuel des sites :**

Notre zone d'étude est représentée par trois secteurs :

**- Le secteur Ouest : (photo n : 03)**

Ce secteur est constitué d'une petite plage (*R'mila*) qui s'étend sur 70m de longueur et 15m de largeur avec une pente de 9%. A son extrémité ouest se trouve le remblai (*stade Ferhani* et la nouvelle gare routière).

(*Photo N° 04*).

**- Le secteur central : (photo n°5)**

Il se situe entre le secteur Est et le secteur Ouest et s'étend sur 400m de longueur

Il est constitué d'un cordon en enrochement de 40m de longueur et d'une largeur variant entre 15 et 20m qui protège la route *Abderrahmane Chabou* de la mer



**Photo N 3 - Secteur Ouest (plage R'mila)**



**Photo N°4 Le remblais (Stade et station Ferhani)**

**- Le secteur Est : (photo n°6)**

Ce secteur regroupe la plage (180m de longueur et de 20m de largeur), la piscine et le complexe touristique El-Kettani. Actuellement il subit plusieurs travaux d'aménagement.

On note la présence de nombreux collecteurs d'eaux usées de la ville de Bab El-oued qui déversent leurs eaux directement dans la mer ; cela implique des quantités importantes de polluants qui rendent la qualité des eaux de baignade très mauvaise. (Abd El Rahmane, 2000).

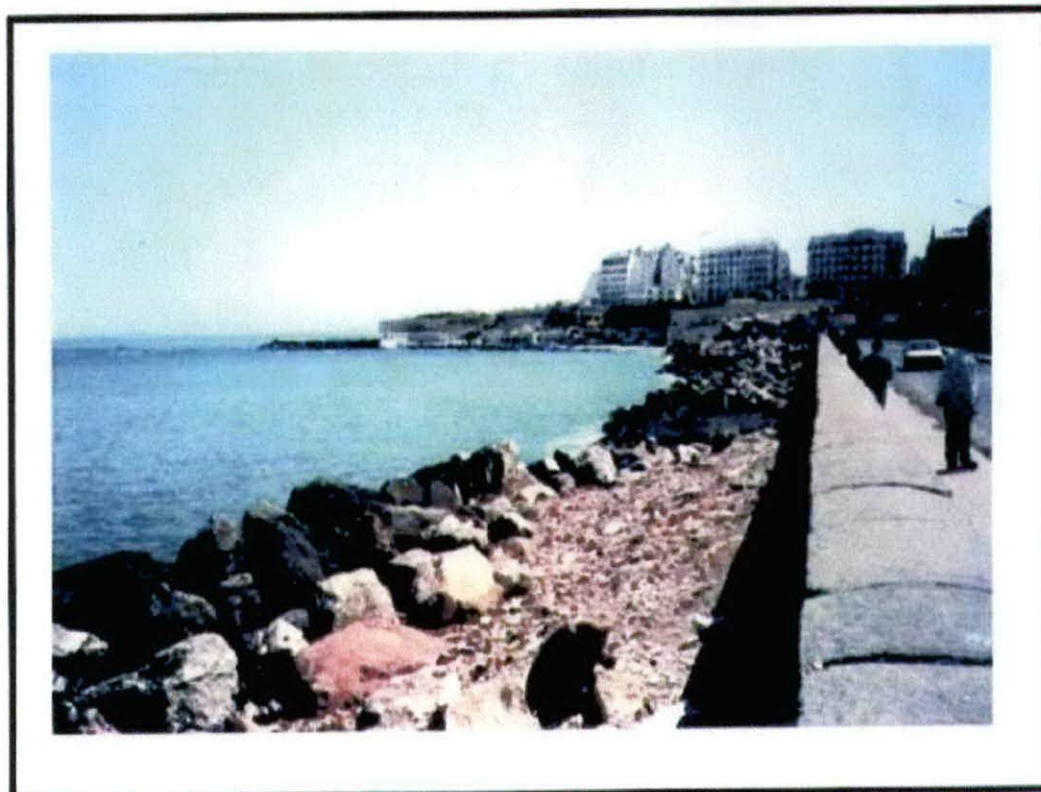


Photo N° 5 - Secteur central (Cordon en enrochement près de la R.N 11)



Photo N° 6 - Secteur Est (Plage, complexe et la piscine El-Kettani))

**II-2-2-3- Situation Géographique :**

Le secteur étudié Ferhani, El Kettani fait partie du 4<sup>ème</sup> arrondissement de Bab El Oued ; il s'étale du complexe d'El Kettani au stade Ferhani (*carte4*) il est limité :

- Au Nord par la Mer Méditerranée.
- A l'Ouest par le stade Ferhani.
- A l'Est par la pointe d 'El Kettani.

Le segment Ferhani –El Kettani a comme coordonnées géographiques :

**Longitude :** 03°03' 00'' –03°04' 00'' Ouest

**Latitude :** 36° 47' 30'' – 36° 48' 00'' Nord.(Abd El Rahmane,2000).

**II-2-2-4- Climatologie :**

En l'absence de station de mesures locales, nous avons recueilli les données météorologiques de la station d'observation météorologique de Dar El Beida.

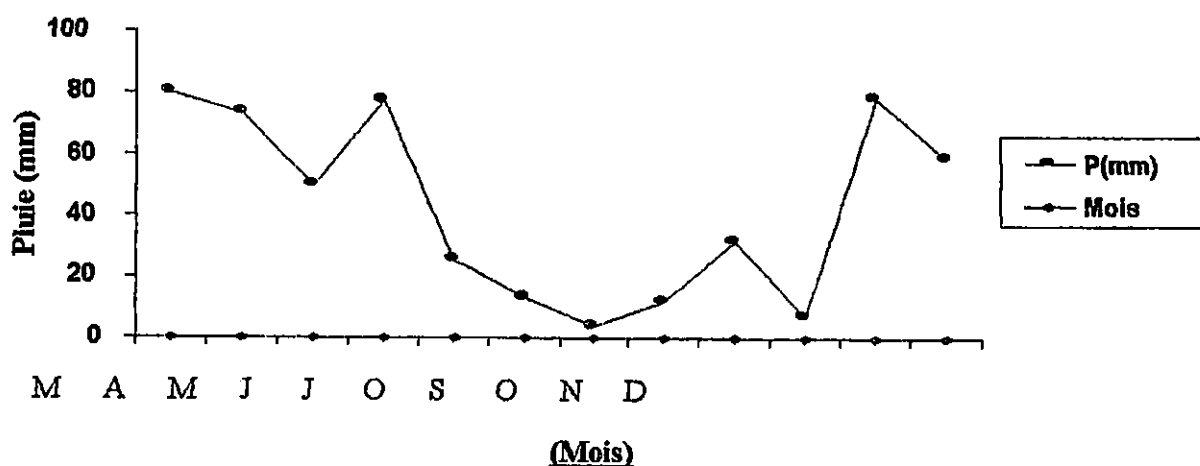
**-Précipitations :**

Les moyennes mensuelles des précipitations relatives à la période (1991, 1998) montrent que les pluies débutent en automne (de septembre à novembre) et s'accroissent en hiver (de décembre à février). A partir du mois de mars les pluies diminuent et deviennent insignifiantes pendant cette période .

**Tableau n°2 Moyennes mensuelles des précipitations à El Kettani**

**(1991-1998) (selon la station de Aïn Beïda)**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jin	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P(mm)	79.9	73.2	49.9	77.3	25.7	13.3	3.7	12.1	31.8	57.2	78.2	59.0



**Figure n°01 : Moyennes mensuelles des pluies (1991-1998)**

**(Selon la station de Aïn Beïda)**

**- Température :**

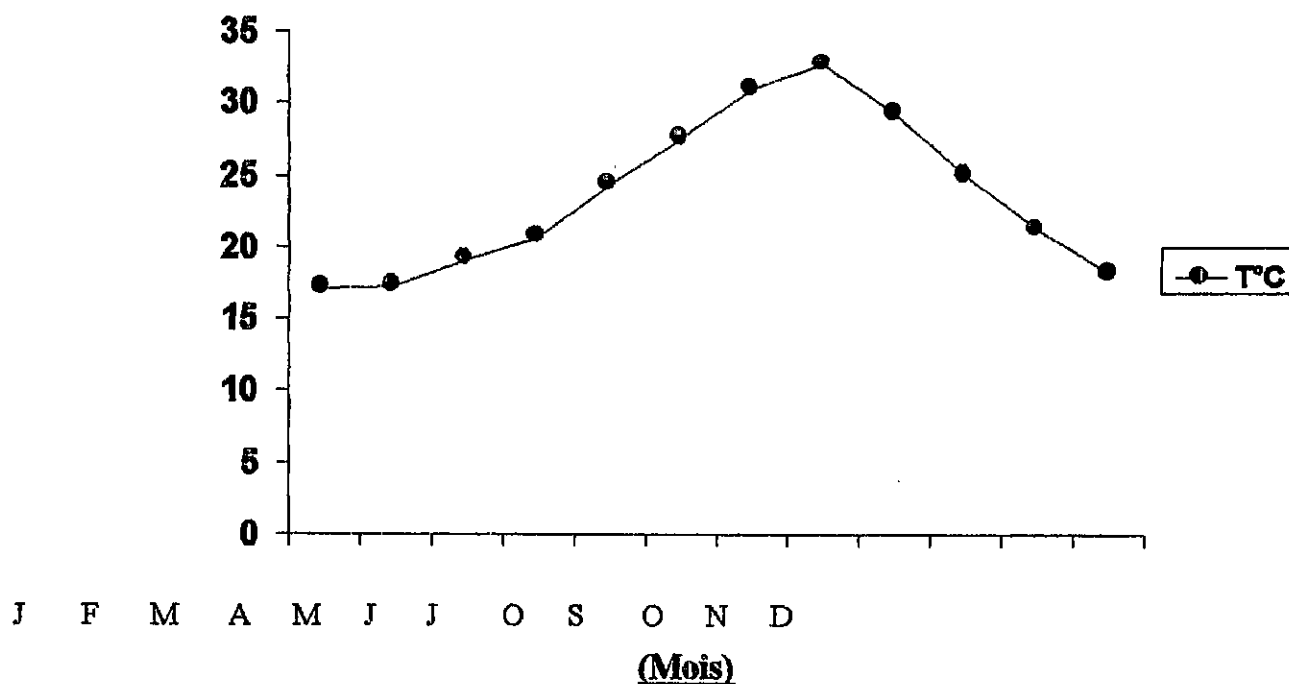
Les moyennes mensuelles des températures sont calculées à partir des mesures enregistrées pendant la même période 1991-1998.

La moyenne la plus élevée (32,7° C) est enregistrée au mois d'août et la plus basse 17,1°C au mois de janvier

**Tableau n°3 : Moyennes mensuelles des températures à**

**El Kettani (1991-1998) (Selon la station de Aïn Beïda)**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T°C	17.1	17.3	19.1	20.6	24.3	27.6	31	32.7	29.2	24.9	21.1	18.2



**Figure n°02 : Moyennes mensuelles des Températures (1991-1998)**

(Selon la station de Aïn Beïda)

**- Le vent :**

Le vent est un facteur climatique important. Influant sur les masses d'eau en produisant des mouvements en surface et en profondeur. (Armangau et Burkhalter, 1978).

**Tableau n°4: Les vitesses saisonnières des vents**

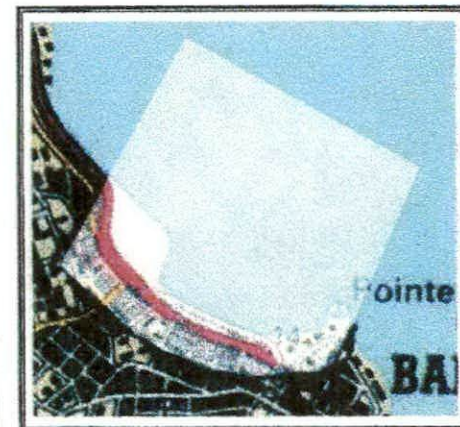
Saison	Direction référentielle	Vitesse
Automne	Ouest-est	22 à 33
Hiver	Ouest	> 34
Printemps	Ouest Est et Nord-est	22 à 33
Eté	Est et Nord-est	11 à 21

Source SSMO(1914-1970)



### CARTE N° 04

Situation géographique  
dans la zone d'étude  
(El-Kettani - Ferhani)



**II-2-2-5- Identification des sources de la pollution marine :**

On notera la présence de quatre grands collecteurs (*carte N°5*)

1°) *Deux collecteurs principaux* se situent à l'Est de notre segment Ferhani-El Kettani :

- Le collecteur de l'Oued Lazhar et Oued Mkassel.
- Le collecteur Nord.

2°) *Deux collecteurs secondaires* :

- Le Collecteur R'mila
- Le Collecteur MALAKOFF.

Ces collecteurs pourront toucher et affecter les deux plages EL-R'mila-El Kettani avec des vents favorables Nord-Est et Est.

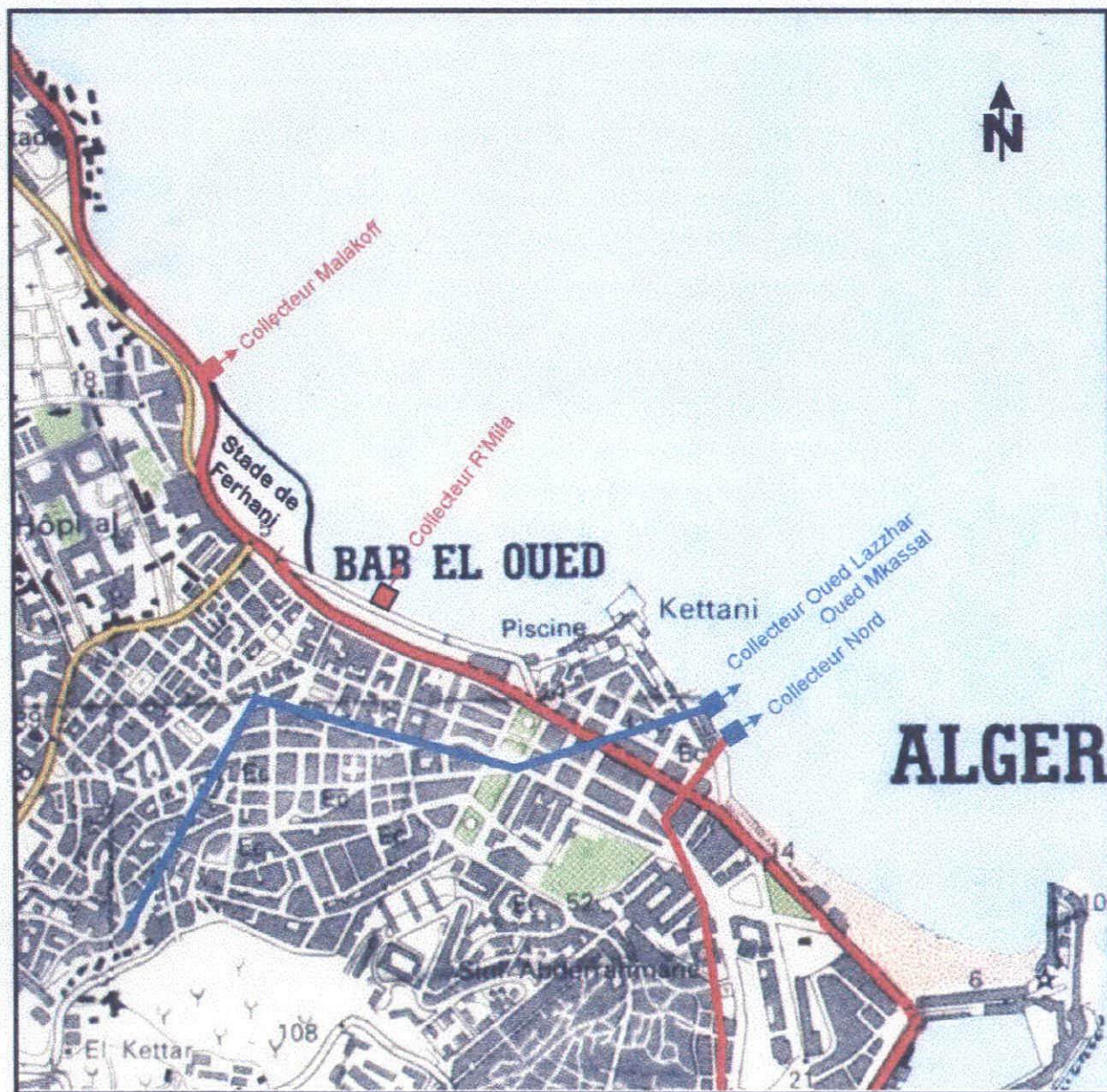
Dans le collecteur de l'Oued Mkassel, le débit est de  $5040\text{m}^3/\text{jour}$  et la charge de polluants de  $2927.772\text{Kg/j}$ ; l'estimation de rejet est :  $1032\text{ m}^3/\text{jour}$ .

(Abd El Rahmane, 2000)

**Tableau n°5 : Estimation de débit de l'Oued Mkassel.**

<b>Arrondissement</b>	<b>Pollution</b>	<b>Collecteur</b>	<b>Débit <math>\text{m}^3/\text{j}</math></b>	<b>Rejet <math>\text{m}^3/\text{j}</math></b>
Oued Korriche	52218	Oued Mkassel	5040	1032

Source Inspection d'environnement 2000



Carte N°05

Identification des sources  
de la pollution marine  
dans la zone d'étude  
(Kettani - Ferhani)

## Légende

Echelle :  $\frac{1}{25\ 000}$



Collecteur secondaire



Collecteur principal



Orientation

Source : D.H.W d'Alger

II-2-2-6- Choix et Localisation des sites.

●● ELKettani :

K0 : juste au niveau du rejet ; K5m : à cinq mètres du rejet ;

K40<sub>Ou</sub> ; K40<sub>E</sub> et K40<sub>N</sub> : à 40 mètres du rejet dans toutes les directions (Est, Ouest et Nord ).

K100 ; K150m ; K500m ; K900m : à 100 mètres de la côte ; 150m ; 500m et 900 mètres.

Le point échantillon de mer plus propre se situe à 1000 mètres de la côte .

II-2-2-7- Circulation générale des eaux en Méditerranée occidentale :

Etant très ouverte sur le large, la baie d'Alger est soumise à l'influence de la circulation dans le bassin algérien et dépend ainsi étroitement de sa variation.

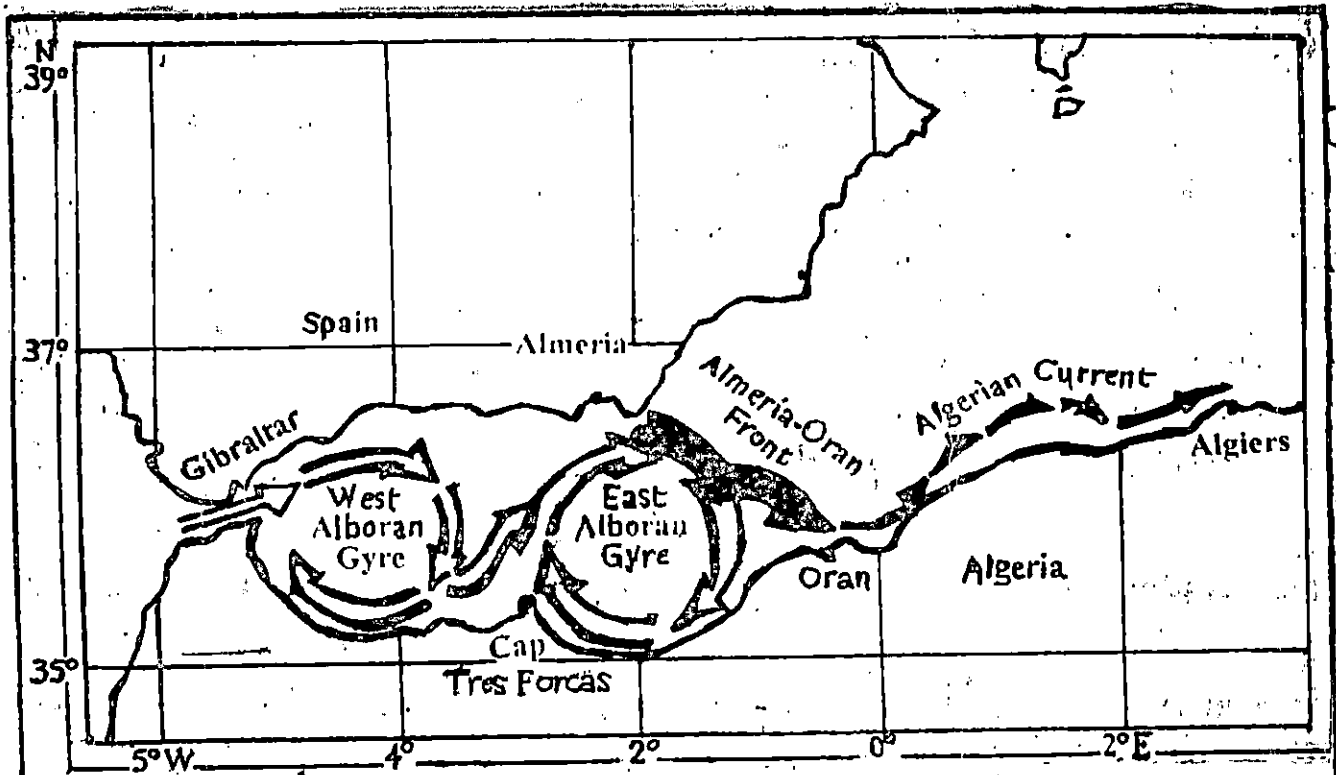
En mer d'Alboran, la circulation est composée de deux tourbillons permanents (Carte N°6 ). La veine Est du tourbillon oriental se matérialise par un front qu'on appelle le front Almeria Oran (Zône de discontinuité des caractéristiques hydrologiques), entre les eaux de surface de l'eau Atlantique et celles du reste de la Méditerranée (Folkard et al, 1994).

A la sortie de la mer d'Alboran, la circulation est en permanence dirigée des côtes espagnoles (Almeria 2°Ouest) vers les côtes Algériennes (Oran ≈1°w) et prend le nom de courant Algérien. Ensuite ce courant se dirige d'Ouest en Est.et, en longeant les côtes algériennes, il devient instable vers 2°E. Des tourbillons cycloniques et anti-cycloniques (diamètre ≈ 50Km) se forment et se développent en dérivant vers l'Est. Seuls les gyres

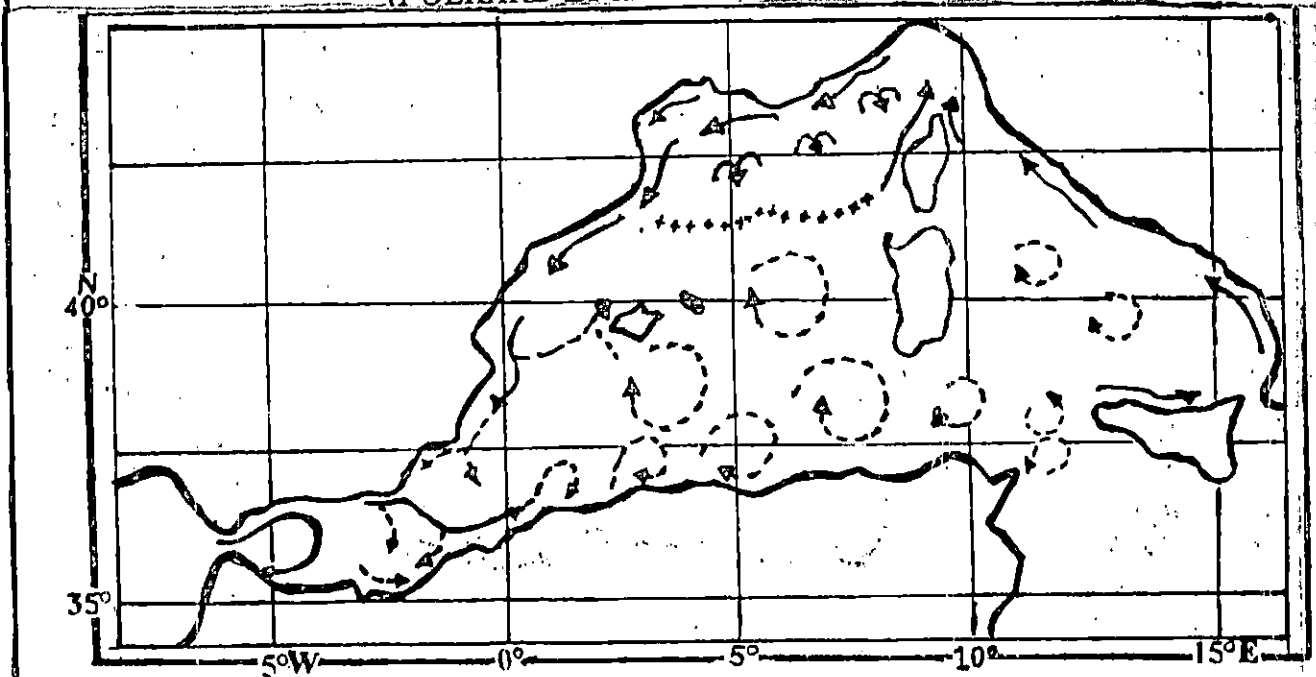
## GENERALITES ET DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

anticycloniques persistent (plusieurs mois) et continuent leur déplacement et leur développement vers l'Est (diamètre  $\approx 100\text{Km}$ ). A ces tourbillons sont associées des remontées d'eaux côtières "Up-Welling". (Milot, 1987).

Vers  $3-5^{\circ}\text{E}$ , cette dérive ralentit en raison du phénomène d'instabilité ; ainsi les gyres collés à la côte algérienne se détachent et certains se retrouvent proches de la partie continentale de Sardaigne, puis reviennent vers l'Ouest atteignant des diamètres  $\approx 200\text{Km}$ . Ensuite ils interagissent avec la veine du courant dénommé le «courant Nord » (Carte N° 7), en se dirigeant vers le Nord (Milot, 1985 et 1987). Dans le bassin Nord, le courant suit la côte de Provence (mer de ligure). Ce courant est marqué par une variabilité saisonnière contrairement au courant algérien.



CARTE N° 6 : DIAGRAMME DE LA CIRCULATION DES EAUX DE SURFACE EN MEDITERRANEE OCCIDENTALE (FOLKARD ET AL 1994).



- Courant de moyenne échelle durant l'année
- (---) Courants hivernaux de moyenne échelle
- Trajet plus ou moins permanents

CARTE N° 7 : CIRCULATION DE L'EAU D'ORIGINE ATLANTIQUE



METHODES ET TECHNIQUES D'ANALYSE

CHAPITRE III

## II - METHODES ET TECHNIQUES D'ANALYSE

### III-1-Echantillonnage et prélèvement d'eau :

#### III-1-1- Conditions du prélèvement :

Pour chaque mesure expérimentale, l'environnement et les conditions jouent un rôle primordial afin de minimiser au maximum les erreurs nuisant l'expérience.

