

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de Jijel

جامعة جيجل

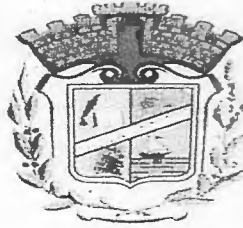
Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie

كلية للعلوم الدقيقة و علوم الطبيعة و الحياة

Département de biologie végétale et animale

قسم البيولوجيا النباتية و الحيوانية

جامعة محمد السادس بن لبيش  
كلية علوم الطبيعة و الحياة  
المسكنية  
رقم التمرود : 1941



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme : Master,

Option : Toxicologie de l'Environnement

Thème

Evaluation des teneurs en éléments traces métalliques (Pb, Cd, Zn) dans les moules du littoral Jijelien

Membres du jury :

Réalisé par :

Président: Mr. Rouibeh. M.

- Laredj Fatma.Z

Examineur: Mr. Krika. A.

- Karaoui Amina

Encadreur : M<sup>elle</sup> Chebab.S.

Numéro d'ordre :

Session :

Année universitaire : 2011/2012

## **REMERCIEMENT**

*Avant de présenter ce modeste travail, nous disons « louange à Allah l'éternel » qui nous a guidés toujours vers le chemin droit durant notre vie surtout dans nos années de formation universitaire.*

*Nous remercions toutes les personnes qui ont contribuéés différents degrés à la réalisation de ce travail, particulièrement*

*Nos remerciements les plus sincères à Mlle **Chebab Samira** notre encadreur, pour sa bienveillance, ces précieuses conseils et ces encouragements incessants durant notre travail, nous disons à elle merci beaucoup pour votre aide*

*Nous tenons à remercier les membres de jury d'avoir consacré du temps pour examiner ce travail*

**Mr Rouibeh M et Mr Krika A**

*Nous exprimons, notre profonde gratitude à nos enseignants, sans oublier de remercier toute l'équipe du laboratoire pour leurs aides surtout **Samira, Nassiha et Houria***

*Nous adressons nos respectueux remerciements à **Mr Boujadri** notre chef de département*

*Mes plus chaleureux remerciements s'adressent à mes collègues de 2<sup>ème</sup> Année master de ma promotion sans exception et à mes amis.*

*Enfin, nous remercions à tous ceux qui ont participé de près et de loin à la réalisation de cet humble mémoire de fin d'études*

**Amina & Fatma.Z**

|   |           |
|---|-----------|
| Introduction générale.....  | 01        |
| <b>Synthèse bibliographique</b>   |           |
| <b>Chapitre I : La contamination métallique des écosystèmes marins</b>                    |           |
| <b>I. Définitions.....</b>  | <b>03</b> |
| I.1. Les métaux lourds.....   | 03        |
| I.2. Les éléments traces métalliques.....   | 03        |
| <b>II. principales propriétés physico-chimiques des éléments traces métalliques .....</b> | <b>03</b> |
| II.1. Solubilité.....   | 03        |
| II.2. Stabilité.....  | 04        |
| II.3. Volatilité.....   | 04        |
| <b>III. Classification des éléments traces métalliques.....</b>                           | <b>04</b> |
| III.1. Les ETM essentiels .....   | 04        |
| III.2. Les ETM non essentiels .....   | 04        |
| <b>IV. Origine des ETM dans l'environnement .....</b>                                     | <b>05</b> |
| IV.1. Origine naturelle : « fond géochimique » .....                                      | 05        |
| IV.2. Origine anthropique .....   | 05        |
| IV.2.1. Pratiques agricoles .....   | 05        |
| IV.2.2. Pollution due aux retombés atmosphériques.....                                    | 05        |
| IV.2.3. Stockage des déchets urbains ou industriels .....                                 | 05        |
| <b>V. Les ETM dans les milieux aquatiques .....</b>                                       | <b>06</b> |
| V.1. Comportement des ETM dans l'eau.....   | 06        |
| V.1.1. Les formes des ETM dans l'eau.....   | 06        |
| V.2. Contamination des milieux aquatiques par les métaux lourds .....                     | 07        |
| <b>VI. Toxicité des ETM.....</b>  | <b>07</b> |
| VII: Les différents éléments traces métalliques étudiés.....                              | 08        |

|                      |    |
|----------------------|----|
| VII.1. Plomb.....    | 08 |
| VII.2. Cadmium ..... | 09 |
| VII.3. Zinc.....     | 10 |

**Chapitre II : La bioaccumulation des ETM chez les moules**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>I. Concepts généraux.....</b>   | <b>11</b> |
| I.1. La bio surveillance.....  | 11        |
| I.2. La bioindication.....   | 11        |
| I.3. La bioaccumulation.....   | 11        |
| I.4. La bioconcentration .....   | 11        |
| I.5. La bioamplification.....  | 12        |
| <b>II. Utilisation des moules comme bio indicateurs de la pollution marine.....</b>          | <b>12</b> |
| II.1. Caractéristiques générales de la moule.....  | 13        |
| II.1.1. Anatomie .....   | 13        |
| II.1.2. Mode de vie.....   | 13        |
| II.1.3. Reproduction .....   | 14        |
| II.1.4. Alimentation.....  | 14        |
| II.2. Critères permettant de différencier <i>M.galloprovincialis</i> et <i>P.perna</i> ..... | 14        |
| II.3. Répartition géographique .....   | 15        |
| II.4. Répartition bathymétrique.....   | 15        |
| <b>III. Les processus physiologiques de bioaccumulation des ETM dans les moules.....</b>     | <b>15</b> |
| III.1. Bioaccumulation chez les moules.....  | 15        |
| III.2. Mécanismes de captures des métaux lourds.....   | 15        |
| III.3. Mécanisme d'excrétion.....  | 16        |
| III.4. Mécanisme de stockage.....  | 16        |
| III.5. Mécanismes de détoxification.....   | 17        |
| <b>IV. Facteurs affectant la bioaccumulation des métaux chez les moules.....</b>             | <b>17</b> |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| IV.1. Facteurs biotiques ..... | 17 |
| IV.2. Facteurs abiotiques..... | 17 |

**Partie expérimentale**

**Chapitre I : Matériel et méthodes**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>I. Monographie de la Willaya de Jijel .....</b>          | <b>19</b> |
| I.1. Situation géographique .....                           | 19        |
| I.2. Etude environnementale .....                           | 20        |
| I.2.1. Définition du Littoral .....                         | 20        |
| I.2.2. Délimitation du périmètre de la zone littorale ..... | 20        |
| <b>II. La zone d'étude .....</b>                            | <b>21</b> |
| II.1. Stations de prélèvements .....                        | 21        |
| II.2. Campagne de prélèvement .....                         | 25        |
| <b>III. Analyses de l'eau de mer.....</b>                   | <b>27</b> |
| III.1. Prélèvement des échantillons .....                   | 27        |
| III.2. Conservation des échantillons.....                   | 27        |
| III.3. Dosage des nitrates.....                             | 27        |
| III.4. Dosage des nitrites .....                            | 29        |
| III.5. Dosage des orthophosphates .....                     | 30        |
| <b>VI. Analyse de la moule .....</b>                        | <b>32</b> |
| VI.1. Choix de l'espèce.....                                | 32        |
| VI.2. Description de l'espèce .....                         | 33        |
| VI.3. Prélèvement des échantillons.....                     | 33        |
| VI.4. Paramètres biométriques des échantillons .....        | 34        |

|  |           |
|--|-----------|
| VI.5. Décoquillage et broyage des échantillons.....        | 34        |
| VI.6. Digestion des échantillons .....                     | 35        |
| VI.7. Dosage des métaux lourds dans les échantillons ..... | 36        |
| <b>V. Analyse statistique.....</b>                         | <b>37</b> |

**Chapitre II : Résultats et discussion**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>I. Résultats et discussion.....</b>                     | <b>38</b> |
| I.1. Paramètres physico-chimiques .....                    | 38        |
| I.2. Teneur en éléments nutritifs .....                    | 41        |
| I.3. Concentration des métaux lourds dans les moules ..... | 44        |
| Conclusion.....  | 51        |
| Références bibliographiques .....                          | 52        |

**Annexes**

|                 |    |
|-----------------|----|
| Annexe I.....   | I  |
| Annexe II.....  | IV |
| Annexe III..... | VI |

## Liste des figures

| Figure | Titre   | Page |
|--------|---|------|
| 01     | Anatomie de la moule.   | 13   |
| 02     | Facteurs affectant la bioaccumulation des métaux chez les moules.     | 18   |
| 03     | Situation géographique de la wilaya de Jijel.                         | 19   |
| 04     | Carte représentative des cinq stations de prélèvements.               | 21   |
| 05     | Représentation du site de prélèvement (Port Ziama Mansouria).         | 22   |
| 06     | Représentation du site de prélèvement (baie Rabta).                   | 22   |
| 07     | Représentation du site de prélèvement (Port Boudis).                  | 23   |
| 08     | Représentation du site de prélèvement (Port DjenDjen).                | 24   |
| 09     | Représentation du site de prélèvement (Sidi Abdel Aziz).              | 24   |
| 10     | Organigramme représentant le déroulement de l'étude                   | 26   |
| 11     | La représentation de la moule « <i>Mytilus galloprovincialis</i> »    | 33   |
| 12     | Les moules de Rabta.  | 34   |
| 13     | Les moules de Ziama Mansouria.  | 34   |
| 14     | Les moules de Port de DjenDjen.                                       | 34   |
| 15     | Les moules de port de Boudis.   | 34   |
| 16     | Les moules de Sidi Abdel Aziz.  | 34   |
| 17     | Décoquillage d'échantillon.   | 35   |
| 18     | Digestion des échantillons.   | 35   |
| 19     | La spectrométrie d'absorption atomique.                               | 36   |
| 20     | Représentation des paramètres physico-chimiques des cinq stations.    | 39   |
| 21     | Représentation moyenne des éléments nutritifs dans les cinq stations. | 42   |
| 22     | Teneurs moyennes en Plomb dans les moules des cinq stations.          | 45   |
| 23     | Teneurs moyennes en Cadmium dans les moules des cinq stations.        | 47   |
| 24     | Teneurs moyennes en Zinc dans les moules des cinq stations.           | 49   |

## Liste des tableaux

| Tableau | Titre   | Page |
|---------|---|------|
| 01      | Date de prélèvement et types d'analyse réalisée sur l'eau de mer et les moules.                     | 25   |
| 02      | Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans l'eau de mer des cinq stations.          | 38   |
| 03      | Les valeurs moyennes des éléments nutritifs dans l'eau de mer des cinq stations                     | 42   |
| 04      | La teneur moyenne en $\mu\text{g/g}$ poids sec des éléments traces métalliques dans les moules.     | 44   |
| 05      | Les limites supérieurs des classes de qualités pour le plomb dans les moules en $\mu\text{g/g}$     | 46   |
| 06      | Les limites supérieurs des classes de qualités pour le cadmium dans les moules en $\mu\text{g/g}$ . | 48   |
| 07      | Les limites supérieurs des classes de qualités pour le zinc dans les moules en $\mu\text{g/g}$ .    | 50   |



**D G E** : Direction générale de l'environnement.

**D.P** : Direction de la pêche.

**D.P.R.H** : Direction de la pêche et les Ressources Halieutiques.

**D.T** : Direction de Tourisme.

**ESMAL** : Ecole national des Science de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.

**ETM** : Elément trace métallique.

**FBC** : Facteur de bioconcentration.

**IFREMER** : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER.

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**ppm** : partie par million.

**RINBIO** : Réseau INtégrateurs BIOlogiques.

**RNO** : Réseau National d'Observation.

**SAA** : Spectrophotomètre d'Absorption Atomique.

# *Introduction*

**Introduction :**

Au cours des dernières décennies les zones côtières ont été le théâtre d'un développement accéléré un peu partout sur la planète (**Belanger, 2009**).

Le littoral Algérien fait partie du bassin méditerranéen constitue depuis toujours un foyer humain très actif. Le développement industriel et urbain de l'Algérie augmente les risques de pollution du milieu marin car la majorité des activités socio-économiques du pays sont situées sur la frange littorale.

La pression démographique qui augmente d'une année à l'autre s'accompagne inévitablement de répercussions sur l'environnement en général et sur le milieu marin en particulier. En effet, qu'il s'agisse du développement urbain, industriel, agricole ou touristique, l'activité humaine exerce une pression de plus en plus grande sur les milieux marins (**Bresler et al, 2003; Magni, 2003 ; Daby, 2006; Huang et al, 2007; Rao et al, 2007**).

La contamination des milieux marins, notamment par les métaux lourds, constitue l'un des problèmes majeurs en toxicologie environnementale. A la différence des polluants organiques, les métaux lourds ne font pratiquement pas l'objet de réaction de dégradation biologique ou chimique ; ils peuvent de ce fait s'accumuler dans les chaînes alimentaires. On les retrouve à des concentrations toxiques dans les organismes marins (**Kaimoussi et al, 1998**).

De nombreux organismes marins accumulent ces métaux lourds à des concentrations nettement supérieures à celles retrouvées dans le milieu marin. Ces concentrations dans le compartiment biologique permettent un suivi plus efficace de ces composés que par le simple dosage des contaminants dans l'eau de mer. De ce fait, la mesure de la concentration des contaminants chez les organismes marins, en tant qu'outil d'évaluation de la contamination des milieux aquatiques, est très largement utilisée dans les pays développés des zones tempérées. Parmi ces organismes, les groupes d'espèces les plus utilisées jusqu'à présent en routine, sont essentiellement les bivalves (moules). En dehors de la simple évaluation de la contamination du milieu par les métaux lourds, la mesure de la bioaccumulation des contaminants chez les espèces marines permet également d'obtenir des informations concernant les variations géographiques et temporelles des rejets de ces composés dans le milieu naturel (**Perez et al, 2000**).

L'objectif général de cette étude est d'évaluer le degré de contamination du littoral Jijelien qui constitue encore un patrimoine naturel non valorisé, par les ETM.

Ce travail met en particulier l'accent sur l'intérêt de l'utilisation des bivalves comme espèces bio indicatrices de la qualité d'écosystème marin et littoral, et l'ouverture de nouvelles perspectives

de recherche scientifique dans la willaya, notant que jusqu'à l'heure actuelle l'utilisation des bioindicateurs pour caractériser la pollution marine est très peu exploitée dans la région. Le choix s'est fixé sur la moule connue pour son pouvoir de filtration et d'accumulation des contaminants, en particulier les ETM.

*Synthèse  
bibliographique*

*Chapitre I :*  
*La contamination métallique*  
*des écosystèmes marins*

## I. Définitions :

### I.1. Métaux lourds :

Il n'existe pas une définition connue pour le terme «métaux lourds» car chaque discipline scientifique développe une approche qui lui est propre (Alder, 2001).

Les métaux sont une classe particulière de toxiques. Ils sont présents à l'état stable dans l'environnement, mais leur forme chimique peut être modifiée par des facteurs physico-chimiques, biologiques ou par les activités humaines, et leur toxicité en être fortement modifiée. De nombreux métaux sont utiles à l'homme par des applications industrielles, agricoles ou médicales, quelques-uns sont des éléments essentiels, indispensables à des fonctions physiologiques et des mécanismes biochimiques. Ils peuvent être dangereux pour les travailleurs des mines, de l'industrie métallurgique et de nombreuses autres activités industrielles, et pour la santé des populations par leur présence dans la nourriture, l'eau ou l'air (Frank, 1992).

### I.2. Eléments traces métalliques :

Les ETM sont généralement définis comme ceux qui apparaissent dans les roches et le sol à des concentrations  $<100\text{mg/Kg}$ . Ils sont généralement appelés métaux lourds mais ce terme est incorrect car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement lourds (exemple le Zn), tandis que certains éléments toxiques ne sont pas des métaux (exemple As) (Baize, 2000 ; Rollin., 2006).

L'expression ETM désigne pour les chimistes des métaux de numéro atomique élevé de densité  $>5\text{g/cm}^3$  et qui forment des sulfures insolubles. Les géologues parlent d'ETM qui sont des composés naturels présents à très faibles concentrations ; ils comprennent collectivement moins de 1 % des roches de la croûte terrestre. Les toxicologues définissent les ETM comme des métaux à caractère cumulatif, ayant essentiellement des effets très néfastes sur les organismes vivants (Alder, 2001).

## II. Principales propriétés physico-chimiques des éléments traces métalliques :

### II.1. Solubilité :

La solubilité dans l'eau dépend de l'élément concerné, du chimisme de la phase aqueuse (pH, concentration en ligands...) et des phases solides environnantes. La solubilité d'élément peut varier selon sa spéciation c.-à-d : sa répartition entre différents états de valences qui représente un paramètre essentiel notamment pour l'As, Cr. Elle indique la tendance à la mobilisation du métal par lessivage ou par ruissellement (Baranger et al,

2001 ; Hébrard-Labit, Meffray, 2004). En général les ETM sont plus ou moins solubles (Miquel, 2001).

## II.2. Stabilité :

Contrairement aux contaminants organiques, les ETM sont indéfiniment stables en tant que tels et ne se dégradent pas dans l'environnement ni biologiquement ni chimiquement. Leur stabilité en solution est la durée nécessaire pour qu'ils rencontrent un piège chimique qui les fixe (Baranger et al, 2001).

## II.3. Volatilité :

La volatilité influe sur la libération par évaporation naturelle des polluants infiltrés dans les sols. D'une façon générale les ETM sont à considérer comme non volatils à l'exception du Hg (Bliefert et Perraand, 2001 ; Hébrard –Labit et Meffray, 2004).

## III. Classification des éléments traces métalliques :

Du point de vue biologique, il est important de différencier les ETM qui sont essentiels à la vie de ceux qui ne le sont pas ou dont on ne connaît pas de propriétés vitales pour au moins une catégorie d'organismes (Bonnomet et Le goff, 2004).

### III.1. Les ETM essentiels :

Sont nécessaires au fonctionnement normal des plantes et animaux en participant à des réactions biochimiques dans l'organisme, ils sont appelés "oligo-élément". Les ETM essentiels peuvent provoquer deux sortes de réaction différentes :

-Si un organisme ne contient pas suffisamment de l'un des éléments, une fonction peut être inhibée par exemple un processus métabolique et par conséquent il y aura une diminution de la croissance ou du développement.

-Si un élément se trouve en concentration trop élevée, selon l'organisme considéré, il peut avoir un effet toxique (Bliefert et Perraand, 2001).

### III.2. Les ETM non essentiels :

Ces ETM ne sont pas nécessaires à la vie mais ils perturbent souvent la cour normale des processus métaboliques, même à l'état de traces, à l'exception de faibles doses tolérables : de tels ETM ont souvent un effet toxique par exemple Cd, Pb, Hg (Bliefert et Perraand, 2001).



#### **IV. Origines des ETM dans l'environnement :**

La plupart des métaux et métalloïdes se trouvent dispersés dans la nature, dans les roches, les filons de minerai, le sol, l'eau et l'air ; leur distribution est hétérogène, les teneurs sont généralement basses dans le sol, l'eau et l'air.

