



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche

« Toxicologie Fondamentale et Appliquée »

THÈME

**Evaluation du pouvoir toxique de certains polluants chez
une espèce aquatique (*Penaeus kerathurus*)**

Présenté Par : FATES khouloud

Devant le jury composé de :

Dr. REKIOUA Naouel	MCB	Présidente	UCBET
Dr. ARGOUB Fatma Zouhra	MCB	Examinatrice	UCBET
Dr. GHEID Samira	MCA	Promotrice	UCBET

Soutenu le : 24/06/2024

Année universitaire 2022 - 2023

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Allah, notre créateur de nous avoir donné les forces, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

Je présente mes remerciements à mon encadreur " Dr. Gheid Samira" qui m'a fait confiance et m'a suggérée le thème de cette mémoire, et m'a accompagné pour accomplir ce travail avec tous les encouragements.

Je remercie les membres de jury qui m'ont accepté et honoré de leur présence pour discuter de la Mémoire de Master.

Comme je n'oublie pas le remerciement de ma famille qui a été une cause pour atteindre cet objectif.

Je remercie également mes professeurs qui m'ont accompagné au long de la période d'étude universitaire ; et j'exprime mon plus grand respect et ma gratitude à ceux qui ont été une motivation encourageante et un bon modèle pour moi d'atteindre ce jour et de présenter cette Mémoire.

Dédicace

*Avant toute chose, je tiens à remercier Allah le tout puissant,
Pour nous avoir donnés la force et la patience.*

*De toute ma tendresse et mon profond amour je dédie ce projet
: A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien
moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours
sacrifié pour me voir réussir, que dieu te protège, à toi **mon
père.***

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme
de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; **maman** que j'adore.*

*A ma chère sœur **DHOHA** qui n'a jamais cessé de me
conseiller, de me soutenir et de m'encourager tout au long de
mes études. Que Dieu vous protège, je vous souhaite tout le
bonheur et la réussite dans votre vie.*

A ma chère tante **Alia, que Dieu te protège.*

**A toutes les personnes que j'aime et qui m'aiment*

**A moi-même.*

*Et enfin une spéciale dédicace à tous nos amis et collègue pour
leurs soutiens tout au long de l'élaboration de ce mémoire.*

Et tous ceux qui m'ont soutenue de près ou de loin.

Liste de figure

- Figure1. Tableaux périodiques des éléments chimiques
.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 02. Cycle géochimique simplifié des métaux lourds.....
.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 03. Chaîne trophique contaminée par les métaux lourds.
.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 04.* *Penaeus kerathurus.*
.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure05. Morphologie externe d'une crevette.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 06. Anatomie interne d'une crevette.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 07. Cycle de développement d'une Crevette d'après
.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure08. Situation géographique de la zone d'échantillonnage d'El Kala
.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 09. Situation géographique de la zone d'échantillonnage (Sidi Salem à Annaba)
.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 10. Situation géographique de la zone d'échantillonnage d'Oued Zhour.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 11. Situation géographique de la zone d'échantillonnage d'Oued Zhour.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure12. Séparation des mâles et des femelles dans les trois régions.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure13. Mesure la taille et poids de chaque individu de *Penaeus kerathurus*.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 14: Cuticules séparée de la chair des trois régions (El Kala , Sidi Salem et Oued Zhour).....
.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure15. Séchage des échantillons à l'étuve.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure16. Les échantillons dans un four à moufle.....**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 17. Concentration du Plomb en mg/kg PS dans la chair des mâles et femelles de *P. kerathrus* dans les trois zones d'études El Kala, Sidi Salem et Oued Zhour.....**Erreur ! Signet non défini.**

La figure 18. Présente la concentration du Cadmium en mg/kg de PS dans la chair chez les mâles et les femelles de *P. keraturus* pêcher dans les régions d'El Kala, Sidi Salem et d'Oued Zhour.....**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 19. Concentration du Plomb et Cadmium dans l'eau de mer des trois régions d'études.....**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 20. Concentration des trios métaux lourds dans la chair des mâles de *P. keraturus* dans les trois régions d'étude.....**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 21. Concentration des trios métaux lourds dans la chair des femelles de *P. keraturus* dans les trois régions d'étude.....**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 22. Teneur des métaux lourds dans le sédiment de trois région El kala, Sidi Salem et Oued Zhour.....**Erreur ! Signet non défini.**