Quelque soit la qualité d'une analyse, son résultat n'est valable que dans les conditions suivantes :

- L'échantillon d'analyse est bien représentatif de la masse d'eau considérée.
- Cet échantillon n'est pas altéré entre le mouvement du prélèvement et celui de l'analyse.
- Dans notre travail le canevas établi soigneusement pour chaque échantillon est :
  - 1- Date et heure du prélèvement.
  - 2- Précision et localisation du point d'eau .
  - 3- Origine de l'eau(source, puits, forage, rivière, lac, barrage etc.).
  - 4- Aspect particulier(couleur débris).
  - 5- Température à l'émergence et celle de l'atmosphère au moment du prélèvement, conditions météorologiques du moment (précipitation, vent, pression atmosphérique etc.).
  - 6- Nature géologique du terrain traversé aspect du milieu naturel.
  - 7- Cause de souillures permanentes ou accidentelles auxquelles l'eau paraît exposée (établissement agricole ou industriel, rejets de villes ou d'usines, puits perdu, cimetière etc.). (Rodier,1992), (Permo, 1981).

- Accorder au prélèvement et à la conservation des échantillons la même attention qu'à l'analyse elle-même !
- La séquence prélèvement échantillonnage -conservation- analyse constitue donc une chaîne cohérente pour laquelle l'analyse du milieu marin aura conscience de ne négliger aucun maillon.(Aminot,1983) (Tardat,1992).

### III-1-2- Echantillonnage :

Lors d'un échantillonnage, il faut tenir compte de l'instabilité des eaux à la fois dans le temps et dans l'espace, car les vents entraînent un soulèvement des sédiments, ce qui veut dire que les conditions météorologiques peuvent agir directement sur les résultats obtenus. Et puisque nous travaillons sur un site qui se trouve à côté d'un égout, il ne faut pas oublier que le contenu et les débits des eaux varient avec le cycle diurne et hebdomadaire des activités humaines(ménage, coupure d'eau).(Tardat,1992).

### III-1-3- Prélèvement et mode d'Echantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon est une opération très délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté.

Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier ses caractéristiques physico-chimiques (gaz dissous, matière en suspension, etc.).(Aminot,1983).

Etant donné que dans la plupart des cas, le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il faut que le releveur ait une connaissance

précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques.

Globalement, il est donc nécessaire :

- De mettre en place une organisation structurée.
- De disposer d'un personnel qualifié.
- De développer une méthodologie adaptée à chaque cas de procédure.
- De procéder à un choix judicieux des points de prélèvement.
- D'utiliser le matériel convenable.(Tardat,1992).

De toute façon, les résultats de l'analyse ne seront exploitables que si le prélèvement a un caractère représentatif.(Aminot,1983),(Rodier,1992).

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau. Dans le cas d'une nappe ouverte, la bouteille, après être rincée trois fois et après avoir subi un certain lavage, sera plongée à une certaine distance du fond (50cm) et de la surface, assez loin des rives ou des bords ainsi que des obstacles naturels ou artificiels, en dehors des zones mortes ou des remous, et en évitant la remise en suspension des dépôts.

Il existe des dispositifs permettant d'ouvrir les flacons à un niveau déterminé et ainsi de prélever l'eau en un point donné.

Le prélèvement instantané n'est pas reflet de la composition de l'eau, qui possède un caractère évolutif surtout vis-à-vis des phénomènes de pollution.(Rodier,1992).

Une meilleure appréciation de ces variations peut résulter d'une multiplication des prélèvements, mais ceci constituera une suggestion matérielle et financière.(Tardat,1992).

Le prélèvement en continu grâce à des dispositifs automatiques dont il existe de nombreux types dans le commerce, peut donner une représentation

moyenne de ces phénomènes, comme il existe dans le commerce des appareils spéciaux plus ou moins compliqués permettant d'effectuer des prélèvements représentatifs en fonction du temps et des débits (Rodier,1992).

Lors du prélèvement on peut ajouter un pré-traitement avant l'analyse et le transport, car il faut se préoccuper de la fixation de certains éléments à l'état de traces et les dispositifs filtrants.(Aminot,1983).

Pour faciliter le travail de l'analyste et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il convient d'étiqueter ou de numéroter les prélèvements, chaque flacon doit être accompagné d'une fiche signalétique permettant de rassembler les renseignements utiles au laboratoire ainsi que les observations relevées au cours des opérations.(Tardat,1992)

#### III-1-4- Choix du site :

Le site d'échantillonnage dépend des objectifs poursuivis : vérification des normes sur l'eau potable dans le réseau, caractérisation d'une rivière ou d'un effluent industriel, recherche d'une source de contamination etc. Et afin de vérifier les seuils de pollution de cette zone littorale et essayer de faire comparaison avec d'autres zones littorales de différents sites algériens, pour fixer les critères chimiques indicateurs de pollution. On essaye de leur donner une norme concrète. (TARDATE, 1992).

#### III-1-5-Types d'Echantillons :

On distingue plusieurs types d'échantillons :

- Un échantillon ponctuel est prélevé à un seul endroit et à un seul instant donné. Il ne renseigne donc absolument pas sur la variabilité de l'eau. Il

suffit cependant pour l'analyse sommaire d'une eau relativement stable ou pour le contrôle des bassins.

- Un échantillon continu est généralement associé à une mesure en continu comme celle du pH de la turbidité ou de la teneur en oxygène dissous. Souvent les résultats sont enregistrés et l'on obtient ainsi les variations de ces valeurs dans le temps et même dans l'espace si l'on dispose de plusieurs postes d'échantillonnages.
- Un échantillon périodique est prélevé à différents intervalles de temps (1heure, 4heurs, 1jour etc.), selon par exemple le point de débit ou les cycles d'activités). Ou doit souvent se servir d'un échantillonneur automatique et effectuer par la suite un grand nombre de mesures.(Gelsi,1943).
- Un échantillon composé permet de réduire le nombre d'analyses en effet. On mélange les échantillons périodiques pour former un seul échantillon moyen : les plus communs sont ceux composés sur 24 heures (les bouteilles doivent donc être conservées sur de la glace).  
Si l'on mélange des volumes constants l'échantillon est dit non pondéré. Si par contre les volumes sont fonction du débit au moment de leur prélèvement, l'échantillon composé est pondéré et la composition moyenne reflète mieux la réalité.
- Un échantillon intégré est un mélange de plusieurs échantillons prélevés sensiblement au même moment mais en des endroits différents à diverses profondeurs par exemple.

L'étude approfondie d'un cours d'eau ou d'un lac nécessite des prélèvements multiples selon un quadrillage prédéterminé, il en va de même pour les études des effets d'un déversement : les échantillons doivent être

prélevés à différentes distances du point de rejet, ou encore à un endroit donné, mais à des intervalles de temps variables à partir du moment du rejet. (Monique Tardat Henry, 1992).

### III-1-6-Techniques de Prélèvement :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. (Rodier, 1992).

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (Gaz dissous, matières en suspension etc.).

Au moment du prélèvement pour l'analyse chimique, les flacons doivent être rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord.

L'usage de flacons en matière plastique est assez largement répandu, en raison des facilités qu'ils présentent pour le transport et de la possibilité de leur usage unique, leur nettoyage étant délicat, leur réemploi poserait des problèmes de contaminations résiduelles. (Aminot, 1983), (Rodier, 1992).

Avant de procéder aux opérations analytiques, il est essentiel que toutes les dispositions soient prises pour que les résultats donnent bien une représentation exacte de la composition de l'eau.

Le jugement et l'expérience de l'analyste auront donc une très grande importance pour préciser l'origine de la turbidité, en définir les opérations ultérieures à pratiquer.

- Les eaux de surface et de certains captages peuvent donner lieu à des prélèvements ayant une turbidité marquée, que celle-ci soit pré-existante au moment du prélèvement ou qu'elle soit développée à la suite de phénomènes secondaires.

De toute façon, en présence d'une turbidité significative, les résultats analytiques pourront être faussés par le manque d'homogénéité du prélèvement même après remise en suspension par la difficulté des mesures calorimétriques, gravimétriques, etc. Il sera alors nécessaire de séparer les matières en suspension.

Les prélèvements peuvent être manuels ou mécaniques dans le cas des robinets, des puits et des sources pompées ; il faut vidanger soigneusement les conduites pour que l'échantillon soit réellement représentatif de l'eau étudiée. (TARDAT,1992)

Les bouteilles d'échantillonnage doivent être rincées plusieurs fois avec l'eau à prélever, à moins qu'elles ne contiennent un agent préservatif. Afin d'éviter la dissolution ou l'évaporation de gaz, on submerge le boyau dans le récipient (ou on remplit celui-ci par le fond), on laisse déborder largement puis on bouche le contenant plein à ras bord.

Ces même bouteilles doivent être en plastique ou mieux en verre et non de fer pour éviter toute oxydation. Elles doivent être brunes et conservées à l'abri de la lumière. (TARDAT,1992) ; (RODIER,1992).

### III-1-7-Echantillonneurs :

L'échantillonneur le plus simple est constitué d'une bouteille installée dans un porte bouteille lesté. Dans le cas des gaz, par exemple pour l'oxygène dissous, on emploie un échantillonneur spécial à l'intérieur duquel est placée une bouteille à DBO qui se remplit par le fond.(Aminot,1983),(Rodler,1992),(Tardat,1992).

Pour les échantillons multiples ou composés on utilise un échantillonneur automatique alimenté par des batteries ou par le secteur ; on peut régler le

nombre et la fréquence des prélèvements et leur volume peut être proportionnel au débit.(Tardat,1992).

### III-1-8- Choix des contenants :

Les échantillons sont prélevés dans des contenants en matière plastique.(Aminot,1983), ou en verre.

Le verre et surtout le *Pyrex* ont l'avantage d'être faciles à nettoyer et à stériliser. Bien que relativement inerte, le verre contient cependant de la silice du sodium, du calcium parfois l'Al ou d'autres cations susceptibles de passer en solution. De plus, il est attaqué en milieu fortement basic. On l'évite donc lorsque le pH est élevé(supérieur à 11) et pour les mesures de conductivité de teneur ionique globale, de silice de dureté et de certaines cations métalliques.(Tardat,1992).

Les bouteilles de matières plastiques sont généralement en polyéthylène ou en polypropylène et résistent bien aux agents chimiques (sauf à certains solvants organiques) elles sont plus difficiles à nettoyer et parfois supportent mal les hautes températures nécessaires à la stérilisation. Leur avantage majeur est d'être beaucoup moins fragile que les récipients en verre.

Le nombre de contenants à prévoir dépend bien sûr, du nombre des analyses mais aussi des divers modes de préservation et du niveau de contrôle de qualité recherché : en effet celui-ci fixe le nombre de sous-échantillons nécessaires si l'on veut effectuer les analyses en double ou en triple par exemple.(Rodier,1992).

**III-1-9- Nettoyage des contenants.**

Le nettoyage ou la stérilisation des contenants (et des bouchons) est généralement assuré par le laboratoire. Ainsi pour l'analyse des métaux, le contenant doit être lavé, rincé trois fois à l'eau du robinet, une fois à l'acide chronique, puis trois fois à l'eau du robinet, une fois à l'acide nitrique, (1+1), et finalement trois fois à l'eau distillée ultra pure.

Pour l'analyse des phénols, le contenant est lavé trois fois à l'eau du robinet, une fois à l'acide chronique, trois fois à l'eau distillée, deux fois à l'hexane. Ensuite on le fait sécher au moins une heure au four à 360°C.(Tardat,1992).

**III-1-10- Techniques de filtration.**

Il faut souvent séparer dès le prélèvement, les matières en suspension des matières en solution. Le système de filtration sera nettoyé de la même manière que les contenants et emballé dans des sacs de polyéthylène scellés. Les filtres seront transportés dans des boîtes de pétri.(Tardat,1992).

**III-1-11- Identification, expédition.**

L'échantillon doit être parfaitement identifié et porter le lieu, la date, l'heure du prélèvement, le type d'échantillonnage, le nom de l'expérimentateur, la nature et la quantité d'agents de préservation s'il y a lieu.(Rodier,1992),(Tardat,1992).

Au moment du prélèvement, il est bon de noter toutes les circonstances plus ou moins anormales :

Dégagement d'odeurs, vent dominant, précipitation, etc. Il faut également consigner sur une carte ou un graphique les emplacements exacts des prélèvements surtout s'ils sont nombreux.

On doit indiquer clairement au laboratoire les analyses demandées et préciser les méthodes choisies. S'il y a risque de contestation ou s'il s'agit de vérifier l'application de la réglementation, l'échantillon, scellé, doit porter une feuille de route qui sera datée et signée par chaque intervenant (responsable du prélèvement, transporteur, réceptionniste, chimiste, etc.).

Dans tous les cas l'emballage doit être assez soigné pour éviter tout bris ou renversement. Il est important de prendre des ententes avec le laboratoire pour fixer les modes de préservation et les dates limites d'analyse.(Tardat,1992).

### **III-1-12- Risques de contamination.**

- Le simple contact des doigts avec le matériel après stérilisation peut provoquer une contamination qui risque de falsifier tous les résultats obtenus.
- Les travaux sur un bateau augmentent le taux de contamination lors de l'échantillonnage.
- Les peintures anti-salissures émettent des micro-polluants minéraux et organiques.
- Les eaux de refroidissement des moteurs sont chargées de métaux.
- Les eaux de vidange contiennent des hydrocarbures. Afin de diminuer ce risque, il faut faire le prélèvement à l'avant du bateau lorsque ce dernier est en marche avant très lente.(Tardat,1992).

METHODES ET TECHNIQUES D'ANALYSE

**Tableau n° 06 : Caractéristiques des conditionnements appropriés  
pour les échantillons de l'eau de mer (Aminot, 1983)**

(En majuscules : matériau à utiliser impérativement ou de préférence.

Entre parenthèses : utilisable dans des conditions restrictives).

Paramètre	Matériau	Bouchage	Volume
Salinité	VERRE (plastique)	Conseillé : à pression avec joint caoutchouc	100-250 ml
PH	Plastique ou verre	Large ouverture	50-100 ml
Oxygène dissous	VERRE transparent	Rodage normalisé	50-250 ml
Sels nutritifs ensemble (nitrate+nitrite+ammonium+phosphate+silicium)	PLASTIQUE	A vis. Sans joint	Auto. : 100 ml Manu. : 500 ml
Ammonium	VERRE	A vis. Polyéthylène Sans joint	100 ml
Nitrite	Plastique ou verre	A vis. Sans joint	100 ml
Nitrate	Plastique ou verre	A vis. Sans joint	200 ml
Phosphate	VERRE ou plastique	A vis. Sans joint	200 ml
Silicium	PLASTIQUE	A vis. Sans joint	100 ml
Turbidité	Plastique ou verre	Normal	50-100 ml
Matière en suspension	Plastique ou verre	Normal	0.1-5l
Chlorophylle	Plastique ou verre	Normal	0.1-5l
Carbone organique particulaire	VERRE ou plastique	Polyéthylène	0.5-10l
Mercure	VERRE Pyrex	A vis. Joint Téflon	250-500 ml
Métaux autres que mercure	Téflon, polyéthylène ou polypropylène	A vis	0.25-1l
Fluorure	Polyéthylène	Normal	100 ml
Détergents	polyéthylène	Normal	100 ml
Hydrocarbures	VERRE	A vis. Joint Téflon	1-2l

### **III-1-13-Conservation des échantillons.**

Plusieurs transformations (physique, chimique ou biologique) peuvent se produire entre le prélèvement et l'analyse, et falsifier tous les résultats.

- Fuite de gaz dissous( $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ ) ou inversement, dissolution des gaz atmosphériques ( $\text{O}_2, \text{CO}_2$ ).
- Précipitation de substances peu solubles (dûe aux changements de  $T^\circ$  et de pH et plus généralement, déplacement de l'équilibre.)
- Absorption sur les parois du contenant ou inversement dissolution du verre.
- Photosynthèse par les algues microscopiques à cause de la lumière.
- Oxydation chimique des réducteurs ( $\text{Fe}^{++}$ , cyanures... etc.) ou réduction des oxydants (cl,  $\text{O}_3$ , Etc.).
- Réaction d'hydrolyse (formation d'hydroxydes métalliques) ou transformation des poly-phosphates en orthophosphates.
- Afin de conserver les échantillons des précautions particulières doivent être prises, est l'ajout de quelques agents chimiques est obligatoire pour éviter certaines interférences au moment de l'analyse.
- Les échantillons doivent être réfrigérés à la température de  $4^\circ\text{C}$  ou congelés à  $-20^\circ\text{C}$  directement après prélèvement.  
(Aminot,1983),(Rodier,1992) ,(Tardat,1992).

### **III-2-Recherche et détermination des paramètres de qualité de l'eau :**

#### **III-2-1-Recherche des paramètres physico-chimiques :**

##### **III-2-1-1-Le taux d'oxygène dissous :**

L'oxygène est un gaz incolore, inodore et sans saveur, de densité 1.105, et qui se liquéfie à  $-182.96^\circ\text{C}$ . C'est l'élément chimique (O), de numéro atomique 8 et de masse atomique 15.9994.

L'oxygène a été découvert par Schele, Priestly, indépendamment l'un de l'autre, en 1771 et 1774. A partir de 1775, Lavoisier montra qu'il existait dans l'air et dans l'eau, et fit ressortir son rôle dans la combustion et la respiration.

C'est l'élément le plus abondant du globe terrestre. Il existe à l'état libre dans l'atmosphère et il forme 8/9 de la masse de l'eau. (Le petit Larousse, 1997).

L'oxygène moléculaire dissous est un paramètre important du milieu, qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques ;(Riley,1975),(APHA ,1971).

La concentration en oxygène dissous est la résultante des facteurs physiques, chimiques et biologiques suivants (Rodier,1992).

**- Facteur physique :**

Les échanges à l'interface air-océan, sont souvent aussi importants que la concentration, le pourcentage d'oxygène par rapport à la saturation constitue un élément nécessaire à l'étude d'un système aquatique.

La dissolution de l'oxygène dans l'eau dépend de la pression atmosphérique, de la pression de vapeur saturante, de la température, de la salinité et de l'effet de houle.(Rodier,1992).

**- Facteur chimique.**

Diffusion et mélange au sein de la masse d'eau, la solubilité de l'oxygène est de 9mg.L en eau pure à 20°C. L'accroissement de la salinité réduit la solubilité à 1.4mg.L<sup>-1</sup> pour une température de 28°C et une salinité de 35‰ .

Pour une valeur donnée de chacun de ces paramètres, la solubilité maximale de l'oxygène dans l'eau est appelée «saturation».

Tout procédé exclusivement mécanique d'échange eau-atmosphère, tel que l'effet du vent ou de la houle, le ruissellement, le bulbage, tend à porter l'eau à son niveau de saturation en oxygène, que l'eau soit initialement en sous-saturation ou en sur-saturation.

L'état de sous-saturation et de sur-saturation ne peut donc être réduit que par les phénomènes physico-chimiques et biologiques(sous-cités). Ces derniers ne sont parfaitement étudiés que pour la connaissance du niveau de saturation.

L'oxygène est aussi utilisé dans les phénomènes de photo-oxydation et dans les réactions d'oxydation chimique.

La nitrification de l'azote ammoniacale est une source importante de déficits en oxygène.

Dans les estuaires, (des zones d'accumulation de débris carbonés en décomposition), les milieux peuvent devenir totalement anoxiques.(Rodier,1992).

#### - Facteur biologique.

L'oxygène est utilisé par les organismes aquatiques pour la respiration (ce qui inclut au sens large la dégradation bactérienne des matières organiques) et même pour la nitrification (Rodier,1992).

Production in situ par la photosynthèse : en zone eutrophe, des développements importants de phytoplanctons peuvent engendrer des sur-saturations alternantes 150 voir 200% (Aminot,1983).

#### - Facteur anthropique.

La Pollution par le rejet de l'eau chaude industrielle crée un choc thermique, favorise le développement d'algues et provoque une sur-saturation.

Les eaux usées minérales sont caractérisées essentiellement par les matières en suspension et les sels minéraux, ainsi que les eaux usées domestiques et les rejets agricoles.

**Tableau A : Solubilité de l'oxygène (Rodier,1992).**(Voir annexe).

L'analyse de l'oxygène dissous est le test clé pour le contrôle d'une eau polluée ou pas, à condition qu'il n'y ait aucune source d'erreur ou d'interférence (aucun barbotage, pas de pénétration d'air dans le flacon et respect des conditions de réactifs et leurs proportions).(Rodier,1992), (Gelsi,1943).

### III-2-1-2- Demande chimique en oxygène : DCO

La demande chimique en oxygène DCO est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies.(Rodier,1992).

En fait, la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentées dans l'eau, quelque soit leur origine organique ou minérale (fer ferreux, nitrites, ammonium, sulfures et chlorures). Ce test est particulièrement utile pour l'appréciation du fonctionnement des stations de traitement.(APHA,1971).

La DCO est en fonction des caractéristiques des matières présentes, de leur proportion respective, et des possibilités de l'oxydation...etc. (Aminot,1983).

La reproductibilité des résultats, et leur interprétation ne pourront être satisfaisantes que dans des conditions méthodologiques bien définies et strictement respectées. Dans la technique, le rôle du catalyseur est de faciliter l'oxydation, mais celle-ci n'est cependant pas totale en présence de

composés organiques stables(urée, pyridine, dérivés aromatiques, etc.). La fiabilité de la technique est très discutée en présence de chlorures.

Il est souhaitable de faire des prélèvements dans des récipients en verre. Ceux en plastique peuvent amener à une contamination organique.

La détermination de la DCO doit être faite rapidement après en prélèvement représentatif et homogène.

Pour conserver l'échantillon, il faut l'acidifier par l'acide sulfurique à pH=2.(Rodier,1992).

### III-2-1-3- Demande biochimique en oxygène : DBO

Le test de la demande biochimique en oxygène a constamment fait l'objet de discussions. Amélioré et précisé, dans des conditions de pH, de température, de salinité bien déterminée, ce paramètre est cependant un moyen valable de l'étude des phénomènes naturels de destruction des matières organiques.

Le caractère biologique de la méthode augmente les difficultés d'application, d'interprétation des résultats et même de la reproductibilité. Sous l'action de la phase logarithmique de croissance, la courbe de consommation d'oxygène est d'abord faible puis s'élève rapidement jusqu'à un plateau.(APHA,1971),(Rodier,1992).

L'oxydation des matières organiques n'est pas le seul phénomène en cours, il faut y ajouter l'oxydation des nitrites et des sels ammoniacaux ainsi que les besoins dans les phénomènes d'assimilation et lors de la formation de nouvelles cellules.

Des variations se produisent aussi suivant les espèces de germes, leur concentration et leur âge, la présence de bactéries nitrifiantes et de protozoaires consommateurs d'oxygène se nourrissant de bactéries.

En outre, au cours des catabolismes, les réactions de décarboxylation ; d'hydrolyse, d'hydratation, et de dismutation ne se traduisent pas par une consommation d'oxygène. Par contre, l'oxygène intramoléculaire peut être employé à des fins métaboliques ; il résultera alors une minoration de l'oxygène mesuré.

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles. Son pouvoir d'auto-épuration, est d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration (Rodier,1992).

#### III-2-1-4-L'azote ammoniacal. $\text{NH}_3$ & $\text{NH}_4^+$

L'azote ammoniacal se présente sous deux formes en solution : l'ammoniac  $\text{NH}_3$  et l'ammonium  $\text{NH}_4^+$  dont les proportions relatives dépendent du pH, de la température et de la salinité.(Aminot,1983).

**Tableau B : Pourcentage d'ammoniac non ionisé  $\text{NH}_3$  par rapport à l'azote ammoniacal total( $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$ ), en fonction de la température, de la salinité et du pH. (Aminot, 1983). (Voir annexe)**

Dans les eaux marines et estuariennes, l'ammonium est très prédominant. C'est pourquoi ce terme est souvent employé pour désigner l'azote ammoniacal.

Comme la forme toxique est  $\text{NH}_3$  pour la vie aquatique, les concentrations d'azote ammoniacal peuvent s'élever à plusieurs dizaines de micromoles par litre sans que le seuil de toxicité ne soit atteint, si le pH et la température restent dans certaines limites.

La décomposition bactérienne des composés organiques azotés produit l'azote ammoniacal qui est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes. (Jacques et Treguer, 1986).

Les concentrations sont très variables en fonction du lieu et de la saison. En eaux côtières non polluées et en milieu océanique, les concentrations sont généralement inférieures à  $1 \mu\text{mol.L}^{-1}$ . Les eaux profondes ne contiennent pas d'ammonium, celui-ci ayant été oxydé, excepté en milieu anoxique : Mer Noire par exemple, jusqu'à  $100 \mu\text{mol.L}^{-1}$ . Dans les estuaires, les concentrations augmentent traduisant ainsi l'influence des rejets urbains ou agricoles.

Au fur et à mesure que nous nous approchons d'un émissaire urbain, les concentrations peuvent atteindre plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines de micromoles par litre.

Dans ces conditions, l'ammonium devient un bon traceur de la pollution urbaine. (Aminot, 1983).

### III-2-1-5- L'azote nitreux.

Pendant le cycle de l'azote, les ions nitrites se trouvent comme un intermédiaire relativement fugace entre l'azote ammoniacal et les ions nitrates. Les concentrations généralement trouvées dans les eaux naturelles, douces, saumâtres et marines, vont de zéro à quelques micromoles par litre d'azote nitreux.

Dans les eaux océaniques, les concentrations sont extrêmement basses (souvent moins de  $0.1 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ), Par rapport aux eaux côtières, elles sont de l'ordre de  $0.5$  à  $1 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , en hiver et peuvent chuter à moins de  $0.01 \mu\text{mol.L}^{-1}$  en été, suivant ainsi le cycle d'utilisation de l'azote par le phytoplancton. (Aminot, 1983).

La réduction des ions nitrates peut entraîner des concentrations en nitrites supérieures à  $5 \mu\text{mol.L}^{-1}$  (Slowinski et al, 1974). Cela se passe dans les eaux estuariennes où l'on trouve de faibles teneurs en oxygène. Généralement, la richesse en matières organiques de ces zones est à l'origine de ces phénomènes.

En milieu océanique, il est possible de trouver des concentrations de nitrites élevées, dues à plusieurs types de phénomènes. Un premier maximum se situe à la limite de la zone euphotique au niveau du gradient de nitrate.

Et parfois un maximum secondaire, plus profond, est associé au minimum d'oxygène. Des valeurs de plus de  $2 \mu\text{mol. l}^{-1}$  peuvent alors être observées. (Rodier, 1992).

#### III-2-1-6-1'azote nitrique.

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. L'azote nitrique ne présente pas de faculté de complexation ou d'adsorption dans le cycle de l'azote. Il entre comme support principal de la croissance du phytoplancton.

Ensuite, régénérés à partir des formes organiques par les bactéries, lorsque la vitesse de régénération devient inférieure à la vitesse d'utilisation, les ions nitrates sont un facteur limitant de la croissance des algues, et leur concentration reste souvent inférieure aux limites de détection de l'analyse en milieu océanique. Cette situation se rencontre fréquemment en surface où les ions nitrates (jusqu'à environ  $40 \mu \text{mol. L}^{-1}$ ) peuvent venir enrichir les couches supérieures dans les zones de remontée d'eau (upwelling).

En eaux côtières, les concentrations hivernales sont de l'ordre de  $10$  à  $15 \mu\text{mol. L}^{-1}$ , la production primaire étant négligeable.

Dans les estuaires, lorsque la salinité décroît, l'effet des apports terrigènes devient important et les concentrations peuvent atteindre, aux faibles salinités, plusieurs centaines de micromoles par litre. (Aminot, 1983).

### III-2-1- 7- Le phosphore minéral dissous.

Le phosphate est un corps simple (P), de numéro atomique 15, légèrement ambré, très inflammable et lumineux dans l'obscurité, ( ce nom vient du grec phôs : lumière, et phorus: qui porte). (Larousse, 1988).

