

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Ecole Nationale Supérieure Polytechnique d'Alger**



**PROJET DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR  
D'ETAT EN GENIE DE L'ENVIRONNEMENT**

**THÈME :**

**Contribution à la mise en place d'un  
réseau environnemental de surveillance  
sur le littoral nord-ouest algérois**

**Réalisé par : M<sup>elle</sup> LIAMINI DJAZIA**

**Soutenu le : 27/06/2009 devant le jury suivant :**

<b>Mme N. BELHANECH</b>	<b>Présidente</b>	<b>Professeur à l'ENSP</b>
<b>Mr W.REFES</b>	<b>Promoteur</b>	<b>Chargé de cours à l'ENSSMAL</b>
<b>Mr A.NAMANE</b>	<b>Promoteur</b>	<b>MCB à l'ENSP</b>
<b>Melle J.ARRAR</b>	<b>Examinatrice</b>	<b>MC à l'ENSP</b>
<b>Mr A.MAZIGHI</b>	<b>Examineur</b>	<b>Maître assistant à l'ENSP</b>

**PROMOTION 2009**

# Dédicaces

Je dédie ce travail à la chance. La chance d'avoir eu une famille aussi extraordinaire, aussi unie, aussi liée, aussi solidaire, et aussi affectueuse. La chance aussi d'être consciente de votre inestimable valeur. C'est lorsque l'on a le privilège d'avoir non seulement des parents, mais aussi des frères hors du commun, que l'on se rend compte que, quelque soit le malheur que la vie nous inflige, il n'en restera jamais que très négligeable face au trésor que l'on possède.

Maman, Papa, je vous dédie ce travail de tout mon cœur, ainsi qu'à vous, Mokhtar (Moukhtour) et Redouane (Yakus), mes frangins adorés, et évidemment, à toi Mayelle (alias « Mayellou »), mon adorable petite nièce.

Aux Hamoui, Laouamri, Aoun, Grebici, et Hannah Rouabah, qui constituent sans aucun doute, ma seconde famille, et évidemment Nicole Massé-Muzi qui m'a toujours gâtée depuis ma plus tendre enfance.

A mes amis les plus chers, avec lesquels j'ai passé des moments inoubliables : Amzdim, Amina-Angelot, Amine-Fliflou, Baya, Damlalou, Drims, Fethoo, Imadou-dromadoo, Kenzouta, Kiko, Louisa, Mehdichou, Mourad-el-mou, Nazim-le-chat, Rym, Walid (binôme), Yanishtro, Zak (merci pour ton coaching en fin de parcours !) et EVIDEMMENT Zico !(Classement par ordre alphabétique !)

A mes amis d'APPOLON, particulièrement Redouane, un garçon possédant des qualités humaines extraordinaires, et grâce à qui j'ai passé d'excellent moments.

Evidemment, je ne t'ai pas oubliée Nassima !

A DOUDOU, un homme qui m'aura indéniablement influencée et inspirée à différents points de vue, et à ses adorables enfants Tiziri et Manyl.

A tous mes camarades et amis de ma formidable promotion du génie de l'environnement, grâce à laquelle l'ambiance générale était des plus sympathiques, en particulier : Leilou, Amirette, Amel, Chachmine, Mzzz et Chico.

# Remerciements

C'est grâce au soutien et encouragements de plusieurs personnes, que j'ai pu réaliser ce travail, et ce, dans des conditions des plus agréables.

Tout d'abord, un GRAND MERCI à Mr.Refes, de m'avoir donnée la chance de m'intégrer dans son équipe et laboratoire de l'ENSSMAL, et de m'avoir accordée ce projet de fin d'étude.

Un grand merci également à Mr.Namane, qui n'a jamais hésité à m'aider, à m'encourager et à m'encadrer, et ce, durant tout mon cursus au sein du département de Génie de l'Environnement.

Je remercie les membres du jury de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner mon travail.

Merci à Mme Refes d'avoir été serviable et disponible durant mon séjour au laboratoire, ainsi qu'à toute l'équipe de l'ENSSMAL qui m'a aidée de près ou de loin.

Un grand TANEMERT à L'Yacine, Salim, Assia, et Ryma mes camarades « ENSSMALiens », pour leur aide et leur gentillesse.

Merci à toi Azzedine pour tes conseils et ton aide technique, ô combien efficaces, bien que, à distance.

Merci à toi Imad, d'avoir été là pour moi, de m'avoir soutenue, et d'être l'ami que tu es.

## Table des illustrations

Figure 1. Rejet des eaux usées sur la plage de Palm Beach (APPL, 2008).....	5
Figure 2. Embouchure de l'oued Mazafran- plage de Khloufi (APPL, 2008).....	5
Figure 3 : Présentation de la zone d'étude .....	20
Figure 4. Localisation des stations sur la zone d'étude .....	22
Figure 5. Courbe d'étalonnage de l'ammonium.....	37
Figure 6. Courbe d'étalonnage des nitrites/nitrates .....	38
Figure 7. Courbe d'étalonnage des orthophosphates .....	38
Figure 8. Courbe d'étalonnage des silicates .....	39
Figure 9. Variation de la température le long de la zone d'étude .....	40
Figure 10. Variation de la salinité sur la zone d'étude .....	42
Figure 11. Variation du pH sur la zone d'étude.....	43
Figure 12. Variation de l'oxygène dissous sur la zone d'étude.....	44
Figure 13. Variation de la matière en suspension sur la zone d'étude.....	45
Figure 14. Variation des MIP, MOP sur la zone d'étude.....	46
Figure 15. Variation de la chlorophylle, phéopigments a sur la zone d'étude.....	48
Figure 16. Variation de l'azote ammoniacal sur la zone d'étude .....	50
Figure 17. Variation des nitrites sur la zone d'étude .....	51
Figure 18. Variation des nitrates sur la zone d'étude.....	52
Figure 19. Variation des orthophosphates sur la zone d'étude .....	54
Figure 20. Variation des silicates sur la zone d'étude .....	55
Figure 21. Variation des sels nutritifs sur la zone d'étude.....	56
Figure 22. Analyse ACP des variables, projection des variables sur le plan factoriel 1-2.....	58

## Liste des tableaux

Tableau 1. Charge polluante dans le secteur centre (Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, 2005) .....	6
Tableau 2. Valeurs limites et moyennes des teneurs en métaux lourds des sédiments de surface le long du secteur PAC ( $\mu\text{g/g}$ ) : 2. Ports (ISMAL 1990-1997) in (APPL, 2008).....	7
Tableau 3. Acteurs des réseaux de surveillance (Doual, Gasmi, et Zerrouki, 2006) .....	14
Tableau 4. Contraintes des réseaux environnementaux (Doual et al, 2006) .....	17
Tableau 5. Réseaux de surveillance existants en Algérie (Doual et al. , 2006) .....	18
Tableau 6. Localisation des stations.....	21

## Table des matières

Table des illustrations

Liste des tableaux

Introduction .....	1
Chapitre 1 : ASPECTS GENERAUX DE LA POLLUTION DES MILIEUX MARINS .....	3
1.1    La pollution chimique des écosystèmes côtiers - Etat des lieux à l'échelle mondiale .....	3
1.2    Présentation du domaine littoral et marin algérien .....	4
1.2.1  Etat des lieux et indicateurs de pollution .....	4
1.2.2  Niveau des pollutions .....	5
Le secteur ouest .....	5
Le secteur centre .....	6
Le secteur est .....	8
Chapitre 2 : LES RESEAUX ENVIRONNEMENTAUX DE SURVEILLANCE .....	10
2.1    Définition et objectifs des réseaux de surveillance .....	10
2.2    Méthodes de surveillance environnementale marine .....	11
2.3    Programmes de surveillance internationaux .....	13
2.4    Acteurs des réseaux de surveillance en Algérie .....	14
2.4.1  La législation Algérienne .....	16
2.4.2  Contraintes et facteurs limitant .....	16
2.5    Développements possibles .....	18
Chapitre 3 : MATERIEL ET METHODE .....	20
3.1    Présentation de la zone d'étude .....	20
3.2    Localisation des stations .....	21
3.3    Méthodologie des prélèvements <i>in situ</i> .....	23
3.3.1  Les paramètres physico-chimiques majeurs .....	23
3.3.1. I - La température .....	23
3.3.1. II - La salinité .....	23
3.3.1. III - L'oxygène dissous .....	24
3.3.1. IV - Le pH .....	24
3.4    Méthodologie utilisée en laboratoire .....	25
3.4.1  Le matériel particulière .....	25
3.4.1.1  MES .....	25
3.4.1.2  Chlorophylle <i>a</i> et phéopigments <i>a</i> .....	27

3.4.2 Les Nutriments minéraux dissous (nitrites, nitrates, ammonium, phosphates, silicates) ....	29
3.4.2.1 Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	30
3.4.2.2 Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	31
3.4.2.3 Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	32
3.4.2.4 Ortho-phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) .....	34
3.4.2.5 Silicates (SiO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) .....	36
3.4.2.6 Courbes d'étalonnage .....	37
3.5 Analyse des données .....	39
3.5.1 Analyse en Composantes Principales (ACP) .....	39
<b>Chapitre 4 : RESULTATS ET INTERPRETATION .....</b>	<b>40</b>
4.1 Variation des paramètres physico-chimiques .....	40
4.1.1 La température.....	40
4.1.2 La salinité .....	41
4.1.3 Le pH.....	42
4.1.4 L'oxygène dissous.....	43
4.2 Variation du matériel particulaire.....	45
4.2.1 La matière en suspension (MES).....	45
4.2.2 La matière organique et inorganique particulaire en suspension (MOP, MIP) .....	46
4.2.3 La Chlorophylle <i>a</i> et phéopigments <i>a</i> .....	47
4.3 Variation des sels nutritifs .....	48
4.3.1 L'Azote Ammoniacal .....	48
4.3.2 Les Nitrites .....	50
4.3.3 Les Nitrates.....	51
4.3.4 Les Ortho- Phosphates.....	52
4.3.5 Les Silicates.....	54
Conclusion.....	55
4.4 Analyse en Composantes Principales (ACP) .....	57
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>59</b>

## **Bibliographie**

## **Annexes**

## Introduction

Malgré son statut de " mer la plus surveillée du monde ", la Méditerranée souffre **(Noutary, 2003)**.

En effet les pays méditerranéens ont souvent tendance à considérer la mer comme leur tout à l'égoût : pétrole, polluants chimiques, déchets radioactifs, goudrons, métaux lourds menacent à la fois la faune et la flore marine, d'autre part la santé des baigneurs. Mais le problème a aussi des conséquences économiques fâcheuses : la pêche est une des principales victimes de ce fléau. Les principaux responsables de cette dégradation, ce sont nous les citoyens. Nos nouvelles habitudes hygiéniques, qui sont entre autres le non respect de la nature, ont de fâcheuses conséquences. Les besoins d'irrigation des paysans sont devenus tellement importants que plus de 60 % des bassins versants de la Méditerranée sont dégradés. Environ 600 tonnes de pesticides y sont déversées chaque année... L'activité industrielle est bien entendu une des principales responsables de cette détérioration croissante. Les déchets rejetés à la mer sont souvent dangereux. Le cocktail usine/automobile a de graves répercussions sur l'environnement. A cette pollution industrielle s'ajoute celles des rejets des navires (tourisme et marchandise). Chaque année 450 000 tonnes de liquide de ballasts sales, 90 000 tonnes de substances liquides nocives (en particulier de l'huile de moteur) et plus de 400 000 tonnes d'ordures sont rejetées par les 200 000 navires qui sillonnent chaque année la Méditerranée.

Tout cela sans compter la centaine d'accidents qui ont entraîné un déversement d'hydrocarbures depuis vingt ans. A l'instar des autres régions méditerranéennes, les côtes algériennes connaissent également de sérieuses dégradations environnementales, liées directement aux pollutions d'origine telluriques (modes d'utilisation des espaces littoraux, construction d'infrastructures côtières, agriculture, foresterie, urbanisation, tourisme et industrie) en plus de celles causées par le transport maritime ou les activités portuaires.

La prise de conscience fut tardive, mais à présent de nombreux organismes défendent cette mer ô combien fragile. La mise en place de programmes dits « de surveillance de l'environnement marin » remonte seulement au début des années 1970, dans la mouvance de la conférence de Juin 1972 sur l'environnement tenue sous l'égide des Nations-Unies à Stockholm. Ces réseaux de surveillance permettent d'asseoir les dispositions prises en matière réglementaire, de contrôler la mise en œuvre de ces dispositions et d'évaluer l'efficacité des mesures concernant l'assainissement, les rejets et la préservation du milieu. La surveillance permet également de disposer d'informations sur le milieu et les ressources avant de faire des choix relatifs à la gestion du domaine public maritime **(Joanny, 1997)**.

En France, dès 1971, le Groupe interministériel d'étude des problèmes de pollution de la mer (GIMP) proposait, entre autres mesures de lutte contre la pollution marine, « la création d'un réseau national de surveillance du milieu marin », en parallèle aux opérations de contrôle effectuées par les administrations responsables (**Joanny, 1997**).

En Algérie, des études ont été faites en 2003 dans le cadre du suivi de la pollution du littoral algérois, réalisées par l'ISMAL<sup>1</sup> pour le compte de l'APPL<sup>2</sup>, d'une manière ponctuelle et sans suivi (**Rouibah, 2005**).

Le présent travail est axé sur une démarche environnementale préventive et prévisionnelle dont les buts principaux sont :

- Le contrôle la qualité des eaux
- La mise en place d'un réseau de surveillance

L'étude développée dans ce document constituera donc une base de données à tout organisme spécialisé dans la gestion de zones côtières tels que l'APPL, l'ONEDD<sup>3</sup>, le CDRB<sup>4</sup>, le CLN<sup>5</sup>.

Le manuscrit pose donc en premier lieu un diagnostic environnemental du domaine marin côtier du littoral ouest de la wilaya d'Alger, et tente d'apporter des solutions aux problèmes posés, en abordant essentiellement l'importante question des réseaux de surveillance.

---

<sup>1</sup> Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral d'Alger

<sup>2</sup> Agence pour la Promotion et la Protection du Littoral Algérois

<sup>3</sup> Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable

<sup>4</sup> Centre National de Développement des Ressources Biologiques

<sup>5</sup> Commissariat National du Littoral

## **Chapitre 1 : ASPECTS GENERAUX DE LA POLLUTION DES MILIEUX MARINS**

### **1.1 La pollution chimique des écosystèmes côtiers - Etat des lieux à l'échelle mondiale**

Selon le Programme des Nations-Unis pour l'Environnement et le Développement (**Programme des nations-unis, 2006**), dans de nombreux pays en développement, 80 à 90% des eaux usées déversées sur les côtes sont des effluents bruts, c'est à dire des rejets non traités.

La pollution, liée à une démographie galopante dans les zones côtières et à des infrastructures d'assainissement et de traitement des déchets inadéquates, constitue une menace pour la santé publique, les espèces sauvages ainsi que pour les sources de revenu comme la pêche et le tourisme.

La destruction et la dégradation des mangroves, des récifs coralliens, des herbiers marins et d'autres écosystèmes côtiers d'importance fondamentale pour l'économie, est une autre source croissante d'inquiétude.

Par contre, la pollution pétrolière, c'est-à-dire la quantité d'effluents pétroliers déversés par les industries et les villes, a baissé de près de 90 pour cent depuis le milieu des années 80.

La baisse significative des cas de contaminations marines par des polluants organiques persistants toxiques, tels que le DDT, et par des effluents radioactifs constituent un autre succès.

Les chercheurs appellent également à améliorer la surveillance et la collecte d'information dans certaines régions, y compris en Afrique, où existent de grandes lacunes en terme de connaissances et de données concrètes sur le niveau de la pollution marine.

## 1.2 Présentation du domaine littoral et marin algérien

L'Algérie occupe la plus grande partie de la façade méditerranéenne sud occidentale, grâce à ses 1283km de côte, située au nord du pays.

### 1.2.1 Etat des lieux et indicateurs de pollution

En Algérie, la majorité de la population est installée sur le littoral. La quasi-totalité des activités socio-économiques est concentrée également sur la frange côtière où se localisent les grandes agglomérations urbaines : Alger, Oran et Annaba, ainsi que les grands pôles industriels : Arzew, Bejaïa et Skikda.

Le réseau hydrographique aboutissant à la mer compte environ 31 oueds, dont les plus importants sont : Chélif, El Hamiz, El Harrach, El Kébir, El Melah , Isser, Mazafran, Saf Saf , Sebaou, Soummam, Seybouse et Tafna. Ce réseau alimente le milieu marin en apports terrigènes. Ces oueds constituent le réceptacle de la majorité des bassins versants du nord de l'Algérie, ils collectent tous les polluants issus des activités humaines, notamment agricoles et industrielles, et se jettent en mer. La frange côtière algérienne subit directement l'influence d'une pression démographique sans cesse croissante, une concentration industrielle importante, un trafic maritime et des activités portuaires intenses (**APPL, 2008**).

D'une manière générale, la principale source de pollution qui affecte la qualité des eaux marines reste les rejets sans traitement des eaux usées domestiques et industrielles. Le déballastage des navires est également à noter. Par ailleurs, les Oueds constituent les principaux collecteurs des eaux usées domestiques et industrielles des agglomérations de l'intérieur du pays et polluent indirectement le littoral. Une classification de la qualité du milieu a été possible à partir de l'évaluation de la qualité des eaux et des résultats d'analyse de la pollution des sédiments et des eaux des ports et de certaines plages de la côte algérienne (**Grimes, 2004**).



Figure 1. Rejet des eaux usées sur la plage de Palm Beach (APPL, 2008)



Figure 2. Embouchure de l'oued Mazafran- plage de Khloufi (APPL, 2008)

## 1.2.2 Niveau des pollutions

### Le secteur ouest

Dans le secteur ouest, le niveau des polluants dans certaines zones est alarmant particulièrement à Ghazaouet, Oran et Arzew.

Dans la région de Ghazaouet, la pollution des sédiments par les métaux lourds est caractérisée par la prédominance du zinc ( $148,10 \mu\text{g/g}$ ), contamination évidente causée par l'usine d'électrolyse de zinc, suivie du mercure et du plomb. Celle-ci étant une classification tenant compte des degrés de toxicité, en particulier pour le mercure et du plomb, et ce, grâce

au calcul des indices de contamination définis selon les normes fixées en fonction des risques auxquels sont exposés les écosystèmes. La plus importante contamination en zinc concerne le port et l'avant port de Ghazaouet (1249 à 5212 µg/g). Des pics importants d'hydrocarbures dans les sédiments sont mis en évidence aux ports de Béni-Saf ( $1,23 \pm 0,33 \mu\text{g/g}$ ) et de Marset Ben-Mhidi ( $1,35 \pm 1,22 \mu\text{g/g}$ ). Cette contamination est probablement liée au trafic maritime, où seules les îles Habibas répondent aux caractéristiques d'un site non pollué. Les activités industrielles dans le secteur oranais participent à l'alimentation du milieu marin en divers polluants, notamment au port d'Oran où est rejetée une grande partie des eaux usées des usines : industries alimentaires (ONALAIT, EMIS), industries textiles et cuir (SONITEX, tannerie de cuir à Oran) et industries chimiques (SNIC, ENAVA). Ainsi, cette zone semble être affectée par les apports d'eaux usées de la ville d'Oran et ses environs (**Grimes, 2004**).

La forte variation en certains métaux reflète, aux embouchures des Oueds et à proximité du port d'Oran ( $0,087 - 2,368 \mu\text{g/g}$ ), l'existence de sources de pollution dans cette région (**Grimes, 2004**).

La pollution par les hydrocarbures atteint un seuil critique dans la région d'Arzew. La forte variation des concentrations de ces composés témoigne de la diversité des sources de pollution. Les importantes activités pétrochimiques dans la zone du port d'Arzew, contribuent clairement à la contamination en hydrocarbures pétroliers, et particulièrement dans le secteur occidental ( $1,858 - 28,835 \mu\text{g/g}$ ) (**Grimes, 2004**).

La zone centrale (golfe d'Oran) est une zone de piégeage de sédiments fins et de matières organiques. Elle est caractérisée par des teneurs élevées en fer ( $25,03 - 37,049 \text{ mg/g}$ ), zinc ( $83,8 - 121,94 \mu\text{g/g}$ ), cuivre ( $10,12 - 20,51 \mu\text{g/g}$ ) et manganèse ( $203,1 - 277,8 \mu\text{g/g}$ ) ; elle est considérée comme un secteur pollué (**Grimes, 2004**).

### Le secteur centre

Alger est une zone dans laquelle la pollution s'intensifie constamment. En effet, la baie d'Alger est le point de rencontre de tous les rejets industriels et urbains de la région algéroise et des communes limitrophes. La pollution par les métaux lourds montre un degré de concentration inquiétant, résultat probable de l'importance des activités au niveau du port d'Alger et à l'exposition directe aux effluents d'origine telluriques.

Tableau 1. Charge polluante dans le secteur centre (Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, 2005)

DBO <sub>5</sub> (T/an)	DCO (T/an)	AZOTE Tot. (T/an)	Phosph. Tot.(T/an)
96,838	376,326	30,041	9,903

Quant à la pollution par les hydrocarbures pétroliers et chlorés, des travaux ont révélé que le degré de pollution dans la baie d'Alger a atteint un niveau critique. Deux principales

sources ont été identifiées dans cette zone : La première le port d'Alger qui en plus des activités portuaires reçoit un grand nombre d'égouts qui drainent les eaux usées de la ville d'Alger, dont l'influence est étalée dans l'espace et dans le temps, c'est-à-dire permanente. A cette source s'additionnent les apports des émissaires urbains situés dans le secteur d'Hussein-Dey à proximité du port. La seconde source est l'Oued El Harrach, dont l'impact apparaît au moment des crues et dont les apports affectent également les secteurs central et oriental de la baie. Une autre source de contamination secondaire, qui se traduit par des pollutions secondaires, et donc par des pollutions ponctuelles très localisées, est constituée par les navires en rade dans la baie. Des analyses ont révélé que le secteur Occidental de la baie d'Alger est plus contaminé en hydrocarbures totaux (117-1820 $\mu\text{g/g}$ ) que le secteur oriental (**Grimes, 2004**).

La baie de Bou Ismaïl est considérée comme une zone touristique soumise aux rejets d'eaux usées domestiques. L'activité industrielle n'est pas très développée et se limite à de petites industries : textiles, cuirs, et peaux, papeterie, plastiques...etc. En plus de ces activités industrielles, les Oueds se déversant dans la baie de Bou Ismaïl peuvent être considérés comme source de pollution. La fertilisation des sols est assurée par des produits phytopharmaceutiques tels que les organochlorés, et les engrais à base de nitrate, de phosphate et de potassium. Par le biais du ruissellement, tous ces produits contaminent les Oueds et rejoignent les eaux superficielles marines. Les eaux d'agglomération côtières sont déversées directement en mer par un réseau d'égouts ou d'émissaires (**Grimes, 2004**).

Les principales sources de pollution par les métaux lourds et les hydrocarbures pétroliers sont les apports continentaux déversés directement dans la baie, ou indirectement par le biais d'Oueds (Nador, Mazafran, et Béni-Messous). Ces oueds constituent des collecteurs d'eaux usées issues des différentes activités (agricole, industrielle et urbaine), des concentrations importantes en cadmium (0,91-10,02  $\mu\text{g/g}$ ) et Plomb (36,26 – 95,40 $\mu\text{g/g}$ ) ont été détectés (**Grimes, 2004**).

**Tableau 2. Valeurs limites et moyennes des teneurs en métaux lourds des sédiments de surface le long du secteur PAC ( $\mu\text{g/g}$ ) : 2. Ports (ISMAL 1990-1997) in (APPL, 2008)**

Ports	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd	Hg
Sidi Fredj	14,39-78,7	59,85-167,51		14,48-65,1	0,16-0,36	0,01-0,135
	34,41 $\pm$ 22,78	109,45 $\pm$ 31,87		36,72 $\pm$ 19,04	0,23 $\pm$ 0,073	0,068 $\pm$ 0,05
El Djamila	11,106-14,21	50,859-59,75		17,609-21,79	0,101-0,12	0,071-0,099
	12,731 $\pm$ 1,271	54,954 $\pm$ 3,661		19,221 $\pm$ 1,84	0,11 $\pm$ 0,007	0,089 $\pm$ 0,009
Alger	55,692-143,7	192,48-424,88	170.35 $\pm$ 45,79	109,69-26,51	0,73-1,202	0,397-1,285
	112,01 $\pm$ 39,93	338,34 $\pm$ 103,7		230,353 $\pm$ 90,2	0,883 $\pm$ 0,23	0,887 $\pm$ 0,368

Selon un compte rendu algéro-japonais sur les éléments toxiques dans la baie d'Alger, une pollution considérable par les métaux lourds, particulièrement le mercure et l'arsenic, a été observée dans l'eau et les sédiments de l'oued El-Harrach, laquelle est causée par des affluents industriels incontrôlés (**Yoshida et al., 2007**).

### **Le secteur est**

La zone industrielle de Bejaïa a une superficie de 325ha, les eaux résiduaires chargées de toutes sortes de polluants (détergent, huile, etc.) de cette zone industrielle se déversent dans le port. Ce port est caractérisé par une grande diversité de ses activités : hydrocarbures, marchandises diverses, et pêche. D'après une étude, plusieurs industries sont à l'origine de la pollution, notamment les industries des corps gras (savonnerie, huileries) et du textile. La pollution par les métaux lourds dans les sédiments de surface du port de Bejaïa n'est pas alarmante : les concentrations en mercure (0,201 µg/g), cuivre (36,78µg/g) et zinc (215,55 µg/g) restent faibles par rapport à celles observées dans les autres ports algériens. Le mouvement des navires et l'exportation des produits pétroliers s'ajoutent aux activités de la zone industrielle. La matière organique apportée par les eaux usées de la ville de Bejaïa influe beaucoup sur la qualité des eaux du port de Bejaïa (**Grimes, 2004**).