Liste da tableau

Tableau 1 : Origines et natures de différentes sources de pollution du milieu aquatique	12
Tableau 2: Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement	17
Tableau 03. Classification des principaux ETM selon leur affinité pour des ligands oxygénés (classe A), des ligands azotés ou soufrés (classe B) et pour les deux types de ligands	17
Tableau 04. Propriétés du cadmium.....	20
Tableau 05. Propriétés du chrome.....	21
Tableau 06. Propriétés du cuivre.....	21
Tableau 07. Propriétés du mercure.....	22
Tableau 08. Propriétés du Plomb.....	22
Tableaux 09. Propriétés du Zinc.....	22
Tableau 10. Effets de quelques métaux lourds sur la santé humaine.....	23
Tableau 11 : Position systématique de <i>Penaeus kerathurus</i>	24

Liste d'abréviation :

AIEA : Agence internationale de l'énergie atomique

Pb: Plomb

Cd: Cadmium

Cr: Chrome

Cu: Cuivre

Hg: Mercure

Ppm : Partie par million

SAA: Spectrophotomètre d'Absorption Atomique

PS: point sec

Zn: Zinc

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

Sommaire

I. Généralité sur la pollution :	11
1. Types de pollution...	11
1.1. Pollution atmosphérique :	11
1.2. Pollution des sols	11
1.3. Pollution des eaux:	11
2. Les polluants	11
2.1. Les polluants du milieu aquatique :	12
3. Impact des pollutions :	13
II.Généralité sur les métaux lourds	14
1.1 Définition :	14
2.2 Origines des métaux lourds :	16
2.2.1 Origine naturelles :	16
2.2.2 Origine anthropique :	16
2.3/Classification des métaux lourds	17
2.3.1 Métaux essentiels	18
2.3.2. Métaux non essentiels (toxiques	18
2.4. Principales propriétés physico-chimiques des métaux lour :	18
2.4.1. Solubilité :	18
2.4.2. Persistance :	18
2.4.3. Volatilité :	18
2.5. Répartition et devenir des métaux lourds dans l'environnement aquatique :	18
2.5.1. Assimilation	19
2.5.2 Bioaccumulation par l'individu	20
2.5.3. Bioaccumulation entre individus (la bioamplification) :	20
2.6. Présentation de quelques métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb et Zn)	20
2.6.1. Cadmium (Cd) :	20
2.6.1.2. Toxicité	21
2.6.2. Chrome (Cr)	21
2.6.3. Cuivre (Cu)	21
2.6.4 Mercure (Hg) :	21
2.6.5. Plomb (Pb)	22
2.6.5.1 Toxicité	22
2.6.6. Zinc (Zn)	22

2.6.6.1. Toxicité de zinc :	23
2.7. Effets de ce métaux lourds sur la santé :	23
II Matériel biologique :	24
1. Présentation de l'espèce <i>Penaeus kerathurus</i> :	24
3. Répartition géographique :	25
4. Biologie :	25
5. Morphologie externe :	25
6. Cycle biologique :	26
7. Reproduction et développement:	27
I. Méthodologie :	28
I.1. Collecte des informations :	28
I.2. Présentation des régions :	28
I.2.1. Présentation de la région d'El kala :	28
I.2.2. Présentation de golfe d'Annaba :	29
I.2.3. Présentation de la région d'Oued Zhour :	29
I.3. Collecte et conservation des échantillons:	30
I.4. Préparation des échantillons :	31
II. Dosage des teneurs en métaux lourds :	33
I. Résultats :	34
1. Concentration du Zinc dans la chair de <i>P. kerathrus</i> :	34
2. Concentration du Plomb dans la chair de <i>P. kerathrus</i> :	35
3. Concentration du Cadmium dans la chair de <i>P. kerathrus</i> :	36
5. Teneurs en métaux lourds de l'eau de trois régions :	37
6. Concentration des métaux lourds dans la chair des mâles de <i>P. keraturus</i> dans les trois régions :	37
7. Concentration des métaux lourds dans la chair des femelles de <i>P. keraturus</i> dans les trois régions :	38
8. teneur de Zn, Pb et Cd dans le sédiment de trois régions d'étude El Kala, Sidi Salem et Oued Zhour:	39
Conclusion générale :	43

Introduction :

Les écosystèmes souffrent des différents polluants qui résultent des activités humaines et s'introduisent dans les différents milieux. Les milieux aquatiques sont les plus contaminés où les xénobiotiques sont incorporés dans la faune et la flore. Ils interfèrent avec les processus chimiques et biologiques dans la colonne d'eau et les sédiments (**Said et al., 2013**).