Ces niveaux peuvent augmenter par des phénomènes géologiques comme le dégazage qui relargue 25000 à 125000 tonnes de mercure par an. Il est à noter que les teneurs en métaux- et donc probablement l'exposition humaine- sont les plus fortes aux sites où s'exercent les activités industrielles (**Frank, 1992**).

##### **IV.1. Origine naturelle : « fond géochimique »**

Les métaux sont naturellement présents dans les sols, ils proviennent en grande partie de l'altération des roches mères du sous sols : il s'agit du fond géochimique (**Jourdan et al, 2005**).

##### **IV.2. Origine anthropique :**

L'activité humaine ne crée ni ne détruit des ETM, en revanche elle modifie très significativement leurs répartition et les formes chimiques sous les quelles ils sont présents dans l'environnement (**Miquel, 2001**). Les principales activités mises en cause sont les suivantes :

###### **IV.2.1. Pratiques agricoles :**

Les ETM sont issus de l'épandage d'insecticides, de fongicides, d'engrais de boue résiduaux urbains, de l'élevage de porcs dont les aliments sont enrichis de Cu ou de composantes d'ordures ménagères (**Jourdan et al, 2005**).

###### **IV.2.2. Pollution due aux retombés atmosphériques :**

Principalement issue de l'activité industrielle et du trafic routier. En industrie les retombés correspondent à l'émission atmosphérique des ETM par les combustions de charbons, les fonderies (Pb, Cu, Zn, Ni), les cimenteries (Ta, Cr, Pb), traitement de bois (Cu, Cr), pigments pour peintures et encres (Cd, Pb, Zn, Cr), les tanneries (Cr), les traitements de minerais et l'industrie métallurgique (**Robert, 1996 ; Tonneau, 2003**).

###### **IV.2.3. Stockage des déchets urbains ou industriels :**

Les ETM sont régulièrement présents dans les décharges de déchets ménagers, des études de lixiviats ont montré qu'il restait 99,9% du stock des ETM dans la décharge au bout de 30 ans. De même les ETM sont en concentration très importante sur les anciens sites industriels (**Miquel, 2001 ; Tonneau, 2003**).

## V. Les ETM dans les milieux aquatiques :

L'eau est évidemment un élément indispensable pour l'être vivant mais particulièrement important pour les polluants en général et les métaux lourds en particulier, car l'eau est le siège de réactions chimiques liées à la solubilité, l'acidité, l'alcalinité, la température, l'oxydation et la présence des ligands organiques ou chimiques. Ces facteurs ajoutés au temps de séjour des ETM dans l'eau déterminent leur concentration, leur biodisponibilité relative, leur transport et surtout leur toxicité (Fifield et Haines, 1995).

### V.1. Comportement des ETM dans l'eau :

#### V.1.1. Formes des ETM dans l'eau :

Une fois arrivés dans l'environnement aquatique, les ETM se répartissent entre ces différents compartiments (l'eau, les solides en suspension, les sédiments, et le biote (Amuzu, 1994). Les ETM présents dans l'environnement aquatique peuvent exister en deux phases :

#### a. En phase particulaire :

Les ETM se présentent sous forme : d'espèces adsorbées plus ou moins fortement par une phase solide (matière en suspension), d'éléments intégrés dans un réseau cristallin, d'éléments métabolisés sous forme inorganique ou d'organométalliques.

#### b. En phase dissoute :

Les ETM peuvent être sous forme d'ions hydratés, complexés avec des ligands inorganiques ou organiques ou d'organométalliques. L'influence d'un ETM sur l'environnement n'est pas la même selon qu'il se présente sous forme cationique hydraté, sous forme d'un complexe organométallique ou minéral. Ainsi dans le cas du Cu la forme organique est peu toxique car les complexes formés sont assez stables alors que les sels minéraux sont beaucoup plus nocifs, sans négliger la toxicité des complexes liposolubles capables de diffuser passivement à travers la membrane biologique. Cependant pour la majorité des ETM (en particulier Cd, Cu, Zn, Pb) c'est la forme ionique hydraté qui semble la plus préjudiciable pour les organismes vivants. Par analogie on appelle également complexation avec le ligand biotique la fixation du métal par les organismes (Florence, 1982 ; Tessier and Turner, 1995 ; Geffard, 2001).

## V.2. Contamination des milieux aquatiques par les métaux lourds :

La pollution métallique des milieux aquatiques reste encore peu étudiée ; les métaux lourds sont beaucoup moins surveillés que l'azote et le phosphore responsable du phénomène d'eutrophisation (OPECST ,2001).

La pénétration des métaux lourds dans l'environnement aquatique peut avoir des effets dramatiques sur la biodisponibilité et la toxicité vis -à-vis des processus biologiques. Ainsi, la bioamplification par le plancton et la biotransformation par les bactéries dans l'interface eau sédiment peuvent influencer fortement l'impact des métaux lourds, ces phénomènes donnent naissance à des dérivés métalliques plus toxiques qui seront bio accumulés le long de la chaîne trophique (eau, plancton, poissons, herbivores et homme). Ceci, rend par conséquent, les milieux aquatiques encore plus sensibles à ces contaminants métalliques (Fifield et Haines, 1995).

En fait, les eaux naturelles contiennent les métaux lourds issus du ruissèlement sur les surfaces imperméables et /ou sous l'effet de l'érosion des sols mais la pollution est attribuée à une gamme très large d'activités humaines (Prasad et freitas, 2000).

Ainsi, la pollution atmosphérique, représentée par des retombées sèches ou humides accompagnées des pluies acides, contribue à la contamination de l'environnement aquatique à proximité de zones industrielles (exception faite pour le mercure) (Fifield et Haines, 1995 Steinnens, 1997).

Une autre source importante de contamination est le transfert des métaux du sol vers les nappes phréatiques. Ce transfert s'effectue aussi à partir des sédiments de dragage et des décharges industrielles (Fifield et Haines, 1995 et Alder, 2001).

En fin, les métaux lourds sont apportés directement dans l'eau sous forme de rejets industriels (déchets liquides et eaux résiduaires industrielles) et d'eaux usées urbaines renferment des excréta humains, détergents et certains médicaments et dans certains cas par canalisation (Fifield et Haines, 1995 et Alder, 2001).

## VI. Toxicité des ETM :

Les métaux ont une large gamme de toxicité, certains, comme le plomb et le mercure, sont très toxiques, d'autres, comme le titane, sont pratiquement dépourvus de toxicité. Les propriétés toxiques sont très variables, néanmoins certaines sont valables pour la plupart des métaux (Frank, 1992).

Beaucoup de métaux, à faible teneur, sont nécessaires à l'organisme (cuivre, cobalt, manganèse, zinc,...) mais deviennent toxiques à forte dose. Ils ne sont pas biodégradable et présentent la faculté de bioaccumulation dans les organismes ce qui amplifie leur toxicité. Ils s'apparentent ainsi à d'autres micropolluants (pesticides, dioxines,...). Certains sont cancérigènes (chrome VI, Nickel, Arsenic), d'autres ont une action sur la synthèse de l'hémoglobine (plomb), sur les reins (Cadmium) ou sur le système nerveux central (Mercure).

La toxicité d'un métal qui pénètre dans le corps dépend des propriétés spécifiques de chaque élément, et notamment de son état électrochimique, de sa solubilité, de sa capacité à se lier aux biomolécules et de la stabilité de ses complexes) (Casas, 2005).

## VII. Les différents éléments traces métalliques étudiés :

### VII.1. Plomb :

Le plomb est, dans son état naturel, un métal gris bleuâtre, dense et malléable.

Il s'agit d'un élément non essentiel et est moins biodisponible que les autres métaux (Van der Perk, 2006). Le plomb a été ajouté à l'essence depuis les années 1920 pour son rôle lubrificateur et antidétonant. Il représentait alors le tiers du poids des particules émises par les gaz d'échappement (Miquel, 2001). Cette pratique a été interdite dans une majorité de pays européens en 2000 (Bur.T, 2008).

Le plomb existe sous trois formes essentielles: le plomb dissous, le plomb colloïdal et le plomb particulaire (Chiffolleau *et al*, 2001).

Il est le plus universellement répandu des métaux toxiques. La pollution a augmentée en raison des activités minières et des divers usages industriels. En général, les concentrations en plomb se situent aux alentours de 5 à 25 mg/Kg dans le sol, de 1 à 60 µg dans l'eau de la nappe phréatique et aux environs de 1 µg/m<sup>3</sup> dans l'air (Frank, 1992).

Sous ses formes organiques (tétraéthyle, tétraméthyle) le plomb est un composé non polaire qui est rapidement absorbé par les organismes marins. ) (Perez *et al*, 2000).

#### ➤ La toxicité du plomb :

La toxicité des dérivés organiques du plomb est généralement supérieure à celle des formes inorganiques. Des effets sur le métabolisme respiratoire d'organismes marins ont été décrits, ainsi que des effets sur le système nerveux ou le fonctionnement des membranes biologiques.

Les rapports de l'OMS fixent entre 1 et 4,4 µg.l<sup>-1</sup>, les concentrations inhibitrices de plomb pour la croissance des diatomées (Perez *et al*, 2000).

La concentration inhibitrice du développement embryonnaire de la moule est d'environ 500 µg.L<sup>-1</sup> ; de plus, à cette concentration, un grand nombre de larves sont anormales. L'effet toxique du plomb peut se traduire par une compétition avec des métaux essentiels. Chez la moule,

*Mytilus edulis*, en présence de plomb ( $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ ), il y a perturbation du métabolisme des autres métaux divalents: notamment le calcium, le magnésium et le cuivre (**Marchand et Kantin, 1997**).

## VII.2. Cadmium :

Le cadmium est un métal blanc argent (légèrement bleuté), très malléable et ductile (**Bur, 2008**).

Le cadmium a une grande résistance à la corrosion ; son point de fusion est bas ; il a une bonne conductivité de l'électricité ; ses produits dérivés ont une bonne résistance aux fortes températures (**Borchardt, 1985**).

Le cadmium est un élément rencontré en milieu aquatique sous diverses formes physiques (dissoute, colloïdale, particulaire) et chimiques (minérale ou organique) (**Gonzalez et al, 1999; Chiffolleau et al, 2001**).

### ➤ La toxicité du cadmium :

Le cadmium est un élément non essentiel et présente une toxicité élevée (**Bur, 2008**).

En condition aiguë, la sensibilité des mollusques et des poissons seraient inférieure à celle des crustacés. En fait pour des durées d'exposition courte le cadmium serait peu toxique. On ne peut cependant qu'accorder une faible signification à l'ensemble des essais létaux à court terme. En effet ; les concentrations létales sont de l'ordre du  $\text{mg.L}^{-1}$  alors que les teneurs les plus élevées observables dans les milieux côtiers sont au plus égales à  $0,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Il convient de signaler que pour ce métal, comme pour de nombreux composés organiques, les concentrations intracellulaires diminueraient avec l'augmentation du niveau trophique (**Perez et al, 2000**).

Le cadmium ne présente pas de toxicité aiguë pour les organismes marins à des concentrations susceptibles d'être rencontrées dans le milieu. Au niveau subléta, des concentrations de  $0,05$  à  $1,2 \mu\text{g.L}^{-1}$  peuvent provoquer des effets physiologiques (anomalies dans le développement embryonnaire et larvaire chez mollusques bivalves) et des inhibitions de croissance (**Chiffolleau et al, 2001**).

Les abats (foie, rein) est la et les coquillages contiennent de plus grandes quantités de cadmium que la viande (**Frank, 1992**).

### VII.3. Zinc :

Le zinc(Zn) est un métal, moyennement réactif, qui se combine avec l'oxygène de l'air pour former une couche d'oxyde blanc imperméable. On le trouve généralement à l'état d'oxydation II (**Bur, 2008**).

Le zinc est un élément essentiel, cofacteur de nombreuses métallo-enzymes (**Frank, 1992**). Le zinc existe dans l'eau de mer sous diverses formes: ion hydraté ( $Zn(H_2O)^{2+}_n$ ), zinc complexé par les ligands organiques (acides fulviques et humiques) et zinc adsorbé sur de la matière solide.

➤ **la toxicité du zinc :**

Le zinc est un métal essentiel, nécessaire, à la vie d'un grand nombre d'organismes, en quantité généralement faible.

Sa toxicité pour les organismes aquatiques n'en fait pas un contaminant prioritaire. bien qu'il s'agisse, à de fortes concentrations, sur la reproduction des huîtres et la croissance des larves(**Perez et al, 2000**).

*Chapitre II :*  
*La bioaccumulation des ETM*  
*chez les moules*

## I. Concepts généraux :

### I.1. La bio surveillance :

La surveillance biologique est l'évaluation de la pollution à l'aide d'organismes vivants. La bio-surveillance repose sur l'utilisation de « bio-indicateurs ». Ce sont des organismes qui sont exposés à une pollution, réagissent par l'apparition de symptômes et des perturbations de la croissance et du développement. Ils vont nous renseigner sur le degré de pollution du milieu (atmosphère, eau, sol...) par leur présence ou leur absence, ou bien encore par des symptômes d'intoxication (**Garrec et Van Haluwyn, 2002**).

### I.2. La bioindication :

Un indicateur biologique (ou bio-indicateur) est un organisme ou un ensemble d'organismes qui - par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques - permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un éco-complexe et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées (**Garrec et Van Haluwyn, 2002**).

### I.3. La bioaccumulation :

Phénomène par lequel une substance présente dans un biotope pénètre dans un organisme, et s'accumule dans ses tissus, même si elle n'a aucun rôle métabolique, voire si elle est toxique pour ce dernier (**Ramade, 2002**).

Elle désigne donc la somme des absorptions d'un élément par voie directe et alimentaire par les espèces animales aquatiques ou terrestres (**Ramade, 1992**).

Le concept de bioaccumulation résulte donc de plusieurs mécanismes, agissant simultanément ou avec un décalage dans le temps. Les capacités de bioaccumulation, pour un même produit chimique, peuvent varier considérablement selon l'espèce considérée, le stade de développement des individus, les caractéristiques écologiques du système et les propriétés du contaminant (**Luoma, 1983**).

### I.4. La bioconcentration :

Est un cas particulier de bioaccumulation. Elle est définie comme le processus par lequel une substance (ou un élément) se trouve présent dans un organisme vivant à une concentration supérieure à celle de son milieu environnant. C'est donc l'accroissement direct de la concentration d'un contaminant lorsqu'il passe de l'eau à un organisme aquatique. Le facteur de concentration (FBC) peut être défini comme une constante issue du rapport de la concentration d'un élément dans un organisme en état d'équilibre à sa concentration dans le biotope (**Ramade, 1992**).



un byssus associé à son pied, c'est un écheveau de filaments se terminant par des micro-ventouses et qui lui permet de se fixer (Nakib, 2010).

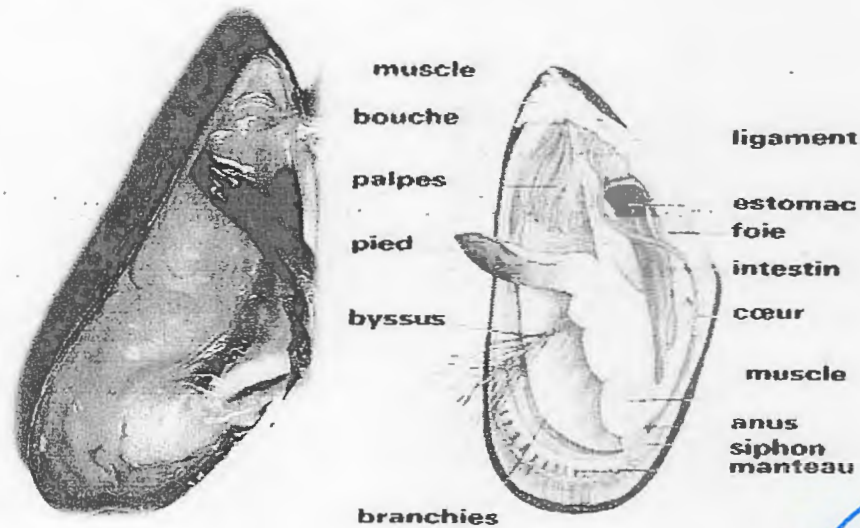


Figure1 : Anatomie de la moule



### II.1.2. Mode de vie :

La moule vit fixée sur les rochers, les parties immergées des bouées, les cordons des bateaux, pilotis et mouillage ainsi que les coques des bateaux, à l'aide de filaments très solides qui forment le byssus. Elle filtre l'eau de mer à l'aide de ses branchies. Les branchies retiennent les particules alimentaires (bactéries, algues et animaux microscopiques) contenues dans l'eau de mer. Les particules sont engluées dans du mucus pour former un cordon alimentaire qui sera transporté jusqu'à la bouche grâce aux nombreux cils qui couvrent la surface de la branchie. La moule est appelée suspensivore ou filtreur (Quéro et Vayne, 1998).

### II.1.3. Reproduction :

Chez la moule les sexes sont séparés, au moment de la reproduction les lobes du manteau sont orange chez la femelle et blanchâtre chez le male. La fécondation est externe, la moule femelle rejette ses œufs dans la cavité palléale où ils sont fécondés par les spermatozoïdes, les œufs fécondés, au nombre de 500 000 environ donnent des larves trochophores univalves puis des larves véligères bivalves ciliées. Ces larves planctoniques tombent ensuite sur le fond et se métamorphosent en des jeunes moules (Nakib, 2010).

### II.1.4. Alimentation :

Comme tous les filtreurs, elle vit, pour l'essentiel, aux dépens des particules en suspension dans l'eau, ses branchies peuvent retenir des éléments dans la taille est inférieure au micro.

Lorsque la concentration des particules est faible tout le matériel est ingéré. Quand la turbidité augmente, les quantités absorbées augmentent jusqu'à un maximum au-delà duquel le matériel est écarté de la bouche et rejeté; ce sont des pseudofaces. En ce qui concerne les possibilités de sélection des mollusques filtreurs, la plupart des auteurs déterminent que ces animaux ne sont pas capables de faire un choix dans leur nourriture, les seuls critères de tri étant la taille des particules. Toutefois certains travaux montrent qu'une sélection parmi les particules présentes peut n'être pas exclue (Romeo et al ; 1987).

## II.2. Critères permettant de différencier *M.galloprovincialis* et *P.perna* :

### 1. La charnière :

Chez *M.galloprovincialis*, elle se compose de trois dents conicomamelonnées bien apparentes sur chaque valve. Chez *P.perna*, elle consiste en une forte dent lamelliforme sur chaque valve.

### 2. La coloration de l'intérieur des valves :

Chez *M.galloprovincialis*, elle est d'un bleu ardoise très foncé presque noir vers le bord postérieur est presque blanc sous les crochets chez *P.perna* et d'un blanc jaunâtre irisé passant au jaune doré vers le bord postérieur.

3. L'épiderme : chez *M.galloprovincialis*, il est noir ; chez *P.perna*, il est brun. La fonte byssale est souvent bordée d'un vert émeraude.