A Skikda, les teneurs dans les sédiments de surface en mercure (0,09 – 0,63 µg/g) et zinc (31,08 – 107,69 µg/g) sont remarquables en face des embouchures des Oueds Mahsène et Saf-Saf à proximité de la zone industrielle (complexe raffinerie, complexe gaz naturel liquéfié, complexe des matières plastiques et centrale thermique de SONELGAZ) (**Grimes, 2004**).

La pollution par les métaux lourds n'est pas aussi alarmante que celle décelée pour les hydrocarbures pétroliers. Les valeurs élevées en pollution organique traduisent l'influence du trafic maritime et de la région portuaire (dominance des hydrocarbures poly aromatiques à 2 noyaux, suivie de ceux à 3 et 4 noyaux). L'impact de la zone industrielle sur cette région est loin d'être négligeable.

La région d'Annaba est considérée comme étant un pôle industriel très important en Algérie. Le complexe d'engrais (ASMIDAL), les unités laitières (ORELAIT) et les unités métallurgiques (PROMETAL, SIDER), le complexe sidérurgique d'El Hadjar sont les principales sources de la pollution industrielle dans le secteur d'Annaba. Elles rejettent des volumes importants d'eaux usées dans le golfe, estimées à 225 millions de m<sup>3</sup>. Tous ces rejets industriels sont acheminés vers le golfe d'Annaba via les Oueds Seybouse et Boudjemaâ.

Les causes de pollution hydrique sont essentiellement les rejets des unités industrielles installées dans l'enceinte portuaire et les rejets urbains.

Les activités industrielles qui contribuent de façon incontestable à la pollution dans le port d'Annaba sont : La centrale électrique de SONELGAZ, l'usine de fertilisant d'ASMIDAL, le complexe SIDER, industrie alimentaire (ORELAIT).

La perturbation de l'environnement marin du golfe de Annaba, particulièrement le port et la frange côtière, est marquée principalement par l'atténuation de la transparence de la

colonne d'eau, les odeurs, la sensation de brûlures au niveau des yeux et l'enrichissement du substrat en éléments chimiques libérés principalement par l'usine de fertilisant d'ASMIDAL.

Les concentrations excessivement élevées en éléments minéraux (azote et phosphore) et en métaux lourds constituent une menace sérieuse pour l'équilibre de l'écosystème et à la qualité de l'environnement. Les teneurs enregistrées en métaux lourds sont élevées notamment en mercure (0,41 – 0,99 µg/g), plomb (130 – 216 µg/g), cadmium (0,62 – 2,5 µg/g) et zinc (36 – 398 µg/g) : elles dépassent parfois le seuil de contamination, surtout au voisinage du port et des embouchures des principaux oueds (**Grimes, 2004**).

L'environnement algérien est quotidiennement agressé, par différents rejets, domestiques, industriels, détériorant la qualité mais aussi l'esthétique du milieu. Ceci provoque l'altération de l'hygiène, et porte atteinte à la santé de la population et aux ressources naturelles. Tous les produits polluants, nocifs ou toxiques suivent différentes voies (atmosphérique, ruissellement, rejets d'égouts...etc.) pour déboucher sur un réceptacle final : le milieu marin, et ce, sans aucun traitement préalable, puisque la majorité des stations d'épuration sont en panne.

Ainsi les polluants se concentrent dans les tissus des organismes par bioaccumulation, se propagent dans les compartiments de la chaîne trophique, et portent atteinte à la santé humaine (**Grimes, 2004**).

## Chapitre 2 : LES RESEAUX ENVIRONNEMENTAUX DE SURVEILLANCE

### 2.1 Définition et objectifs des réseaux de surveillance

L'observation et la surveillance de la mer et particulièrement la zone côtière sont impératives (obligations nationales, communautaires, internationales).

Cette surveillance s'exerce essentiellement sur différents domaines :

- La microbiologie sanitaire
- Le phytoplancton et les phycotoxines (toxines algales)
- La qualité générale du milieu, et son état d'enrichissement et d'eutrophisation
- La contamination chimique (les "polluants") et ses effets sur le milieu vivant

Elle est exercée le plus souvent par les services de l'Etat, et les Collectivités territoriales.

Sa mise en œuvre est le plus souvent le résultat de recherches scientifiques récentes (**Santini, 2008**).

La surveillance continue, *monitoring*, est la mesure répétée :

- De la qualité du milieu marin et de chacun de ses compartiments, à savoir eau, sédiments, et milieu vivant ;
- Des activités ou des apports naturels et anthropiques susceptibles d'influer sur la qualité du milieu marin ;
- Des effets de ces activités et apports.

Pour qu'ils puissent jouer un rôle réel dans le processus d'évaluation, les objectifs de la surveillance continue peuvent être exprimés sous les formes suivantes :

- Décrire la distribution spatiale d'une série de paramètres physiques, chimiques et biologiques, et autres (dont la démographie, les apports, les activités spécifiques) ;
- Déterminer les tendances chronologiques, soit comme moyen de juger l'efficacité des mesures politiques, soit afin d'apprécier, grâce à des indicateurs adéquats, l'évolution de certains aspects de la qualité du milieu marin ;
- Définir les apports entre les activités anthropiques, les gradients spatiaux observés et les tendances chronologiques décelées dans le milieu marin.

En complément de cette définition, il faut rappeler que pour la surveillance exercée à titre réglementaire, l'usage réserve plutôt le terme de « contrôle ». Le caractère qui différencie le « contrôle » de la « surveillance » est l'existence d'une norme à laquelle les mesures réalisées sont systématiquement comparées. Le résultat est en lui-même de peu d'intérêt, seul compte sa position au-dessus ou en dessous de la norme, ou dans telle gamme de la norme. L'existence d'une norme implique généralement une capacité de régulation, par exemple une interdiction de rejet (Joanny, 1997).

## 2.2 Méthodes de surveillance environnementale marine

La surveillance environnementale marine porte en général sur différents paramètres :

### 1. Les paramètres généraux de qualité :

L'eau de mer possède un ensemble de caractéristiques physico-chimiques relativement stables telles que la composition des sels (la salinité), la température, l'oxygène dissous, le pH. Toutefois, au voisinage de la côte et plus encore en estuaire, le mélange avec les eaux continentales modifie significativement ces caractéristiques. Elles en deviennent des marqueurs importants de l'influence continentale, qui peut-être sensible à plusieurs dizaines de kilomètres de la côte. La mesure de ces caractéristiques est donc indispensable à la compréhension et à l'interprétation des autres données (Joanny, 1997).

### 2. Les paramètres d'enrichissement et d'eutrophisation :

Non directement toxiques, les nutriments (nitrates, ammonium, phosphate, silicate) permettent le développement des organismes végétaux et sont donc à la base de la chaîne alimentaire. Du fait de l'apport massif d'engrais chimiques en agriculture et de détergents phosphatés, un enrichissement significatif du milieu estuarien et côtier conduit à des développements excessifs d'algues (macro ou microphytes) appelés *eutrophisation* par abus de langage. Aussi est-il important de suivre certains paramètres témoins (chlorophylle, matière organique) ou des facteurs associés (turbidité) (Joanny, 1997).

### 3. Les contaminants chimiques (« les polluants ») et leurs effets :

Les espèces chimiques plus ou moins toxiques forment un réservoir inépuisable de polluants, c'est-à-dire de substances susceptibles d'avoir un effet délétère sur le milieu marin. Mais les pollutions dont les agents et les effets peuvent être identifiés résultent pour l'essentiel d'épisodes accidentels. L'apport chronique des espèces chimiques dans le milieu se traduit au mieux par une contamination plus ou moins importante, c'est-à-dire un niveau de concentration au dessus de la normale, ou un niveau au moins détectable pour une substance synthétique (Joanny, 1997).

Les contaminants chimiques recherchés sont en général sélectionnés pour leur toxicité ou leur rémanence, c'est-à-dire leur faculté à rester longtemps dans le milieu sans subir de

dégradation. L'importance de la quantité produite est parfois prise en compte, mais ce sont surtout des considérations sur les possibilités analytiques et le coût des analyses qui ont déterminé le choix des contaminants surveillés (Joanny, 1997).

On trouvera donc le plus souvent dans les programmes de surveillance des résultats sur le mercure, le cadmium, le plomb, le zinc et le cuivre en ce qui concerne les métaux et sur la famille du DDT ou du lindane, sur les polychlorobiphényles (PCB) et les hydrocarbures polyaromatiques (PAH) en ce qui concerne les contaminants organiques. Les contaminants sont le plus souvent mesurés dans la matière vivante (coquillage ou poisson) ou le sédiment, mais parfois aussi dans l'eau ou dans la matière en suspension selon leur nature et leur origine rejets urbains par exemple (Joanny, 1997).

#### 4. La microbiologie sanitaire

La microbiologie concerne l'ensemble des organismes vivants microscopiques (bactéries, virus, champignons, etc...). Les microorganismes bactériens et viraux, susceptibles d'être pathogènes pour l'homme sont véhiculés jusqu'au milieu marin par voie hydrique. Ils proviennent directement ou indirectement de l'homme aux travers de ses activités (rejets urbains, industriels et agricoles). Les pathologies d'origine bactérienne ou virale le plus souvent associée à la consommation de coquillages sont actuellement dans les pays occidentaux les gastro-entérites et certaines hépatites virales comme l'hépatite A. Les pays en voie de développement, du fait d'un assainissement insuffisant et de mesures d'hygiène limitées, subissent encore des épidémies de typhoïde et de choléra (Joanny, 1997).

La recherche de microorganismes peut être faite dans l'eau ou dans les coquillages selon les besoins. Les huîtres, moules ou coques sont les plus utilisés pour des raisons biologiques et sanitaire évidentes : ces organismes filtreurs ou fouisseurs concentrent les particules en suspension ou déposées, support habituel des bactéries et des virus et représentent une part importante des produits de la mer consommée (Joanny, 1997).

Les coliformes fécaux *Escherichia Coli* (*E. Coli*), bactéries communes du système digestif humain et rarement pathogènes, sont retenus comme indicateurs de la contamination fécale du milieu hydrique (aussi bien pour l'eau douce que l'eau marine) et sont le plus souvent pris en compte dans les réseaux de surveillance. A l'origine le choix des coliformes fécaux comme indicateurs reposait sur la probabilité de présence conjointe de bactéries et virus pathogènes dans les rejets. Cette hypothèse de départ n'est cependant pas respectée dans tous les cas de figures. De plus, le devenir en mer de ces microorganismes se révèle très différent d'un groupe à l'autre et d'une espèce à une autre. Ainsi l'abondance d'*E. Coli* en un endroit ne signifie-t-elle pas obligatoirement la présence de salmonelles et de virus ; de même la rareté des coliformes fécaux, bactéries à durée de vie courte en milieu marin n'exclut pas la présence de salmonelles ou de virus qui persistent plus longtemps en milieu marin (Joanny, 1997).

## 5. Le plancton toxique

Le phytoplancton, élément fondamental de la chaîne alimentaire, est constitué par l'ensemble des organismes végétaux microscopiques transportés passivement dans l'eau. Parmi ces organismes, certaines espèces produisent des toxines appelées phycotoxines dont les effets peuvent être néfastes pour l'homme ou les animaux marins : ce sont, par exemple certaines espèces de *Dinophysis* qui produisent des toxines DSP (Diarrhetic Shellfish Poison), les espèces *Alexandrium minutum* qui produisent des toxines PSP (Paralytic Shellfish Poison) (Morel, 1999).

## 6. Le milieu biologique

De nombreux programmes incluent la surveillance ou l'observation de divers aspects du milieu biologique pour lui-même. L'éventail des possibilités est aussi varié que le milieu lui-même, et répond en général à une finalité particulière du programme : phytoplancton, zooplancton, faune ou flore benthique, poissons, oiseaux, mammifères... Les mesures de paramètres qui décrivent le milieu vivant (dénombrement, état physiologique, croissance, reproduction..) se pratiquent essentiellement dans les études d'impact ou les programmes à caractère patrimonial (Joanny, 1997).

## 2.3 Programmes de surveillance internationaux

### Les activités de surveillance en Europe :

En Europe, des programmes de surveillance du milieu marin sont mis en œuvre dans le cadre de trois conventions internationales :

- La convention d'Helsinki (HELCOM), pour la protection de l'environnement de la mer Baltique ;
- La convention de Paris (OSPAR), pour la protection de l'environnement marin de l'Atlantique du Nord-Est ;
- La convention de Barcelone et ses protocoles pour la protection de l'environnement marin de la Méditerranée, qui constitue le cadre légal du plan d'action Méditerranée (PAM) du Programme des Nations-Unies pour l'environnement (PNUE).

Certains organismes internationaux interviennent aussi en appui aux programmes de surveillance. Par exemple, la Commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'UNESCO, joue un rôle moteur dans le cadre de la surveillance des efflorescences algales toxiques.

## 2.4 Acteurs des réseaux de surveillance en Algérie

A l'échelle nationale, il n'existe pas de réseau de surveillance proprement dit. Ceci dit, c'est dans le cadre de l'application de la Loi n°02-02 du 05 février 2002 (voir annexe : Loi) relative à la protection et à la valorisation du littoral, qu'un programme de surveillance de la qualité du milieu marin a été lancé en 2005 en coordination avec l'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable (ONEDD) et l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL).

Ce programme a porté sur :

- la surveillance de la qualité des eaux marines, des sédiments et des organismes marins (biotes) le long du littoral Algérien
- l'évaluation de la qualité des grands ensembles portuaires
- l'évaluation de l'état d'eutrophisation dans les baies du littoral Algérien

Ainsi, de nombreux acteurs doivent intervenir dans la surveillance, chacun selon une logique appropriée à ses objectifs (voir **tableau.3**) :

Tableau 3. Acteurs des réseaux de surveillance (Doual, Gasmi, et Zerrouki, 2006)

Acteurs	RESPITOX	RESEC	RESEP	RESAR	RESEI	RESPO	RESEB	Poids total des acteurs
<b>réseau</b>								
MATE	3	4	3	2	2	2	4	20
Ministère des transports	0	0	3	1	4	3	0	11
Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques	4	0	3	4	4	4	1	20
Ministère du Tourisme	2	4	2	4	2	4	4	22
A.P.P.L	2	4	2	3	2	3	3	19
ONEDD	4	4	4	4	4	4	4	28
Office National des Statistiques	3	3	3	3	4	4	4	24
CNDRB	4	1	4	4	4	1	1	19
Scientifiques/spécialiste (Labo. de recherches universitaires)	4	4	4	4	4	4	4	28
(plongée scientifique)	2	2	4	4	3	1	1	17
Concessionnaires des plages	0	4	0	0	0	1	2	7
Aquaculteurs	4	0	1	0	1	4	0	10
Autres réseaux	4	4	4	4	4	4	4	28
Plongée sportive et amateurs	0	0	4	4	4	2	2	16
Capitaine de bateaux de plaisance	1	0	3	3	4	3	1	15
Estivants	0	3	2	2	1	4	4	16
Hôteliers	0	4	0	1	0	2	3	10
ONG	2	2	3	4	4	3	3	21
Pêcheurs	3	0	3	3	2	2	0	13
Navigateurs	0	0	1	1	3	3	1	9
Médias spécialisées	3	2	4	4	3	4	4	24
Médias grands publics (radio, télévision, journaux)	2	2	2	2	2	2	3	15

Poids des acteurs (influence) :

4 : très forte influence

3 : forte influence

2: influence moyenne

1: faible influence

0: influence négligeable

RESPITOX-AL : Réseau de surveillance du phytoplancton toxique de la wilaya d'Alger

RESPO-AL : Réseau de surveillance de la pollution marine de la wilaya d'Alger

RESEI-AL : Réseau de surveillance des Espèces invasives de la wilaya d'Alger

RESEC-AL : Réseau de surveillance de l'Erosion Côtière de la wilaya d'Alger

RESEB-AL : Réseau de surveillance des Eaux de baignade de la wilaya d'Alger

CNRDB : Centre National du Développement des Ressources Biologiques

ONEDD : Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable

ONG : Organisation non gouvernementale

APPL : Agence urbaine chargée de la Protection et de la Promotion du Littoral

### 2.4.1 La législation Algérienne

Commençant à prendre conscience de la situation alarmante des côtes algériennes dans lesquelles se concentrent des activités humaines et économiques, et les conséquences qui en découlent, l'Etat a défini des mesures pour assurer une gestion intégrée du littoral. Parmi elles, la loi n°02-02 (**voir annexe : Loi**) relative à la protection et la valorisation du littoral. Un plan de gestion d'aménagement de la zone côtière, dénommé PAC a été lancé, dont la finalité est d'instaurer une participation et une coopération actives des différents acteurs au niveau de la wilaya et de réaliser des projets centrés autour du développement durable des zones côtières et marines. Ainsi, sur un plan pratique, le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement a initié en 2002 la réalisation d'un cadastre du littoral, qui porte sur l'établissement d'un inventaire environnemental et foncier du littoral tel que défini à l'article 7 de la loi du littoral (**Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, 2005**).

### 2.4.2 Contraintes et facteurs limitant

La première contrainte qui s'impose aux programmes de surveillance est celle de la nature même de l'environnement côtier : diversité physique et multiplicité des usages du milieu, diversité des environnements (pélagiques, benthiques, estuaires...) la diversité des supports d'analyses (eau, matière vivante, sédiments..), diversité des échelles de temps des processus.

La difficulté ne provient pas uniquement de l'insuffisance des connaissances sur le milieu, mais aussi de la nature particulière de l'activité de surveillance qui doit rassembler, de façon répétitive, des résultats comparables dans des zones multiples et diverses.

Evidemment, le développement des programmes de surveillance reste étroitement lié aux moyens financiers et humains qui leur sont consacrés. L'intérêt d'une évaluation de coût de la surveillance au regard des avantages est à souligner, comme l'illustre le **tableau.4** :

Tableau 4. Contraintes des réseaux environnementaux (Doual et al, 2006)

	Contraintes
Institutionnelles	<p>IL existe un observatoire national de l'environnement et du développement durable mais il n'est pas doté de moyens opérationnels</p> <p>Il existe une Centre National de Développement des Ressources Biologiques (CNDRB) mais qui reste en retrait par rapport aux activités de recherche</p> <p>Un manque de coordination flagrants entre les organismes détenteurs ou générateurs du savoir sur la diversité biologique marine et côtière, ces organismes appartiennent à divers départements ministériels (ANDRU, CNEPRU, ONEDD, CNDRB, ANAT,...)</p> <p>Commissariat national du littoral non encore opérationnel.</p> <p>Il n'existe pas de processus GIZC à proprement parler, c'est une démarche récente au plan régional et en Algérie les premiers pas sont menés dans ce domaine.</p> <p>L'absence d'une banque de données nationales relatives aux différentes composantes du domaine marin côtier et littoral. Ces Systèmes d'Information n'existent pas non plus au niveau des wilayas (Alger).</p> <p>Décalage entre les programmes d'enseignement, de recherche et les préoccupations environnementales et socio-économiques de la wilaya et du pays</p> <p>Absence d'un réseau de recherche national organisé échanges et communication scientifiques)</p> <p>Absence d'un système d'aide à la prise de décision rapide et efficace</p>
Législatives	<p>Les deux décrets relatifs à la protection des espèces animales et végétales ne prennent pas en charge l'ensemble des espèces marines et côtières réellement menacées sur les côtes de la wilaya d'Alger et en général dans l'ensemble du domaine marin côtier algérien.</p> <p>Pas d'existence de Centre de Développement des Ressources Biologiques.</p> <p>Aucun développement dans le cadre des capacités institutionnelles dans la surveillance environnementale.</p> <p>Aucun Programme de conservation du littoral.</p>
Capacités techniques	<p>Manque de spécialistes sur les herbiers.</p> <p>Manque de spécialistes (systématiciens) sur la faune benthique (substrats meubles et substrats durs)</p> <p>La fréquence des données : les données ne sont obtenues de manière régulière et systématique.</p> <p>Manque d'études d'impact sur l'environnement (revoir les cahiers des charges pour les implantations des fermes aquacoles, la redistribution de l'effort de pêche,...).</p> <p>Pas d'étude d'identification des ressources d'intérêt commercial.</p> <p>Absence d'un programme national de plongée scientifique.</p> <p>Les ONG ne sont pas effectivement impliquées dans la protection et la préservation, leur action demeure ponctuelle et marginale.</p> <p>Pas d'introduction de la télédétection pour la surveillance des écosystèmes.</p> <p>Déficit en systématiciens sur le benthos des substrats durs.</p>
Moyens matériels	<p>Moyens matériels et humains insuffisants ou mal répartis.</p> <p>Manque de supports de CESP (Communication, Education, Sensibilisation Public) dans le domaine de l'environnement en général et de l'environnement marin côtier en particulier</p> <p>Manque d'appui scientifique, technique, logistique, financier et les investissements dans le cadre de protection de l'environnement.</p>

## 2.5 Développements possibles

En Algérie, il existe déjà quelques réseaux de surveillance environnementaux marins : (voir **tableau.5**)

**Tableau 5. Réseaux de surveillance existants en Algérie (Doual et al. , 2006)**

<b>ALGERIE</b>	
La surveillance de l'état et des tendances porte sur (source Grimes, 2004 /BDN- MEDPOL/PASMED-MATE):	
L'Algérie a initié dans le cadre du processus de surveillance de la qualité des eaux marines et des milieux récepteurs en collaboration avec le MEDPOL et utilisant des procédures d'échantillonnages et d'analyses au laboratoires standardisés par le MEDPOL pour l'ensemble du bassin méditerranéen, son propre réseau de surveillance intitulé « Surveillance et contrôle de la qualité du milieu marin » avec deux aspects bien individualisés (1) la surveillance des tendances et (2) la surveillance de la conformité.	
Le programme MEDPOL de surveillance en Algérie se base sur le suivi continue des sources de pollution situées à terre, des points chauds de pollution, émissaires d'eaux usées, ports, la surveillance de la conformité des eaux à usage récréatif, la bio- surveillance, la surveillance des tendances, et les mesures d'appui (système de coordination et d'information).	
Les zones et stations de surveillance ont été déterminées en coordination avec les directeurs de l'environnement des 14 wilayas côtière au cours d'un regroupement régional qui a eu lieu en 2002 au niveau d'Oran, d'Annaba et d'Alger.	
<b>Les embouchures d'Oueds</b>	Surveillance des charges provenant de sources de pollution ponctuelles situées à terre : vingt (20) embouchures d'oueds sont programmés pour la surveillance (Tafna, Chelif, Mazafran, El Harrach, Hamiz, Isser, Sébaou, Azzeffoun, Tassalest, Soummam, Kébir, Nil, Djendjen, Mencha, Saf Saf, Seybouse, Mouhgoun, Macta, La Mafrague, Rezouana).  Pour les embouchures d'oueds, les eaux conchylicoles et les effluents industriels et urbains, la fréquence d'échantillonnage pour les stations est de deux (02) fois par an pour les métaux lourds et quatre (04) fois par an pour les autres paramètres. Pour les eaux de baignade, la fréquence et de deux fois par mois.  Les paramètres à déterminer dans les embouchures d'oueds sont : Débit, T, Sal, OD, DCO, MES, N, P, pH, Hg, As, Zn, Cu, Pb, HH, CF, SF.
<b>Les paramètres à déterminer dans les eaux de baignade</b>	CF, SF, pH, SP, MES, métaux lourds.
<b>Les organismes sélectionnés</b>	sont les mollusques ( <i>Mullus barbatus</i> , <i>Mullus surmuletus</i> , <i>Mytilus galloprovincialis</i> , <i>Mytilus perna</i> ) pour le suivi des tendances dans 33 stations (16 stations côtières de référence et 17 stations points chauds). La fréquence d'échantillonnage pour les stations de tendance est d'une fois par an, avant la période de pré-ponte. Les métaux lourds (Hg, Cd, As, Zn, Cu, Pb, Mn, Cr, Al, Ni) et les contaminants organiques (PCB, DDT, DDD, DDE, ALD, LID), seront mesurés dans les sédiments et les biotes.
<b>Concernant les eaux conchylicoles</b>	les paramètres recherchés sont microbiologique : Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux.
<b>Concernant la lutte contre les pollutions marines accidentelles</b>	le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement a prévu parmi les instruments d'intervention de la loi n°02-02 du 5 février 2002, l'institution de plans d'urgence.

Ceci dit, des efforts sont attendus à différents niveaux pour pouvoir accomplir intégralement les programmes de surveillance environnementaux. Tout d'abord, d'un point de vue technique : la gestion et la valorisation des données sont attendues, afin de permettre des développements importants pour les programmes de surveillance. D'un point de vue technologique, afin d'assurer un programme à long terme, il s'agira d'automatiser le prélèvement, car la plupart des paramètres mesurés font appel à des méthodes qui ne peuvent être aisément remplacées par des capteurs *in situ*. Les développements portent donc principalement sur les nouveaux capteurs, mais aussi tout ce qui concerne l'automatisation du prélèvement pour qu'ainsi, l'analyse *in situ* puisse contribuer à l'amélioration du rapport coût/efficacité des programmes. D'un point de vue réglementaire et administratif, il faut prendre en compte le fait que, la surveillance elle-même fournit une partie des bases scientifiques nécessaires à l'élaboration des normes ou à leur évolution, et en retour, elle permet d'évaluer les effets de ces décisions. La surveillance contribue à la démarche d'évaluation des risques en fournissant des informations sur les niveaux de contamination susceptibles d'induire des risques pour la santé animale ou humaine. Ces données constituent, pour un composé potentiellement dangereux présent dans l'environnement, tout ou partie des sources d'exposition de l'écosystème marin, ou des consommateurs.

