

République Algérienne Démocratique et populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de Jijel

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

Département biologie végétale et animale

جامعة جيجل

كلية العلوم الدقيقة و علوم الطبيعة و الحياة  
قسم البيولوجيا النباتية و الحيوانية

جامعة محمد الصديق بن يحيى  
كلية العلوم الطبيعية و الحياة  
المكتبة  
رقم الجرد : 1937



Mémoire de fin d'études  
En vue de l'obtention du diplôme : Master  
Option : Toxicologie de l'environnement

Thème

*Evaluation des teneurs en éléments trace métalliques ( plomb et  
cadmium ) dans les eaux du littoral Jijilien*

Jury

President: Mr BOUDJLAL F

Examineur: Mr KRIKA A

Encadreur: Mlle CHEBAB S

Préparé par:

KHEBBACHE WAFIA

ABDELALI KHADIDJA

Numéro d'ordre : ...../.....

Année universitaire: 2011/2012

# REMERCIEMENT

*Louange Allah, le tout puissant, qui a permis à ce travail de voir le jour.*

*Nous remercions nos parents, pour tout leur amour, leur encouragement, et leur soutien ...*

*Nous tenons à remercier respectivement, notre encadreur M<sup>me</sup> CHEBAB SAMIRA.*

*Nos témoignage le plus ardent et nos sincères remerciements vont également aux*

*Nombre du juré Mr KRIKA. A et Mr BOUDJLAL. F, pour leurs disponibilités*

*Nos vifs remerciements vont à tous les enseignants qui nous ont suivis durant nos 5 ans d'études.*

*A tous nos collègues de la promotion 2012*

*Enfin, nous adressons nos remerciements à toutes personnes ayant contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.*

*WAFIA - KHADIDJA*



# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents pour leurs dévouements,  
leurs amours, leurs sacrifices et leurs encouragements.  
Que ce travail soit, pour eux, un faible témoignage de  
ma profonde affection et tendresse.*

*A mes sœurs*

*A mes frères*

*A toute ma famille et à tous mes chers amis*

*Chacun par son nom.*

*Je tiens également à associer à cette œuvre tous  
mes collègues de toxicologie de l'environnement  
promotion 2012 que j'ai eu le plaisir de côtoyer  
pendant cette période de formation.*

WAFIA

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents pour leurs dévouements,  
leurs amours, leurs sacrifices et leurs encouragements.  
Que ce travail soit, pour eux, un faible témoignage de  
ma profonde affection et tendresse.*

*A ma sœur*

*A mes frères*

*A mon fiancier*

*A toute ma famille et à tous mes chers amis*

*Chacun par son nom.*

*Je tiens également à associer à cette œuvre tous  
mes collègues de toxicologie de l'environnement  
promotion 2012 que j'ai eu le plaisir de côtoyer  
pendant cette période de formation.*

*KHADIDJA*

## Liste des abréviations

- Km : Kilomètre
- m : Mètre
- Km<sup>3</sup> : Kilomètre cube
- % : Pourcentage
- ‰ : Pour mille
- g/kg : Gramme par kilogramme
- Na Cl : Chlorure de sodium
- Ph : Le potentiel d'hydrogène
- CO<sub>2</sub> :Dioxyde de carbone
- T° :Température
- °C :Degré Celsius
- S :Salinité
- CE La conductivité électrique
- μS/cm Micro simens par centimètre
- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>Nitrate
- NO<sub>2</sub><sup>-</sup> Nitrites
- PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>Phosphate
- mg/l Milligramme par litre
- *UNESCO* Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
- *GESAMP* Groupe des Experts Scientifiques et Aspect de Protection de

### L'Environnement Marin

- ETM : éléments traces métalliques.
- AFNOR : Association Française de Normalisation.
- DOC : carbone organique dissous.
- CO : carbone organique
- g/Cm<sup>3</sup> : gramme par centimètre cube.
- Mm : millimètre
- μm : micromètre
- MO : la matière organique.



- OD : Oxygène dissous
- ppm : partie par million.
- SAA : Spectrophotométrie d'absorption atomique.
- St : Station.
- STEP : Station d'épuration
- Pb : Plomb
- Cu : Cuivre
- Zn: Zinc
- Cd :Cadmium
- Hg : Mercure
- mg/Kg : Milligramme par kilogramme
- PbS : galène
- TAC : titre alcalimétrique complet
- CdO : l'oxyde anhydre
- $\mu\text{g/j}$  : Microgramme par jour
- $\text{km}^2$  : kilomètre carré
- $\text{hm}^3/\text{an}$  :
- Hab : Habitat
- DCE Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE
- INRS Institut National de Recherche et de Sécurité

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I</b>	Les constituants majeurs de l'eau de mer	<b>04</b>
<b>Tableau II</b>	Normes des paramètres physico-chimiques et métaux lourds recommandées pour les eaux de mer	<b>07</b>
<b>Tableau III</b>	Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement	<b>10</b>
<b>Tableau IV</b>	Potentialité en eaux superficielles de la zone littorale	<b>20</b>
<b>Tableau V</b>	Réserve des nappes de la wilaya	<b>21</b>
<b>Tableau VI</b>	Plages autorisées à la baignade et leurs longueurs dans la wilaya de Jijel	<b>22</b>
<b>Tableau VII</b>	Liste des plages interdites à la baignade dans la wilaya de Jijel	<b>23</b>
<b>Tableau VIII</b>	Les principales unités industrielles dans la bande littorale de la wilaya	<b>24</b>
<b>Tableau IX</b>	Répartition générale des terres des communes littorales	<b>25</b>
<b>Tableau X</b>	Situation des rejets des eaux usées urbaines dans la bande littorale de Jijel	<b>26</b>
<b>Tableau XI</b>	Situation de la zone côtière de Jijel en déchets solides urbains	<b>26</b>
<b>Tableau XII</b>	Résultats moyen des paramètres physico-chimiques de l'eau des six stations étudiées	<b>44</b>
<b>Tableau XIII</b>	Résultats des concentrations du Pb et Cd dans l'eau et patelle	<b>49</b>

## Liste des figures

Figure	Titre	page
Figure 01	Le positionnement géographique de la wilaya de Jijel	17
Figure 02	La présentation de la limite de la zone littorale de la wilaya	18
Figure 03	Le réseau hydrographique de la wilaya de Jijel	19
Figure 04	Colonie de <i>Patella caerulea</i> dans la plage d'Ouled Bounar	28
Figure 05	Schéma de l'anatomie générale d'un mollusque gastéropode	30
Figure 06	Microscopie électronique de la radula de patelle	32
Figure 07	Localisation de la station 01	34
Figure 08	Localisation de la station 02	34
Figure 09	Localisation de la station 03	35
Figure 10	Localisation de la station 04	36
Figure 11	Localisation de la station 05	36
Figure 12	Localisation de la station 06	37
Figure 13	Les valeurs moyennes du pH enregistrés dans les stations étudiées	45
Figure 14	Les valeurs moyennes du T° enregistrés dans les stations étudiées	46
Figure 15	Les valeurs moyennes de la CE enregistrées dans les stations étudiées	46
Figure 16	Les valeurs moyennes de la salinité enregistrée dans les stations étudiées	47
Figure 17	Les valeurs moyennes en nitrate enregistrés dans les stations étudiées	48
Figure 18	Les valeurs moyennes en nitrite enregistrés dans les stations étudiées	48
Figure 19	Les valeurs moyennes en orthophosphate : enregistrés dans les stations étudiées	49
Figure 20	Les concentrations moyennes en Pb dans l'eau et la patelle	50
Figure 21	Les concentrations moyennes en Cd dans l'eau et patelle enregistrés.	51



# Sommaire

Introduction .....	01
--------------------	----

## *Synthèse bibliographique*

### **Chapitre I : la pollution marine et ETM**

1. Le littoral .....	01
1.1. Définitions .....	02
1.2. Délimitation du périmètre de la zone littoral .....	02
1.3. Dimension écologique et environnementale .....	02
1.4. Littoralisation .....	03
2. L'eau de mer .....	03
2.1. Définition .....	03
2.2. Caractéristiques .....	03
2.3. Les composés de l'eau de mer .....	03
2.3.1. Constituants majeurs .....	03
2.3.2. Constituants mineurs .....	04
2.3.3. Source des Constituants dissous de l'eau de mer .....	04
2.4. Propriétés physico-chimiques de l'eau de mer .....	05
2.4.1. Potentiel d'hydrogène (pH) .....	05
2.4.2. Température (T°) .....	05
2.4.3. Salinité (S) .....	05
2.4.4. Conductivité électrique (CE) .....	06
2.4.5. Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	06
2.4.6. Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	06
2.4.7. Phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) .....	06

2.5. Normes acceptables pour les eaux de mer .....	06
3. Pollution marin.....	07
3.1. Le milieu marin.....	07
3.2. Définition .....	07
3.3. Principales sources de la pollution marine .....	08
4. Les métaux lourds .....	09
4.1. Définition .....	09
4.2. Sources de pollution par les ETM.....	09
4.2.1. Sources naturelles.....	09
4.2.2. Sources anthropiques .....	10
4.3. Spéciation et biodisponibilité des ETM en milieu marin.....	10
4.4. Effets des ETM sur la vie aquatique .....	11
4.5. Comportement des ETM dans l'eau .....	11
4.5.1. Formes des ETM dans l'eau .....	11
4.5.1.1. En phase particulaire .....	11
4.5.1.2. En phase dissoute .....	12
4.5.2. Distribution et transformation .....	12
4.6. Les métaux étudiés .....	12
4.6.1. Le plomb .....	12
4.6.1.1. Généralités .....	12
4.6.1.2. Propriétés physico-chimiques du plomb .....	13
4.6.1.3. Sources naturelles .....	13
4.6.1.4. Sources anthropiques .....	13
4.6.1.5. Toxicité du plomb .....	12
4.6.1.6. Comportement du plomb dans l'eau .....	14
4.6.2. Cadmium.....	14
4.6.2.1. Généralités .....	14
4.6.2.2. Propriété physicochimique.....	15
4.6.2.3. Sources naturelles .....	15
4.6.2.4. Sources anthropiques .....	15
4.6.2.5. Toxicité du cadmium.....	15
4.6.2.6. Comportement du cadmium dans l'eau .....	15

# Chapitre II : Littoral Jijilien et la patelle

## Partie I : Le littoral jijilien

1. Présentation de la wilaya .....	17
2. Caractéristiques climatiques de la wilaya .....	18
2.1. Pluviométrie .....	18
2.2. Température .....	18
2.3. Le vent.....	19
3. Hydrographie.....	19
3.1. Potentialité en eaux superficielles.....	20
3.2. Potentialités en ressources souterraines .....	20
4. Circulation des eaux et hydrologie dans le bassin algérien.....	21
5. Plages et sédimentologie .....	22
5.1. Les plages.....	22
5.2. Sédimentologie sous-marine .....	23
6. Littoralisation et les activités en zone marine et littoral .....	24
6.1. L'industrie de wilaya .....	24
6.2. Les activités agricoles .....	25
6.3. Les sources de pollution dans la zone côtière de Jijel.....	26
6.3.1. Rejets liquides .....	26
6.3.2. Déchets solides.....	26

## Partie II : la patelle

1. Description.....	28
2. Systématique .....	29
3. Anatomie.....	29



4. Ecologie.....	30
5. Nutrition et mode d'assimilation des métaux.....	31
6. Facteurs influençant l'absorption de métaux .....	32
7. Sexualité et reproduction.....	32

## **Chapitre III: Matériel et méthodes**

1. Présentation des zones d'études .....	34
1.1. La plage de Beni Belaid (Station 01/St 01).....	34
1.2. Port de DjenDjen (Station 02/St 02).....	34
1.3. Port de Boudis(Station 03/St 03).....	35
1.4. Plage de Rabta (Station 04/St 04).....	35
1.5.Plage d'ouled Bounar(station 05/St 05).....	36
1.6. Plage du rocher noir (Station 06/St 06).....	36
2. Choix de l'espèce .....	37
3. Choix de la taille .....	37
4. Choix des métaux .....	38
5. Méthodes d'échantillonnages et analyses.....	39
5.1. Prélèvement des échantillons .....	39
5.1.1. Prélèvement de l'eau de la mer.....	39
5.1.2. Prélèvement des patelles .....	39
5.2. Conditionnement et préparation des échantillons.....	40
5.2.1. La patelle.....	40
5.2.1.1. Identification, préparation des individus et mesure des paramètres	

biométriques.....	40
5.2.1.2. Broyage et tamisage.....	40
5.2.1.3. Le conditionnement avant dosage .....	41
5.3. Les dosages.....	41
5.3.1. Dans l'eau de mer .....	41
5.3.1.1. Dosage des sels nutritifs (Nitrite, Nitrate, Ortho phosphate).....	41
5.3.2. Dosage des métaux lourds .....	42
5.4-L'analyse statistique.....	43

## **Chapitre IV : résultats et discussion**

Résultats.....	44
Discussion globale.....	52
<b>Conclusion.....</b>	<b>56</b>

# *Introduction*



## Introduction

La pollution est un problème d'actualité; elle affecte pratiquement tous les écosystèmes y compris l'environnement marin. Parmi les éléments polluants qui peuvent arriver dans ce milieu, il y a les éléments traces métalliques qui se trouvent généralement à de faibles concentrations, de l'ordre du ppm [1].

La contamination par ces derniers est considérée comme un problème sérieux compte tenu de leur toxicité et de leur pouvoir cumulatif dans la chaîne trophique. Ainsi l'évaluation du niveau de contamination métallique dans les organismes marins permet de rendre compte de la qualité de ces zones côtières [2].

*P. caerulea* est une espèce endémique de la méditerranée, elle est utilisée dans les programmes de surveillance de la qualité du milieu marin par les métaux [3].

C'est un organisme marin qui répond à de nombreuses caractéristiques de modèle biologique pour la surveillance du milieu marin [4].

Dans le cadre de cette étude, nous avons tenté, au moyen d'un modèle expérimental animal, d'obtenir une idée sur l'état du milieu marin, le long de la portion littoral Jijilien ;

La présente étude a un double objectif :

L'objectif principal est de

- ✓ quantifier et déterminer la teneur en éléments trace métalliques (Pb et Cd) dans les eaux du littoral.
- ✓ puis tester l'efficacité d'un invertébrés marins: la patelle *Patella caerulea* en tant qu'espèces bio indicatrice ; bioaccumulatrice de métaux trace, et sa possible d'application dans le domaine de l'écotoxicologie.

Pour répondre à ces objectifs, six stations le long du littoral Jijilien ont été sélectionnées en tenant compte des principales sources de pollution.

Le travail s'articule autour de trois parties :

La première partie représente une synthèse bibliographique sur le littoral Jijilien, la pollution marine et une présentation de la patelle.

La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale qui expose le matériel, les méthodes et une description des zones d'étude.

Dans la troisième partie on expose les résultats et la discussion.

Et en fin notre travail sera clôturé avec une conclusion.

## **1. Le littoral**

### **1.1. Définition**

Le mot littoral vient du latin, de :litus, litoris : le rivage, la côte, un site sur la plage , un lieu de débarquement. Plusieurs définitions ont été proposées pour le littoral selon le domaine. Le milieu littoral comprend la cote elle-même (écosystèmes des plages, dunes littorales, estuaires....) et l'eau de mer baignant les côtes.

Pour les biologistes marins, le littoral dépend de la pénétration de la lumière dans la mer. Il est subdivisé en mésolittoral, supralittoral et infralittoral [5].

### **1.2. Délimitation du périmètre de la zone littoral**

La délimitation proposée reprend la définition du littoral au sens de l'article 7 de la loi 02-02 du 05 février 2002. Le littoral englobe l'ensemble des îles et îlots, le plateau continental ainsi qu'une bande de terre d'une largeur minimale de huit cents metre (800m), longeant la mer et incluant :

- Les versants de collines et montagnes, visibles de la mer et n'étant pas séparés du rivage par une plaine littoral.
- Les plaines littorales de moins de trois Kilomètres (3 Km) de profondeur à partir des plus hautes eaux maritimes.
- L'intégralité des massifs forestiers.
- Les terres à vocation agricole.
- L'intégralité des zones humides et leurs rivages dont une partie se situe dans le littoral à partir des plus hautes eaux maritimes. Les sites présentant un caractère paysager, culturel ou historique [23].

### **1.3. Dimension écologique et environnementale**

D'un bout à l'autre des zones côtières, les conditions environnementales sont très différentes : la salinité, la turbidité, la concentration des nutriments et les espèces animales sont variables. Ces zones sont par ailleurs soumises à des changements cycliques, parfois saisonniers :

- apport en eau douce (débit saisonnier et concentrations variables).
- amplitude des marées (variation des surfaces inondées et gradient de salinité).
- Température.
- Lumière.
- événements épisodiques extrêmes (ex : tempête) [7].

## 1.4. Littoralisation

Mouvement de concentration croissante des populations et des activités industrielles ou touristiques sur les parties littorales des continents [5].

Malheureusement, ce milieu fait l'objet de beaucoup d'agressions dues aux fortes concentrations démographiques, car un grand nombre de villes sont implantées en milieu littoral, c'est aussi un milieu caractérisé par des activités et des échanges intenses (portuaires, industriel, touristiques, etc.). Il apparaît enfin comme un réceptacle de la pollution, à la fois par des rejets directs, mais aussi par les apports des grands fleuves [8].

## 2. L'eau de mer

### 2.1. Définition

L'eau de mer est l'eau salée des mers et des océans de la terre; elle contient, en dehors de la matière en suspension, presque tous les corps simple sous forme de sels dissous, elle occupe un volume estimé de 1340 millions de km<sup>3</sup> [9].

### 2.2. Caractéristiques

L'eau de mer à un goût salé très caractéristique, le chlorure de sodium qui lui confère cette propriété, n'est pourtant que l'un des nombreux composants de l'eau de nos océans. En fait, la plupart des éléments chimiques connus sur la terre s'y trouvent, en abondance ou à l'état de traces, sous la forme de sels ou de gaz dissous.

C'est toutefois la teneur en sels qui détermine la salinité, elle est en moyenne de 35‰ [10].

### 2.3. Les composés de l'eau de mer

Dans l'eau de mer, on distingue des constituants majeurs et des constituants mineurs :

#### 2.3.1. Constituants majeurs

Ce sont des sels abondants en proportion constante d'une mer (ou d'un océan) à l'autre ; ils sont à 99% responsables de la salinité.



**Tableau I.** Les constituants majeurs de l'eau de mer [10].

Élément	concentration dans l'eau de mer (g/kg)	Apports	Pertes
<b>Chlore</b>	19	Volcanisme, Rivières	Sédimentation sous forme de sel (Na Cl)
<b>Sodium</b>	10,6	Rivières	Sédimentations sous forme de sel (Na Cl)
<b>Sulfates</b>	2,7	Volcanisme	Dépôt sur le fond des océans
<b>Magnésium</b>	1,3	Rivières	Absorption par les boues argileuses
<b>Calcium</b>	0,4	Volcanisme	Incorporation au squelette de micro-organismes marins; sédimentation sous forme de calcite
<b>Potassium</b>	0,4	Rivières	

### 2.3.2. Constituants mineurs

Ce sont des sels présents à des concentrations extrêmement faibles qui sont variables dans le temps comme dans l'espace, intervenant peu dans la salinité. Ces éléments, dissociés sous forme d'ions dans l'eau de mer, sont en revanche très impliqués dans les processus biologique. Les éléments mineurs sont des composés azoté (nitrites, nitrates, sels ammoniacaux) et phosphorés (phosphates).

Se trouvent également parmi ces éléments (la silice, le fluor, l'iode, l'arsenic, le zinc le cuivre, le cobalt, le nickel, le manganèse, l'aluminium, le plomb, le vanadium,... etc.) [10].

### 2.3.3. Source des constituants dissous dans l'eau de mer

Proviennent :

- de l'érosion des roches sur les continents.
- des gaz volcaniques (chlorure, bromure, sulfates).

On constate que l'eau de pluie est une version diluée de l'eau de mer. Lorsque l'eau salée s'évapore, les sels dissous qu'elle contient servent de point de départ à la formation de noyaux de condensation (nuages).