Le phosphate est un élément nutritif essentiel à la vie aquatique. Dans l'eau de mer, les orthophosphates sont présents essentiellement sous deux formes  $\text{PO}_4^{3-}$  (10%) et  $\text{HPO}_4^{2-}$  (90%) :  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , représente moins de 1%. (Guy, 1987), (Aminot, 1983).

Dans un milieu non pollué, en surface, en milieu océanique et côtier (non pollué), les teneurs en orthophosphates sont normalement assez faibles : 0 à 1  $\mu\text{mol/L}$ . Les teneurs augmentent en profondeur, au-dessous de la zone euphotique, ou lorsque l'on se rapproche des estuaires. Les eaux profondes ont une teneur de l'ordre de 3  $\mu\text{mol. L}^{-1}$  qui fluctue légèrement selon la zone océanique considérée.

Dans les estuaires, des concentrations très élevées peuvent atteindre plusieurs dizaines de micromoles par litre, selon la salinité. Ces fortes concentrations, indice d'un enrichissement d'origine domestique et agricole, sont considérées comme à l'origine du phénomène d'eutrophisation.

Au moment du développement phytoplanctonique printanier, le phosphate est consommé et peut descendre à la limite de détection des méthodes courantes d'analyse.

Dans les eaux saumâtres turbides, la concentration en phosphate dans la phase liquide peut dépendre de la concentration et de la nature des

particules, en raison des phénomènes d'absorption. (Aminot,1983), (Guy,1987).

### III-2-1-8- La température :

La température est un paramètre important pour la connaissance des masses d'eau, leurs caractères hydrologiques et leur circulation (surtout en Méditerranée, on prend en considération les deux courants méditerranéen et atlantique).(Millot,1987).

En physique, la mesure de la température est indispensable pour accéder à la détermination du champ de densité et donc des courants (comme le cas de la Méditerranée (Millot, 1987)(Lacombe H. et Tchernia P, 1972).

Elle permet en plus, l'étude du mélange des masses d'eau, en créant une thermocline saisonnière et une thermocline permanente.

La principale application physico-chimique est la détermination de la valeur de saturation des gaz dissous et en particulier de l'oxygène (la précision doit être de  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ).(Rodier,1992).

La température joue un rôle important dans les cycles biologiques qui ont des répercussions sur la pêche (Reproduction et préférendum thermique).

En général, selon les encyclopédies surtout Larousse, (Le petit Larousse 1997) la température est décrite comme étant l'ensemble des conditions atmosphériques variables, traduites subjectivement en sensations relatives de chaud et de froid, et dont l'appréciation exacte est fournie par l'observation du thermomètre.

La mesure de la température s'effectue par l'observation d'un thermomètre à mercure ; deux types peuvent être employés ; le thermomètre courant de labo (utilisable que dans des conditions restrictives) et le thermomètre à renversement protégé (T.R.P), qui est protégé contre la

pression, jusqu'à de très grandes profondeurs (600m). Lorsqu'on est en zone côtière (10 à 20m de profondeur) ou en zone de courant, il est recommandé d'utiliser un thermomètre courant de labo ; car l'utilisation du TRP est très délicate, sa mise en équilibre étant lente.

Avant d'utiliser un TRP, il faut :

- Bien vérifier que le mercure est bien redescendu et que la colonne n'est rompue en aucun point.
- Faire descendre le TRP vers la profondeur voulue.
- Attendre le temps nécessaire (20 minutes pour avoir plus de précision)
- Provoquer le renversement à l'aide du messenger.

Dans notre cas, le thermomètre courant de Labo a été utilisé avec beaucoup de limites pour faire une évaluation in-situ. Avant le prélèvement, les bouteilles ont été entreposées à des températures proches de celles de l'eau. Lors de l'immersion des bouteilles, les clapets ont été laissés ouverts afin qu'elles prennent la température de l'eau, après fermeture ; les bouteilles sont remontées rapidement et la mesure est faite dès que ces dernières sont entre nos mains. Il faut attendre l'équilibre du thermomètre afin de faire la lecture.)(Rodier,1992).

### III-2-1-9- La salinité :

Il n'existe pas une, mais plusieurs définitions de la salinité : une définition purement théorique et plusieurs définitions pratiques, liées aux méthodes de mesure.

#### \* Définition théorique :

La salinité est la quantité totale des résidus solides(en grammes) contenus dans 1 Kg d'eau de mer, quand tous les carbonates ont été

transformés en oxydes, le brome et l'iode remplacés par le chlore, et que toute la matière organique a été oxydée.

Il est très difficile d'estimer la salinité par analyse chimique directe (séchage et pesée du résidu solide), car certains corps présents, notamment les chlorures, s'échappent au cours du dernier stade de séchage. On utilise le fait (déjà mentionné) que, dans l'eau de mer, les proportions relatives des principaux constituants sont pratiquement constantes. Le dosage de l'un d'entre eux est donc susceptible de donner la teneur de tous les autres, ainsi que la salinité. Les ions chlore, brome et iode peuvent aisément être dosés, avec précision, par titrage au nitrate d'argent.

La relation entre la salinité et la chlorinité a été définie en 1902 à partir de nombreuses mesures de laboratoire sur des échantillons provenant de toutes les mers du globe. La chlorinité est la quantité (en g/kg) d'ions chlore, brome et iode qui tous trois sont précipités lors du titrage au nitrate d'argent.

$$S = 0.03 + 1.805 Cl \quad S : \text{salinité.} \quad Cl : \text{chlorinité}(\text{‰})$$

Un inconvénient majeur est que cette formule donne une salinité de 0.03‰ pour une chlorinité nulle. L'UNESCO a donc proposé en 1969 une nouvelle formule définissant ce qu'on appelle la salinité absolue:

$$S = 1.80655 CL.$$

Ces définitions ont été revues quand de nouvelles techniques permettant de déterminer la salinité à partir de mesure de conductivité, (température et pression), furent développées. Depuis 1978 l'échelle pratique de salinité en terme de rapport de conductivité:

**La salinité pratique:** (symbole S), d'un échantillon d'eau de mer, est définie en fonction du rapport K de la conductivité électrique de cet échantillon d'eau de mer à 15°C et à la pression atmosphérique normale, et de celle d'une solution de chlorure de potassium dans laquelle la fraction en

masse de KCl est 0.0324356, à la même température et même pression. Une valeur de K égale à 1 correspond par définition à une salinité pratique égale à 35 (sans unité).

La formule correspondante est:

$$S = 0.0080 - 0.1692K^{1/2} + 25.3853K^{3/2} - 7.0261K^2 + 2.7081 K^{5/2}$$

On peut trouver quelques différences entre toutes ces définitions, mais elles sont en générale négligeables. Par contre dans le cas ou la composition de l'eau de mer n'est pas «standard», (par exemple à proximité des fleuves) seule l'analyse chimique (séchage et pesée) donne un résultat valable. (Rodier,1992).

### III-2-1-10-Le potentiel d'Hydrogène (pH) :

Le pH de l'eau de mer, voisin de 8,2 ,est principalement fixé par la présence des carbonates,  $CO_2$ -  $HCO_3^-$  - $CO_3^{2-}$  .La modification des concentrations ,en  $CO_2$  (respiration ,photosynthèse ,échanges air-Océan ) ou en  $CO_3^{2-}$  (précipitation ) entraînera donc une modification du pH .

En milieu côtier et estuarien ,certains rejets industriels ou les apports d'eaux continentales sont la cause de variations du pH qui s'avère dans ce cas un indice de pollution.

La méthode présentée ici, utilisée de façon routinière ,est la méthode électrochimique avec électrode de verre . ( Houma 1997).

### III-2- 2-Détermination et méthode de dosage :

Chacun de ces paramètres cités ci-dessus possède une deux ou plusieurs méthode d'analyse spécifiques à lui même.

Chaque méthode possède son pourcentage d'erreur, il faut donc choisir la méthode la plus adéquate, en respectant aussi les conditions d'échantillonnage et de prélèvement.

III-2-2-1-Dosage de l'oxygène dissous :III-2-2-1-1-Prélèvement, échantillonnage et conservation.

Les bouteilles métalliques sont déconseillées pour le prélèvement car il y a risque d'oxydation et donc diminution de la quantité de l'oxygène. Les bouteilles de prélèvement classiques en matière plastique ou en verre, et les flacons ordinaires en verre blanc, à rodage normalisé, conviennent parfaitement surtout si elles sont munies de bouchons à base conique ou biseautée qui évitent tout risque de piégeage de bulle d'air.

Lors du prélèvement, il faut :

- Laisser déborder plusieurs fois le flacon.

- Amener le boyau de l'échantillonneur au fond du flacon.

- Le remplir en évitant toute turbulence.

- Boucher, sans emprisonner la moindre bulle d'air.

- Eviter d'utiliser des flacons en verre brun : leur coloration masque celle de l'iode et empêche la distinction entre précipité et particules dans les eaux turbides.

Le volume des échantillons doit être de 100 à 150ml. Un volume supérieur est inutile car le dosage doit être effectué dans le flacon lui-même.

Pour permettre l'addition du titrant, il est nécessaire d'évacuer une partie du volume.

On prendra soin de ne jamais dissocier un flacon de son bouchon, les deux étant identifiés de manière indélébile(chiffre, 1,4,5...).

Si pour des raisons de travail, les réactifs 1 et 2 n'ont pu être ajoutés au moment de l'échantillonnage, on ne doit jamais laisser s'écouler plus d'une heure avant leur introduction dans l'échantillon. Ce dernier doit absolument être maintenu à l'abri de la lumière dans un endroit frais.

Après l'addition des réactifs, l'oxygène étant fixé, les échantillons se conservent durant au moins une journée. Les échantillons pauvres en matière organique peuvent être conservés plus longtemps à condition qu'il n'y ait aucune entrée d'air dans le flacon.

La méthode préconisée pour une concentration qui dépasse les 24h, consiste à immerger complètement les flacons sous l'eau. Le délai de conservation est alors d'au moins un mois, sauf pour le cas des flacons acidifiés qui doivent être placés à l'obscurité et analysés dans l'heure qui suit l'acidification (Aminot,1983).

### III-2-2-1-2- Réactifs :

Dans tous les cas, il faudra utiliser des produits chimiques de pureté garantie «pour analyse».

#### 1- Réactif 01: Solution de Mn(II) 3mol.L<sup>-1</sup>

- Dissoudre dans de l'eau distillée 600g de  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$  (ou bien 670g de  $MnSO_4 \cdot 2H_2O$  ou 560g de  $MnSO_4 \cdot 2H_2O$  ou 510g de  $MnSO_4 \cdot 2H_2O$ ) (Aminot,1983).
- Ajuster à 1L.

#### 2-Réactif 02 : Solution basique d'iodure (OH : 8mol.L<sup>-1</sup> ; I : 4mol.L<sup>-1</sup>).

- Dissoudre 320g de soude NaOH dans le minimum d'eau distillée (environ 300mL.). (Aminot,1983).
- Dissoudre en chauffant 600g d'iodure de sodium (et non de potassium) NaI dans le minimum d'eau distillée (environ 300mL) (Aminot,1983).
- Mélanger ces deux solutions et ajuster à 1L; étant donné la forte concentration de ces réactifs, qui ne deviennent généralement limpides qu'après cette opération. En cas de cristallisation, laisser décanter et prendre le surnageant. (Aminot,1983), (Tardat,1992).

- Si l'échantillon est riche en Azote nitreux, on ajoute 10g d'Azoture de Sodium( $\text{NaN}_3$ ) appelé aussi nitrure de Sodium, dissous dans 40mL d'eau distillée, avant d'ajuster à 1L. (Aminot,1983),(Tardat,1992).

**3- Réactif 03 : Acide sulfurique ( $\text{SH}^+ : 10\text{mol.L}^{-1}$ ) :**

Diluer 280mL d'acide sulfurique concentré ( $\text{H}_2\text{OSO}_4 : d = 1.84$ ) et ajuster à 1L.

**4- Indicateur : Solution d'amidon.**

L'indicateur peut être préparé de diverses façons, à condition qu'il soit fraîchement préparé ; les deux modes opératoires proposés ont l'avantage de la simplicité (Aminot,1983), (Tardat,1992).

- Amidon à 1% dans l'eau : dissoudre 1g d'amidon soluble dans 100ml d'eau distillée en chauffant jusqu'à disparition du trouble : ajouter quelques gouttes de chloroformes et conserver au réfrigérateur. Cette solution se conserve une à deux semaines ; la renouveler après ce laps de temps ou si le virage n'est plus d'un bleu pur.
- Amidon à 3% dans le glycérol : ajouter 3g d'amidon soluble dans 100ml de glycérol et chauffer à  $190^\circ\text{C}$ . Cette solution se conserve plus d'un an à température ambiante ; le développement d'un trouble ne modifie pas l'efficacité de l'indicateur.

**5-Solution de thiosulfate (Normalité : 0.01) :**

-Dissoudre 2.48g de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dans 1L d'eau distillée.

-Conserver cette solution à température ambiante. Celle-ci est instable : son titre exact doit impérativement être déterminé avec précision avant chaque série de dosages, et au moins une fois par jour, par préférence à l'iodate de potassium.(Aminot,1983).

**6- Solution étalon d'iodate de potassium (Normalité : 0.0100)**

L'Iodate de potassium  $KIO_3$  et l'hydrogénodiodate  $KH_2IO_4$  ( $O_3$ )<sub>2</sub> sont reconnus au plan international comme étalons primaires pour déterminer le titre du thiosulfate.

- Eviter l'utilisation du bichromate de potassium.
- Sécher à 105°C pendant une heure le  $KIO_3$  de pureté analytique
- Laisser refroidir au dessiccateur et en peser exactement 0.3567g.
- Dissoudre dans de l'eau distillée et ajuster à un litre. Attention, la dissolution ne s'effectue que lentement. Cette solution est stable indéfiniment à condition d'éviter toute évaporation. (Aminot,1983).

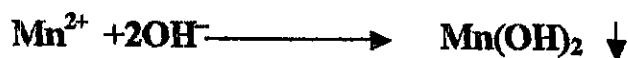
**III-2-2-1-3- Principe de la méthode :**

**A/Présentation :**

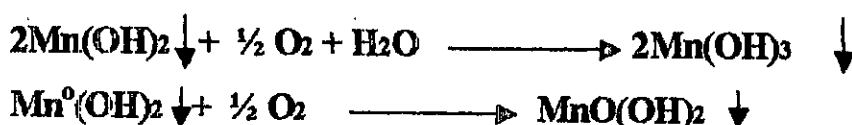
Malgré le développement des électrodes à oxygène dissous, la méthode chimique classique reste encore la méthode de référence pour le dosage de l'oxygène dissous, Il s'agit de la méthode de *Winkler*, qui a été optimisée par *Carpenter*.(Aminot,1983),(Riley,1975).

**B/Réactions chimiques selon Aminot 1983 :**

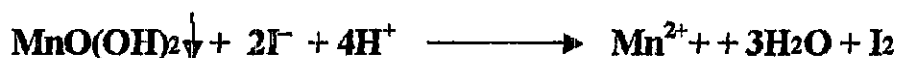
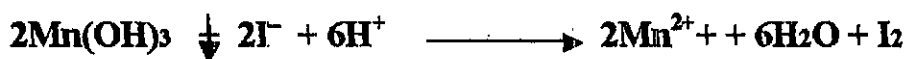
On ajoute à l'eau à analyser une solution de manganèse(II) que l'on précipite par une base forte :



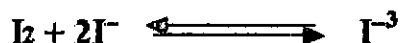
Par une réaction en milieu hétérogène, l'oxygène dissous est fixé par le précipité en faisant passer le manganèse à des degrés d'oxydation plus élevés (III , IV) :



Lorsque l'oxygène est totalement fixé, le milieu est acidifié, le précipité se dissout et le manganèse repasse au degré d'oxydation II en oxydant à l'état d'iode les ions iodures, qui avaient été préalablement introduits en solution avec la base forte :



En présence de l'excès d'iodure il s'établit l'équilibre :



On constate qu'il faut 2 moles de thiosulfate pour doser une mole d'iode, elle-même libérée par  $\frac{1}{2}$  mole d'oxygène.

Au total, 4 moles de thiosulfate équivalent donc à 1 mole d'oxygène dissous.

Le point équivalent du dosage de l'iode par le thiosulfate est mis en évidence par des méthodes chimiques ou photométriques, ou par indicateurs (amidon, thiodène). Si la détection visuelle par les indicateurs colorés n'est pas aussi sensible qu'avec les autres méthodes, elle reste toutefois très bonne pour la méthode. (Aminot, 1983).

#### III-2-2-1-4 Mode opératoire :

##### A/Procédure générale.

##### \* Fixation de l'oxygène :

Lorsque le flacon a été rempli selon la technique d'échantillonnage, il faut :

## METHODES ET TECHNIQUES D'ANALYSE

- ajouter aussitôt, successivement ou simultanément, une dose de chacun des réactifs 1 et 2 profondément sous la surface, à raison de 6ml chacun par titre d'échantillon.

Flacon (ml)	50	60	100	125	150	200	250	300
Dose (ml)	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.8

- Boucher aussitôt sans emprisonner de bulles d'air.
- Agiter environ une minute pour dispersé uniformément le précipité.
- Laisser le précipité se rassembler dans les 2/3 inférieurs du flacon puis répéter l'agitation.
- A ce niveau on peut soit conserver l'échantillon, soit le laisser décanter pour l'analyse immédiatement. (Aminot,1983).

### \* Dosage :

- Une fois le précipité rassemblé dans la moitié inférieure du flacon, éviter toute remise en suspension et ajouter le réactif 3 (une dose égale à celle du réactif 2 : 6ml par titre d'échantillon).
- Reboucher immédiatement en évitant d'emprisonner de l'air et agiter jusqu'à dissolution complète du précipité. Si celle-ci n'est pas réalisée en semi ; il faut alors ajouter un supplément d'acide.3
- Placer le flacon à l'abri de la lumière et effectuer le dosage au plus tard, une heure après l'acidification, puis très rapidement après l'ouverture du flacon.
- Rejeter, si nécessaire pour permettre l'addition du titrant, un certain volume de solution(pipette à un trait...) puis le titrage proprement dit est effectué directement dans le flacon, en respectant les conditions suivantes ;

- Ajouter si possible 8 à 9 dixièmes du volume de thiosulfate sans agiter ou avec une très faible agitation.
- Continuer à titrer sous l'agitation lente jusqu'à l'obtention d'une coloration jaune pâle.
- Ajouter l'amidon : 1ml à 1% dans l'eau ou quelques gouttes à 3% dans le glycérol. L'amidon ne doit pas être ajouté dès le début du titrage.
- Terminer sous agitation plus rapide en ajoutant le thiosulfate par petites fractions jusqu'à décoloration complète de l'amidon persistant 20 secondes. Procéder rapidement mais en attendant l'homogénéisation après chaque ajout.

On ne tiendra pas compte d'une décoloration lente après le point équivalent dû à l'oxydation de I<sup>-</sup> à l'air. (Aminot, 1983).

**Remarques :**

- Un temps de 3min devrait être un maximum pour effectuer l'opération de dosage proprement dite.
- La perception du point équivalent est améliorée par un dosage en lumière d'intensité moyenne et par l'observation quasi verticale de la solution titrée sur fond blanc. (Aminot 1983).

**B/Etalonnage du thiosulfate.**

Cette procédure est proposée par Aminot et Chaussepied, 1983.

Au moins trois titrages de l'étalon sont effectués avant chaque série d'analyses ou une fois par jour. On prend la moyenne des volumes de thiosulfates, soit :  $V_{T\text{étal}}$ .

- introduire à la pipette, dans un récipient bien propre, exactement 10.00ml de l'étalon de  $KIO_3$  0.0100 normal.
- Ajouter environ 100ml d'eau distillée.
- Ajouter une dose du réactif 3 ( $6\text{ml L}^{-1}$ ) et homogénéiser.

- Ajouter une dose du réactif 2(6ml L<sup>-1</sup>) et mélanger.
- Titrer, sans attendre.( Aminot, 1983 ).

**C/Détermination des blancs des réactifs.**

Des impuretés oxydantes ou réductrices peuvent être présentes dans les réactifs. Un contrôle doit être effectué au minimum une fois pour chaque lot de réactifs 1 et 2 fraîchement préparés. On le renouvellera de temps en temps, pour s'assurer de l'absence de contamination accidentelle. La procédure ci-dessous (d'après Aminot et Chaussepied, 1983) est une des plus rigoureuses ; elle permet de déterminer des blancs positifs ou réactifs.

**\*Le blanc d'analyse (ou blanc d'échantillon).**

Il est déterminé comme suit :

- Introduire à la pipette , dans un récipient bien propre, exactement un millilitre(1.00) de l'étalon de KI O<sub>3</sub> 0.0100 normal.
- Ajouter environ 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter une dose du réactif 3(6ml L<sup>-1</sup>) et mélanger
- Ajouter une dose du réactif 2(6ml L<sup>-1</sup>). et mélanger parfaitement.
- Ajouter une dose du réactif 1(6ml L<sup>-1</sup>).
- Titrer aussitôt par le thiosulfate, en s'arrêtant très précisément au point équivalent : soit V<sub>1</sub> le volume.
- Ajouter à nouveau 1.00ml de l'étalon de KIO<sub>3</sub>.
- Titrer aussitôt par le thiosulfate : soit V<sub>2</sub> le volume.

Le blanc d'analyse est **Béch** = V<sub>1</sub>-V<sub>2</sub> .

**\*Le blanc d'étalonnage :**

Il peut différer du blanc d'analyse car l'étalonnage est effectué sans réactif 1 ; réaliser le blanc d'étalonnage comme ci-dessous, mais sans réactif 1 : soit B<sub>étal</sub>, le blanc d'étalonnage.

**Remarque :**

- Il ne doit y avoir aucune trace de manganèse durant l'addition du réactif 2 (NaI- NaOH).
- Avec de bons réactifs, les blancs sont négligeables. S'ils dépassent l'équivalent de 0.1ml.L<sup>-1</sup> d'O<sub>2</sub>, renouveler les réactifs. ( Aminot 1983)

**III-2-2-1-5-Calcul et expression des résultats :**

**A/Calcul de la concentration en O<sub>2</sub> dissous :**

Les volumes de thiosulfate pour les dosages sont représentés par le symbole VT, les blancs par B, les autres volumes par V. Les données sont les suivantes :

- V<sub>flac</sub> : Volume du flacon d'échantillonnage.
- V<sub>réac</sub> : Volume des réactifs 1 +2 introduits dans le flacon.
- V<sub>éch</sub> : Volume d'échantillon titré ( ≤ V<sub>flac</sub>).
- VT<sub>éch</sub> ; Volume de thiosulfate utilisé pour l'étalonnage.
- B<sub>éch</sub> ; Volume de thiosulfate utilisé pour titrer l'échantillon.
- B<sub>étal</sub> ; Volume de thiosulfate correspondant au blanc d'étalonnage.
- V<sub>i</sub> : Volume d'iodate ayant servi à l'étalonnage.
- N<sub>i</sub> : normalité de l'iodate.
- O<sub>zréac</sub> : Oxygène ajouté par les réactifs.

Tous les volumes sont exprimés en millilitres.

L'expression finale de la concentration en oxygène est donc :

$$[O_2] \text{ml.L}^{-1} = \frac{N_i v_i}{V_{\text{étal}} - B_{\text{étal}}} \times \frac{(VT_{\text{éch}} - B_{\text{éch}})}{1000} \times \frac{22392}{4} \times \frac{1000}{V_{\text{éch}}} \times \frac{V_{\text{flac}}}{V_{\text{flac}} - V_{\text{réac}}} - O_{z\text{réac}}$$

que l'on peut écrire :

$$[\text{O}_2] \text{ml.L}^{-1} = A \times B \times C \times D \times E - \text{O}_2 \text{ réac ( Aminot 1983)}$$

avec :

- A : titre du thiosulfate.
- A x B : moles de thiosulfate consommées par l'échantillon.
- A x B x C : nombre de millilitres d' O2 analysés dans l'échantillon (à pression et température standard.)
- A x B x C x D : concentration apparente d'oxygène (ml.L<sup>-1</sup>) dans l'eau prélevée.
- E : correction due à la dilution par les réactifs 1 et 2.

Si l'on suit la procédure du titrage indiquée (Vi=10 , ni=0.01), l'expression devient :

$$[\text{O}_2] \text{ml.L}^{-1} = \frac{(V_{T\text{éch}} - B_{\text{éch}})}{V_{T\text{étal}} - B_{\text{étal}}} \times \frac{1}{V_{\text{éch}}} \times \frac{V_{\text{fac}}}{V_{\text{fac}} - V_{\text{réac}}} - 0.015 \quad (\text{ Aminot 1983})$$

### B/ Solubilité de l'oxygène dans l'eau, pourcentage d'oxygène dissous :

la solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de plusieurs facteurs :  
la température, la salinité, la pression partielle d'oxygène.

La détermination de la solubilité de l'oxygène dans l'eau fait l'objet des tables Océanographiques Internationales.

**Tableau A** : La solubilité de l'oxygène dans l'eau est en fonction de la température et de la salinité (ml.L<sup>-1</sup>) (d'après Aminot, 1983 : voir annexe)

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est calculée pour une atmosphère à 20.95% (en volume) d'oxygène et une humidité relative de 100% à la pression atmosphérique totale de 760 torr(101325Pa).

L'équation de calcul de la solubilité est la suivante :

$$\ln C = A_1 + A_2 \frac{100}{T} + A_3 \ln \frac{T}{100} + \frac{A_4}{T} + \frac{B_1 + B_2 T}{100} + \left( \frac{T}{100} \right)^2$$

avec :

**C** : Solubilité de l'oxygène en ml.L<sup>-1</sup>.

**T** : Température absolue de l'eau : T(K)= t(°C) + 273.15

**S** : Salinité de l'eau en « pour mille » (g.Kg<sup>-1</sup>).

$$A_1 = -173.4292$$

$$A_2 = +249.6339$$

$$A_3 = 143.3483$$

$$A_4 = 21.8492$$

$$B_1 = -0.033096$$

$$B_2 = +0.014259$$

$$B_3 = -0.0017000$$

Le tableau (Aminot,1983) reproduit quelques valeurs de concentration.

Le pourcentage d'oxygène dissous par rapport à la saturation se calcule simplement selon : (Aminot,1983).

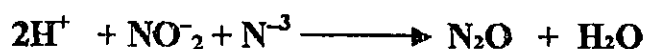
$$\% O_2 = \frac{\text{Concentration mesurée} \times 100}{\text{Solubilité}}$$

$$\text{Sachant que : } [O_2] \text{ mL/L} = [O_2] \text{ mg/L} / 1,429$$

**III-2-2-1-6-Sources d'erreurs et interférences :**

- Tout barbotage a tendance à ramener la solution à son niveau de saturation.
- Au stockage, les variations de température aboutiront à une erreur.
- Respect des concentrations de réactifs et leurs proportions.
- L'iode est assez volatile, mais le choix des fortes concentrations en iodure permet la complexation sous la forme non volatile  $I_3^-$  d'environ 95% de l'iode formée par une eau de mer saturée.
- La vitesse de titrage a une très grande importance, et pour certaines raisons, le temps de 2 à 3min pour un titrage est un compromis raisonnable.
- L'interférence des ions ferriques jusqu'à  $20\text{mg.L}^{-1}$  est enlevée par acidification à l'acide phosphorique.
- L'élimination des interférences réductrices (ions ferreux, hydrogène sulfureux, matières organiques) est réalisée par une oxydation préalable généralement à l'aide de permanganate acide.
- Lorsque l'échantillon est très turbide et riche en matières organiques, on peut éliminer les particules par floculation à l'aide d'alun, décantation puis siphonnage du surnageant.
- On admet que jusqu'à  $50 \mu\text{g.L}^{-1}$  d'azote nitreux ( $3.5 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) l'interférence est négligeable.