4. Les impressions musculaires de l'adducteur postérieur des valves et de la l'adducteur de pied chez *M.galloprovincialis* elles sont contigües chez *P.perna*, elles sont détachées l'une de l'autre (Abada, 1991)

## II.3. Répartition géographique :

De nombreuses espèces existent dans le monde. Deux sont présentes en Europe : *Mytilus edulis* (Linné) et *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck). (Quéro et Vayne, 1998)

La coexistence de l'espèce *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck) et de l'espèce *Perna perna* n'est pas récente puisqu'elle est déjà signalée sur les côtes algériennes, dès les années 1920 (Gruvel, 1926).

## II.4. Répartition bathymétrique :

Depuis la limite supérieure des hautes mers jusqu'à 6-9 m de profondeur, plus rarement 17 m (mer du nord) et même 30-40 m (mer baltique (Quéro et Vayne, 1998).

Les moules (*Mytilus*) se fixent aux roches par le byssus un bouquet de filaments analogues à de la soie et sécrétés par une glande située à la base des pieds (Grassé, 1998).

### III. Les processus physiologiques de bioaccumulation des ETM dans les moules :

#### III.1. Bioaccumulation:

Les mollusques Lamellibranches marins, moules, huîtres, ont fait également l'objet d'un large usage dans le monitoring des eaux estuariennes et littorales. L'aptitude des huîtres et des moules à la bioconcentration est démontrée de longues date (**Ramade, 2007**).

Les lamellibranches sont des filtreurs. Ils vivent pour l'essentiel aux dépens des particules en suspension dans le milieu. Ce sont les branchies qui assurent le ravitaillement en tamisant l'eau qu'elles font circuler à travers le mollusque. Leur pouvoir de rétention dépend de l'agencement, des mouvements et de la fréquence des battements des cils de branchiaux.

L'efficacité du filtre branchial est liée à la qualité du milieu environnant : température, importance du matériel en suspension, présence de certaines substances. Les lamellibranches sont capables de prélever directement dans le milieu des substances dissoutes (**Quéro et Vayne, 1998**).

#### III.2. Mécanismes de captures:

Pendant tout processus physiologique d'échange avec le milieu environnant, les molécules exogènes pénètrent à travers les barrières biologiques séparant l'environnement interne de l'organisme du milieu externe. Quand la contamination se fait, ces barrières (cutanées et respiratoires pour la contamination directe, et intestinale pour la contamination trophique) montrent des propriétés biologiques liées à leur structure et aux conditions physico-chimiques de l'environnement (température, pH, électrolytes, etc.). La membrane plasmique est la structure primaire impliquée dans ces processus (**Luoma, 1983**).

Les métaux traces sont piégés par les organismes aquatiques par deux voies principales, à partir de l'eau (voie directe) et à partir de la nourriture (voie trophique). La pénétration des métaux traces nécessite donc le franchissement de structures biologiques spécifiques comme le revêtement extérieur et surtout l'épithélium branchial pour les contaminants présents dans l'eau, et l'ensemble du tractus digestif pour les métaux associés aux particules ou contenus dans les proies ingérées. Toutes ces voies sont possibles pour un même métal et leur importance relative est fonction de la forme chimique sous laquelle le métal est dans le milieu. C'est la coexistence de ces mécanismes et la dynamique de la spéciation qui rend si complexe la notion de biodisponibilité. Les caractéristiques de l'interface Environnement - Organisme ont une influence importante sur la forme métallique accumulée. Cette interface est une membrane lipidique, non polaire, imprégnée de molécules qui vont intervenir dans le transport de substances polaires essentielles à travers la membrane (**Miquel, 2001**).

### III.3. Mécanisme d'excrétion:

Parallèlement aux étapes de pénétration et de répartition des contaminants au sein de l'organisme, de nombreux mécanismes physiologiques et biochimiques contribuent à les éliminer. Tous les organismes aquatiques piègent des métaux en quantités importantes mais pour beaucoup d'espèces, l'excrétion des métaux accumulés n'est pas négligeable. Les quatre processus principaux sont: la défécation, la perte via la surface perméable, la désorption passive et les granules d'expulsion (Casas, 2005).

L'organe d'excrétion des métaux est le rein. Les métaux stockés dans les granules peuvent être perdus à travers le tractus alimentaire sous forme de fèces (Rainbow, 1990). L'égestion par les fèces est le processus dominant pour la décontamination métallique.

### III.4. Mécanisme de stockage:

Après la capture et l'excrétion des métaux, le troisième facteur déterminant l'accumulation des éléments traces est la séquestration des métaux absorbés dans les tissus. Plusieurs mécanismes existent incluant les piégeages des métaux et la séquestration d'éléments dans des granules ou dépôts insolubles qui peuvent être ou non associés à des lysosomes. Après passage transmembranaire, les métaux se retrouvent dans l'hémolymphe des bivalves associés aux protéines circulantes et aux hématocytes. La présence du métal dans la phase dissoute traduit son absorption sous forme dissoute avec ou sans médiateur. Sa présence dans les éléments figurés résulte de la phagocytose de vésicules formées lors de l'absorption du métal particulaire par pinocytose et/ou de la phagocytose d'agrégats protéiniques riches en cations divalents (George, 1980).

### III.5. Mécanismes de détoxification :

Les mollusques bivalves sont connus pour survivre dans des milieux fortement contaminés par des métaux lourds, cela s'explique par le fait qu'il y a développement de mécanismes qui leur permettent de lutter contre cette contamination métallique, le plus connu est la liaison de ces métaux avec les protéines « les métallothioneines », ce mécanisme a été démontré chez plusieurs espèces de bivalves dont les moules (Bouilly, 2004).

Il existe d'autres types de réponses tel que :

-La mobilisation d'autres ligands cytosolubles.

-La séquestration des métaux dans les lysosomes ou les granules (Bouilly, 2004).

## IV. Facteurs affectant la bioaccumulation des métaux chez les moules:

### IV.1. Facteurs biotiques :

Il est bien connu que les concentrations métalliques mesurées chez les espèces marines peuvent varier en fonction de leur anatomie (taille, nature des téguments, surface de contact avec

l'eau, etc.), leur physiologie (respiratoire, digestive, reproductive, etc.) et, au sein d'une même espèce, l'âge, donc la taille. Notamment les propriétés structurales et les fonctions des barrières biologiques: surface d'échange et accessibilité des sites de fixation, processus de transport et capacité d'absorption, mais aussi à une échelle plus importante les différentes étapes du cycle biologique tels que la croissance, la reproduction, la nutrition, l'excrétion, etc. (**Kaimoussi et al, 2001**)

#### **IV.2. Facteurs abiotiques :**

Les conditions marines en particulier la température, la salinité, l'oxygène dissous et la turbidité de l'eau agissent sur la filtration des moules et par conséquent modifient l'efficacité du processus de la bioaccumulation.

Ainsi, la filtration est optimale pour une température comprise entre 18° et 22° et une faible turbidité de l'eau.

Les propriétés chimiques du contaminant qui correspondent à la nature du contaminant, aux formes chimiques dans le biotope (colonne d'eau, sédiments), à leur spéciation et biodisponibilité, à leur concentration, etc., affectent également la bioaccumulation des métaux chez les moules (**Langston et Spence, 1995**).

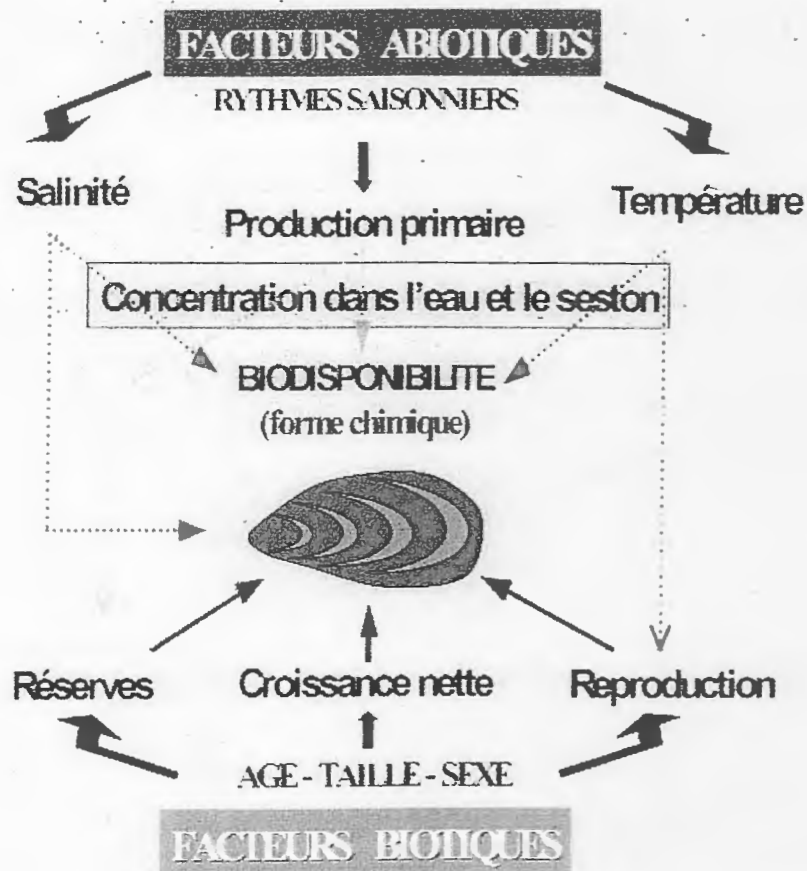


Figure2 : Facteurs affectant la bioaccumulation des métaux chez les moules. (Cossa, 1987)

# *Partie expérimentale*

*Chapitre I :*  
*Matériels et méthodes*



## I. Monographie de la Wilaya de Jijel :

### I.1. Situation géographique :

- Wilaya de Jijel est localisée au nord Est de l'Algérie, et distante d'environ 359 km de la capitale Alger, 96 km de Bejaïa et 146 km de Constantine, la Wilaya de Jijel couvre une superficie de 2398 km<sup>2</sup> (D.T, 2009).
- Avec une façade maritime de 120 Kms (monographie de Jijel 2010).
- La wilaya de Jijel est limitée par : La mer méditerranée au Nord.
- La wilaya de Skikda à l'Est.
- La wilaya de Bejaia à l'Ouest.
- Les wilayat de Sétif et de Mila au sud.
- Son étendue géographique se situe entre les coordonnées suivantes : 36°10 et 36°50 de latitude Nord, et entre 5°25' et 6°30' de longitude Est (DGE, 2012).

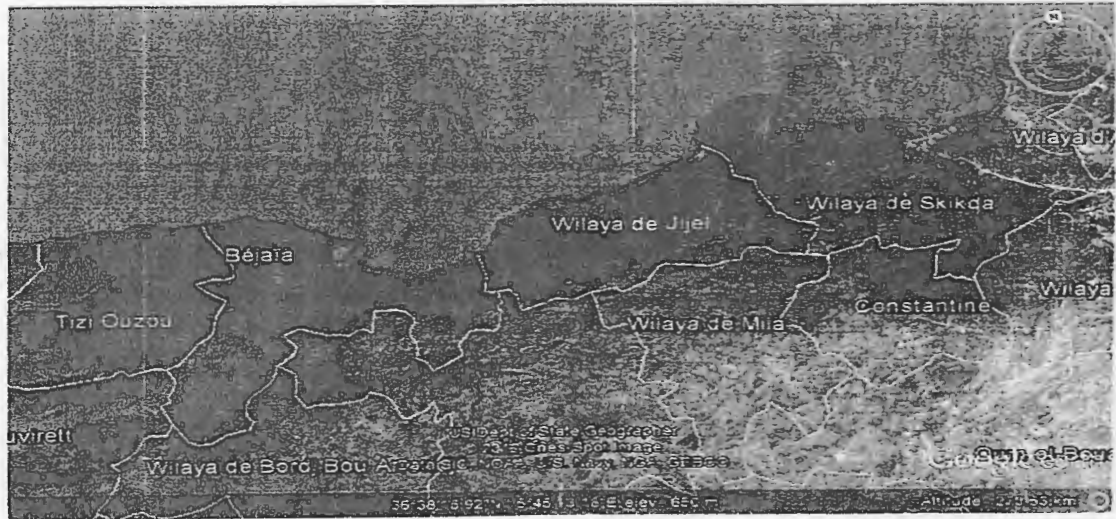


Figure 3 : situation géographique de la wilaya de Jijel (Google Earth, 2012)

## I.2. Etude environnementale :

### I.2.1 Définition du Littoral :

Définie comme étant espace de rencontre entre la terre et la mer, la zone côtière se compose à la fois de territoires terrestres et marins qui partagent les mêmes enjeux même s'ils ont chacun leur singularité (ESSMAL, 2009).

### I.2.2. Délimitation du périmètre de la zone littorale :

Le littoral de la wilaya de JIJEL a été délimité par arrêté du wali n° 177/2004 du 07/03/2004.

- Superficie totale du littoral : 491,9 Km<sup>2</sup>.
- Profondeur du littoral : 18,9 Km.
- L'espace littoral de la wilaya de Jijel recouvre deux zones à l'état naturel et deux zones sensibles prioritaires :

**a. Zones naturelles :** le littoral de la wilaya de Jijel comprend deux (2) zones naturelles :

- Première zone : s'étend, entre la plage rouge de la commune de Ziana Mansouria à l'ouest (limite avec la wilaya de Bejaia) et El-Aouana Est.
- Deuxième zone : s'étend, entre Oued Zehour à l'Est (limite avec la wilaya de Skikda) et Kef El-Mouadène à l'Ouest de la commune de Kheiri Oued Ajoul.

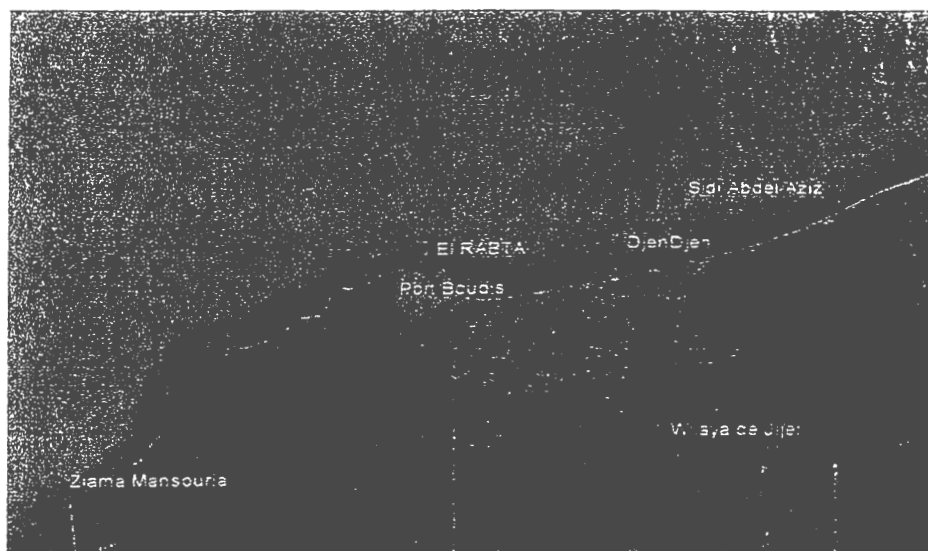
**b. Zones sensibles prioritaires :** le littoral de la wilaya de Jijel comprend deux (2) zones sensibles aussi :

- **Zone 1 :** zone El-Aouana-Jijel : s'étend, entre El-Aouana et Oued Manche à l'Est de la ville de Jijel
- **Zone. 2 :** zone Jijel-Beni Belaid : s'étend entre l'Oued Mencha à l'Est de la ville de Jijel et Kef El-Mouadène à l'Est de la plage de Beni -Belaid l'Est de la ville de Jijel  
Et Kef El-Mouadène à l'Est de la plage de Beni-Belaid (DGE, 2012).

## I. La zone d'étude :

### II.1. Stations de prélèvements

Cette étude environnementale de la contamination a été réalisée sur cinq stations littorales Jijeliennes, qui ont été choisies à cause, d'une part, de la facilité d'accès et l'abondance de l'espèce, et d'autre part des rejets des eaux usées domestiques et industriels et les activités agricoles qui sont à proximités de ces stations :



**Figure 4 : Carte représentative des cinq stations de prélèvements (Google Earth, 2012)**

#### ✓ Port de Ziama Mansouria :

Situé à 40 km à l'Ouest du chef lieu de la wilaya de Jijel, il occupe la position géographique : Latitude Nord :  $36^{\circ}40,40$ , longitude Est :  $5^{\circ}28,59$ . Le port est caractérisé par :

Une digue principale : 183.50 ml, Digue fermeture : 260 ml, Barrière de protection : 115.52 ml, Contre digue à talus : 99.50 ml, Passe d'entrée : 40 m (orienté vers l'Est), Plan d'eau : 5 ha, Terre plein : 4 ha. (D.P.R.H, 2011). Le site de prélèvement est situé au milieu du port, les moules se trouvent crochées sur les pilotis et les cordons des bateaux.



Figure 5 : Représentation du site de prélèvement (Port Ziama Mansouria).

✓ **Baie de Rabta :**

Cette localité est située environ 2Km à l'Est du chef lieu de Jijel, elle occupe la position géographique : 36°49'7.24 Nord, 5°31'44.08 Est.

Cette station reçoit les eaux usées domestiques et industrielles.

Le site de prélèvement est un rocher, se situant à 39,73 m loin de la baie Rabta.