La concentration de l'eau de mer en sels dissous dépend :

- des pluies (qui diluent).
- des apports continentaux et de l'évaporation (qui concentrent).

La proportion relative des différents éléments dissous reste constante d'un océan à l'autre mais la quantité totale de sels dissous peut varier car elle dépend de l'évaporation or, celle-ci est plus importante pour les eaux marines plus chaudes (ex : méditerranée).

La concentration en éléments dissous est plus grande dans

- les mers côtières fermées
- les bassins anoxiques
- les sources hydrothermales
- les eaux saumâtres

Quant au calcium et au bicarbonate, ils participent aux processus biologiques et ils varient légèrement d'une zone marine à l'autre [7].

## **2.4. Propriétés physico-chimiques de l'eau de mer**

### **2.4.1. Potentiel d'hydrogène (pH)**

C'est un paramètre qui nous permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une eau ; le pH de l'eau de mer voisin de 8,2 est principalement fixé par la présence des carbonate :  $\text{CO}_2$  ;  $\text{HCO}_3^-$  ;  $\text{CO}_3^{2-}$ . La modification des concentrations en  $\text{CO}_2$  (respiration ; photosynthèse ou échange air océan) ou en  $\text{CO}_3^{2-}$  (précipitations) entraîne donc une modification du pH

La mesure du pH aura deux applications à considérer séparément : le suivi de la qualité des eaux ; d'une part, et les études thermodynamiques des équilibres chimiques, d'autre part [11].

### **2.4.2. Température ( $T^\circ$ )**

Elle est directement liée aux échanges thermiques entre les masses d'eau et l'environnement, elle varie entre 2 et 35 °C dans les différents sites. La mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autre paramètre ainsi, la saturation des gaz dissous est fonction de la température et la mesure du pH requiert la connaissance de la température [11].

### **2.4.3. Salinité (S)**

La grandeur « salinité » représente la proportion des 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 Rivières et ou dans les estuaires [11].

#### 2.4.4. Conductivité électrique (CE)

La conductivité des eaux de mer subit des variations importantes suivant la température et la salinité, une règle empirique dit que la résistivité augmente de 10% quand la température diminue de 5°C [11].

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

Les nitrates des eaux proviennent essentiellement de l'activité humaine, ce sont des éléments de base dans les matières employées comme engrais soit sous forme d'amendement « chimiques », soit surtout sous forme d'amendements « naturels » (fumier et purins). Ces nitrates traversent les sols par percolation, atteignent les nappes phréatiques et les cours d'eau.

#### 2.4.6. Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Les nitrites représentent un état intermédiaire dans le cycle de l'azote, la présence des nitrites dans l'eau résulte d'une décomposition biologique de substances protéiniques. Ils permettent de suspecter une pollution organique si on les trouve en présence d'ammonium ou de nitrates.

#### 2.4.7. Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Les composés de phosphore avant tout l'ortho-phosphate  $\text{PO}_4^{3-}$  sont considérés comme le nutriment limitant pour la majorité des eaux stagnantes et vives. Une augmentation de la concentration par un apport accru (eaux usées, entraînement de sol, ... etc.) signifie immédiatement une charge en nutriments plus élevée égale « eutrophisation » des eaux avec les répercussions connues que cela implique comme une croissance renforcée des algues, une réduction de l'oxygène jusqu'à l'anoxie dans les profondeurs [11].

### 2.5. Normes acceptables pour les eaux de mer

Le tableau ici-bas résume les valeurs acceptables pour différents éléments trouvés dans l'eau de mer.

**Tableau II.** Les normes des paramètres physico-chimiques et métaux lourds recommandées pour les eaux de mer [12].

Paramètres	Concentration maximale
pH	6.5<PH<8.5
Conductivité	<1000µS/cm
Température	<30°C
Ortho-phosphates	/
Nitrite	/
Nitrate	/
Cadmium	0,2mg/l
Plomb	0,5mg/l
Salinité	36‰

### 3. La pollution marine

#### 3.1. Le milieu marin

Le milieu marin du large peut se présenter comme un milieu de référence par rapport au milieu littoral. Il n'est cependant pas à l'abri de déversements accidentels ou volontaires, et à ce titre, les mers fermées apparaissent comme plus vulnérables que les océans [8].

Le milieu marin est caractérisé à la fois par une remarquable stabilité de ses propriétés fondamentales et une grande variabilité de ses micro-constituants [13].

#### 3.2. Définition

D'après *UNESCO* ; la pollution marine est définie comme étant : « tout rejet à la mer directe ou indirecte, de substance ou d'énergie d'origine humaine qui a un effet nuisible sur les organismes vivants, dangereuse pour la santé humaine, empêche l'utilisation de la mer, en altérant la qualité de l'eau de mer ou qui réduit les possibilités de son utilisation aux fins de loisirs »

D'après *GESAMP* la pollution marine est définie comme : « introduction par l'homme directement ou indirectement, de substance ou d'énergie dans le milieu marin y compris les estuaires occasionnant des effets néfastes tels que nuisance envers les ressources biologiques, risques pour la santé de l'homme, en traversant aux activités maritimes y compris la pêche, altération de la qualité de l'eau de mer, du point de vue de son utilisation et dégradation des valeurs d'agrément » [14].



### **3.3. Principales sources de la pollution marine**

#### **3.3.1. La pollution qui vient du continent via les eaux douces**

- **L'industrie** : Les effluents de l'industrie métallurgiques, industrie chimique,... etc.
- **L'agriculture** : par l'utilisation d'engrais, qui sont une source d'apports en sels minéraux azoté et phosphorés et de pesticides dont certains sont très toxiques et de plus, très rémanents, ainsi que l'élevage traditionnel qui aboutit au fumier, constitué des litières souillées de déjections animales, et qui est usuellement répandu dans les champs comme fertilisant naturel.
- **Les habitations** : foyer d'habitation, mais aussi, à l'échelle collective, de certaines restaurants, aménagement hydraulique activités touristiques, établissements scolaires, hôpitaux,... etc.

#### **3.3.2. Pollution qui vient des activités maritimes**

Les activités de forage (pétrole, gaz) ; l'exploitation de champs éoliens, l'aquaculture (qui s'étend rapidement (+ 5% par an); le commerce maritime (transport d'espèces exotiques et/ou toxiques) ; la pêche.

### **3.4. Source de la pollution continentale et marine**

- Les produits organiques de synthèse : Pesticides, PCB,... etc.
- Les métaux lourds : Pb, Cu, Zn, Cd, Hg.
- Les substances radioactives [7].

### **3.5. Apport et devenir des contaminants métalliques dans l'eau de mer**

Une grande partie des polluants rejetés dans l'environnement à travers des rejets urbains, industriels et agricoles parviennent au milieu marin directement par émissaires, déballastages, forage ou indirectement par ruissellement, par des apports fluviaux et par l'atmosphère [15].

L'apport de contaminants métalliques par l'intermédiaire des effluents industriels et de l'atmosphère, des fleuves et de leurs estuaires, peut localement modifier la composition de l'eau de mer qui peut devenir toxique pour les plantes et les animaux [13].

Les éléments traces, présents sous une forme particulière dans les sols apparaissent sous l'effet de l'érosion. Le ruissellement sur les surfaces imperméables (sols, chaussée) ainsi que les sources anthropiques s'ajoutent à ces sources naturelles liées à l'érosion [16].

Parmi les sources naturelles, le drainage des eaux riches en minerais par lessivage des sols ainsi que le dégazage de la croûte terrestre, qui rejoint l'hydrosphère par les retombées volcaniques [15].



L'irréversibilité de cette pollution est particulièrement préoccupante du fait qu'il est pratiquement impossible de récupérer aisément ces métaux, une fois dissipés dans la nature ; leur rémanence est la cause même d'une accumulation difficilement contrôlable [4].

## **4. Les métaux lourds**

Les organismes marins sont capables de concentrer plusieurs centaines de métaux, pris dans la phase soluble ou particulaire. Il apparaît essentiel de rechercher l'origine et le devenir de ces métaux si l'on veut comprendre l'impact qu'ils peuvent avoir sur les organismes vivants [4].

### **4.1. Définition**

Les ETM sont généralement définis comme ceux qui apparaissent dans les roches et le sol à des concentration  $<100$  mg/Kg .Il sont généralement appelés métaux lourds ;mais ce terme est incorrecte car certain métaux toxiques ne sont pas particulièrement lourds (exemple le Zn),tandis que certains éléments toxiques ne sont pas des métaux (exemple As).L'expression ETM parait être un don compromis pour définir à la fois des éléments métalliques indispensables, des éléments non indispensables et des éléments non métalliques [12].

L'appellation métaux lourds est couramment utilisée pour désigner les polluants minéraux des sols et des eaux dont la masse volumique est supérieure à  $5 \text{ g/cm}^3$  et peuvent former des sulfures insolubles [17, 18, 19,20].

L'organisation mondiale de la santé désigne sous le nom métaux lourds, tous les métaux présentent un caractère toxique pour la santé et l'environnement [6].

Les toxicologues définissent les ETM comme des métaux à caractère cumulatif, ayant essentiellement des effets très néfastes sur les organismes vivants [12].

### **4.2. Sources de pollution par les ETM**

#### **4.2.1. Sources naturelles**

Les métaux lourds sont présents dans l'eau, l'air et les sols. Comme tous les minerais, ils sont présents dans les roches. Ces réserves naturelles ne constituent pas en elles-mêmes un danger mais l'exploitation des gisements, l'érosion, les incendies de forêts, les prélèvements d'eau ou les éruptions volcaniques, vont répandre des traces de ces éléments dans l'environnement. Ils peuvent alors devenir toxiques s'ils se retrouvent en quantités suffisantes dans les organismes vivants [17].

### 4.2.2. Sources anthropiques

Outres ces phénomènes (naturels, l'activité humaine), même si elle ne crée pas de métaux lourds, participe à leur diffusion dans l'environnement :

- Les effluents d'extractions minières.
- Les effluents industriels.
- Les effluents domestiques et ruissellement orageux urbain.
- Lessivage des métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides.
- Apports de métaux provenant de zones rurales, par exemple les métaux contenus dans les pesticides.
- Sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles.
- Activités pétrochimiques [17].

**Tableau III.** Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement [17].

Utilisations	Métaux
Batteries et autres appareils électriques	Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Ni,
Pigments et peintures	Ti, Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Sn, Cr, Al, As, Cu, Fe
Alliages et soudures	Cd, As, Pb, Zn, Mn, Sn, Ni, Cu
Biocides (pesticides, herbicides, conservateurs)	As, Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Mn
Agents de catalyse	Ni, Hg, Pb, Cu, Sn
Verre	As, Sn, Mn
Engrais	Cd, Hg, Pb, Al, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn
Matières plastiques	Cd, Pb
Produits dentaires et cosmétiques	Sn, Hg
Textiles	Cr, Fe, Al
Raffineries	Ni, V, Pb, Fe, Mn, Zn
Carburants	Ni, Hg, Cu, Fe, Mn, Pb, Cd

### 4.3. Spéciation et biodisponibilité des ETM en milieu marin

La spéciation et la biodisponibilité des métaux sont deux notions intéressantes à connaître pour la compréhension du processus de bioaccumulation, en effet l'eau de mer contient en solution des combinaisons de tous les éléments chimiques (ions majeurs, matière organique, particules en suspension,....etc.) qui sont en continuelle interactions, de ce fait le métal se trouve sous des formes physico-chimiques très diverses. L'ensemble des réactions de complication entre l'élément chimique et la totalité des ligands présents dans le milieu correspond au processus de spéciation. La spéciation du métal contrôle sa toxicité et son assimilation par les organismes marins et affecte sa biodisponibilité.

L'absorption du contaminant par les organismes marins à partir de l'eau ou de la nourriture ingérée dépend de la forme chimique du métal, toutefois cette fraction qui est absorbée ne représente qu'une partie seulement du total présent dans le milieu, par conséquent elle est appelée fraction bio disponible, on définit donc la biodisponibilité comme étant la capacité à être intégrée au vivant, et elle varie selon les formes chimiques pour un même métal et dépend aussi des caractéristiques chimiques de l'eau dans laquelle ils sont déversés tel que la température, le pI, la salinité... etc. [17].

#### **4.4. Effets des ETM sur la vie aquatique**

Des effets toxiques peuvent survenir lorsque ces organismes vivants sont exposés à des niveaux de concentrations supérieurs à ceux qu'ils requièrent normalement. D'autres éléments, comme Pb et Cd, ne sont pas indispensables aux activités métaboliques et manifestent des propriétés toxiques. La contamination de l'environnement aquatique par des métaux peut avoir des effets toxiques aigus ou chroniques, sur la vie aquatique. Les métaux peuvent être absorbés sous la forme inorganique ou sous la forme organique. Pour certains éléments, comme l'arsenic et le cuivre, la forme inorganique est la plus toxique. Pour d'autres, comme Hg et Pb, les formes organiques sont les plus toxiques [17].

#### **4.5. Comportement des ETM dans l'eau**

Les métaux lourds (cadmium, plomb) sont des polluants conservatifs c'est à dire qu'ils restent en permanence dans le milieu marin. Ce sont des polluants non biodégradables, qui peuvent affecter la vie aquatique. Depuis les producteurs primaires, le risque de contamination s'amplifie au fur et à mesure que l'on remonte à travers les maillons de la chaîne trophique (phénomène de bioaccumulation ou de biomagnification) [15].

##### **4.5.1. Formes des ETM dans l'eau**

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

##### **4.5.1.1. En phase particulaire**

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



#### **4.6.1.2. En phase dissoute**

Les ETM peuvent être sous forme d'ions libres 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 minérale. 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 capable de diffuser passivement à travers la membrane biologique. Cependant pour la majorité des ETM (en particulier le Cd, Cu, Zn, Pb) c'est la forme ionique hydraté qui semble la plus préjudiciable pour les organismes vivants. Par analogie on appelle également complication avec le ligand biotique la fixation du métal par les organismes.

#### **4.5.2. Distribution et transformation**

Les principaux paramètres qui gouvernent la distribution et la répartition des métaux lourds sont la dilution, l'advection, la dispersion, la sédimentation, et l'adsorption/désorption. Certains processus chimiques peuvent néanmoins intervenir également. C'est ainsi que la spéciation selon les diverses formes solubles est régie par les constantes d'instabilité des différents complexes, et par les propriétés physico-chimiques de l'eau (pH, ion dissous, et température... etc.).

L'adsorption pourrait être la première étape du processus d'élimination définitive des métaux de l'eau, au cours de leur distribution dans le milieu, le stockage permanent au temporaire des métaux se fait dans les sédiments. Le dépôt des particules au fond du lit des cours d'eau conduit potentiellement à une accumulation des métaux lourds dans les sédiments.

Dans l'environnement aquatique les métaux lourds subissent de nombreuses transformations : réduction par processus biochimique interposés, méthylation, déméthylation, et oxydation d'espèces de métaux isolés. Des réactions redox peuvent aussi faciliter certaines transformations. Les processus biochimiques sont effectués par des micro-organismes et par des algues ; la méthylation du mercure s'effectue quand les micro-organismes sont en contact avec des ions mercure alors qu'ils consomment des substances organiques, cela vaut peut-être aussi pour As, Sn, Pb. Les métaux sont absorbés tant par la faune que par la flore [1].

### **4.6. Les métaux étudiés**

#### **4.6.1. Le plomb**

##### **4.6.1.1. Généralités**

Le plomb est un constituant naturel, largement réparti dans la croûte terrestre à des teneurs de l'ordre de 13 mg/kg; exploité depuis 5000 ans, son utilisation est directement liée à la métallurgie



(pendant la révolution industrielle pour l'industrie), l'imprimerie, les peintures et les carburants automobiles qui sont aujourd'hui à l'origine de sa large diffusion dans l'environnement [11,17].

Dans la nature il est présent surtout à l'état de sulfure (galène) et souvent allié à l'argent (plomb argentifère). Le plomb entre dans la composition de nombreux alliages et trouvent aussi des applications dans en cristallerie, en verrerie technique, dans la fabrication de pigments, d'accumulateurs, de stabilisants pour les plastiques, dans la protection contre la corrosion ou les rayonnements ionisants, etc. Mais le plomb est l'un des métaux les plus nocifs pour la santé (saturnisme) [5].

#### **4.6.1.2. Propriétés physico-chimiques du plomb**

Elément chimique métallique d'un gris bleuâtre, de symbole Pb et de numéro atomique 82, rarement disponible à l'état natif, le plomb est très souvent associé au zinc dans les minerais, Le principal minerai du plomb est la galène (PbS).

Le plomb est mou, malléable, il a une faible conductivité électrique ; ce métal est lentement dissous par l'acide chlorhydrique, beaucoup plus rapidement par l'acide nitrique et est solubilisé par les acides organiques (acide acétique, aliments acides et par l'eau contenant du citrate et des sels d'ammonium).

Le plomb possède un rayon ionique et une charge de valence, identique à celle du calcium. Cette analogie structurale, est à l'origine des interactions avec le calcium [5,17].

#### **4.6.1.3. Sources naturelles**

Le plomb est présent naturellement en faible quantité dans l'écorce terrestre, on le retrouve dans de nombreux minéraux, dont le plus commun est le sulfure de plomb [21].

Le plomb est un polluant environnemental que l'on retrouve dans les sols et l'atmosphère, en particulier au voisinage des sites industriels, en milieu marin, il arrive majoritairement par les apports atmosphériques [15].

#### **4.6.1.4. Sources anthropiques**

Ce métal est employé dans la fabrication des accumulateurs acides, des composés pour l'essence (plomb tétraéthyl, en forte baisse), des pigments, des munitions, pour le gainage de certains câbles ou encore pour la soudure. Les mines et les fonderies de plomb contribuent également à la pollution de l'environnement [5, 17].

#### 4.6.1.5. Toxicité du plomb

La principale voie d'exposition au plomb est l'alimentation. On retrouve le plomb dans les légumes et la viande. Cependant, les autres sources d'exposition peuvent être l'inhalation de poussières, notamment de vieilles peintures contenant des sels de plomb, d'exposition directe ou indirecte à la fumée de cigarette [11].

Le plomb et ces composés sont reconnus comme étant toxiques pour les êtres humains. Le plomb peut être ingéré par voies gastro-intestinales. Le plomb a une forte tendance à la bioaccumulation dans les eaux et le sang [22].

Le plomb qui pénètre dans le corps humain, que ce soit par ingestion ou inhalation, diffuse via la circulation sanguine vers des organes où il est stocké (cerveau, cheveux, os, etc.). La demi-vie du plomb est relativement longue dans les tissus (30 jours dans le sang, 10 à 20 ans dans les os). Cela explique qu'après une exposition relativement longue, même si toutes les sources de contamination ont disparu, on peut retrouver du plomb dans le sang par relargage endogène. L'exposition au plomb peut provoquer de nombreux symptômes néfastes : diminution de la durée de vie des globules rouges ; lésions rénales ; diminution des fonctions cognitives..... etc. [11].

#### 4.6.1.6. Comportement du plomb dans l'eau

Le plomb existe sous trois formes essentielles : le plomb dissous, colloïdale et le plomb particulaire. Sous forme dissoute, les espèces dominantes dans l'eau de mer sont les carbonates  $PbCO_3$  ou les chlorures  $PbCl_2$  et  $PbCl^+$ . Il présente une forte affinité pour la matière particulaire. La fraction adsorbée sur les particules en suspension augmente avec le pH et diminue lorsque la chlorinité augmente [17].

La teneur de l'eau en plomb est fonction de paramètres physico-chimiques, ainsi des pH inférieurs à 7,5 ou des TAC (titre alcalimétrique complet) inférieurs à 5 favorisent la dissolution du plomb. De la même façon, une augmentation de la température de l'eau de 12 à 25°C multiplie par deux la solubilité du plomb [11].

### 4.6.2. Cadmium

#### 4.6.2.1. Généralités

Le cadmium est un métal mou ; élément assez rare dans la croûte terrestre (0,15g/tonne de terre en moyenne), se rencontre à l'état de traces dans la plupart des sols et presque toujours associé avec des minerais de zinc ou de plomb.



Le cadmium est utilisé pour protéger l'acier ; il est aussi employé dans les alliages à bas point de fusion, avec le plomb ou l'étain, et sous forme de sels, qui fournissent notamment des pigments pour la peinture [5, 11,22].