L'introduction d'azoture de sodium ( $\text{NaN}_3$ ) dans le réactif 2 élimine totalement l'interférence par destruction des ions nitrites :



En revanche, l'azote interfère lui même légèrement, introduisant une erreur de 1 à 2%.(Arminot,1983).

**III-2-2-2-Dosage et Détermination de la DCO :**

**III-2-2-2-1- Prélèvement, échantillonnage et conservation.**

C'est le même principe que pour l'oxygène dissous, vis-à-vis du prélèvement, de l'échantillonnage et de la conservation. (Rodier, 1992).

**III-2-2-2-2-Réactifs :**

- Eau permutée.
- Sulfate mercurique cristallisé.
- Acide sulfurique (d= 1.84).
- Solution d'acide sulfurique à 4 mol.L<sup>-1</sup> :

Acide sulfurique		220ml
Eau permutée	q.s.p	1L.

Verser l'acide sulfurique dans de l'eau, après refroidissement et compléter le volume à 1L.

- **solution de sulfate d'argent :**

sulfate d'argent cristallisé (Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )		10g
acide sulfurique (d=1.84)	q.s.p	1L.

dissoudre le sulfate d'argent dans 40 ml d'eau permutée et ajouter 960ml d'acide sulfurique avec précaution.

- **solution de sulfate de fer et d'ammonium à 0.12mol/L :**

sulfate de fer et d'ammonium		47g
acide sulfurique (d=1.84)		20 ml
eau permutée	q.s.p	1L.

Dissoudre le sulfate de fer et d'ammonium dans de l'eau, ajouter l'acide sulfurique. Après refroidissement, ajuster le volume à 1L.

- **Solution de dichromate de potassium à 0.04mol/L :**

Dichromate de potassium		11.767g
Eau permutée	q.s.p	1L.

- Solution de ferroïne :

1.10- phénanthroline		1.5g.
sulfate de fer		0.7g
eau permutée	q.s.p	100mL

Dissoudre la phénanthroline et le sulfate de fer dans de l'eau et compléter le volume. On peut aussi utiliser une solution commerciale.(Rodier,1992).

III-2-2-3-Principe de la méthode :

A/Présentation.

Dans certaines conditions ,en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure  $HgSO_4$  certaines matières contenues dans l'eau, sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, et dosées par le sulfate de fer et d'ammonium en présence d'un indicateur (ferroïne). (Rodier,1992), (Tardat,1992).

B/Matériel spécial :

- Appareil à reflux composés d'un ballon à fond plat de 250 mL, à col rodé et d'un réfrigérant adaptable, réservé exclusivement à la détermination de la DCO.
- Nettoyage de l'appareil : ébullition sous reflux + mélange (05mL de dichromate de potassium + 15 ml d'acide de sulfurique – sulfate d'argent + 10ml d'eau).
- Régulateur d'ébullition (Rodier, 1992) (Tardat, 1992) .

**III-2-2-2-4-Mode opératoire :**

**A/ Procédure générale.**

**\* Dosage :**

- Introduire 50ml de l'échantillon soigneusement homogénéisé dans un ballon de 500ml (contenant quelques billes pour la régularisation de l'ébullition).
- Ajouter 1g de sulfate mercurique cristallisé.
- Ajouter 5ml de solution sulfurique de sulfate d'argent.
- Ajouter 25 ml de solution de bichromate de potassium. 0.04mol/L.
- Avec précaution ajouter 70ml de solution sulfurique de sulfate d'argent en agitant par un mouvement circulaire le ballon et en refroidissant sur un courant d'eau froide.
- Porter à ébullition pendant deux heures sous réfrigérant à reflux adapté au ballon.
- Laisser refroidir.
- Diluer à environ 350ml avec l'eau permutée.
- Ajouter quelques gouttes de solution de ferroïne.
- Déterminer la quantité nécessaire de solution de sulfate de fer et d'ammonium pour obtenir le virage au rouge violacé.
- Procéder aux mêmes opérations sur 50ml d'eau permutée (Rodier,1992).

**B/-Etalonnage de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.**

- Mettre 5ml de solution étalon de bichromate de potassium, dans un bécher, et compléter à 100ml avec la solution d'acide sulfurique. Titrer avec la solution de sulfate de fer.

- Laisser refroidir, ajouter quelques gouttes de solution de ferroïne et déterminer la quantité nécessaire de sulfate de fer et d'ammonium pour obtenir le virage au rouge, violacé.

$$C = \frac{K_2Cr_2O_7 \times (0.4) \times 6 \quad 1.2}{Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \quad V} \quad (\text{Rodier, 1992}).$$

**III-2-2-2-5- Calcul et expression des résultats.**

La demande chimique en oxygène (DCO) exprimée en milligrammes d'oxygène par litres est égale à :

$$DCO_{mg/L} = \frac{8000 (V_0 - V_1)T}{V} \quad (\text{Rodier, 1992})$$

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

$V_1$  : Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire à l'essai au blanc(ml).

T : titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.

V : Volume de la prise d'essai.

**III-2-2-2-6-Sources d'erreurs et d'interférences.**

- Pour éliminer l'interférence due aux nitrites ;on ajoute dans le ballon, 10mg d'acide sulfamique par mg de nitrites(en mg de N) (Tardat,1992).
- En présence d'une quantité importante de chlorures, remplacer le sulfate mercurique par 5 ml de solution de dichromate de potassium préparée ; dissoudre 80g de sulfate mercurique dans 800ml d'eau ajouter avec précaution 100ml d'acide sulfurique et mélanger. Après refroidissement, introduire 11.767g de dichromate de potassium préalablement séché à

## METHODES ET TECHNIQUES D'ANALYSE

- 105°C pendant 2heures, mettre dans une fiole et ajuster à 1L(volume de la fiole).
- Prendre toutes les précautions, afin d'éliminer l'introduction de matières organiques provenant de la verrerie, de l'eau permutée ou de l'atmosphère.
  - Si la DCO est supérieure à 700mg/L, procéder à une dilution avec de l'eau permutée.
  - La méthode permet d'oxyder la plupart des composés organiques à 95%; cependant , certains d'entre eux , très volatiles, peuvent s'éliminer au moment de l'addition de l'acide sulfurique et du chauffage . D'autres ne sont que partiellement oxydés (méthionine, acide citrique et lactique ,.etc.) ou très peu (pyrique, purine, pyrimidine et de façon générale, les fonctions amines ou amides). (Rodier,1992).
  - Une mol de dichromate est équivalent à 1.5mol d'oxygène.
  - Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> permet d'apprécier la dégradabilité de la matière organique. Il est proche de 1.5 pour les effluents issus des stations d'épuration: l'élévation du rapport indique un accroissement des matières organiques non biodégradables.
  - La norme NFU44-041 de juillet 1985 précise qu'un rejet d'effluent urbain est réputé à dominance domestique, lorsque ses caractéristiques sont telles que le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est inférieur ou égal à 2.5 sa DCO est inférieure ou égale à 750 mg.l<sup>-1</sup> .(Rodier,1992), (Permo, 1981).

**Tableau 07: Résultats de l'analyse de la région d'ELKettanni**

	K0	K5m	K20m	K40 Nord	K40 Est	K40 Ouest	K100m	K150m	K500m	K900m	Mer
<b>DCO(mg/l)</b>	970	850	790	557	560	630	420	378	298	250	65

**III-2-2-3- Dosage de la demande Biochimique en Oxygène : DBO et DBO<sub>5</sub>.**

Sous l'action des micro organismes, résultent les phénomènes d'auto épuration dans les eaux superficielles par la dégradation des charges organiques polluantes.

La DBO<sub>5</sub> est définie comme la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai, c'est à dire, après incubation durant 5 jours, à 20°C, dans l'obscurité. La mesure de la quantité d'oxygène consommée est suivie dans une solution ensémençée ou non. (APHA, 1971), (Rodier, 1992).

**III-2-2-3-1/Prélèvement, échantillonnage et conservation:**

C'est le même principe que pour l'oxygène dissous, vis-à-vis du prélèvement, de l'échantillonnage et de la conservation. (Rodier, 1992).

**III-2-2-3-2-Réactifs :**

- Eau permutée (teneur en cuivre < 0.01mg/l) exempte de chlore et de chloramines.
- Eau d'ensemencement constituée par une eau résiduaire urbaine fraîche filtrée sur filtre en papier plissé, prélevée dans un collecteur d'une zone résidentielle sans contamination industrielle significative.
- Eau de rivière, prélevée sur plusieurs kilomètres, en aval d'une agglomération et stabilisée par une aération forcée pendant 24 heures, en prenant toutes précautions utiles pour ne pas la contaminer, notamment par l'addition de matières organiques, de matières oxydantes ou réductrices ou de métaux.
- Solution de phosphates :  
Monohydrogènéphosphate de sodium ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )    8.5g

Dihydrogèno phosphate de potassium ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )		2.8g
Eau permutée	q.s.p.	1000 ml

Bien homogénéiser la solution.

- Solution de sulfate de magnésium à 20g/L.
- Solution de chlorure de calcium à 25g/L.
- Solution de chlorure de fer à 1.5g/L.
- Solution de chlorure d'ammonium à 2g /l .(APHA,1971),(Rodier,1992).

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

#### A/Présentation :

Les phénomènes d'auto-épuration dans les eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes sous l'action de micro-organismes. Il en résulte une consommation d'oxygène qui s'exprime par la demande biochimique en oxygène pendant cinq jours ou  $\text{DBO}_5$ .(Rodier,1992).

Dans les limites raisonnables de plusieurs milligrammes par litre, la  $\text{DBO}_5$  peut être plutôt favorable à la vie aquatique. Les différences des résultats obtenus par la DCO et la  $\text{DBO}_5$  constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables.

La mesure de la  $\text{DBO}_5$  définit la teneur en matière organique dégradable de l'eau. La détermination de la  $\text{DBO}_5$  se base tout d'abord sur la détermination de facteurs de dilution. Pour cela, on peut se servir de la DCO en sachant que la  $\text{DBO}_5$  est généralement inférieure à la DCO et que le rapport  $\text{DCO}/\text{DBO}_5$  est plus souvent compris entre les valeurs 1.5 et 3 (Houma,1997).

Le principe de la  $\text{DBO}_5$  consiste en la mesure de l'oxygène consommé en cinq jours par un échantillon dilué avec une eau saturée en oxygène,

ensemencée avec des germes, puis placée dans une enceinte thermostatée à 20°C (Rodier,1992).

**B/ Matériel spécial.**

- Flacon en verre à bouchon rodé de 150 à 250 ml
- Enceinte thermostatée à 20°C ± 1°C (Rodier,1992).

**III-2-2-3-4- Mode opératoire :**

**A/Préparation de l'eau de dilution :**

L'eau de dilution est préparée à partir d'une eau permutée.

- Mettre dans un récipient :

*Solution de phosphate		05mL
*Solution de sulfate de magnésium		01mL
*Solution de chlorure de calcium		01mL
*Solution de chlorure de fer		01mL
*Solution de chlorure d'ammonium		01mL
*Eau permutée	q.s.p.	1000mL

-Maintenir cette solution à 20°C et l'aérer en prenant soin d'éviter toute contamination par des métaux, des matières organiques, oxydantes ou réductrices.

-Arrêter l'aération dès que la solution contient 10mg/L d'oxygène dissous.

-Après repos pendant 12 heures (récipient débouché), ajouter 05mL d'eau d'ensemencement par litre de cette solution.

Cette eau de dilution doit être utilisée dans les 24 heures. (Rodier,1992)

**B/Procédure générale :**

**\*Dosage :**

- Mettre un volume connu d'eau à analyser dans une fiole jaugée.
- Compléter avec de l'eau de dilution.
- Homogénéiser.
- Vérifier que le pH est compris entre 06 et 08. Dans le cas contraire, préparer une nouvelle dilution en amenant le pH à une valeur voisine de 07 par addition d'acide sulfurique ou d'hydroxyde de sodium puis compléter au volume.
- Remplir complètement un flacon avec cette solution.
- Bien boucher sans emprisonner de bulles d'air.
- Préparer également une série de dilutions successives, telle que la consommation d'oxygène soit voisine de 50% de la teneur initiale.
- Conserver les flacons à 20°C (+ ou -)01°C et dans l'obscurité.
- Mesurer l'oxygène dissous subsistant au bout de 05 jours(120 heures).
- Pratiquer un essai témoin en dosant l'oxygène dissous dans l'eau de dilution (Eau permutéeensemencée ou eau de rivière) et traiter deux fioles remplies de cette eau comme indiqué ci-dessus.
- Doser l'oxygène résiduel selon la méthode chimique.
- Au cours de cet essai-témoin, la consommation d'oxygène doit se situer entre 0,5 et 1,5g/L.

Dans le cas contraire, l'ensemencement par l'eau de dilution n'est pas convenable et il est nécessaire d'en modifier la préparation.(Rodier,1992)

**III-2-2-3-5-Calcul et expression des résultats :**

Soit :

$D_0$  : Teneur en oxygène (mg/L) de l'eau de dilution au début de l'essai.

## METHODES ET TECHNIQUES D'ANALYSE

$D_5$  : Teneur moyenne en oxygène (mg/L) de l'eau de dilution au bout de cinq (05) jours d'incubation.

$T_0$  : Teneur en oxygène (mg/L) de l'une des dilutions de l'échantillon au début de l'essai.

$T_5$  : Teneur en oxygène (mg/L) de l'une des dilutions de l'échantillon au bout de cinq (05) jours d'incubation.

F : Facteur de dilution tel que :

$$0.4 T_0 < T_0 - T_5 < 0.6 T_0.$$

La demande biochimique en oxygène exprimée en milligrammes d'oxygène par litre est égale à :

$$DBO_5 = F(T_0 - T_5) - (F^2 - 1)(D_0 - D_5) \quad (\text{Rodier, 1992}).$$

**Tableau 08 : Résultats de l'analyse de la région d'El Kettani**

	K0	K5m	K20m	K40 Nord	K40 Est	K40 Ouest	K100m	K150m	K500m	K900m	Mer
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/l)</b>	240	221	210	186	188	196	168	200	184	166	55

### III-2-2-3-6 Sources d'erreurs et d'interférences :

-Les manipulations de remplissage, de transfert et d'homogénéisation peuvent conduire à des modifications de la teneur en oxygène du milieu. Il convient d'introduire la prise d'essai et d'homogénéiser en évitant la formation de bulles d'air : l'emploi de siphons est recommandé.

-En présence de teneurs élevées de chlore résiduel, il est peut être utile de procéder à sa destruction, par addition d'une solution de sulfite de sodium dont la quantité nécessaire est déterminée par titrage iodométrique.

-La verrerie doit être soigneusement lavée et rincée puis conservée à l'abri des contaminations. De préférence, traiter au mélange sulfochromique,

## METHODES ET TECHNIQUES D'ANALYSE

rincer abondamment et soigneusement, sécher à l'étuve et conserver les récipients bouchés(Rodier,1992).

### III-2-2-4- Dosage de l'azote ammoniacal :

#### III-2-2-4-1- prélèvement, échantillonnage et conservation :

Le prélèvement et l'échantillonnage peuvent se faire avec les moyens plus primitifs. La conservation, se fait dans un réfrigérateur.(Aminot,1983).

#### III-2-2-4-2-Réactifs :

- solution d'hydroxyde de Na 10 N.
- Solution mère étalon d'azote à 1g/L.
- Chlorure d'ammonium desséché 3 heures à l'étuve à 100°C 3.819g
- Eau permutée exempte d'ammonium q.s.p. 1000mL

Cette solution est stable durant un mois.

- Solution fille étalon d'azote à 50mg/L.

Diluer la solution précédente au 1/20.(Aminot,1983).

#### III-2-2-4-3- Principe de la méthode :

##### A/ présentation :

L'électrode spécifique de l'ammoniaque est en réalité une électrode détectrice du gaz ammoniac  $\text{NH}_3$ . Pour effectuer le dosage, il est nécessaire de rendre le milieu suffisamment basique pour transformer les ions  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NH}_3$  (Aminot,1983).

##### B/Matériel spécial :

- Electrode spécifique avec matériel de mesure
- Agitateur électromagnétique.(Aminot,1983).

**III-2-2-4-4- mode opératoire :**

**A/ Etablissement de la courbe d'étalonnage :**

Dans une série de bêchers de 150 ml contenant un barreau aimanté ,  
introduire successivement :

Numéro du bêcher	T	I	II	III	IV
Solution fille étalon d'azote a 50 mg/l (ml)	0	5	10	25	50
Eau permutée exempte d'ammonium (ml)	50	45	40	25	0
Correspondance en mg/L d'Azote	0	5	10	25	50
Solution d'hydroxyde de sodium 10N (ml)	1	1	1	1	1

Poursuivre comme pour le dosage (dessous).

Tracer la courbe d'étalonnage. (Aminot,1983).

**B/Dosage :**

- Introduire 50 ml d'échantillon dans un bêcher de 150ml contenant un barreau aimanté.
- Ajouter 1ml de solution d'hydroxyde de sodium 10N.
- Placer le bêcher sur agitateur électromagnétique.
- Plonger l'électrode.
- Prendre soin qu'aucune bulle d'air ne reste collée sur la surface sensible de celle-ci.
- Attendre l'équilibre.
- Noter la lecture en millivolts.
- Se reporter à la courbe d'étalonnage.(Aminot,1983).

**III-2-2-4-5-Calcul et expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 50ml, la courbe d'étalonnage donne directement la teneur en azote ammoniacale exprimée en mg/L.  
(Aminot,1983).

**Tableau 09 : Résultats de l'analyse de la région d'ELKettani**

	K0	K5m	K20m	K40 Nord	K40 Est	K40 Ouest	K100m	K150m	K500m	K900m	Mer
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> (mg/litre)	11,6	9,8	10,9	6,3	6,8	7,5	5,75	5,12	4	3,01	0,60

**III-2-2-4-6- Sources d'erreurs et interférences :**

- Cette méthode convient pour des teneurs inférieures à 5 mg/L.
- Dans le cas d'une eau fortement minéralisée, il vaut mieux utiliser une autre technique : celle des ajouts dosés.(Aminot,1983).

**III-2-2-5- Dosage des nitrites :**

**III-2-2-5-1-Prélèvement, échantillonnage et conservation :**

Même remarque que pour l'azote ammoniacal.(Aminot,1983).

**III-2-2-5-2-Réactifs :**

- Acide chlorhydrique dilué à 10% (en volume).
- Solution de sulfanilamide :
 

Sulfanilamide	1g
Acide chlorhydrique dilué à 10%	100 mL
- Solution de dichlorhydrate N(1-naphtyl)- éthylènediamine à 0.1%.
- Eau de mer artificielle.

Chlorure de sodium	25.9g
Chlorure de magnésium(MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O)	13.6g
Sulfate de sodium (NaSO <sub>4</sub> .10H <sub>2</sub> O)	9.4g
Eau permutée	Q.S.P
	1000mL

-Solution mère étalon d'azote nitreux à 100mg/L :

Nitrite de Na	0.4928g
Eau permutée	Q.S.P
	1000mL

Dessécher le nitrite de sodium 1heure à l'étuve à 105°C.

Solution fille étalon d'azote nitreux à 1mg/L.

## METHODES ET TECHNIQUES D'ANALYSE

Diluer au 1/100 la solution précédente avec de l'eau permutée.

A préparer chaque jour.

Solution fille étalon d'azote nitreux à 0.1mg/L.

Diluer au 1/10 la solution à 1mg/L avec de l'eau de mer artificielle.

A préparer chaque jour.(Aminot,1983).

### III-2-2-5-3-Principe de la méthode :

#### A/présentation :

La diazotation de la sulfanilamide en milieu acide et sa copulation avec les N-(1-naphtyl)-éthylénediamine donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

(Aminot,1983)(APHA,1971).

#### B/Matériel spécial :

- Un spectrophotomètre(la longueur d'onde est de 543nm).(Aminot,1983).

### III-2-2-5-4-Mode opératoire :

#### A/ Etablissement de la courbe d'étalonnage :

Introduire dans une série de fioles jaugées de 50ml.

Numéro des fioles	(ml)	T	I	II	III	IV
Solution fille étalon à 0.1mg/L.	(ml)	0	1	2	5	10
Eau de mer artificielle.		50	49	48	45	40
Correspondance en 1µg/L d'azote nitreux.		0	2	4	10	20
Solution de sulfanilamide		1	1	1	1	1
		Agiter vigoureusement et attendre 5 minutes				
Solution de N-(1-naphtyl)-éthylénediamine	(ml)	1	1	1	1	1

□ Laisser au repos 10min.

## METHODES ET TECHNIQUES D'ANALYSE

- Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 543nm en cuves de 05 ou mieux de 10cm.
- Construire la courbe d'étalonnage.(Aminot,1983).

### B/Dosage :

- Introduire 50ml d'eau de mer à analyser dans une fiole jaugée puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage.
- Tenir compte de la valeur lue pour le témoin.
- Se reporter à la courbe d'étalonnage.(Aminot,1983).

### III-2-2-5-5-Calcul et expression des résultats :

Pour une prise d'essai de 50ml, la courbe d'étalonnage donne directement la lecture en azote nitreux, exprimée en µg/l d'eau de mer.(Aminot,1983).

**Tableau 10 : Résultats de l'analyse de la région d'ELKettanni**

	K0	K5m	K20m	K40 Nord	K40 Est	K40 Ouest	K100m	K150m	K500m	K900m	Mer
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/litre)	1,46	1,32	1,25	0,89	1,04	1,09	0,57	0,52	0,32	0,15	0,05

### III-2-2-5-6-Sources d'erreurs et interférences :

- La coloration ne tient que deux heures.
- Vérifier que le matériel utilisé ne contient ni de nitrites, ni de nitrates.

(Aminot,1983),(Slowinski et al,1974).

### III-2-2-6/ Dosage des Nitrates :

#### III-2-2-6-1-Prélèvement, échantillonnage et conservation :

Même idée que pour l'azote ammoniacal vis-à-vis du prélèvement et de l'échantillonnage.

Mais pour la conservation, si l'analyse n'est pas effectuée dans les 24h, il faut conserver l'échantillon à 4°C.

Dans le cas d'un délai supérieur, acidifier l'échantillon à l'acide sulfurique à raison de 2mL/L. (Aminot, 1983).

**III-2-2-6-2-Réactifs : (selon Aminot, 1983)**

-Solution de sulfate de cuivre à 2%.

-Solution de chlorure d'ammonium-EDTA :

.Chlorure d'ammonium.		13g
.Ethylène Diamine Tétradactyle de sodium.		1.7g
.Eau permutée	Q.S.P	900ml

• Après dissolution, ajuster le pH à 8.5 par l'ammoniaque, puis compléter le volume à 1L.

- Cadmium de granulométrie 2mm.

- Cadmium-cuivre.

• Nettoyer le cadmium à l'acide chlorhydrique 6N puis le rincer soigneusement à l'eau.

• Agiter 25g de cadmium ainsi lavé avec 100mL de sulfate de cuivre jusqu'à décoloration de celui-ci.

• Recommencer l'opération avec de nouvelles fractions de solution de sulfate de cuivre jusqu'à obtention sur le cadmium d'un précipité colloïdal brun.

• Rincer une dizaine de fois le cadmium ainsi traité à l'eau permutée.

- Solution étalon d'azote nitrique à 0.1g/L :

. Nitrate de potassium		0.722g
. Eau permutée	Q.S.P	1000mL

**III-2-2-6-3- Principe de la méthode :**

**A/présentation :**

Les nitrates sont réduits, à travers une colonne de cadmium, en nitrites qui sont dosés par spectrophotométrie. (Aminot, 1983).

**B/Matériel spécial :**

- Colonne en verre d'une capacité d'environ 100mL, constituée d'un tube de 15cm de long et de 3 cm de diamètre intérieur, prolongée par un autre tube de 25cm de long et de 3.5cm de diamètre intérieur, légèrement effilé à son extrémité et un tube en Téflon de 10cm de long fermé par une pince de Mohr, qui prolonge cet embout.
- Un spectrophotomètre. (Aminot, 1983).

**III-2-2-6-4-Mode opératoire :**

**A/Préparation de la colonne :**

- Insérer un morceau de laine de verre au fond de la colonne et la remplir d'eau permutée.
- Verser le cadmium traité de façon à avoir une colonne d'environ 19cm.
- Maintenir constant le niveau d'eau permutée pour éviter le contact du cadmium avec l'air.
- Laver la colonne avec 200ml de chlorure d'ammonium EDTA.
- Activer la colonne par une solution de nitrate composée de 25ml de nitrate à 1mg/L, d'azote nitrique et de 75ml de chlorure d'ammonium EDTA.
- Régler le débit par la pince de Mohr, de façon à avoir un écoulement d'environ 10mL/min. (Aminot, 1983).

**B/Etablissement de la courbe d'étalonnage :**

A partir de la solution étalon d'azote nitrique, préparer des dilutions de 0 à 1mg/L.

Traiter ces solutions selon le procédé qui suit. (Aminot, 1983).

C/Dosage :

- Faire passer 100mL d'un mélange composé de 25mL d'échantillon et de 75mL de solution de chlorure d'ammonium EDTA à travers la colonne.
- Ecarter les 30 premiers mL, et réaliser la détermination de la concentration des nitrites sur 50mL de fraction restante par la méthode de dosage des nitrites(Aminot,1983).

III-2-2-6-5-Calcul et expression des résultats :

Pour une prise d'essai de 50mL, après passage de l'échantillon sur la colonne, la valeur lue sur la courbe multipliée par 4, donne la teneur en azote nitreux provenant des nitrates exprimés en µg/l.

Tenir compte du rendement de la colonne.

La teneur en azote nitrique de l'échantillon est obtenue par la différence entre l'azote ainsi déterminé et l'azote nitreux.(Aminot, 1983)

Tableau 11 : Résultats de l'analyse de la région d'ELKettanni

	K0	K5m	K20m	K40 Nord	K40 Est	K40 Ouest	K100m	K150m	K500m	K900m	Mer
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> (mg/litre)	11,23	10,87	9,51	7,48	4,84	9,11	6,90	4,40	3,33	2,18	2,09

III-2-2-6-6-Sources d'erreurs et d'interférences :

- Afin d'éviter le colmatage de la colonne, il est nécessaire de travailler sur des échantillons pré-filtrés 0.45 µm.(Aminot,1983).
- Vérifier que les filtres utilisés ne contiennent pas de nitrates, ni même du nitrite.(Aminot,1983),(Slowinski et al,1974).
- En présence de chlorure mercurique utilisé parfois pour la conservation des échantillons, il faut ajuster le pH de la solution de chlorure d'ammonium à 6.3 au lieu de 8.5.(Aminot,1983).

**III-2-2-7/ Dosage des orthophosphates par :**

**« Spectrophotométrie d'Absorption Moléculaire(SAM). »**

**III-2-2-7-1-Prélèvement, échantillonnage et conservation :**

Le prélèvement et l'échantillonnage doivent se faire dans un contenant en verre de volume de 100mL(verre rincé à l'acide).