## Chapitre 3 : MATERIEL ET METHODE

### 3.1 Présentation de la zone d'étude

Le site d'étude est la baie de Bou-Ismaïl (ex-Castiglione), qui se situe à la région ouest de l'algérois entre 2°24'Est, et 36°48' Nord et qui est limitée par le mont de Chenoua à l'Ouest et Ras-Caxine à l'Est.

L'ouverture s'étend sur 40km, orientée du Sud-ouest au Nord-est, et est composée de deux baies : El Djamila, dans la partie orientale et Chenoua dans la partie occidentale (figure.3)

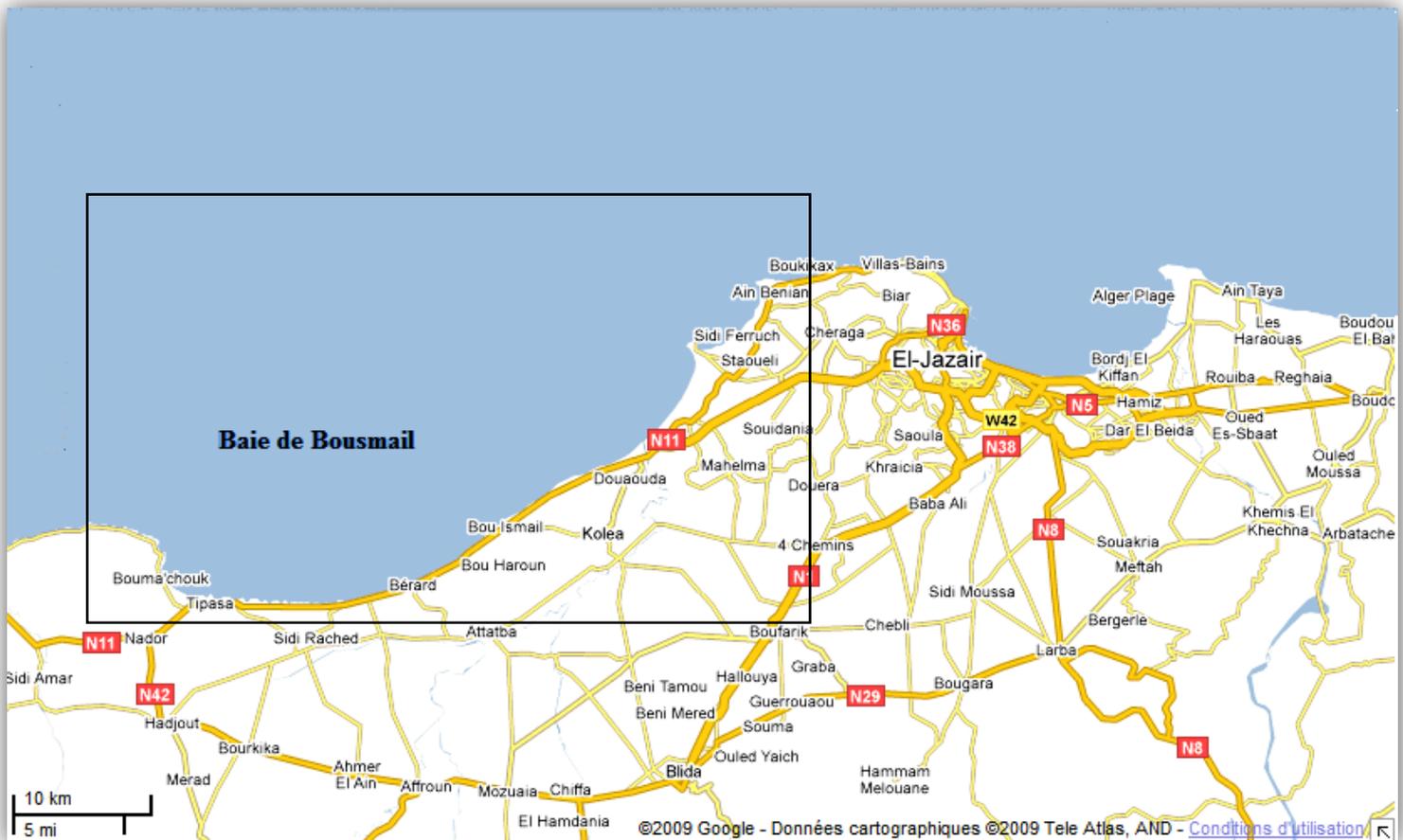


Figure 3 : Présentation de la zone d'étude

### 3.2 Localisation des stations

Les prélèvements ont été réalisés sur deux jours, les 10 et 11 mars 2009, le long du littoral ouest algérois, dans la baie de Bou-Ismaïl (**figure.4**), sur 27 stations à partir du Port d'El Djamila (Ain-Bénian), jusqu'à la plage du Chenoua (Tipaza). (**Voir tableau.6**). Les prélèvements ont été effectués à pieds, sur le rivage, en surface.

**Tableau 6. Localisation des stations**

Date	Stations	N° des stations	Latitude	Longitude
10-mars-09	Port d'El Djamila (1)	27	36°47',966	2°53',846
10-mars-09	Port d'El Djamila (2)	28	36°47',991	2°54',000
10-mars-09	Les Dunes (station de dessalement)	29	36°47',143	2°53',723
10-mars-09	La Station de dessalement de Zéralda	30	36°53',709	2°47',097
10-mars-09	Les Dunes (oued Béni Messous)	31	36°46',957	2°53',666
10-mars-09	Plage de Palm Beach	32	36°44',596	2°50',676
10-mars-09	Azur plage	33	36°44',999	2°50',538
10-mars-09	La Station de dessalement de Zéralda	34	36°43',269	2°49',771
10-mars-09	La Plage Zéralda 2	35	36°42',854	2°49',356
10-mars-09	La Plage Klouffi 1	36	36°42',094	2°48',442
10-mars-09	Oued Mazafran	37	36°41',851	2°48',163
10-mars-09	L'Oued Mazafran (berge-ouest)	38	36°41',868	2°48',111
10-mars-09	La Plage Colonel Abbés	39	36°41',337	2°47',292
10-mars-09	La plage de Sidi Fredj (est)	40	36°45',728	2°50',869
11-mars-09	La Plage du Chenoua	41	36°36',094	2°24',865
11-mars-09	Le Club Matarés	42	36°35',664	2°26',176
11-mars-09	Le Port de Tipaza	43	36°35',673	2°26',990
11-mars-09	La plage Corne d'Or	44	36°35',616	2°28',339

11-mars-09	La plage de l'Anse de Kouali(ouest)	45	36°35',523	2°29',408
11-mars-09	La plage de l'Anse de Kouali (plage centrale)	46	36°35',405	2°29',661
11-mars-09	Ain Tagouraït (abri)	47	36°36',179	2°36',369
11-mars-09	Ain Tagouraït (plage - ferme conchylicole)	48	36°36',655	2°37',540
11-mars-09	Port de Bouharoun	49	36°37',588	2°39',424
11-mars-09	Port de Khemesti	50	36°38',264	2°40',325
11-mars-09	Village de Fouka marine	51	36°40',413	2°44',593
11-mars-09	Plage de Douaouda marine	52	36°40',990	2°46',501

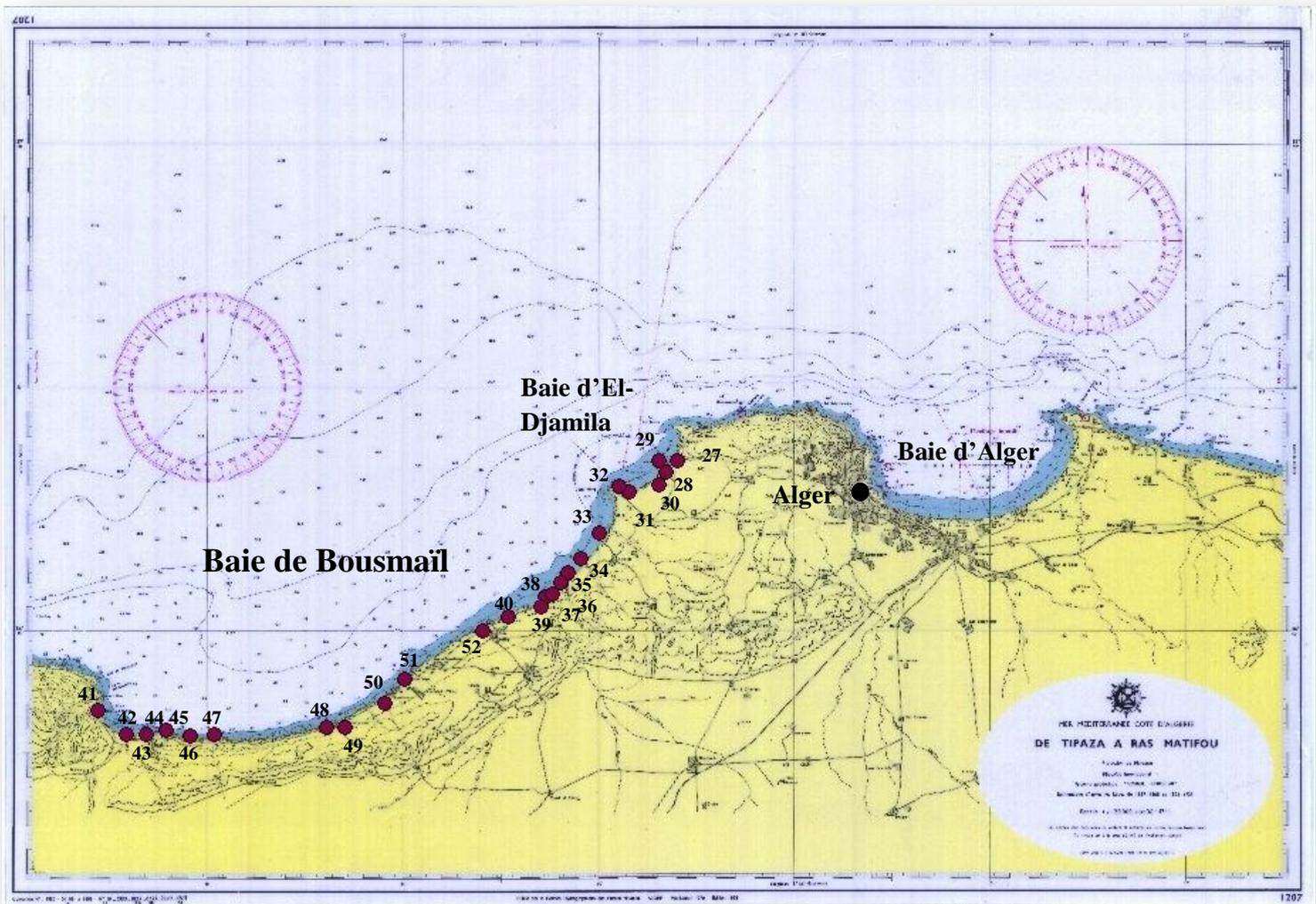


Figure 4. Localisation des stations sur la zone d'étude

### 3.3 Méthodologie des prélèvements *in situ*

#### 3.3.1 Les paramètres physico-chimiques majeurs

##### 3.3.1. I - La température

Il est important d'avoir une bonne connaissance de la température de l'eau car elle gouverne les solubilités, en particulier celles des gaz mais aussi celles des sels ; elle est liée directement à l'origine de l'eau (**Boeglin, 2000**).

La température est, avec la salinité, un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et donc des courants. La principale application physico-chimique est la détermination de la valeur de saturation des gaz dissous, en particulier l'oxygène (**Aminot et Kérouel, 2004**).

Certains rejets présentent des écarts de température importants avec le milieu (pollution thermique) et peuvent être des facteurs d'accroissement de la productivité biologique (**Gaujous, 1995**).

La détermination de la température se fait *in situ* au moyen de trois appareillages : oxymètre, conductimètre, et pHmètre. La valeur prise étant la moyenne des trois températures mesurées.

##### 3.3.1. II - La salinité

La salinité est définie de la manière suivante : *La salinité est la masse, en grammes, des substances solides contenue dans un kilogramme d'eau de mer, quand les ions bromure et iodure sont remplacés par leur équivalent de chlorure, les carbonates convertis en oxydes et toute la matière organique oxydée* (**Aminot et Kérouel, 2004**).

La mesure de la salinité est importante dans le milieu marin. Par son influence sur la densité de l'eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eau d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires. La grandeur « salinité » représente la proportion en sels minéraux dissous dans l'eau de mer (**IFREMER, 2007**).

La salinité a été mesurée *in situ* avec un conductimètre de terrain (Cond 197) d'une précision de  $\pm 0,5\%$  mesure.

La valeur prise est celle affichée sur le conductimètre après avoir plongé la sonde dans l'échantillon (en soustrayant ou rajoutant la valeur de calibrage des eaux standards).

Pour éviter toute interférence avec les échantillons précédents, la sonde est rincée à l'eau distillée après chaque mesure.

### 3.3.1. III - L'oxygène dissous

La teneur en oxygène dissous est un paramètre important qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. La concentration en oxygène dissous est le résultat des facteurs physiques, chimiques et biologiques suivants :

- Echanges à l'interface air-eau,
- Diffusion et mélange au sein de la masse d'eau,
- Utilisation dans les réactions d'oxydation chimique (naturelles ou anthropiques)
- Utilisation par les organismes aquatiques pour la respiration (ce qui inclut au sens large la dégradation bactérienne des matières organiques) et pour la nitrification,
- Production in situ par la photosynthèse

**(IFREMER, 2007)**

L'oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse. Ainsi une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène, alors qu'une eau chargée en matière organique dégradée par des micro-organismes est sous-saturée. En effet, la forte présence de matière organique, permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène.

L'oxygène dissous est donc un paramètre utile dans le diagnostic biologique du milieu en eau.

Pour la mesure de l'oxygène dissous, on a utilisé un oxymètre de terrain de type (Oxi 197). Il est muni d'une sonde électrolytique que l'on plonge dans l'échantillon et qui nous permet de mesurer, *in situ*, la teneur en oxygène dissous en  $\text{mg.L}^{-1}$ , ainsi la température en °C avec une précision de  $\pm 0,5\%$  lecture **(Aminot et Chaussepied, 1983)**.

Le pourcentage de saturation est calculé à base de la table de solubilité **(Voir annexe : Oxygène dissous)** de l'oxygène selon la formule suivante :

$$\text{Taux (\%O}_2\text{)} = (\text{concentration mesurée/solubilité}) * 100$$

### 3.3.1. IV - Le pH

En l'absence d'influences externes, le pH est le reflet des équilibres entre les espèces chimiques majeures du milieu, mais il est également l'indicateur de certaines pollutions directes ou indirectes. En effet, des eaux trop acides ( $\text{pH} < 7$ ) sont peu propices à la vie et provoquent à la faune aquatique une plus grande sensibilité aux parasites. En revanche, une eau très minéralisée, donc basiques ( $\text{pH} > 7$ ) indiquerait une riche végétation aquatique **(Parc naturel régional de la forêt d'orient, 2008)**.

Le pH influence donc de nombreux processus chimiques ou biologiques en régulant d'une part les concentrations d'espèces mineures telles que les métaux, d'autre part les réactions enzymatiques, très sensibles à de petites variations de ce facteur.

La mesure du pH a donc deux applications à considérer séparément : le suivi de la qualité des eaux d'une part, et les études thermodynamiques des équilibres chimiques d'autre part.

Le pH du milieu a été mesuré *in situ* par un pH-mètre de terrain de type (pH/mv mètre 197) et d'une précision de  $\pm 0,01$ pH.

La mesure des échantillons s'effectue après calibrage de l'appareil, et rinçage de l'électrode en verre.

## 3.4 Méthodologie utilisée en laboratoire

### 3.4.1 Le matériel particulaire

#### 3.4.1.1 MES

Il est courant en hydrologie de distinguer le « matériel en suspension » (« matériel particulaire») des « substances dissoutes ». Ainsi, selon Ivanoff, 1972 : « En plus des substances dissoutes, les eaux de mer contiennent des matières en suspension de toutes tailles et de toutes formes, minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, de nature, soit biogénique (bactéries, phytoplancton, zooplancton, poissons), soit terrigène (apports fluviaux, produits de l'érosion des côtes, détritiques déversés par l'homme), soit éolienne (particules transportées par les courants atmosphériques et tombant dans la mer), soit enfin météorique » (Aminot et Kérouel, 2004).

Selon (Lacaze, 1993), Les rejets urbains, l'aménagement des fleuves et des rivières, le lessivage des sols à la suite de la déforestation conduisent à des envasements lointains par transport et étalement des particules fines par les courants. Les particules en suspension ont pour principal effet de troubler l'eau, et donc d'en empêcher la pénétration lumineuse. Cette diminution aura pour conséquence une réduction de la production primaire, aussi bien celle du microphytobenthos que celles des posidonies.

L'accumulation des matières minérales et organiques sur le fond est dangereuse pour les organismes puisque il y'a colmatage du sédiment et consommation d'oxygène, lors de l'oxydation des matières organiques, pouvant conduire à l'anoxie des fonds, et à la destruction des biocénoses benthiques.

#### protocole de dosage

- Principe

Les échantillons sont congelés et conservés une nuit complète dans l'obscurité. Ils sont par la suite filtrés sur membrane Wathman GF/F de 0,45µm de porosité. Cette membrane est pesée avant, puis après filtration, les MES étant déterminés par la différence de poids de matière de la membrane dans un volume d'eau filtrée.

La balance utilisée est de précision de 0,01g fabriquée par KERN&SOHN GmbH modèle ABS-120-4

#### - Protocole

Les filtres sont séchés à 70° avant utilisation puis pesés, ce qui va nous permettre d'obtenir le poids sec des filtres (en grammes) avant filtration. Ils sont par la suite placés dans des boîtes numérotées selon les stations.

La filtration s'est effectuée sous vide, avec un dispositif de « tulipe ». Avant chaque filtration, l'échantillon est bien agité afin d'homogénéiser l'eau à analyser.

Après cela, les filtres sont à nouveau mis dans leurs boîtes, et passés au séchage dans une étuve à 45°C pendant 12 heures. Ils sont à nouveau pesés.

La concentration en matière en suspension s'obtient par la formule suivante :

$$\text{MES (mg/l)} = (\text{P}_2 - \text{P}_1) / \text{V}$$

Avec :

- P1 : Poids du filtre avant filtration (mg)
- P2 : Poids du filtre après filtration (mg)
- V : Volume filtré (L)

#### - Dosage de la matière organique (MOP) et inorganique (MIP) particulière :

Dans les milieux côtiers, outre les apports éoliens, la MOP est majoritairement d'origine phytoplanctonique.

Toutefois, en période d'étiage, la MOP peut provenir de fortes poussées de phytoplancton d'eau douce apportés par l'oued et se dégradant dans l'estuaire.

Une fraction importante des matières organiques particulières et endogènes issues de poussées phytoplanctoniques est très facilement dégradée par les bactéries hétérotrophes. Parmi les MOP exogènes, certaines sont plutôt résistantes à la dégradation, comme les débris de végétaux terrestres, mais d'autres sont également relativement dégradables, comme celles provenant des rejets urbains. Lorsque le développement du phytoplancton est ralenti ou limité par un manque de nutriments ou de lumière, les populations meurent, constituant un stock de MOP détritique aisément dégradable qui, parfois, s'ajoute aux apports exogènes.

La composition du matériel particulière va aussi différer géographiquement et au cours du cycle annuel en fonction de son origine et de son évolution dans le milieu (Aminot et Kérouel, 2004).

### - Principe

Une mesure directe de la MOP se fait après passage dans un four à moufle (fabriqué par **GmbH and Co.KG** modèle **MIHM.VOGT** Type **KM.N**) à **450°C** des filtres de MES (placés au préalable dans des creusets). La « perte au four » est alors assimilée à la charge organique.

Les creusets étant pesés à vide avant l'opération, on obtient la seconde mesure : celle du creuset avec le filtre après calcination.

### - Protocole de mesure

- Les creusets utilisés sont pesés et numérotés ( $P_3$ )
- Chaque filtre est placé dans un creuset. Ce dernier est placé dans un four à moufle à 450°C pendant deux heures
- Les creusets contenant les échantillons sont retirés puis refroidis dans un dessiccateur
- Les creusets contenant les échantillons sont pesés avec les filtres à l'intérieur, et on obtient de ce fait le poids  $P_4$  (en mg)
- Le poids du filtre après calcination est obtenu à partir de la différence suivante :  $P_5 = P_4 - P_3$  (mg),  $P_5$  représentant ainsi la matière inorganique particulaire (MIP)
- La matière organique particulaire (MOP), se déduira donc de l'expression :  $P_2 - P_5$  ou : **MES-MIP** (en mg)

### 3.4.1.2 Chlorophylle $a$ et phéopigments $a$

La chlorophylle  $a$  est le principal pigment photosynthétique des plantes. En convertissant l'énergie lumineuse en énergie chimique, elle permet la photosynthèse, c'est-à-dire la fixation de carbone induite par la lumière (la production primaire). Pour cette raison, la chlorophylle  $a$  est mesurée en tant qu'indicateur de la biomasse des micro-algues, organismes à la base de la chaîne alimentaire (**Aminot et Kérouel., 2004**).

La mesure des phéopigments est utilisée comme critère de l'état physiologique des populations phytoplanctoniques : plus la proportion de phéopigments est élevée par rapport à la chlorophylle  $a$ , plus les cellules algales sont vieilles, dégradées ou broutées par le zooplancton. Les phéopigments sont rarement absents dans les eaux côtières et toujours présent dans les eaux estuariennes turbides. Dans les estuaires, les détritiques de plantes supérieures peuvent contribuer à la concentration en phéopigments (**Aminot et Kérouel., 2004**).

#### Protocole de dosage

### - Principe

La mesure des pigments phytoplanctoniques repose sur leurs caractéristiques spectroscopiques : absorption de lumière (spectrophotométrie) méthode de LORENZEN., 1967 (Aminot et Kérouel, 2004).

Contenue dans les cellules, la chlorophylle *a* est un paramètre « particulière » qui, pour une mesure précise en laboratoire, nécessite la récolte du matériel en suspension par filtration suivie d'une extraction du filtre par solvant.

- Protocole

La filtration est réalisée sur un filtre de Whatman GF/F de 0,45µm, et la dépression est créée par une pompe de marque KMF NUEBE REGER Type N022.AN.18

L'extraction se fait par addition de 10ml d'acétone (qui assure l'extraction de la chlorophylle) à 90% (90/10 acétone/eau). Après passage des filtres dans un bac à ultra-son (VWR LUSL300 TH) et cela pendant 5 minutes à spectrophotomètre de marque CECIL type CE1021 Séries 10000, à une longueur d'onde de 665nm et cela dans un premier temps sans acidification, puis en deuxième lieu avec acidification (Acide chlorhydrique à 0,3 mol.L-1 ) pour obtenir la mesure des phéopigments *a*.

Deux autres mesures ont été réalisées : Celle du blanc de cuve qui a été obtenu par la mesure de l'absorbance de la cuve avec de l'eau distillée, et la seconde mesure est celle du blanc de filtre (acétone à 90%) avec filtre avant et après acidification.

*Remarque : Les tubes à essai ont toujours été gardés à l'obscurité afin d'éviter toute activité chlorophyllienne.*

▪ *Calculs et expression des résultats*

Le calcul des concentrations des pigments se fait selon la relation suivante :

$$[\text{Chlorophylle } a] (\mu\text{g.L}^{-1}) = 27,7 \cdot (A_{665}^{\text{NA}} - A_{665}^{\text{A}}) \cdot s / (V \cdot I)$$

$$[\text{Phéopigments } a] (\mu\text{g.L}^{-1}) = 27,7 \cdot [(1,7 \cdot A_{665}^{\text{A}}) - A_{665}^{\text{A}}] \cdot s / (V \cdot I)$$

Avec:

- Absorbance nette de l'échantillon non acidifiée (NA) :

$$A_{665}^{\text{NA}} = (B_{\text{Brut}}^{\text{NA}} - bc_{665}) - (B_{665\text{Brut}}^{\text{NA}} - bc_{750})$$

- Absorbance nette de l'échantillon acidifiée (A) :

$$A_{665}^{\text{A}} = (A_{665\text{Brut}}^{\text{A}} - bc_{665}) - (B_{665\text{Brut}}^{\text{A}} - bc_{750})$$

- $B_{\text{brut}}^{\text{NA}}$  = Absorbance de l'échantillon non acidifié à 750nm

- V : Volume d'eau filtrée (*litre*) ;
- s : Volume de solvant d'extraction (*millilitre*)
- l : Longueur du trajet optique de la cuve de mesure (*centimètre*).

### 3.4.2 Les Nutriments minéraux dissous (nitrites, nitrates, ammonium, phosphates, silicates)

Ils sont souvent désignés sous le terme de «sels minéraux». On les rencontre naturellement en quantité notable dans toutes les eaux. Leur toxicité est généralement très réduite, mais ils jouent un rôle écologique important.

En milieu aquatique, la chaîne alimentaire repose sur les producteurs primaires représentés, dans les eaux de surface, par le phytoplancton (algues unicellulaires) dont la biomasse moyenne est schématisée par la formule  $(\text{CH}_2\text{O})_{106}(\text{NH}_3)_{16}\text{H}_3\text{PO}_4$ .

L'oxygène, le carbone et l'hydrogène sont disponibles en abondance dans le milieu marin, mais l'azote et le phosphore sont en concentrations relativement faibles. Ne représentant respectivement que 6 % et 1 % de la biomasse, l'azote et le phosphore, indispensables à la nutrition des organismes, sont appelés « *éléments nutritifs* ». L'une des grandes classes de phytoplancton est constituée par les diatomées, algues unicellulaires comportant un squelette de silice ( $\text{SiO}_2$ ). Leur développement est donc tributaire non seulement de la présence d'azote et de phosphore, mais aussi de *silicium*, troisième élément nutritif important gouvernant le fonctionnement de la chaîne alimentaire des milieux marins.