#### 4.6.2.2. Propriété physicochimique :

C'est un métal blanc argenté, la masse molaire atomique du cadmium est de 112.4 g/mol ; il fond à 320.9°C et bout à 767°C. Lors de l'ébullition du cadmium, il se dégage des vapeurs jaunes toxiques, sa masse spécifique (densité) est de 8 650 kg/m<sup>3</sup>.

Il est ductile (résistance à l'étirement), malléable (résistance à l'aplatissement) et résiste à la corrosion atmosphérique, ce qui en fait un revêtement de protection pour les métaux ferreux.

Il s'oxyde très peu à la température ambiante et brûle dans l'air en donnant de l'oxyde Anhydre Cd O, insoluble dans un excès d'hydroxyde de sodium.

Il réagit avec les acides et les bases. Le cadmium est soluble dans l'acide nitrique dilué et dans les acides chlorhydrique et sulfurique concentrés et chauds [5,17].

#### 4.6.2.3. Sources naturelles

Dans la nature (minerais, sols) le cadmium est généralement associé au zinc ; il est relativement rare et n'existe pas à l'état natif dans la nature. La source de dispersion naturelle du cadmium dans l'atmosphère est principalement liée à l'activité volcanique. L'enrichissement en cadmium des sols et des systèmes aquatiques résulte de l'altération des matériaux de la croûte terrestre et des retombés atmosphériques [11, 23].

#### 4.6.2.4. Sources anthropiques

Ces principales utilisations sont l'industrie des revêtements: métallurgie du zinc et du plomb, automobiles, rejets ou incinérations de batteries et accumulateurs, emplois de peintures ou pigments, combustions de combustibles fossiles, épandages d'engrais phosphatés et de boues de stations d'épuration [11,22].

De plus, la présence de cadmium comme contaminant dans les engrais et les boues des stations d'épuration utilisées en agriculture peut contribuer à un accroissement de la pollution de la ration alimentaire. L'ingestion journalière totale de cadmium à partir de l'air, de l'eau, de la nourriture et des cigarettes varie de 40µg/j pour les sujets faiblement exposés (ruraux non-fumeurs) à 190µg/j (citadins des villes industrielles fumeurs) [11].

#### 4.6.2.5. Toxicité de cadmium

L'exposition chronique au cadmium par ingestion (voie orale) peut provoquer des atteintes de la fonction rénale. Le cadmium s'accumule dans l'organisme au cours de la vie (dans le foie puis dans le rein) et sa toxicité est liée à cette accumulation progressive [17,22].

Le cadmium, est un élément non essentiel et toxique pour l'homme même à faible dose (à partir de 100 µg/jour).

Son principal danger réside dans son effet cumulatif car il ne s'élimine pratiquement pas. Ces divers composés présentent des effets très variables selon leur solubilité, et donc leur facilité d'assimilation par l'organisme.

Le cadmium passe par le sang pour se concentrer dans certaines parties du corps (foie et surtout reins, 30 à 40 %). Des intoxications chroniques se traduisent par des accidents gastro-intestinaux, pulmonaires, rénaux et nerveux, des lésions osseuses, une hypertension artérielle. Les personnes âgées ou insuffisantes rénales constituent des populations particulièrement sensibles [11].

#### 4.6.2.6. Comportement du cadmium dans l'eau :

Le cadmium est un élément rencontré en milieu aquatique sous diverses formes physiques (dissoute, colloïdale, particulaire) et chimique (minérale ou organique). Un ensemble de variables physicochimiques du milieu (salinité, pH, caractéristique sédimentologie, concentration en chlorure... etc.) gouvernent les transformations du cadmium dans l'environnement.

Dans l'eau de mer, le cadmium s'associe aux ions chlorures  $\text{Cl}^-$ , de façon variable selon la salinité [17].



## Partie I (littoral Jijilien)

### 1. Présentation de la wilaya

Situé au Nord-Est de l'Algérie, et à 360 km à l'Est du capital Alger, la wilaya de Jijel s'étend sur une superficie de 239,663 km<sup>2</sup> avec une façade maritime de 123,90 km, soit 10.32 % du linéaire côtier Algérien [29].

La wilaya de Jijel est limitée : au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la wilaya de Mila, et Sétif, à l'Est par la wilaya de Skikda et à l'Ouest par la wilaya de Bejaia (figure 01) elle est comprise entre les méridiens 5°25 - 6°30 Est de Greenwich et entre les parallèles 36° 10 et 36°50 hémisphère nord [23].



Figure 01. Positionnement géographique de la wilaya de Jijel [24].

La wilaya de Jijel regroupe treize communes littorales dont neuf côtières: Ziama Mansouriah, El-Aouana, Jijel, Emir Abdelkader, Taher, El-Kennar, Sidi Abdelaziz, Oued Adjoul et El-Milia, et quatre communes en partie, dans la bande des trois Km: El Chekfa, Kaous, Selma et Taxana (figure 02) [23].

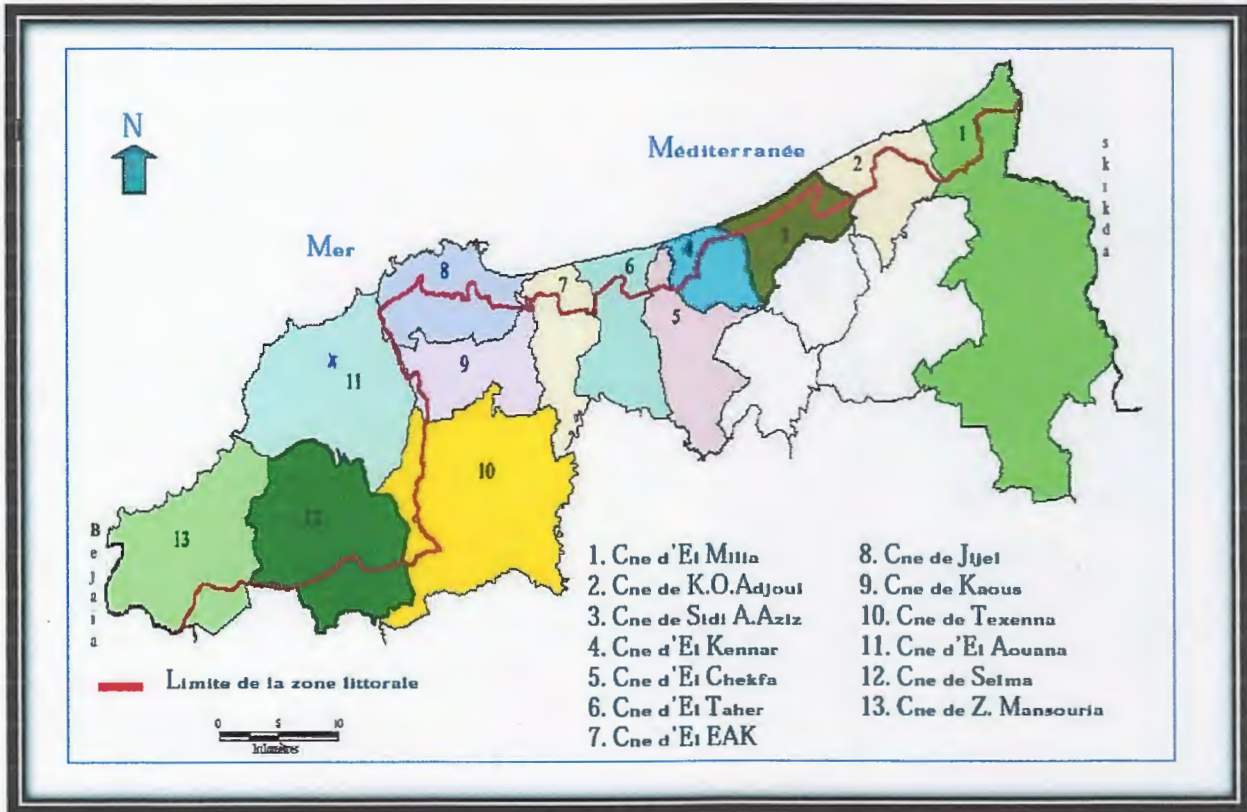


Figure 02. La présentation de la limite de la zone littorale de la wilaya [29].

## 2. Caractéristiques climatiques de la wilaya

### 2.1. Pluviométrie

La zone d'étude c'est parmi les régions plus pluvieuses de l'Algérie avec des précipitations maximale dans le mois de Novembre atteint jusqu'au 173.65mm.

### 2.2. Température

La température présente un facteur limitant de toute première importance, la température de notre zone et moyenne ; son maximum est de 26.3°C dans le mois d'Aout [25].



### 2.3. Le vent

Les vents dominants soufflant sur les côtes de la wilaya de Jijel, ont un régime irrégulier, et proviennent soit de l'Est ou de l'Ouest de la wilaya. Ils peuvent contribuer considérablement à l'entraînement des matières polluantes vers la mer ou les cours d'eau qui y atteignent, contribuant ainsi au bouleversement de l'écosystème côtier [25].

### 3. Hydrographie

La zone littorale est sillonnée par un réseau hydrographique très dense, sa géomorphologie accentuée, caractéristique des bassins versants du tell nord constantinois, confère aux Oueds des capacités de drainage importantes des superficies, de par, les apports importants en eau.

Nous référençons à l'importance de la pluviométrie, elle permet à l'existence d'un réseau hydrologique dense (figure 03). Les potentialités en eau reconnues sont de 704 millions  $m^3$  dont 74 millions  $m^3$  souterrains et un écoulement moyen annuel de 434,3  $Hm^3/An$  résulte des oueds suivants : Nil, Kebir, Djendjen, Mencha, Zhor, Kessir, Bourchaid, Taza et Ziamamansorya [26].



Figure 03. Le réseau hydrographique de la wilaya de Jijel [23].

### 3.1. Potentialité en eaux superficielles

Tableau IV. Potentialité en eaux superficielles de la zone littorale [26].

<i>Nom de l'oued</i>	<i>S. Bassin versant (Km<sup>2</sup>)</i>	<i>Longueur Km</i>	<i>Écoulement moyen annuel Hm<sup>3</sup>/An</i>	<i>Situation par rapport aux agglomérations</i>
<b>Nil</b>	<b>200</b>	<b>40</b>	<b>26.1</b>	2,5 Km Est agglomération Taher
<b>Kebir</b>	1880	<b>200</b>	310	4 Km Est agglomération Sidi A/Aziz
<b>DjenDjen</b>	528	<b>63</b>	51,6	1,5 Km Est Agglomération A.E.Kader
<b>Mencha</b>	<b>135</b>	<b>26</b>	19,3	3 Km Est Agglomération Jijel
<b>Zhor</b>	172,8	-	-	-
<b>Kessir</b>	868	-	27,3	8 Km Ouest Agglomération Jijel
<b>Bourchaid</b>	26,8	-	-	4,5 Km Agglomération El Aouana
<b>Taza</b>	68,4	-	-	7 Km Est Agglomération Ziama
<b>Ziama. M</b>	49,2	60	-	3 Km Ouest Agglomération Ziama
<b>TOTAL</b>	3.928,2	389	434,3	-

### 3.2. Potentialités en ressources souterraines

La capacité totale des aquifères de la zone littorale est estimée à près de 73,8hm<sup>3</sup>/an, et est exploitée à 100%.

L'exploitation de ces nappes se fait par le biais des sources, puits et forages. Ces derniers sont au nombre de 78 et sont situés la plupart sur les nappes alluviales des Oued El Kebir, Oued Djendjen, Oued Nil, Oued Mencha et Oued Kissir.

La surexploitation de ces nappes, a entraîné un rabattement des nappes et une baisse du niveau piézométrique à des seuils critiques.





**Tableau V.** Réserve des nappes de la wilaya [26].

<i>Nom de la nappe</i>	<i>Réserve de la nappe en Mm<sup>3</sup>/an</i>
Oued ZIAMA	0,5
Oued TAZA	0,25
Oued BOURCHAID	0,25
Oued KESSIR	1,7
Oued MENCHA	1,1
Oued DJENDJEN	10
Oued NIL	20
Oued EL KEBIR	40
TOTAL	73.8

#### 4. Circulation des eaux et hydrologie dans le bassin algérien

L'écosystème marin constitue un milieu très complexe : le réservoir aqueux est en particulier un des compartiments les plus difficiles à étudier en raison des fréquentes et surtout aléatoires fluctuations de ses caractéristiques. Ces études se compliquent d'avantage lorsque d'autres agents externes viennent perturber le milieu marin côtier ; ces agents externes sont par exemple les apports continentaux ; ces apports, souvent excessifs, modifient profondément la composition physico-chimique des eaux côtières, l'impact de ces apports externes est particulièrement prononcé lorsque les conditions naturelles (courantologie, ouverture à la dilution et à la dispersion des produits d'origine continentale).

Il y a lieu de souligner l'intervention incontestable du courant algérien ; son instabilité n'est pas sans effet sur les caractéristiques de l'eau puisqu'elle est à la base des résurgences observées le long de la côte algérienne. Par ailleurs, la signature biologique reste très peu représentative du niveau de fertilité des eaux et sa corrélation aux structures hydrodynamiques (mouvement ascensionnel) beaucoup moins bonne que celle décelée classiquement dans le bassin algérien cette sous-production des eaux peut être attribuée à la sensibilité du phytoplancton aux changements brusques des conditions du milieu, et surtout par la pression du « gazing » [27].

## 5. Plages et sédimentologie

### 5.1. Les plages

La wilaya de Jijel présente une façade maritime de 120Km jalonnée par 23 plages autorisées à la baignade avec des longueurs importantes et qui provoquent une véritable merveille de la nature et d'une beauté incomparable avec un sable très fin d'une couleur d'or. A l'Est ou à l'Ouest du chef-lieu de wilaya.

**Tableau VI.** Plages autorisées à la baignade et leurs longueurs dans la wilaya de Jijel [26].

Communes	Plages	Longueur	Largeur
JIJEL	Kotama	570 m	100m
	Terre rouge	1026 m	28m
	Grand pharc	590 m	50m
	Crique	100 m	55m
	Ouled bouнар	200m	33m
EL-AOUANA	El aouana centre	500m	25m
	Rocher noir	1120m	30m
	Merigha	1600m	25m
	Borj blida	830m	30m
	Les aftis	1100m	40m
ZIAMA MANSOURIAH	-El ouldja	360m	40m
	-Plage rouge	420m	08m
	Lesgrottesmerveilleuses	800m	40m
	-Melmeche	310m	20m
	-taza	980m	40m
EMIR ABDELKADER	Tassousst 1	1520m	75m
	Tassousst 2	946m	80m
SIDI ABDELAZIZ	Sidi abdelaziz	2352m	50m
	Rocher aux moules	1617m	120m
OUED ADJOUL	Beni belaid est	1200m	80m
	Beni belaid ouest	1000m	80m
TAHER	Bazoul	1883m	35m
EL KENNAR	El mzayar	3500m	40m

## 6. Littoralisation et les activités en zone marine et littoral

### 6.1. L'industrie de wilaya

La bande littorale de Jijel est très faiblement industrialisée (tableau 12). En effet, hormis les agglomérations de Jijel qui détient la quasi totalité des unités industrielles existantes (unités de liège, tannerie, chemiserie) le reste du territoire de la zone Ouest est totalement dépourvue [29].

**Tableau VIII.** Les principales unités industrielles dans la bande littorale de la wilaya [30].

Unité	Situation	Bande littorale		S (ha)	Type de produit	Capacité réelle de production	Effectif au 01/12/02	Impact sur l'environnement
		800m	3km					
TANNERIE (TAJ)	Jijel centre	1		0.5	- Cuir	17.000.000 Pièces	238	Polluante
Jijel liège étanchéité JLE	Jijel centre	1	-	4.6 5	Liège aggloméré noir et blanc Voile de verre Pax aluminium	27.000 m3 1.200000m <sup>2</sup> 327240 m	136	Polluante
Chemiserie E.C Djendjen	Jijel centre	1	-	-	- Chemises hommes	598.000 Articles/An	145	Polluante
Jijel liège	Jijel centre	1	-	-	- Bouchon	80.000.00 unités/an	96	Non polluante

#### Commune de Taher.

Centrale électrique	Ei Achouat	01	-	22	Energie électrique	1210 mwx3 233	233	Polluante Risque majeur
---------------------	------------	----	---	----	--------------------	------------------	-----	----------------------------

**Commune de AEK**

SNC El Amel Igilait	Tassoust	-	1	-	Lait et dérivés	12.000 l/j lait 10.000 j pots yaourt	Non polluante
---------------------------	----------	---	---	---	--------------------	---	------------------

**6.2. Les activités agricoles**

Le territoire de la zone d'étude est constitué principalement de plaines alluviales homogènes, des plus fertiles de la wilaya de Jijel.

Les conditions climatiques, topographiques et édaphiques, plaident pour un développement conséquent de l'activité agricole.

La zone côtière va devoir cependant, intensifier sa production agricole, pour subvenir aux besoins croissants de sa population future et contribuer à l'essor économique de tout l'espace immédiat.

Disposant de 48,6 % de SAU, les terres à haut rendement agricole de la zone côtière de Jijel, s'accaparent près de 50 % soit 8515 ha. Il s'agit essentiellement des plaines de Oued Kissir, de Jijel-Taher, oued El Kebir et de Oued Z'Hor. Le système de culture pratiqué reste dominé par le maraîcha [27].

**Tableau IX. Répartition générale des terres des communes littorales [26].**

Communes	(ha)	(ha)	irriguée	(ha)	(ha)	(ha)	Communal
ZiamaMansouriah	5295	865	217	2130	2300	4936	10231
El Aouana	5951	182	113	2400	1724	6843	12794
Jijel	5172	1018	117	1615	2539	1066	6238
Taher	5771	2010	584	2350	1411	717	6488
E.m.k	4755	2189	390	1787	779	297	5052
El Kennar	3971	595	185	1349	2622	1682	5653
Sidi A/Aziz	2826	699	251	1000	1127	2221	5047
OuledAdjoul	2823	1945	491	535	343	2514	5337
El Milia	7418	5239	1338	1608	571	13210	20628
<b>Total</b>	<b>43982</b>	<b>16387</b>	<b>3686</b>	<b>14774</b>	<b>12821</b>	<b>33486</b>	<b>77468</b>



Il ressort clairement, la prédominance des terrains forestiers et ceux destinés à l'agriculture (SAU), détenant respectivement 43,2% et 21% de la surface totale des communes littorales. Ce qui confirme la vocation agro sylvicole des communes [26].

### 6.3. Les sources de pollution dans la zone côtière de Jijel

#### 6.3.1. Rejets liquides

Tableau X. Situation des rejets des eaux usées urbaines dans la bande littorale de Jijel [43]

Agglomération	Débits des rejets (m3/j)	Lieu de rejet (milieu récepteur)	Traitement utilisé
Jijel	14843	Mer, oued Moussa et oued El Kentra	Néant
El -Aouana	440	Mer oued Bourchaid, oued Kissir	Néant
Ziama-Mansouria	896	Mer, oued Ziama	Néant
Emir Abdelkader	2063,04	Mer, oued Djendjen	Néant
Taher	7346	Oueds : Djendjen, Nil, Tassift, Boukraa	Néant
El-Kennar	1012	Mer, Oued Nil	Néant
Ouled-Adjoul	80	Bassin de décantation mer	Néant
El-Milia	4536,3	Oued Kebir, oued Boussiaba, mer	Néant
Sidi-Abdelazziz	850	Oued Timdouden, mer	Néant

#### 6.3.2. Déchets solides

Tableau XI. Situation de la zone côtière de Jijel en déchets solides urbains [43].