Parmi ces polluants, se trouvent les éléments en traces métalliques qui entrent généralement dans l'environnement aquatique à travers les dépôts atmosphériques, l'érosion de la matrice géologique ou en raison des activités anthropogéniques notamment le rejet des effluents industriels, des eaux usées domestiques et des déchets miniers, l'utilisation des pesticides et des fertilisants inorganiques (**Reddy et al., 2007**). Ils peuvent provoquer des effets indésirables sur la vie aquatique et sont transmis à l'homme à la suite de la consommation de produits halieutiques contaminés qui causent une détérioration sérieuse de la santé (**Ndome et al., 2010 ; Said et al., 2013**).

Les métaux lourds peuvent alors affecter la faune aquatique, directement en s'accumulant dans leurs corps ou indirectement par transfert par le biais de la chaîne alimentaire. L'accumulation des métaux lourds à travers la chaîne alimentaire provoque chez l'homme de graves pathologies et autres désordres physiologiques souvent très sévères pouvant même conduire à la mort. (**Elegbede et al; 2020**).

La surveillance biologique afin d'évaluer la qualité des milieux marins utilise des organismes aquatiques dans lesquels sont déterminés les niveaux des contaminants chimiques et les niveaux de paramètres biologiques affectés par ces contaminants (**Lagadic et al., 1997**).

Les crevettes sont largement considérées comme des bons indicateurs de la contamination du milieu marin dans lequel elles vivent, puisqu'elles possèdent la propriété d'accumuler les contaminants présents dans ce milieu jusqu'à atteindre un équilibre avec lui (**RNO, 1995**). La mesure de biomarqueurs comme activité de biotransformation chez la crevette, est susceptible de fournir des informations sur les niveaux d'exposition, sur la biodisponibilité et sur les effets biologiques précoces de substances présentes dans les écosystèmes aquatiques (**Van der Oost et al, 2003**).

Les crustacés ont fait l'objet de nombreuses recherches biologiques et physiologiques traitant le cycle de mue, la répartition, la reproduction et la composition de la chair en acide gras. Ces travaux sont réalisés ailleurs dans le monde et en Algérie. (**Abdenour, 2000; Bernard, 2003; Galois, 2003; Sobrino et Garcia, 2007**).

Dans ce contexte, L'objectif de notre étude consiste à déterminer les niveaux de contamination par les métaux lourds des milieux étudiés et mettre en évidence la contamination d'une espèce aquatique *Penaeus kerathurus* (crustacé; décapode) mâles et femelles par certains métaux lourds (Zn, Pb, Cd) par spectrométrie d'absorption atomique dans trois régions situées sur la côte nord-Est Algérienne de la mer méditerranéenne, la première région El Kala, la seconde zone contaminée Sidi Salem à Annaba et la troisième zone Oued Zhour à Jijel. Ce travail contient :

1^{er} Chapitre : *s'articuler* sur :

I. Généralités sur la pollution

II. Généralités sur les Métaux lourds

III. matériel biologique

2^{ème} Chapitre :

I. Méthodologie

3^{ème} Chapitre : Résultats et la Discussion

I. Généralité sur la pollution :

La pollution et la contamination sont deux expressions couramment naturelles ou de synthèse employées pour désigner l'accumulation anormale et exogène. Généralement, due à une activité humaine, d'éléments ou de composés minéraux, organiques ou d'agents pathogènes dans un milieu donné, dont la qualité se trouve affectée (**Chassin et al., 1996**). Une pollution est définie comme une introduction dans l'environnement (air, eau, sol) des molécules xénobiotiques possédant des propriétés toxiques même à de très faibles concentrations (**Coleman et al., 1997**). Une substance toxique est susceptible de nuire à un individu lorsqu'elle s'introduit dans son organisme. Plusieurs voies de d'exposition existent. En effet, certaines substances peuvent pénétrer dans l'organisme par simple contact avec la surface cutanée. Outre, par inhalation et ingestion. De ce fait, l'exposition provoque en parallèle une intoxication et une perturbation de fonctions vitales, pouvant entraîner la mort (**Ramad, 2000**).