Les éléments nutritifs sont des descripteurs hydrologiques indispensables à l'étude ou la caractérisation d'un écosystème marin. Indirectement, ils peuvent avoir des répercussions sur les activités humaines telles que la pêche et la conchyliculture car leur disponibilité conditionne la production primaire sur laquelle se développe ensuite l'ensemble de l'activité biologique du milieu. La production primaire des eaux de surface est essentiellement autotrophe, autrement dit la synthèse de la biomasse organique s'effectue à partir des constituants minéraux présents en solution dans l'eau ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ...), en utilisant la lumière comme source d'énergie (c'est la photosynthèse) (Aminot et Kérouel, 2004).

**Principe général de dosage :**

L'eau prélevée est filtrée à l'aide d'un filtre de 100µm, puis congelée et stockée jusqu'à l'analyse. Les protocoles de dosage sont ceux de **(Aminot et Kérouel, 2004)**. Le spectrophotomètre utilisé est le même que celui utilisé pour le dosage de la chlorophylle *a*.

Les réactifs pour les dosages ont été préparés une seule fois et cela au début de l'analyse des sels nutritifs et de leurs gammes étalons **(Voir annexe : Dosages)**.

### 3.4.2.1 Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

L'ion ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) et la forme non dissociée communément appelée ammoniac (NH<sub>3</sub>) sont les deux formes sous lesquelles l'azote réduit soluble se trouve dans l'eau.

L'origine de l'ammoniac est diverse. Parmi elles on cite :

- Les pluies et neiges
- Les eaux souterraines (réduction en nitrates) en association avec le fer
- Décomposition des déchets azotés (urée, azote organique)
- Industrie textile (blanchissement)
- Engrais

**Effets écologiques** : l'ammoniac stimule les poussées planctoniques. Il est toxique pour les poissons, surtout en milieu alcalin, sous forme de gaz qui diffuse facilement à travers les membranes. Une augmentation du pH, qui peut en eau douce n'être due qu'à la consommation du gaz carbonique par photosynthèse, entraîne donc une augmentation de la toxicité due à l'ammoniac. En milieu oxydant, l'ammoniac se transforme en nitrites puis en nitrates, ce qui induit une consommation d'oxygène **(Gaujous, 1995)**.

#### Principe général de dosage

Le principe de base est la réaction de Berthelot où l'ammoniac, en milieu basique, réagit tout d'abord avec l'hypochlorite pour former une monochloramine, puis successivement avec deux molécules de phénol pour former le bleu d'indophénol. Schématiquement, la réaction s'écrit :



La longueur d'onde étant de 630 nm.

#### Protocole

- 100±5ml d'eau de l'échantillon sont prélevés
- 3,0 ml du réactif 1 lui sont ajoutés **(Voir annexe : Dosages « Ammonium : Solution de phénol-nitroprussiate »)**

- Le tube est bouché, puis agité pour homogénéiser l'échantillon
- 3,0 ml du réactif 2 lui sont ajouté (**Voir annexe : Dosages « Ammonium : Solution complexante au chlore »**)
- Le tube est bouché, agité, puis placé immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 à 8 heures au minimum, à température ambiante.
- La mesure de l'absorbance est par la suite effectuée avec un spectrophotomètre à 630nm par rapport au blanc de cuve (eau distillée), et au blanc de réactif (réactifs 1 et 2)

### 3.4.2.2 Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Les nitrites disparaissent vite en milieu naturel, car il sont en fait un stade intermédiaire. Leur origine est essentiellement industrielle : traitement de surface, chimie, colorants... (**Gaujous, 1995**).

Les nitrites sont des indicateurs de pollution. En l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux.

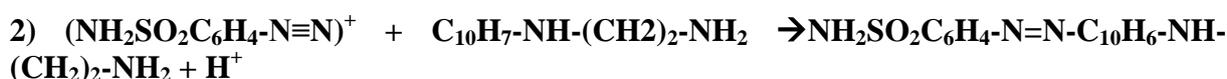
Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante.

En général, une eau contenant des nitrites est considérée comme suspecte car il lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique. Cependant, travaillant dans l'eau de mer, il est nécessaire de tenir compte des teneurs en azote ammoniacal, en nitrates, et en matières organiques.

D'un point de vue toxicité (significative en raison de leur pouvoir oxydant), les nitrites peuvent avoir une action méthémoglobinisante (**Rodier, 1996**).

#### Principe général de dosage

Le principe de base est la réaction de Griess où le nitrite réagit avec une première aminé aromatique pour former un diazoïque qui est couplé à une seconde aminé aromatique pour produire le colorant rosé. Bendschneider & Robinson (1952) in (Aminot et Kérouel, 2004) ont réexaminé cette réaction et proposé une version optimisée dans laquelle la sulfanilamide réagit d'abord avec le nitrite en milieu acide, puis le diazoïque avec le N-naphtyl-éthylènediamine:



## Protocole

- 50±1ml d'eau de l'échantillon sont prélevés
- 1,0 ml du réactif 1 lui sont ajouté (**Voir Annexes : Dosages « Les nitrites : Solution de Sulfanilamide »**), puis le tout est mélangé
- Le mélange reste au repos de 2 à 8 minutes
- 1,0 ml du réactif 2 lui sont ajoutés au mélange précédent (**Voir Annexes : Dosages « Les nitrites : Solution de N-(1-naphtyl)-éthylène diamine »**) Puis mélangés
- Le nouveau mélange reste au repos au moins 10 minutes et au plus une heure
- La mesure de l'absorbance est par la suite effectuée avec un spectrophotomètre à 543nm
- Mesure du blanc de cuve (eau distillée) et du blanc des réactifs (1 et 2)

### 3.4.2.3 Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates  $\text{NO}_3^-$ , voient leur origine de :

- La minéralisation de la matière organique ;
- Engrais azotés ;
- Résidus animaux, fumier, purin ;
- Eaux usées domestiques et stations d'épuration

Les effets écologiques des nitrates se résument à stimuler la flore aquatique, et ce avec l'ammonium, ceux-ci étant les formes azotées les plus utilisées par les végétaux, qui ceci dit, peuvent aussi utiliser les nitrites ou l'azote organique, ou même l'azote gazeux (algues bleues). Cette dernière possibilité fait que l'azote n'est pas dans l'eau un vrai facteur limitant de l'eutrophisation (**Gaujous, 1995**).

## Principe général de dosage

Le principe repose sur la réduction quasi-totale du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ). Le dosage du nitrite étant simple et préalablement fait, il permet la mesure des faibles concentrations en nitrates. Après réduction, on mesure en fait la somme des concentrations en nitrates et en nitrites, exprimée en  $\text{NO}_{3+2}$ . La concentration en nitrates est obtenue par soustraction de la concentration en nitrites (mesurée par ailleurs), mais celle-ci étant généralement très faible en milieu marin ouvert, elle est donc généralement ignorée (**Aminot et Kérouel, 2004**).

En raison d'avantages certains, la méthode de réduction sur colonne droite de cadmium est la méthode la plus courante.

## Préparation de la colonne réductrice de Cadmium :

Le grain de cadmium utilisé est d'environ 0,5 à 2mm de diamètre, et la préparation est réalisée comme suit :

- Le cadmium est lavé à l'aide d'acide chlorhydrique à  $2 \text{ mol.L}^{-1}$ , puis rincé à l'eau distillé
- Il est par la suite lavé immédiatement à l'aide d'acide nitrique à  $0,3 \text{ mol.L}^{-1}$ , puis passé à l'eau distillée
- Il est lavé une seconde fois par de l'acide chlorhydrique à  $2 \text{ mol.L}^{-1}$  pour éliminer le nitrate résiduel, puis rincé abondamment à l'eau distillée
- La colonne est par la suite vidée au maximum, en prenant bien soin de ne pas la laisser à l'air libre, et très vite, la solution de sulfate de cuivre lui est ajoutée, puis laissée en contact plusieurs minutes.
- A l'aide de la solution tampon, la colonne est lavée, puis laissée en milieu tampon de 24 à 48h.

L'activation du réducteur est réalisée par le passage sur la colonne de 500ml de solution tampon à laquelle nous avons ajoutée 10ml d'étalon de nitrates à  $5000 \mu\text{mol.L}^{-1}$ . La colonne doit par la suite être impérativement rincée avec la solution tampon.

### Entretien de la colonne :

Avant chaque série d'analyse qui dépasse une heure, la colonne est réactivée avec 250ml de tampon dopé à  $100 \mu\text{mol.L}^{-1}$  de nitrates, rincée avec la solution tampon, et conservée dans son milieu.

### Protocole

- La colonne est activée si cela est nécessaire par passage d'une solution concentrée en nitrates
- $100 \pm 5 \text{ ml}$  d'eau de l'échantillon sont prélevés
- 2ml de Chlorure d'ammonium sont ajoutés, puis mélangés
- 50 ml de l'échantillon sont passés afin de rincer la colonne
- Ces derniers sont récupérés, tout en veillant à ce que la colonne ne se vide pas

Par la suite, la mesure des nitrates réduits en nitrites est effectuée en suivant la même procédure de dosage des nitrites, précédemment réalisée (le blanc de cuve et blanc de réactifs étant les mêmes).

#### ▪ *Calculs et expression des résultats*

Les absorbances (corrigées du blanc de cuve) sont :

- $A_{\text{brut}}$  : l'absorbance mesurée pour l'échantillon traité ;
- $b_t$  : l'absorbance mesurée pour le blanc de turbidité ;
- $b_r$  : l'absorbance mesurée pour le blanc des réactifs.

Les autres paramètres de calcul sont :

- $D$  : le taux de dilution ( $D \geq 1$ ) ;
- $R$  : le rendement de réduction du nitrates en nitrites ( $R \leq 1$ ) ;
- $r$  : le rendement de récupération du nitrite non altéré par le réducteur ( $r \leq 1$ )

L'absorbance nette est :

$$A = A_{\text{brut}} - b_t - b_r$$

On se reporte à la courbe d'étalonnage en nitrite non passé sur la colonne pour calculer la concentration de nitrite après passage de l'échantillon sur la colonne. Soit  $F$  le facteur de conversion ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$  par unité d'absorbance), la concentration de nitrite se calcule selon :

$$[\text{Nitrites}]^{\text{Mesurée}} (\mu\text{mol/l}) = F * A$$

$$[\text{Nitrites}]^{\text{Mesurée}} (\mu\text{mol/l}) = (1/D) * (R * [\text{NO}_3]^{\text{Milieu}} + r * [\text{NO}_2]^{\text{Milieu}})$$

D'où :

$$[\text{NO}_3]^{\text{Milieu}} (\mu\text{mol/l}) = D * [\text{Nitrites}]^{\text{Mesurée}} / R - (r/R * [\text{NO}_2]^{\text{Milieu}})$$

Avec :  $[\text{NO}_2]^{\text{Milieu}}$  est connu par mesure directe du nitrite, si nécessaire.

Comme  $r / R \sim 1$ , en l'absence de mesure de nitrite, on admet que :

$$[\text{NO}_{3+2}] (\mu\text{mol.L}^{-1}) = [\text{NO}_3]^{\text{Milieu}} + [\text{NO}_2]^{\text{Milieu}} \equiv D * [\text{Nitrite}]^{\text{Mesurée}} / R$$

Avec : **1 mol.L<sup>-1</sup> de nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) = 0,062 mg/l de nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )**

#### 3.4.2.4 Ortho-phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Le terme « phosphates » est employé pour désigner l'ensemble des formes dissoutes, libres et complexées de l'ion orthophosphate  $\text{PO}_4^{3-}$ .

C'est un sel nutritif présent dans l'eau de mer à l'état soluble ou particulaire présent sous plusieurs formes : Phosphates organique et inorganique, orthophosphates et polyphosphates (**Rodier, 1996**).

Le phytoplancton absorbe le phosphore sous forme d'ions d'orthophosphates. Celui-ci étant un élément constitutif nécessaire de la matière vivante : il entre en particulier dans la composition de l'acide adénosine triphosphorique (ATP), des acides nucléiques, des lipides phosphorés (**Bougis, 1974**).

Dans les estuaires, les concentrations très élevées peuvent être atteinte : plusieurs dizaines de micromoles par litre selon la salinité. Ces fortes concentrations proviennent d'un enrichissement de diverses origines, parmi elles :

- Naturelle, comme les phosphates calciques
- Contamination fécale
- Détergents
- Engrais
- Industrie chimique
- Polyphosphates (utilisés contre l'entartrage)

Effets écologiques du phosphate : Ils peuvent avoir un effet bénéfique comme sel nutritif en mer, et ne sont pas toxiques vis-à-vis des poissons mais les phosphates sont généralement responsables de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation (facteur limitant) (**Gaujous, 1995**).

### Principe

La méthode repose sur la colorimétrie du bleu phosphomolybdique, appliquée couramment dans de nombreux laboratoires.

Le principe de base est la formation puis la réduction du complexe phosphomolybdique pour produire une intense coloration bleue (**Aminot et Kérouel, 2004**).

### Protocole

- La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 20°
- 50±1ml d'eau de l'échantillon sont prélevés

- 2,0 ml du réactif 1 (**Voir annexe : Dosages « Les phosphates : solution acide d'acide ascorbique »**) sont ajoutés, puis le tout mélangé.
- 2,0ml du réactif 2 (**Voir annexe : Dosages « Les phosphates : solution acide de molybdène et d'antimoine»**) sont ajoutés, puis le tout mélangé, et mis au repos pour une durée comprise entre 5 et 30 minutes.
- L'absorbance est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à 880nm, par rapport à l'eau distillée, et aux blancs des réactifs (1 et 2).

### 3.4.2.5 Silicates ( $\text{SiO}_4^-$ )

Le silicium dissous dans l'eau de mer se trouve essentiellement sous forme d'acide orthosilicique  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ . Il est nécessaire à la nutrition des diatomées. Sa présence dans l'eau de mer provient de la dissolution de sels minéraux, notamment les aluminosilicates mais aussi de la dégradation du silicium organique particulaire (**Rodier, 1996**).

Les diatomées, pour élaborer leur enveloppe siliceuse doivent trouver dans le milieu marin une quantité suffisante de silice ; celle-ci peut en effet constituer plus de 60% de leur fraction minérale, et le silicium représente 15 à 20% de leur poids sec. La silice forme également le squelette des silico-flagellés. En dehors du phytoplancton, la silice se retrouve aussi dans le squelette des radiolaires et les spicules de nombreuses éponges (**Bougis, 1974**).

#### Principe

Le principe de base repose sur la formation d'acide silicomolybdique, lequel est ensuite réduit pour produire une coloration (bleue) intense, permettant la mesure des faibles concentrations marines.

#### Protocole

- La température des échantillons doit être comprise entre 19 et 25°
- 50±1ml d'eau de l'échantillon sont introduits dans une éprouvette en plastique
- 2,0 ml du réactif 1 (**Voir annexe : Dosages « Les silicates : solution acide de la molybdates »**) sont ajoutés, puis le tout mélangé.
- Attendre entre 7 et 13 minutes
- 2,0ml du réactif 2 (**Voir annexe : Dosages « Les silicates : solution d'acide ascorbique »**) sont ajoutés, puis le tout mélangé.
- 1,0 ml du réactif 3 (**Voir annexe : Dosages « les silicates : solution d'acide ascorbique »**) sont ajoutés, puis le tout mélangé.

- Attendre entre 30 minutes et 2 heures, puis l'absorbance est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre par rapport à l'eau distillée, et aux réactifs (1,2 et 3) à 810nm.

### 3.4.2.6 Courbes d'étalonnage

La courbe d'étalonnage est obtenue par la projection de différents points d'absorbance corrélés à des concentrations du paramètre recherché, grâce à laquelle nous obtenons une droite linéaire (méthode des moindres carrés).

Il existe parfois de faibles valeurs observées qui peuvent être expliquées par la différence remarquée au niveau de l'absorbance des cuves qui a influence sur l'absorbance de la solution. Toutefois, ces valeurs peuvent être prises en considération étant donné qu'elles se rapprochent de 1 et s'éloignent de 0,5.

L'étalonnage est donc obtenu par la mesure de l'absorbance aux mêmes longueurs d'onde que les échantillons de différentes concentrations (figure 5, 6, 7,8)

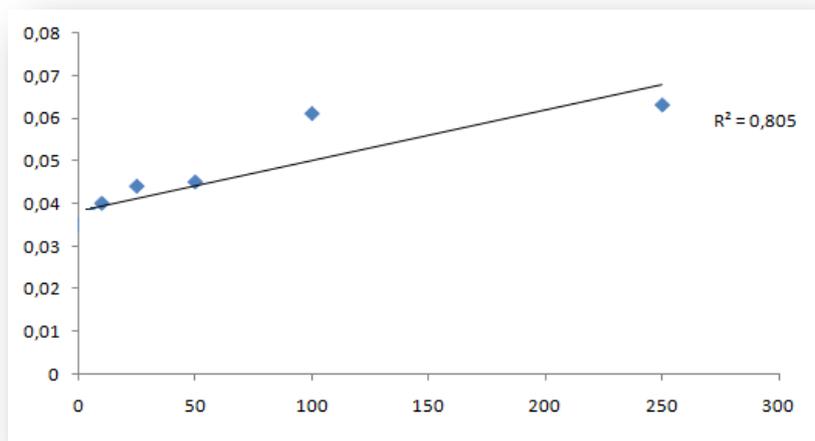


Figure 5. Courbe d'étalonnage de l'ammonium

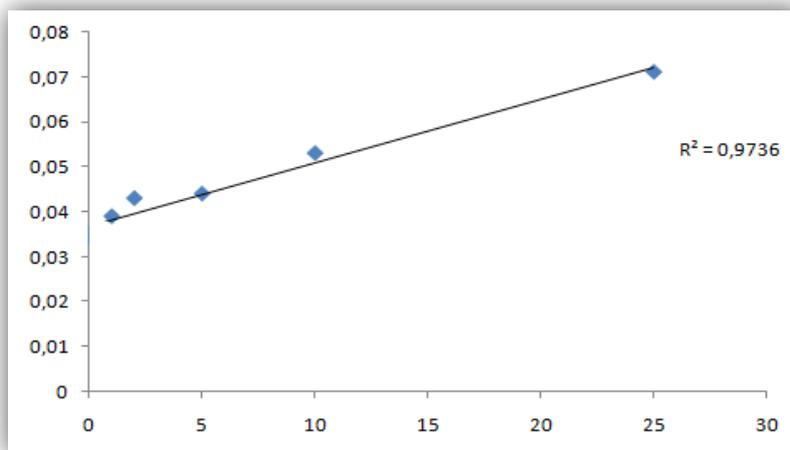


Figure 6. Courbe d'étalonnage des nitrites/nitrates

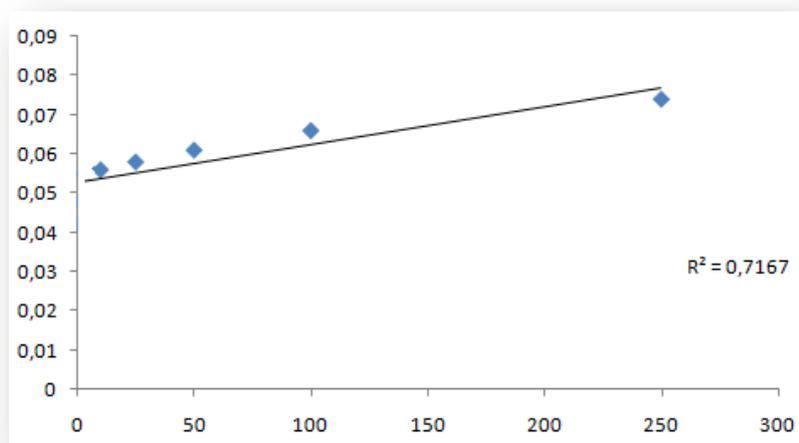


Figure 7. Courbe d'étalonnage des orthophosphates

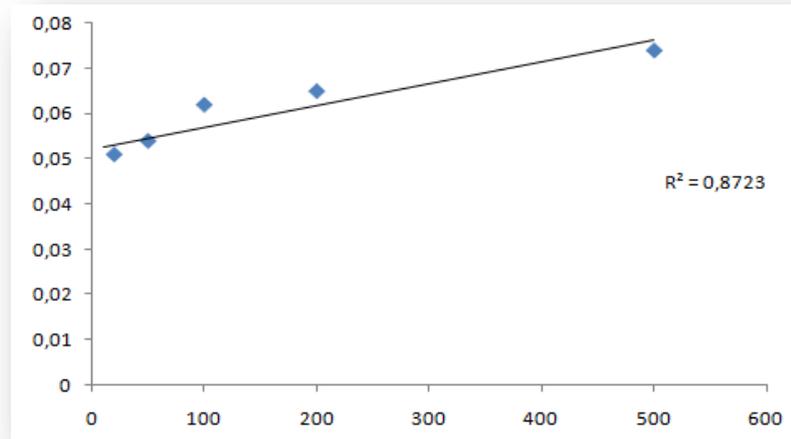


Figure 8. Courbe d'étalonnage des silicates

### 3.5 Analyse des données

#### 3.5.1 Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'Analyse en Composantes principales (ACP) fait partie du groupe des méthodes descriptives multidimensionnelles appelées « méthodes factorielles ». L'ACP sert à mieux connaître les données sur lesquelles on travaille et à détecter éventuellement des valeurs suspectes, et aidera à formuler des hypothèses (**Duby & Robin, 2006**).

Elle consiste à calculer de nouvelles variables (les facteurs) qui sont en fonction des anciennes, et les plus informative possibles à propos de l'ensemble des relations entre les variables initiales.

Dans la présente étude, le logiciel utilisé est STATISTICA V.6.0.

## Chapitre 4 : RESULTATS ET INTERPRETATION

### 4.1 Variation des paramètres physico-chimiques

#### 4.1.1 La température

Les valeurs de température observées sont comprises entre un minimum de 15,30° à la station de dessalement des Dunes, et un maximum de 20,96° à la station de dessalement de Zéralda, qui comme durant les années précédentes, est plus élevée que le reste des stations (20,73° en Mars 2008). Ceci dit, on peut généralement observer une certaine homogénéité sur la zone d'étude, comme l'illustre l'histogramme suivant :

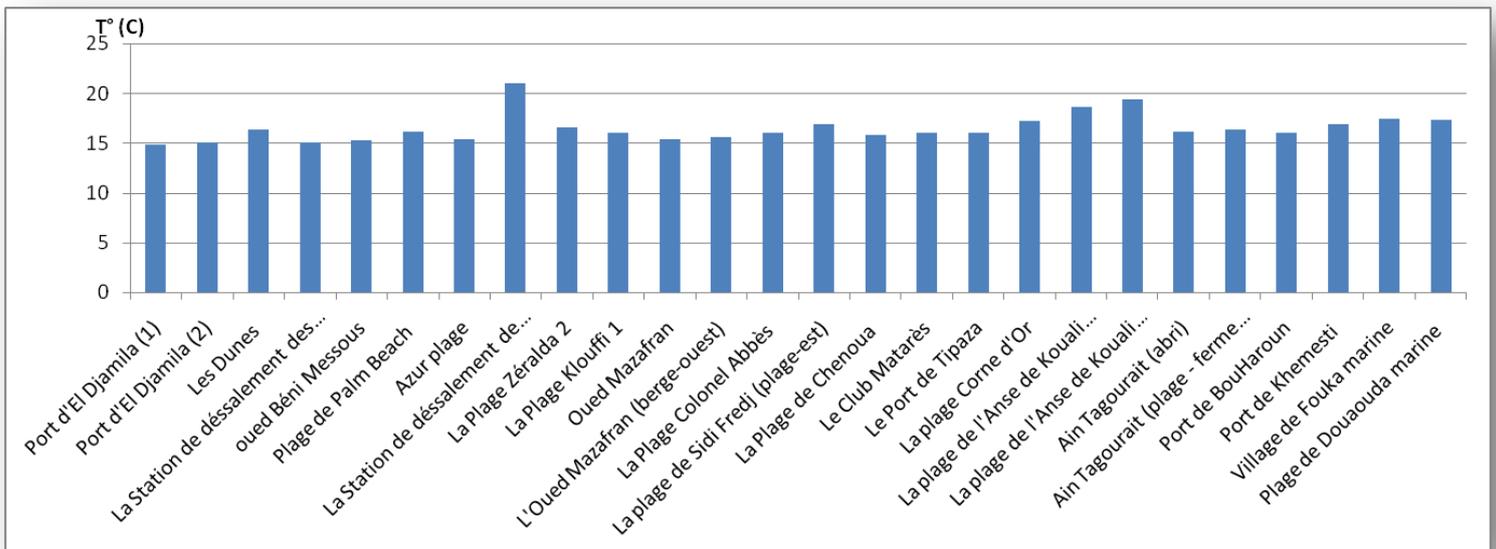


Figure 9. Variation de la température le long de la zone d'étude

Le pic thermique maximum observé est probablement dû aux rejets de la station de dessalement de Zéralda, tels que les saumures, dont les températures de sortie sont très élevées (**Danoun, 2007**). La chaleur dégagée des stations de dessalement sont généralement comprises entre 8 et 15° de plus que la température ambiante de l'eau de mer. Les principales conséquences sont les suivantes :

- La diminution de la solubilité de l'oxygène avec l'augmentation de la température. La demande en oxygène augmente en températures élevées, et baisse le niveau d'oxygène dissous dans l'eau, et de se fait provoque des conditions mortelles pour les différents organismes, car cette élévation thermique, en plus de l'accélération du processus de respiration chez les bactéries favorise l'anoxie et l'hypoxie dans les écosystèmes marins, en particulier en été.