Communes littorales	Situation des déchets	Surface (Ha)	Population 2002	Quantité de déchets générés (Kg/j)	Moyen de collecte	Personne
Jijel	Décharge sauvage au lieu « Mezghitane » Site touristique situé à l'amont des puits particuliers et à proximité du barrage en projet Kissir et du parc national de Taza	92,56	130444	89000	C : 09×03 m <sup>3</sup> BT : 04×12 m <sup>3</sup>	42

<b>Taher</b>	Décharge sauvage située dans le lit majeur de l'oued Djendjen utilisé pour l'irrigation et l'AEP	01	76045	57000	C : 05×03 m <sup>3</sup> BT : 03×12 m <sup>3</sup> T : 03×03 m <sup>3</sup>	11
<b>Emir Abdelkader Tassoust</b>	Décharge sauvage située dans le lit majeur de l'oued Djendjen à proximité des terres agricoles.	05	36054	17,2	C : 03×03 m <sup>3</sup> BT : 01×12 m <sup>3</sup> D : 02 Cp : 01 T : 03×03m <sup>3</sup>	22
<b>El Milia</b>	Décharge sauvage située au lieu « Asserdoune », site forestier à proximité de oued Kebir	700	75482	35000	BT : 02×12 m <sup>3</sup> C : 04×03 m <sup>3</sup> T : 02×03 m <sup>3</sup>	37
<b>El-Kennar</b>	Décharge sauvage située dans une zone à proximité de l'oued Nil, site implanté dans la zone côtière	1000	15175	75000	C : 01×03 m <sup>3</sup> BT : 01×12 m <sup>3</sup> T : 02×03 m <sup>3</sup>	07
<b>Sidi Abdelaziz</b>	Plage rocher aux moules.	01	10020	45000	T : 01×03 m <sup>3</sup>	04
<b>El Aouana</b>	Décharge sauvage située en zone touristique à proximité de la plage El Aouana centre	01	13015	6200	C : 01×03 m <sup>3</sup> T : 01×03 m <sup>3</sup>	05
<b>Ziama-Mansouria</b>	Décharge sauvage située dans un site forestier à proximité de l'oued Amsah.	1,5	12462	5000	C : 01×03 m <sup>3</sup> T : 02×03 m <sup>3</sup>	14

C : Camion, Cp : Compacteur, T : Tracteur, BT : Benne tasseuse, D : Dumbe

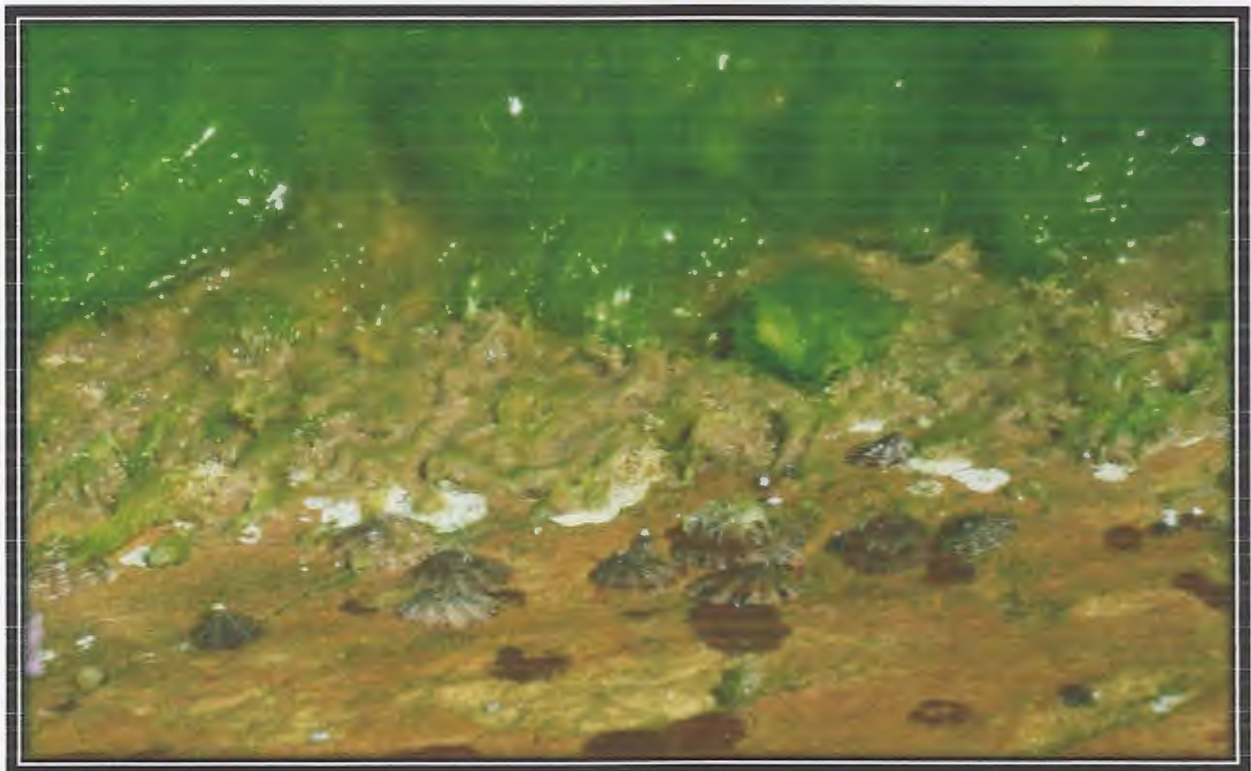
## Partie II (la patelle)

### 1. Description

La patelle bleue *Patella caerulea* est une espèce endémique de la méditerranée, son nom vient des reflets bleus à rayon foncés et clairs avec un apex distinctement bleuâtre à l'intérieur de sa coquille et du mucus coloré qu'elle secrète [3].

Sa coquille est non spiralée, plate, conique, calcaire à une seule valve, épaisse à sommet central ou décalé vers l'avant, ce qui lui a valu le surnom de "chapeau chinois», sa face interne est luisante, sa face externe est très variable en sculpture et est fréquemment érodée ou attaquée par des organismes épizootiques [3, 31,33].

La patelle protège un corps mou, non segmenté (Mollusque) comprenant une tête distincte portant les organes des sens, un pied locomoteur et une masse viscérale enroulée en hélice dans la coquille. L'estomac se trouve dans le pied (Mollusque Gastéropode) [2]. Elle mesure 20 à 40mm de diamètre, et peut atteindre un diamètre de 45 mm et environ 10 mm de haut. Son contour peut être ovale ou très irrégulier, Elle peut vivre plus de 10 ans [3, 31, 32].



**Figure 04.** Colonie de *Patella caerulea* dans la plage d'Ouled Bounar

## 2. Systématique

Embranchement	Mollusques
Classe	Gastropodes
Sous classe	Prosobranches
Super ordre	Archeogastropodes
Ordre	Docoglossa.
Super famille	Petelloidea
Famille	Patellidés
Genre	<i>Patella</i>
Espèce	<i>Cerulea</i> [31]

## 3. Anatomie

Les « dents » de la patelle sont en fait une multitude de petits denticules d'une substance dure (une protéine modifiée appelée scléroprotéine) imprégnée de minéraux et disposées sur un ruban souple formant une râpe appelée radula. Cette radula est animée d'un mouvement de va et vient par des muscles du bulbe buccal

Sa tête qui dépasse alors, montre deux paires de petits tentacules sensoriels (les deux grands portent à leur base deux petits yeux bien visibles)

La coquille légèrement soulevée, il respire à l'aide de branchies situées dans la gouttière palléale (= du manteau) tout autour du pied [31].



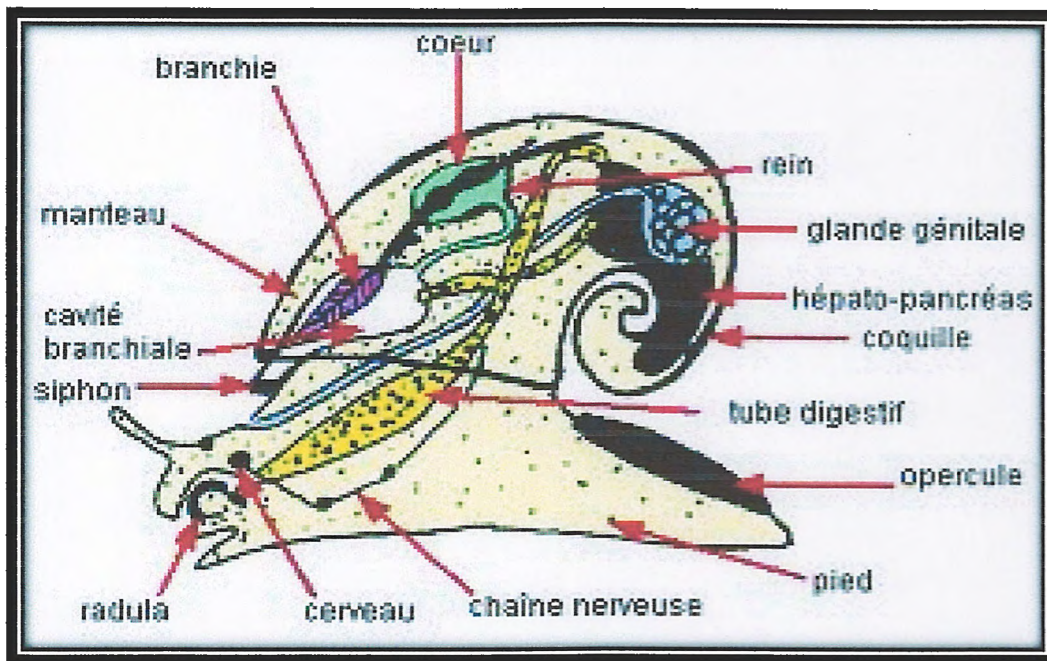


Figure 05 .Schéma de l'anatomie générale d'un mollusque gastéropode [46].

#### 4. Ecologie

Animal benthique sédentaire qui vit en méditerranée uniquement fixé sur les étendus les plus basses en cote rocheuses battus et éclairés, dans l'étage médiolittoral (sous étage supérieur) et effectue de courts déplacements pour se nourrir [1,31].

Elle préfère les zones calmes, jusqu'à quelques mètres de profondeur, où elle se fixe par son pied-ventouse. On la trouve aussi dans les flaques d'eau de mer. Elle préfère un emplacement où l'humidité est quasi permanente et les roches tendres, où la coquille peut creuser sa place.

Elle est capable de mener une vie ralentie, de supporter de longues dessiccations et des variations importantes de la salinité et de la température. Capable de résister aussi à l'arrachement et aux chocs des vagues grâce à la forme en cône de sa coquille. Si la roche est dure, la coquille doit alors s'éroder pour s'adapter aux irrégularités du support. Ce système lui permet de conserver de l'eau lorsque la mer descend [31,32].

A marée haute, la patelle quitte son gîte pour aller brouter les algues macroscopiques, les débris divers ou la couverture d'algues microscopiques (diatomées) poussant sur la roche environnante. A marée descendante, elle regagne son gîte sans jamais se tromper (en général) et réoccupe exactement la même place dans la même position. Sa coquille épousant parfaitement la roche, les pertes d'eau par évaporation seront réduites au minimum lors de la marée basse [3].

*P. caerulea* vit sur des terrains où le substrat est rocheux et inondables ; elle peut également survivre à long fois en dehors de l'eau [33].

### 5. Nutrition et mode d'assimilation des métaux

La patelle est un gastéropode brouteur ; herbivore et constitue le deuxième maillon de la chaîne trophique. Les « dents » de la patelle sont en fait une multitude de petits denticules d'une substance dure (une protéine modifiée appelée scléroprotéine) imprégnée de minéraux et disposées sur un ruban souple formant une râpe appelée radula (figure 05). Cette radula est animée d'un mouvement de va et vient par des muscles du bulbe buccal. Tout en glissant sur son pied, il peut se nourrir en raclant les rochers avec sa radula, long ruban chitineux portant de nombreuses rangées de petites dents : c'est un consommateur microphage phytophage brouteur d'algues et de Cyanobactéries, il ne quitte que pour s'alimenter [31, 33,34].

La jeune larve planctonique se nourrit d'algues microscopiques jusqu'à sa métamorphose et sa fixation [3]. La patelle absorbe les métaux à partir de l'eau, nourriture et à partir de particules de matières inorganiques ; Il peut supposer que les teneurs en métaux dans leurs tissus mous sont fortement influencés par les métaux accumulés dans les algues sur lequel ils paissent [33,35].

Certains chercheurs ont rapporté que chez les mollusques, l'appareil digestif (la glande digestive) joue un rôle central dans le métabolisme, stockage, et de détoxification d'un certain nombre de métaux. La glande digestive accumule plusieurs métaux à des concentrations considérablement plus élevées que dans tissus entiers (les branchies et les tissus musculaires) [35].



**Figure 06.** Microscopie électronique de la radula de patelle [3].

## 6. Facteurs influençant l'absorption de métaux

Plusieurs auteurs ont suggéré que certains facteurs peuvent affecter l'absorption de métaux chez les mollusques, ainsi, les concentrations de certains métaux peuvent varier avec la taille de l'individu, la salinité du biotope (eau de mer), et la saison

Généralement, les plus fortes concentrations de métaux, chez les mollusques, s'observent en hiver et au printemps que dans les mois d'été et en automne.

Les fluctuations saisonnières des concentrations de métaux dans les tissus des mollusques peuvent être affectées par divers facteurs de l'environnement (conditions physico-chimique de l'eau) et des facteurs biologiques [35].

## 7. Sexualité et reproduction

La patelle est hermaphrodite, la jeune patelle est en général de sexe male, mais elle deviendra femelle dès sa deuxième année. Il n'y a pas de copulation, la reproduction a lieu en automne ou au début de l'hiver (de septembre à janvier), les gamètes mâles et femelles sont émis conjointement et la fécondation a lieu en pleine eau. Les œufs planctoniques donnent naissance à des larves planctoniques qui se métamorphosent et commencent leur vie benthique à la fin de l'hiver et au début du printemps. A ce moment, la jeune patelle ne mesure que 0.2mm. Elle

atteint une taille de 3 cm au cours de sa première année et devient sexuellement mature. Après la première année la croissance se ralentit [3].



*Matériels et  
Méthodes*

## 1. Présentation des zones d'études

### 1.1. La plage de Beni Belaid (Station 01/St 01)

La plage de Beni Belaid est située dans le littoral Est de la wilaya de Jijel distant a une trentaines de kilomètres de son chef-lieu .Elle est limitée à l'Est par la réserve naturelle du lac de Beni Belaid avec une superficie globale de 600 hectares, une zone classée comme site Ramsare, de par son écosystème caractérisé par une couverture végétale et une faune étonnantes [36,37].Le site de prélèvement est situé à  $36^{\circ}53'.15''N / 6^{\circ}08'45.14''E$ , et a huit mètres au-dessus du niveau de la mère [24].



Figure 07. Localisation de la station 01 [24].

### 1.2. Port de Djendjen (Station 02/St 02)

Situé à l'Est de l'Algérie, le port de Djendjen, avec sa position géographique :  $36^{\circ} 51'$  Nord et  $5^{\circ} 54'$  Est, bénéficie d'une place stratégique. Il est à 10 Km du chef-lieu de la wilaya de Jijel.



Figure 08. Localisation de la station 02 [24].

### 1.3. Port de Boudis (Station 03/St 03)

Situé au chef-lieu de la wilaya, caractérisée par une passe d'entrée de 60m (orientée vers l'Est), avec un plan d'eau d'une superficie de 7,4 ha. Les coordonnées géographiques du site de prélèvement sont :  $36^{\circ}49'11.55''N$  /  $5^{\circ}46'30.48''E$ . Et à une altitude de quelques mètres du niveau de la mer [24].



Figure 09. Localisation de la station 03 [24].

### 1.4. Plage de Rabta (Station 04/St 04)

Située au Nord-Ouest de la commune de Jijel, elle est localisée sous le plateau d'El-Hadada à 02Km du chef-lieu de la wilaya, et dont les coordonnées géographiques sont :  $36^{\circ}49'26.50''N$  /  $5^{\circ}45'18.30''E$  et d'une altitude de 1.83 m du niveau de la mer .Cette plage reçoit deux cours d'eau :

- Oued Moutas qui « reçoit plusieurs rejets polluants domestiques et industriels » dont la nature et la qualité sont mal connues, il est caractérisé par un faible débit.
- Oued Laraiche chargé des eaux usées urbaines ; il est caractérisé par un très faible débit





Figure 10 : Localisation de la station 04 [24].

### 1.5. Plage d'Ouled Bounar (Station 05/St 05)

Elle est localisée au Nord-Ouest de la commune de Jijel, dont les coordonnées géographiques sont :  $36^{\circ}49'12.00''\text{N} / 5^{\circ}42'46.75''\text{E}$ .



Figure 11. Localisation de la station 05 [24].

### 1.6. Plage du rocher noir (Station 06/St 06)

La plage du rocher noir est située à l'ouest de Jijel et à une quinzaine de Km du chef-lieu de la willaya; dont les coordonnées géographiques sont :  $36^{\circ}47'20.39''\text{N}$  et  $5^{\circ}39'02.69''\text{E}$ , et à une altitude de 1m du niveau de la mer. Cette plage reçoit un cours d'eau nommé Oued Bourchaid qui rejette des polluants domestiques et agricoles.





Figure 12. Localisation de la station 06 [24]

## 2. Choix de l'espèce

Le choix de l'espèce animale comme organismes bioindicateur repose aussi bien sur sa validation dans les programmes internationaux de surveillance de l'environnement marin que sur sa disponibilité.

La patelle *P.caerulea* est un organisme marin qui répond à de nombreuses caractéristiques de modèle biologique pour la surveillance du milieu marin ; cette espèce est facile à identifier et à échantillonner, elle est disponible toute l'année, et elle est présente dans presque toutes les zones côtières de la Méditerranée, elle a déjà été employé dans les campagnes de l'évaluation de la pollution par les éléments traces métalliques dans le milieu marin en raison de leur capacité bio accumulatrice [5,12].

## 3. Choix de la taille

Outre l'effet de l'espèce, la taille des patelles influe sur les teneurs en métaux, et ce de façon différente suivant la nature du métal, les teneurs du Pb sont inversement liées à la taille. Alors que le Cd augmente d'une façon progressive avec la taille [3].

Pour pouvoir utiliser la patelle comme espèces bio indicatrices de la contamination métalliques, il faut minimiser l'effet de la taille pour les deux métaux, il existe un groupe de taille moyenne où les variations sont moindres ; Selon le modèle de Cossa (1989) ce groupe se situe dans la partie de la courbe de croissance entre la maturité sexuelle et la sénescence.

La phase moyenne représente la situation où la concentration du métal est le moins variable, si elle reste à peu près constante quelle que soit la taille de l'animal cela signifie que l'absorption est

égale à l'excrétion et l'effet de dilution par l'augmentation du poids de tissu est compensé par la bioaccumulation du métal se trouvant dans le milieu.

Ainsi, afin de minimiser l'effet de la taille sur la concentration du métal, et ceci pour mettre en évidence d'autres facteurs surtout l'effet de la station, nous avons choisi :

- d'analyser les individus choisis dans une fourchette de taille la plus étroite possible (ne dépassant pas les 5 mm) ;
- de faire en sorte que cette gamme de taille soit située dans la zone stable du taux de métabolisme (entre 15 et 30 mm) [3].

#### **4. Choix des métaux**

Parmi les métaux lourds, on distingue principalement deux d'entre eux : le plomb et le cadmium. Pourquoi choisir ces deux métaux ?

Le choix s'est fait selon plusieurs critères. Tout d'abord, ces deux éléments font parties des dix métaux considérés comme les plus préoccupants pour l'environnement et les plus toxiques pour les écosystèmes aquatiques [28,16].

Le choix des métaux cadmium et plomb est dicté par leur toxicité reconnue par leur présence sur les listes prioritaires internationales [3].

##### **4.1. Le cadmium**

Il est bioaccumulable et répertorié comme toxique par l'INRS sous ses formes sulfure et oxyde de cadmium. C'est une substance classée "dangereuse prioritaire" par la DCE [48]. Ce métal lourd est très recherché car il est particulièrement toxique et s'accumule bien dans les coquillages [33].

Ainsi, la bioaccumulation du cadmium par les organismes marins a fait l'objet d'un intérêt considérable au cours des ces dernières années en raison de grave préoccupation que des niveaux élevés de cadmium peut avoir des effets néfastes sur les organismes marins et peut créer des problèmes en ce qui concerne leur aptitude comme nourriture pour les humains [36].