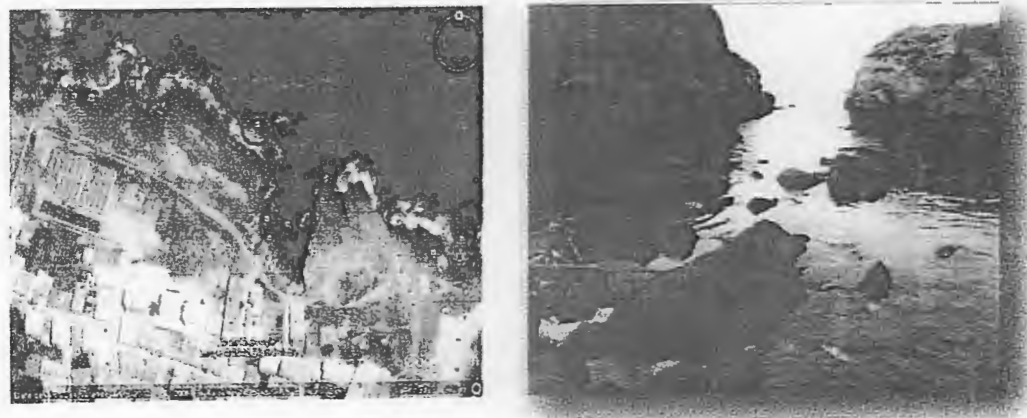
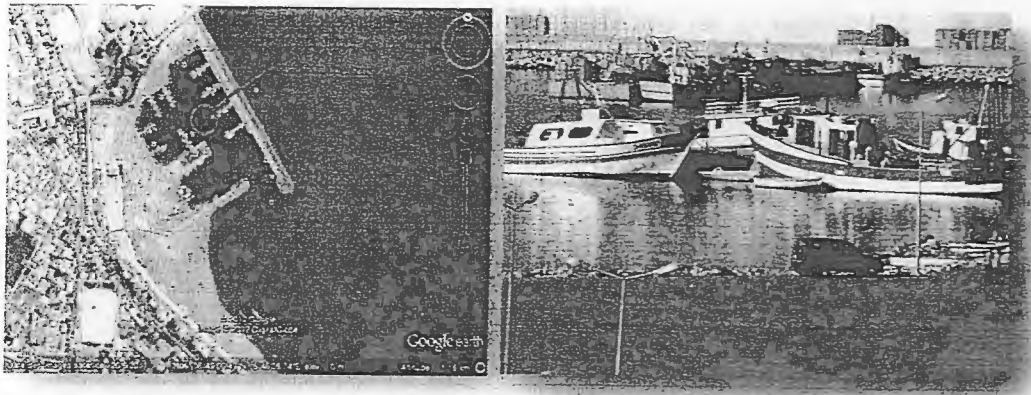


Figure 6 : Représentation du site de prélèvement (baie Rabta)

✓ **Port Boudis :**

Situé au chef lieu de la wilaya, caractérisé par : Une digue principale : 500.00 ml, digue secondaire : 235.00 ml, Passe d'entrée : 60m (Orientée vers l'Est), Plan d'eau : 7,4 ha, Terre plein : 6,8 ha (D.P.R.H, 2012).

Le site de prélèvement se situe à 78,99m loin du troisième poste à quai (jetée Ouest) du port, les moules sont fixées aux coques des bateaux.



**Figure 7 : Représentation du site de prélèvement (Port Boudis).**

✓ **Port DjenDjen :**

Situé à l'Est du chef lieu de wilaya (10 Km), le port de DjenDjen, avec sa position géographique de 36° 51' Nord et 005° 54' Est.

Superficie totale : 104 .ha dont 103 ha terre plein et 1 ha couvert.

Nombre de Bassins : 1 Superficie 180 ha.

Linéaire totale de quai : 1995 m à -16 m.

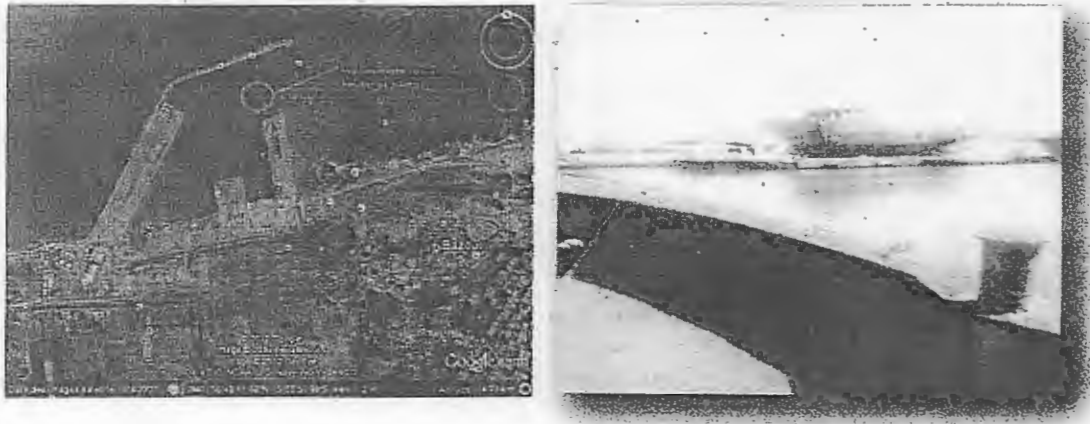
Passé Nord /Ouest: large 560 Ml - profondeur 18,8 mètres.

Trafic prévisionnel : 1,5 million EVP à l'horizon 2015.

Il est le dernier port commercial construit en Algérie et considéré comme le plus important ouvrage portuaire en Méditerranée en termes d'espaces et eau profonde.

Le site de prélèvement se situe à 405,83m loin de la jetée Ouest du port, les moules se trouvent accrochées au niveau des bouées.



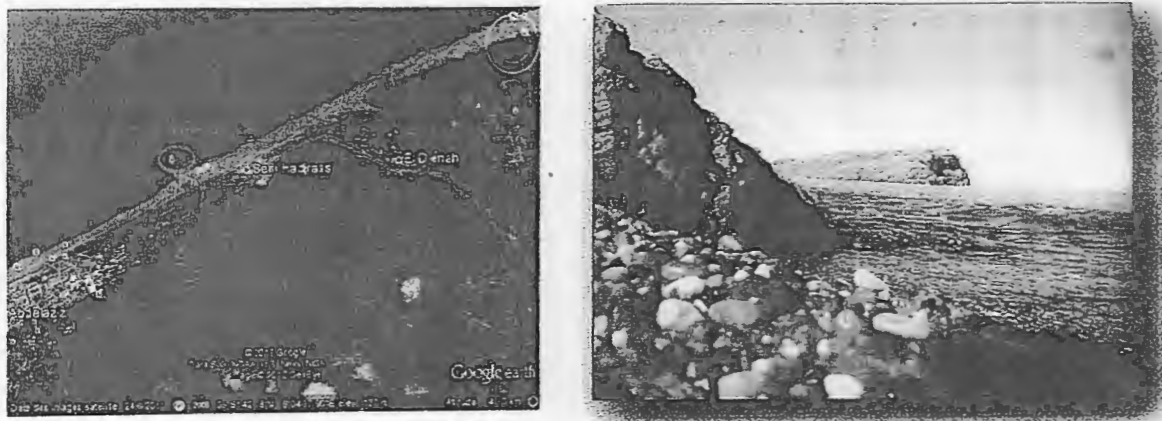


**Figure 8 : Représentation du site de prélèvement (Port Djendjen)**

✓ **Sidi Abdel Aziz :**

Le territoire de la commune de Sidi Abdelaziz se situe au nord-est de la wilaya de Jijel, à environ 25 km à l'est de Jijel, à 100 km au nord-ouest de Constantine et à proximité de l'embouchure de l'Oued-el-Kebir.

La station à prélèvement est un rocher aux moules se situant environ de 155,38 m au large de la plage de Sidi Abdel Aziz.



**Figure 9: Représentation du site de prélèvement (Sidi Abdel Aziz)**

**II.2. Campagne de prélèvement :**

Une seule campagne a été faite dans le mois de Mai. Durant cette campagne de prélèvement des différents paramètres ont été déterminés, et représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 1: Date de prélèvement et types d'analyse réalisé sur l'eau de mer et les moules**

| La date de prélèvement | Les paramètres déterminés  |
|------------------------|--|
| <b>01-04/05/2012</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>-Paramètres physico-chimique : température, salinité, pH, conductivité, oxygène dissous.</li><br/><li>-Dosage des nitrites, nitrates, orthophosphates.</li><br/><li>-Dosage des métaux lourds dans les moules.</li></ul> |

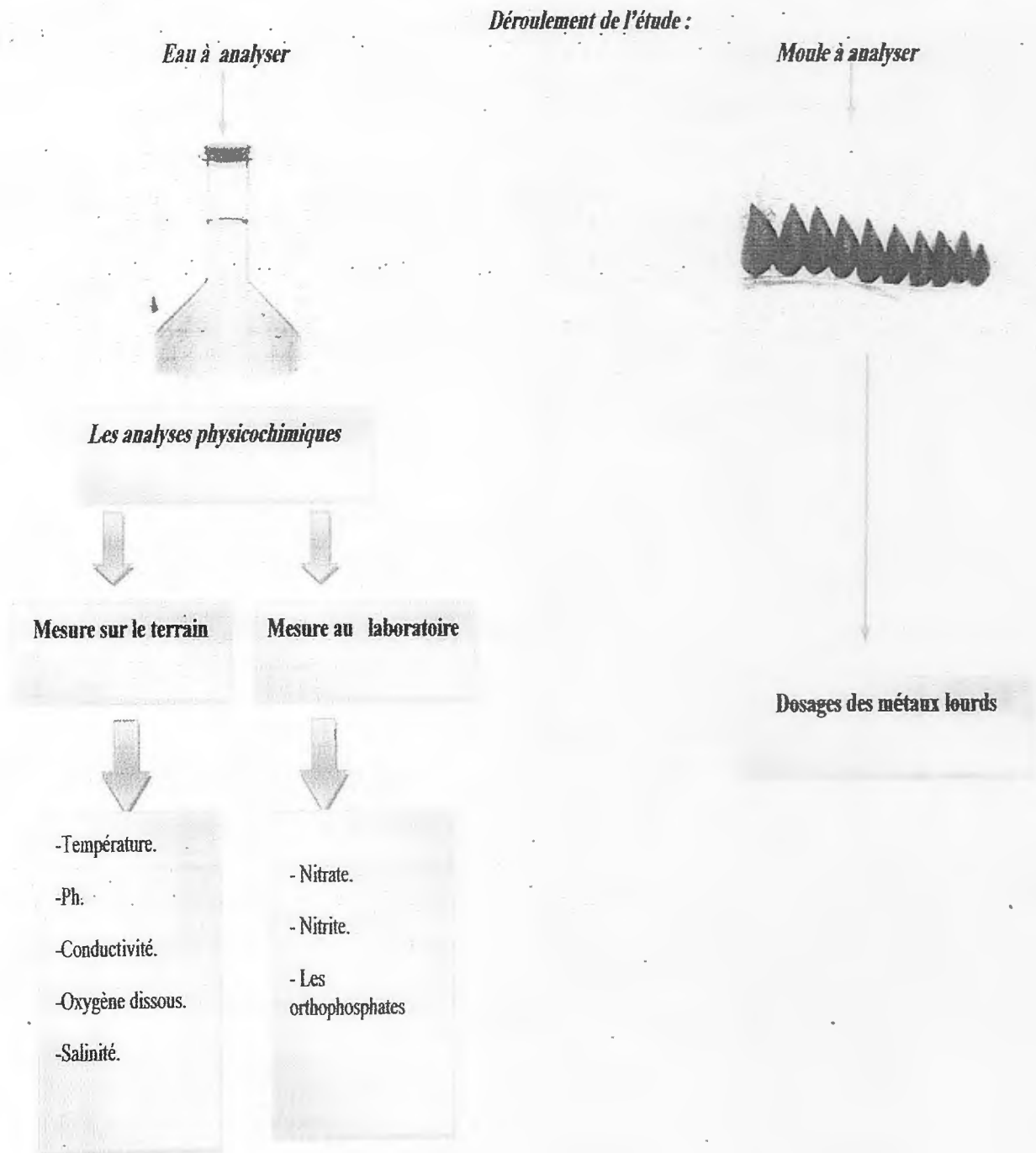


Figure 10 : Organigramme représentant le déroulement de l'étude



### III. Analyse sur l'eau :

#### III.1. Mesure des paramètres physico-chimique :

Les paramètres physico-chimiques tels que la température, la salinité, la conductivité, Ph, et l'oxygène dissous ont été mesurés in situ à l'aide d'un Multi- Paramètres.

#### III.2. Conservation des échantillons :

Entre le prélèvement et l'analyse, de nombreuses transformations physiques, chimiques ou biologiques qui peuvent avoir lieu risquent de fausser les résultats.

Pour le dosage des nitrites, nitrates et les orthophosphates on acidifie les échantillons à  $\text{pH} < 2$  par acide sulfurique (5ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  /1000 ml d'eau) et on les conservés dans le réfrigérateur de  $4^\circ\text{C}$  jusqu'à l'analyse. Pour le dosage des métaux lourds on acidifie les échantillons par l'acide nitrique (5ml  $\text{HNO}_3$ /1000 ml d'eau), le délai de conservation entre le prélèvement et l'analyse ne doit pas excéder 28 jours (Tardât, 1992).

#### III.3. Dosage des nitrates :

Le dosage des Nitrates fait appel à des méthodes relativement complexes avec une grande probabilité de présence de constituants faire dans les meilleurs délais pour éviter l'évolution des nitrates en nitrites (Rodier, 1996).

##### a) Principe de dosage :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

##### b) Réactifs :

**-Solution de salicylate de sodium à 0,5% (Cette solution est renouvelable toutes les 24 heures) :**

- 0,5g de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

-Acide sulfurique  $\text{S}_2\text{SO}_4$  pur. ( $d=1,84$ ).

**-Solution d'hydroxyde de sodium 30% :**

-30g de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.

**-Solution de Tartrate double de sodium et de potassium :**

- Hydroxyde de sodium NaOH.....400 g.
- Tartrate double de sodium et de potassium.....60g.
- Eau déionisée qsp-----1000ml.

- Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc.
- Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

**-Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.**

- solution mère étalon d'azote nitrique à 100mg/L :
- nitrates de potassium anhydre-----0,722mg.
- eau déionisée qsp-----1000ml.
- Chloroforme (pour conserver).....1 ml.

**-Solution fille étalon d'azote nitrique à 5mg/l :**

Amener 5mL de la solution mère à 1000ml avec de l'eau déionisée.

**c) Etablissement de la courbe d'étalonnage :**

Dans une série de Bêchers de 50 ml, nous avons introduis successivement les solutions préparées :

| N° des Bêchers  | T   | I   | II  | III | IV  |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Solutions (ml)</b>   |     |     |     |     |     |
| Solution fille étalon d'azote nitrique<br>NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> à 5 mg/l | 0   | 1   | 2   | 5   | 10  |
| Eau distillée   | 10  | 9   | 8   | 5   | 0   |
| Solution de salicylate de sodium  | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Correspondance en mg/l de N nitrique  | 0   | 0,5 | 1   | 2,5 | 5   |

**d) Mode opératoire :**

Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.

-Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30%.

-Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.

-Evaporer à sec au bain-marie 75 à 88°C.

(Ne pas surchauffer ni chauffer très longtemps) laisser refroidir.

-Répondre le résidu avec 2 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, laisser reposer 10 mn.

-Ajouter 15ml d'eau distillée.

-Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm. Le résultat est donné en mg/l d'azote nitrique.

-Pour obtenir la teneur en nitrate (NO<sub>3</sub>), on a multiplié les résultats par 4.43. (**Aminot et Chaussepied, 1983**)

**III.4. Dosage des nitrites :****a) Principe de dosage :**

Dans un milieu chlorhydrique, l'acide sulfanilique en présence d'ion ammonium et du phénol, forme avec les ions NO<sub>2</sub><sup>-</sup> un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrite. (**Rodier, 1996**)

**b) Réactifs :**

-Ammoniaque pur (d = 0,925).

**-Réactif de Zambelli :**

|  |       |
|--|-------|
| - HCL pur (d = 1,19) -----                                       | 260ml |
| - Acide sulfanilique -----                                       | 5g    |
| - Phénol cristallisé -----                                       | 7,5g  |
| - Chlorure d'ammonium-----                                       | 135g  |
| - Eau distillée (exempte de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) ----- | 625ml |

**-Solution mère étalon de  $\text{NO}_2^-$  0,23g/l :**

- Nitrite de sodium-----0,345g  
 - Eau fraîchement distillée -----1000ml

**-Solution fille étalon d'ion  $\text{NO}_2^-$  à 0,0023g/l :**

Amener 1ml de la solution mère à 100ml avec de l'eau distillée.

**c) Etablissement de la courbe d'étalonnage :**

Dans une série de fioles jaugées à 50 ml et numérotés, nous avons introduis successivement les solutions en agitant après chaque addition :

| N° des Bêchers   | T  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | E (50ml) |
|--|----|----|----|----|----|----|----------|
| Solutions (ml)   |    |    |    |    |    |    |          |
| Solution fille étalon de $\text{NO}_2^-$<br>à 0,0023 g/l | 0  | 1  | 5  | 10 | 15 | 20 | 0        |
| Eau distillée  | 50 | 49 | 45 | 40 | 35 | 30 | 0        |
| Réactif de ZEMBELLI                                      | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2        |
| Ammoniaque pure  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2        |

A la fin, on a effectué la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm. Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en  $\text{NO}_2^-$ , exprimée en mg par litre d'eau.

**III.5. Dosage des orthophosphates :****a) Principe de dosage :**

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique, qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur. le tartrate double d'antimoine et de potassium.

**b) réactif :**

-solution d'acide sulfurique ( $d=1,84$ ) à 15% environ en volume.

-solution de molybdate d'ammonium à 40 g/L filtré si nécessaire. A conserver en flacon de polythène à 4°C.

**-solution d'acide ascorbique à 20g/L :**

-acide ascorbique-----2g.

-eau distillée-----q.s. p:100ml.

**-solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2,8 g/L :**

-tartare double d'antimoine et potassium-----0,28g.

-eau distillée-----q.s. p:100ml.

**-réactif :**

-solution d'acide sulfurique-----50ml.

-solution de tartrate a double d'antimoine et de potassium-----5ml.

-solution de molybdate d'ammonium-----15ml.

-eau distillée-----q.s. p:100ml.

**-solution mère étalon du phosphore à 50mg/L**

-dihydrogénophosphate de potassium desséché au préalable à l'étuve à 100°C-----  
-----219,7mg.

-eau permutée-----q.s. p:100ml.

Acidifier la solution par 1 ml d'acide sulfurique à 15% avant d'ajuster le volume.

**-solution fille étalon du phosphore à 1mg/L :**

Diluer au 1/50 la solution précédente avec de l'eau permutée au moment de l'emploi.

**c) Etablissement de la courbe d'étalonnage :**

On a introduit dans une série de fioles jaugées de 25 ml ; on a introduit les solutions suivantes :

| N° des Bêchers                        | T  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | E (20ml) |
|---------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----------|
| Solutions (ml)                        |    |    |    |    |    |    |          |
| Solution fille étalon de (P) à 1 mg/l | 0  | 1  | 5  | 10 | 15 | 20 | 0        |
| Eau distillée                         | 20 | 19 | 15 | 10 | 5  | 0  | 0        |
| Solution d'acide ascorbique           | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1        |
| Réactif                               | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4        |

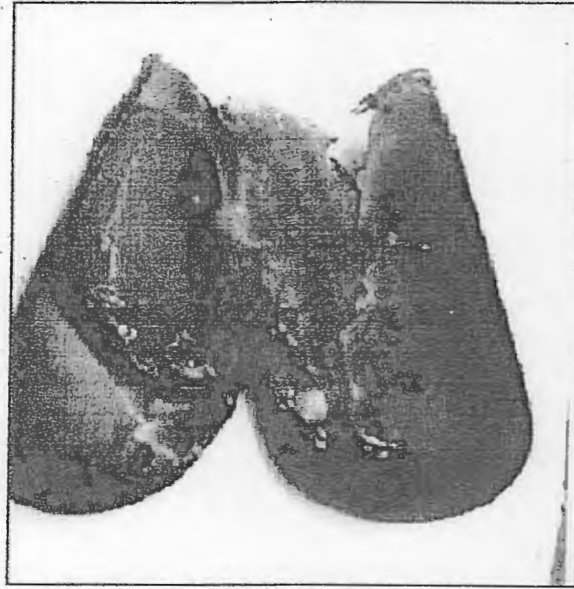
On a toujours effectué les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 750 nm, la courbe donne la teneur en phosphore, exprimée en mg.