1. Types de pollution

1.1. Pollution atmosphérique : La pollution de l'air est une altération par un agent chimique, physique ou biologique qui modifie les caractéristiques naturelles de l'atmosphère. Ces polluants peuvent être d'origine naturelle ou anthropique et concerner l'air atmosphérique et/ou l'air intérieur des espaces clos (véhicules, maisons, usines, bureaux). Ainsi, ce type de pollution provoque des maladies respiratoires dangereuses et mortelles (**Cazale, 2000**).

1.2. Pollution des sols : La pollution du sol désigne toutes les formes de pollution touchante n'importe quel type de sol (agricole, forestier, urbain, etc...). Un sol pollué devient à son tour une source possible de diffusion directe ou indirecte de polluants dans l'environnement, via l'eau, les envols de poussières, émanations gazeuses ou via une concentration et transfert de polluants par des organismes vivants (bactéries, champignons, plantes à leur tour mangés par des animaux).

1.3. Pollution des eaux: La pollution de l'eau correspond à la présence dans l'eau de minuscule organismes extérieurs, de produits chimiques ou de déchets industriels. Cette pollution due principalement aux activités humaines entraîne une dégradation de la qualité de l'eau et perturbe particulièrement le milieu aquatique. D'où l'activité humaine exerce une pression progressive sur les milieux marins (**Rao et al., 2007**).

2. Les polluants

Sont des altérageènes biologiques, physiques ou chimiques, qui au-delà d'un certain seuil, et parfois dans certaines conditions (potentialisation), développent des impacts négatifs sur tout ou partie d'un écosystème. Non seulement les métaux lourds dégradent l'écosystème entraînant des risques, mais aussi les organochlorés, les pesticides, les hydrocarbures, et la pollution microbienne et virale affectent abusivement l'environnement (**UNEP/WHO, 1999**).

2.1. Les polluants du milieu aquatique : Ce milieu est ciblé par une contamination due au rejet des effluents pollués (activités humaines, industrielles, urbaines ou agricoles), induisant différentes formes de pollution (physique, chimique et biologique) (Tab. 1). Le déversement dans le milieu aquatique de substances ou d'effluents contaminés n'est pas la seule cause de pollution des eaux de surfaces ou souterraines. En effet, l'eau de pluie permet aux polluants rejetés dans l'atmosphère de retomber sur les sols et les zones polluées. Par ruissellement et/ou infiltration, ces xénobiotiques peuvent alors rejoindre le milieu aquatique. Dont de très nombreuses molécules sont donc susceptibles de polluer les écosystèmes aquatiques. (Zaimeche, 2015).

Les métaux lourds (cadmium, zinc, Plomb, Chrome,...) sont considérés comme des micropolluants puisqu'ils sont présents dans les différents compartiments de l'environnement à l'état de trace. Ils n'en demeurent pas moins des composés dangereux pour les êtres vivants, de par leur toxicité mais également leur persistance (Dirilegen, 2000 ; Chouteau, 2004).
Nature

Tableau 1 : Origines et natures de différentes sources de pollution du milieu aquatique (Chouteau, 2004).

Type de pollution	Nature	Origine
Physique	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques, nucléaires
	M.E.S. (matières en suspension)	Rejets urbains, érosion des sols
	Matière organique	Effluents domestiques, agricoles, Agroalimentaires
	Fertilisants (nitrate, phosphate)	Agriculture, lessives
	Métaux (Cd, Pb, Hg, Al, As...)	Industrie, agriculture, déchets
Chimique	Pesticides (insecticides, herbicides, Fongicides)	Industrie, agriculture
	Organochlorés (PCB, solvants)	Industrie
	Composé organique de synthèse	Industrie
	Détergent	Effluents domestiques
	Hydrocarbures	Industrie pétrolière, transports
Biologique	Bactérie, virus, champignons	Effluents urbains, agricoles

3. Impact des pollutions :

Les impacts des polluants sont multiples, avec une diminution des ressources, une altération de la production des organismes et des modifications des caractères organoleptiques (**Gaujous, 1995**). Dans le cas des milieux aquatiques :

- Une modification de la température, perturbe la faune et la flore généralement sténotherme. A cela s'ajoute une diminution de la quantité d'O₂ dissout, par augmentation de la température.
- Une dystrophisation, conséquence d'une eutrophication par apport excessif d'éléments nutritifs (nitrates).
- Variation du pH.
- Consommation d'oxygène, lorsque la pollution organique est biodégradable, Elle peut être autoépurée par les bactéries de la rivière. Si la pollution est très importante, tout l'oxygène est consommé et la rivière meurt.
- La toxicité est immédiate ou à plus long terme par le phénomène de bioaccumulation (maladies, perturbations génétiques, décès).