##### **4.2. Le plomb**

La classification CEE (étiquetage réglementaire des substances et préparations dangereuses) identifie le plomb comme une substance présentant des dangers d'effet cumulatif et présentant des

risques possibles d'altérations de la fertilité, c'est de plus, une substance classée prioritaire actuellement en examen par la DCE [48].

## 5. Méthodes d'échantillonnages et analyses

### 5.1. Prélèvement des échantillons

L'échantillonnage de l'ensemble de la région s'est fait en une seule journée. On note l'état de la mer, le vent, l'ensoleillement, la température atmosphérique. La mer est plutôt calme, le vent très faible, la température atmosphérique est de 25°C, un climat favorable pour l'échantillonnage.

#### 5.1.1. Prélèvement de l'eau de la mer

Des échantillons d'eau de mer sont prélevés à la main au moyen de bouteilles en verre stérilisées avec des bouchons en polyéthylène d'une capacité d'un litre (1L), au moment du prélèvement, les flacons seront de nouveau rincer trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

L'échantillonnage a été effectué à une profondeur de 15 à 30 cm sous la surface, le transport est effectué à une température de 4°C et à l'obscurité dans des emballages isothermes (glacière) [41].

En même temps quatre paramètres physico-chimiques de l'eau de mer ont été mesuré in situ (la température(T°C), le potentiel d'hydrogène (pH), la salinité(S), la conductivité électrique (CE)) à l'aide d'un multi paramètres portable de marque HANNA ; instrument HI9812-5, en plongeant l'électrode dans l'eau à environ 6 à 8 cm dans la bouteille.

#### 5.1.2. Prélèvement des patelles

Pour la méthode de prélèvement employée et le mode de conditionnement des échantillons récoltés. On a respecté un protocole strict et adapté au type de contaminant recherché.

Le prélèvement est effectué à l'aide d'un matériel coupant non métallique (lame en verre), puis les prélèvements sont stockés dans des sacs en plastique ; transporter directement au laboratoire de l'université dans une glacière à l'obscurité et a une température de 4°C, puis congelés à -25°C jusqu'à préparation [37].

Afin de supprimer tout effet possible de la taille sur la bioaccumulation, on a pris soin de recueillir les animaux de la taille similaire [38].



Un prélèvement de 20 individus de taille quasi identique dans chaque station : pour l'analyse du Cd et Pb.

## 5.2. Conditionnement et préparation des échantillons

Les échantillons sont préparés au laboratoire de l'université de Jijel de la façon suivante :

### 5.2.1. La patelle

#### 5.2.1.1. Identification, préparation des individus et mesure des paramètres biométriques

-l'identification des individus et la mesure de la longueur de leur coquille [3].

Nous avons Effectué les trois mesures suivantes sur les individus de *Patella caerulea* échantillonnés de chaque site :

- Longueur antéropostérieure de la coquille (L) ainsi que la Hauteur (H); ont été mesuré a l'aide d'une règle graduée.
- Poids (P) : le poids frais total (corps mou et coquille) de chaque individu a été mesuré a l'aide d'une balance de précision 1/100 g [39].
- la séparation du corps mou et le recueille individuel dans des tubes en Polypropylène (PP) gradués et préalablement pesés [3].

Le dé coquillage a été fait, avec un scalpel en propre, en évitant d'endommager le mollusque avec la lame, le tissu mou a été mis à égoutter (30 minutes sur un entonnoir de Buchner en porcelaine pour récupérer l'écoulement cytoplasmique. Pendant la phase d'égouttage, le corps moue du mollusque est protégé des contaminations du milieu ambiant par une feuille d'aluminium qui recouvre l'entonnoir. Lorsque l'égouttage des mollusques est terminé, ils sont remplis dans des tubes en PP.

Le séchage (60°C) : Les échantillons destinés aux analyses de Cd et de Pb sont séchés dans une étuve inoxydable à 60 °C durant trois jours dans les tubes en PP [3].

#### 5.2.1.2. Broyage et tamisage

Les différents échantillons on été broyer dans un mortier en porcelaine, puis tamisée sur des tamis a mailles de 2 mm [36].



### 5.2.1.3. Le conditionnement avant dosage

A partir de ces échantillons, les dosages de métaux lourds nécessite de réaliser une minéralisation (digestion) [37].

#### \*Digestion des échantillons

Les métaux complexés contenus dans les tissus des organismes marins ne sont pas détectables,

La minéralisation est une étape nécessaire et préalable au dosage de ces éléments traces dans les tissus biologiques préalablement séché à l'étuve. Cette étape consiste en une attaque à l'acide à chaud qui détruit (digestion) la matière organique et met les différents éléments dans leurs état ionique le plus oxydé [37].

La poudre a subit une digestion par voie humide avec de l'eau régale HCL/HNO<sub>3</sub> ; 3V/1V. Dans un ballon ; 1g de l'extrait sec en poudre est additionnée à 16 ml de l'eau régale puis porter à l'ébullition jusqu'à l'apparition d'une fumée blanchâtre indiquant la digestion complète de la matière organique. On laisse l'opération se 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, les échantillons sont prêts à être dosé [36].

## 5.3. Les dosages

### 5.3.1. Dans l'eau de mer

#### \*Principe de dosage des sels nutritifs

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (nitrites, nitrates, ortho phosphates) est basée sur une réaction de coloration. En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (température, pH, présence de catalyseurs,...) avec des réactifs spécifiques pour donner une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'onde (X). L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration, de même, ce dernier est d'autant plus important que la solution est concentrée en sel dosés [40].

#### 5.3.1.1. Dosage des sels nutritifs (Nitrite, Nitrate, Ortho phosphate)

##### \* Les nitrates

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune on été dosé par spectrophotométrie (voir annexe IV).

### \* Les nitrites

Les nitrites représentent un état intermédiaire dans le cycle de l'azote.



La présence des nitrites dans l'eau résulte d'une décomposition biologique de substances protéiniques. Ils permettent de suspecter une pollution organique si on les trouve en présence d'ammonium ou de nitrates (Voir annexe IV).

### \* Les orthophosphates

Les composés de phosphore avant tout l'ortho-phosphate-  $\text{PO}_4^{3-}$  – sont considérés comme le nutriment limitant pour la majorité des eaux stagnantes et vives. Une augmentation de la concentration par un apport accru (eaux usées, entraînement de sol, etc.) signifie immédiatement une charge en nutriments plus élevée «eutrophisation» des eaux avec les répercussions connues que cela implique comme une croissance renforcée des algues, une réduction de l'oxygène jusqu'à l'anoxie dans les profondeurs...etc (voir annexe IV).

#### 5.3.2. Dosage des métaux lourds

Compte tenu des gammes de concentration dans les organismes marins, la principale technique d'analyse permettant le dosage du métal lourd Cd, est la spectrométrie d'absorption atomique (SAA) [37].

Sa sensibilité de détection s'étend du ppb (ng/g de poids sec) à la ppm ( $\mu\text{g/g}$  de poids sec). Ses atouts majeurs en tant que technique utilisée en routine sont :

- Sa rapidité, sa simplicité et sa sélectivité élevée.
- Le coût modéré de l'appareillage.

#### \*Son principe

Consiste à porter les éléments à leur état atomique sur le trajet même d'un rayon lumineux, et à effectuer simultanément une mesure de l'absorption des atomes formés à une longueur d'onde. La proportionnalité entre l'absorbance et la concentration permet de calculer les teneurs dans les échantillons. La formation d'atomes neutres est réalisée par vaporisation et atomisation dans une flamme (SAA flamme) [37].

**\*Matériel spécial pour le cadmium**

Spectrophotométrie d'absorption atomique équipée d'une lampe à cathode creuse de cadmium, d'une lampe au deutérium pour la correction du bruit de fond d'un ensemble nébuliseur-bruleur air-acétylène [41].

**\*Matériel spécial plomb**

Spectrophotométrie d'absorption atomique équipée d'une lampe à cathode creuse de plomb ou d'une lampe à décharge (lampe EDL) et d'un ensemble nébuliseur –bruleur air-acétylène [41].

**5.4-L'analyse statistique**

Pour le calcul des statistiques élémentaires et pour une meilleure illustration des résultats nous avons procédé au calcul des moyennes et d'écart types. L'analyse statistique proprement dite est effectuée en faisant appel à l'analyse de la variance (ANOVA). Le risque  $\alpha$  choisi est de 5%. Tous les calculs ont été effectués en utilisant le logiciel Origin (version 6.0). Pour illustrer nos résultats, nous avons réalisé des histogrammes.

*Résultats et  
Discussion*



**Tableau XII.** Résultats moyens des paramètres physico-chimiques de l'eau dans les six stations étudiées

Stations	pH	T (°C)	CE	S	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
St/01	8,22 ±0,024	21,73 ±0,25	34,53 ±1,88	22,75 ±1,31	0.0335±0.0473	0.024±0.001	25.27±0.18
St/02	8,12 ±0,025	21,46 ±0,34	24,34 ±1,24	23,06 ±1,18	0.0003± 0	0.023±0.001	25.16±0.16
St/03	6,51 ± 0,18	20,23 ±0,26	28,57 ±1,23	25,65 ±1,65	0.0003± 0,0001	0,022±0.001	25.23±0.62
St/04	7,06 ±0,029	21,66 ±1,25	24,91 ±0,38	24,33 ±1,24	0.0003± 0	0,023±0.001	22.50±0.53
St/05	7,71 ± 0,05	20,60 ±0,43	32,64 ±1,49	25,80± 1,31	0.0002± 0	0,023±0.001	26.01±0.45
St/06	8,07 ± 0,04	20,53 ±0,41	32,19 ±0,99	23,41 ±1,82	0.0002± 0	0,024±0.001	26.90±0.39

## 1. Paramètres physico-chimiques

Les résultats des paramètres physicochimiques des eaux sont consignés dans le tableau XII et représentés graphiquement dans les figures 12 à 18. Les résultats bruts de ces analyses sont consignés en (annexe II)

### 1.1. pH

Le pH indique le caractère acide ou basique de l'eau. L'examen du tableau XII montre que les valeurs du pH varient entre un minimum de  $6.51 \pm 0.18$  enregistré dans la St (03) et un maximum de  $8.22 \pm 0.024$  dans la St (01). Les valeurs intermédiaires sont de l'ordre de  $7.06 \pm 0.029$  et  $7.71 \pm 0.05$  et  $8.07 \pm 0.04$  et  $8.12 \pm 0.025$  enregistrés au niveau des stations (St 04), (St 05), (St 06) et (St 02) respectivement.

Cependant, l'étude de la figure 13 révèle que la variation du pH de l'eau diffère significativement d'une station à l'autre cette différence était vérifiée par l'analyse de la variance qui montre en effet de station très hautement significatif ( $F=22.02$  ;  $p<0.001$ ) (annexe 03).

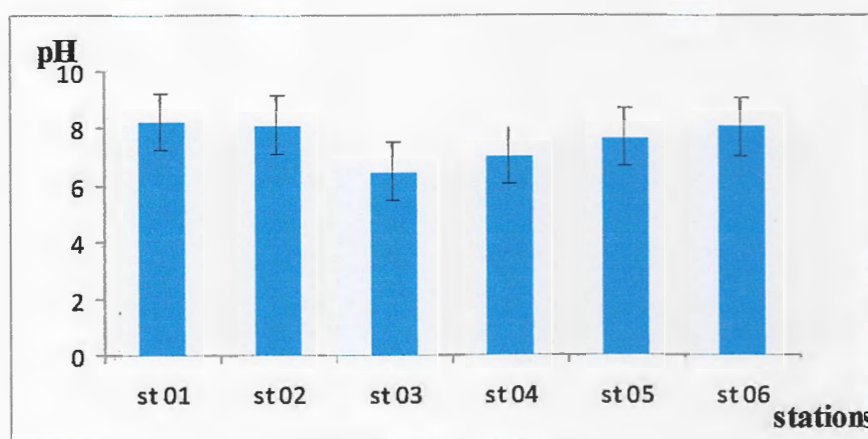


Figure 13. Les valeurs moyennes du pH enregistrées dans les stations étudiées.

### 1.2. La température

Les valeurs relatives de la température sont incluses dans l'intervalle (20.23 à 21.73), la valeur minimale est marquée dans (St 03), elle est de l'ordre de  $20.23 \pm 0.26$  °C, et la valeur maximale est enregistrée dans (St 01), elle est de  $21.73 \pm 0.25$  °C. Cependant, l'étude de la figure (14), révèle que la variation de la  $T^\circ$  de l'eau ne diffère pas significativement. Ce résultat était vérifié par l'analyse de la variance ( $F=2.40$  ;  $p>0.05$ ) (annexe 03).

Le traitement statistique des résultats ne montre aucune variation significative entre les valeurs de différentes stations.

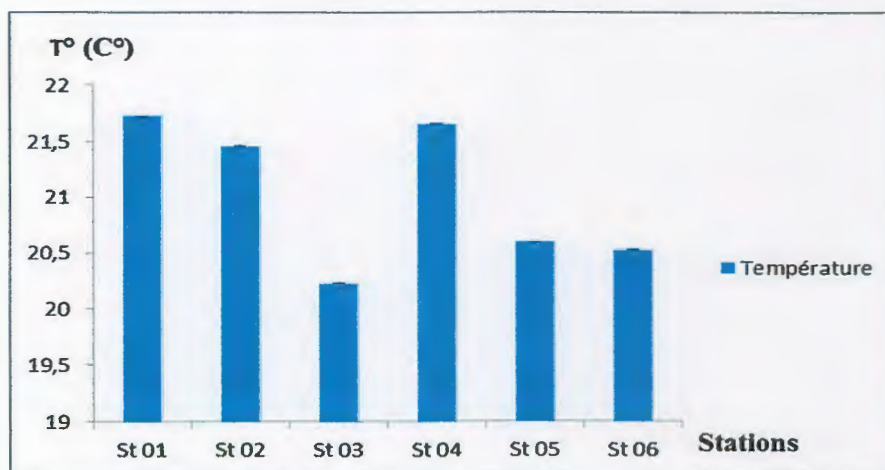


Figure 14. Les valeurs moyennes de la température enregistrées dans les stations étudiées

### 1.3. La conductivité électrique

C'est la mesure des courants conduits par les ions présents dans l'eau de mer. L'examen du tableau XII montre que les valeurs de la CE varient entre un minimum de  $24.34 \pm 1.24 \mu\text{s/cm}$  mesuré dans (St 02) et un maximum de  $34.53 \pm 1.88 \mu\text{s/cm}$  enregistré dans (St01). Les valeurs intermédiaires sont de l'ordre de  $24.91 \pm 0.38 \mu\text{s/cm}$ ,  $28.57 \pm 1.23 \mu\text{s/cm}$ ,  $32.19 \pm 0.99 \mu\text{s/cm}$  et  $32.64 \pm 1.49 \mu\text{s/cm}$  enregistrés respectivement dans les stations (St 04), (St 03), (St 06) et (St 05) (fig.15).

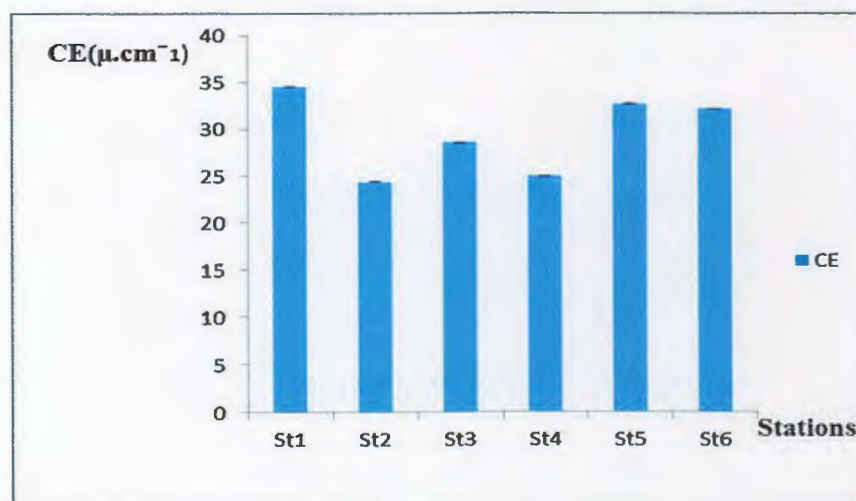


Figure 15. Les valeurs moyennes de la CE enregistrées dans les stations étudiées.



Le traitement statistique des résultats obtenus révèle que la variation du CE de l'eau diffère significativement d'une station à l'autre, cette différence était vérifiée par l'analyse de la variance qui montre en effet station hautement significatif ( $F=22.02$  ;  $p<0.001$ ) (annexe 03).

#### 1.4. Salinité

La salinité moyenne de l'eau de mer est de l'ordre de 36 ‰, le chlorure de sodium représentant à lui seul 80 % de la teneur totale en sels dissous. L'observation du tableau XII montre que les valeurs de la salinité varient entre un minimum de  $22.75 \pm 1.31$  enregistré dans St 01 et un maximum de  $25.8 \pm 1.31$  observé St 05. Les valeurs intermédiaires sont de l'ordre de  $23.06 \pm 1.18$  et  $23.41 \pm 1.82$  et  $24.33 \pm 1.24$  et  $25.65 \pm 1.65$  enregistrés respectivement dans les stations (St 02), (St 06), (St 04) et (St 03).

Cependant, l'étude de la figure (16) révèle que la salinité de l'eau ne diffère pas significativement d'une station à l'autre. Ce résultat était vérifié par l'analyse de la variance ( $F=1.17$  ;  $p>0.05$ ) (annexe 03).

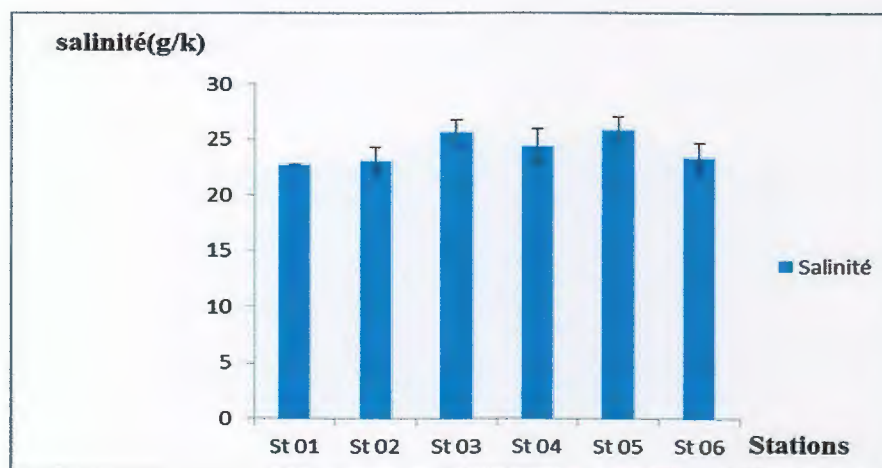


Figure 16. Les valeurs moyennes de la salinité enregistrées dans les stations étudiées.

#### 1.5. Les nitrate

D'après les résultats du tableau XII, il ressort que les teneurs en nitrates varient entre un minimum de  $22.5 \pm 0.53$  mg/l et un maximum de  $26.9 \pm 0.39$  mg/l.

L'examen de la figure (17), montre que la teneur la plus élevée en nitrates est enregistrée au niveau de la station (06), elle est de l'ordre de 26.90 mg/l, tandis que la plus faible valeur, est celle enregistrée au niveau de la station (04), elle est de l'ordre de 22.5 mg/l.



En effet, l'analyse de la variance fait ressortir un effet station hautement significatif ( $F=24.98$  ;  $p<0.001$ ) (annexe 03).