#### IV. Analyse sur la moule:

##### IV.1. Le choix de l'espèce:

La moule « *Mytilus galloprovincialis* » est un mollusque, bivalve, de la famille des Mytilidés, filtreur de couleur bleu noirâtre à fines côtes. Elle vit en zone intertidale et dans les eaux peu profondes où elle se fixe sur divers substrats comme les rochers, les parties immergées des bouées, pilotis et mouillage ainsi que les coques des bateaux. Elle est utilisée en raison de :

- sa large répartition géographique,
- son mode de vie sessile ; qui exclue toute possibilité de fuite,
- sa faculté d'accumuler des métaux présents dans l'environnement dans un facteur de concentration de l'ordre  $10^3$  à  $10^5$  par rapport à l'eau environnante,
- sa tolérance à différents stress,
- sa possibilité de la transplanter (Casas, 2005).

**IV.2. Description de l'espèce :**

**Figure 11 : La représentation de la moule « *Mytilus galloprovincialis* »**

- Embranchement :** *Mollusques*
- Classe :** *Lamellibranches*
- Ordre :** *Filibrancheal*
- Sous ordre :** *Anisomyaria*
- Super famille :** *Mytiloidea*
- Famille :** *Mytilidae*
- Sous famille :** *Mytilinae*
- Genre :** *Mytilus*
- Espèce :** *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819)

**IV. 3. Prélèvement des échantillons :**

Tous les prélèvements sont réalisés dans des bonnes conditions climatiques : temps doux, absence de houle, mer calme et ciel couvert. Sur les sites, un nombre d'individus représentatifs de peuplement des moules sont prélevés (100 individus environ) par des plongeurs professionnels à une profondeur de 0.5 à 1m, en prenant soin de ne pas endommager le pied lors du sectionnement du byssus. Les moules prélevées sont rincées extérieurement à l'eau de mer sur les lieux de prélèvement puis placées dans des sachets en

polyéthylène. Pendant le transport, les moules sont stockées en glacière réfrigérée puis conservées à une température de  $-18^{\circ}\text{C}$ .

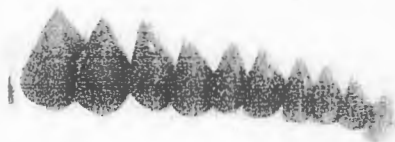


Figure 12 : les moules de Rabta



Figure 13 : les moules de Ziana Mansouriah



Figure 14 : les moules de Port de Djen Djen



Figure 15 : les moules de port de Boudis



Figure 16 : les moules de Sidi Abdel Aziz

#### IV.4. Paramètre biométriques des échantillon :

Les paramètres biométriques de la moule sont basés sur les mesures de la taille des individus prélevés (100 individus) : la longueur et la largeur, ainsi que le poids de la chair et le poids de coquille qui est mesurée indépendamment du poids entier.

#### IV.5. Décoquillage et broyage des échantillons :

Le décoquillage a été fait, avec un scalpel propre, en évitant d'endommager le mollusque avec la lame pour limiter la perte de liquide intracellulaire et en éliminant le byssus. La chair a été mise à égoutter (30 minutes) sur un entonnoir de Büchner en porcelaine pour récupérer l'écoulement cytoplasmique. Pendant la phase d'égouttage, la chair des mollusques est protégée des contaminations du milieu ambiant par une feuille d'aluminium qui recouvre l'entonnoir. Lorsque l'égouttage des mollusques est terminé, on pèse la chair pour avoir le poids total humide, puis la chair est congelée séchée à l'étuve à  $105^{\circ}\text{C}$  pendant 48h puis pesée pour avoir le poids total sec de la chair et Enfin, broyée puis tamisée sur des mailles de 2mm et conservé dans une boites de pellicule.

(Dauvillier, 1998).



A photograph showing a person's hands peeling a sample, likely a shell or a piece of material, over a light-colored surface. The hands are positioned to peel away a layer from the sample.

**Figure 17 : Décoquillage d'échantillon**

#### IV.6. Digestion des échantillons :

La poudre a subi une digestion par voie humide avec de l'eau régale (HCL/HNO<sub>3</sub>, 3V/1V), cette technique consiste à une digestion de la matière organique. Dans un ballon, 1 gramme de l'extrait sec en poudre est additionnée de 16 ml de l'eau régale puis porté à l'ébullition jusqu'à l'apparition d'une fumée blanchâtre indiquant la digestion complète de la matière organique, on laisse l'opération poursuivre jusqu'à l'obtention d'un résidu de 3 à 4 ml qui sera complété à 50 ml par l'eau déminéralisée puis filtré .Le filtrat final est conservé à froid dans des flacons en polyéthylène (Dauvillier, 1998).



**Figure 18 : Digestion des échantillons**

#### IV.7. Dosage des métaux lourds dans l'échantillon :

Le dosage des éléments traces métalliques dans la moule a été effectué à l'aide de spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) qui détermine la concentration des différents métaux lourds étudiés : Zn, Cd, Pb, dosés dans la moule après une dilution pour certain métaux.

##### ❖ La spectrométrie d'absorption atomique

La spectrométrie d'absorption atomique (SAA) constitue un outil privilégié d'analyse en sciences environnementales. Elle autorise le dosage d'éléments majeurs et traces dans divers types de substrats : végétaux, sols, sédiments, roches, aliments, déchets solides, effluents liquides, eaux souterraines, eaux de surface, eaux usées, etc.

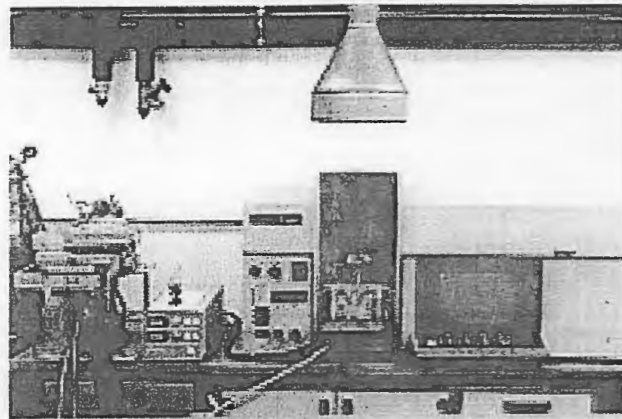


Figure19 : La spectrophotométrie d'absorption atomique

- ❖ Les résultats affichés par la SAA sont données par l'unité ppm ( $\mu\text{g/ml}$ ) pour obtenir les résultats en poids sec, on applique la formule suivante :

**Teneur en métal en  $\mu\text{g/g}$  poids sec = (concentration du métal en  $\mu\text{g/ml}$ \* le volume de l'échantillon en ml)/le poids sec de l'échantillon en g.**

**V. Analyse statistique :**

Les résultats obtenus au terme de cette étude sont présentés dans des tableaux et les variations sont illustrées à l'aide des histogrammes. L'étude statistique a été effectuée par analyse de la variance au risque 0.05 en utilisant le logiciel Origin (version 6.0).

*Chapitre II :*  
*Résultats et discussion*

### I. Résultats et discussion:

#### I.1. Les paramètres physico-chimiques:

L'étude des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer renseigne sur l'état de la qualité des eaux marines au niveau de la Wilaya de Jijel. Les valeurs mesurées dans le cadre de la présente étude sont rapportées dans le tableau 2, leurs variations sont illustrées sur la figure 20.

**Tableau 2 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans l'eau de mer des cinq stations :**

| Stations<br>Paramètres                      | Sidi Abdel<br>Aziz | Port DjenDjen      | Port Boudis        | Rabta              | Port Ziana<br>Mansouria |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
|   | Moye écart<br>type | Moye écart<br>type | Moye écart<br>type | Moye écart<br>type | Moye écart<br>type      |
| Conductivité<br>( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) | 38.26 $\pm$ 0.68   | 37.47 $\pm$ 0.22   | 42.4 $\pm$ 0.17    | 40.3 $\pm$ 0.1     | 42.1 $\pm$ 0.41         |
| Salinité<br>(‰)                             | 23.53 $\pm$ 0.05   | 22.4 $\pm$ 0.20    | 27.53 $\pm$ 0.30   | 22.64 $\pm$ 0.19   | 25.76 $\pm$ 0.05        |
| Température<br>(C°)                         | 17.9 $\pm$ 0.1     | 18.28 $\pm$ 0.25   | 19.43 $\pm$ 0.49   | 22.1 $\pm$ 0.1     | 22.13 $\pm$ 0.76        |
| pH  | 7.97 $\pm$ 0.22    | 7.59 $\pm$ 0.12    | 7.60 $\pm$ 0.30    | 7.70 $\pm$ 0.11    | 7.00 $\pm$ 0.02         |
| O <sub>2</sub> dissous<br>(mg/l)            | 8.71 $\pm$ 0.15    | 7.53 $\pm$ 0.14    | 7.22 $\pm$ 0.04    | 6.49 $\pm$ 0.05    | 7.73 $\pm$ 0.05         |

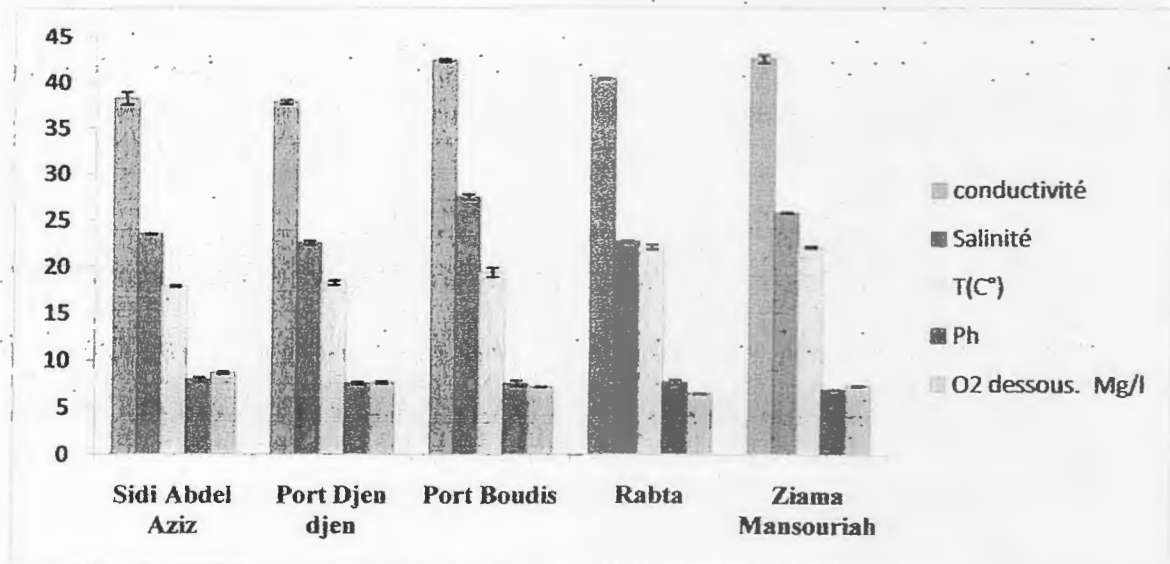


Figure 20: Représentation des paramètres physico-chimiques des cinq stations.

### I.1.1. Température

La mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autres paramètres. Ainsi, la saturation des gaz dissous est fonction de la température et la mesure du pH requiert la connaissance de la température (Aminot et Kerouel, 2004).

Les températures mesurées dans les cinq stations varient de  $17,9 \pm 0,1$  à  $22,13 \pm 0,76$  C°, ces dernières reflètent la période saisonnière en relation avec les conditions météorologiques. La valeur la plus élevée est enregistrée dans le Port Ziama Mansouria et la baie de Rabta, alors que la plus basse est mesurée à Sidi Abdel Aziz. La variabilité spatiale de ce paramètre est statistiquement significative ( $F = 154,55$  ;  $p < 0,05$ ) mais dans l'ensemble, les valeurs mesurées sont dans l'intervalle des valeurs saisonnières (Chebli, 1980 ; Chouikhi, 1993).

### I.1.2. pH

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité de l'eau. (Gomela et Guerre, 1973. Azzoug et Lamani, 2005).

Les valeurs du potentiel d'hydrogène mesurées dans les cinq stations étudiées varient de  $7,00 \pm 0,02$  à  $7,97 \pm 0,22$ . Elles sont presque homogènes dans l'ensemble des stations, il existe une légère acidification mais ces valeurs concordent avec la norme qui est au voisinage de 8,20 (Aminot, 1983).

### I.1.3. Oxygène dissous

L'oxygène dissous dans l'eau est un élément fondamental qui intervient dans la majorité des processus biologiques, les végétaux et les animaux l'utilisent pour la respiration. L'oxygène participe également aux dégradations biochimiques et chimiques.

L'eau contient toujours de l'oxygène dissous dont les concentrations varient en fonction de la présence des végétaux, des matières organiques oxydables, des organismes, ainsi que de la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface (**Partrick, 2003**).

Les valeurs de la concentration de l'oxygène dissous dans l'eau de mer pour les cinq stations sont comprises entre un minimum de  $6,43 \pm 0.05$  et un maximum de  $8,71 \pm 0.15$  mg/l. La valeur la plus élevée est observée à **Sidi Abdel Aziz**, alors que la plus faible valeur est enregistrée au niveau du Baie de **Rabta**. L'analyse de la variance révèle un effet station significatif ( $F=439.60$ ,  $p \leq 0.05$ ).

La baisse de la concentration en oxygène dissous au niveau de la Baie de **Rabta** témoigne l'existence d'une pollution de ce site par la matière organique, en effet, la plage de Rabta reçoit des quantités importantes de matière organiques solides et liquides provenant particulièrement des eaux usées domestiques de la cité **Rabta** qui se déversent sans traitement préalable au niveau de ce site ainsi que les effluents de la tannerie qui se situe à proximité.

La teneur relativement élevée de l'oxygène dissous au niveau du site de **Sidi Abdel Aziz** pourrait être attribuée à l'agitation importante des eaux due à la houle et aux vagues au moment du prélèvement. Notant toutefois que l'ensemble des valeurs relevées dans cette étude concorde avec le seuil sensible exigé pour le développement normal des organismes marins qui est estimé à plus de 5 mg/l (**Hubiche, 2002**).

### I.1.4. Conductivité électrique

La conductivité électrique dépend d'un certain nombre de facteurs, comme la température, le pH et peut être utilisée comme mesurage de la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon.

L'examen des résultats de la conductivité montre que ses valeurs oscillent entre  $37,47 \pm 0.22$  et  $42,4 \pm 0.14$   $\mu\text{s/cm}$ , la valeur la plus élevée est observée au niveau du **Port Boudis**, alors que la plus faible est enregistrée au **Port Djendjen**, ces valeurs peuvent être considérées comme des marqueurs de la salinité de l'eau, une conductivité électrique élevée traduit ainsi une salinité

## Résultats et discussion

---

importante des eaux. Ceci est confirmé par la mesure du coefficient de corrélation, qui montre une bonne corrélation positive entre ces deux paramètres ( $r=0.80$ ).

### I.1.5. Salinité

La grandeur « salinité » représente la proportion de sels minéraux dissous dans l'eau de mer. La mesure de la salinité est importante dans l'étude du milieu marin. Par son influence sur la densité de l'eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eau d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires (Aminot, 1983).

Les valeurs de la salinité dans les cinq stations étudiées varient de  $22,4\pm 0.20$  à  $27,53\pm 0.30$ . La valeur la plus élevée est enregistrée au niveau du **Port Boudis**, le **Port Ziama Mansouria** affiche une valeur de  $25,76\pm 0.05$  alors que les plus basses valeurs sont observées au niveau du **Port DjenDjen**, **Rabta**, **Sidi Abdel Aziz** ( $22,4\pm 0.20$  -  $22,64\pm 0.19$  -  $23,53\pm 0.05$ ). L'analyse de la variance montre un effet station significatif ( $F= 455.83$ ,  $p < 0.05$ ).

Les faibles taux de salinité correspondent aux stations **Port DjenDjen**, **Rabta**, **Sidi Abdel Aziz** traduisent l'influence des apports locaux en eaux usées pour la station **Rabta**, les rejets de l'Oued El Kebir avec un débit de  $310\text{m}^3/\text{an}$  (DHW, 2005) pour la station de **Sidi Abdel Aziz**, et les rejets de l'Oued DjenDjen avec un débit de  $51,6\text{ m}^3/\text{an}$  pour la station du **Port DjenDjen**. Ces rejets peuvent être considérés comme un facteur de dilution des eaux de mer qui contribuent à la diminution de la concentration des sels dans l'eau.

### I.2. Teneurs éléments nutritifs :

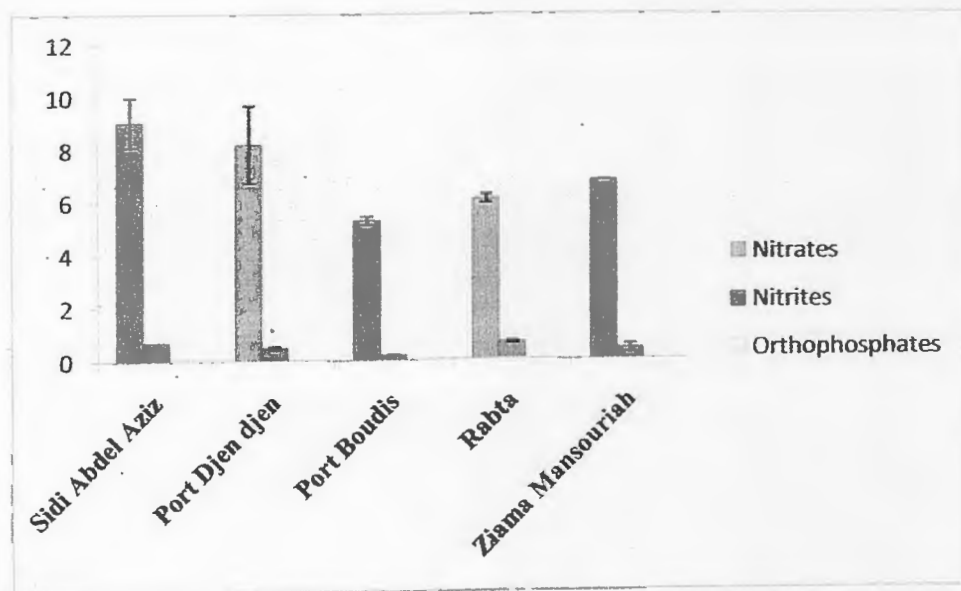
Les teneurs en éléments nutritifs de l'eau de mer prélevée des cinq stations étudiées sont rapportées dans le tableau 3 et les variations sont illustrées sur la figure 29



## Résultats et discussion

**Tableau 3 : Les valeurs moyennes des éléments nutritifs dans l'eau de mer des cinq stations :**

| Composé azotés             | Moye                       | écart type | Moye  | écart type | Moye  | écart type | Moye  | écart type | Moye  | écart Type |
|----------------------------|----------------------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
|                            | Nitrate (NO <sub>3</sub> ) | 9.08       | ±0.93 | 8.27       | ±1.47 | 5.29       | ±0.15 | 6.09       | ±0.15 | 6.82       |
| Nitrite (NO <sub>2</sub> ) | 0.71                       | ±0         | 0.49  | ±0.06      | 0.19  | ±0.02      | 0.645 | ±0.04      | 0.42  | ±0.16      |
| Ortho-phosphate            | 0.005                      | ±0.007     | 0     | 0          | 0     | 0          | 0     | 0          | 0     | 0          |



**Figure 21: Concentrations moyennes des éléments nutritifs dans les cinq stations.**

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse, il entre dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton, il est ensuite régénéré à partir des formes organiques par les bactéries. L'ion nitrate est issu de l'oxydation des nitrites par les bactéries appelées nitrobacters (Aminot et Chaussepied, 1983).