- La densité, la viscosité, la solubilité de l'azote diminue aussi avec l'augmentation de la température.
- La diminution de la solubilité de l'azote provoque également une détérioration de la production primaire.
- L'augmentation de la pression de vapeur favorise l'évaporation, en particulier en saisons chaudes (**Miri et Chouikhi, 2005**).

La station de dessalement des Dunes quant à elle, ne semble pas être affectée par les rejets, ceci étant probablement dû à une activité moins intense que celle des autres stations de dessalement.

En comparaison avec les années précédentes, l'embouchure de l'oued Mazafran présente aussi un point minimal, après celle précédemment citée.

Dans le cas des autres stations, la température moyenne est d'environ 16°, ce qui semble correspondre aux valeurs printanières.

#### 4.1.2 La salinité

Les valeurs de salinité observées présentent des écarts non négligeables. En effet, un minimum de 0,3 PSU à l'embouchure de l'oued-Mazafran est naturellement expliqué par le fait que l'oued Mazafran soit une sortie d'eau douce, de très faible salinité.

Une autre basse valeur est observée au niveau de la station de dessalement des Dunes, ce qui est tout à fait explicable puisque l'embouchure de l'oued Béni Messous se trouve à proximité.

On remarque également une basse valeur au niveau de la plage de Palm-Beach, ceci étant dû aux rejets d'eaux usées de la station d'épuration de proximité.

La valeur maximale mais néanmoins normale est observée au niveau du port d'El-Djamila, laquelle salinité s'élève à 37,1°.

Cependant, hormis les trois valeurs extrêmes citées précédemment, la moyenne du reste des stations (36,17 PSU) se situe dans l'intervalle normal de salinité d'une eau de mer méditerranéenne, qui est de l'ordre de 35 à 37 PSU.

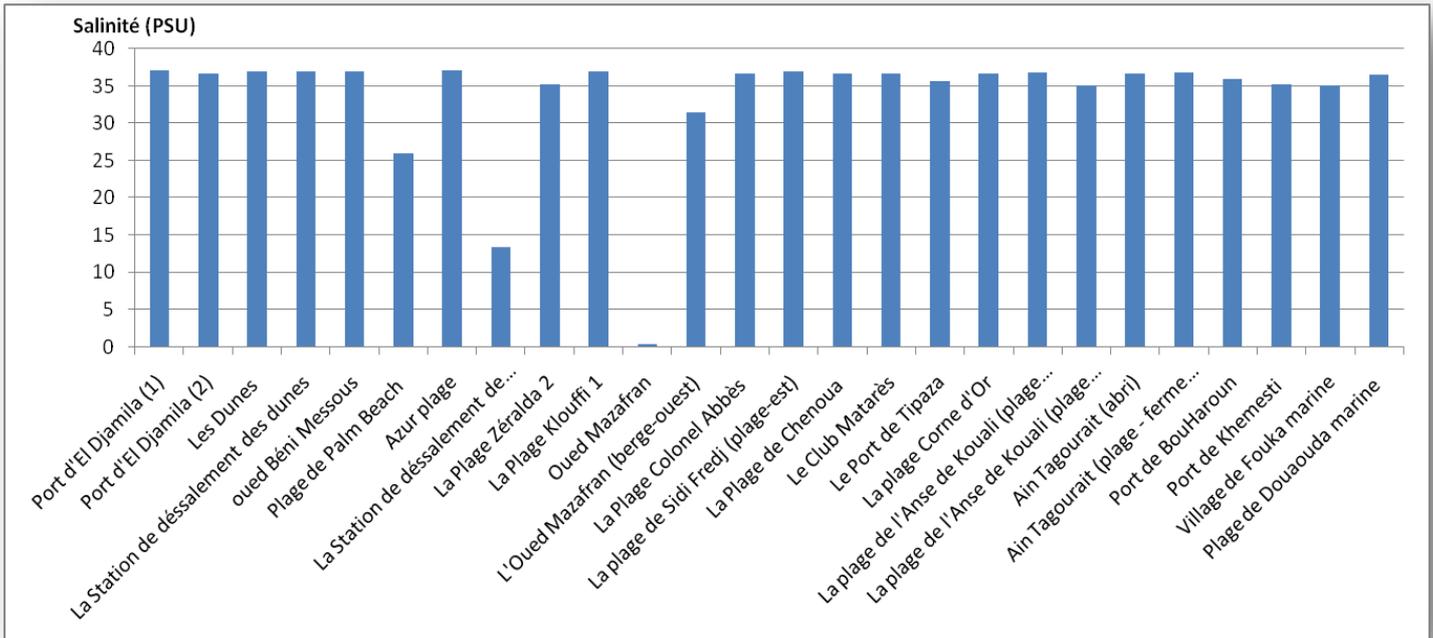


Figure 10. Variation de la salinité sur la zone d'étude

#### 4.1.3 Le pH

Les valeurs de pH observées sont comprises entre un minimum de 7,53 à la station de la plage du Chenoua et un maximum de 8,64 à l'oued Béni-Messous, celles-ci étant respectivement légèrement inférieures et supérieures aux normes du pH de l'eau de mer méditerranéenne, celui-ci étant voisin de 8,2.

Malgré la présence de ces deux extrêmes, aucune anomalie notable n'est à souligner, car un pH compris entre 7,5 et 8,5 n'a pas d'incidence écologique importante (**Gaujous, 1995**).

Ceci dit, la station de la plage Chenoua présentant un pH de 7,53 mériterait une surveillance, car des valeurs plus acides pourraient perturber les espèces planctoniques de la zone.

La moyenne de l'ensemble des stations quant à elle, est de 8,06 ce qui est légèrement en dessous de la valeur normale de pH de l'eau de mer (8,2).

Globalement, les valeurs enregistrées sont donc dans l'intervalle des normes fixées pour une eau de baignade, selon (**Rodier et coll., 2005**).

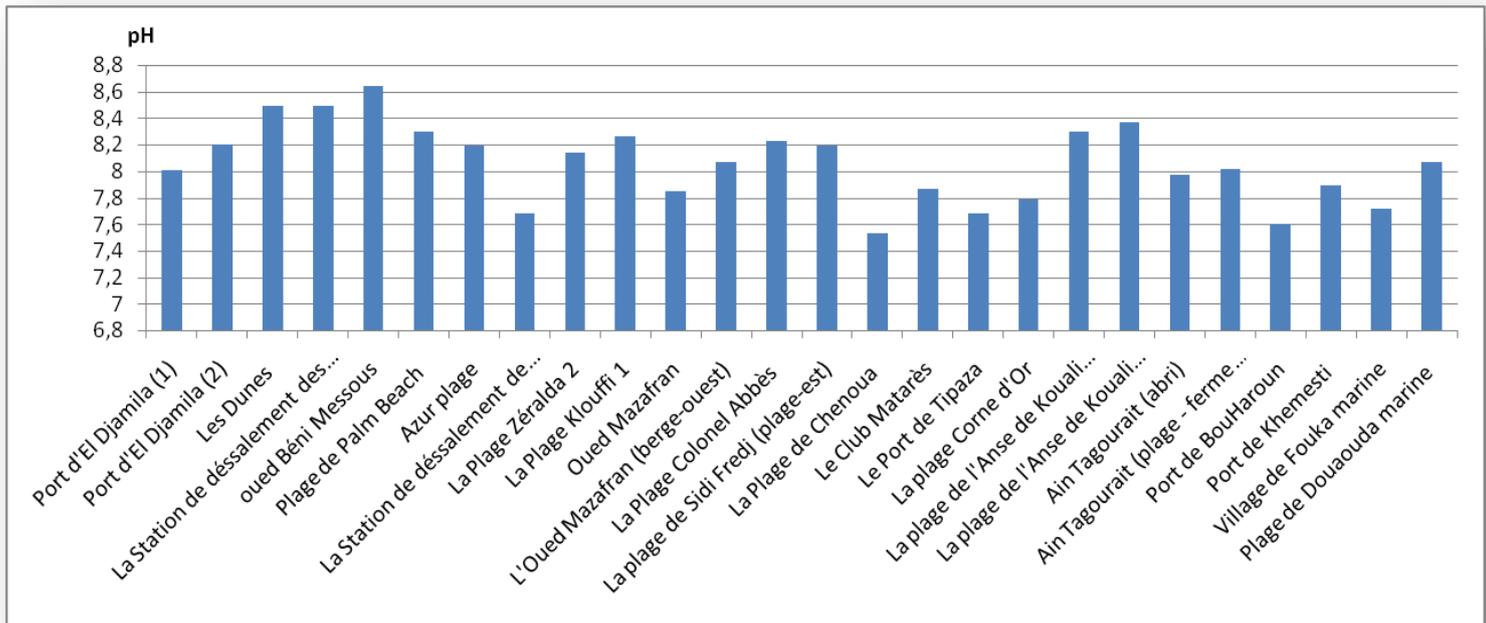


Figure 11. Variation du pH sur la zone d'étude

#### 4.1.4 L'oxygène dissous

Le taux de l'oxygène dissous dans les milieux côtiers et estuariens est d'une importance fondamentale pour les espèces. Ainsi, un équilibre de l'oxygène dissous dans le milieu est indispensable, étant donné qu'aussi bien la sous-saturation, que la sur-saturation peut-être fatale pour le biotope marin (**Perkins, 1974**).

Ainsi, comme le montre l'histogramme (**figure.12**), deux valeurs extrêmes ont été observées dans notre zone d'étude:

- Un maximum de 8,37mg/l correspondant à un taux de saturation d'oxygène de 111,6%, à la station de plage centrale de l'Anse de Kouali
- Un minimum de 0,12 mg/l correspondant à un taux de saturation d'oxygène de 1,19%, à la station de l'Oued Mazafran

En ce qui concerne le 1<sup>er</sup> extrémum, il est intéressant d'observer une valeur de saturation équilibrée, qui dénote d'une bonne qualité des eaux dans cette région là. A remarquer d'ailleurs, que la 2<sup>ème</sup> valeur indiquant une bonne qualité des eaux est également la zone de l'Anse de Kouali, plage-ouest, à 7,76 mg/l d'O<sub>2</sub> dissous, correspondant à 104,3%.

Le 2<sup>ème</sup> extremum quant à lui présente une valeur inquiétante. Une extrême sous-saturation de 0,12 correspondant à 1,19% qui est fatale à toute vie dans le milieu. En effet, l'Oued Mazafran fait office de réceptacle final à toutes sortes de rejets, ordures, et eaux usées, se déversant directement dans la mer. Différents facteurs peuvent expliquer ce phénomène :

- L'apport des rejets extérieurs, en quantité et sans aucun traitement préalable
- Un très fort déséquilibre entre la consommation en oxygène causée par la minéralisation de la matière organique, et la très faible production algale.
- Une accumulation des composés organiques (prolifération algale, déversement d'affluents organiques, etc...) accroissant la demande en oxygène, favorisant l'anoxie des eaux et accumulation d'hydrogène sulfuré (toxique pour les êtres vivants), et provoquant la prolifération de bactéries anaérobies (**Bianchi, Marthy, et Bertrand, 1989**).
- Une eutrophisation, causée par un déséquilibre écologique, avec au départ, une fertilisation excessive en éléments minéraux ou organiques d'origine anthropique, entraînant une forte augmentation de la production organique dans la couche superficielle : sa décomposition ultérieure dans la couche sous-jacente diminue, voire annule la teneur en oxygène gazeux dissous (**Lacaze, 1996**).

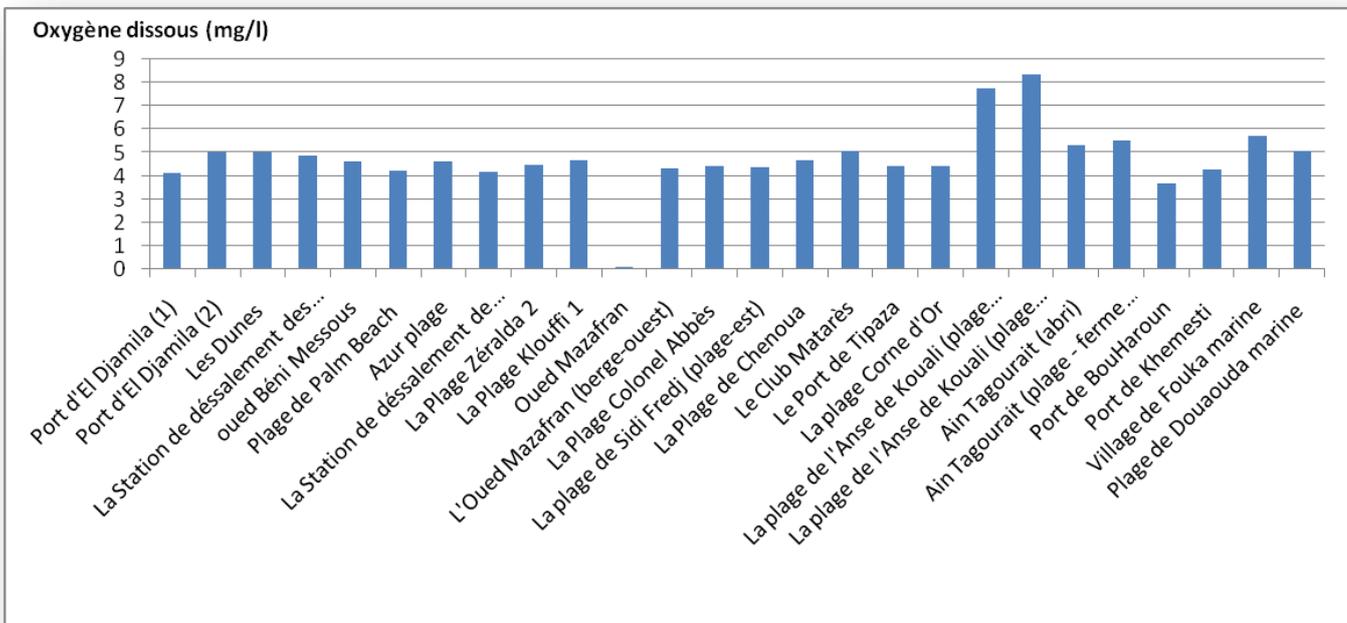


Figure 12. Variation de l'oxygène dissous sur la zone d'étude

Quant au reste des valeurs, elles se situent dans un intervalle compris entre 3,66 et 5,72 mg/l , correspondant à un taux de saturation compris entre 46.5% et 73.14%.

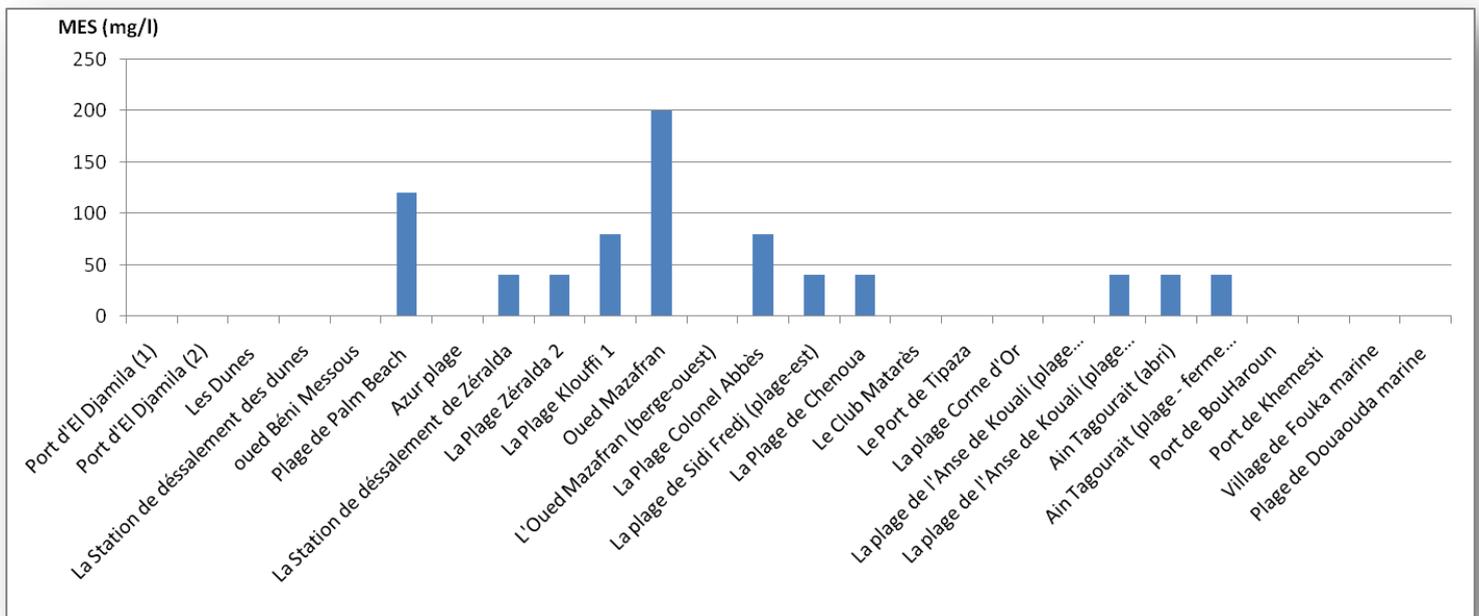
On remarque ainsi que les eaux présentent globalement une sous-saturation due à la forte charge organique d'origine anthropique, non dispersée au niveau du rivage.

## 4.2 Variation du matériel particulaire

### 4.2.1 La matière en suspension (MES)

Les teneurs en MES sont globalement proches du zéro, voire nulles, comme le montre l'histogramme (**figure.13**) excepté les stations :

**32** (La plage Palm Beach), **34** (La station de dessalement), **35** (La plage de Zéralda 2) **36** (La plage de Klouffi 1) **37** (L'oued Mazafran) **39** (La plage du colonel Abbès) **41** (La plage du Chenoua) **46** (Anse de Kouali centrale) **47** (Ain-Tagourait-abris) **48** (Ain-Tagourait – Ferme)



**Figure 13. Variation de la matière en suspension sur la zone d'étude**

Il est à noter que pour la plupart des stations présentant des teneurs en MES non nulles étaient exposées à des mers agitées, ce qui favorise la remontée de l'ensemble du matériel particulaire, d'origine externes (anthropiques), ou d'origine naturelle : les vents, les marées, les courants, la houle, les ruissellements sur les estrans sont autant de facteurs qui jouent de manière complexe sur la remise en suspension des sédiments (Tesson, 1973 ; Prou, 1991) in (**Faury et al., 1999**).

Cependant, un pic maximal est observé au niveau de la station de l'oued Mazafran, celui-ci étant un point sensible, subissant de très fortes charges d'origine terrigène et

anthropique, en plus d'avoir été soumis à un hydrodynamisme important de la colonne d'eau le jour du prélèvement.

#### 4.2.2 La matière organique et inorganique particulaire en suspension (MOP, MIP)

La pollution par la matière organique est de loin la forme de pollution la plus courante en mer. Les eaux résiduaires déversées dans les courants d'eau, les oueds et la mer sont particulièrement riches en matière organiques sujettes à l'action des bactéries. Celles-ci assurent l'oxydation des molécules organiques en composés inorganiques stables ; ainsi elles utilisent l'oxygène dissous dans l'eau pour décomposer la matière organique en eau et dioxyde de carbone (**Lacaze , 1996**), c'est ainsi que nos résultats coïncident avec les teneurs globalement sous saturées d'oxygène dissous.

Le maximum enregistré se situe, comme le montre l'histogramme (**figure.14**) à l'embouchure d'El oued Mazafran.

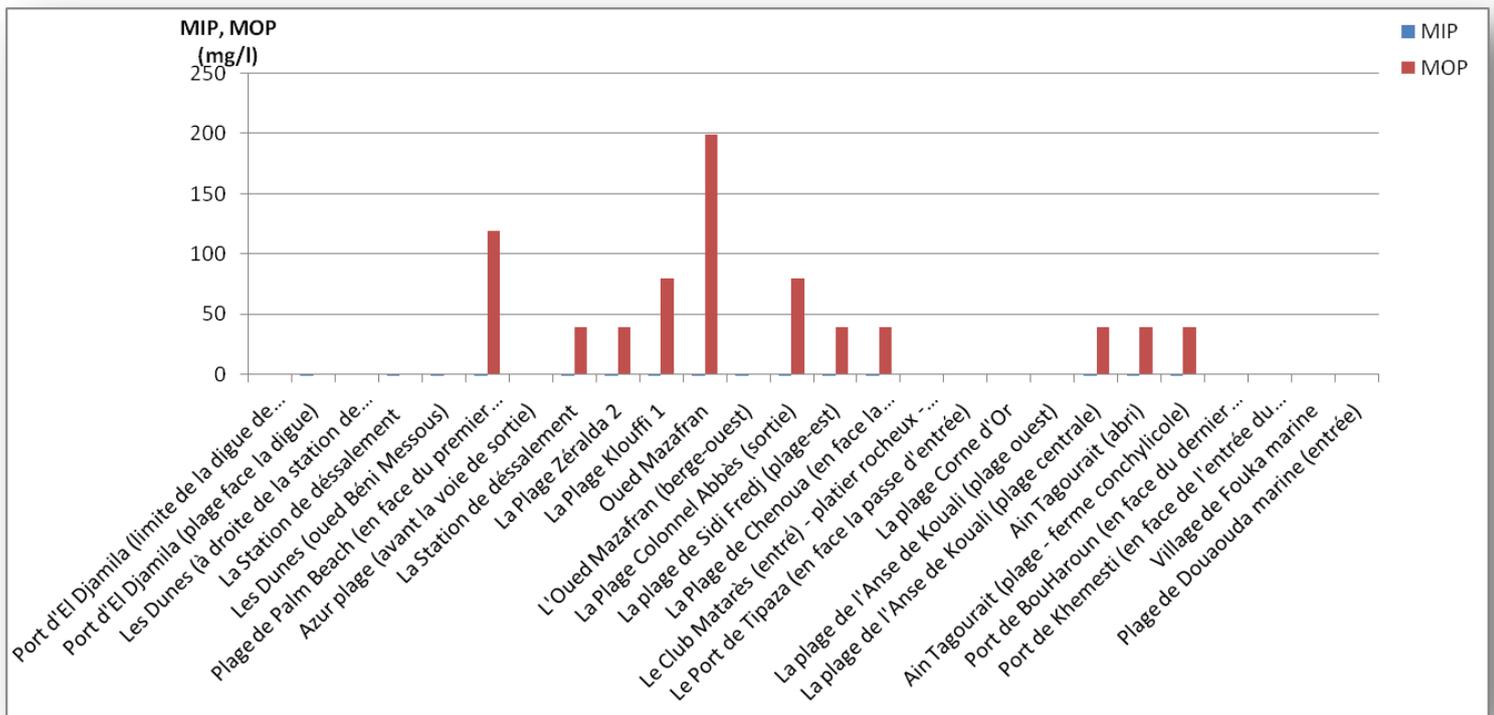


Figure 14. Variation des MIP, MOP sur la zone d'étude

### 4.2.3 La Chlorophylle *a* et phéopigments *a*

Les valeurs de chlorophylle *a* et des phéopigments *a* sont quasiment nulles, comme schématisé sur l'histogramme précédent (**figure.15**), car les prélèvements effectués sont effectués en début Mars, où l'activité chlorophyllienne n'a pas débuté.

En effet, la production du phytoplancton est limitée par les basses températures ; les faibles conditions d'éclairement, et la forte agitation des eaux, en raison des vents hivernaux du nord –ouest dominants. Ce qui expliquerait d'autre part l'accumulation des nutriments dans l'eau du fait des apports estuariens, alors que la minéralisation du matériel biologique se poursuit en mer (**Lacaze , 1996**).

Seules les stations d'Ain-Tagouraït et La plage de Douaouda présentent un développement algal mais de très faible importance, 0,0210 µg/l et 0,0155µg/l respectivement.

Il faut prendre note que les teneurs extrêmement élevées en silicates (et MES dans certaines stations) peuvent inhiber l'activité chlorophyllienne en créant de faibles conditions d'éclairement par remise en suspension des sédiments du fond.

Les phéopigments sont également pratiquement inexistant le long de la zone d'étude, sauf au niveau de la station de dessalement, du port de Bouharoun, et Plage de Douaouda marine avec 0,0104 µg/l, 0,0160 µg/l , et 0,0057 µg/l respectivement, ceci étant dû soit à la remise en suspension des phytoplanctons sédimentés, soit estuariens.