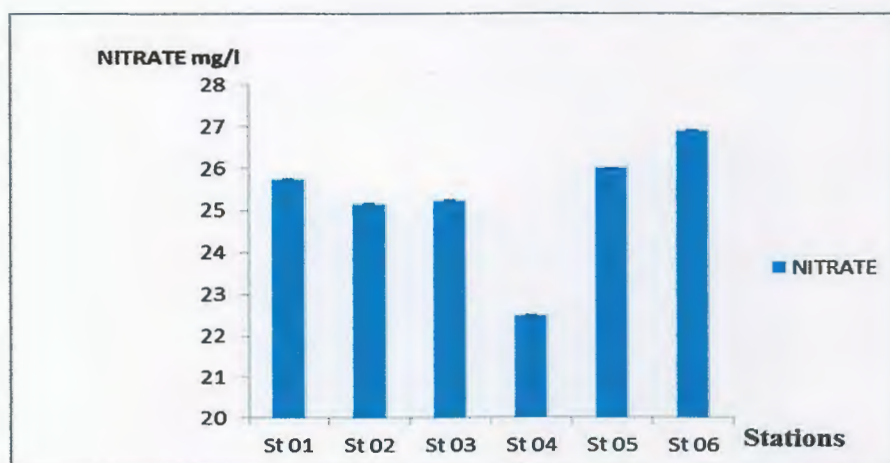


Figure 17. Les valeurs moyennes en nitrate enregistrés dans les stations étudiées

### 1.6. Les nitrites

D'après les résultats du tableau XII, il ressort que les teneurs en nitrites varient entre un minimum de  $0.022\pm 0.001$  mg/l et un maximum de  $0.024\pm 0.001$  mg/l.

L'examen de la figure (18), montre que la teneur en nitrates la plus élevée est enregistrée au niveau des stations (St 01) et (St 06), elle est de l'ordre de  $0.024$  mg/l, tandis que la plus faible valeur est celle enregistrée au niveau de la station (03), cette dernière est de l'ordre de  $0.022$  mg/l. Les valeurs enregistrées dans les stations (02), (04) et (05) sont identiques, elles sont de l'ordre de  $0.023$  mg/l. L'analyse statistique des résultats n'a montré aucune signification ( $F= 2.73$  ;  $p >0.05$ ) (annexe 03).

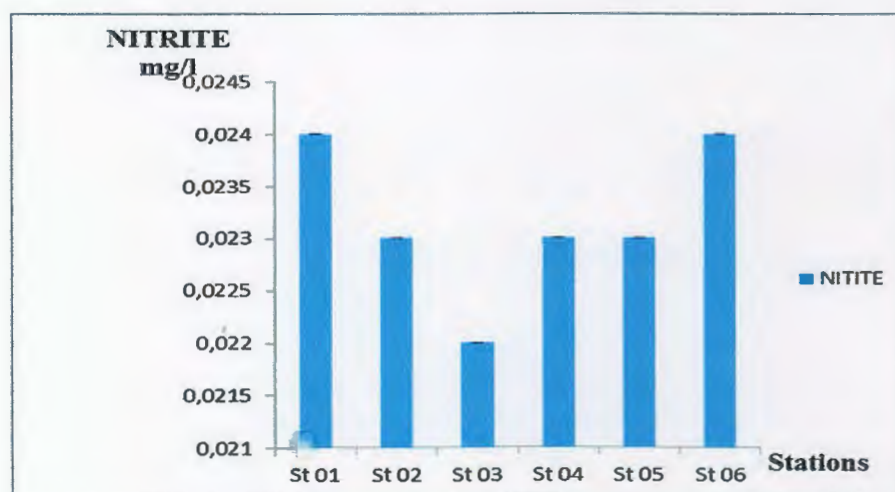


Figure 18. Les valeurs moyennes en nitrite enregistrés dans les stations étudiées.

### 1.7. Les orthophosphates

D'après les résultats du tableau XII, il ressort que les teneurs en orthophosphates oscillent entre un minimum de 0.0002 et un maximum de  $0.0335 \pm 0.04$  mg/l.

L'examen de la figure (18), montre que la teneur en orthophosphate la plus élevée est enregistrée au niveau de la station (01), elle est de l'ordre de 0.0335 mg/l, tandis que la plus faible valeur est celle enregistrée au niveau des deux stations (05) et (06), elle est de l'ordre de 0.0002 mg/l, alors que les concentrations dans les stations (02), (03) et (04) sont identiques, et sont de l'ordre de 0.0003 mg/l.

Cependant, l'analyse statistique des résultats ne montre aucun effet station significatif ( $F=0.99$  ;  $p > 0.05$ ) (annexe 03).

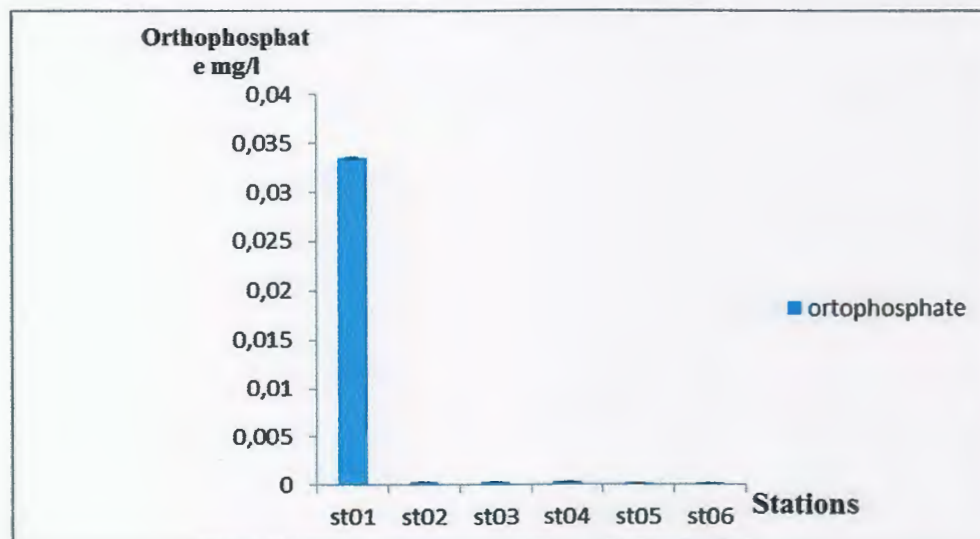


Figure 19. Valeurs moyennes des orthophosphates enregistrées dans les stations étudiées.

### 2. Les métaux lourds

STATIONS	Pb (ppm)			Cd (pmm)		
	corps mou	coquille	eau	corps mou	coquille	eau
St 01	0,194	0,0715	0,0102	0,0278	0,0159	0,0139
St 02	0,2961	0,2655	0,1634	0,0467	0,0199	0,0089
St 03	0,2553	0,1123	0,0408	0,0457	0,0089	0,005
St 04	0,194	0,1634	0,1021	0,0547	0,0427	0,0139
St 05	0,194	0,1838	0,143	0,0328	0,0268	0,0199
St 06	0,2553	0,1225	0,0306	0,0474	0,0318	0,005

Tableau XIII. Résultats des concentrations du Pb et Cd dans l'eau et la patelle



## 2.1. Le plomb

D'après les résultats (figure 20), nous constatons que le niveau maximal de concentration est enregistré dans la partie mou dans les six stations prospectées ; avec une valeur maximale de 0.2961ppm dans la station (02), et une valeur minimale 0.194 ppm aux stations (01) (04) et (05). Les valeurs intermédiaires sont respectivement de l'ordre 0.2553 ppm dans les stations (03) et (06).

En effet, les niveaux des concentrations moyennes sont enregistrés dans la coquille dans les six stations prospectées avec une valeur maximale de 0.2655 ppm dans la station (02) et une valeur minimale de 0.0715 dans la station (01).

Les valeurs intermédiaires sont respectivement de l'ordre de 0.1132ppm ; 0.1225ppm ; 0.1634ppm ; 0.1838 ppm dans les (03), (06), (04) et (05).

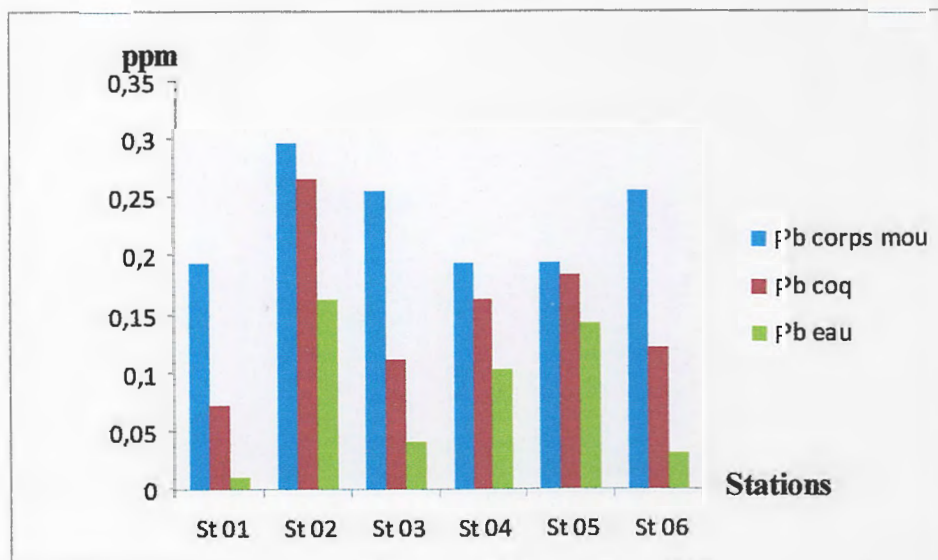


Figure 20. Les concentrations moyennes en Pb dans l'eau et la patelle.

Les niveaux de concentration minimale est enregistré dans l'eau dans les six stations prospectées ; avec une valeur maximale de 0.1634ppm dans la St (02), et une valeur minimale de 0.0102 ppm à la St(01). Les valeurs intermédiaires sont respectivement de l'ordre de 0.0306ppm, 0.0408ppm, 0.1021ppm et 0.143ppm dans les stations (06), (03), (04) et (05).

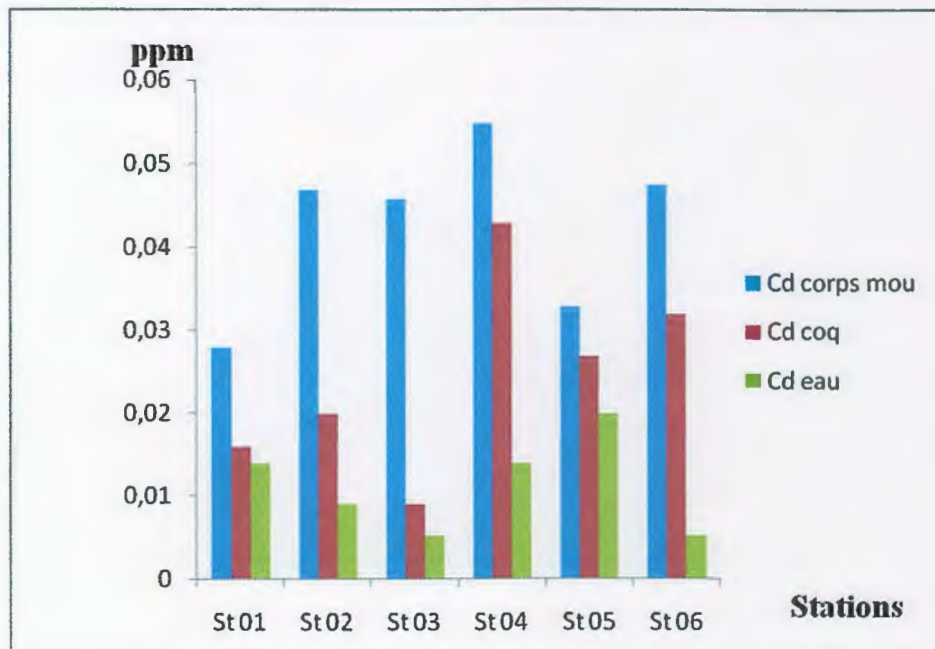
Cependant, l'étude statistique révèle au niveau de 0,05, que les deux moyens sont significativement différents entre les concentrations du plomb dans la coquille et celles du corps mou dans la patelle *P. Caerulea*, avec des concentrations élevées dans le corps mou.

Ainsi le Facteur de transfert pour le plomb de l'eau de mer à la patelle est de : 1.85.

$$[\text{Organisme}]/[\text{eau}] = 0.192325/0.1038 = 1.85.$$

## 2.2. Le cadmium

D'après la figure (21), les concentrations du cadmium maximales sont enregistrées dans le corps mou dans les six stations prospectées avec une valeur maximale de 0.0547 ppm dans la St (04), et une valeur minimale de 0.0278 ppm à la St (01). Les valeurs intermédiaires sont respectivement de l'ordre 0.0328ppm, 0.0457ppm, 0.0467ppm et 0.0474ppm dans les stations (05), (03), (02) et (06).



**Figure 21.** Les concentrations moyennes en Cd dans l'eau et patelle enregistrés.

Les concentrations moyennes sont enregistrées dans la coquille et cela dans les six stations prospectées avec une valeur maximale de 0.0427ppm dans la station (04) et une valeur minimale de 0.0089ppm a la station (03). Cependant, les valeurs intermédiaires sont respectivement de l'ordre de 0.0159ppm, 0.0199ppm, 0.0268ppm et 0.0318ppm dans les stations (01), (02), (05) et (06).

Par ailleurs, les concentrations minimales sont enregistrées dans l'eau dans les six stations prospectées avec une valeur maximale de 0.0199ppm dans la station (05), et une valeur minimale de 0.005ppm aux deux stations (03). (06). Cependant, les valeurs intermédiaires sont respectivement de l'ordre de 0.0089 ppm dans la station (02), 0.0139ppm dans les deux stations (01) et (04).

Toutefois, l'étude statistique au niveau de 5%, révèle que les deux moyennes sont significativement différentes entre les concentrations en cadmium dans la coquille et le corps mou dans la patelle, avec des teneurs nettement plus élevées dans le corps mou.



Ainsi nous avons évalué ces interactions à travers les corrélations entre métaux, calculées chez la patelle. L'examen des matrices de corrélations (annexe 03) montre l'absence de ces dernières entre les deux métaux, sauf pour le plomb entre l'eau et la coquille.

Les résultats de corrélation entre les variations des teneurs métalliques dans les patelles et les paramètres hydrologiques des sites étudiés, utilisant les données globales sur l'ensemble des sites prospectés pour tenter de dégager l'influence potentielle de ces paramètres sur la charge métallique ont montré une absence des corrélations significatives entre ces paramètres et les concentrations des deux métaux étudiés dans l'organisme.

Il apparaît également que les concentrations en Pb et Cd augmentent dans la zone médiane (les deux ports) et que les valeurs sont très uniformes dans les deux ports.

Cependant, il est à noter que les unités de mesure sont exprimées en ppm [44,45]. Et que le facteur de transfert du Cadmium de l'eau de mer à la patelle est de : 3.01126.

$$[\text{Organisme}]/[\text{eau}] = 0.033425/0.0111 = 3.01126.$$

### Discussion globale des résultats

Les résultats obtenus au terme de cette étude montrent que les valeurs moyennes du pH enregistrées dans toutes les stations sont relativement constantes et restent conformes aux normes de l'OMS qui fixe un intervalle de pH allant de 6.5 à 8.5 pour les eaux de mer [46]. L'étude de la corrélation montre que le pH est positivement corrélé avec la salinité, la teneur en nitrates et nitrite. Le pH des eaux est généralement lié à la nature des activités humaines en milieux côtiers ou estuariens, certains rejets industriels ou apports d'eaux continentales sont la cause de variations du pH qui s'avère dans ce cas un indice de pollution [47]. L'importance de la mesure du pH, bien que très réponde, est en fait limitée aux effluents industriels.

Les valeurs moyennes de la température semblent être saisonnières. Elles reflètent dans l'ensemble une température normale d'eau de mer superficielle respectant la norme qui ne dépasse pas la valeur de 30°C dans la totalité de la période saisonnière. Les températures relativement élevées agissent comme pollutions additionnelles ayant ainsi des répercussions sur les cycles biologiques.

Les valeurs de la conductivité électrique des eaux du littoral concordent avec les normes (1000 $\mu$ s/cm) dans toutes les stations [46]. Le teste statistique montre qu'il y avait une corrélation entre la CE et les nitrates.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et d'en suivre l'évaluation.

La conductivité varie en fonction de la température dans les eaux de surface et les rejets des eaux usées. Des modifications importantes de la conductivité pouvant intervenir rapidement au cours de la journée et elles sont étroitement liées aux concentrations des substances dissoutes et à leur nature.

La salinité des eaux de toutes les stations semble indiquer un état normal des eaux superficielles du littoral. En effet, cette dernière ne dépasse pas la salinité moyenne de l'eau de mer qui est 36 ‰ [48]. Le test statistique montre qu'il y avait une corrélation entre la salinité et le pH. L'activité industrielle provoque très souvent une augmentation de la salinité des eaux de mer.

Les nitrates sont les sels de l'acide nitrique. Une contamination progressive des eaux par les nitrates a deux sources principales :

- origine diffuse : nitrates entraînés par le ruissellement ou l'infiltration et provenant des engrais minéraux ou organiques non utilisés par les plantes ;
- origine ponctuelle : rejets d'eaux usées domestiques, agricoles ou industrielles

Les variations de la concentration en nitrates entre les stations (01), (02), (03), (05), (06) et la station (04) expliquent la pollution ponctuelle que subisse la station (04) qui est particulièrement exposée à de nombreux rejets. L'étude de corrélation montre qu'il y a une corrélation entre le nitrate et le pH et même avec la CE.

D'une manière générale, les valeurs des nitrates des eaux du littoral sont concordent avec les normes dans toutes les stations [47].

Les nitrites sels de l'acide nitreux, ou résultat de la réduction des nitrates par des bactéries spécifiques.

Les principales sources nitrites sont les fertilisants agricoles, le fumier, les rejets sanitaires et la décomposition d'organismes végétaux et animaux. Ils sont entraînés vers les eaux de surface et les nappes d'eau souterraine par l'infiltration de la pluie ou la fonte des neiges.

Les teneurs en nitrites mesurées dans l'ensemble des stations étudiées sont relativement faibles et les différences entre stations sont statiquement non significatives. Les faibles valeurs de nitrites sont attribuées d'une part à la vitesse de des réactions de transformation de l'azote ammoniacal en nitrites puis en nitrates et d'autre part, à l'effet de dilution provoquée par la marée.



Des épandages agricoles excessivement riches en engrais (azote et phosphore); la présence de polyphosphates dans les lessives font de l'eutrophisation un processus fréquent, atteignant même les zones océaniques, pouvant provoquer l'extension de zones mortes, ou le développement d'algues toxiques, telles *Dynophysis*, sur les littoraux.

Les teneurs en orthophosphates dans les différentes stations sont presque nulles. Ces teneurs sont en parfaite concordance avec la norme fixée. En générale la concentration des orthophosphate doit être inférieure celle des nitrate

\*Le plomb (Pb) peut avoir des origines naturelles. Cependant, sa présence dans les eaux naturelles est assez rare. Il faut noter que la teneur de l'eau en plomb est fonction de paramètres physico-chimiques. Ainsi des pH inférieurs à 7,5 favorisent la dissolution du plomb. De la même façon, une augmentation de la température de l'eau de 12 à 25°C multiplie par deux la solubilité du plomb [2].

Les teneurs en plomb les plus élevées sont enregistrées au niveau des stations St 02 et St 03. Ce résultat pourrait trouver une explication dans le fait que ces deux stations sont des ports particulièrement exposés aux peintures des bateaux et des navires et au nettoyage des réservoirs de fioles, à cela s'ajoute à la St 03 les rejets de la station d'essence (additif à l'essence) qui peuvent s'écouler dans l'eau de mer, pour la St 6 des teneurs sont ainsi élevée cela es du a l'activité humaine dans cette région(rejet contenant le plomb).

Une contamination moindre par ce métal est enregistrée au niveau des station St 04 et St 05, ces deux stations sont directement exposées aux rejets des foyers domestiques, des rejet des canalisation de tuyauteries en plomb et des écoulements des rejets de lavages-graissage particulièrement pour le site St 04. En effet, ce site constitue depuis de longues années « l'exutoire » qui permet d'évacuer les déchets, les rejets des effluents industriels ainsi que les déchets liquides résultant de l'extraction ou de la transformation de matières premières notamment celles de la tannerie situant à proximité (pollution chronique).

A la St 01 la teneur en plomb est à l'état de traces, ainsi, outre les sources de pollution atmosphérique s'ajoutent des sources naturelles liées à l'érosion.