Pour la conservation, l'échantillon ne doit pas dépasser 48h, avec une réfrigération de 4°C.

L'échantillon doit être filtré sur place pour les phosphates en solution.

(Tardat,1992),(Guy,1987).

**III-2-2-7-2-Réactifs :**

- Solution d'acide sulfurique (d=1.84) à 15% environ du volume.
- Solution de molybdate d'ammonium à 40 g/L.

Filtrer si nécessaire et conserver dans un flacon de polyéthylène à 4°C.

- Solution d'acide ascorbique :

Acide ascorbique		2g
Eau permutée	Q.S.P	100mL

A préparer chaque jour.

- Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2.8g/L:

tartrate double d'antimoine et de potassium		0.28g
Eau permutée	Q.S.P	1000mL

**-Réactifs(0) :**

. solution d'acide sulfurique		50mL
. solution de tartrate double d'antimoine et de potassium		05mL
. solution de molybdate d'ammonium		15mL
. eau permutée	Q.S.P.	100mL

## METHODES ET TECHNIQUES D'ANALYSE

conserver le réactif(0) au réfrigérateur à 4°C.

. Solution mère étalon à 50 mg/L de phosphate:

. Dihydrogénophosphate de potassium desséché au préalable à l'étuve  
à 100°C 219.7mg

. Eau permutée Q.S.P. 1000mL

Acidifier la solution par 100mL d'acide sulfurique à 15% avant d'ajuster le volume.

. Solution fille étalon à 01mg/L de phosphore.

Diluer au 1/50 la solution précédente avec de l'eau permutée.(Aminot,1983).

### III-2-2-7-3- Principe de la méthode :

#### A/Présentation :

En présence de molybdate d'ammonium et en milieu acide, les orthophosphates donnent un complexe phospho-molybdique qui réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

Certaines formes organiques peuvent être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner ces orthophosphates. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.(Aminot,1983).

#### B/Matériel utilisé :

- spectrophotomètre d'absorption moléculaire.(Aminot,1983),(Guy,1987).

### III-2-2-7-4-Mode Opérateur :

#### A/Etablissement de la courbe d'étalonnage :

## METHODES ET TECHNIQUES D'ANALYSE

- Introduire dans une série de fioles jaugées de 25mL :

Numéro des fioles	T	I	II	III	IV	V
Solution étalon de phosphore à 1mg (mL)	00	01	05	10	15	20
Eau permutée	20	19	15	10	05	00
Correspondance en mg de phosphore	00	0.001	0.005	0.01	0.015	0.02

- Introduire dans chaque fiole 01mL de solution d'acide ascorbique.
- Agiter, puis ajouter 04mL de réactif(0) et mélanger soigneusement.
- Compléter éventuellement le volume à 25mL.
- Attendre durant 30 minutes, la stabilisation de la couleur, et effectuer les mesures au spectrophotomètre d'absorption moléculaire à la longueur d'onde de 700 à 800 nm en cuve de 01cm.
- Construire la courbe d'étalonnage. (Aminot, 1983), (Guy, 1987), (Seiler et al, 1994).

### B/Dosage :

- Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 02 et 07, l'ajuster si nécessaire.
- Introduire 20mL d'eau dans une fiole jaugée de 25mL et ajouter 01mL de solution d'acide ascorbique.
- Poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage.
- Tenir compte de la valeur lue pour le témoin.
- Se reporter à la courbe d'étalonnage. (Aminot, 1983).

### III-2-2-7-5-Calcul et expression des résultats :

La courbe donne la teneur en phosphore exprimée en milligrammes pour la prise d'essai. (Aminot, 1983).

**Tableau 12 : Résultats de l'analyse de la région d'ELKettanni**

**METHODES ET TECHNIQUES D'ANALYSE**

	K0	K5m	K20m	K40 Nord	K40 Est	K40 Ouest	K100m	K150m	K500m	K900m	Mer
$PO_4^{3-}$ (mg/litre)	2,9	2,76	2,71	2,14	2,34	2,52	1,23	1,09	0,67	0,30	0,50

**III-2-2-7-6-Sources d'erreurs et interférences :**

- Vérifier que les filtres utilisés ne contiennent pas de phosphates.
- L'interférence de l'arsenic à la valence 05 est éliminée par réduction à la valence 03, en ajoutant à 15mL d'échantillon 2.5mL de cette solution fraîchement préparée :

20mL d'acide sulfurique 05N.

40mL de solution de disulfite de sodium à 100g/L.

40mL de solution de thiosulfate de sodium à 100g/L.

\*Attendre 15 minutes après addition de cette solution réductrice.

\*Compléter le volume à 20 mL.

\*Procéder au dosage de cette solution.

- Les autres composés susceptibles d'interférer sont :

$SiO_2 - Fe(III) - Hg(II) - V(V) - Cr.(VI) - Cl^- - NO_2^-$  (Aminot,1983).

**III-2-2-8-Température :**

**Tableau 13 : Résultats de l'analyse de la région d'EL-KETTANI**

	K0	K5m	K20m	K40 Nord	K40 Est	K40 Ouest	K100m	K150m	K500m	K900m	Mer
T°C	26,1	22	25,1	24,5	24	23,6	21	24	23	24,9	20,2

**III-2-2-9- Le pH :**

**\* Principe de la mesure :**

On utilise un dispositif potentiométrique amplificateur construit pour la mesure du pH .Celle-ci est effectuée avec une électrode de verre destinée

pour des mesures précises telles que le calcul du pH des eaux très douces ou des eaux contenant des protéines .

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence ( calomel - KCL saturé ) plongeant dans une même solution est une fonction linéaire du pH de celle ci :

$$E = E_0 + 2,3 RT / nf \cdot \log a_H \quad (\text{Houma,1997})$$

avec:

$E$  = potentiel mesuré .

$E_0$  = potentiel de l'électrode de référence et des solutions internes

$R$  = constante de gaz ( j / °c ) .

$T$  = température absolue ( °c ) .

$n$  = charge de l'ion .

$f$  = constate de FARADAY ( 96500 o ) .

$a_H$  = activité de l'ion dans l'échantillon (  $H^+$  )

**\* Réactifs :**

1. Solution d'hydrogénophthalate de potassium : pH 4.00 à 20° C :

hydrogénophthalate de potassium.....10.21 g

eau distillée .....1000 ml

2. Solution d'hydrogénophosphates : pH 6.88 à 20° C :

dihydrogénophosphate de potassium .....3.39 g

hydrogénophosphate de sodium .....3.53 g

eau distillée .....1000 ml .

**• Etalonnage de l'appareil :**

Dans le cas des appareils ne donnant pas des mesures directes , introduire successivement dans deux solutions étalons l'ensemble constitué par l'électrode de verre et l'électrode au calomel . Les valeurs

correspondantes en millivolts lues sur l'appareil permettent de déterminer la droite liant le pH et la différence de potentiel .

• Mesures :

D'une façon générale , si l'appareil ne comporte pas de correcteur de pente , nous effectuons l'étalonnage avec une seule solution tampon d'un pH aussi voisin que celui de l'eau à analyser .(Houma, 1997)

Dans le cas contraire , nous utilisons une solution tampon de pH égal à 7 pour le réglage de normalisation puis une solution tampon d'un pH aussi voisin que celui de l'eau à analyser pour le réglage du correcteur de pente .

**Tableau 14 : résultats de l'analyse de la région d'El Kettani**

	K0	K5m	K20m	K40 Nord	K40 Est	K40 Ouest	K100m	K150m	K500m	K900m	Mer
pH	8,5	7,9	7,9	7,5	8,4	8,9	8	8,4	7,5	7,8	8



# CHAPITRE IV

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

## IV/ RESULTATS ET DISCUSSIONS:

Les résultats des mesures in situ des paramètres physico-chimiques et l'analyse des sels nutritifs dans la plage d' EL KETTANI sont représentés et regroupés dans les TABLEAUX I , II et III et illustrés par des figures .

Nos résultats conduisent aux constatations suivantes :

### IV-1/ VARIATION SPATIALE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES.

**Tableau I: Résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau d'El Kettanni**

	T°C	PH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	DCO (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	DBO <sub>5</sub>	O <sub>2</sub> (mg/L)	Salinité	%O <sub>2</sub>
K0m	26.1	8.5	11.6	970	1.46	11.23	2.9	240	1.5	18	20.5
K5m	22	7.9	9.8	850	1.32	10.87	2.76	221	3.46	18	44.0
K20m	25.1	7.9	10.9	790	1.25	9.51	2.71	210	5.12	20	69.6
K40 Nord	24.5	7.5	6.3	557	0.89	7.48	2.14	186	5.30	22	72.2
K40 Est	24	8.4	6.8	560	1.04	4.84	2.34	188	5.50	24	75.1
K40 Ouest	23.6	8.9	7.5	630	1.09	9.11	2.52	196	5.26	26	72.2
K100m	21	8	5.75	420	0.57	6.90	1.23	168	6.2	28	82.2
K150m	24	8.4	5.12	378	0.52	4.40	1.09	200	6.8	30	86.2
K500m	23	7.5	4	298	0.32	3.33	0.67	184	7	32	99.0
K900m	24.9	7.8	3.01	250	0.15	2.18	0.30	166	7.2	34	108.9
Mer	20.2	8	0.60	65	0.05	2.09	0.50	55	8.2	36	112.0

**IV-1-1- Les Paramètres mesurés *in situ* :**

**IV-1-1-1/ La température :**

Les valeurs de la température relevées au niveau d'EL KETTANI sont comprises entre 20.2°C et 26.1°C avec une moyenne de 21.3°C et un écart type de 2.77°C. La plus faible valeur est signalée au large de la mer (1000m), loin de toute influence; alors que la valeur maximale est enregistrée au niveau du point K<sub>0</sub> (m), le point le plus proche au rejet .Cet intervalle favorise bien la croissance des bactéries intervenant sur l'auto-épuration des eaux usées .

Le prélèvement effectué dans les eaux superficielles en contact avec l'atmosphère et par le rejet d'eau chaude provoque la pollution thermique et explique les valeurs de température élevées.

Cette élévation peut s'accompagner d'une modification de la densité qui décroît lorsque la température croit.

N.B: Pour le calcul de l'écart type des paramètres physico-chimiques ,nous avons utilisé l'équation suivante :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

X= Moyenne

n: nombre de point de prélèvement

**IV-1-1-2/ Le potentiel d'Hydrogène( pH) :**

On considère la variation du pH en fonction des points de prélèvement les valeurs sont comprises entre 7.5 et 8.9, avec une moyenne de 8.1 et avec un écart type de 0.26. Ces valeurs de pH se situent dans la bonne gamme d'activité des micro-organismes et favorisent aisément un traitement

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

biologique puisque la valeur maximale est enregistrée au niveau du point K0(m) et que la variation du pH au sein d'EL KETTANI est assez faible .

Les résultats sont aussi liés à d'autres paramètres tels que la température , la salinité et l'oxygène dissous .

### IV-1-1-3/ L'oxygène dissous :

Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux superficielles d'EL KETTANI varient entre 20.5% et 112% avec une moyenne de 77.17% et un écart type de 19.9 %.

La teneur reste nulle au niveau du rejet et à quelques mètres loin de la côte, elle peut dépendre de la présence des végétaux, des matières organiques oxydables ou des germes aérobies

- ◆ La diminution remarquable de la teneur d'oxygène dissous provoque l'eutrophisation des milieux et peut aller jusqu'à l'élimination de certaines espèces et la limitation de la vie aquatique en ces zones excessivement polluées .
- ◆ Les faibles teneurs en oxygène dissous sont dues essentiellement à sa consommation par les bactéries lors de la dégradation de la matière organique et dans le processus de minéralisation.

Les teneurs minimales enregistrées au niveau du point K0(m), s'expliquent par l'augmentation de la matière en suspension pouvant empêcher la pénétration de la lumière qui influe sur la production primaire.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### N.B.:

A/ L'oxygène en eau de mer peut être représenté soit en milligramme par litre (mg/L) soit en pourcentage de saturation (%) dans le milieu comme on peut passer du mg/L au pourcentage de saturation et vice-versa en passant par la solubilité de l'oxygène dans l'eau qui est en fonction de la température et de la salinité selon le TABLEAU A (voir annexe) et cela selon l'équation suivante :

$$\% O_2 = \frac{\text{CONCENTRATION (mg/litre)}}{\text{SOLUBILITE} \times 1.429(\text{mg/L}^{-1})} \times 100$$

### Exemple de calcul :

Pour le point K<sub>0</sub>(m) → T° = 26.1 c° avec une salinité S = 18 %  
Selon le tableau , nous déduisons à cette température la solubilité :  
5.12 x 1.429

Pour K<sub>0</sub>(m) → la concentration en oxygène = 15mg/L , alors on aura :

$$\% O_2 = \frac{1.5}{5.12 \times 1.429} \times 100 = 20.5\%$$

La suite des résultats est représentée dans le TABLEAU I.

B/ L'étude de la salinité a été faite afin d'avoir un accès au tableau de la solubilité de l'oxygène. Mais quand même , nous avons pu remarquer des variations de la salinité avec une valeur minimale de 18‰ et une valeur maximale de 36‰ respectivement entre les points K<sub>0</sub>(m) et K<sub>1000</sub>(m).

La salinité moyenne est environ de 27.45‰ avec un écart type de 5.66 ‰.

Nous remarquons que la salinité augmente au fur et à mesure que nous nous éloignons de la côte . Cela est normalement du à la pollution de la côte qui a

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

tendance à ramener vers la mer de l'eau polluée (Eau de lessivage, égout et émissaires...).

### IV-1-1-4/ Les nitrates $NO_3^-$ :

Les concentrations en nitrates au niveau d'EL KETTANI, varient de 2.09 a 11.23 mg/L, avec une moyenne de 6.9 mg/L et un écart type de 03.23 mg/L.

De par ces résultats, nous constatons que les teneurs de l'eau en azote nitrique diminuent de la côte vers le large (en surface), cela pourrait s'expliquer par la sédimentation de ce paramètre et une tendance à diminuer vers le large. Mais les taux élevés près de la côte sont dûs aux différents rejets par les oueds et égouts d'où les déchets organiques et les eaux usées qui arrivent au rivage.

Cependant, les faibles concentrations rencontrées peuvent être liées à la faible régénération par les bactéries et à sa consommation par l'activité photosynthétique.

Les nitrates participent au phénomène d'eutrophisation surtout dans les zones de remontée d'eau . (Aminot , 1983).

En période de faible oxygénation, ils jouent le rôle de donneurs d'oxygène. Les variations des teneurs en nitrates peuvent être dues aussi à leur passage en azote nitreux  $NO_2^-$  ou bien en azote ammoniacal  $NH_4^+$  (Aminot, 1983).

**IV-1-1-5/ Les phosphates  $PO_4^{3-}$  (Orthophosphates) :**

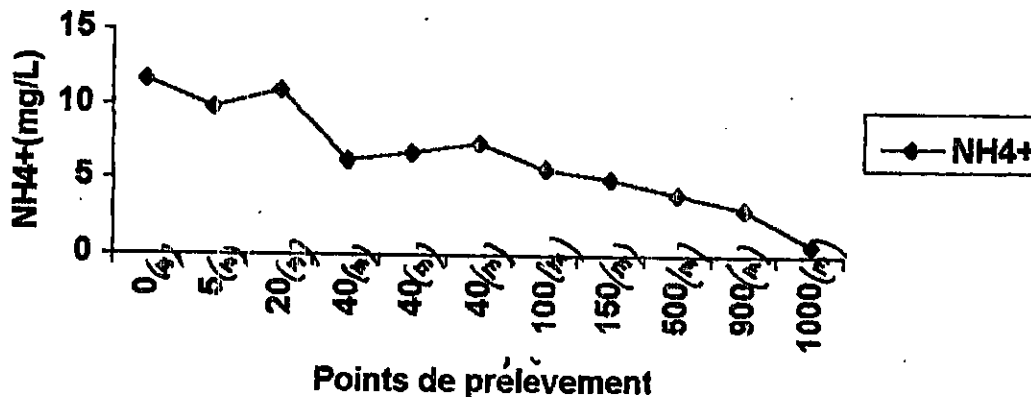
Les teneurs des eaux de surface en phosphates varient dans l'intervalle (2.9 – 0.3)mg/L, avec une moyenne de 1.7 mg/L et un écart type de 0.95 mg/L.

Le phosphore est présent sous forme de sels minéraux (ortho et phosphates ) certaines concentrations sont élevées en phosphate  $PO_4^{3-}$ , cela est dû aux apports éoliens et terrigènes

Les valeurs maximales sont enregistrées près de la côte K0(m),K5(m) et K40(m) (Présence de rejets) , et sont largement supérieures aux concentrations d'une eau de mer propre ; expliquant du point de vue biologique une activité bactérienne importante dans les milieux .

La diminution vers le large est dûe au phénomène d'adsorption qui augmente le facteur de coulage (Aminot, 1983).

**IV-1-1-6/ L'azote ammoniacal ( $NH_4^+$ ):**



**Figure 03 :Variation spatiale de  $PNH_4^+$  au niveau d'El-Kettani**

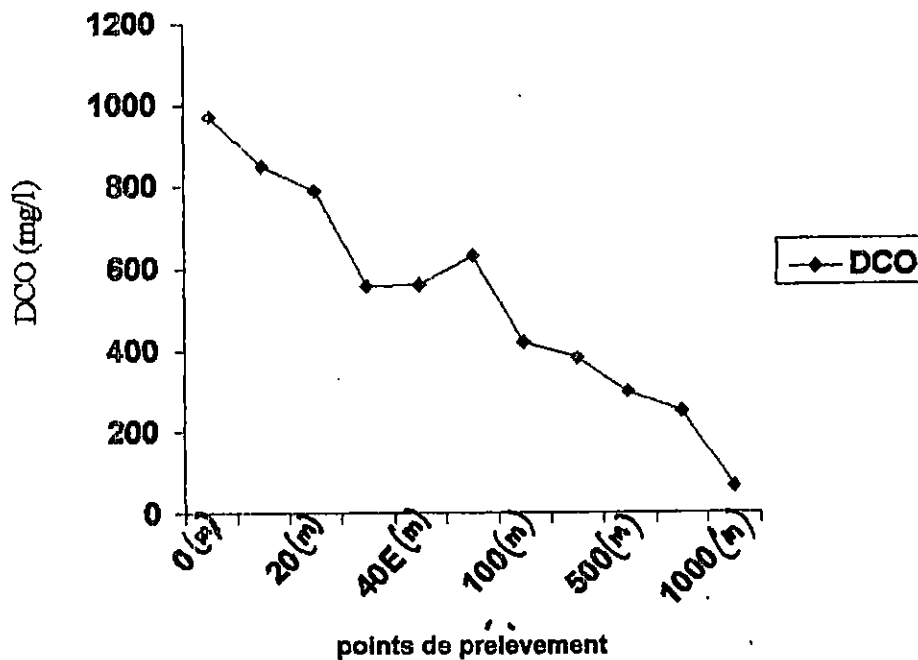
## RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les rejets des collectivités et de certaines industries peuvent enrichir les eaux superficielles en  $\text{NH}_4^+$ . L'accroissement particulièrement significatif dans certains points varie en raison inverse de la qualité de l'eau.

Nous constatons que la valeur maximale est de 11.6 mg/L au niveau du point K0(m), et la valeur minimale de 0.60 mg/L loin de la côte . L'écart type est de 3.20 mg/L avec une moyenne de 6.49 mg/L.

La diminution de la teneur en azote ammoniacal de la côte vers le large est due aux rejets domestiques et industriels qui sont riches en matières organiques et à l'assimilation de l'ammonium par les micro-organismes .

### IV-1-1-7/ Demande chimique en oxygène (DCO):



**FIGURE 04** :Variation spatiale de la DCO  
Au niveau d'El-Kettani

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

La DCO détermine le caractère biodégradable de l'ensemble des matières organiques, la figure 04 montre une consommation excessive d'oxygène dissous dans l'eau de mer, par suite des charges organiques déversées dans la région .

Les teneurs maximales sont élevées et très remarquables près de la côte et diminuent en s'y éloignant, cela s'explique par la présence d'une source de pollution au niveau de la côte identifiée par des rejets urbains .

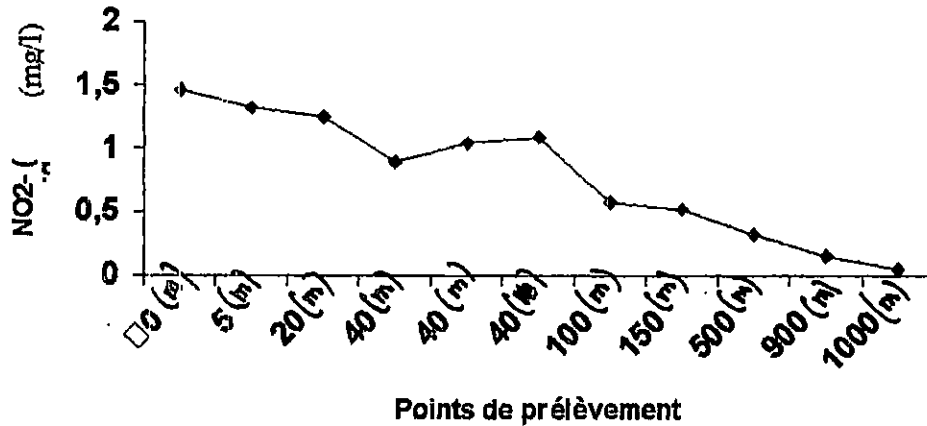
La valeur maximale est de 970 mg/L au niveau K0(m) et la teneur minimale de 75 mg/L au niveau du K1000(m). La moyenne de ce paramètre atteint 525.27 mg/L et l'écart type 261.02 mg/L.

Nous pouvons dire que la zone d'EL KETTANI est nettement polluée ; la DCO dépasse 10 fois la limite maximale de rejet fixée par *le manuel interne d'organisation "selon SONATRACH 120 mg/L"*. (voir annexe).

L'évolution de cet indicateur de pollution au niveau de notre site d'étude, présente des courbes qui traduisent une grave insuffisance de la capacité du milieu récepteur à s'auto-épurer de la pollution rejetée dans cette région.

La pollution est excessive dans notre site d'étude vu l'absence de stations d'épuration, et même si cette dernière existait son rendement resterait insuffisant ou absent.

IV-1-1-8/ Les nitrites  $NO_2^-$  :



**Figure 05 :Variation spatiale des nitrites.  
Au niveau d'El-Kettani**

Les teneurs en nitrites sont largement élevées. Elles varient dans l'intervalle (1.46 – 0.15) mg/L avec une moyenne de 0.79mg/L et un écart type de 0.47mg/L.

Les teneurs en nitrite comme pour les nitrates diminuent de la côte vers le large.

Les valeurs maximales des nitrites sont dûes à l'apport des substances organiques ou non organiques et à l'oxydation de l'ammonium.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

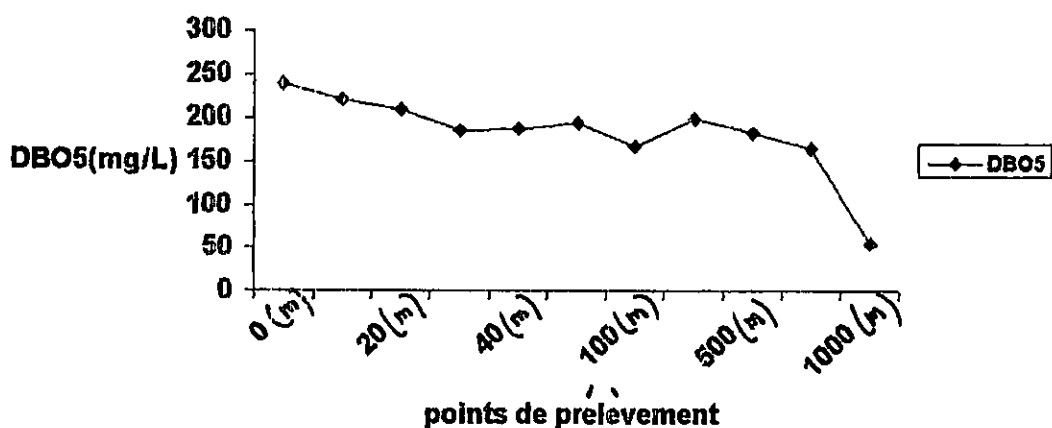
Les eaux de surface peuvent être contaminées par les rejets industriels (industrie agro-alimentaire, lessivage des terres cultivées renfermant des engrais ou traitées par certains pesticides).

### Remarque:

Les teneurs élevées en nitrites peuvent provenir des régions voisines par l'effet du vent qui peut drainer des déchets rejetés par la cimenterie de RAIS HAMIDOU ou encore par le voisinage du port d'Alger qui se situe à l'est à environ 2 kilomètres .

La réduction des nitrates entraîne la formation de ce paramètre et participe à l'augmentation des concentrations en  $\text{NO}_2^-$  observées pour les points qui présentent une forte pollution.

### IV-1-1-9/Demande biochimique en oxygène DBO5:



**Figure 06 :Variation spatiale de la DBO5  
Au niveau d'El-Kettani**

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les phénomènes d'auto-épuration dans les eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes sous l'action de micro-organismes. Il en résulte une consommation d'oxygène qui s'exprime par la demande biochimique en oxygène.

Les résultats d'analyse montrent une importante teneur de la DBO<sub>5</sub> au niveau de la côte une diminution dès qu'on éloigne vers le large . Cela s'explique par la présence d'une source de pollution au niveau de la côte.

Pour la DBO<sub>5</sub>, la teneur maximale est de 250 mg/L au niveau du K0(m) et la valeur minimale de 55 mg/L au niveau du point K1000(m) avec une moyenne de 184mg/L et un écart type de 45.5 mg/L.

Les résultats d'analyse nous montrent la qualité de l'eau et évaluent le taux de pollution de la zone étudiée, nous remarquons que la DBO<sub>5</sub> dépasse 6 fois la limite maximale fixée par *la norme Algérienne qui est de 40 mg/L et relative au rejet des eaux résiduaires.*

Cela peut être aussi lié à la présence d'éléments toxiques (peintures antifouling, des huiles et graisses qui constituent un milieu favorable à la prolifération bactérienne et certains parasites).

Les résultats importants obtenus avec la DBO<sub>5</sub> permettent de caractériser la pollution liée à la tolérance de la pollution organique ou à la dégradation des charges organiques polluantes sous l'action des micro-organismes.

### Conclusion :

Les fortes teneurs en DCO et en DBO<sub>5</sub> dans l'eau d'El-Kettani sont préoccupantes ; elles montrent une consommation excessive de l'oxygène qui traduit des conséquences très graves et fatales sur la vie aquatique en entraînant un phénomène d'eutrophisation du littoral .

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

La contamination de l'eau des plages voisines est pratiquement certaine, les maladies parasitaires sont cependant inévitables et l'incidence sur les maladies de peau et sur les gastroentérites des baigneurs est aussi prévue dans ces conditions.