## Résultats et discussion

---

D'après le tableau 3, la concentration des nitrates varie entre  $5,29 \pm 0,15$  et  $9,08 \pm 0,93$  mg/l, la plus forte concentration est observée à **Sidi Abdel Aziz**, alors que la plus faible est enregistrée au niveau du Port **Boudis**.

Les concentrations des nitrites varient de  $0,195 \pm 0,02$  à  $0,710 \pm 0,00$  mg/l, la plus forte concentration est observée à **Sidi Abdel Aziz**, alors que la plus faible est enregistrée au Port **Boudis**. Ces concentrations varient significativement d'une station à l'autre ( $F=36,74$ ,  $p \leq 0,05$ ).

Les teneurs les plus élevées en nitrites et en nitrates sont particulièrement localisées aux niveaux des stations recevant les apports des oueds. Ces endroits sont généralement enrichis en ces deux composés azotés par le lessivage des terres agricoles et les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles. Ainsi le site de prélèvement situé à **Sidi Abdel Aziz** est le réceptacle des eaux provenant d'El Djenah à travers Oued El -Kebir. La région en question est très connue par une activité agricole très importante nécessitant l'épandage systémique des pesticides et des engrais chimiques indispensables pour l'assurance des bons rendements. Ce site est ainsi particulièrement exposé aux enrichissements en nutriments et pollution chimique.

Par ailleurs, les concentrations observées au niveau de la baie de **Rabta** peuvent être expliquées par les apports de Oued Moutas qui passe par la tannerie de Jijel et se déverse à la plage de Rabta. Ce dernier achemine de nombreux produits chimiques et toxiques qui sont les principales origines de l'augmentation des nitrates et les nitrites dans l'eau de mer de la baie de Rabta.

Le phosphore est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire est l'orthophosphates, il est essentiel à la vie aquatique. Dans les écosystèmes aquatiques on considère généralement le phosphore comme le principal facteur limitant de la production de la biomasse végétale (**Levêque, 1996**).

Les concentrations des orthophosphates observées le long du littoral sont homogènes, varient de 0 à 0,005 mg/l, l'analyse de la variance montre un effet station non significatif. Une faible concentration 0,005 mg/l a été enregistrée au niveau du site de **Sidi Abdel Aziz**. Ces valeurs concordent avec la norme qui est de 0 à 1mg/l dans les eaux superficielles.

## Résultats et discussion

### II. Analyse des moules :

#### II.1. Concentrations des métaux lourds dans les moules :

Le tableau suivant englobe les résultats de la teneur en ETM ans les moules prélevées des cinq stations étudiées. Les différentes concentrations sont exprimées  $\mu\text{g/g}$  du poids sec.

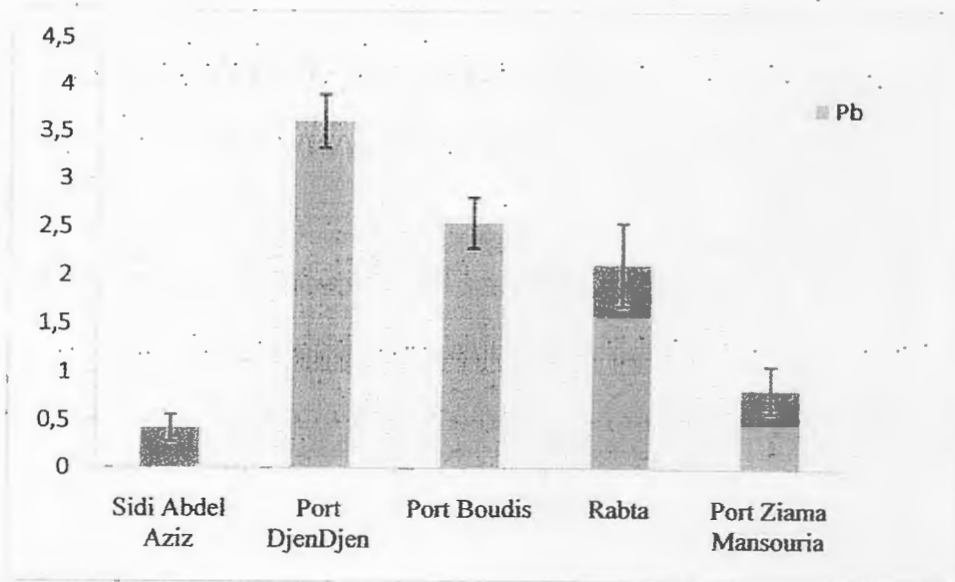
**Tableau 4 : La teneur moyenne en  $\mu\text{g/g}$  poids sec des éléments traces métalliques dans les moules.**

| Stations                     | Sidi Abdel |            | Port     |            | Port Boudis |            | Rabta |            | Port Ziama |            |
|------------------------------|------------|------------|----------|------------|-------------|------------|-------|------------|------------|------------|
|                              | Aziz       |            | DJENDJEN |            |             |            |       |            | Mansouriah |            |
| Eléments ( $\mu\text{g/g}$ ) |            |            |          |            |             |            |       |            |            |            |
| Pb                           | 0.42       | $\pm 0,14$ | 3.61     | $\pm 0,28$ | 2.55        | $\pm 0,26$ | 2.12  | $\pm 0,42$ | 0.85       | $\pm 0,24$ |
| Cd                           | 0.63       | $\pm 0,09$ | 0.29     | $\pm 0,05$ | 0.23        | $\pm 0,04$ | 0.25  | $\pm 0,05$ | 0.42       | $\pm 0,07$ |
| Zn                           | 72.7       | $\pm 1,75$ | 115.1    | $\pm 2,82$ | 112.3       | $\pm 2,34$ | 78.72 | $\pm 0,84$ | 109.5      | $\pm 1,5$  |

### III. Interprétation et discussions des résultats :

#### III.1. Le Plomb(Pb) :

Le plomb est un élément très réactif dans l'environnement, l'atmosphère est son principal vecteur vers les milieux marin. Les concentrations en plomb sont en général mille à cent mille fois plus concentrées dans les organismes marins que dans le milieu où ils vivent. (Cossa, 1993)



**Figure22 : Teneurs moyennes en Plomb dans les moules des cinq stations**

L'examen du tableau 4 et de la figure 22 montre que les concentrations moyennes en plomb dans les différentes stations étudiées varient entre un maximum de  $3,61 \pm 0,28 \mu\text{g/g}$  et un minimum de  $0,42 \pm 0,1428 \mu\text{g/g}$ . L'analyse de la variance montre un effet station significatif ( $F=0,92$ ,  $p \leq 0,05$ ).

Les concentrations les plus élevées en plomb ont été enregistrées dans le **Port de DjenDjen** avec une valeur moyenne de  $3,61 \pm 0,28 \mu\text{g/g}$ , ces dernières peuvent être attribuées à l'activité commerciale et le trafic maritime important au niveau de ce Port, en effet, plus de 200 000 véhicules sont débarqués chaque mois, à cette activité s'ajoutent aussi des opérations de réparations et d'entretien de bateaux et de navires. En outre, les apports du Plomb à la mer se font par voie atmosphérique et la source principale étant encore la combustion des automobiles, sans oublier les retombés atmosphériques de la centrale thermique de Taher qui est à proximité du port et qui constitue un émetteur important du sulfate  $\text{SO}_2$ , des nitrates  $\text{NO}_x$  et du Plomb.

Une teneur moindre est remarquée au niveau du Port de pêche **Boudis** avec une valeur moyenne de  $2,55 \pm 0,26 \mu\text{g/g}$ , cette dernière peut être expliquée par le déversement de l'oued el kantara à proximité de ce site sans oublier l'activité de pêche qui rejette des quantités variables des huiles à moteur contenant cet élément. Une teneur moyenne en plomb de  $2,12 \pm 0,42 \mu\text{g/g}$  est observée à la **baie de Rabta** qui peut être expliquée par l'installation de quelques usines et plus de 12 stations de lavage de voitures qui déversent directement dans la mer ainsi que les eaux usées domestiques.

## Résultats et discussion

Des concentrations plus faibles sont remarquées dans les stations de **Sidi Abdel Aziz**  $0,42 \pm 0,14 \mu\text{g/g}$  et le **Port de Zياما Mansouria**  $0,85 \pm 0,24 \mu\text{g/g}$ ; ces stations représentent, en effet, les zones les moins urbanisées qui sont loin de toute pollution probable.

Pour mieux caractériser le degré de pollution et le risque générer par la présence du Plomb dans les moules du littoral Jijelien pour l'environnement marin ainsi que pour la santé de l'homme, une comparaison avec les normes s'impose :

**Tableau 5: Les limites supérieurs des classes de qualités pour le plomb dans les moules en  $\mu\text{g/g}$  (RINBIO, 2000).**

|              | Classes de qualité                    |                                       |                                       |                                       |   |
|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
|              |                                       | Classe 1<br>Gamma de<br>sécurité      |                                       | Classe 3<br>Valeur<br>anormale        | Classe 4<br>Valeur<br>extrême             |
| <b>Plomb</b> | <b>1.3 <math>\mu\text{g/g}</math></b> | <b>2.1 <math>\mu\text{g/g}</math></b> | <b>2.8 <math>\mu\text{g/g}</math></b> | <b>6.6 <math>\mu\text{g/g}</math></b> | <b>&gt;6.6 <math>\mu\text{g/g}</math></b> |

Par comparaison avec la grille des normes, la station de **Sidi Abdel Aziz** et le **Port de Zياما Mansouria** sont dans la classe 0 de la gamme de référence ce qui indique une absence de pollution, ces deux stations sont loin de toute industrialisation ou autre activité polluantes.

Les stations **Rabta** et **Boudis** sont dans la classe 1 de la gamme de sécurité qui nécessite une surveillance permanente. En dernier lieu la station de **Djendjen** est classée dans la classe 2 avec des valeurs subnormales alarmantes.

La contamination par le Plomb de *M. galloprovincialis* dans certaines régions de la Méditerranée a montré une importante hétérogénéité des concentrations. Ainsi, les taux de ce polluant relevé chez ce Mollusque au niveau du littoral Jijelien  $0,17 \text{ppm}$  (Max) sont relativement moins importants que ceux des moules prélevées des côtes françaises méditerranéennes (Marseille, Toulon, golfe de Fos, Cannes à Menton, Corse est, Corse ouest, Roussillon et Languedoc) où les teneurs en Plomb enregistrées par le Réseau National d'Observation varient de  $0,30$  à  $2,28 \text{ppm}$  (RNO, 1995). Elles sont aussi moins importants que celles enregistrées dans des moules du Port d'Oran  $1,86 \text{ppm}$  (Taleb, 2004), et les moules de l'estuaire de Bouregreg au Maroc  $4 \text{ppm}$  (El Abidi, 2005)

### III.2. Le Cadmium(Cd) :

Le cadmium présente des risques chez le consommateur, même à de faibles concentrations, Cependant, il ne présente pas de toxicité aiguë pour les organismes marins à des concentrations susceptibles d'être rencontrées dans le milieu (Casas, 2005).

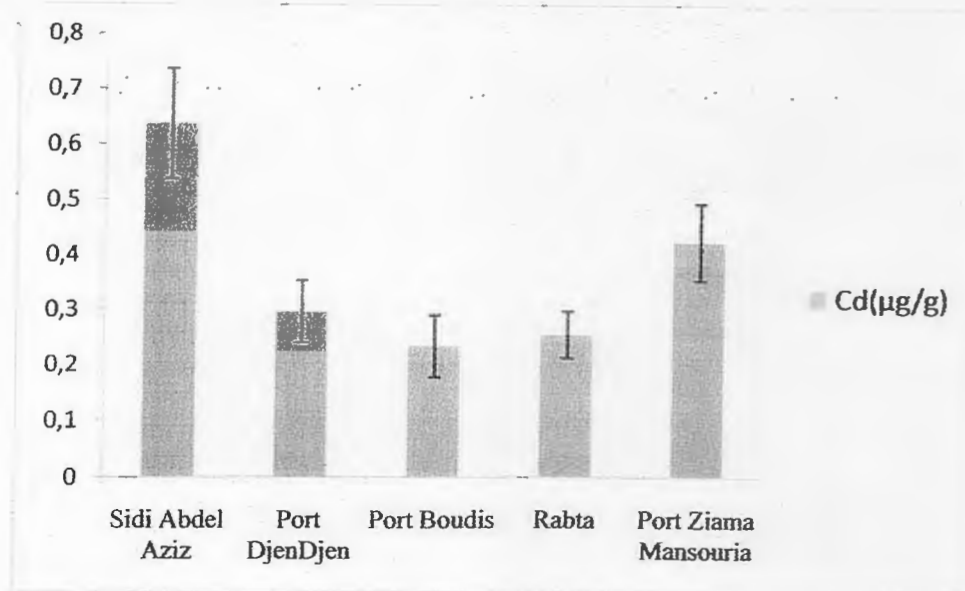


Figure23 : Teneurs moyennes en Cadmium dans les moules des cinq stations

Les teneurs en cadmium des différentes stations étudiées varient de  $0,63 \pm 0,09 \mu\text{g/g}$  à  $0,23 \pm 0,05 \mu\text{g/g}$ . L'analyse de la variance ne montre aucun effet station significatif.

La teneur en cadmium la plus élevée est observée au niveau de la station de **Sidi Abdel Aziz** avec une valeur de  $0,63 \pm 0,09 \mu\text{g/g}$ , cette teneur est fortement liée à l'activité agricole pratiquée dans la région avec des cultures sous serre, cette culture intensive est accompagnée en générale par l'utilisation massive des engrais, qui contiennent des impuretés du Cadmium. Après le lessivage des sols par les pluies une quantité de ces impuretés va se retrouver dans le milieu marin.

Des concentrations moindres sont enregistrées dans les stations : Port **DjenDjen**, Port **Ziama Mansouria** ( $0,29 \pm 0,05 \mu\text{g/g}$ ,  $0,42 \pm 0,07 \mu\text{g/g}$ ). En effet, Des cultures intensives et traditionnelles sont pratiquées dans les régions de **DjenDjen** et **Ziama Mansouria**. L'apport des cours d'eaux déversant dans ces zones peut être à l'origine de ces concentrations.

Les plus faibles concentrations en cadmium sont observés dans les deux sites **Rabta** et **Boudis** ( $0,25 \pm 0,04 \mu\text{g/g}$ ,  $0,23 \pm 0,05 \mu\text{g/g}$ ).

## Résultats et discussion

Pour mieux caractériser le degré de pollution et le risque généré par la présence du Cadmium dans les moules pour l'environnement marin ainsi que pour la santé humaine, une comparaison avec les normes est établie :

**Tableau 6 : Les limites supérieures des classes de qualités pour le cadmium dans les moules en  $\mu\text{g/g}$  (RINBIO, 2000)**

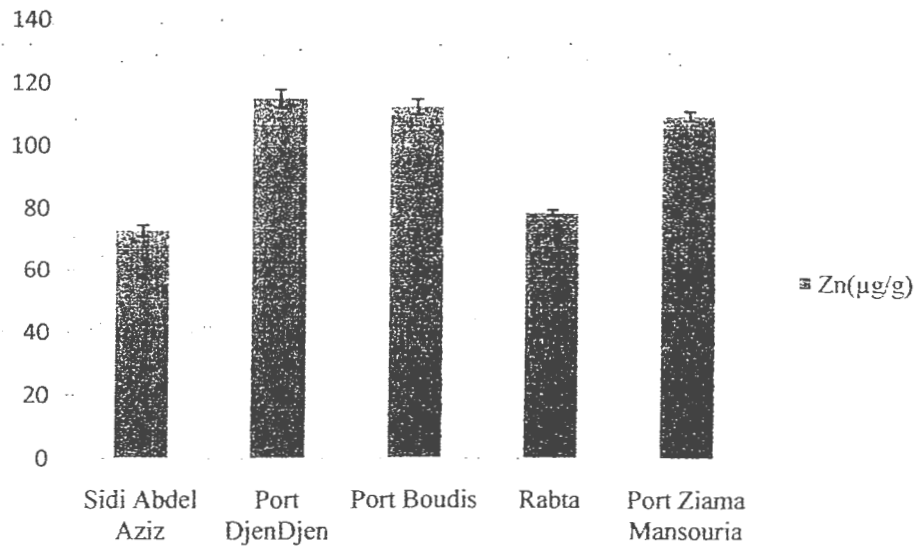
|                | Classes de qualité                   |                                       |                                       |                                       |   |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
|                |                                      | Classe 1<br>Gamma de<br>sécurité      |                                       | Classe 3<br>Valeur<br>anormale        | Classe 4<br>Valeur<br>extrême             |
| <b>Cadmium</b> | <b>1.1<math>\mu\text{g/g}</math></b> | <b>1.5 <math>\mu\text{g/g}</math></b> | <b>2.0 <math>\mu\text{g/g}</math></b> | <b>2.4 <math>\mu\text{g/g}</math></b> | <b>&gt;2.4 <math>\mu\text{g/g}</math></b> |

Les concentrations observées dans les moules des cinq sites de prélèvement sont inférieures à 1,1 $\mu\text{g/g}$ . Ces dernières sont donc dans la gamme de référence (classe 0), ce qui indique l'absence de la pollution par le cadmium dans l'ensemble des sites étudiées.

Pour le Cadmium, la teneur relevée chez *M.galloprovincialis* du littoral Jijelien (0,0366 ppm) est nettement inférieure aux valeurs indiquées par le RNO au niveau de la baie de Marseille (4,86 ppm), Toulon (8,91 ppm), Corse ouest (4,48 ppm) et Roussillon (3,00 ppm), Corse est (0,63 ppm) (RNO, 1995), l'estuaire de Bouregreg au Maroc (0,53 ppm) (El Abidi, 2005), le golfe de Fos, (0,05 ppm) et le Port d'Oran (0,12 ppm) (Taleb, 2004).