\*Les concentrations en cadmium(Cd) observées dans la station St 04 sont issues principalement des rejets des foyers domestiques contenant des teneurs en cadmium (détergent à complexe phosphaté). En effet, cette zone reçoit les effluents de deux oueds ramenant des concentrations de ce métal ainsi que la station de lavage graissage situant à proximité.



Il a été démontré que des concentrations en cadmium sont présentes dans les boues des stations d'épuration, les composts d'ordures ménagères ou les lisiers utilisés pour amender les surfaces agricoles.

La station St 01 représente la valeur en cadmium la plus faible, cette zone appartient à la zone humide protégée et se situe loin de toutes sources de pollution probable pour ce métal.

A la station St 05, la concentration en cadmium est due aux activités humaines ; rejets domestiques.

Les concentrations enregistrées aux deux stations St 02 et St 03 sont dues essentiellement au nettoyage de fiole, navires, transport maritime ainsi que les activités de pêche.

Ces concentrations dans l'eau de mer sont au-dessous de limites maximales tolérables des métaux dissous dans l'eau de mer (tableau II).

Dans les six stations prospectés, le corps mou de la patelle a un plus fort degré d'accumulation du métal que dans la partie coquille pour les deux métaux (Plomb et Cadmium), cela a un rapport avec le métabolisme de l'espèce et le mode d'assimilation des métaux.

Les différences s'expliquent peut-être davantage par des facteurs environnementaux que par des variations biologiques entre les espèces.

Les concentrations mesurées varient en fonction du site de prélèvement. La sensibilité des espèces peut ainsi être variable entre les régions. Mais Ceci pourrait être lié au mécanisme de transfert du métal de l'eau de mer à la patelle.

L'interaction entre les organismes vivants et le métal dépend entre autres de la forme sous laquelle ce dernier se trouve dans le milieu [42].

Dans l'ensemble, *Patella Carerulea* est considérée comme espèce secondaire pour la détection du Pb mais comme un bioindicateur très « sensible » au Cd, étant très sensible aux faibles variations de ce métal dans l'eau [3,33].

Sur cette base, les concentrations relativement faibles de cadmium observées dans cette étude peuvent en évidence être la cause du manque de sources anthropiques de ce métal (Cd) dans les zones étudiées.

D'une manière générale, les concentrations des métaux traces observées dans les patelles au niveau des deux ports restent toujours supérieures par rapport aux autres stations étudiées.

Enfin les facteurs de transfert mesuré pour le plomb et le cadmium confirment que la patelle a une capacité de bioaccumuler les métaux trace plomb et cadmium mais avec une plus grande préférence pour le cadmium plus que pour le plomb.

# *Conclusion*

## Conclusion

Les résultats obtenus au terme de cette étude nous ont permis de communiquer une vision réaliste de la qualité physico-chimique du milieu étudié, et de déterminer son degré de pollution par les éléments traces métalliques Pb et Cd en utilisant le mollusque gastéropode *P. Caerulea* comme indicateur fiable reflétant l'état de ce dernier.

Les concentrations en métaux étudiés (Cd et Pb) n'atteignent pas des niveaux préoccupants et sont encore faibles par rapport aux limites exigées par les normes dans l'eau de mer. Par conséquent, la consommation humaine de ce mollusque ne présente pas un risque de toxicité pour le consommateur.

En effet, la bioaccumulation des deux métaux (Pb et Cd) dans la partie mou du mollusque est plus forte que dans la coquille. Par contre, la concentration des métaux lourds étudiées dans les eaux et la patelle suit l'ordre suivant : [Pb]>[Cd]. Par ailleurs, un manque de source en cadmium est mis en évidence.

Ces teneurs augmentent généralement dans la zone médiane, ainsi, les deux ports et la baie de Rabia présentent les sites les plus pollués par les métaux étudiés.

Cette étude confirme l'usage de la patelle *P. caerulea* comme bioindicateur de métaux traces dans le milieu marin, cette dernière constitue un matériel biologique utile en toxicologie de l'environnement, vu sa sensibilité et sa rapidité à donner des réponses aux différents polluants et en particulier aux métaux lourds (plomb et cadmium).

Enfin, l'idée n'est pas d'utiliser ces espèces sentinelles comme de simples victimes successives des agressions portées à notre environnement, mais bien comme un repère et un reflet des conséquences de nos actions, afin d'orienter le développement des économies dans les directions permettant le maintien de la plus grande biodiversité possible.



## Références bibliographiques 3/12

[1]-N BENAMAR, M BOUDERBALA, B Zitouni; 2010 ; Evaluation de la concentration en cadmium d'un poisson pélagique commun, *Sardinella aurita*, dans la baie d'Oran ; Sciences de la mer et des Ressources Halieutiques ; halieutique journal ; Université de Mostaganem ; pp16.

[2]-Taleb M. Z 1,Benali I 1,Gherras H 1,Ykhlef-Allal A 1,Bouiadjra B .B 2, Amiard J-C3, Zitouni B1 ; 2009 ;Biomonitoring of environmental pollution on the Algerian west coast using caged mussels; Réseau de Surveillance Environnementale (RSE) OCEANOLOGIA, *Institute of Oceanology PAS.University of Oran Es Senia*,; pp. 63–84;

[3]-K Nakhlé ; (2003) ; Le mercure, le cadmium et le plomb dans les eaux littorales libanaises, apport et suivie au moyen de bioindicateurs quantitatifs (Eponges, Bivalves et Gastéropodes) ; Interactions toxiques dans les écosystèmes. Thèse de doctorat. Université de paris; pp 111,112, 113, 117,123.

[4]- A. MATALLAH-BOUTIBA, Y. SEDDIK, H. SOUIDI, & Z. BOUTIBA. (2011) ; Impact de la pollution bactérienne sur l'oursin *P.Lividus* (LCK ?1816) et la patelle *P.Caerulea* (L.,1758) de la cote ouest Algérienne. *Université d'Oran, Algérie. Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 5 (1) : 69-80.*

[5]- Michel Houdart ; (2003) ; Entre terre et mer, les 250 ans du littoral ; Direction de l'Environnement et de l'Aménagement du Littoral ; IFREMER. pp 1.3.

[6]-F, Ramade ; (1998) ; Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau; biogéochimie et écologie des eaux continentales et littorales ; édition Ediscience international, Paris, pp 353-354 ; ISBN : 2-84074-152-0

[8]-C Diana ; (2005) ; pollution des eaux ; In. Toxicologie ; A Viala, A Botta ; Ed 2 Tec & Doc ; Lavoisier ; paris ; pp 302-303.

[10]-A Lefèvre Balleydier ;( 2006) ; petit atlas des mers et des océans ;Ed Larousse.

[11]- J, Rodier ; (1996) ; Analyse de l'eau naturelle et des eaux résiduaires et eaux de mers; 8<sup>ème</sup> édition DUNOD, Paris.

[12]-K BENHABILES ; 2008 ; Evaluation biotoxécologique du risque de contamination de sols et d'eaux naturelles par les métaux lourds susceptibles d'être présents dans des effluents de tannerie ;Ecotoxicologie ;Thèse de Magister ;université de jijel,pp 5.6.7.10.

[13]- Ika PAUL-PONT ; (2010) ; Sensibilité et adaptation de populations de bivalves marins soumis à des stress multiples : infestation parasitaire, contamination microbienne et pollution métallique ; thèse de doctorat ; Biogéochimie et écosystèmes ; université de bordeaux ; pp 26\_37

- [14]- **J. M. GUERRA-GARCÍA, M. J. MAESTRE, A. R. GONZÁLEZ, J. C. GARCÍA-GÓMEZ**; (2006); Assessing a quick monitoring method using rocky intertidal communities as a bioindicator: a multivariate approach in an Algeciras bay; Environmental Monitoring and Assessment 116: 345–361
- [15]- **A Berraho**; (2006); Évaluation du milieu marin; Centre National de Documentation du Royaume du Maroc. pp224, 226; en ligne sur : [www.rdh50.ma/fr/pdf/contributions/GT8-5BIS\(1\).pdf](http://www.rdh50.ma/fr/pdf/contributions/GT8-5BIS(1).pdf)
- [16]- **M. G MIQUEL**; (2001); Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la; Assemblée nationale; Sénat; en ligne sur : <http://www.senat.fr/rap/100-261/100-261.html>
- [17]- **L NAKIB**; (2010); Mise au point d'une technique d'extraction des éléments traces métalliques dans les produits de la mer et leurs dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique; hygiène alimentaire; Magister en médecine vétérinaire; université de constantine.
- [18]- **R, Jeannot; B, Lemièrè; S, Chiron**; (2002); Guide méthodologique pour l'analyse des sols Pollués; édition BRGM.
- [19]- **B, Lemièrè; J, J, Seguin; G, Le, Guern; D, Guyonnet; Ph, Branger**; (2000); Guide sur le Comportement des polluants dans le sol et les nappes; édition BRGM.
- [20]- **D, C, Adriano**; Trace elements in terrestrial environments; Biochemistry, bioavailability and risks of metals; 2001; Springer-Verlag, New York.
- [21]- **Michel BARBIER**; (1976); Introduction à l'écologie chimique; Collection d'écologie Ed Masson; Paris; pp 84; ISBN : 2-225-43604-5.
- [22]- **C LAAMA**; (2009); Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux du port d'Alger; sciences de la mer; DEUA en sciences de la mer; Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral Alger; pp1.
- [23]- schéma directeur d'aménagement touristique de Jijel (SDAT), (2006).
- [25]- OMN de Jijel, 2011.
- [26]- Direction de l'Hydraulique de la Wilaya (DHW), Bener (2005).
- [27]- **Grimes S**; (2004); La cote algérienne; In; Biodiversité marine et littorale algérienne; Ed Diwan; Alger; pp 22-23-24.; ISBN N° 9961-9547-O-X
- [28]- direction de l'urbanisme, (2008).
- [29]- Cadastre du littoral de la wilaya de Jijel, (2005).
- [30]- Direction des Mines et de l'Industrie. (DMI), Jijel (2005).

[31]-S. Bneghali ; la biosurveillance marine au niveau de la cote occidentale algérienne ;

<http://sofianebenhali.e-monsite.com/pages/la-patelle-patella-c-rulea.html>

[33]- **Marcelo Enrique Conti, Beatrice Bocca, Marta Iacobucci, Maria Grazia Finoia, Mauro Mecozzi, Anna PinoetAlessandro Alimonti; (2010)** ; Baseline Trace Metals in Seagrass, Algae, and Mollusks in a Southern Tyrrhenian Ecosystem (Linosa Island, Sicily) ; Archives of Environmental Contamination and Toxicology ;Volume 58, Number 1 ;pp 79-95.

[34]- **D. Puel, N. ZsürgeretJ. Ph. Breittmayer; (1987)** ; Statistical assessment of a sampling pattern for evaluation of changes in mercury and zinc concentrations in *Patella caerulea* ; Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology ;Volume 38, Number 4, pp 700-706.

[35]- **T. A. Yüzereroğlu, G. Gök, H. Y. Çoğun, Ö. Firat, Sabahattin Aslanyavrusu, Onur MaruldaletF. Kargin ;( 2010)**; Heavy metals in *Patella caerulea* (Mollusca, Gastropoda) in polluted and non-polluted areas from the Iskenderun Gulf (Mediterranean Turkey) ; Environmental Monitoring and Assessment ;Volume 167, Numbers 1-4 ;pp 257-264 .

[39]- **D COSSA ; F ELBAZ-POULICHET ; M GNASSIA-BARELLI :M ROMEO ; (1993)** ;le plomb en milieu marin, biogéochimie et écotoxicologie ;Ifremer .

[40]- **S BACHOUCHE ; (2010)** ; Les ports d'Alger et de Bouharoun : Etude des paramètres, granulométriques, biologiques et de pollution dans les sédiments et l'eau en vue d'une opération de dragage ; Pollution marine et écotoxicologie ; Thèse de magister ; Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral ; pp27.

[41]- **J, Rodier ;( 2005)** ; Analyse des eaux naturelle x des eaux résiduaires et eaux de mers; 8<sup>ème</sup> édition DUNOD, Paris.pp

[42]-**François LE GOFF - Vincent BONNOMET ; (2004)** ; Devenir et comportement des métaux dans l'eau : biodisponibilité et modèles BLM ; Rapport technique ; *Evaluation des Risques Ecotoxicologiques; Unité Direction des Risques Chroniques* ; Paris.

[43]-Inspection de l'environnement, (2005).

[44]- **Sabhi, Y.; Chaoui, M.; Dahhou, M.; Bakkas, S. &Ramdani, M. (2000).**

Identification of the northern Moroccan hot spots and contamination baseline of coastal sediments by heavy metals

[45]-**Turkmen, M., Turkmen, A, Akyurt, I. Tepe, Y. 2005**;Limpet, *Patella caerulea* Linnaeus, 1758 and Barnacle, *Balanus sp.*, as Biomonitors of Trace Metal Availabilities in Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea;Bull. Environ. Contam. Toxicol.74:301–307

[46]-**P.P Grassé ; 1998** ; Invertébrés ; Zoologie ; 6ème édition Masson ;Paris.



[47]-Aminot A.et Chaussepied M ; 1983 ; Manuel des analyses en milieu marin ;édition ;Cnexo :395p

[48]- Guide technique ; Pollution toxique et écotoxicoloie ;( 2002) ; Quand les toxiques se jettent à l'eau : l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée ; paris.

### Sites Internet

[7]- [www.ulb.ac.be/students/.../Lizy\\_milieux%20aquatiques-estuaire1.do](http://www.ulb.ac.be/students/.../Lizy_milieux%20aquatiques-estuaire1.do)

[9]-<http://www.techno-science.net>

[24]- [www.google.com](http://www.google.com)

[32]-[http://doris.ffessm.fr/fiche2.asp?fiche\\_numero=1845](http://doris.ffessm.fr/fiche2.asp?fiche_numero=1845)

[36]-[www.jijel.info/.../la-plage-de-beni-belaid-un-endroit-paradisique-ab](http://www.jijel.info/.../la-plage-de-beni-belaid-un-endroit-paradisique-ab)

[37]- [http://www.algeriadz.com/sites\\_under.php?site=9](http://www.algeriadz.com/sites_under.php?site=9)

[38]-[www.djendjen-port.com/](http://www.djendjen-port.com/)

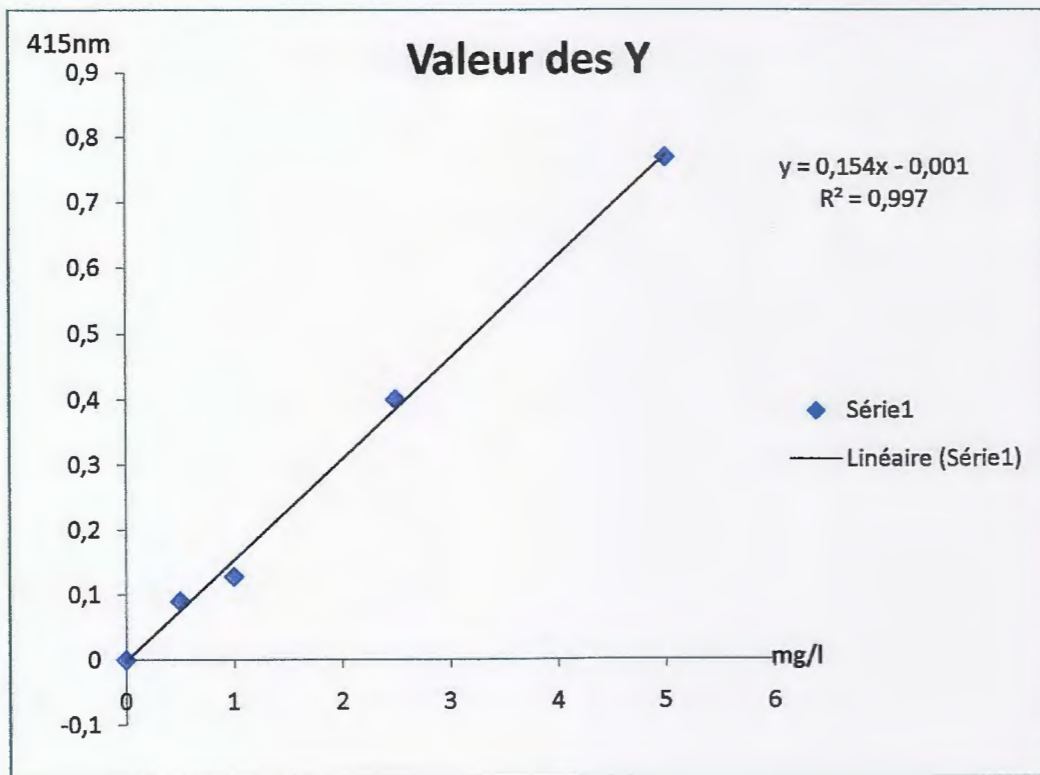


Figure 01. Courbe d'étalonnage des nitrates

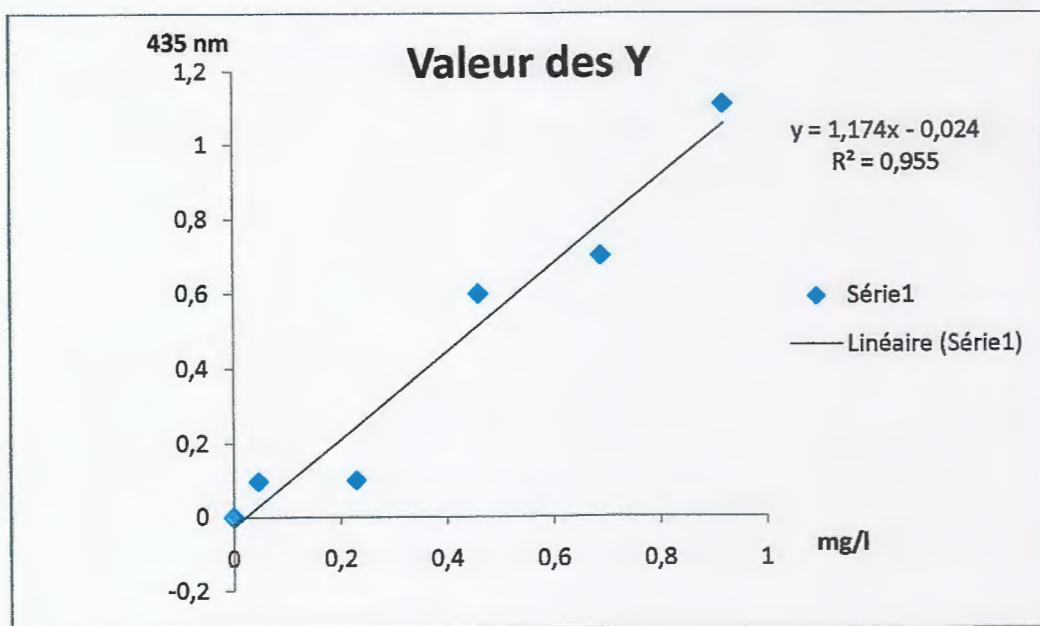


Figure 02. Courbe d'étalonnage des nitrites

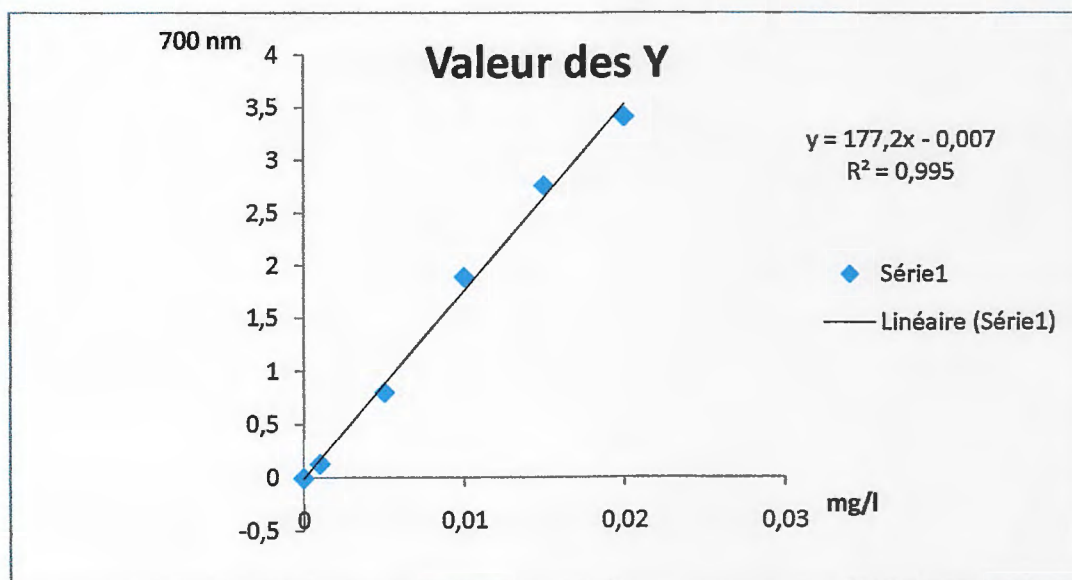


Figure 03. Courbe d'étalonnage des orthophosphate



## Résultats brutes des paramètres étudiés

Tableau I. Résultats brutes des paramètres physico-chimiques dans les six stations étudiées.