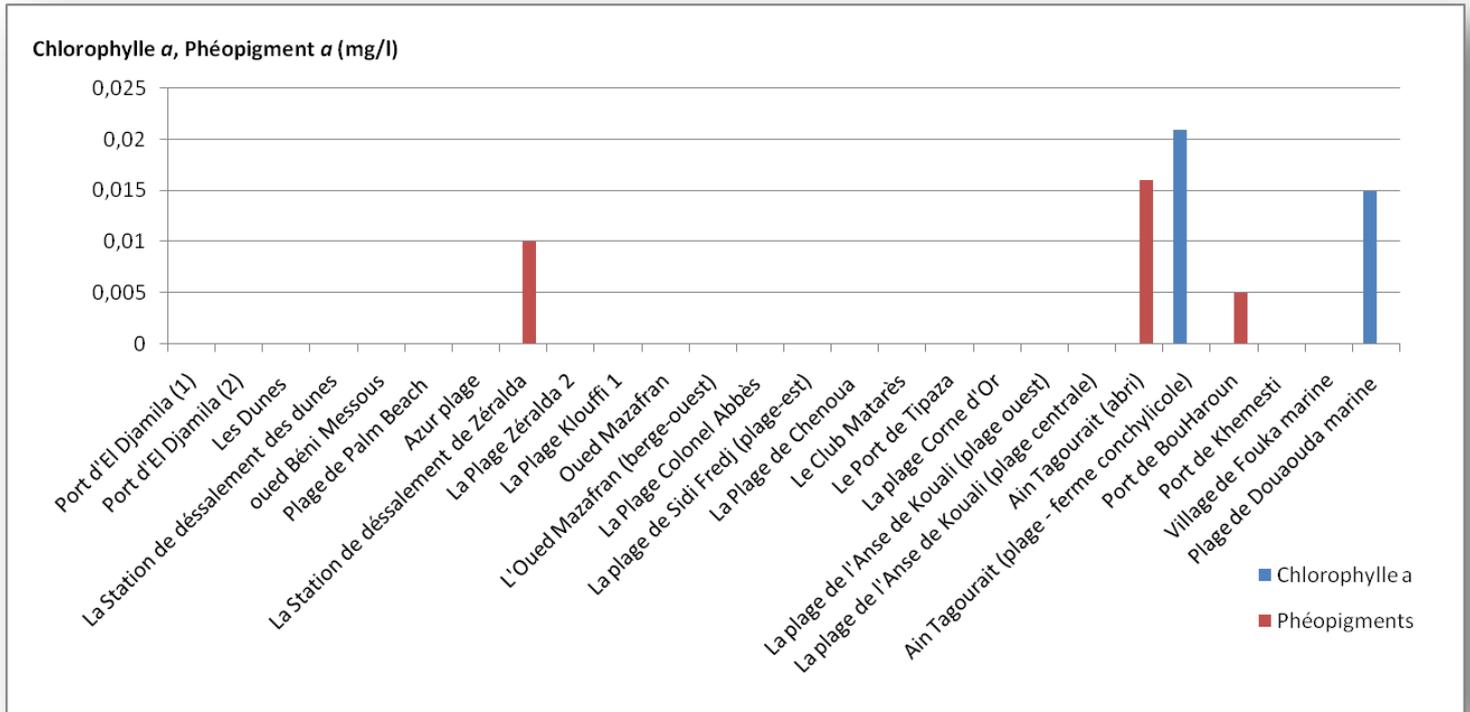


Figure 15. Variation de la chlorophylle, phéopigments a sur la zone d'étude

### 4.3 Variation des sels nutritifs

#### 4.3.1 L'Azote Ammoniacal

L'ammonium présente de larges variations le long de la zone d'étude, et peut aussi bien avoir des valeurs quasi-nulles, que très élevées.

A cet effet, on observe :

- I. Des concentrations (en mg/l) comprises entre [0, 20] pour les stations 45, 52, 47, 42, 33, 46, 42, 40
- II. Des concentrations (en mg/l) comprises entre [20,100] pour les stations 27, 28, 29, 30, 31, 34, 35, 36, 39, 41, 44, 48, 49, 51
- III. Des concentrations (en mg/l) comprises entre [100, 400] pour les stations 32, 38, 37, 50, 43

Le cas I. concerne majoritairement des plages. On remarque tout d'abord la valeur la plus faible, voire nulle à la station de l'Anse de Kouali, qui, comme expliqué précédemment, est un site protégé.

Concernant le reste des stations, et malgré la présence d'effluents d'eaux usées dans trois des stations (52, 33, 42), les teneurs en ammonium restent plus ou moins faibles comparé au reste des stations. Ceci peut s'expliquer par un bon brassage de l'eau, en dehors des saisons estivales, l'instabilité de la forme réduite  $\text{NH}_4^+$  et la présence de bactéries autotrophes qui captent et utilisent l'énergie lumineuse pour réduire les formes inorganiques de l'azote (telle que l'ammonium) et réaliser la synthèse des composés organiques (**Copin-Montégut, 1996**).

Le cas II. Concerne aussi bien des plages que des zones portuaires. Les teneurs globales sont très élevées. Ainsi on observe une forte concentration à la Plage de Klouffi (93,96mg/l). Les zones portuaires sont caractérisées par une mauvaise aération, ce qui favorise l'équilibre de nitrification-dénitrification dans le sens de la stabilisation de l'espèce ammoniacale.

Le cas III. est un cas extrême. Il concerne les stations 32, 38, 37, 50, 43, avec des teneurs très élevées comprises entre 100 et 400 mg/l, avec un pic observé au niveau d'el oued-Mazafran, dont la concentration s'élève à 409,32mg/l.

Ces valeurs sont anormales lorsque l'on sait que la Méditerranée est une mer oligotrophe, c'est-à-dire présentant un déficit de nutriments. Par contre, le fait que l'on soit en dehors de la saison estivale (activité phytoplanctonique quasi-nulle) expliquerait ces teneurs élevées : l'ammonium n'est pas absorbé par le phytoplancton, donc non utilisé, et oxydé en nitrites (**Bougis, 1974**).

Globalement, nous n'observons pas l'assimilation préférentielle de l'azote ammoniacal par les phytoplanctons lors de bloom printanier (**Faury et Razet, 1999**).

L'ammonium est issu de la minéralisation de la matière organique dans les sédiments, des apports terrigènes, et des échanges à l'interface eau-sédiment. Mais ces teneurs ne devraient théoriquement pas dépasser  $1\mu\text{mol/kg}$  (**Oceanis, 2000**).

Dans le cas présent, nous sommes en situation de flux de matière organique supérieur aux potentialités de dégradation aérobie lorsque l'on est dans une colonne d'eau à faible profondeur, d'autant que les teneurs en oxygènes sont relativement basses ( $>10\text{mg/l}$ ). Une forte charge en matière organique favorise un processus d'ammonification (**Oceanis, 2000**).

L'ammonium voit une origine notamment agricole, et domestique. Précisément, notre zone d'étude est sous la pression d'effluents urbains, et de rejets d'eaux usées sans traitement préalable.

Il a été démontré que les nutriments n'étaient pas directement toxiques pour les espèces qui y vivent, ou pour l'homme, sauf dans le cas de l'ammoniac, (ammonium non ionisé) qui peut intoxiquer les poissons. Mais ce cas n'est présent que dans 2 à 5% des cas, lorsque le pH de l'eau est normal. Il est de ce fait important de noter que les niveaux de  $\text{NH}_3$  considérés comme toxiques peuvent être atteints dans notre cas, car nous avons un cumul important de rejets contenant de l'azote ammoniacal (rejets urbains), qui, si accompagné de poussées phytoplanctoniques intense (ayant pour effet secondaire un accroissement du pH), augmenterait la fraction non ionisée de l'azote ammoniacal (**Aminot et Kérrouel, 2004**).

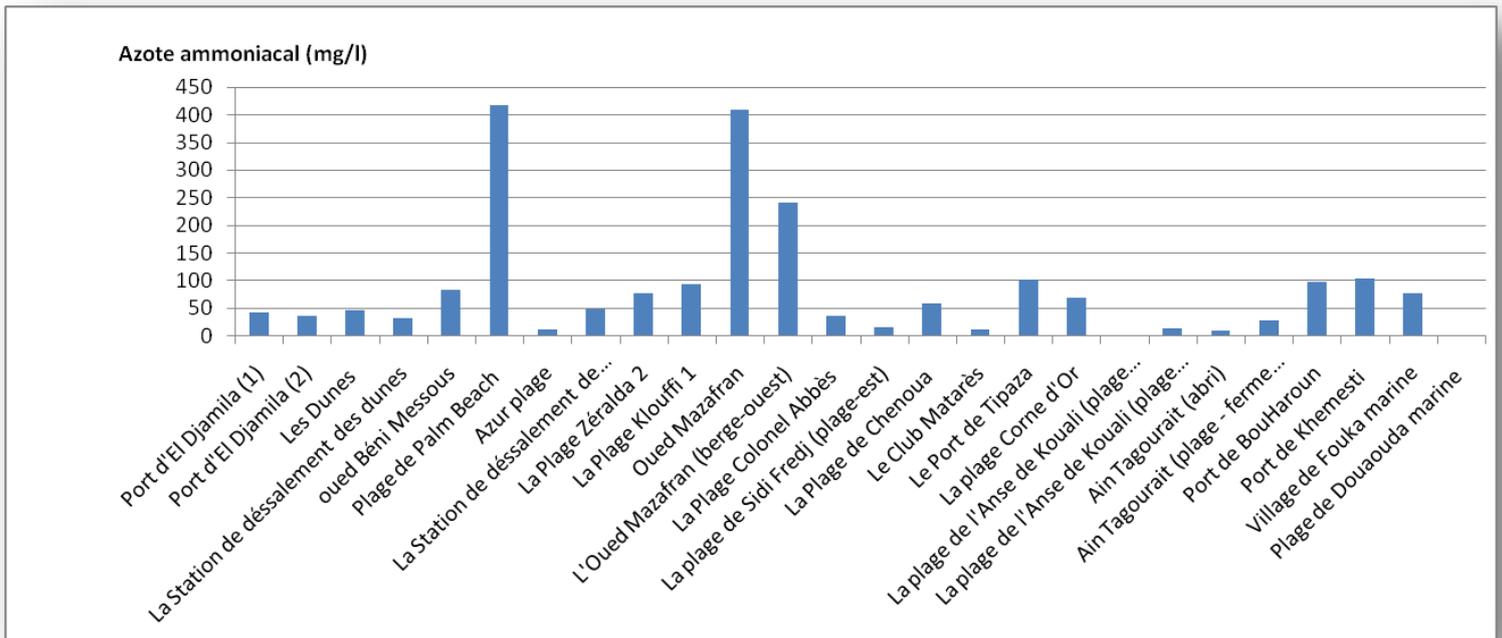


Figure 16. Variation de l'azote ammoniacal sur la zone d'étude

### 4.3.2 Les Nitrites

Les teneurs en nitrites observées sont inférieures à celles de l'ammonium. On observe en effet un maximum au niveau de la station 37 (Oued Mazafran) de 38,41mg/l, ainsi que des valeurs nulles au niveau des stations 12 (Zéralda), 48 (Ain-Tagourait), et 51 (Fouka).

Il n'est pas surprenant de trouver les faibles valeurs citées précédemment, puisque les teneurs en ammonium sont élevées et que la vitesse de réaction est lente ( $\text{NO}_2^-$  forme intermédiaire très instable, dans le processus de nitrification) d'une part, et d'autre part, car les ions nitrites sont minoritaires par rapport aux nitrates (**Copin-Montégut, 1996**).

Les nitrites peuvent être également issus de l'excrétion zooplanctonique.

Il faut toutefois noter que les nitrites à forte concentrations altèrent le système respiratoire des poissons, d'où leur qualification d'élément nocif et mortel.

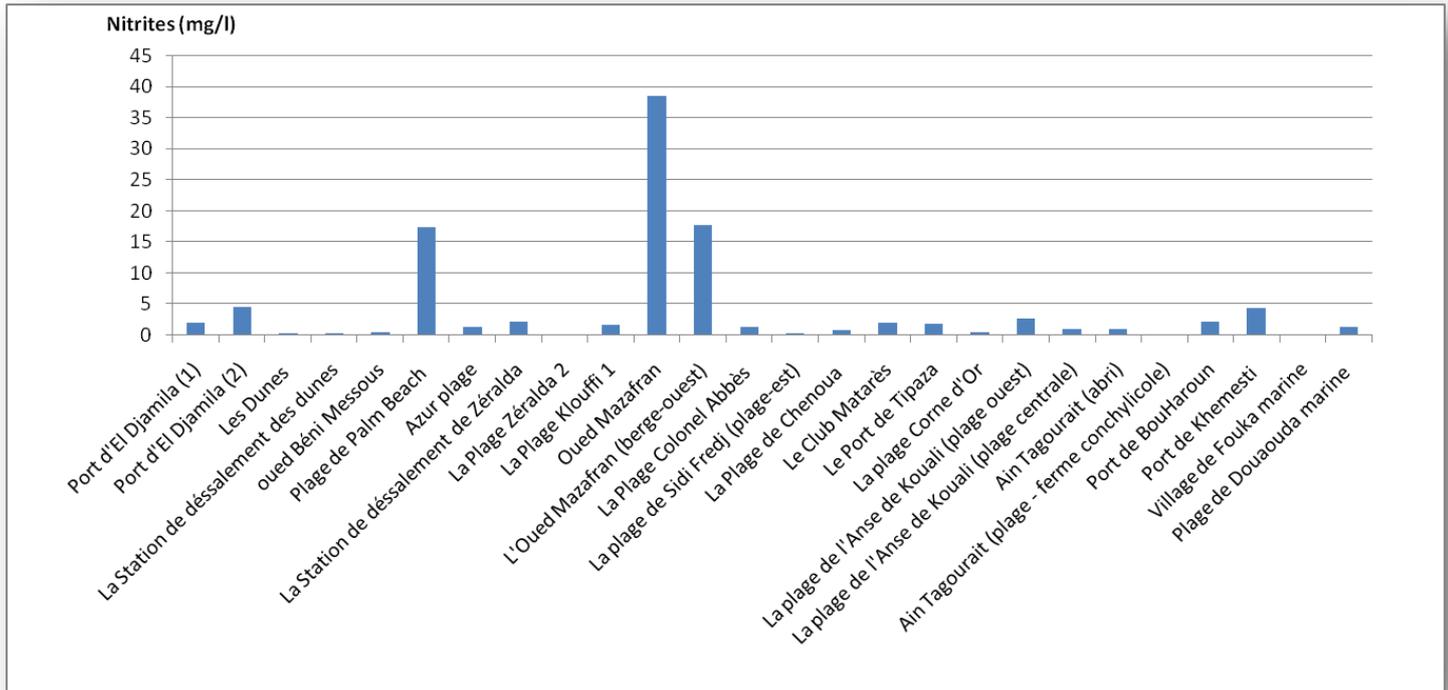


Figure 17. Variation des nitrites sur la zone d'étude

### 4.3.3 Les Nitrates

Les valeurs des nitrates observées sont comprises entre un minimum de 0 mg/l aux stations 35 (Zéralda), 42 (Club Matarès), 44 (Corne d'Or, Tipasa), 45 (Anse de Kouali) et 51 (Fouka), et un maximum de 165,79 mg/l à la station 34 (Station de dessalement de Zéralda).

Ces valeurs ne sont pas surprenantes, puisque nous avons auparavant observé des teneurs élevées d'ammonium, et qu'en dehors de la saison estivale, c'est plutôt l'azote minéral et les nitrates qui sont abondants (**Bougis, 1974**).

Les nitrates ont donc deux origines principales :

- Externes : Apports allochtones d'origine terrigène et échanges à l'interface eau sédiment
- Internes : Oxydation de l'ammonium, générant ainsi une source de nitrates non négligeable

(**Oceanis, 2000**)

La couche superficielle des mers est en général appauvrie en nitrates, les teneurs pouvant être inférieur à 1µmol/kg, mais elle peut dans certains cas varier très largement puisque c'est une substance nutritive (**Copin-Montégut, 1996**).

La valeur qui, dans notre cas, semble s'éloigner de l'ordre de grandeur globale (165,79 mg/l), s'explique par la décomposition de débris organiques, qui est un phénomène important aux niveaux des eaux côtières.

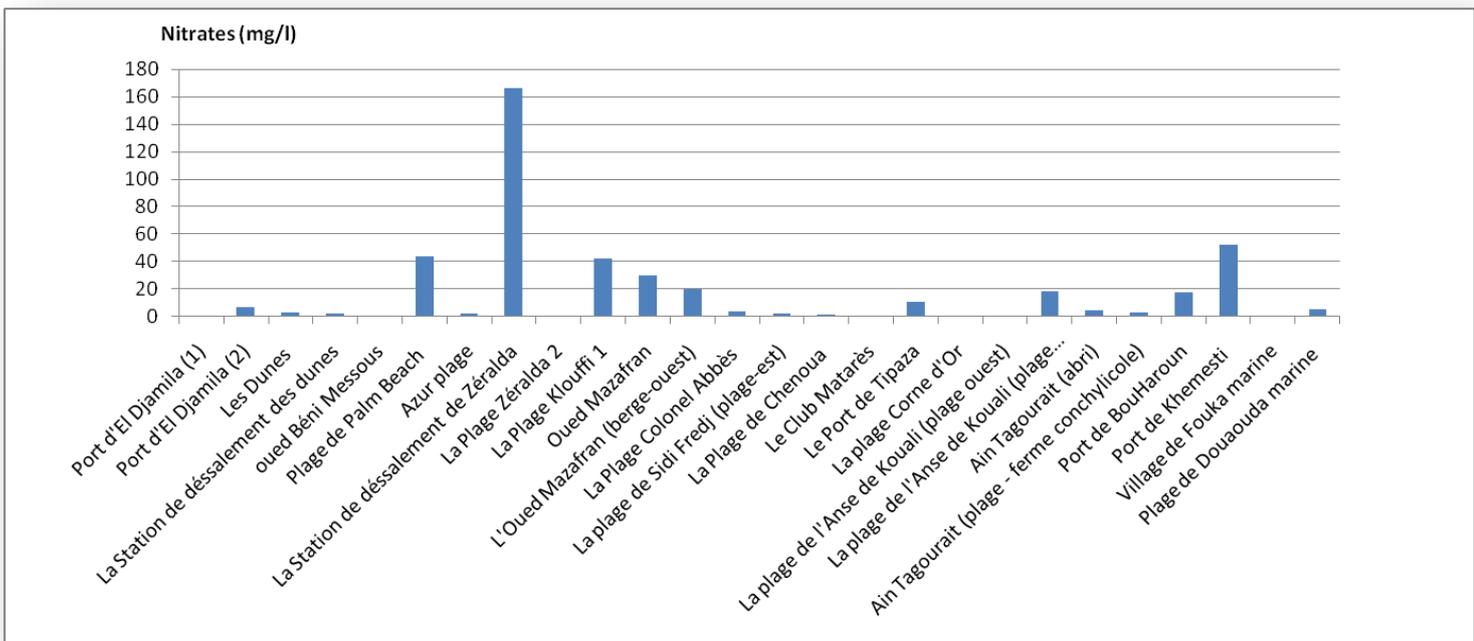


Figure 18. Variation des nitrates sur la zone d'étude

#### 4.3.4 Les Ortho- Phosphates

On observe que les teneurs de phosphates le long de notre zone d'étude présentent de larges variations.

Ainsi, nous avons divisé nos stations selon les intervalles suivants :

- I. Des concentrations (en mg/l) comprises entre [0, 25] pour les stations 47, 52, 33, 50, 48, 35, 40,44, avec un minimum de 0mg/l au niveau de l'abri de Ain-Tagourait
- II. Des concentrations (en mg/l) comprises entre [25,150] pour les stations 27, 28, 29, 30, 31, 34, 36, 38, 39, 41, 42,43, 45, 46, 48, 49, 51

- III. Des concentrations (en mg/l) comprises entre [150, 450] pour les stations 32, 37 avec un pic maximal de 403,75mg/l au niveau d'el-oued Mazafran.

Le cas I. concerne majoritairement des plages. On explique la valeur minimale trouvée par l'absence de rejets d'origine anthropique à cette région là.

Le cas II. Concerne aussi bien des plages que des zones portuaires. Les teneurs globales sont très élevées. Ainsi on observe une forte concentration au niveau de la berge ouest de l'oued-Mazafran, due à la composition élevée en phosphores des rejets provenant de l'oued lui même.

Globalement, la zone ouest d'étude subit aussi bien des pressions d'origine domestique (Dans les eaux usées, la part des rejets humains ne représente que 30 à 50% du phosphate total (entre 5 et 20mg/l) le reste provenant des produits de nettoyage (**Rodier, 1996**), qu'agricole. Ainsi, le phosphore provient soit de ces rejets ci (80% échappent au traitement des stations d'épuration classiques et se retrouvent dans les rejets (**Rodier, 1996**)), soit de leur abondance dans leurs sédiments marins, à partir desquels il est relargué dans l'eau sus-jacente au fur et à mesure de sa consommation. Ce qui expliquerait aussi les zones portuaires touchées par ces teneurs (forte sédimentation impliquant ainsi une forte charge phosphorique).

Evidemment, les valeurs du cas II. sont anormales, lorsque l'on sait que la Méditerranée est un milieu oligotrophe (**Oceanis, 2000**). Mais le fait qu'il n'y ait pas d'activité phytoplanctonique (qui impliquerait une consommation du phosphore), au cours de la période d'étude, pourrait expliquer son accumulation.

L'existence de teneurs élevées en phosphate dans le milieu marin provoque des perturbations : il peut limiter directement la croissance du phytoplancton (**Oceanis, 2000**).

Le cas III. est un cas extrême. Il concerne les stations 32 et 37 avec des teneurs très élevées comprises entre 150 et 450 mg/l, avec un pic observé au niveau de l'oued-Mazafran, dont la concentration s'élève à 403,75mg/l.

Globalement, d'après (**Faury et al., 1999**), les eaux côtières sont généralement peu chargées en phosphore minéral dissous, de 0 à 1  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ . Les apports sont essentiellement d'origine agricole, urbaine ou industrielle. Les phosphates dissous ont la faculté de s'absorber sur les particules en suspension.

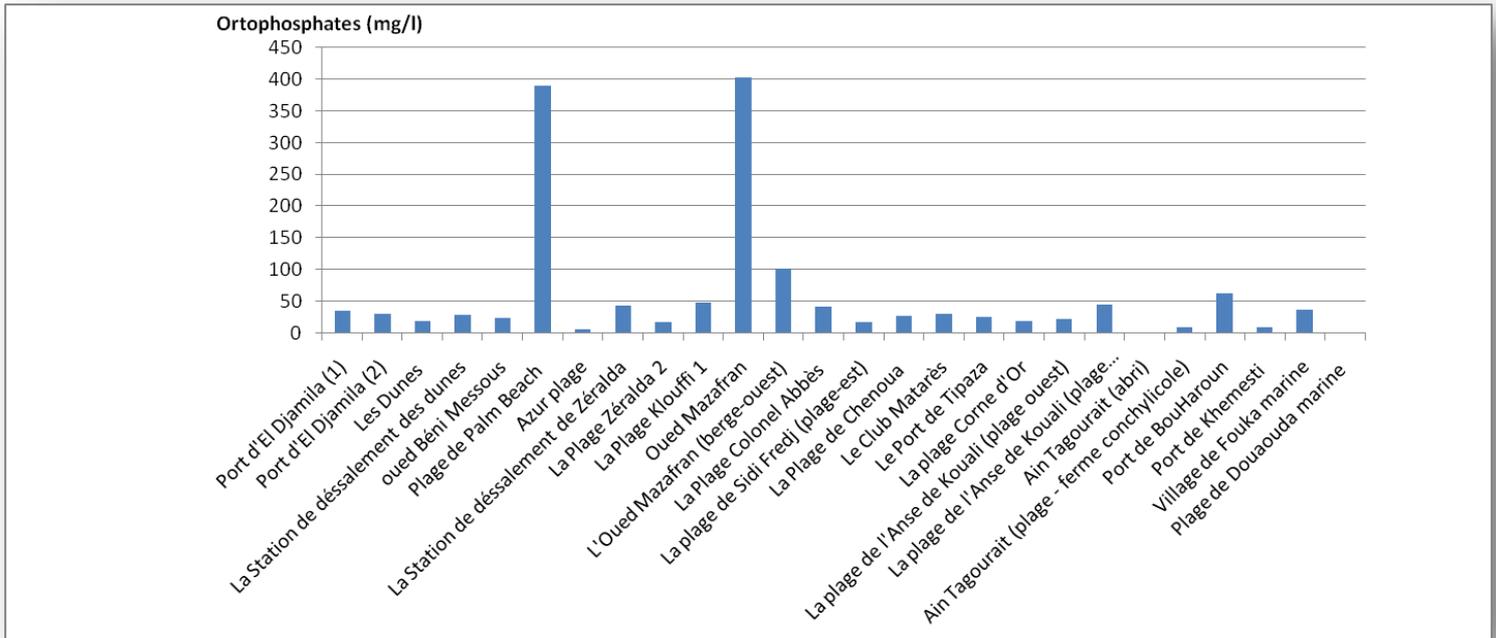


Figure 19. Variation des orthophosphates sur la zone d'étude

#### 4.3.5 Les Silicates

Les teneurs en silicate sont particulièrement élevées sur notre zone d'étude.

En effet, on observe un maximum de  $5223,76 \text{ mg.L}^{-1}$  au niveau de la station de dessalement, et un minimum de  $101,2 \text{ mg.L}^{-1}$  au niveau de l'anse de Kouali-ouest.