### III.3. Le Zinc(Zn) :

Le zinc est indispensable au métabolisme des êtres vivants (oligo-éléments), sa toxicité pour les organismes aquatiques n'en fait pas un contaminant prioritaire,



**Figure 24: Teneurs moyennes en Zinc dans les moules des cinq stations**

La teneur la plus élevée est observée dans la station de **DjenDjen** avec une valeur moyenne maximale de  $115,10 \pm 2,82 \mu\text{g/g}$  suivi par les stations **Port Boudis**  $112,34 \pm 2,34 \mu\text{g/g}$ , **Ziama Mansouria**  $109,5 \pm 1,5 \mu\text{g/g}$ , **Rabta**  $78,72 \pm 0,84 \mu\text{g/g}$  respectivement et en fin la station de **Sidi Abdel Aziz** avec une valeur moyenne de  $72,76 \pm 1,75 \mu\text{g/g}$ . Les différences de concentrations entre les différents sites étudiés ont statiquement significatif ( $F=2086,12$ ,  $p < 0,05$ ). Dans les trois zones portuaires le zinc est fort probablement introduit à partir de la dissolution des anodes destinée à la protection des coques de bateaux contre la corrosion, sachant aussi que le zinc est contenu dans certaines peintures antisalissure.

Les teneurs en zinc enregistrées au niveau de la Baie de **Rabta** sont d'origine anthropique, il s'agit notamment des déchets de batteries et de câbles ainsi que des apports d'un petit Oued qui passe par la tannerie et déverse au niveau de la plage de **Rabta**.

Les teneurs en zinc enregistrées au niveau de la station de **Sidi Abdel Aziz** peuvent être expliquées par l'activité agricole pratiquées dans cette zone, en effet, les engrais et les fongicides employés renferment des quantités non négligeables de zinc. Ce dernier pourrait être entraîné par l'Oued El-Kebir jusqu'à la mer.

Pour mieux évaluer le degré de pollution et le risque générer par la présence du Zinc dans les moules pour l'environnement marin que pour la santé d'homme, une comparaison avec les normes s'impose :



## Résultats et discussion

**Tableau 7 : Les limites supérieures des classes de qualités pour le zinc dans les moules en  $\mu\text{g/g}$  (RINBIO, 2000)**

|      | Classes de qualité                |                                  |                       |                                |                               |
|------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------------|
|      | Classe 0<br>Gamma de<br>référence | Classe 1<br>Gamma de<br>sécurité |                       | Classe 3<br>Valeur<br>anormale | Classe 4<br>Valeur<br>extrême |
| Zinc | 171.0 $\mu\text{g/g}$             | 222.1 $\mu\text{g/g}$            | 273.3 $\mu\text{g/g}$ | 324.4 $\mu\text{g/g}$          | >324.4 $\mu\text{g/g}$        |

D'après nos résultats, les teneurs rencontrées dans les moules des stations de **Sidi Abdel Aziz** et la baie de **Rabta** ainsi que les trois zones portuaires sont dans la gamme de référence (classe 0). Le littoral Jijelien est par conséquent non pollué par le zinc. Ces teneurs ne consistent en aucun cas de menace pour l'environnement.

Les teneurs moyennes en zinc au niveau de nos échantillons sont de 5,418 ppm, elles restent nettement à celles rencontrées chez *M. galloprovincialis* du golfe de Fos 145,3 ppm (RNO, 1995), l'estuaire de Bouregreg au Maroc 200 ppm (El Abidi, 2005) et le Port d'Oran 26,61 ppm (Taleb, 2004).

## *Conclusion*

## Conclusion

---

### Conclusion :

L'objectif de ce travail était d'évaluer les niveaux de contamination du littoral jijelien par les éléments traces métalliques (plomb, cadmium et zinc). Pour répondre à cet objectif, nous avons opté pour l'utilisation de la moule *Mitylus galloprovincialis* comme bioindicateur quantitatif de cette contamination.

Les résultats obtenus à l'issue de ce travail confirment l'intérêt de l'utilisation la moule comme bioindicateur de la pollution marine en raison de son pouvoir élevé de concentrer les polluants tels que les métaux lourds. Nos analyses montrent le danger que peut présenter le littoral Jijelien en matière de pollution métallique et le risque encouru par l'homme, consommateur de ces fruits de mer vus les teneurs décelées en ces métaux traces et comparées aux doses maximales admissibles, en particulier pour le plomb.

L'activité industrielle et artisanale, les installations classées qui restent jusqu'à présent peu nombreuses au niveau de la région de Jijel sont à l'origine des teneurs en éléments traces métalliques observées dans les moules étudiées, à cela s'ajoutera les eaux déversées directement dans la mer qui constituent une source non négligeable de perturbation du milieu. Fort heureusement, cette perturbation n'est pas alarmante surtout face aux pouvoir auto épurateur de l'écosystème marin sauf pour quelques points.

Ainsi, la surveillance de notre littoral est recommandée à une échelle spatiotemporelle et non pas spatiale afin d'assurer la viabilité de l'écosystème marin et côtier à long terme et maintenir sa diversité biologique et le protéger de diverses agressions anthropiques.

## *Références bibliographiques*

- Abada, B. 1991.** Bref aperçu de systématique des deux espèces de moules présentes sur les cotes Algériennes. Laboratoire de Biologie Marine, I.S.N., U.S.T.H.B., Bab Ezzouar, Alger.
- Alder, E. 2001.** Boues d'épurations et métaux lourds : élément d'informations. Hexagone Environnement N°36, pp 27-29.
- Aminot, A et Chaussepied, M. 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO : 395 p.
- ✕ **Aminot, A et Keroul, R. 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Ed. Ifremer, 336p.
- Amuzu, A, T ; Biney, C ; Calamari, D ; Ochumba, O ; Osubanjo, O ; Radegonde, V ; Saad, A, H. 1994.** Etude des métaux lourds. Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain, pp 154-164.
- Azzoug, M et Lamani, K. 2005.** Contribution à l'évaluation de la contamination bactériologique des eaux littorales : cas de l'émissaire de l'hôpital de bainem. Mémoire d'ingénieur, option environnement littoral. ISMAL. 50p.
- Baize, D. 2000.** Teneurs totales en "métaux lourds" dans les sols français-résultats du programme ASPITET. Courier de l'environnement de l'INRA39, pp 39-54.
- Baranger, PH ; Guyonnet, D ; le Gern, C ; Lemiére, B ; Seguin, J. 2001.** Guide sur la comportement des polluants dans les sols et les nappes. Edition BRGM. Pp 17-18. ).
- Bélangier, D. 2009.** Utilisation de la faune macrobenthique comme bioindicateur de la qualité de l'environnement marin côtier. Université de Sherbrooke
- Bliefert, C et Perraand, R. 2001.** Chimie de l'environnement air, eau, sol, déchets. Deboeck édition, pp 369-389.
- Bonnomet, V et Le goff, F. 2004.** Devenir et comportement des métaux dans l'eau : biodisponibilité et modèle BLM. Rapport technique du ministère de l'écologie et du développement durable, Direction de l'eau, pp 8-25.
- Borchardt, T. 1985.** Relationship between carbon and cadmium uptake in *Mytilus edulis*. Mar. Biol 85: 233-244.

**Bouilly, K. 2004.** Impact de factures environnementaux sur l'aneuploidie chez les huitre creuse *crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes-Oleron. Thèse de doctorat à l'université de la Rochelle, 201p.

**Bresler, V ; Mokady, O ; Fishelson, L ; Feldstein, T et Abelson, A. 2003.** Marine mollusc in environmental monitoring : II. Experimental exposure to selected pollutants. *Helgoland marine research* 57, 206-211.

**Bur, T. 2008.** Impact anthropique sur les éléments traces métalliques dans les sols agricoles de midi-Pyrénées. Thèse de doctorat de l'université de Toulouse, France, pp 9-12

**Casas, S. 2005.** Modélisation de la bioaccumulation des métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Option : océanologie biologique, environnement marin. Thèse de doctorat, Université du sud Toulon-Var. P : 12

**Chebli L., 1980.** La pollution en méditerranée : Aspects juridiques des problèmes actuels, office des publications Universitaires, Alger, 234p.

**Chiffolleau, J F ; Auger, D ; Chartier, E ; Michel, P ; Truquet, I ; Ficht, A ; Gonzalez, J. L et Romana, L. A. 2001.** Spatiotemporal changes in Cadmium contamination in the Seine estuary (France). *Estuaries* 24(6B): 1029-1040.

**Chouikhi A., Izdar E., et Menio M., 1993.** Circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes des pays du Maghreb. Workshop sur la Circulation des Eaux et Pollution des côtes Méditerranéennes du Maghreb, tenu à Rabat, Maroc du 9-11 Novembre 1992. Edition : Ui, publie par : INOC, IZMIR, Turquie, 307 P.

**Cossa, D. 1987.** Les éléments traces dans l'eau de mer: leurs niveaux de concentration et leurs mesures. Nantes (France), Rapport Ifremer DERO 87-04-MR: 11.

**Cossa, D. 1993.** Le plomb en milieu marin, Biogéochimie et écotoxicologie, Editions Ifremer, France, pp 20-21.

**Daby, D. 2006.** Coastal pollution and potential biomonitors of metals in Mauritius. *Water, Air and soil pollution* 174, 63-91.

**Dauvillier, P.1998.** Hydrocarbon pollution in the sediment of some Malaysian coastal areas *Environmental Monitoring and Assessment* 44, 443-454.

- El Abidi, L. 2005.** Contamination métalliques de *Mytilus galloprovincialis* et des sédiments au niveau de l'estuaire de Bouregreg, Laboratoire de toxicologie, B.P 769, Rabat, Maroc, pp :120,121.
- Fifield, F; Haines, P. J. 1995.** Environmental analytical chemistry. Edition Chapman and hall, pp 320-326.
- Florence, T, M. 1982.** Developpements of physicochemical speciation procedures to investigate the toxicity of copper, lead, cadmium and zinc towards aquatic biota. Anal chim. Acta 141, pp 73-94.
- Frank, C.LU. 1992.** Toxicologie données générales procédures d'évaluation organes cibles évaluation du risque, MASSON. Paris, pp293 -294
- Garrec et Van Haluwyn, 2002,** Bio-surveillance de la qualité de l'air. Tec & Doc. Paris, pp 21-28.
- Geffard, O. 2001.** Toxicité potentielles des sédiments marins et estuaires contaminés : évaluation chimique et biologique, biodisponibilité des contaminants sédimentaires. Thèse de doctorat, université de Bordeaux, France, pp 9-21.
- George, S. G. 1980.** Correlation of metal accumulation in mussels with the mechanisms of uptake, metabolism and detoxification: a review. Thalassia Jugoslavica 16 (2-4): 347-365.
- Gomela, C et Guerre, H. 1973.** Traité des eaux de distribution. Edition Eyrolles. Paris, 63p.
- Gonzalez, J.L ; Chiffolleau, J.F ; Miramand , P et Thouvenin, B .1999.** Le cadmium: comportement d'un contaminant métallique en estuaire, Programme scientifique Seine Aval, Editions Ifremer, Plouzané, France: 31.
- Grassé, P-P. 1998.** Zoologie Invertébrés. MASSON, 6<sup>ème</sup> Edition, Paris, pp 165
- Gruvel, A .1926.** Les pêches maritimes en Algérie. Station d'aquaculture et de pêches de Castiglione.2 , pp 94-135
- Hébrard-Labit, C ; Meffray, L. 2004.** Comparaison de méthode d'analyse des éléments traces métalliques et HAP sur les sols et les végétaux. CERTU, 12Op.
- Huang, H ; Wu, J.Y et Wu, J.H. 2007.** Heavy metal monitoring using bivalved shellfish from Zhejiang coastal waters. East China Sea. Environmental monitoring and assessment 129. 315-320.

- Hubiche, J.L. 2002.** La dynamique de la vie, L'eau support de vie, l'Oxygène de l'eau. Edité par Loire Estuaire Cellule de Mesures et de Bilans.
- Jourdon, B ; Piantonne, P ; Guyonnet, D. 2005.** Atténuation des métaux à l'aval de site de stockage de déchets. Synthèse bibliographique. Rapport BRGM/RP-54417. Fr
- Kaimoussi, A ; Chafik, A ; Mouzdahir, A et Bakkas, S. 2001.** The impact of industrial pollution on the Jorf Lasfar coastal zone (Morocco, Atlantic Ocean): the mussel as an indicator of metal concentration. *Earth Planet. Sci.* 333: 337-341.
- Langston, W. J. et Spence, S. K. 1995.** Biological factors involved in metal concentrations observed in aquatic organisms. *Environ. Sci. Technol.* 26: 407-467.
- Lêveque, C. 1996.** Ecologies de l'écosystème à la biosphere. Edition Dunod. Paris, pp 364-365.
- Luoma, S. N. 1983.** Bioavailability of trace metals to aquatic organisms - a review. *Sci. Total. Environ.* 28: 1-22.
- Magni, P. 2003.** Biological benthic tools as indicators of coastal marine ecosystems health. *Chemistry and ecology* 19, 363-372.
- Marchand, M et Kantin, R. 1997.** Les métaux traces en milieu aquatique. *Océanis* 23(4): pp. 595-629
- Miquel, G. 2001.** Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques. P : 94, 95.
- Nakib, L.2010.** Mise au point d'une technique d'extraction des éléments traces métalliques dans les produits de la mer et leur dosage par S.A.A. Option : La surveillance de la chaîne alimentaire de la filière viande. Thèse de Magister de l'université de Constantine, pp60-63.
- Office alimentaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPESCT). 2001.** Effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport 261.
- Partrick, S.2003.** Guide des analyses de la qualité de l'eau. Edition Techni-cités, pp 109-193.
- Perez,T ; Sartoretto, S ; Soltan, D ; Capo, S ; Fourt, M ; Dutrieux, E ; Vacelet, J ; Harmelin, J.G ; Rebouillon, P. 2000.** Etude bibliographique sur les bioindicateurs de l'état du milieu marin. Système d'évaluation de la Qualité des Milieux littoraux – Volet biologique. Rapport Agences de l'Eau, 4 fascicules, 642 pp.
- Prasad, M.N.V et Freitas, H. 2000.** Removal of toxic metals from solution by leaf, stem and root phytomass of *Quercus ilex* (Hollyoak). *Environmental pollution*, 110(2): 277-283.



- Quéro, J-C et Vayne J-J. 1998.** Les fruits de la mer. MASSON, Paris, pp 86-99.
- Rainbow, P. S. 1990.** Heavy metal levels in marine environment. Heavy metals in the marine environments. R. W. Furness, P. S. Rainbow et C. Press, CRC Press, Boca Raton: 68-79.
- Ramade, F. 1992.** Précis d'écotoxicologie. Paris.
- Ramade, F. 2002.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement, 2<sup>ème</sup> édition, DUNOD, Paris, pp76-89).
- Ramade, F. 2007.** introduction à l'éco toxicologie, LavoisierTEC &DOC, Paris, pp420-422
- RINBIO. 2000.** Surveillance du milieu marin, travaux du Réseau Intégrateurs BIOlogiques, laboratoire environnement ressource-LR, IFREMER. France.
- RNO.1995.** Surveillance du milieu marin, travaux du Réseau National d'Observation, IFREMER et Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, France.
- Rao, J.V; Kavitha, P; Srikanth, K; Usman, P.K et Rao, T.G. 2007.** Environmental contamination using accumulation of metals in marine sponges, *Sigmadocia fibulata* inhabiting the coastal waters of Gulf of Mannar, India. Toxicological and environmental chemistry 89, 487-498.
- Robert, M. 1996.** Le sol interface dans l'environnement ressource pour le developpement. MASSON, Paris Milan Barcelon, pp152-168.
- Rodier, J.1996.** L'analyse de l'eau : eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer, huitième édition, DUNOD, Paris, 1384p.
- Rollin, C et Quiot, F. 2006.** Eléments traces métalliques : guide méthodologique recommandation pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux sous-terraines, INERIS, pp 23-56.
- Romeo, M- P; Horau, G; Garello, M; Gnassia-Barelli et Girard J. P. 2003.** Mussel transplantation and biomarkers as useful tools for assesing water quality in the NW Mediterranean. Environ. Pollut 122(3): 369-378.
- Talb, MZ.2007.** La moule *Mytilus galloprovincialis* bioindiatrice de la pollution marine-cas du Port d'Oran. Université d'Oran Es-Sania, Science&technologie C-N°25. pp :59-64
- Tardat-hnri.1992.** Chimie des eaux. Griffon d'Argile. 2<sup>ème</sup> édition, Paris, 537p.

**Tessier, A and Turner, D.R (Eds). 1995.** Metal speciation and bioavailability in aquatic systems. New York : John Wiley and sons, 679 p.

**Tonneau, J. 2003.** D'un bout à l'autre de la chaîne printemps des sciences. 10p.

**Ven der Perk, M. 2006.** Soil and water contamination from molecular to catchement scale.

# *Annexes*

## Annexe I

### I. Etude Climatologique :

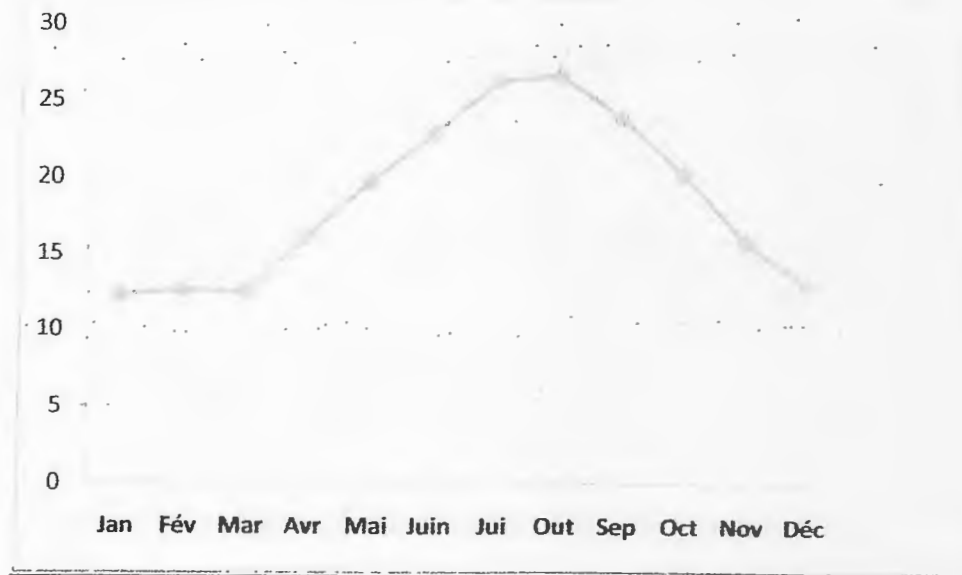
Le climat de la wilaya de Jijel est un climat tempéré avec un hiver doux caractéristique des régions méditerranéennes :

#### I.1. La température :

La température présente un facteur limitant de toute première importance, le tableau 1 nous résume la répartition mensuelle moyenne de la température sur la période entre 2005 et 2011

- Répartition de la moyenne mensuelle de la température (C°) entre 2007 et 2011 (source : ONM de Jijel, 2011)

| Mois<br>Années | Jan         | Fév         | Mar         | Avr         | Mai         | Juin        | Jui         | Out         | Sept        | Oct         | Nov         | Dèc         |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2007           | 12,3        | 13,9        | 13,2        | 16,7        | 19,8        | 22,8        | 25,1        | 26,8        | 23,5        | 20,0        | 14,9        | 12,3        |
| 2008           | 12,4        | 13,1        | 9,0         | 16,6        | 18,9        | 22,3        | 25,9        | 26,0        | 24,2        | 20,3        | 15,0        | 11,9        |
| 2009           | 11,9        | 11,6        | 13,2        | 15,2        | 20,8        | 23,6        | 27,4        | 27,0        | 23,4        | 20,1        | 16,5        | 14,7        |
| 2010           | 12,5        | 13,9        | 14,4        | 16,4        | 18,0        | 21,5        | 25,5        | 25,5        | 23,3        | 20,1        | 15,8        | 13,4        |
| 2011           | 11,9        | 11,8        | 14,4        | 17,2        | 19,5        | 22,5        | 26,4        | 26,3        | 24,4        | 20,5        | 17,0        | 13,1        |
| <b>Moye</b>    | <b>12,2</b> | <b>12,9</b> | <b>12,8</b> | <b>16,4</b> | <b>19,4</b> | <b>22,5</b> | <b>26,3</b> | <b>26,3</b> | <b>23,8</b> | <b>20,2</b> | <b>15,8</b> | <b>13,0</b> |



Variation annuelle de la température dans la wilaya de Jijel entre 2007 et 2011.