Température						
Stations	St1	St2	St3	St4	St5	St6
Répétitions						
Répétition 1	21,8	21,6	20,6	22	20,8	20
Répétition 2	21,4	21	20,1	20	21	20,6
Répétition 3	22	21,8	20	23	20	21
pH						
Stations	St1	St2	St3	St4	St5	St6
Répétitions						
Répétition 1	8,22	8,11	6,67	7,07	7,77	8,09
Répétition 2	8,25	8,15	6,6	7,02	7,7	8,02
Répétition 3	8,19	8,09	6,25	7,09	7,65	8,1
Conductivité électrique						
Stations	St1	St2	St3	St4	St5	St6
Répétitions						
Répétition 1	35,7	22,7	28,7	24,4	33,3	32,7
Répétition 2	36,01	25,68	30,01	25,3	30,58	30,8
Répétition 3	31,88	24,65	27	25,02	34,04	33,06
Salinité						
Stations	St1	St2	St3	St4	St5	St6
Répétitions						
Répétition 1	22,1	23,1	15,3	12,8	25,3	18,5
Répétition 2	24,6	21,6	20,99	17,98	27,6	19,54
Répétition 3	21,66	24,5	14,54	15,45	24,5	22,25

**Tableau II.**Résultats brutes des sels nutritifs dans les six stations étudiées.

Stations	St 01	St 02	St 03	St 04	St 05	St 06
Nitrite						
Répétition 01	0,025	0,022	0,022	0,024	0,023	0,024
Répétition 02	0,023	0,024	0,023	0,022	0,023	0,025
Répétition 03	0,024	0,023	0,022	0,023	0,022	0,024
Nitrate						
Répétition 01	25,94	25,31	25,8	23,05	26,63	27,32
Répétition 02	25,51	24,94	25,51	21,79	25,8	27
Répétition 03	25,8	25,23	24,37	22,65	25,6	26,37
Orthophosphate						
Répétition 1	0,0001	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
Répétition 2	0,1004	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002
Répétition 3	0,0001	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003

**Tableau III.**Résultats brutes des teneurs en Pb et Cd dans les six stations étudiées

STATIONS	Cd (ppm)			Pb (ppm)		
	corps mou	coquille	eau	corps mou	coquille	eau
St 01	0,194	0,0102	0,0715	0,0278	0,0199	0,0159
St 02	0,2961	0,2655	0,1634	0,0467	0,0139	0,0089
St 03	0,2553	0,1123	0,0408	0,0457	0,0089	0,005
St 04	0,194	0,1634	0,1021	0,0547	0,0427	0,0139
St 05	0,194	0,1838	0,143	0,0547	0,0268	0,0199
St 06	0,2553	0,1225	0,0306	0,0328	0,0447	0,005



## Résultats statistiques

### Corrélation

Correlations (Spreadsheet1)										
Marked correlations are significant at $p < .05000$										
N=6 (Casewise deletion of missing data)										
Variable	T	pH	CE	S	Pb m	Pb c	Pb e	Cd m	Cd c	Cd e
T	1.0000	.4050	-.2535	.0199	-.2581	.1462	.1432	-.0494	.2862	.3600
	p= ---	p= .426	p= .628	p= .970	p= .621	p= .782	p= .787	p= .926	p= .582	p= .483
pH		1.0000	.3785	.7114	.0745	.1488	.0612	-.4520	.0799	.1890
		p= ---	p= .459	p= .113	p= .888	p= .779	p= .908	p= .368	p= .880	p= .720
CE			1.0000	.4795	-.4571	-.6821	-.5758	-.7979	-.2406	.2357
			p= ---	p= .336	p= .362	p= .136	p= .232	p= .057	p= .646	p= .653
S				1.0000	-.0260	.2757	.3443	-.7480	-.2474	.4934
				p= ---	p= .961	p= .597	p= .504	p= .087	p= .636	p= .320
Pb m					1.0000	.4792	.1948	.4178	-.3573	-.7589
					p= ---	p= .336	p= .711	p= .410	p= .487	p= .080
Pb c						1.0000	.9439	.3560	.2094	.1301
						p= ---	p= .005	p= .489	p= .690	p= .806
Pb e							1.0000	.2075	.2647	.4164
							p= ---	p= .693	p= .612	p= .412
Cd m								1.0000	.4799	-.5089
								p= ---	p= .335	p= .303
Cd c									1.0000	.3045
									p= ---	p= .557
Cd e										1.0000
										p= ---

### Corrélation

#### Correlations: TC, pH, Conductivite, Salinite, Nitrites, Nitrates, Orthophosphate

	TC	pH	Conductivité	Salinité
pH	.304 0.219			
Conductivite	-0.233 0.353	0.373 0.128		
Salinité	-0.113 0.655	<b>-0.508</b> 0.031	-0.092 0.716	
Nitrites	0.299 0.229	<b>0.533</b> 0.023	0.346 0.160	-0.344 0.163
Nitrates	-0.261 0.295	<b>0.5100.644</b> 0.030	-0.101 0.004	0.689
Orthophosphates	0.103 0.684	0.243 0.332	0.382 0.118	0.059 0.817
	Nitrites	Nitrates		
Nitrates	0.378 0.122			
Orthophospha	-0.057 0.822	0.042 0.869		

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value



**Teste ANOVA pour Pb (corps mou/coquille)**

[21/06/2012 16:01 "/Data1" (2456099)]

Independent t-Test on Data1 col(Pb coq) and col(Pb corps mou):

Data	Mean	Variance	N
Pbchair	0,23145	0,0019	6
Pbcoq	0,15317	0,00459	6

t = -2,37964

p = 0,03864

At the 0,05 level,  
the two means are significantly different.

**Teste ANOVA pour Cd(corps mou/coquille)**

[21/06/2012 16:02 "/Data1" (2456099)]

Independent t-Test on Data1 col(Cd coq) and col(Cdcorps mou):

Data	Mean	Variance	N
Cdc.m	0,04252	1,02182E-	6
Cdcoq	0,02433	1,45627E-4	6

t = -2,82938

p = 0,01787

At the 0,05 level,  
the two means are significantly different.

**Teste ANOVA pour T°****One - way ANOVA: TC versus stations**

Source	DF	SS	MS	F	P
stations	5	6.469	1.294	2.40	0.100 ns (>0.05)
Error	12	6.473	0.539		
Total	17	12.943			

S = 0.7345 R-Sq = 49.98% R-Sq(adj) = 29.15%

Individual 95% CIs For Mean Based on  
Pooled StDev

**Teste ANOVA pour pH****One-way ANOVA: pH versus stations**

Source	DF	SS	MS	F	P
stations	5	7.10860	1.42172	143.85	0.000 *** tres haut sign (<0.01)
Error	12	0.11860	0.00988		
Total	17	7.22720			

S = 0.09941 R-Sq = 98.36% R-Sq(adj) = 97.68%

**Teste ANOVA pour Conductivité électrique****One-way ANOVA: Conductivité électrique versus stations**

Source	DF	SS	MS	F	P
stations	5	272.78	54.56	22.02	0.000*** très haut sign (<0.01)
Error	12	29.73	2.48		
Total	17	302.52			

S = 1.574 R-Sq = 90.17% R-Sq(adj) = 86.08%

**Teste ANOVA pour Salinite****Analysis of Variance for Salinite, using Adjusted SS for Tests**

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Stations	5	25.560	25.560	5.112	1.77	0.194
Error	12	34.728	34.728	2.894		
Total	17	60.288				

S = 1.70118 R-Sq = 42.40% R-Sq(adj) = 18.39%

**Teste ANOVA pour Nitrites****Analysis of Variance for nitrite , using Adjusted SS for Tests**

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Stations	5	0.0000091	0.0000091	0.0000018	2.73	0.071
Error	12	0.0000080	0.0000080	0.0000007		
Total	17	0.0000171				

S = 0.000816497 R-Sq = 53.25% R-Sq(adj) = 33.77%

**Teste ANOVA pour Nitrates****Analysis of Variance for Nitrates, using Adjusted SS for Tests**

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Stations	5	33.3850	33.3850	6.6770	24.98	0.000
Error	12	3.2078	3.2078	0.2673		
Total	17	36.5928				

S = 0.517027 R-Sq = 91.23% R-Sq(adj) = 87.58%

**Teste ANOVA pour Orthophosphate**

Analysis of Variance for Orthophosphate, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Stations	5	0.0027656	0.0027656	0.0005531	0.99	0.464
Error	12	0.0067067	0.0067067	0.0005589		
Total	17	0.0094723				

S = 0.0236410    R-Sq = 29.20%    R-Sq(adj) = 0.00%



## I. Le dosage des nitrates

Les nitrates des eaux proviennent essentiellement de l'activité humaine, ce sont des éléments de base dans les matières employées comme engrais soit sous forme d'amendement « chimiques », soit surtout sous forme d'amendements « naturels » (fumier et purins). Ces nitrates traversent les sols par percolation, atteignent les nappes phréatiques et les cours d'eau.

Si la toxicité pour l'homme semble nulle, les taux élevés traduisent une pratique agricole peu respectueuse de l'environnement.

### ▪ 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.

### ▪ Réactifs

- ✓ Solution de salicylate de sodium à 1%.
- ✓ Acide sulfurique concentré ( $d=1.84$ ).
- ✓ Solution d'hydroxyde de sodium :
  - Hydroxyde de sodium.....20 g.
  - Sel disodique de l'EDTA.....5 g.
  - Eau permutée.....q.s.p. 100 ml.

Dissoudre avec précaution l'hydroxyde de sodium dans 80 ml d'eau permutée, ajouter le sel sodique EDTA. Après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée, ajuster le volume à 100 ml.

- ✓ Solution d'azoture de sodium :
  - Azoture de sodium.....50 mg.
  - Eau permutée.....q.s.p. 100 ml.
- ✓ Solution mère étalon d'azote nitrique à 100 mg/l :
  - Nitrate de potassium anhydre.....72.2 mg.
  - Eau permutée.....q.s.p. 100 ml.

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

Amener 5 ml de la solution mère à 100 ml avec de l'eau permutée.

▪ **Mode opératoire**

**1. Etablissement de la courbe d'étalonnage :**

➤ Dans une série de Bêchers de 50 ml, introduire successivement :

Solutions	N° des Bêchers				
	T	1	2	3	4
Solution fille étalon d'azote nitrique 5 mg/l (ml)	0	1	2	5	10
Eau permutée en (ml)	10	9	8	5	0
Correspondance en mg/l d'azote nitrique	0	0.5	1	2.5	5
Solution d'azoture de sodium (ml)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Acide acétique (ml)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Attendre 5 minutes puis évaporer à sec au bain-marie. Ajouter 1 ml d solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer. Laisser refroidir.

Reprendre le résidu par 1 ml d'acide sulfurique concentré. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau permutée, puis 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium qui développe la couleur jaune. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415 nm. Soustraire des unités

d'absorbance, lues pour les étalons, la valeur relevée par le témoin. Construire la courbe d'étalonnage.

## 2. Essai

- Introduire 10 ml d'eau dans un Bécher de 50 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium. Poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage.

## 3. Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique, exprimée en milligrammes par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate ( $\text{NO}_3$ ), multiplier ce résultat par 4.43.

## II. Le dosage de nitrites

Les nitrites représentent un état intermédiaire dans le cycle de l'azote.



La présence des nitrites dans l'eau résulte d'une décomposition biologique de substances protéiniques. Ils permettent de suspecter une pollution organique si on les trouve en présence d'ammonium ou de nitrates.

### ▪ Principe de dosage

Dans un milieu chlorhydrique, l'acide sulfanilique en présence d'ion ammonium et du phénol, forme avec les ions  $\text{NO}_2^-$  un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrite.

### ▪ Réactifs

- ✓ Ammoniaque pure  $d = 0.925$ .
- ✓ Réactif de ZAMBELLI : (qsp : 100 ml)
  - Acide chlorhydrique (Hcl).....26 ml.
  - Acide sulfanilique.....0.5 g.
  - Phénol cristallisé.....0.75 g.
  - Chlorure d'ammonium.....13.5 g.
  - Eau distillée (exempte d'ions  $\text{NO}_2^-$ )....62.5 ml.



✓ Nitrite de sodium.

## Mode opératoire

### 1. Préparation du réactif de ZAMBELLI

- Introduire dans une fiole jaugée de 100 ml, l'acide chlorhydrique et l'eau distillée. Puis y dissoudre l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain-marie. Après dissolution complète ajouter le chlorure d'ammonium et agiter jusqu'à dissolution. Après refroidissement ajuster le volume solution à 100 ml avec de l'eau distillée.

### 2. Préparation de la solution mère étalon de $\text{NO}_2^-$ à 0.23 g/l :

- Nitrite de sodium.....0.0345 g.
- Eau fraîchement distillée....100 ml.

### 3. Préparation de la solution fille étalon de $\text{NO}_2^-$ à 0.0023 g/l :

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

### 4. Etablissement de la courbe d'étalonnage :

- Dans une série de fioles jaugées à 50 ml et numérotés, introduire successivement en agitant après chaque addition :

Solutions	N° des fioles					
	T	1	2	3	4	5
Solution fille étalon à 0.0023 g/l (ml)	0	1	5	10	15	20
Eau distillée en (ml)	50	49	45	40	35	30
Réactif de ZAMBELLI (ml)	2	2	2	2	2	2

Attendre 10 minutes et ajouter :

Ammoniaque pure (ml)	2	2	2	2	2	2
Correspondance en mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0.046	0.23	0.46	0.69	0.92

Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm.

Construire la courbe d'étalonnage.

### 5. Essai

- Prélever 50 ml d'eau à analyser, ajouter 2 ml de réactif de ZAMBELLI. Agiter et laisser au repos 10 minutes. Ajouter ensuite 2 ml d'ammoniaque pure et effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm en tenant compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

## 6. Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en  $\text{NO}_2^-$ , exprimée en milligrammes par litre d'eau.

### III. Dosage des orthophosphates

Les composés de phosphore – avant tout l'ortho-phosphate-  $\text{PO}_4^{3-}$  – sont considérés comme le nutriment limitant pour la majorité des eaux stagnantes et vives. Une augmentation de la concentration par un apport accru (eaux usées, entraînement de sol, etc.) signifie immédiatement une charge en nutriments plus élevée = «eutrophisation» des eaux avec les répercussions connues que cela implique comme une croissance renforcée des algues, une réduction de l'oxygène jusqu'à l'anoxie dans les profondeurs, etc.

#### ▪ 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.

#### ▪ Réactifs

- ✓ Solution d'acide sulfurique ( $d=1.84$ ) à 15 % environ en volume.
- ✓ Solution de molybdate d'ammonium à 40 g/l.
- ✓ Solution d'acide ascorbique à 20 g/l :
  - Acide ascorbique.....2 g.
  - Eau permutée.....q.s.p : 100 ml.
- ✓ Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2.8 g/l :
  - Tartrate double d'antimoine et de potassium .....0.28 g.
  - Eau permutée.....q.s.p : 100 ml.
- ✓ Réactif :
  - Solution d'acide sulfurique.....50 ml.
  - Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium.....05 ml.

- Solution de molybdate d'ammonium.....15 ml.
- Eau permutée.....q.s.p :100 ml.

✓ Solution mère étalon à 50 mg/l de phosphate :

- Dihydrogénophosphate de potassium desséché au préalable à l'étuve à 100 °C.....219.7 mg.
- Eau permutée.....q.s.p 100 ml.

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

✓ Solution fille étalon à 1mg/l de phosphate :

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

▪ **Mode opératoire**

▪

**1. Etablissement de la courbe d'étalonnage :**

➤ Introduire dans une série de fioles jaugées de 25 ml :

Solutions	N° des fioles					
	T	1	2	3	4	5
Solution étalon de phosphore à 1mg/l (ml)	0	1	5	10	15	20
Eau permutée en (ml)	20	19	15	10	5	0
Correspondance en mg de phosphore	0	0.001	0.005	0.010	0.015	0.020



Introduire dans chaque fiole 1 ml de solution d'acide ascorbique, agiter, puis ajouter 4 ml de réactif, mélanger soigneusement, compléter éventuellement le volume à 25 ml. Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 ou 800 nm.

Construire la courbe d'étalonnage.

## 2. Essai

- Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire. Introduire 20 ml d'eau dans une fiole jaugée de 25 ml, ajouter 1 ml de solution d'acide ascorbique puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage. Tenir compte de la valeur lue pour l témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

## 3. Expression des résultats

La courbe donne la teneur en phosphore, exprimée en mg pour la prise d'essai.

## 5. Etalonnage

Cette opération nécessite la préparation d'une solution mère puis une solution fille pour chaque élément à analyser (voir annexe 1).

Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connues des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondantes.

Présenté par :

KHEBBACHE WAFIA

ABDELALI KHADIDJA

Date de soutenance :

30 Juillet 2012

**Thème :** Evaluation de la teneur en éléments trace métallique dans les eaux du littoral Jijilien

En vue de l'obtention de diplôme :Master,option :Toxicologie de l'Environnement

#### Résumé

Dans le cadre de l'évaluation des teneurs en Pb et Cd dans les eaux du littoral Jijilien, Des échantillons de l'eau de mer et de patelles *P.Caerulea* ont été prélevés pendant la période printanière (moi de mai) de l'année 2012. Le Pb et le Cd ont été dosés dans l'eau ; le corps mou et la coquille de l'espèce, quatre paramètres physicochimiques ont été mesurés in situ, et les concentrations en sels nutritifs ont été mesurées.

Les résultats des dosages révèlent que les stations les plus contaminées sont surtout celles situées dans la zone médiane de la région.L'abondance d'accumulation des métaux lourds dans les eaux et les patelles étudiées ont été trouvée dans l'ordre : [Pb]>[Cd] dans les six stations étudiée.

**Mots clés :** Plomb, Cadmium, *Patella caerulea*, pollution marine.

#### Abstract

In the context of the measurement of the Pb and Cd content in coastal waters of Jijel, are performed in the measured limpet *P.Caerulea* (Gastropod Mollusc). the sampling of sea water and limpets was carried out during the spring period(month of May) of 2012 ;Pb and Cd were assayed in the water, pout and part of the shell case, four physic-chemical settings are measured in situ, and measuring three nutrient salts.

The results reveal the effects of dosing site. The most polluted station located in the middle of the region.

The Abundance of heavy metal accumulation in limpet and waters studied was found in the order: [Pb]>[Cd]

**Key words:** Lead, Cadmium, *Patella Cearulea*, marine pollution

#### ملخص

في إطار تقييم كمية المعادن الثقيلة الرصاص والكاديوم بمياه البحر لساحل جيجل تم أخذ مجموعة من العينات من مياه البحر و حيوان بحري رخوي بطني الأرجل (البطلينوس) خلال الفترة الربيعية لشهر ماي لعام 2012، تم قياس الأربع معلمات الفيزيائية و الأملاح المغذية، نتائج الكشف و وضحت تأثير الموقع حيث ان المحطات الاكثر تلوثا سجلت في المناطق الوسطى. كما ان كمية الرصاص كانت اكبر من الكاديوم في جميع المحطات.

**كلمات المفتاح:** الرصاص، الكاديوم ، (البطلينوس) ، تلوث البحر