### IV-1-2/ Application des deux indices de pollution :

A/tableau X : selon l'indice chimique de Vernier et Micha (1982),

6 paramètres:

%O <sub>2</sub> Sat	DCO (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	Niveau de pollution
91-110	0-10	<0.5	<1.5	≤0.03	≤0.10	Très faible(5)
71-90 111-120	11-20	0.5-1	1.5-4.0	0.04- 0.20	0.11- 0.25	Faible (4)
51-70 121-130	21-50	1.1-2.0	4.1-6.0	0.21- 0.50	0.26- 0.60	Moyenne (3)
31-50 131-150	51-75	2.1-5.0	6.1-11	0.51-1.0	0.61- >2.0	Elevée (2)
≤30 >150	>75	>5.0	>11	>1.0	>2.0	Très élevée (1)

Moyenne arithmétique de: 1 à 1.8 classe 1

1.9 à 2.6 classe 2

2.7 à 3.4 classe 3

3.5 à 4.2 classe 4

4.3 à 5 classe 5

Selon cette classification (Voir tableau X1); la zone d'EL KETTANI est subdivisée en 4 principales classes:

-La 1ere classe concerne les niveaux K0(m) jusqu'a K40(m) . La moyenne arithmétique variant de 1 à 1.8, cette classe porte un niveau de pollution très élevé.

-La 2eme classe concerne la zone du point K100(m) au point K150(m) avec une moyenne arithmétique entre 1.9 et 2.6.Cette classe porte un niveau de pollution élevé.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

-La 3eme classe se trouve entre les points K500(m) et K900(m) avec une moyenne arithmétique variant entre 2.7 et 3.4, cette classe possède un niveau de pollution moyen.

-La 4eme classe est représentée uniquement par le point K1000(m) avec une moyenne arithmétique de 3.5. Selon cet indice, le niveau de pollution est faible, et la moyenne arithmétique varie de 3.5 à 4.2.

Cependant, la zone est dépourvue de la 5eme classe dont la moyenne arithmétique peut aller de 4.3 jusqu'a 5. Selon cet indice le niveau de pollution est très faible.

**Tableau:XI : L'indice chimique Selon Vernier et Micha (1982),  
6 paramètres étudiés à EL KETTANI**

	%O2 Sat	DCO (mg/L)	NH4+ (mg/L)	NO <sub>3</sub> (mg/L)	NO <sub>2</sub> (mg/L)	PO4 <sup>3-</sup> (mg/L)	Total	Moyenne arithmétique	Classe et niveau de pollution
Mer	5	2	4	4	3	3	21	3.5	Classe 4 // faible
K0	1	1	1	1	1	1	6	1	Classe1// très élevée
K5m	2	1	1	2	1	1	8	1.33	Classe 1// très élevée
K20m	3	1	1	2	1	1	9	1.5	Classe1 // très élevée
K40 Nord	4	1	1	2	1	1	10	1.66	Classe1 // très élevée
K40 Est	4	1	1	2	1	1	10	1.66	Classe1 // très élevée
K40 Ouest	4	1	1	2	2	1	11	1.83	Classe1 // très élevée
K100m	4	1	1	2	2	2	12	2	Classe2 // élevée
K150m	5	1	1	3	2	2	14	2.33	Classe2 // élevée
K500m	5	1	2	4	3	2	17	2.83	Classe3 /moyenne
K900m	5	1	2	4	4	3	19	3.16	Classe3 /moyenne

**B/ Tableau Y : L'indice chimique selon Lisec, 4 paramètres:**

**Voir tableau Y1**

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

**Tableau: Y : L'indice chimique Selon Lisec, 4 paramètres**

	%O2 Sat.	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)
1	91-110	≤3	<0.5	≤0.05
2	71-90 111-120	3.1-6.0	0.5-1.0	0.05-<0.25
3	51-70 121-130	6.1-9.0	1.1-2.0	0.25-<0.90
4	31-50 131-150	9.1-15.0	2.1-5.0	0.90-<1.50
5	≤30 >150	>15	>5.0	>1.5

$I = \sum qi$	Classe	Qualité	Couleur Code
4 - < 6	1	Excellente	Bleu
6 - < 10	2	Bonne	Vert
10 - < 14	3	Moyenne	Jaune
14 - < 18	4	Mauvaise	Orange
18 - < 20	5	Très mauvaise	Rouge

Généralement ,l'indice chimique de Lisec subdivise l'eau de mer en 5 classes: 1ere, 2eme, 3eme, 4eme et 5eme classe , avec ses qualités respectives: excellente , bonne, moyenne, mauvaise et très mauvaise, et avec des couleurs codes respectivement données ainsi :bleu, vert, jaune, orange et rouge.

La plage d'EL KETTANI étant dépourvue des deux premières classes; la pollution est réellement présente dans cette zone.

-La 3eme classe est caractérisée par sa qualité moyenne et sa couleur code jaune, elle est signalée au point K1000(m), avec  $\sum qi \approx 10$  ou  $\sum qi < 14$ .

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

Ainsi que, K800(m) et K500(m).

-La 4eme classe est signalée au point K40(m) jusqu'au point K150(m) caractérisant une qualité d'eau mauvaise et une couleur code orange.

$\sum qi$  dans intervalle [14-18].

-La 5eme classe dont la qualité est très mauvaise et une couleur code rouge ne se trouve qu'aux points K0(m) et K5(m), jusqu'à K20(m).

**Tableau Y1: L'indice Selon la méthode "Lisec"**

(4 paramètres: O<sub>2</sub>%, DBO<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) pour El Kettani

	%O2 Sat	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	$\sum qi$	Classe	Qualité et couleur code
Mer	1	5	2	3	11	3	Moyenne // jaune
K0	5	5	5	5	20	5	Très mauvaise // rouge
K5m	4	5	5	5	19	5	Très Mauvaise // rouge
K20m	3	5	5	5	18	5	Très Mauvaise // rouge
K40 Nord	2	5	5	5	17	4	Mauvaise // orange
K40 Est	2	5	5	5	17	4	Mauvaise // orange
K40 Ouest	2	5	5	5	17	4	Mauvaise // orange
K100m	2	5	5	4	16	4	Mauvaise // orange
K150m	1	5	5	4	15	4	Mauvaise // orange
K500m	1	5	4	3	13	3	Moyenne // jaune
K900m	1	5	4	3	13	3	Moyenne // jaune

Jusqu'à une distance de 150 mètres, la pollution dans la région d'EL Kettani reste importante et au delà de 150 mètres, elle reste moyenne.

### IV-2- Variation temporelle des paramètres physico-chimiques:

#### IV-2-1/ Application au niveau du point K0(m) :

Les résultats des mesures in situ des paramètres physico-chimiques au niveau de la côte dans la plage d' EL KETTANI sont représentés et regroupés dans le TABLEAU suivant :

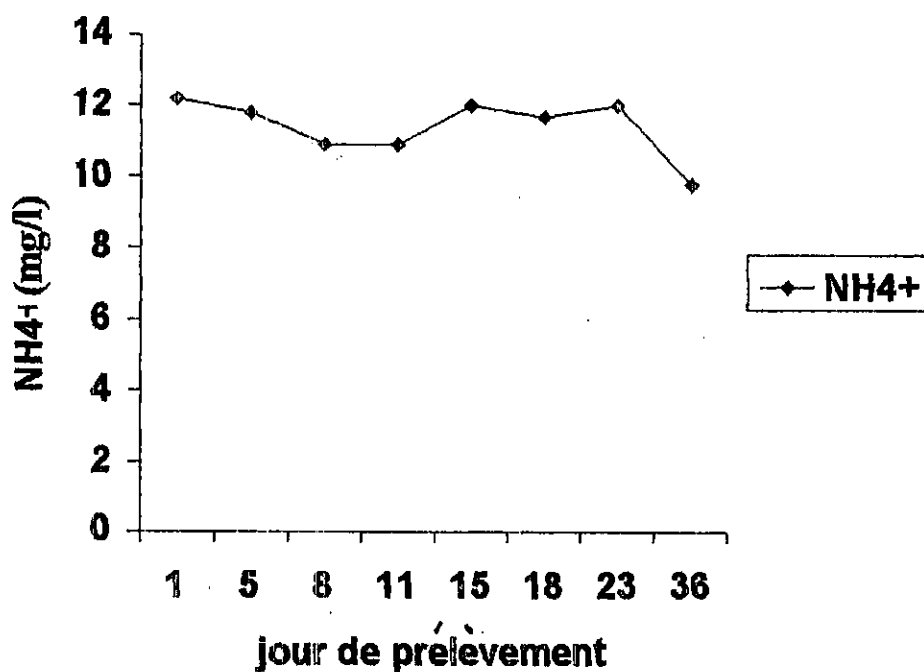
## RESULTATS ET DISCUSSIONS

**Tableau II : Résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau  
d'EL KETTANI (K0(m))**

	T°C	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	DCO (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	DBO5 (mg/L)	O <sub>2</sub> (mg/L)	Solubilité	Salinité	%O <sub>2</sub>
1er jour	25	12.2	877	1.64	10.5	2.7	292	1.5	5.21x1.429	18	20.15
5eme jour	26	11.8	975	1.88	11.3	2.9	304	1.4	5.12x1.429	18	19.13
8eme jour	24	10.9	863	1.95	10.8	2.5	312	1.2	5.30x1.429	18	15.85
11eme jour	25	10.9	824	1.92	11.1	2.65	309	1.5	5.21x1.429	18	20.15
15 jour	25.8	12	800	1.66	10.75	2.62	300	0.98	5.12x1.429	18	13.44
18 eme jour	23.9	11.7	746	2.25	10.6	2.49	298	1.3	5.30x1.429	18	17.20
23eme jour	24	12	970	2.43	11	2.5	240	1.2	5.30x1.429	18	15.85
36eme jour	24.8	9.8	920	1.53	9.8	2.3	250	1.4	5.21x1.429	18	18.74

### IV-2-1-1/Etude des variations:

#### A/Azote ammoniacal :



**Figure 07 : Variation temporelle du NH<sub>4</sub><sup>+</sup>  
au niveau du point K0(m) d'El Kettani**

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'étude temporelle de l' $\text{NH}_4^+$  nous indique que les variations de ce paramètre sont très minimales .

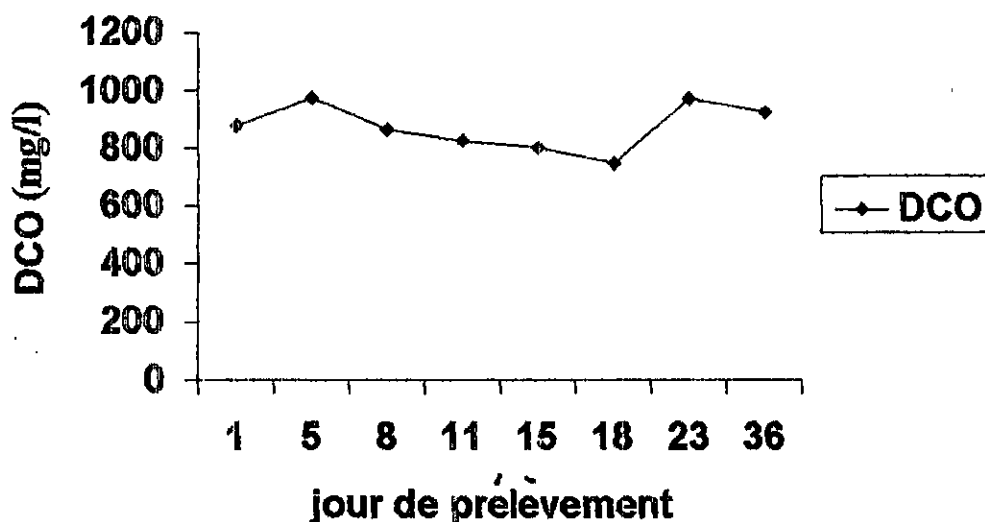
La valeur maximale est de 12.2 mg/L (signalée le premier jour), et la valeur minimale de 9.80 mg/L avec un écart type de 0.65 mg/L et une moyenne de 11.41 mg/L.

En général la variation temporelle de l' $\text{NH}_4^+$  est due aux :

- Facteurs anthropogènes qui sont permanents et variables.
- Apports éoliens et rejets (riches en matières organiques).

Par contre, les apports dus au lessivage ne sont pas pris en considération car on remarque une diminution entre le 1er jour et le dernier jour (36eme).

### B/ Demande chimique en oxygène (DCO):



**Figure 08 : Variation temporelle de la DCO**

**Au niveau du point K0(m/ d'El Kettani**

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats d'analyse de la variation temporelle de la DCO varient de 746 à 975 mg/L.

♦ La valeur maximale est signalée le 5eme jour et la valeur minimale est signalée le 18 eme jour avec une moyenne de 871.9 mg/L et un écart type de 75.8 mg/L.

♦ Une forte concentration est dûe aux taux élevés de la matière oxydable présente dans l'eau et qui varie selon la composition de celle-ci.

Le degré de la pollution est donc considérable, les fortes DCO s'expliquent par:

- La proximité des points de rejet (domestiques, industriels...)
- L'intervention du facteur éolien ainsi que les courants dominants dans la région
- L'activité hydrodynamique.
- L'accumulation de la matière en suspension non dégradable.

### IV-2-1-2/ Etude de la biodégradabilité et le rapport DCO/DBO<sub>5</sub>:

Les points correspondants au rejet présentent une pollution maximale caractérisant des valeurs de DBO<sub>5</sub> qui peuvent être liées à la présence d'éléments toxiques inhibiteurs, d'où l'intérêt de ne pas considérer ce paramètre comme unique critère d'estimation de la qualité d'une eau «J.Rodier 1992»). On s'intéresse donc aux valeurs du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> qui est connu par son lien avec le degré de biodégradabilité du milieu.

- Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> permet d'apprécier la dégradabilité de la matière organique. Il est proche de 1.5 pour les effluents issus des

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

stations d'épuration : l'élévation du rapport indique un accroissement des matières organiques non biodégradables

- La norme NFU44-041 de juillet 1985 précise qu'un rejet d'effluent urbain est réputé à dominance domestique lorsque ses caractéristiques sont telles que le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est inférieur ou égal à 2.5 et sa DCO inférieure ou égale à 750 mg.l<sup>-1</sup>.
- 
- La valeur du rapport DCO / DBO<sub>5</sub> d'une eau usée mixte permet de caractériser ainsi sa biodégradabilité (Permo,1981).

$DCO/DBO_5 = 1$                     *biodégradabilité forte.*

$DCO/DBO_5 = 1.5 \text{ à } 2$         *biodégradabilité moyenne.*

$DCO/DBO_5 = 2,5 \text{ à } 4$         *biodégradabilité faible.*

	DCO(mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	R= DCO/DBO <sub>5</sub>
1er jour	877	292	3.00
5eme jour	975	304	3.20
8eme jour	863	312	2.76
11eme jour	824	309	2.66
15eme jour	800	300	2.66
18 eme jour	746	298	2.50
23eme jour	970	240	4.04
36eme jour	920	250	3.68

On remarque que :

- Les valeurs du rapport sont comprises entre 2.50 et 4.04 avec une moyenne de 3.06.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

- La biodégradabilité au point K0(m) est faible, cela est provoqué par l'action accumulatrice des matières organiques non dégradables et la présence de certaines substances (huiles, graisses...).
- le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> permet bien d'apprécier la dégradabilité de la matière organique. La valeur du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> d'une eau usée mixte permet de caractériser sa biodégradabilité : (A.Bricaud,1988). L'évolution du rapport indique un accroissement de la matière organique (Rodier,1992).

### IV-2-1-3/Classification des résultats selon les deux indices:

L'application de ces deux indices permet d'avoir une idée sur le degré de pollution des eaux usées .

#### **A/Selon l'indice chimique de Vernier et Micha: (tableau X2)**

La classification des résultats de la zone d'EL KETTANI pour le point K0(m) se situe dans la classe dont le niveau de pollution est très élevé avec une moyenne arithmétique comprise entre 1 et 1.16 pour tous les jours de prélèvement.

#### **B/ Selon l'indice chimique de Lisec: (tableau Y2)**

Selon le tableau Y2, on constate que pour le point K0(m) la qualité de l'eau de mer est très mauvaise avec une couleur code rouge, ceci tous les jours de prélèvement, car le point K0(m) est le plus proche du rejet qui déverse des substances chimiques, organiques voir toxiques qui sont la cause de sa très mauvaise qualité .

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

**Tableau X2: Indice chimique selon Vernier et Micha, pour le point K0**

	DCO (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	%O <sub>2</sub> Sat	Total	Moyenne arithmétique	Niveau de pollution
1er jour	1	1	2	1	1	1	7	1.16	Classe 1 très élevée
5 <sup>ème</sup> jour	1	1	1	1	1	1	6	1	Classe 1 très élevée
8 <sup>ème</sup> jour	1	1	2	1	1	1	7	1.16	Classe 1 très élevée
11 <sup>ème</sup> jour	1	1	1	1	1	1	6	1	Classe 1 très élevée
15 <sup>ème</sup> jour	1	1	2	1	1	1	7	1.16	Classe 1 très élevée
18 <sup>ème</sup> jour	1	1	2	1	1	1	7	1.16	Classe 1 très élevée
23 <sup>ème</sup> jour	1	1	2	1	1	1	7	1.16	Classe 1 très élevée
36 <sup>ème</sup> jour	1	1	2	1	1	1	7	1.16	Classe 1 très élevée

**Tableau Y2: Indice chimique selon "Lisec", pour K0.**

	%O <sub>2</sub> Sat	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	Σqi	Classe	Qualité et couleur code
1er jour	5	5	5	5	20	5	très mauvaise: rouge
5 <sup>ème</sup> jour	5	5	5	5	20	5	très mauvaise : rouge
8 <sup>ème</sup> jour	5	5	5	5	20	5	Très Mauvaise: rouge
11 <sup>ème</sup> jour	5	5	5	5	20	5	Très mauvaise: rouge
15 <sup>ème</sup> jour	5	5	5	5	20	5	Très mauvaise: rouge
18 <sup>ème</sup> jour	5	5	5	5	20	5	Très mauvaise: rouge
23 <sup>ème</sup> jour	5	5	5	5	20	5	Très mauvaise: rouge
36 <sup>ème</sup> jour	5	5	5	5	20	5	Très mauvaise: rouge

**RESULTATS ET DISCUSSIONS**

**IV-2-2/ Application au niveau du point K150 (m):**

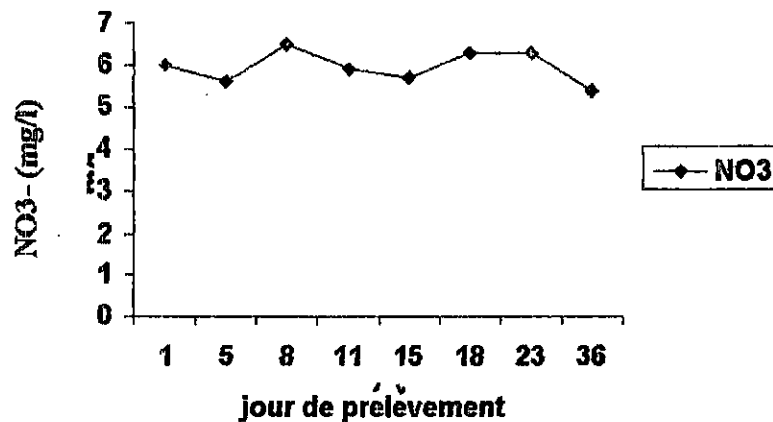
Les résultats des mesures in situ des paramètres physico-chimiques au niveau du point K150(m) de la plage d' EL KETTANI sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau III: Résultats de l'analyse physico-chimiques de l'eau d'EL KETTANI K150 (m)**

	T°C	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	DCO (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	O <sub>2</sub> (mg/L)	Solubilité X1.429	Salinité	%O2
<b>1er jour</b>	23	6.2	398	1.4	6	1.40	191	6.8	7.12	32	95.5
<b>5ème jour</b>	25	7.1	360	1.3	5.6	1.50	192	6.7	6.87	32	97.5
<b>8ème jour</b>	24	6.6	354	1.12	6.5	1.66	182	6.5	6.99	32	93
<b>11ème jour</b>	23	6	375	1.3	5.9	1.64	170	6.5	7.12	32	91.3
<b>15 jour</b>	23	7.5	363	0.98	5.7	1.52	165	6.3	7.12	32	88.5
<b>18 ème jour</b>	24	6.5	382	1.3	6.3	1.50	160	6	6.99	32	88.8
<b>23ème jour</b>	24	6.2	380	1.15	6.3	1.35	192	6.7	6.99	32	95.9
<b>36ème jour</b>	23	5.7	350	0.87	5.4	1.40	159	6.3	7.12	32	88.5

**IV-2-2-1/Etude des variations:**

**A/ Les nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:**



**Figure 09 :Variation temporelle des nitrates**

**Au niveau du point K150(m) d'El Kettani**

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

L' étude de la variation temporelle du  $\text{NO}_3^-$  a permis de constater que :

- La valeur minimale est de 5.4 mg/L et a été relevée le 36eme jour.
- La valeur maximale enregistrée est de 6.5mg/L pendant le 8eme jour avec une moyenne de 5.96mg/L et un écart type de 0.36mg/L.

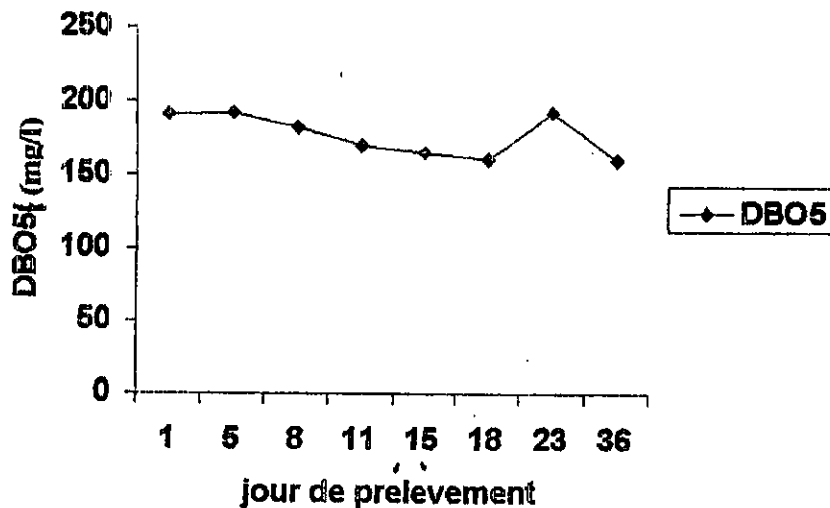
\* Le degré de pollution diminue à cette distance et cela s'explique par :

- Le passage du nitrate en nitrite, ou de son passage en ammonium.
- L'utilisation dans les processus micro biologiques.

\* Les fluctuations en quantité de nitrates sont dûes à:

- La fluctuation en quantité d'apports extérieurs.
- La fluctuation de la qualité journalière des apports extérieurs.

### B/La demande biochimique en oxygène DBO<sub>5</sub>:



**Figure 10** : Variations temporelles de la DBO<sub>5</sub>

Au niveau du point K150(m) d'El Kettani

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats d'analyse de la variation temporelle de la DBO<sub>5</sub> montrent que la valeur maximale est de 192mg/L lors du 3eme et du 5eme , jours alors que la valeur minimale est de 159 mg/L lors du 36eme jour avec une moyenne de 176.4 mg/L et un écart type de 13.6 mg/L.

\*On remarque : une diminution de la DBO<sub>5</sub> au cours du jour, dûe :

- à la forte consommation de jour en jour par voie biologique.
- au phénomène d'auto-épuration des eaux superficielles.

\*On remarque : un pic au 23eme jour, dû:

- au contact des rejets urbains et industriels.
- à la bonne prolifération bactérienne pour dégrader la matière organique.

### IV-2-2-2/Etude de la biodégradabilité et du rapport DCO/DBO<sub>5</sub>:

Les valeurs du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> sont représentées dans le tableau suivant ainsi que les valeurs de la DCO et de la DBO<sub>5</sub> en mg/L temporellement:

	DCO(mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DCO/DBO <sub>5</sub>
<b>1er jour</b>	398	191	2.08
<b>5eme jour</b>	360	192	1.87
<b>8eme jour</b>	354	182	1.94
<b>11eme jour</b>	375	170	2.20
<b>15eme jour</b>	363	165	2.20
<b>18 eme jour</b>	382	160	2.38
<b>23eme jour</b>	380	192	1.97
<b>36eme jour</b>	350	159	2.20

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

\*On remarque que la biodégradabilité est moyenne durant tous les jours avec un rapport R maximal de 2.38 et un rapport R minimal de 1.87 avec une moyenne de 2.11.

Cela est dû à l'éloignement de la côte K150(m) par rapport à K0(m) et à la prolifération bactérienne qui a tendance à faire augmenter la DBO<sub>5</sub>.

\*Selon la norme NFU 44-048 de juillet 1985, un rejet d'effluent urbain est rebuté à dominance domestique lorsque ses caractéristiques sont telles que le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est inférieur ou égal à 2.5 et sa DCO inférieure ou égale à 750 mg/L.

### IV-2-2-3/Classification des résultats selon les deux indices :

#### A/ Selon l'indice Vernier et Micha:

Le point K150(m) varie d'une classe 01 à la classe 02 avec un niveau de pollution d'élevé à très élevé ( Voir tableau X3).

**Tableau X3: Indice chimique selon Vernier et Micha , pour le point K150(m) d'El Kettani**

	DCO (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	%O <sub>2</sub> Sat	Total	Moyenne arithmétique	Niveau de pollution
1er jour	1	1	3	1	2	5	13	2.16	Classe 2 élevée
5eme jour	1	1	3	1	2	5	13	2.16	Classe 2 élevée
8eme jour	1	1	2	1	2	5	12	2	Classe 2 élevée
11eme jour	1	1	3	1	2	5	13	2.16	Classe 2 élevée
15 jour	1	1	3	2	2	4	13	2.16	Classe2 élevée
18 eme jour	1	1	2	1	2	4	11	1.83	Classe1 très élevée
23eme jour	1	1	2	1	2	5	12	2	Classe 2 élevée
36eme jour	1	1	3	2	2	4	13	2.16	Classe2 élevée

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### B/ Selon l'indice Lisec:

Cet indice nous indique que le point K150(m) a une qualité d'eau mauvaise avec une couleur code orange (tableau Y3).

Donc, le point K150(m), malgré son éloignement et la moyenne de biodégradabilité qui le caractérise, il reste toujours un point nettement pollué selon les deux indices.

**Tableau Y3 : Indice chimique selon Lisec, pour le point K150(m) d'El Kettani**

	%O <sub>2</sub>	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	∑qi	classe	Qualité et couleur code
<b>1er jour</b>	1	5	5	4	15	4	Mauvaise orange
<b>5eme jour</b>	1	5	5	5	16	4	Mauvaise orange
<b>8eme jour</b>	1	5	5	5	16	4	Mauvaise orange
<b>11eme jour</b>	1	5	5	5	16	4	Mauvaise orange
<b>15eme jour</b>	2	5	5	5	17	4	Mauvaise orange
<b>18eme jour</b>	2	5	5	5	17	4	Mauvaise orange
<b>23eme jour</b>	1	5	5	4	15	4	Mauvaise orange
<b>36eme jour</b>	2	5	5	4	16	4	Mauvaise orange

La pollution dans ce point est due au facteur hydrodynamique qui a tendance à ramener la matière organique (pollution) loin du point K0(m) pour homogénéiser toute la masse d'eau entre le point K150(m) et le point K0(m) grâce à la circulation des eaux de mer dans la baie d'Alger (Tchernia, 1972), (Millot, 1987).

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### IV-3/ Variation des paramètres physico-chimiques dans le port d'Alger.