### I.2. Pluviométrie :

Le tableau suivant nous révèle les moyennes mensuelles de précipitation en (1 /10<sup>cm</sup> MM) dans la wilaya de Jijel (source : OMS de Jijel, 2011).

- Cumul mensuel de précipitation en (1 /10<sup>cm</sup> MM) dans la wilaya de Jijel (source : OMS de Jijel, 2011)

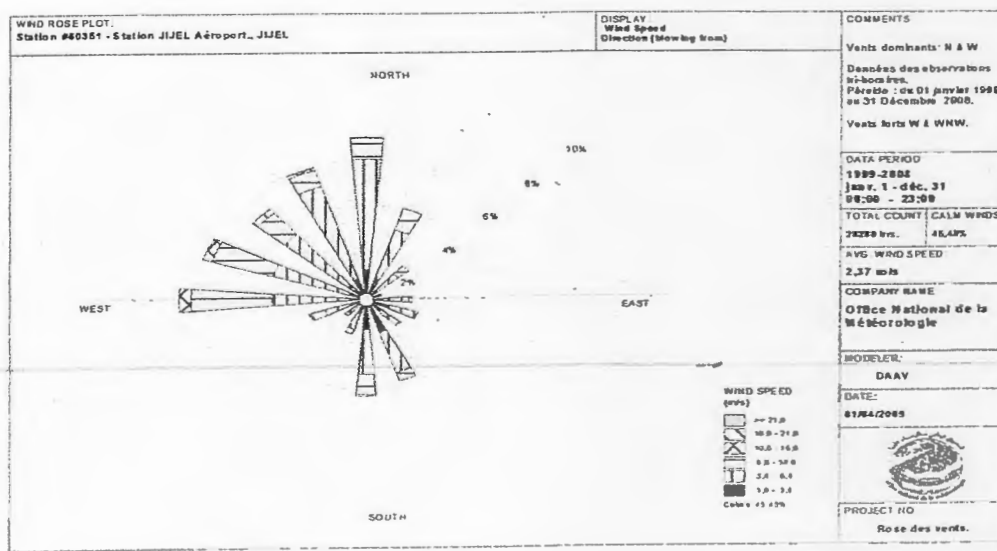
| Mois<br>Années | Jan    | Fév    | Mar   | Avr   | Mai   | Juin  | Juin  | Out   | Sept  | Oct    | Nov    | Dec    |
|----------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 2008           | 034,3  | 027,4  | 172,1 | 018,8 | 144,7 | 003,7 | 000,0 | 001,3 | 086,7 | 030,8  | 109,8  | 145,9  |
| 2009           | 207,9  | 085,9  | 078,2 | 183,8 | 014,4 | 000,3 | 000,5 | 010,8 | 172,3 | 068,2  | 154,9  | 139,6  |
| 2010           | 121,4  | 060,2  | 105,4 | 052,5 | 081,0 | 049,5 | 002,1 | 001,4 | 053,0 | 218,5  | 195,9  | 110,3  |
| 2011           | 078,9  | 143,5  | 089,9 | 069,7 | 033,4 | 027,0 | 008,1 | 000,0 | 014,7 | 273,8  | 234,0  | 159,9  |
| MOYE           | 110,62 | 105,66 | 111,4 | 081,2 | 68,37 | 20,12 | 02,67 | 03,37 | 81,67 | 147,82 | 173,65 | 138,92 |



La variation du cumul mensuel de précipitation en mm dans la wilaya de Jijel (2008-2011)

I.3. Les vents :

Les vents dominants soufflants sur les cotes de la wilaya de Jijel proviennent du secteur **Ouest-Nord-Ouest** avec des fréquences d'apparition plus élevées d'octobre à avril et des vitesses maximales observées de l'ordre de 25 à 30 m/s. Les vents **Est et nord-Est** sont également très fréquents et se manifestent surtout de mai à septembre, mais avec des maximas de vitesse ne dépassant pas les 20m/s. (SONELGAZ, 2010).



## ANNEXE 2

❖ Résultats des paramètres mesurés dans les cinq stations.

### 1- Paramètres physicochimique :

| stations<br>Paramètres                      | Sidi<br>Abdel Aziz | Port Djen<br>djen | Port de<br>Boudis | Rabta | Ziama<br>Mansouriah |
|---|--------------------|-------------------|-------------------|-------|---------------------|
| Conductivité<br>( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) | 38,26              | 37,74             | 42,4              | 40,3  | 42,1                |
| Salinité. (‰)                               | 23,53              | 22,4              | 27,86             | 22,64 | 25,76               |
| T (°C).                                     | 22,13              | 22,1              | 19,43             | 18,28 | 17,9                |
| pH  | 7,97               | 7,59              | 7,60              | 7,61  | 7,00                |
| O <sub>2</sub> dessous.<br>Mg/l             | 8,71               | 7,53              | 9,91              | 10,09 | 7,43                |

## 2. Paramètres chimiques :

| Stations<br>éléments    | Sidi Abdel<br>Aziz | Port Djen<br>djen | Port Boudis | Rabta | Ziama<br>Mansouriah |
|-------------------------|--------------------|-------------------|-------------|-------|---------------------|
| Nitrites mg/l           | 0,71               | 0,495             | 0,195       | 0,645 | 0,425               |
| Nitrates mg/l           | 9,40               | 8,46              | 5,46        | 6,64  | 7,24                |
| Orthophosphates<br>mg/l | 0,005              | 0                 | 0           | 0     | 0                   |

## 3. Paramètres biométriques :

| Station                  | Longueur (cm) |       |    | Largueur (cm) |       |    | Poids<br>sec(g) | Poids<br>frai (g) |
|--------------------------|---------------|-------|----|---------------|-------|----|-----------------|-------------------|
|                          | Min/Max       | Moye. | N  | Min/Max       | Moye. | N  | Min/Max         | Min/Max           |
| Sidi Abdel<br>Aziz       | 2.3/5         | 5.28  | 30 | 1.1/3.5       | 2.01  | 30 | 0.05/0.18       | 0.4/1.3           |
| Port<br>DJENDJEN         | 3.9/6.3       | 6.09  | 30 | 3/5.5         | 4.08  | 30 | 0.11/1.05       | 1/10.7            |
| Port Boudis              | 2.8/7.9       | 5.89  | 30 | 2/5           | 4.01  | 30 | 0.03/0.75       | 0.2/3.8           |
| Rabta                    | 3.2/7         | 5.06  | 30 | 2.4/4.6       | 3.46  | 30 | 0.02/0.42       | 0.73/3.11         |
| Port Ziama<br>Mansouriah | 2.4/5         | 5.2   | 30 | 2/3.7         | 3.13  | 30 | 0.07/1.12       | 0.1/2.4           |



4. La teneur moyenne en ppm des éléments trace métallique dans les moules dans les cinq stations :

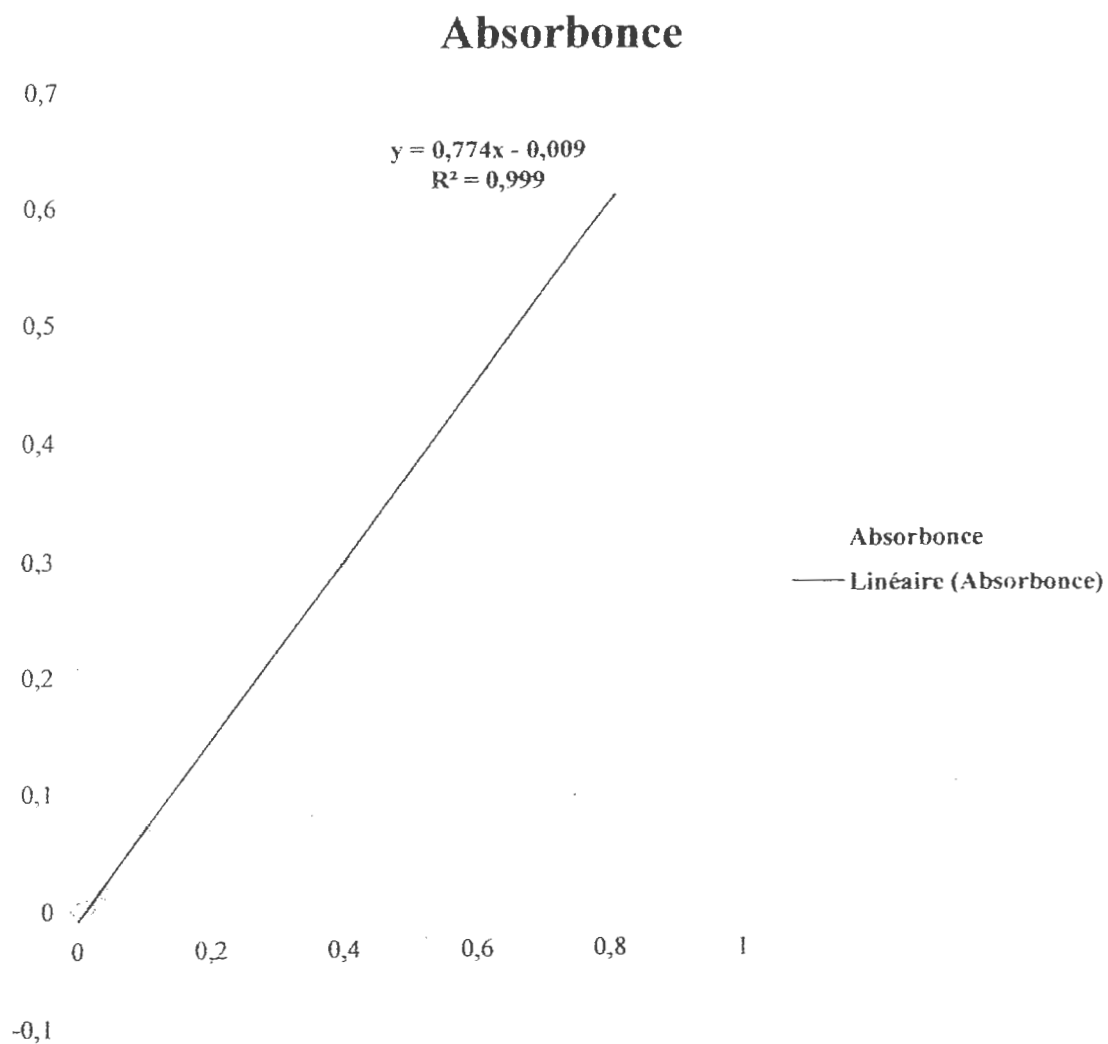
| Stations<br>éléments | Sidi Abdel<br>Aziz | Port<br>DJENDJEN | Port Boudis | Rabta | Port Ziama<br>Mansouriah |
|----------------------|--------------------|------------------|-------------|-------|--------------------------|
| <b>Pb. ppm</b>       | 0.02               | 0.17             | 0.12        | 0.10  | 0.04                     |
| <b>Cd.ppm</b>        | 0.03               | 0.014            | 0.011       | 0.012 | 0.02                     |
| <b>Zn.ppm</b>        | 3.42*              | 5.41*            | 5.15*       | 3.70* | 5.28*                    |

NB :

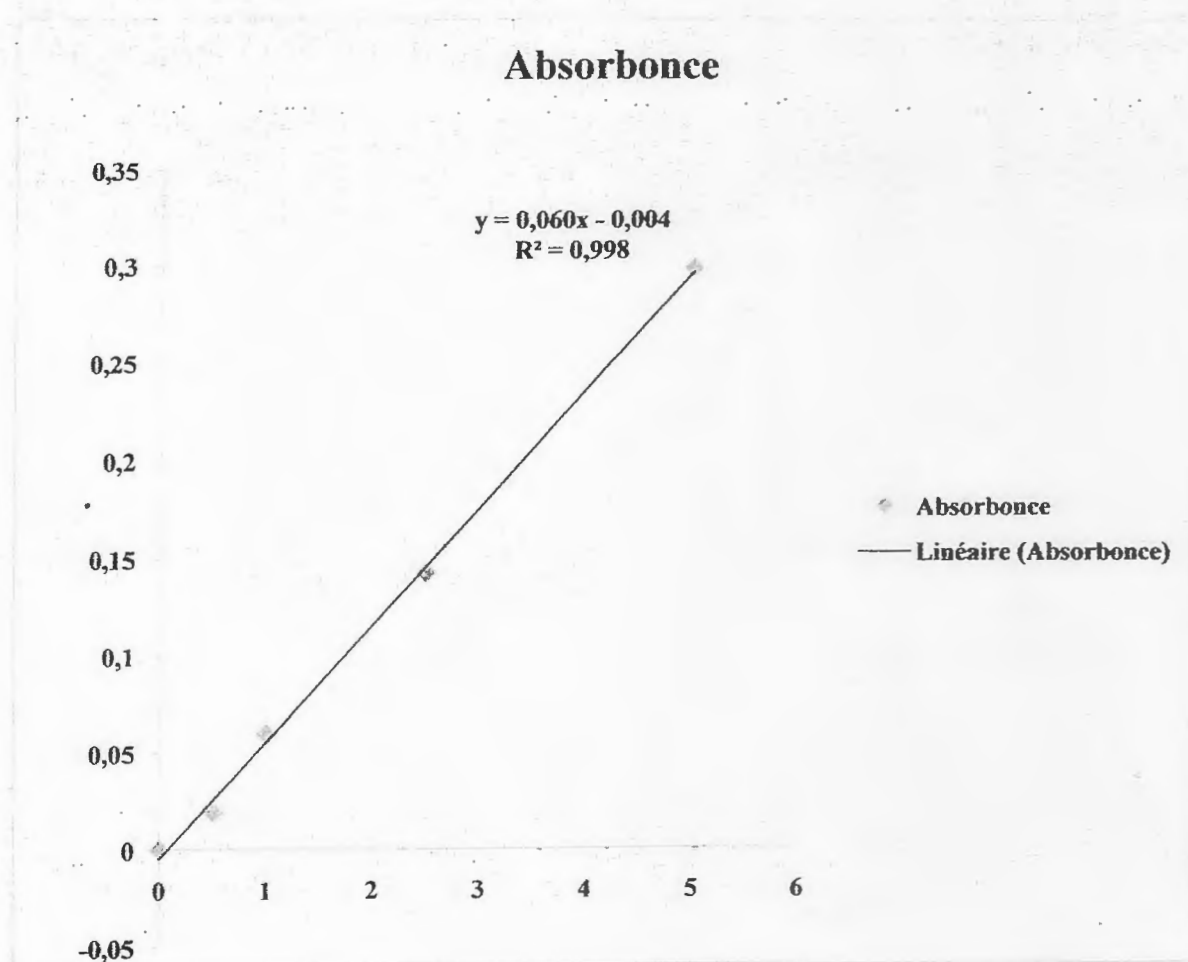
-Les valeurs qui sont marquées par une étoile ont précédé à une dilution de 1/10.

# ANNEXE 3

## 1- Courbe d'étalonnage des nitrites dans l'eau :



## 2. Courbe d'étalonnage de nitrates dans l'eau.



**NOM**  
Karaoui  
Laredj

**PRENOM**  
Amina  
Fatma.Zohra

**Date de soutenance**  
Juin 2012

### Résumé

Le présent travail consiste à évaluer le degré de contamination du littoral Jijelien par les éléments trace métalliques. Cette évaluation est basée sur l'utilisation la moule Africaine (*Mytilus galloprovincialis*) comme bio indicateurs de la pollution marine. Une étude spatiale de la teneur en plomb, cadmium et zinc. Le littoral Jijelien est soumis à de nombreux rejets complexes d'origines diverses. Les résultats obtenus montrent une contamination par le Plomb au niveau de la baie de Rabta et le Port Boudis et une pollution au niveau du Port de DjenDjen, et l'absence de la pollution par le Cadmium et le Zinc le long du littoral.

**Mots-clés :** littoral, métaux lourds, moule, contamination, pollution.

### Abstract

The present work is to assess the degree of contamination of coastal Jijelien by metallic trace elements, this assessment is based on the use of the African mussel (*Mytilus galloprovincialis*) as biological indicators of marine pollution, followed through the spatial contents of lead, cadmium and zinc was performed. The coast of Jijel is subject to many complex discharges from various sources. The results of metal contents have a Lead contamination at Rabta Bay, and Port Boudis and pollution at the port of DjenDjen, and lack of pollution by cadmium and zinc along the coastline.

**Key words:** coastline ,heavy metals, contamination, mussels, pollution

### ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة درجة تلوث الساحل الجيجلي ببعض المعادن الثقيلة هذه الدراسة تركز على استعمال بلح البحر *Mytilus galloprovincialis* كمؤشر بيولوجي للتلوث البحري و هذا من خلال المتابعة المكثفة لتركيز العناصر (الرصاص- الكاديوم-الزنك) في بلح البحر. النظام البيئي معرض لعدة تصريفات معقدة من مصادر مختلفة. نتائج التحاليل المتحصل عليها تبين وجود تلوث معتبر بمعادن الرصاص على مستوى ميناء جن جن يليها بدرجة اقل خليج الرابطة و ميناء بونديس في حين لم نسجل أي حالة لتلوث بمعادن الكاديوم و الزنك على طول الساحل.

**الكلمات المفتاحية:** الساحل, المعادن الثقيلة, التلوث, بلح البحر