En considérant que les prélèvements ont été effectués au niveau du rivage, donc au point d'intrusion de tous les rejets anthropiques, ces teneurs sont explicables :

- Le pH est inférieur à 8,5 dans notre zone d'étude, ce qui implique l'existence de silice dissous non dissocié (**Copin-Montégut, 1996**)
- Les diatomées et composés silico-flagellés se décomposent, libérant ainsi une quantité de silice, qui rentrent dans la composition de leur carapace
- La dégradation du silicium organique particulaire
- Les fortes décharges anthropiques, ainsi que les particules terrigènes charriées par les oueds

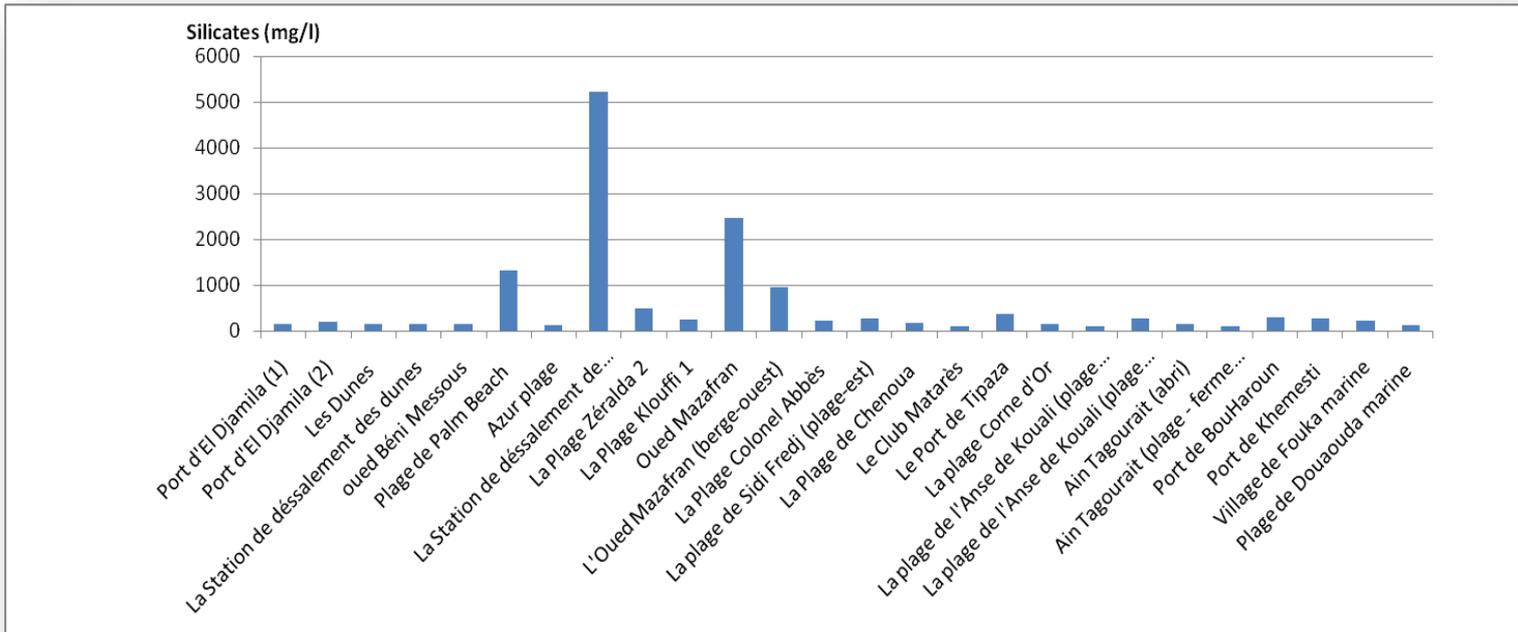


Figure 20. Variation des silicates sur la zone d'étude

## Conclusion

Il est impossible d'interpréter le degré de danger de chaque élément nutritif, ceux-ci étant très étroitement liés. Ainsi, une analyse de l'ensemble est nécessaire.

D'après les résultats discutés précédemment, on constate que notre zone d'étude est donc, un réceptacle final à des rejets anthropiques riches en éléments nutritifs.

Ces derniers, non nocifs directement pour le milieu marin, constituent par contre un danger indirect, en entraînant un phénomène *d'eutrophisation des eaux*.

D'après (**Barnabet et Barnabet-Quet, 1997**) le phénomène d'eutrophisation est défini comme étant une pullulation d'algues vertes (*Ulva*, *Enteromorpha*) ou de phytoplancton (bloom), et un enrichissement excessif des eaux côtières : il s'est répandu depuis les années 50 et est lié à l'emploi généralisé des engrais en agriculture et à l'augmentation des populations urbaines littorales. Il est considéré que l'eutrophisation survient lorsque la production dépasse  $300 \text{ g C/m}^2/\text{an}$ .

L'agriculture apporte des nitrates issus du lessivage des engrais chimiques ou des lisiers. Les rejets urbains apportent des phosphates (lessives, excréments, déchets industriels) et de l'azote ammoniacal.

Ce phénomène a pour conséquence la dégradation de la qualité des eaux, dont le goût s'altère, et devenant nauséabondes, s'appauvrissant en oxygène, et perdant de leur transparence, de porter préjudice à la pêche, de tuer parfois les poissons, d'obstruer les voies d'eau et d'intoxiquer les animaux et les personnes.

Par exemple, les phosphates déversés en mer, de par leur teneur importante en sels ammoniacaux peuvent constituer un nutriment qui favorise le phénomène (**Khodjet el khil, 2003**).

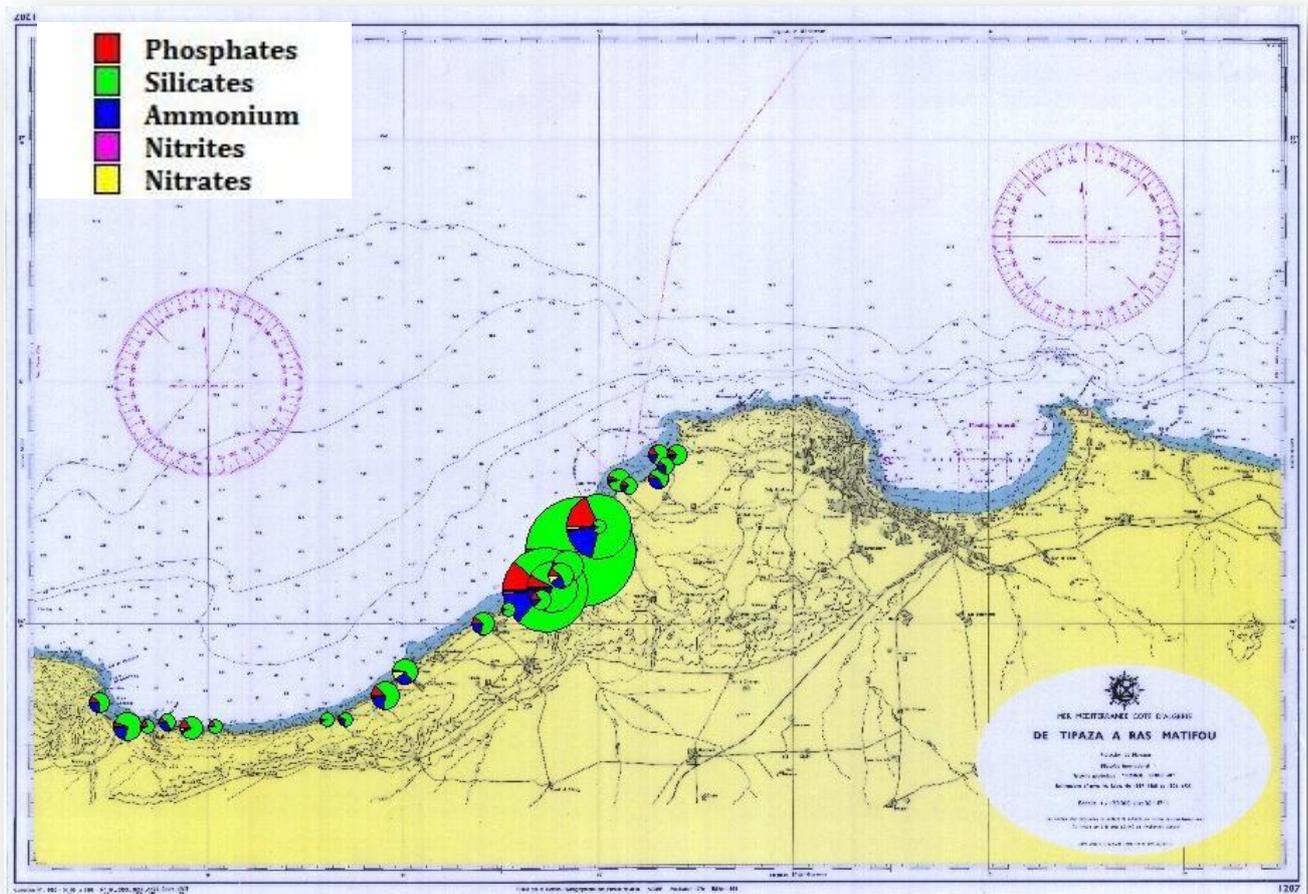


Figure 21. Variation des sels nutritifs sur la zone d'étude

## 4.4 Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'analyse permet de mettre en relation l'ensemble des observations des variables étudiées, ainsi elle favorise une synthèse descriptive et explicative des relations entre les divers paramètres.

La matrice utilisée pour l'analyse en composantes principales par le logiciel de statistique SPSS® V 10.0 pour Windows® se compose de 14 variables, représentant les paramètres étudiés (Température, pH, oxygène dissous, salinité, phéopigments, chlorophylle, ammonium, nitrites, nitrates, silicates et orthophosphates) sur les 27 stations.

La projection des paramètres sur le plan 1-2 (**figure. 22**) cumule 62,93% de variances. On distingue l'effet **GUTMAN** dans le graphique ayant la forme d'un fer à cheval. Il indique un lien statistique entre les différentes variables étudiées.

De ce fait, on remarque :

- Une agglutination des variables MES, NH<sub>4</sub>, MOP, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et PO<sub>4</sub><sup>-</sup> :

Ce qui nous permet de déduire une corrélation entre ces variables.

- Une opposition entre ces variables (MES, NH<sub>4</sub>, MOP, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) et les paramètres physico-chimiques de température (T) et d'oxygène dissous (Od)
- Une distinction claire de deux groupes de sels nutritifs, ce qui nous permet de déduire que l'un (MES, NH<sub>4</sub>, MOP, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) ont une l'origine continentale, puisque ont attribue les variations du milieu côtier aux pressions exercées par l'homme sur le littoral avec un taux de 50% de la population dans le monde qui vit sur le littoral (**Lacaze,1996**), et que l'autre (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Si(OH)<sub>4</sub>, et phéo) sont d'origine marine.

Un rapport inversement proportionnel entre ces variables est également à noter, permettant de confirmer la sous-saturation générale observée en oxygène sur la zone d'étude, du fait des teneurs élevées en MES, NH<sub>4</sub>, MOP, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et PO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

- Une opposition entre l'oxygène dissous, la salinité, la température et chlorophylle (chloro) et phéopigments (phéo) :

En effet l'existence de phéopigments est directement liée à l'activité biologique, elle-même dépendante des paramètres d'oxygène, et surtout de température, celle-ci étant encore trop basse et donc inhibitrice d'une quelconque activité chlorophyllienne

- Une opposition entre le pH et la chlorophylle : qui se traduirait par une relation inversement proportionnelle, en effet, plus la température augmente, plus il y'a acidification, et donc dégradation de la chlorophylle.

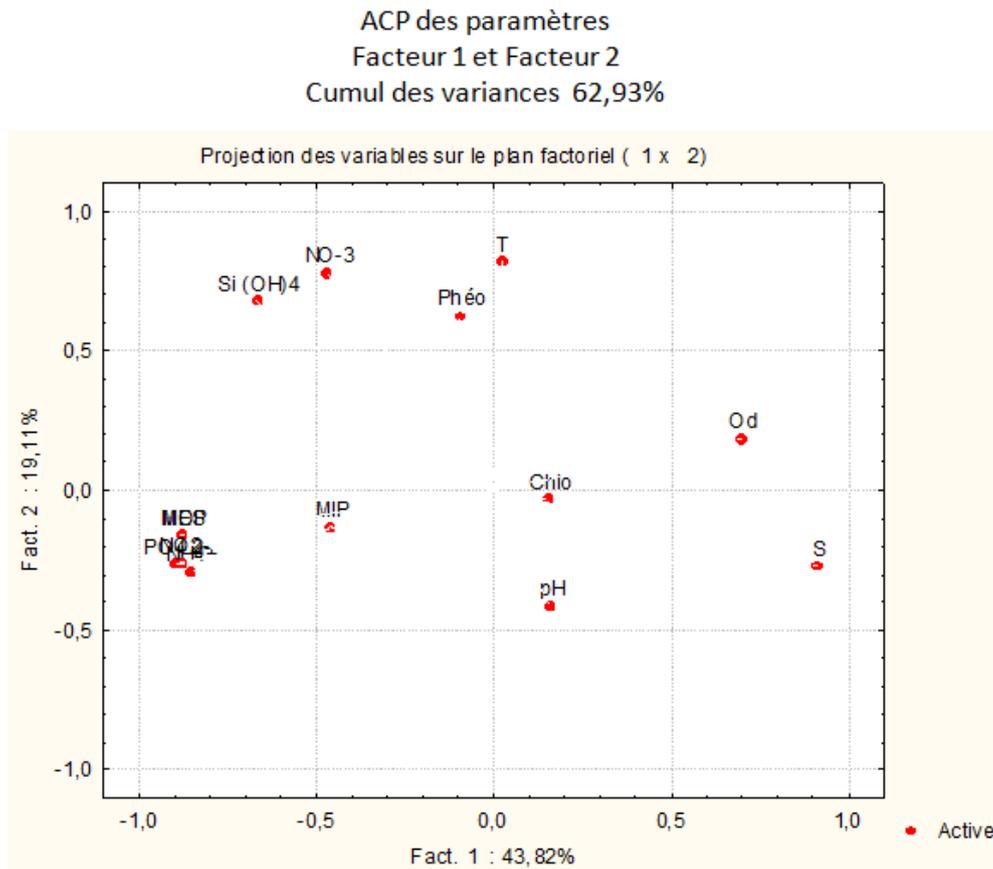


Figure 22. Analyse ACP des variables, projection des variables sur le plan factoriel 1-2

L'ACP précédente nous a non seulement permis de confirmer les valeurs interprétées précédemment, mais en plus d'expliquer les relations et corrélations qui existent entre elles.

Ainsi, pratiquement, dans notre cas, on peut déduire une certaine opposition entre les apports d'eau douce d'origine anthropiques et les eaux plus salines d'eau de mer, notamment lorsque l'on observe l'opposition globale entre le paramètre de salinité (S) et le reste des individus (MES, NH<sub>4</sub>, MOP, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).

Nous sommes donc dans la mesure de conclure avec certitude que l'origine de ces individus polluants provient des rejets continentaux découlant des activités humaines, notamment industrielles et domestiques.

---

---

## Conclusion générale

Les résultats observés dans le présent travail, « contrôle de la qualité des eaux sur le littoral ouest algérois », nous a permis de constater un état général d'insalubrité au niveau de la zone d'étude, excepté les anses de Kouali, qui constituent désormais une zone de référence en terme de salubrité. Nous avons en effet observé des apports globalement élevés en matière solide, mais surtout en sels nutritifs – le milieu marin méditerranéen habituellement oligotrophe-favorisant ainsi un déséquilibre des écosystèmes, et ce *via* le phénomène d'*eutrophisation des eaux*.

Grâce à l'analyse en composante principale, nous avons pu affirmer avec certitude que ces importantes charges polluantes voient leur origine des trois oueds de la baie de Bou-Ismaïl (Mazafran, Béni-Messous, et Nador) mais aussi des divers émissaires, contenant des rejets urbains, domestiques et industriels. La principale cause de cette situation est l'urbanisation et l'industrialisation à l'extrême du littoral algérien (80% de la population est concentrée au niveau du littoral), à la pêche, au tourisme, à l'utilisation de l'eau de mer à des fins industrielles..., et ce, pour des raisons économiques, politiques mais aussi sociales.

Ce document représente une base de données précieuse pour toute opération de surveillance à long terme, dans le sens où on y trouve non seulement des résultats expérimentaux, mais aussi des protocoles opérationnels. La surveillance marine permet le suivi des niveaux de pollution et leur évolution, (ce qui permet par la suite de poser un diagnostic sur la situation, et donc d'assurer une meilleure intervention), de fournir des éléments essentiels d'appréciation de la qualité du milieu marin littoral, qui couvrent différents domaines, tels la connaissance des préjudices portés aux ressources vivantes et à la biodiversité marine, l'évaluation des risques potentiels pour la santé humaine. Toutes ces appréciations ont vocation à devenir des instruments clé de décision, de suivi et de planification des politiques de protection du milieu marin littoral.

Au vu de la situation actuelle du littoral, alarmante et gravement menacée, il est absolument impératif et urgent d'établir un plan d'action à long terme, afin d'y remédier au plus vite. A ce titre, il est prioritaire d'instaurer un réseau de surveillance tout le long du littoral, afin de diagnostiquer en premier lieu la situation générale, et par la suite de prendre des mesures adéquates. Cette action nécessite une série de préalables :

- L'implication des différents acteurs majeurs dans toute leur diversité, (institutionnels, universitaires, média, société civile);
- Une source de financement à long terme afin d'assurer la pérennité de ces réseaux;

- L'implication des universitaires, et ce *via* la formation d'agents opérationnels appelés à concrétiser ces réseaux sur le terrain.

Evidemment, d'autres recommandations de bases sont à appliquer au plus vite :

- Maîtriser les pressions croissantes sur le littoral (à cause du peuplement démographique inégalement réparti sur le territoire national) ;
- Interdire les rejets non traités au préalable, d'origine urbaine et industrielle ;
- Renforcer les opérations et structures pré-rejets, tels que les stations d'épuration ;
- Etablir une législation nationale, par laquelle des normes de concentrations bien précises serviraient de repère ;
- veiller à la mise en œuvre de la politique nationale de la protection et de la mise valeur du littoral en général et de la zone côtière en particulier, en renforçant les structures prévues à cet effet, telles le CLN (Commissariat National du Littoral)

et enfin,

- Consacrer un volet très important pour la sensibilisation et « l'éducation »



## Bibliographie

- Aminot, A., & Chaussepied, M. (1983). *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. Brest: Centre National pour l'Exploitation des Océans.
- Aminot, A., & Kérouel, R. (2004). *Hydrologie des écosystèmes marins, Paramètres et analyses*. Ifremer.
- APPL. (2008). *www.appl.dz*. Récupéré sur Agence pour la Promotion et la Protection du Littoral Algérois.
- Barnabet, G., & Barnabet-Quet, R. (1997). *Ecologie et aménagement des eaux côtières*. Paris: Tec&Doc.
- Bianchi, M., Marthy, D., & Bertrand, J. (1989). *Les micros organismes dans l'écosystème océanique*. Paris: Masson.
- Boeglin, J.-C. (2000). *Analyse des eaux naturelles. Critères d'évaluation de la qualité de l'eau*. Récupéré sur Techniques de l'ingénieur: [www.techniques-ingenieur.fr](http://www.techniques-ingenieur.fr)
- Bougis, P. (1974). *Ecologie du Plancton marin*. Paris: MASSON ET Cie, Editeurs.
- Copin-Montégut, G. (1996). *Chimie de l'eau de mer*. Paris: INSTITUT OCEANOGRAPHIQUE.
- Danoun, R. (2007). *Potential impacts of brine discharge on marine life*. Récupéré sur University of Sydney: <http://ses.library.usyd.edu.au/bitstream/2123/1897/1/Desalination%20Plants.pdf>
- Doual, F., Gasmi, M., & Zerrouki, K. (2006). Mémoire sur le protocole de mise en place de réseaux de surveillance environnementaux dans la zone côtière de la wilaya d'Alger. Alger: ISMAL.
- Duby, C., & Robin, S. (2006). *Analyse en Composantes Principales - Institut National Agronomique Paris*. Récupéré sur A.C.P: [www.institutnationalagronomiqueparis.fr](http://www.institutnationalagronomiqueparis.fr)
- Faury, N., Razet, D., Soletchnik, P., Gouletquer, P., Tiskol, J., & Garnier, J. (1999). *Hydrologie du bassin de Marennes-Oléron. Analyse de la base de données « RAZLEC » 1977-1995*. Récupéré sur Ifremer: [www.ifremer.fr](http://www.ifremer.fr)
- Gaujous, D. (1995). *La pollution des milieux aquatiques*. Paris: TEC & DOC.
- Grimes, S. (2004). *Biodiversité Marine et Littorale Algérienne*. Alger: El-Djazair.
- IFREMER. (2007). *Glossaire-Ifremer*. Consulté le 2009, sur Ifremer: <http://wwz.ifremer.fr/envlit/infos/glossaire>
- Ifremer. (2009). *Ifremer*. Récupéré sur Ifremer: <http://wwz.ifremer.fr/envlit/infos/glossaire/s/salinite>
- IFREMER. (2008). *Salinité*. Consulté le 2009, sur Ifremer: <http://wwz.ifremer.fr/envlit/infos/glossaire>
- Joanny, M. (1997). *Surveillance de l'environnement littoral et côtier*. EDITIONS IFREMER.
- Khodjet el khil, L. (2003). *La pollution de la mer méditerranée du fait du transport maritime de marchandise*. Aix-Marseille: Presses universitaires d'Aix-Marseille.

- Lacaze, J.-C. (1993). *La dégradation de l'environnement côtier- conséquences écologiques*. Paris: MASSON.
- Lacaze, J.-C. (1996). *L'eutrophisation des eaux marines et continentales*. Paris: ellipses.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Environnement et du Tourisme. (2009). *Le cadre législatif et institutionnel*. Récupéré sur Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme: [www.matet.dz](http://www.matet.dz)
- Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement. (2005). *Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement 2005*. Alger.
- Miri, R., & Chouikhi, A. (2005). *Ecotoxicological marine impacts from seawater*. Récupéré sur ELSEVIER: <http://www.sciencedirect.com>
- Morel, M. (1999). *Surveillance de la qualité de l'environnement littoral*. Paris: IFREMER.
- Noutary, E. (2003). *Méditerranée : la mer en salle d'attente*. Récupéré sur Bimestriel économique Region PACA à diffusion européenne: [www.ildhoi.org](http://www.ildhoi.org)
- Oceanis. (2000). *La biogéochimie marine - vol.26-4*. Institut océanographique.
- Parc naturel régional de la forêt d'orient. (2008). *Comprendre les paramètres physico-chimiques*. Récupéré sur Comprendre les paramètres physico-chimiques: [www.pnr-foret-orient.fr](http://www.pnr-foret-orient.fr)
- Perkins, E. (1974). *The biological effects of waste disposal*. Londres: Academic Press - AP.
- Programme des nations-unis. (2006). *Programme des nations unis environnement*. Récupéré sur UNEP: <http://www.unep.org/>
- Rodier et coll., J. (2005). *L'analyse de l'eau : Eaux naurelles, Eaux résiduaires, Eau de mer*. Paris: DUNOD.
- Rodier, J. (1996). *L'analyse de l'eau - eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. Paris: DUNOD.
- Rouibah, B. M. (2005). *ETUDE DE LA POLLUTION DU LITTORAL ALGEROIS ET DU LAC DE REGHAIA*. Alger: ISMAL.
- Santini, B. (2008). *Les reseaux*. Récupéré sur <http://www.com.univ-mrs.fr/~letourneur/DocMaster/Les%20Reseaux.pdf>.
- Yann Arthus Bertrand- Goodplanet Association. (2008). *Pollution marine*. Récupéré sur Goodplanet: <http://www.goodplanet.info>
- Yoshida, M., Moali, M., Houas, O., & Lakhdari, M. (2007). Compte rendu des Ateliers et Séminaire conjoints Algérie Japon sur les normes de qualité et les efforts de protection de l'environnement 2007. *Concentration de l'élément potentiellement toxique dans les sédiments dans la baie d'Alger*. Alger: MATET ONEDD JICA.



# Annexe : Dosages

## Les silicates

- **Les réactifs de dosage :**

- **Acide sulfurique à 4,5 mol.L-1**

- Ajouter 250ml d'acide sulfurique (1,84 kg/l ; 98,2 g/mol ; 18mol.L-1 ) dans 750 ml d'eau distillée.

*(Cette solution se conserve indéfiniment en flacon en plastique).*

- **Réactif 1 : solution acide de molybdate**

- Dissoudre 60 g de molybdate d'ammonium pour analyse dans 400 ml d'eau distillée.
    - Ajouter lentement la totalité de la solution de molybdate à 200 ml d'acide sulfurique 4,5 mol/l (On ne dilue pas l'acide dans la solution de molybdate, cette solution est stable pendant plusieurs mois à température ambiante dans un flacon de plastique et à l'abri de la lumière).

- **Réactif 2 : solution d'acide oxalique**

- Dissoudre 10 g d'acide oxalique dans 100 ml d'eau distillée.

Cette solution est stable indéfiniment à température ambiante et se conserve dans un flacon en plastique.

- **Réactif 3 : solution d'acide ascorbique**

- Dissoudre 2,8 g d'acide ascorbique dans 100 ml d'eau distillée.

(Cette solution se conserve au réfrigérateur plusieurs semaines)

- **Solution étalon de silicate à 5000  $\mu$ mol.L-1**

- Sécher l'hexafluorosilicate à 105°C pendant 1 heure.
- Dissoudre 0,9403g d'hexafluorosilicate dans un litre d'eau.  
(1 ml contient 5µmol de silicates)

*(Cette solution se conserve plusieurs années à température ambiante et à l'abri de la lumière)*

### **Étalons à base d'hexafluorosilicate de sodium**

- Introduire 1-2-5-10-20-50 ml de la solution étalon dans des fioles en plastique et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée soit une gamme de concentration de 10-20-50-100-200-500 µmole/l.
- Analyser les différentes solutions à 810 nm ainsi que l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.

## **Les nitrites**

### **• Réactifs de dosage**

#### **Réactif 1 : solution de sulfanilamide**

- 100 ml d'acide chlorhydrique concentré dans 500 ml d'eau distillée.
- Dissoudre 10 g de sulfanilamide dans cette solution.
- Compléter à 1 litre avec de l'eau distillée.

*(Cette solution est stable plusieurs mois à l'abri de la lumière).*

#### **Réactif 2 : solution N-Naphtyl éthylène diamine**

- Dissoudre 1 g de dichlorhydrate de N-(1-naphtyl) \_ éthylène diamine dans 1 litre d'eau distillée.

*(Conserver cette solution au froid et à l'abri de la lumière .la renouveler tous les mois ou des qu'il s'y développe une coloration brune).*

#### **Solution étalon primaire de nitrite à 5000 µmol.L-1**

- Sécher à 100 °C pendant 1 heure le nitrite de sodium

- Introduire 0,345 g dans de l'eau distillée.
- Compléter à 1 litre.

(1 ml contient 5  $\mu$ mol de nitrite).

(Conserver à l'abri de la lumière et à température ambiante, cette solution est stable plusieurs mois)

### **Solution étalon secondaire de nitrite**

- Diluer 100 fois la solution étalon primaire pour obtenir la solution secondaire soit 1 ml d'étalon primaire dans 100 ml d'eau distillée.