#### IV-3-1/ Application au niveau du point P0 (m) :

**Tableau IV : Résultats de l'analyse physico-chimique  
au niveau du Port d'Alger (Point P0)**

	1	2	3	4
T	28	26	27	26
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	2.53	2.2	1.84	2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	11.5	10.8	10.5	11.2
DCO (mg/L)	1400	1386	1380	1389
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	14.1	13.75	13.1	14
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	400	347	345	366
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	2.25	2.20	2.1	2.15
O <sub>2</sub> (mg/L)	4.5	4.8	4.3	4.5
Salinité	20	20	20	20
Solubilité x 1.429	6.99	7.23	7.10	7.23
% O <sub>2</sub>	64.38	66.39	60.56	62.24
R	3.5	3.99	4	3.79

Les résultats d'analyse du port d'Alger correspondent à 4 prélèvements correspondants au même point pour chaque paramètre. Nous avons donné les différentes mesures et teneurs des paramètres caractérisant la qualité de l'eau afin de vérifier la variation d'un paramètre pour le même point.

#### IV-3-1-1/ Calcul de la moyenne des mesures pour le point P0(m) :

	Moyenne
T	26,75
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	2,14
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	11
DCO (mg/L)	1388,7
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	13,7
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	364,5
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	2,18
O <sub>2</sub> (mg/L)	4,5
Salinité	20
Solubilité x 1.429	7.19
% O <sub>2</sub>	63.11
R	3.82

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### IV-3-1-2/Etude de la biodégradabilité et le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> :

N° du prélèvement:	1 er	2 eme	3 eme	4 eme	Moyenne
R :DCO/DBO <sub>5</sub>	3.5	3.99	4	3.79	3.82

On constate que la biodégradabilité est notamment faible malgré la croissance de R ; cela s'explique par :

♦ La structure du port (milieu semi fermé), qui ne permet pas les échanges des masses d'eau avec l'extérieur (stagnation des eaux).

♦ Les quantités et les qualités des déchets organiques ou inorganiques rejetés lors de la décharge des marchandises.

♦ Les huiles et les graisses ainsi que les hydrocarbures issus des navires et les bateaux de petits métiers.

♦ L'absence de stations de déballastage qui effectuent les vidanges des hydrocarbures.

♦ Le voisinage des industries au port (ENCG, Papeterie....) qui déversent directement ou indirectement des substances chimiques et toxiques.

### IV-3-1-3/ Classification des résultats selon les deux indices :

#### *Selon la méthode Vernier et Micha (Tableau X4) :*

D'après la classification on remarque que le point P0 est un point d'une classe une dont le niveau de pollution est très élevé, avec une moyenne arithmétique comprise entre 1.33 et 1.5 pour les quatre prélèvements.

#### *Selon la méthode Lisec (Tableau Y4) :*

Le point P0 présente une qualité d'eau très mauvaise avec une couleur code rouge.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

□ On remarque que les résultats des deux indices concordent avec la pollution de la zone :

**Tableau X4 : Indice chimique selon Vernier et Micha  
pour le point P0 du port d'Alger**

	% O <sub>2</sub>	DCO (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	total	Moyenne arithmétique	Niveau de pollution et classe
01	3	1	1	1	1	1	8	1.33	Classe 1 très élevé
02	3	1	1	2	1	1	9	1.5	Classe 1 très élevé
03	3	1	1	2	1	1	9	1.5	Classe 1 très élevé
04	3	1	1	1	1	1	8	1.33	Classe 1 très élevé
Moyenne	3	1	1	2	1	1	9	1.5	Classe 1 très élevé

**Tableau Y4 : Indice selon la méthode Lisec  
du point P<sub>0</sub> du port d'Alger**

	% O <sub>2</sub>	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	Σqi	classe	Qualité et couleur code
01	3	5	5	5	18	5	T. Mauvaise : rouge
02	3	5	5	5	18	5	T. Mauvaise : rouge
03	3	5	5	5	18	5	T. Mauvaise : rouge
04	3	5	5	5	18	5	T. Mauvaise : rouge
Moyenne	3	5	5	5	18	5	T. Mauvaise : rouge

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### IV-3-2- Application au niveau du point P250(m) :

**Tableau V : Résultats de l'analyse physico-chimique au niveau du port d'Alger (point P250 ).**

	1	2	3	4
T°C	24	23	24	24
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	1.53	1.2	1.4	1.3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	7.6	7.8	7.3	7.3
DCO (mg/L)	865	863	859	860
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	9.2	8.5	8	8
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	346	354	345	340
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	1.66	1.75	1.70	1.63
O <sub>2</sub> (mg/L)	6.2	6.5	6	6.2
Salinité	30	30	30	30
Solubilitéx 1.429	7.07	7.2	7.07	7.07
% O <sub>2</sub>	87.69	90.28	84.87	87.69
R	2.5	2.43	2.48	2.53

### IV-3-2-1/Calcul de la moyenne des mesures pour le point P250(m) :

	1
T°C	23,75
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	1,36
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	7,5
DCO (mg/L)	861,75
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	8,42
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	346,25
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	1,68
O <sub>2</sub> (mg/L)	6,2
Salinité	30
Solubilitéx 1.429	7.10
% O <sub>2</sub>	87.32
R	2.48

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### IV-3-2-2-Etude de la biodégradabilité et du rapport : R= DCO/DBO<sub>5</sub>

Prélèvement	1er	2ème	3ème	4ème	Moyenne
R= DCO/DBO <sub>5</sub>	2.5	2.43	2.48	2.53	2.48

On remarque que la biodégradabilité est moyenne pour les quatre (04 ) prélèvements du même point P250 au niveau du port d'Alger.

### IV-3-2-3- Classification des résultats selon les deux indices :

#### A- selon l'indice de Vernier et Micha : Tableau X5

Le point P250 se situe dans la classe 1 dont le niveau de pollution est très élevé avec une moyenne arithmétique de 1.83.

#### B- Selon l'indice Lisec : Tableau Y5

Le point P250m représente une qualité d'eau mauvaise, avec une couleur code orange.

On retrouve pratiquement les mêmes résultats en utilisant les deux indices.

**Tableau X5 : Indice selon Vernier & Micha, 1982 (six paramètres)**  
**du point P250 du port d'Alger.**

Paramètres	% O <sub>2</sub>	DCO (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	Total	Moyenne arithmétique	Niveau de pollution et classe
01	4	1	1	2	1	2	11	1.83	Classe 1 très élevé
02	5	1	1	2	1	2	12	2	Classe 1 très élevé
03	4	1	1	2	1	2	11	1.83	Classe 1 très élevé
04	4	1	1	2	1	2	11	1.83	Classe 1 très élevé
Moyenne	4	1	1	2	1	2	11	1.83	Classe 1 très élevé

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

**Tableau Y5 : Indice selon Lisec, du point P250 du port d'Alger.**

Paramètres	% O <sub>2</sub>	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	Σqi	classe	Qualité et couleur code
01	2	5	5	5	17	4	Mauvaise orange
02	1	5	5	5	16	4	Mauvaise orange
03	2	5	5	5	17	4	Mauvaise orange
04	2	5	5	5	17	4	Mauvaise orange

### IV-3-3- Application au niveau du point P800m.

**Tableau VI : Résultats de l'analyse physico-chimique  
(Point P800m ) du port d'Alger**

	1	2	3	4
T°C	23	24	23	22
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	1.2	1.16	1.14	1.0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	4.9	4.6	4.5	4.5
DCO (mg/L)	590	586	583	592
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	5.2	5.5	5.8	5.8
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	222	218	215	215
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	1.05	1.03	1.02	1.04
O <sub>2</sub> (mg/L)	8.3	8.5	8.3	7.8
Salinité	32	32	32	32

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### IV-3-3-1-Calcul de la moyenne des mesures pour le point P800m.

	1
T°C	23
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	1.13
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	4.6
DCO (mg/L)	587,75
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	5.6
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	217,5
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	1.03
O <sub>2</sub> (mg/L)	8.22
Salinité	32

### IV-3-3-2-Etude de la biodégradabilité et du rapport : R= DCO/DBO<sub>5</sub>

Prélèvement	1er	2 <sup>ème</sup>	3ème	4ème	Moyenne
R= DCO/DBO <sub>5</sub>	2.66	2.69	2.71	2.75	2.70

L'étude du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> a permis d'avoir une idée sur la qualité de l'eau de mer du port d'Alger et la qualité de cette eau le long de la couche superficielle.

On remarque toujours que la biodégradabilité est faible malgré l'éloignement de ce point par rapport aux points P0 et P250m.

Donc même si ce point est loin des effets de pollution, il reste un lieu assez pollué et cela pourrait s'expliquer par :

- Le grand nombre de points de rejet dans le port qui sont d'origine usé (domestiques, industriels, ...).
- Le vidange direct des hydrocarbures par les navires accostés, ainsi que les déchets rejetés par la pêche (petit bateau, peinture, etc).
- L'absence de stations d'épuration.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### IV-3-3-3/ Classification des résultats selon les deux indices :

#### Selon l'indice Vernier & Micha :

Cette zone est de classe 2 dont le niveau de pollution est élevé, avec une moyenne arithmétique environnant le 2 .

(voir *Tableau X6*).

#### Selon l'indice de Lisec

Cette zone est classée quatrième avec une qualité d'eau mauvaise de couleur code orange.

Les résultats selon les deux indices se concordent dans leurs interprétations.

**Tableau X6 : Indice chimique selon Vernier & Micha, 1982**

(Six paramètres) du point P800m du port d'Alger.

Paramètres	DCO (mg/L)	%O <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> (mg/L)	NO <sub>2</sub> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	Total	Moyenne arithmétique	Niveau de pollution
01	1	4	1	3	1	2	12	2	Classe 2 élevée
02	1	3	1	3	1	2	11	1.83	Classe 1 très élevée
03	1	4	1	3	1	2	12	2	Classe 2 élevée
04	1	5	1	3	2	2	14	2.33	Classe 2 élevée
Moyenne	1	4	1	3	1	2	12	2	Classe 2 élevée

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

**Tableau Y6 : Indice selon la méthode (quatre paramètres) du point  
P800m du port d'Alger**

Paramètres	%O <sub>2</sub>	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	Σqi	Classe	Qualité et couleur code
01	2	5	5	4	16	4	Mauvaise orange
02	3	5	5	4	17	4	Mauvaise orange
03	2	5	5	4	16	4	Mauvaise orange
04	1	5	5	4	15	4	Mauvaise orange
Moyenne	2	5	5	4	16	4	Mauvaise orange

La pollution est relativement élevée pour le port touché par celle des rejets se situant à proximité, et créant donc une forte pollution d'origine bactérienne et chimique.

#### **IV.4. ETUDE GRAPHIQUE ET INTERPRETATION DES RESULTATS :**

Notre étude a permis d'évaluer et d'étudier la pollution aquatique du littoral et a consisté à mettre en évidence les caractéristiques physico-chimiques d'une plage soumise au rejets urbains et industriels pour essayer d'évaluer le degré de biodégradabilité de ce milieu, par rapport à un port.

♦ Les valeurs de *pH*, et de température ne donnent pas forcément une idée sur la qualité ou la charge de l'eau. La basicité remarquable des différents endroits peut être liée à la contamination des milieux par les bactéries ou par des pigments chlorophylliens très sensibles à la lumière et au potentiel d'hydrogène. Certaines bactéries ont une préférence marquée pour la multiplication en milieu basique, nous citons les *Escherichia Coli*

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

qui se reproduisent à partir d'un *pH* variant de 4,4 à 9 ou encore les *Vibrio* qui peuvent se développer jusqu'un *pH* optimal de 9

◆ Les rejets des collectivités et certaines industries peuvent enrichir les eaux superficielles en nitrates . L'accroissement particulièrement significatif varie selon la nature des eaux . Les eaux météoriques contiennent les nitrates provenant de l'ammoniac et des oxydes d'azote présents dans l'atmosphère . L'accroissement de la pollution atmosphérique contribue à une augmentation de l'apport des composés azotés au sol qui est actuellement de l'ordre de 17 kg par hectare et par an.

◆ Les nitrates participent aux phénomènes d'eutrophisation en période de faible oxygénation ; ils jouent le rôle de donneurs d'oxygène .

◆ Les nitrites peuvent être rencontrés dans les eaux généralement à des doses faibles . Ils proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac , soit d'une réduction de nitrates.

Cependant , il a été nécessaire de tenir compte des teneurs en nitrates et en azote ammoniacal

Dans l'examen bactériologique, la teneur en nitrites dépasse 1.80 mg/l . Ces résultats nous alertent sur un danger de toxicité.

◆ D'autre part , les eaux de surface peuvent être contaminées par les rejets industriels ( industrie agro-alimentaire , lessivage de terres cultivées renfermant des engrains phosphates ou traités par certains pesticides ), qui peuvent aussi provenir des traitements de vaccination des eaux industrielles

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

contre la corrosion et l'entartrage où des adjuvants actifs sont ajoutés aux détergents .

L'évolution du paramètre phosphore peut aller à l'élimination de certaines espèces jusqu'à la cessation de la vie aquatique . Il joue un rôle important dans le développement des algues .La multiplication de ces dernières accroît la consommation d'oxygène .

♦ Les teneurs faibles en oxygène dissous observées dans notre cas peuvent aussi limiter la vie aquatique en créant des déséquilibres entre les diverses espèces ( Asphyxie des poissons). La variation de teneur en oxygène est aussi importante que la valeur du taux absolu; elle est due à la présence des végétaux ,des matières organiques et à la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface .

♦ En ce qui concerne les rejets d'eau chaudes , il est assez impropre de parler de " pollution " thermique car il s'agit plutôt d'une "nuisance " par réchauffement dont il faut distinguer les effets physiques , physico-chimiques et biologiques . L'élévation de la température s'accompagne donc d'une modification de la densité qui décroît lorsque la température croît ; d'une réduction de la viscosité , d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface ( évaporation ) et d'une diminution de la solubilité des gaz (oxygène)Quelques effets peuvent avoir une action bénéfique : exemple l'augmentation de la température favorise l'auto-épuration et accroît la vitesse de sédimentation .

♦ La figure de la DCO montre une consommation excessive de l'oxygène dissous dans l'eau, et les charges organiques déversées par le canal du rejet urbain dans la mer sont considérables .

L'évolution de cet indicateur de pollution au niveau du site d 'El Kettani présente des courbes qui traduisent une grave insuffisance de la capacité du

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

milieu récepteur à s'auto-épurer de la pollution rejetée . La DCO a dépassé de 10 fois la limite maximale de rejet fixée par la norme Française 90 mg d'O<sub>2</sub> /L.

◆ Nous concluons que la zone d 'El Kettani est nettement polluée pour la simple raison que la DBO<sub>5</sub> a dépassé de six fois la limite maximale fixée par les normes algériennes ( 40 mg d'O<sub>2</sub> / L ) relatives au rejet des eaux résiduaires .

Il faut aussi prendre en considération que dans un milieu nettement pollué , de faibles valeurs de DBO<sub>5</sub> peuvent être liées à la présence d'éléments toxiques .

◆ En ce qui concerne le pH (5 à 6.5) la tendance acide constatée au niveau du port s'explique par la concentration des points de rejets industriels et urbains dans cette zone

Les élévations du *pH* et de la température peuvent être nuisibles pour les poissons et peuvent provoquer des altérations importantes dans la flore et la faune.

◆ La teneur en sels des eaux usées domestiques est liée essentiellement à la salinité de l'eau du réseau ; l'activité industrielle provoque très souvent une augmentation de la salinité . Certaines eaux industrielles contiennent des polluants spécifiques comme les phénols et les cyanures . La signification de ces derniers concerne de près les critères de la qualité des eaux.

## **DISCUSSION**

Cette étude est réalisée sur deux zones : le port d'ALGER et la plage d'EL KETTANI. Elle nous a permis d'avoir une idée sur la qualité de l'eau de mer en se basant sur le suivi des différents paramètres physico-chimiques afin de définir la source de pollution et son ampleur. L'analyse des paramètres physico-chimiques nous a amenés à conclure que:

◆ Les valeurs de températures sont assez élevées dans le port d'Alger ; cela s'explique par la stagnation des eaux et par leur faible renouvellement (éloignement de l'influence de la Mer )

◆ La salinité du port d'Alger est plus importante par rapport à la salinité de la région d'El kettani, nous pouvons expliquer ce phénomène par la relation entre la température et la salinité. Les faibles valeurs de températures et de salinité d'El kettani sont dûes à l'influence des précipitations sur les eaux côtières .

◆ L'oxygène dissous présente des variations importantes et variables pour les différents lieux. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau du port ; cela peut s'expliquer par l'existence d'une masse en phytoplancton due à l'embarcation des bateaux et le non-renouvellement des eaux. Par ailleurs nous avons remarqué une sous saturation en oxygène dissous pour la plage d'El kettani due à plusieurs facteurs tels que la température et à l'oxydation de la matière organique.

◆ Les sels nutritifs (nitrate et nitrite) sont distribués d'une manière homogène ce qui implique que la concentration de ces sels est gouvernée par

## *DISCUSSION.*

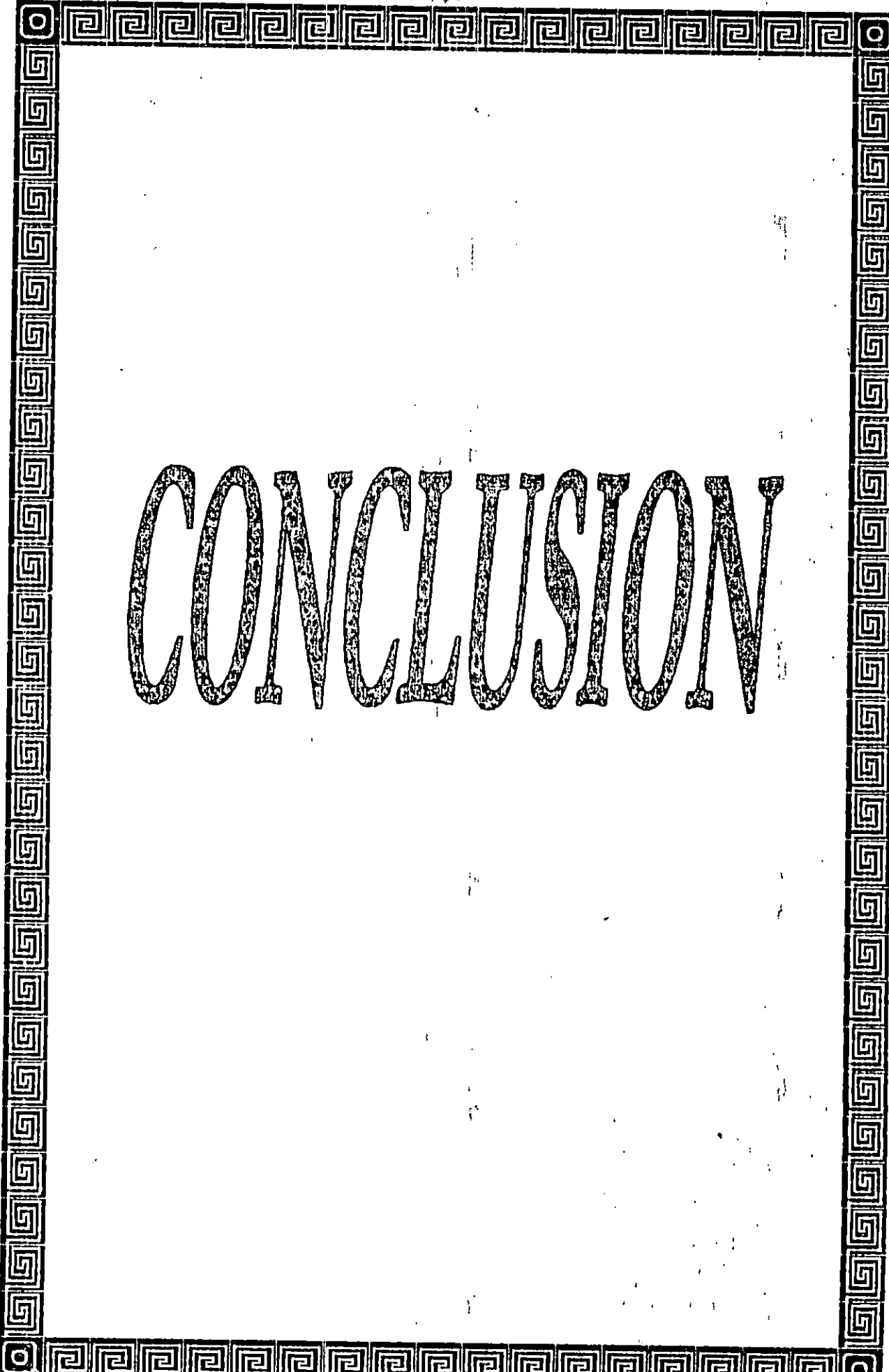
---

l'activité biologique; l'eau usée domestique et industrielle est la source principale de leurs teneurs élevées.

Les teneurs en phosphate d'une part sont élevées et distribuées d'une manière homogène.

♦ L'étude de la biodégradation se manifeste par des valeurs de sous saturation en oxygène provoquée par les taux élevés des polluants et plusieurs substances chimiques intégrées dans ces milieux directement ou indirectement.

- Il faut noter un autre type de pollution <<pollution thermique>> qui se présente au niveau de la centrale électrique de SONELGAZ. Les eaux de surface sont chaudes cela implique une création d'un micro courant pour refroidir les eaux par convection. Si les eaux froides font une montée cela implique une richesse de la zone par les planctons dûe au phénomène UPWELLING et dans le cas d'une redistribution des eaux de surface cela implique une redistribution des polluants dans la région.



# CONCLUSION

## CONCLUSION :

La zone côtière est agressée par l'introduction de plusieurs substances chimiques à la fois organiques et inorganiques, cela constitue un danger flagrant pour la zone côtière et peut engendrer des conséquences graves du micro écosystème.

Cette étude nous a permis de mettre en évidence la pollution de la surface aquatique

Ce travail a pour objet la possibilité d'utiliser deux indices chimiques différents pour le suivi de la pollution aquatique.

La première analyse des paramètres physico-chimiques des eaux de surface, nous permet de montrer que :

1. La pollution de l'eau est forte au niveau des rejets ou en des points proches de la côte par rapport à d'autres lointains. Elle est aussi plus importante jusqu'à quelques mètres de la zone.

2. Le degré de biodégradabilité des zones d'eau chargées est plus élevé que celui des zones d'eau non chargées.

La faible biodégradabilité au niveau de la plage d'El Kettani; à pour conséquence des effets de toxicité importants pour la baignade.

Une analyse multi-temporelle des différents paramètres physico-chimiques, nous permet de conclure que certains jours d'activité sociale représentent un taux de pollution fort par rapport à d'autres jours; et afin de diminuer la matière polluante dans cette zone nous recommandons d'élargir le champ du rejet.

## CONCLUSION.

---

La troisième partie du travail avait pour objectif l'analyse en utilisant deux indices chimiques indicateurs de la pollution avec un nombre de paramètres différents pour donner une classification selon le degré de pollution pour les sites étudiés. Les mesures in-situ et les résultats des analyses au niveau du laboratoire montrent que :

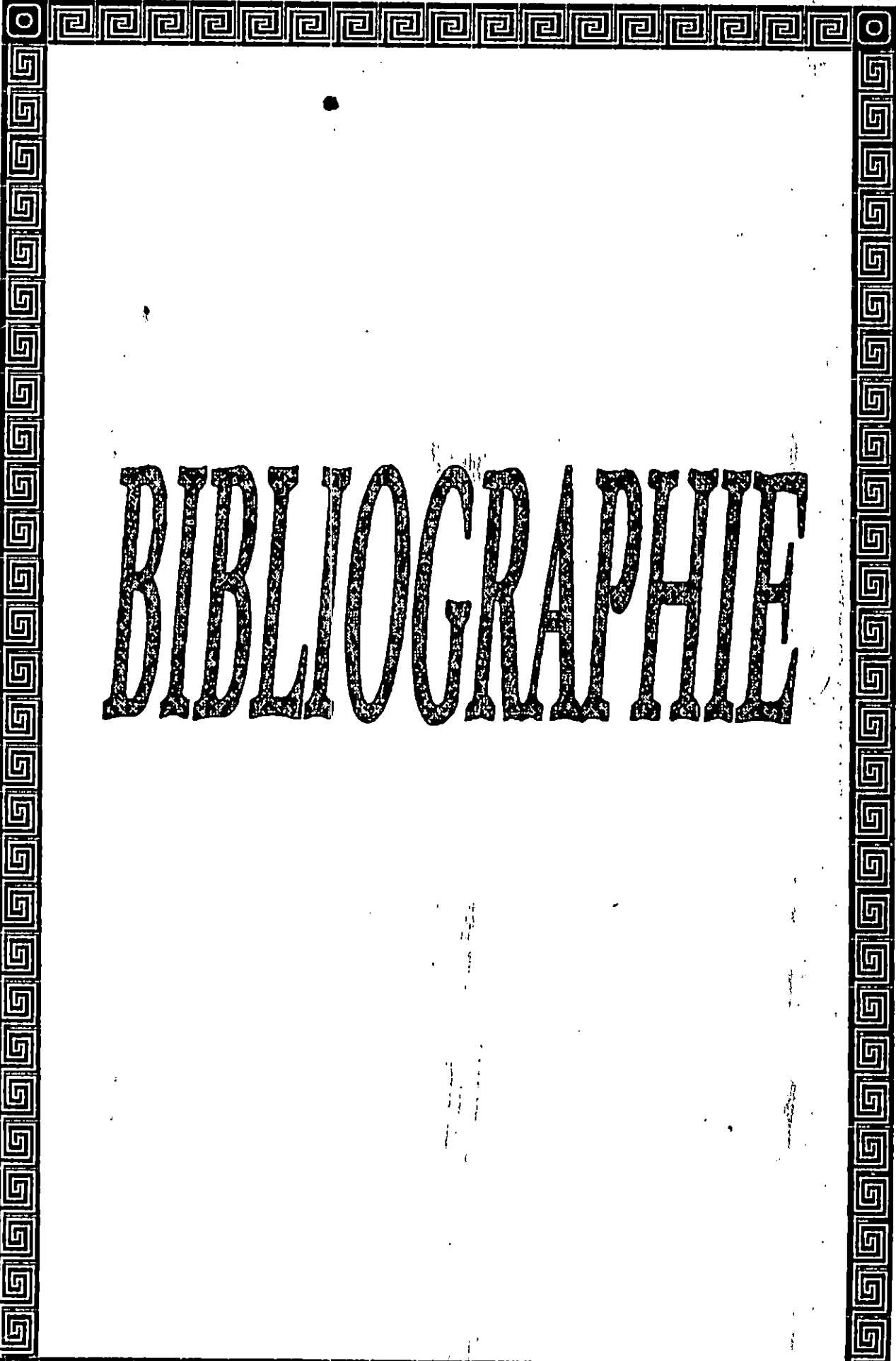
- Selon l'indice chimique de *Vernier et Micha*, la majorité des points donnent des résultats qui concordent bien avec l'état de pollution de la région.

Ici l'analyse de la demande chimique en oxygène est importante, c'est un paramètre indicateur de la pollution important à mesurer. L'évolution des sels nutritifs permet aussi d'identifier les différentes classes de pollution.

- Selon l'indice chimique de *LISEC*, les points caractérisés par une pollution industrielle présentent un caractère et une qualité d'eau approchée à celle déduite à partir de l'analyse physico-chimique ou classé selon le degré de biodégradabilité. Par contre pour les eaux urbaines cet indice est un bon indicateur de la classe de pollution en se basant juste sur la mesure de quatre paramètres physico-chimiques.

Nous remarquons dans ces différentes classes une graduation de la pollution d'une manière visible et afin d'accréditer notre analyse nous avons appliqué les méthodes sur des eaux de différentes natures de pollution.

Le suivi de la pollution des zones côtières nécessite des analyses au niveau des laboratoires. Ces analyses sont coûteuses en argent et en temps. Le but de notre travail est de limiter le nombre de paramètres analysés et de répondre sur une éventuelle possibilité d'utiliser deux indices chimiques pour la quantification et la caractérisation de la pollution aquatique.



**BIBLIOGRAPHIE**

**BIBLIOGRAPHIE :**

- 1 /Abd El Rahman H.et coll ;2000.** Aménagement du front de mer Baeb El Oued  
-EL KETTANI-FERHANI-  
Mémoire:Ingénieur d'état en aménagement du littoral  
p.p.2-16
- 2 /Agoun S. et Nebtl F. ;1999.** Les problèmes d'environnement dans une zone urbaine  
cas boulevard front de mer.  
FERHANI-EL KETTANI.  
Mémoire ingénieur d'état en protection d'environnement.  
IST/USTHB/Alger, 124p.
- 3 /Amlno A.et Chaussepled M ;1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin,  
Centre national pour l'exploitation des océans,  
Brest,395p.
- 4 /Anonyme,2001.** L'algerie au centre des ^pays les plus pollués,  
Le quotidien EL KHABAR.  
Article 01.p.p.2
- 5 /APHA,AWWA et WCPF,1971.** Standard methods for examination of water and wastewater,  
13eme edition, Amer. Publ. Heal. Asso.  
N.W Washington. 1134p
- 6 /Armangau C.et Burkhalter,R,1978.** Utilisation de la télédétection par la résolution des  
problèmes d'hydrodynamisme et de la pollution  
en zones lagunaires et côtière.  
La houille blanche N°718.
- 7 /Bakalem A ; 1980.** Pollution et sources de pollution marine d'origine industrielle  
sur la côte Algérienne -étude préliminaire  
Vème journées études pollution GIESM. Cagliari - 195-200.
- 8 /Bakalem A ;1981.** Les sources de pollution sur la côte ouest algérienne,  
note préliminaire.  
Bull.Soc.Hist-Nat.Afr.Nord 59 (3/4),p.p 131-137.
- 9 /Bellan G et Pres J.M,1994.** La pollution des mers : que sais-je ?  
3eme édition, presse universitaire de France,  
Vendôme.p.p. 126.
- 10 /Boudjelal B.H,1989.** Sels nutritifs et matières en suspension dans le golf d'Arzew.  
Contribution à l'étude de la pollution.  
Mémoire :T.S en biologie des pêches.  
ISMAL,p81.

- 11 /Boulahdid M,1984** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer.  
détermination du rapport de Reidfield dans l'Atlantique nord.  
DEA université de Paris VII,p81.
- 12 /Boulahdid M,1987** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer.  
étude des mélanges de masses d'eau et l'oxydation  
de la matière organique .  
Thèse doctorat, université de Paris VII,p.p 226-251.
- 13 /Bricaud A,1988.** Modèles de réflectance diffusée de l'océan ; application à la détermination  
satellitaire des concentrations des substances présentes dans l'océan et la  
et la mer ; remote sensing from space :physical aspects and modeling.  
Toulouse, pp 605 623.
- 14/Djamil L,1988.** Caractéristiques physico-chimiques de eau de la baie de Zemmouri.  
Mémoire : Technicien Supérieur / Pollution  
pp 42-47.
- 15 /Eddalla N,1990.** Les sels nutritifs dans la baie d'Alger et le golf d'arzew ;  
Identification des masses d'eau.  
Mémoire :Ingénieur ISMAL,pp 54-103.
- 16 /Ferhat R.A,1994.** Etude des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques  
de l'eau dans le port de plaisance de Sidi Ferruch.  
Mémoire : Technicien Supérieur / Pollution  
pp 44-51.
- 17 /Gaujous D ;1998.** La pollution des milieux aquatiques  
aide mémoire,2eme édition ;Technique et documentation  
Lavoisier -Paris, pp 39-106.
- 18 /Gelsi R ;1943.** Recherches sur l'eau de mer polluée,  
édité par Michaud F. -Alger, pp 47-59.
- 19 /GERBM(groupe d'étude et de recherche en bactériologie marine) ;1986 .**  
Deuxième colloque international de bactériologie marine 1-5 Octobre 1984,  
Brest,IFREMER,p549.
- 20 /Guy M et et Coll ;1987.** Le point sur l'épuration et le traitement des effluents (eau, air),  
Vol.3,le phosphore ;Technique et documentation  
Lavoisier,Paris,p297.
- 21 /Hamzaoui ,1983.** Etude perspective de la pollution marine de la baie d'Alger.  
Mémoire : Technicien Supérieur / Pollution  
pp10-15et pp82-87.

- 22 / Houma F ;1997.** Caractérisation de la pollution aquatique a partir d'un modèle radio métrique à base d'image satellites SPOT.  
Mémoire :Magister USTD ;pp51-75.
- 23 /Ivanoff A ;1972.** Introduction à l'océanographie, propriétés physiques et chimiques des eaux de mer, tome I.
- 24 /Kechacha et Samson 1981** Variation saisonnière des matières nutritives de la baie d'Alger, recherche des facteurs contractant le développement du phytoplancton..  
Thèse doctorat 3eme cycle USTHB ;pp68-72.
- 25 /Lacombe H et Tchernia P ;1972.** Caractères hydrologiques et circulation des eaux en Méditerranée.  
Dowden Hutchinson et Ross Inc.  
Paris ;pp25-36.
- 26 /Le claire L ;1968.** Contribution à l'étude géomorphologique de la marge continentale algérienne.  
cahier océanographique 20(6).  
pp451-521.
- 27 /Lecomte P ;1998.** Les sites pollués, traitements des sols et eaux souterraines.  
2eme édition,tec.Doc.Lavoisier,pp7-42.
- 28 /Legrand L et Polrier G ;1976.** Chimie des eaux naturelles : agressivité, corrosivité, traitement et application numérique ; Eyrolles.
- 29 /L.E.M.** (laboratoire d'étude maritime).
- 30 /Millot C ;1987.** Circulation in the western Mediterranean sea. Oceanologica Acte,  
vol 10 ,N°02,pp 143-149.
- 31 /Ouldad Z;1990.** Contribution à l'étude de la pollution par les métaux lourds dans les sédiments superficiels et les particules en suspension, dans la baie de Bou-Ismaïl.  
Mémoire : Ingénieur d'état en protection d'environnement  
pp 56-61.
- 32 /Permo,1981.** La pratique de l'eau ;  
édition Moniteur Paris.
- 33 /Ritey J.P et Skirrow G,1975.** Chemical oceanography ;  
vol.3 2eme édition department of oceanography- university of Liverpool Academic press, England  
p128et pp253-259.

**34 /Rodier J;1992.** L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer)

7eme édition DUNOD.

**35 /Salamon Jet col ;1994.** Interet d'un modele de transport dissous pour les rejets urbains en  
estuaire « la mer rejets urbains »

Bendor 03-15 Juin 1990,IFREMER,pp191-204.

**36 /Seller U.G et coll;1994.** Handbook on metals in clinical and analytical chemistry,

edited by MARCEL DEKKER,

New york ,pp 531-534.

**37/Slowinski W.E et coll;1974.** Chemical principles in the laboratory with qualitative

analysis.W.Bsaunders Company edition,

London,England,p325.

**38 /Tardat M.U;1992.** Chimie des eaux,

Griffon d'argile,Quebec, pp341-357.

**39 /Treguer P et Jacques G.1986.** Ecosystèmes pélagiques marins,

collection d'écologie 19,édition Masson, Brest,243p.



ANNEXE

# TABLEAU : A

Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température et de la salinité. Les valeurs sont en ml.l<sup>-1</sup> (ou cm<sup>3</sup>.dm<sup>-3</sup>)

## SALINITÉS

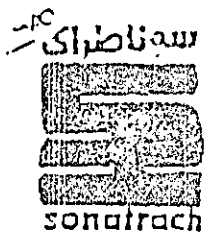
TEMPÉRATURES	SALINITÉS																				
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
0	10,22	10,08	9,94	9,81	9,67	9,54	9,41	9,29	9,16	9,04	8,91	8,79	8,67	8,56	8,44	8,32	8,21	8,10	7,99	7,88	7,77
1	9,94	9,80	9,67	9,54	9,41	9,28	9,16	9,04	8,91	8,79	8,68	8,56	8,44	8,33	8,22	8,11	8,00	7,89	7,78	7,68	7,58
2	9,67	9,54	9,41	9,28	9,16	9,04	8,92	8,80	8,68	8,56	8,45	8,34	8,22	8,11	8,01	7,90	7,79	7,69	7,59	7,48	7,38
3	9,41	9,28	9,16	9,04	8,92	8,80	8,68	8,57	8,45	8,34	8,23	8,12	8,01	7,91	7,80	7,70	7,60	7,50	7,40	7,30	7,20
4	9,16	9,04	8,92	8,81	8,69	8,57	8,46	8,35	8,24	8,13	8,02	7,92	7,81	7,71	7,61	7,51	7,41	7,31	7,22	7,12	7,02
5	8,91	8,81	8,70	8,58	8,47	8,36	8,25	8,14	8,03	7,93	7,83	7,72	7,62	7,52	7,42	7,33	7,23	7,14	7,04	6,95	6,86
6	8,70	8,59	8,48	8,37	8,26	8,15	8,05	7,94	7,84	7,74	7,64	7,54	7,44	7,34	7,25	7,15	7,06	6,97	6,88	6,79	6,70
7	8,49	8,38	8,27	8,16	8,06	7,95	7,85	7,75	7,65	7,55	7,45	7,36	7,26	7,17	7,08	6,99	6,91	6,81	6,72	6,63	6,54
8	8,28	8,17	8,07	7,97	7,86	7,76	7,66	7,57	7,47	7,37	7,28	7,19	7,09	7,00	6,91	6,82	6,74	6,65	6,57	6,48	6,40
9	8,08	7,98	7,88	7,78	7,68	7,58	7,48	7,39	7,30	7,20	7,11	7,02	6,93	6,84	6,76	6,67	6,59	6,50	6,42	6,34	6,26
10	7,89	7,79	7,69	7,60	7,50	7,41	7,31	7,22	7,13	7,04	6,95	6,86	6,78	6,69	6,61	6,52	6,44	6,36	6,28	6,20	6,12
11	7,71	7,61	7,52	7,42	7,33	7,24	7,15	7,06	6,97	6,88	6,80	6,71	6,63	6,54	6,46	6,38	6,30	6,22	6,14	6,07	5,99
12	7,53	7,44	7,35	7,26	7,17	7,08	6,99	6,90	6,82	6,73	6,65	6,56	6,48	6,40	6,32	6,24	6,17	6,09	6,01	5,94	5,86
13	7,37	7,27	7,18	7,10	7,01	6,92	6,84	6,75	6,67	6,59	6,50	6,42	6,34	6,27	6,19	6,11	6,04	5,96	5,89	5,82	5,74
14	7,20	7,12	7,03	6,94	6,86	6,77	6,69	6,61	6,53	6,45	6,37	6,29	6,21	6,14	6,06	5,99	5,91	5,84	5,77	5,70	5,62
15	7,05	6,96	6,88	6,79	6,71	6,63	6,55	6,47	6,39	6,31	6,24	6,16	6,08	6,01	5,94	5,87	5,79	5,72	5,65	5,58	5,51
16	6,90	6,81	6,73	6,65	6,57	6,49	6,41	6,34	6,26	6,19	6,11	6,03	5,96	5,89	5,82	5,75	5,68	5,61	5,54	5,48	5,41
17	6,75	6,67	6,59	6,51	6,44	6,36	6,28	6,21	6,13	6,06	5,99	5,91	5,84	5,77	5,70	5,64	5,57	5,50	5,44	5,37	5,31
18	6,61	6,54	6,46	6,38	6,31	6,23	6,16	6,08	6,01	5,94	5,87	5,80	5,73	5,66	5,59	5,53	5,46	5,40	5,33	5,27	5,21
19	6,48	6,40	6,33	6,25	6,18	6,11	6,03	5,96	5,89	5,82	5,75	5,69	5,62	5,55	5,49	5,42	5,36	5,29	5,23	5,17	5,11
20	6,35	6,28	6,20	6,13	6,06	5,99	5,92	5,85	5,78	5,71	5,64	5,58	5,51	5,45	5,38	5,32	5,26	5,20	5,14	5,07	5,02
21	6,23	6,15	6,08	6,01	5,94	5,87	5,80	5,73	5,67	5,60	5,54	5,47	5,41	5,35	5,28	5,22	5,16	5,10	5,04	4,98	4,93
22	6,11	6,04	5,97	5,90	5,83	5,76	5,69	5,63	5,56	5,50	5,44	5,37	5,31	5,25	5,19	5,13	5,07	5,01	4,95	4,89	4,84
23	5,99	5,92	5,85	5,79	5,72	5,65	5,59	5,52	5,46	5,40	5,34	5,28	5,21	5,15	5,10	5,04	4,98	4,92	4,87	4,81	4,75
24	5,88	5,81	5,74	5,68	5,61	5,55	5,49	5,42	5,36	5,30	5,24	5,18	5,12	5,06	5,01	4,95	4,89	4,84	4,78	4,73	4,67
25	5,77	5,70	5,64	5,58	5,51	5,45	5,39	5,33	5,27	5,21	5,15	5,09	5,03	4,98	4,92	4,86	4,81	4,75	4,70	4,65	4,59
26	5,66	5,60	5,54	5,48	5,41	5,35	5,29	5,23	5,17	5,12	5,06	5,00	4,95	4,89	4,83	4,78	4,73	4,67	4,62	4,57	4,52
27	5,56	5,50	5,44	5,38	5,32	5,26	5,20	5,14	5,08	5,03	4,97	4,92	4,86	4,81	4,75	4,70	4,65	4,60	4,54	4,49	4,44
28	5,46	5,40	5,34	5,28	5,23	5,17	5,11	5,05	5,00	4,94	4,89	4,83	4,78	4,73	4,67	4,62	4,57	4,52	4,47	4,42	4,37
29	5,37	5,31	5,25	5,19	5,14	5,08	5,02	4,97	4,91	4,86	4,81	4,75	4,70	4,65	4,60	4,55	4,50	4,45	4,40	4,35	4,30
30	5,28	5,22	5,16	5,10	5,05	4,99	4,94	4,89	4,83	4,78	4,73	4,68	4,62	4,57	4,52	4,47	4,43	4,38	4,33	4,28	4,24
31	5,19	5,13	5,07	5,02	4,96	4,91	4,86	4,80	4,75	4,70	4,65	4,60	4,55	4,50	4,45	4,40	4,36	4,31	4,26	4,22	4,17
32	5,10	5,04	4,99	4,94	4,88	4,83	4,78	4,73	4,68	4,63	4,58	4,53	4,48	4,43	4,38	4,33	4,29	4,24	4,20	4,15	4,11
33	5,01	4,96	4,91	4,86	4,80	4,75	4,70	4,65	4,60	4,55	4,50	4,46	4,41	4,36	4,31	4,27	4,22	4,18	4,13	4,09	4,04
34	4,93	4,88	4,83	4,78	4,73	4,68	4,63	4,59	4,54	4,49	4,43	4,39	4,34	4,29	4,25	4,20	4,16	4,11	4,07	4,03	3,98
35	4,85	4,80	4,75	4,70	4,65	4,60	4,55	4,51	4,46	4,41	4,36	4,32	4,27	4,23	4,18	4,14	4,10	4,05	4,01	3,97	3,93

Tableau B:

Pourcentage d'ammoniac non ionisé  $\text{NH}_3$  par rapport à l'azote ammoniacal total ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ) en fonction de la température, de la salinité et du pH.

t °C	S = 0 ‰						S = 10 ‰					
	pH						pH					
	6,5	7	7,5	8	8,5	9	6,5	7	7,5	8	8,5	9
0	0,025	0,078	0,147	0,278	2,42	7,27	0,024	0,076	0,141	0,258	2,36	7,10
2	0,030	0,094	0,185	0,327	2,87	8,56	0,029	0,091	0,178	0,304	2,89	8,36
4	0,035	0,111	0,215	1,10	3,40	10,0	0,034	0,109	0,212	1,07	3,32	9,79
6	0,042	0,132	0,277	1,31	4,02	11,7	0,041	0,129	0,246	1,27	3,92	11,4
8	0,050	0,157	0,333	1,54	4,72	13,6	0,048	0,153	0,281	1,50	4,61	13,2
10	0,059	0,185	0,402	1,82	5,53	15,6	0,057	0,180	0,326	1,77	5,40	15,3
12	0,069	0,218	0,486	2,14	6,46	17,9	0,067	0,212	0,381	2,09	6,21	17,5
14	0,081	0,256	0,586	2,50	7,51	20,4	0,079	0,250	0,446	2,44	7,24	20,0
16	0,095	0,301	0,704	2,93	8,71	23,2	0,093	0,293	0,521	2,85	8,50	22,7
18	0,110	0,352	1,00	3,43	10,0	26,1	0,109	0,343	1,00	3,33	9,82	25,6
20	0,130	0,411	1,39	3,96	11,5	29,2	0,127	0,401	1,26	3,87	11,3	28,7
22	0,157	0,479	1,90	4,59	13,2	32,5	0,148	0,467	1,46	4,48	12,9	31,9
24	0,177	0,557	1,74	5,30	15,0	36,2	0,172	0,543	1,70	5,18	14,7	35,3
26	0,205	0,646	2,02	6,11	17,1	39,4	0,200	0,630	1,96	5,96	16,7	38,8
28	0,238	0,748	2,33	7,01	19,3	43,0	0,232	0,729	2,27	6,84	18,8	42,3
30	0,275	0,865	2,68	8,02	21,6	46,6	0,268	0,843	2,62	7,82	21,2	45,8
	S = 20 ‰						S = 30 ‰					
	pH						pH					
t °C	6,5	7	7,5	8	8,5	9	6,5	7	7,5	8	8,5	9
0	0,024	0,074	0,135	0,239	2,30	6,93	0,023	0,072	0,129	0,220	2,24	6,76
2	0,029	0,089	0,160	0,281	2,73	8,16	0,027	0,086	0,153	0,258	2,66	7,97
4	0,033	0,106	0,193	1,05	3,24	9,57	0,033	0,103	0,182	1,02	3,16	9,34
6	0,040	0,125	0,236	1,24	3,82	11,2	0,039	0,122	0,216	1,21	3,73	10,9
8	0,047	0,149	0,288	1,47	4,49	12,9	0,046	0,145	0,256	1,43	4,38	12,7
10	0,056	0,176	0,353	1,73	5,27	15,0	0,054	0,171	0,339	1,68	5,14	14,6
12	0,066	0,207	0,431	2,03	6,15	17,2	0,064	0,202	0,385	1,98	6,01	16,8
14	0,077	0,243	0,526	2,38	7,16	19,6	0,075	0,237	0,446	2,32	6,99	19,2
16	0,090	0,286	0,637	2,78	8,30	22,3	0,088	0,278	0,524	2,71	8,11	21,8
18	0,106	0,334	1,05	3,24	9,50	25,1	0,102	0,326	1,02	3,16	9,36	24,6
20	0,124	0,390	1,32	3,77	11,0	28,2	0,121	0,380	1,19	3,68	10,8	27,6
22	0,144	0,455	1,42	4,37	12,6	31,4	0,141	0,443	1,39	4,26	12,2	30,8
24	0,168	0,529	1,65	5,05	14,4	34,7	0,164	0,515	1,61	4,93	14,1	34,1
26	0,195	0,614	1,92	5,82	16,3	38,2	0,190	0,598	1,87	5,68	16,0	37,6
28	0,226	0,711	2,21	6,68	18,5	41,7	0,220	0,693	2,16	6,52	18,1	41,1
30	0,261	0,821	2,55	7,65	20,7	45,3	0,254	0,800	2,49	7,47	20,2	44,7
	S = 35 ‰						S = 40 ‰					
	pH						pH					
t °C	6,5	7	7,5	8	8,5	9	6,5	7	7,5	8	8,5	9
0	0,023	0,072	0,126	0,211	2,21	6,68	0,022	0,071	0,123	0,202	2,19	6,60
2	0,027	0,085	0,149	0,247	2,52	7,87	0,027	0,084	0,146	0,236	2,60	7,78
4	0,032	0,102	0,181	1,01	3,12	9,37	0,032	0,100	0,177	0,994	3,08	9,12
6	0,039	0,121	0,221	1,19	3,69	10,9	0,039	0,119	0,206	1,18	3,62	10,7
8	0,045	0,142	0,271	1,41	4,33	12,5	0,045	0,141	0,245	1,39	4,28	12,4
10	0,053	0,169	0,330	1,66	5,08	14,5	0,053	0,167	0,295	1,64	5,01	14,3
12	0,063	0,199	0,407	1,95	5,91	16,6	0,062	0,196	0,319	1,92	5,86	16,4
14	0,074	0,234	0,496	2,29	6,91	19,0	0,073	0,231	0,377	2,26	6,82	18,8
16	0,087	0,275	0,603	2,69	8,01	21,6	0,086	0,271	0,452	2,65	7,91	21,4
18	0,102	0,321	1,01	3,12	9,25	24,4	0,101	0,317	0,997	3,08	9,14	24,1
20	0,119	0,375	1,30	3,63	10,6	27,4	0,117	0,371	1,16	3,59	10,5	27,1
22	0,139	0,438	1,57	4,21	12,2	30,5	0,137	0,432	1,35	4,16	12,1	30,3
24	0,161	0,509	1,79	4,86	13,9	33,8	0,159	0,502	1,57	4,81	13,8	33,5
26	0,187	0,590	1,94	5,61	15,8	37,2	0,185	0,583	1,82	5,54	15,6	37,0
28	0,217	0,684	2,13	6,44	17,9	40,8	0,214	0,675	2,10	6,36	17,7	40,5
30	0,251	0,790	2,36	7,38	20,1	44,3	0,248	0,780	2,43	7,29	19,9	44,0

TABLEAU C :

	LIQUEFACTION ET TRANSFORMATION DES GAZ	Réf. <input type="text" value="LTG-D-012"/>
	MANUEL INTERNE D'ORGANISATION	Rév. <input type="text" value="0"/>
	Annexe à la décision portant fixation des limites des rejets d'effluents liquides industriels	Page <input type="text" value="1 de 1"/>

VALEURS LIMITES MAXIMALES DES PARAMETRES DE REJET  
DES INSTALLATIONS DE DEVERSEMENT INDUSTRIELLES

PARAMETRES	UNITES	VALEURS MAXIMALES
• Températures	°C	30
• PH	—	5,5 à 8,5
• Mes	mg/l	30
• DBO5	"	40
• DCO	"	120
- Azote Kjeldahl	"	40
- Phosphates	"	2
- Cyanures	"	0,1
- Aluminium	"	5
- Cadmium	"	0,2
- Chrome 3+	"	3
- Chrome 6+	"	0,1
- Fer	"	5
- Manganèse	"	1
- Mercure	"	0,01
- Nickel	"	5
- Plomb	"	1
- Cuivre	"	3
- Zinc	"	5
- Huiles et Graisses	"	20
- Hydrocarbures	"	20
- Phénols	"	0,5
- Solvants organiques	"	20
- Chlore actif	"	1
- PCB	"	0,001
- Détergents	"	2
- Tensio-actifs anioniques	"	10



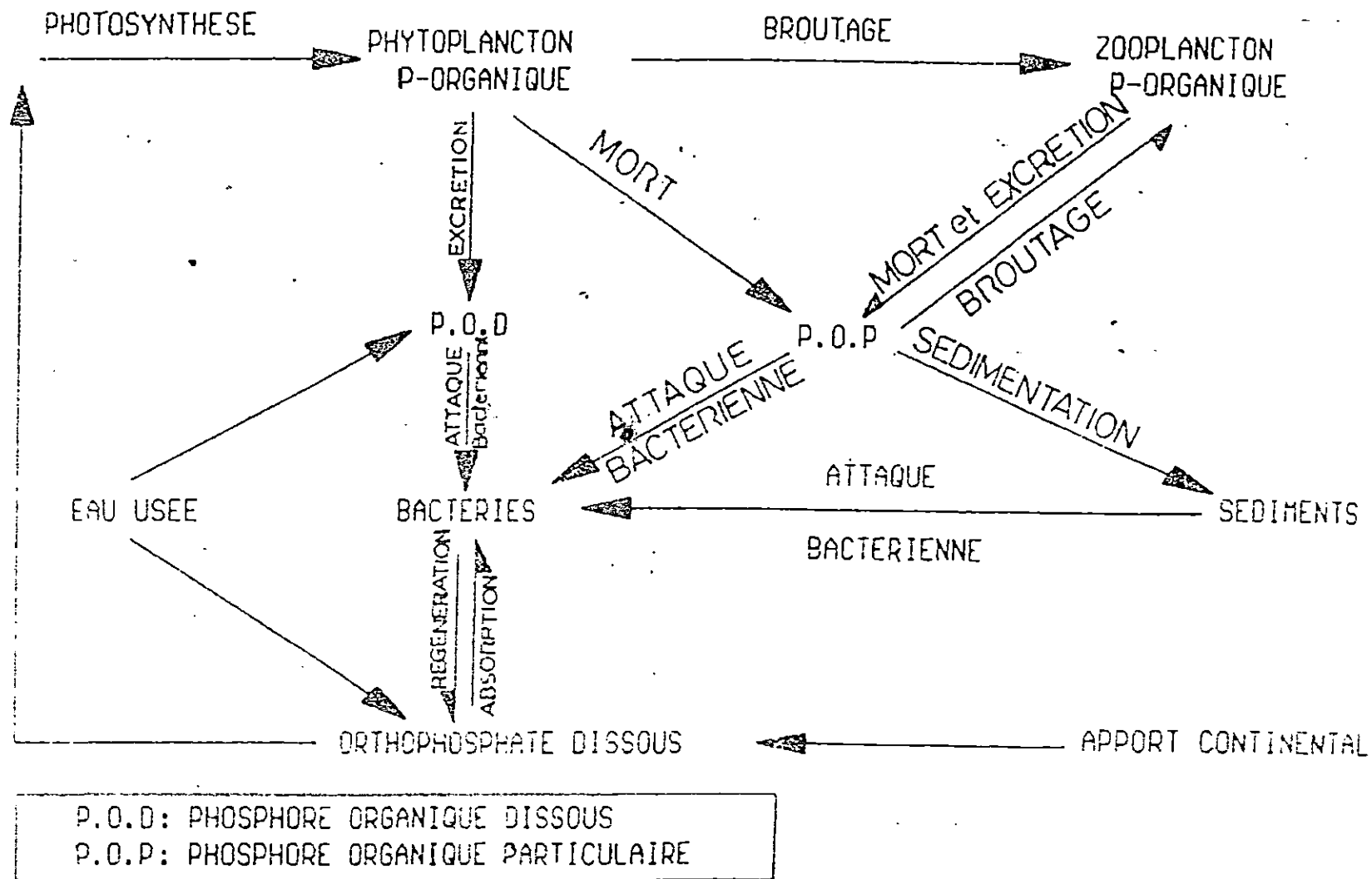


Fig. A2 : Cycle du phosphore dans l'eau de mer  
(d'après Riley et Chester, 1971)