(1ml contient 0,05  $\mu$ mol de N-NO<sub>2</sub>). Cette solution doit être préparée extemporanément : elle ne se conserve que quelques heures.

### **Etalonnage**

- Introduire dans des fiole jaugées de 500 ml de 1-2-5-10-20-50-100-250 ml la solution secondaire de nitrite et compléter avec de l'eau distillée afin d'obtenir al gamme de concentration de 0,1-0,2-0,5-1-2-5-10-25  $\mu$ mol.L<sup>-1</sup> .
- Analyser à 543nm les différentes solutions, ainsi que l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.

## **Les nitrates**

- **Réactifs de préparation de la colonne :**

### **Cadmium en grain:**

- Utiliser du cadmium en grain de taille d'environ 0.5 a 2mm.

### **Solution d'acide chlorhydrique :**

- Diluer 50 ml d'acide chlorhydrique dans 250 ml d'eau distillée.

### **Solution d'acide nitrique :**

- Diluer 10 ml d'acide nitrique dans 500 ml d'eau distillée.

### **Solution de sulfate de cuivre :**

- Dissoudre 4g de sulfate de cuivre dans 200 ml d'eau distillée.

### **Solution de chlorure d'ammonium :**

- Dissoudre 240 g de chlorure d'ammonium dans de l'eau distillée et compléter à 1 litre.

(Cette solution se conserve indéfiniment à température ambiante).

### **Solution d'hydroxyde de sodium:**

- Dissoudre 17 g de soude dans 1000 ml d'eau distillée.

(Cette solution se conserve indéfiniment en flacon de plastique à température ambiante).

### **Solution tampon ph= 8.5 :**

- Dans 500 ml d'eau distillée, ajouter 10 ml de solution de chlorure d'ammonium, puis 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium et mélanger.

(Conserver en flacon hermétiquement bouché).

## **• Préparation de la colonne réductrice de cadmium-cuivre :**

### **Traitement du cadmium:**

- Mettre 40 à 50 g de cadmium dans un erlenmeyer de 250 ml.
- Laver le cadmium à l'acide chlorhydrique 2 mol.L<sup>-1</sup> puis rincer à l'eau distillée.
- Laver rapidement avec l'acide nitrique 0.3 mol.L<sup>-1</sup> puis rincer à l'eau distillée.
- Laver à nouveau avec l'acide chlorhydrique 2mol/1 pour éliminer le nitrate résiduel et rincer abondamment à l'eau distillée.
- Vider le maximum d'eau et ajouter sans délai 150 ml de la solution de sulfate de cuivre sur le cadmium. Laisser en contact pendant plusieurs minutes en agitant légèrement de temps en temps: si la solution se décolore totalement, la renouveler.
- Laver ensuite abondamment à l'eau distillée, par débordement de l'erlenmeyer, en évitant de mettre le cadmium traité au contact de l'air. Poursuivre ce lavage jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de fines particules en suspension.

### **Remplissage de la colonne et traitement du réducteur :**

- Dans une colonne droite, mettre un peu de laine de verre au bas de la colonne.
- Remplir complètement la colonne de la solution tampon.
- Remplir d'eau distillée l'erlenmeyer contenant le cadmium traité et lui adapter le bouchon muni d'un tube de verre de sorte que l'eau remplisse le tube jusqu'à son extrémité.
- Retourner l'erlenmeyer sur la colonne, sans y faire entrer d'air, et faire tomber le cadmium petit à petit. Tapoter la colonne pour obtenir un tassement régulier. Le volume occupé par le réducteur doit être d'environ 12 mm.
- Laver abondamment le réducteur avec la solution tampon. Prendre garde à ne pas introduire d'air dans la colonne.
- Laisser alors le réducteur en milieu tampon pendant 24 à 48 h renouvelant plusieurs fois la solution.

### **Activation du réducteur :**

- A 500 ml de tampon, ajouter 10 ml d'étalon de nitrate à  $5000 \mu\text{mol.L}^{-1}$ .
- Passer la solution sur la colonne, en réglant le débit.
- Rincer ensuite impérativement le réducteur avec la solution tampon.

#### **• Réactifs de dosage:**

### **Réactif 1 : solution de Sulfanilamide**

- 100 ml d'acide chlorhydrique concentré dans 500ml d'eau distillée.
- Dissoudre 10g de Sulfanilamide dans cette solution.
- Compléter à 1 litre avec de l'eau distillée.  
(Cette solution est stable plusieurs mois à l'abri de la lumière).

### **Réactif 2 : solution de N-(1-naphtyle)-éthylène diamine**

- Dissoudre 19 de Dichlorohydrate de N-(1-naphtyle)-éthylène diamine dans 1 litre d'eau distillée.

(Conserver cette solution au froid et à l'abri de la lumière. La renouveler tous les mois ou dès qu'il s'y développe une coloration brune).

#### **• Solutions étalons :**

### **Solution étalon primaire de nitrite à 5000 $\mu$ mol.L-1**

- Sécher a 100°C pendant 1heure le nitrite de sodium.
- Introduire 0.345g dans de l'eau distillée.
- Compléter à 1 litre.  
(1 ml contient 5 $\mu$ mol de nitrite)

*(Conserver a l'abri de la lumière et à temperature ambiante, renouveler cette solution tous les mois).*

### **Solution étalon primaire de nitrate a 5000 $\mu$ mol.L-1**

- Sécher du nitrate de potassium à 105°C pendant 1h.
- Dissoudre 0.506 g de nitrate de potassium pour 1 litre de solution préparée, avec de l'eau distillée.

(1ml contient 5 $\mu$ mol de nitrate)

*(Cette solution est stable au moins un an a temperature ambiante et a l'abri de la lumière dans un flacon en verre).*

#### **• Procédure de réduction et de dosage des étalons et des échantillons :**

- Transférer les 100 ml d'échantillon dans un récipient pour l'ajout du tampon.
- Ajouter 2 ml de la solution de chlorure d'ammonium et mélanger.
- Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et mélanger.
- Passer l'échantillon sur la colonne avec débit.
- Avec les 30 premiers millilitres sortant de la colonne, rincer le récipient destiné au dosage.
- Recueillir ensuite 50 ml de l'effluent dans le récipient rincé.
- Doser le nitrite forme lors du passage de l'échantillon sur la colonne en appliquant strictement la procédure générale de dosage appliquée pour les nitrites.

# L'ammonium

- **Réactifs de dosage :**

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

- Introduire 65 g de phénol dans 800 ml d'eau distillée.
- Ajouter et dissoudre 1.5 g de Nitroprussiate de sodium et compléter à 1000 ml.

*(Ce réactif doit être conservé au réfrigérateur et à l'abri de la lumière. Il n'est stable que quelques semaines et doit être renouvelé s'il prend une teinte verdâtre).*

## **Solution alcaline complexante**

- Introduire 375g de citrate et 30 g de soude dans 800 ml d'eau distillée.
- Compléter à 1000 ml.

*(Cette solution est stable plusieurs mois à température ambiante dans un flacon en plastique).*

## **Reactif2 : solution complexante au chlore**

- A la solution complexante, rajouter 8g/l de dichloroisocyanurate de sodium.  
*(Conservée au réfrigérateur, cette solution n'est utilisable qu'une semaine).*

## **Solution étalon primaire d'ammonium**

- Sécher 1h à 105°C le sulfate d'ammonium de pureté analytique et en dissoudre 0.661g dans 1000 ml d'eau distillée.

(1ml de solution étalon contient 10µmol d'ammonium).

*(Cette solution est stable une année a température ambiante et a l'abri de la lumière).*

## **Solution étalon secondaire d'ammonium**

- Diluer 20 fois la solution étalon primaire de sulfate d'ammonium, soit 50 ml de la solution mère dans 1000 ml d'eau distillée.

(1 ml de la solution secondaire contient 0,5  $\mu$ mol d'ammonium).

*(Cette solution est stable une journée).*

- **Étalonnage**

- Introduire 0.5-1-2.5-5-10-25-50-100-250 ml de la solution étalon secondaire et compléter à 500ml avec l'eau de mer filtrée soit une gamme de concentration de 0.5-1-2.5-5-10-25-50 1 00-250~mole/l.
- Analyser à 630nm les différentes solutions ainsi que l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.

## **Les phosphates**

- **Réactifs de dosage:**

### **Acide sulfurique 2.9 mol.L-1**

- Ajouter 160 ml d'acide sulfurique (1.84 kg/l ; M=98,2 g/mol ; 18 mol.L-1 ) dans 800 ml d'eau distillée.

*(Cette solution se conserve indéfiniment).*

### **Réactif 1 : solution acide d'acide ascorbique**

- Dissoudre 5g d'acide ascorbique dans 100 ml d'acide sulfurique 2.9 mol.L-1 .

*(Cette solution est stable quelques semaines au réfrigérateur, la renouveler si elle bruni.)*

### **Réactif 2 : solution acide de molybdène et d'antimoine**

- Dissoudre 13g de molybdène d'ammonium dans 450 ml d'acide sulfurique 2.9 mol.L-1 .
- Dissoudre 0.3g d'Oxytartrate d'antimoine dans 50 ml d'eau distillée et l'ajouter à la solution de molybdène d'ammonium et mélanger.

*(Cette solution est stable plusieurs mois à température ambiante).*

## **Solution de thiosulfate**

- Dissoudre 2.4 g de thiosulfate dans 100 ml d'eau distillée.  
(Conserver cette solution en flacon de verre au réfrigérateur et la renouveler toutes les deux semaines).

## **Solution étalon concentrée de phosphate à 5000 $\mu\text{mol.L}^{-1}$**

- Sécher du Dihydrogenophosphate de potassium à 105°C pendant 1 heure.
  - Peser et dissoudre 0.6805 g pour 1000 ml d'eau distillée.
  - Transférer la solution dans un flacon en verre ou en plastique.
- (1 ml contient 5  $\mu\text{mol}$  de phosphate).  
(Cette solution se conserve plus d'un an à température ambiante et à l'abri de la lumière).

## **Solution étalon diluée de phosphate à 50 $\mu\text{mol.L}^{-1}$**

- Diluer 100 fois la solution étalon concentrée, soit 1 ml de la solution mère dans 100 ml d'eau distillée.
- (1 ml contient 0.05  $\mu\text{mol}$  de phosphate).  
(Cette solution se conserve quelques jours au réfrigérateur).

### **• Etalonnage**

- Introduire 0.5-1-2.5-5-10-25-50-100-250 ml de la solution étalon secondaire et compléter à 500 ml avec de l'eau de mer filtrée soit une gamme de concentration de 0.5-1-2.5-5-10-25-50-100-250  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ .
- Analyser à 880 nm les différentes solutions, ainsi que l'eau distillée, l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon et les réactifs.

## Annexe : Oxygène dissous

Saturation en dioxygène dissous exprimée en milligramme par litre.

t°C	Salinité PSS78																				
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
0	14,62	14,42	14,22	14,02	13,83	13,63	13,44	13,26	13,07	12,89	12,71	12,54	12,36	12,19	12,02	11,85	11,69	11,53	11,37	11,21	11,05
1	14,22	14,02	13,83	13,64	13,45	13,26	13,08	12,90	12,72	12,55	12,38	12,21	12,04	11,87	11,71	11,55	11,39	11,23	11,08	10,93	10,77
2	13,83	13,64	13,46	13,27	13,09	12,91	12,74	12,56	12,39	12,22	12,06	11,89	11,73	11,57	11,41	11,26	11,10	10,95	10,80	10,65	10,51
3	13,46	13,28	13,10	12,92	12,75	12,58	12,41	12,24	12,07	11,91	11,75	11,59	11,43	11,28	11,13	10,98	10,83	10,68	10,54	10,39	10,25
4	13,11	12,93	12,76	12,59	12,42	12,25	12,09	11,93	11,77	11,61	11,46	11,30	11,15	11,00	10,85	10,71	10,56	10,42	10,28	10,15	10,01
5	12,77	12,60	12,43	12,27	12,11	11,95	11,79	11,63	11,48	11,32	11,17	11,03	10,88	10,73	10,59	10,45	10,31	10,18	10,04	9,91	9,78
6	12,45	12,28	12,12	11,96	11,81	11,65	11,50	11,35	11,20	11,05	10,90	10,76	10,62	10,48	10,34	10,21	10,07	9,94	9,81	9,68	9,55
7	12,14	11,98	11,82	11,67	11,52	11,37	11,22	11,07	10,93	10,79	10,65	10,51	10,37	10,23	10,10	9,97	9,84	9,71	9,58	9,46	9,34
8	11,84	11,69	11,54	11,39	11,24	11,10	10,95	10,81	10,67	10,53	10,40	10,26	10,13	10,00	9,87	9,74	9,62	9,49	9,37	9,25	9,13
9	11,56	11,41	11,27	11,12	10,98	10,84	10,70	10,56	10,43	10,29	10,16	10,03	9,90	9,78	9,65	9,53	9,40	9,28	9,16	9,05	8,93
10	11,29	11,14	11,00	10,86	10,73	10,59	10,45	10,32	10,19	10,06	9,93	9,81	9,68	9,56	9,44	9,32	9,20	9,08	8,97	8,85	8,74
11	11,03	10,89	10,75	10,62	10,48	10,35	10,22	10,09	9,96	9,84	9,71	9,59	9,47	9,35	9,23	9,12	9,00	8,89	8,78	8,67	8,56
12	10,78	10,64	10,51	10,38	10,25	10,12	9,99	9,87	9,75	9,62	9,50	9,38	9,27	9,15	9,04	8,92	8,81	8,70	8,59	8,49	8,38
13	10,54	10,41	10,28	10,15	10,02	9,90	9,78	9,66	9,54	9,42	9,30	9,19	9,07	8,96	8,85	8,74	8,63	8,52	8,42	8,31	8,21
14	10,31	10,18	10,05	9,93	9,81	9,69	9,57	9,45	9,33	9,22	9,11	8,99	8,88	8,77	8,67	8,56	8,46	8,35	8,25	8,15	8,05
15	10,08	9,96	9,84	9,72	9,60	9,48	9,37	9,25	9,14	9,03	8,92	8,81	8,70	8,60	8,49	8,39	8,29	8,19	8,09	7,99	7,89
16	9,87	9,75	9,63	9,52	9,40	9,29	9,18	9,06	8,95	8,85	8,74	8,63	8,53	8,43	8,32	8,22	8,12	8,03	7,93	7,83	7,74
17	9,66	9,55	9,43	9,32	9,21	9,10	8,99	8,88	8,77	8,67	8,57	8,46	8,36	8,26	8,16	8,06	7,97	7,87	7,78	7,68	7,59
18	9,47	9,35	9,24	9,13	9,02	8,92	8,81	8,71	8,60	8,50	8,40	8,30	8,20	8,10	8,00	7,91	7,82	7,72	7,63	7,54	7,45
19	9,28	9,17	9,06	8,95	8,85	8,74	8,64	8,54	8,43	8,33	8,24	8,14	8,04	7,95	7,85	7,76	7,67	7,58	7,49	7,40	7,31
20	9,09	8,99	8,88	8,78	8,67	8,57	8,47	8,37	8,27	8,18	8,08	7,99	7,89	7,80	7,71	7,62	7,53	7,44	7,35	7,27	7,18
21	8,92	8,81	8,71	8,61	8,51	8,41	8,31	8,21	8,12	8,02	7,93	7,84	7,75	7,66	7,57	7,48	7,39	7,31	7,22	7,14	7,05
22	8,74	8,64	8,54	8,44	8,35	8,25	8,15	8,06	7,97	7,88	7,78	7,69	7,61	7,52	7,43	7,34	7,26	7,18	7,09	7,01	6,93
23	8,58	8,48	8,38	8,29	8,19	8,10	8,00	7,91	7,82	7,73	7,64	7,56	7,47	7,38	7,30	7,21	7,13	7,05	6,97	6,89	6,81
24	8,42	8,32	8,23	8,13	8,04	7,95	7,86	7,77	7,68	7,59	7,51	7,42	7,34	7,25	7,17	7,09	7,01	6,93	6,85	6,77	6,69
25	8,26	8,17	8,08	7,99	7,90	7,81	7,72	7,63	7,54	7,46	7,38	7,29	7,21	7,13	7,05	6,97	6,89	6,81	6,73	6,66	6,58
26	8,11	8,02	7,93	7,84	7,76	7,67	7,58	7,50	7,41	7,33	7,25	7,17	7,09	7,01	6,93	6,85	6,77	6,70	6,62	6,55	6,47
27	7,97	7,88	7,79	7,70	7,62	7,53	7,45	7,37	7,28	7,20	7,12	7,04	6,97	6,89	6,81	6,73	6,66	6,59	6,51	6,44	6,37
28	7,83	7,74	7,66	7,57	7,49	7,40	7,32	7,24	7,16	7,08	7,00	6,93	6,85	6,77	6,70	6,62	6,55	6,48	6,41	6,33	6,26
29	7,69	7,61	7,52	7,44	7,36	7,28	7,20	7,12	7,04	6,96	6,89	6,81	6,74	6,66	6,59	6,52	6,44	6,37	6,30	6,23	6,16
30	7,56	7,48	7,39	7,31	7,23	7,15	7,08	7,00	6,92	6,85	6,77	6,70	6,63	6,55	6,48	6,41	6,34	6,27	6,20	6,13	6,07
31	7,43	7,35	7,27	7,19	7,11	7,04	6,96	6,88	6,81	6,73	6,66	6,59	6,52	6,45	6,38	6,31	6,24	6,17	6,10	6,04	5,97
32	7,30	7,23	7,15	7,07	6,99	6,92	6,84	6,77	6,70	6,63	6,55	6,48	6,41	6,34	6,28	6,21	6,14	6,08	6,01	5,94	5,88
33	7,18	7,11	7,03	6,95	6,88	6,81	6,73	6,66	6,59	6,52	6,45	6,38	6,31	6,24	6,18	6,11	6,05	5,98	5,92	5,85	5,79
34	7,06	6,99	6,92	6,84	6,77	6,70	6,63	6,55	6,48	6,42	6,35	6,28	6,21	6,15	6,08	6,02	5,95	5,89	5,83	5,76	5,70
35	6,95	6,88	6,80	6,73	6,66	6,59	6,52	6,45	6,38	6,31	6,25	6,18	6,12	6,05	5,99	5,92	5,86	5,80	5,74	5,68	5,62

Annexe : Loi

Articles de la loi littorale intéressant les réseaux de surveillance environnementaux : Loi n° 02-02 (du 22 Dhou el Kaada 1422 du 5 février 2002, relative à la protection et à la valorisation du littoral)

Protection de l'état naturel de la zone côtière	<p>Art. 1. — La présente loi a pour objet de fixer les dispositions particulières relatives à la protection et à la Valorisation du littoral.</p> <p>Art. 5. — L'état naturel du littoral doit être protégé. Toute mise en valeur du littoral doit être effectuée dans le respect des vocations des zones concernées.</p> <p>Art 7 et 8. — font l'objet de mesures générales de protection et de valorisation énoncées par la présente loi. Il comprend une zone spécifique qui fait l'objet de mesures de protection et de valorisation, dénommée zone côtière, qui comprend : le rivage naturel, les îles et les îlots, les eaux intérieures maritimes,</p>
Extraction des matériaux	<p>Art. 20. — Sans préjudice des dispositions de la loi n° 01-11 du 11 Rabie Ethani 1422 correspondant au 3 juillet 2001 sus-visée, les autorisations d'extraction de matériaux et notamment de granulat sur le rivage et ses dépendances sont soumises à étude d'impact sur l'environnement, y compris dans les parties naturelles des zones d'embouchure et les lits des cours d'eau proches des rivages.</p> <p>Les extractions de matériaux visées à l'alinéa précédent, à l'exception des travaux de désensablement et de désensablement des ports sont formellement interdites lorsqu'elles concernent : (i) les zones adjacentes aux plages, lorsqu'elles participent à leur équilibre sédimentaire, (ii) les plages, (iii) les dunes littorales, lorsque leur équilibre ou leur patrimoine sédimentaire est menacé.</p> <p>Art. 21. — L'extraction de matériaux sous marins en off-shore est interdite jusqu'à la limite de l'isobathe des vingt cinq (25) mètres. En cas de nécessité liée à la nature des fonds concernés ou des particularités liées aux écosystèmes qu'ils abritent, les zones concernées peuvent être étendues par voie réglementaire. Les activités industrielles en off-shore sont déterminées par voie réglementaire.</p>
Qualité des eaux de baignade	<p>Art. 27. — La qualité des eaux de baignade fait l'objet d'analyses périodiques et régulières conformément à la réglementation en vigueur. Les résultats des analyses doivent faire l'objet d'une information régulière des usagers.</p>
Les dunes	<p>Art. 29. — Les dunes font l'objet d'un classement en zones critiques ou en aires protégées. L'accès pourra y être interdit et des actions spécifiques de stabilisation du sol sont entreprises en recourant à des méthodes biologiques pour préserver le couvert forestier ou herbacé.</p>
Occupation, aménagement et utilisation de la zone côtière	<p>Art. 10. — L'occupation et l'utilisation des sols littoraux doivent préserver les espaces terrestres et marins remarquables ou nécessaires au maintien des équilibres naturels. Sont concernés par la présente disposition, les côtes rocheuses d'intérêt écologique, les dunes littorales et les landes, les plages et les lidos, les forêts et les zones boisées littorales, les plans d'eau côtiers et leur proximité, les îlots et les îles et tous autres sites d'intérêt écologique ou de valeur scientifique sur le littoral, tels que les récifs coralliens, les herbiers sous marins et les formes ou formations côtières sous marines.</p> <p>Art. 17. — (<i>Dispositions particulières relatives aux zones côtières</i>) Est régie par voie réglementaire, toute occupation des parties naturelles bordant les plages et participant au maintien de leur dynamique et de leur équilibre sédimentaire, ainsi que celle des dunes bordières et des cordons sableux des plages non atteints par les hautes mers.</p> <p>Art. 16. — Les réseaux routiers et les voies carrossables d'accès au rivage sont réalisés conformément aux dispositions ci-dessous : Limite des 800 m : 1 – sont interdites les voies carrossables nouvelles parallèles au rivage dans la limite d'une bande. Sont interdites, les voies carrossables nouvelles sur les dunes littorales, les cordons dunaires côtiers et les parties supérieures des plages. Limites de 3 Km : sont interdites les routes de transit parallèles au rivage réalisées sur une distance de plus de trois (3) Kilomètres au moins à partir des plus hautes eaux maritimes.</p> <p>Toutefois, en raison de contraintes topographiques de configuration des lieux ou de besoins des activités exigeant la proximité immédiate de la mer.</p> <p>Art. 30. — Les parties des zones côtières où les sols et la ligne côtière sont fragiles ou menacés d'érosion, sont classées en zones critiques. L'accès pourra y être interdit et des actions seront entreprises pour assurer leur stabilisation. Les constructions, ouvrages, routes, parkings et aménagements de loisirs sont interdits dans ces zones critiques.</p>
Activité touristique	<p>Art. 11. — Les espaces réservés aux activités touristiques et notamment les activités balnéaires et les sports nautiques, le camping et le caravanning, même à titre temporaire, sont définis par voie réglementaire qui en précise les conditions de leur utilisation. Ces activités sont interdites au niveau des zones protégées et des sites écologiques sensibles et font l'objet de prescriptions particulières dans les zones comprenant des sites culturels et historiques.</p>

## Résumé

La mer Méditerranée fait actuellement état d'une situation alarmante : plus de 60% de ses bassins versants sont détériorés à cause des besoins en irrigation croissants, du fait de l'urbanisation à l'extrême du littoral, et plus de 80 à 90 pour cent des eaux usées déversées sur les côtes sont des effluents bruts, rejetés sans traitement préalable. C'est donc dans le cadre de la protection du littoral et de la préservation des ressources vivantes, que s'inscrit cette étude, dans le but de la mise en place d'un réseau de surveillance de la qualité physico-chimique et chimique des eaux du littoral ouest algérois de Ain-Bénian à Chenoua (Baie de Bou-Ismaïl), cette zone subissant diverses pressions, et présentant une insalubrité inquiétante. Les objectifs de cette surveillance continue et à long terme consistent en la mise en place d'un système d'alarme sur la qualité du littoral et d'une base de données constituant un bilan sur la santé du littoral.

**Mots-clés :** environnement, littoral, surveillance, évaluation

## Abstract

*The Mediterranean sea is currently presenting an alarming state: more than 60% of its natural effluents are damaged because of the increasing irrigation needs, caused mostly by the extreme urbanization, and more than 80 to 90 per cent of the incoming sewage water are rejected without any preliminary treatment. The present paper is concerned by the littoral protection, and aims to establish a marine monitoring network, of the physico-chemical and chemical quality of the west algerian littoral, from Ain-bénian to Chenoua (Bousmaïl bay), this area being under various pressures and presenting a disturbing state. The objectives of this long-term littoral monitoring consist on the establishment of a data basement, allowing us to put an alarming diagnostic, and give a state-assessment of the littoral.*

**Key-words :** environment, littoral, monitoring, assessment

## المخلص:

حالياً أكثر من 60 ٪ من مجيرات البحر الأبيض المتوسط في حالة مثيرة للقلق، و هذا بسبب تدفق المياه المهملة للمدن في السواحل. أكثر من 90 بالمئة من النفايات السائلة الخامة تصرف إلى البحار ، دون معالجة. في سياق حماية السواحل والحفاظ على الموارد الحية ، أنجزت هته الدراسة و هذا بدمج شبكة أمنية لمراقبة جودة و نوعية المركبات الفيزياء الكيمائية والبيولوجية بالمنطقة الساحلية لدائرة بوسماعيل التي تعاني من حالة تدهور بيئتها و تلوث مياه جارها ،

**الكلمات المفتاحية :** البيئة ، الساحل ، المراقبة ، التقدير