Toutes ces modifications entraînent un déséquilibre de l'écosystème et les conséquences sont extrêmement diverses. Il convient donc de définir un cadre légal pour caractériser et identifier ces polluants.

II. Généralité sur les métaux lourds

Les activités urbaines, industrielles et agricoles sont responsables d'une contamination croissante des sols et de l'eau par les ions métalliques. Les êtres vivants sont exposés à ces éléments dont le potentiel toxique est indéniable. Les métaux lourds sont parmi les contaminants majeurs de l'environnement, posent de sérieux problèmes écologiques, tant par le caractère ubiquiste de leur présence au sein de la biosphère que par leur forte rémanence, leur transfert potentiel vers les organismes vivants et leur toxicité élevée (**Kabata-Pendias et al., 2007; Atailia et al., 2016**). A ce jour, aucune fonction métabolique connue ne requiert à certains métaux lourds, qui présentent une importante toxicité, même à faible dose, pour les animaux et les plantes (**Remon, 2006**). Leur accumulation dans les différents compartiments des écosystèmes, génère par conséquent un risque non négligeable pour les équilibres écologiques et la santé publique (**Brulle et al., 2007; Alayat et al., 2014**).

1.1 Définition :

-Les métaux sont naturellement présents dans la croûte terrestre. Les métaux sont des éléments lourds, concentrés dans le magma granitique. Depuis la formation de la Terre, ils suivent un cycle géochimique qui conduit à une distribution hétérogène de leurs concentrations à la surface du globe (**Garret, 2000**). Les métaux sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles (en traces). Néanmoins, des concentrations importantes peuvent être mesurées dans certains sites, tout particulièrement autour des massifs granitiques.

-Les métaux lourds aussi appelé éléments traces métalliques (ETM)

-Un métal est une matière, issue le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal, dotée d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie (**Gérard, 2001**).

Les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser.

-D'un point de vue chimique, les éléments qui forment des cations pendant les réactions chimiques sont des métaux (**Gadd et al., 2012**).

D'un point de vue physique, le terme « métaux lourds » désigne les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes, caractérisés par une forte masse volumique supérieure à 5 g.cm³ (**Adriano, 2001**).

-Et d'un point de vue purement scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être définis comme :

- ✓ Tout métal ayant une densité supérieure à 5 g/cm³.

- ✓ Tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du sodium (Z = 11).
- ✓ Tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques (Popescu, 1998, Bliefert et Perraud, 2007).

Dans les sciences environnementales, les métaux lourds associés aux notions de pollution et de toxicité sont généralement : As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sn, Zn. (Belabel, 2010)

Enfin, dans l'industrie en général, on considère comme métal lourd tout métal de densité supérieure à 5, de numéro atomique élevé et présentant un danger pour l'environnement et /ou pour l'homme. (Belabel,2010)

Dès qu'on aborde la problématique des métaux lourds, il faut avoir présent à l'esprit que ces éléments se trouvent dans notre environnement quotidien sous des formes chimiques très diverses. En effet, à côté des formes minérales les plus simples par exemple le Pb^{2+} , les métaux lourds peuvent exister aussi sous forme organique, c'est-à-dire combinés à un atome de carbone (exemple : le Plomb tétra-éthyl des essences) mais aussi sous forme de complexe (exemple la salicylate de Plomb) ou encore sous forme de chélate (exemple : complexe de Plomb EDTA) (Bourelrier et Berthelin, 1998). Toutes ces formes, même si elles sont présentes en quantité minime, et quelles que soient les transformations qu'elles subissent lors de leur cheminement dans l'environnement, doivent être prises en compte lorsque l'on étudie les métaux lourds et ceci confère à ce sujet toute sa complexité. L'étude de toutes ces formes de métaux lourds constitue une discipline à part entière, connue actuellement sous le terme d'étude de la « spéciation des métaux lourds ». (Belabel,2010).

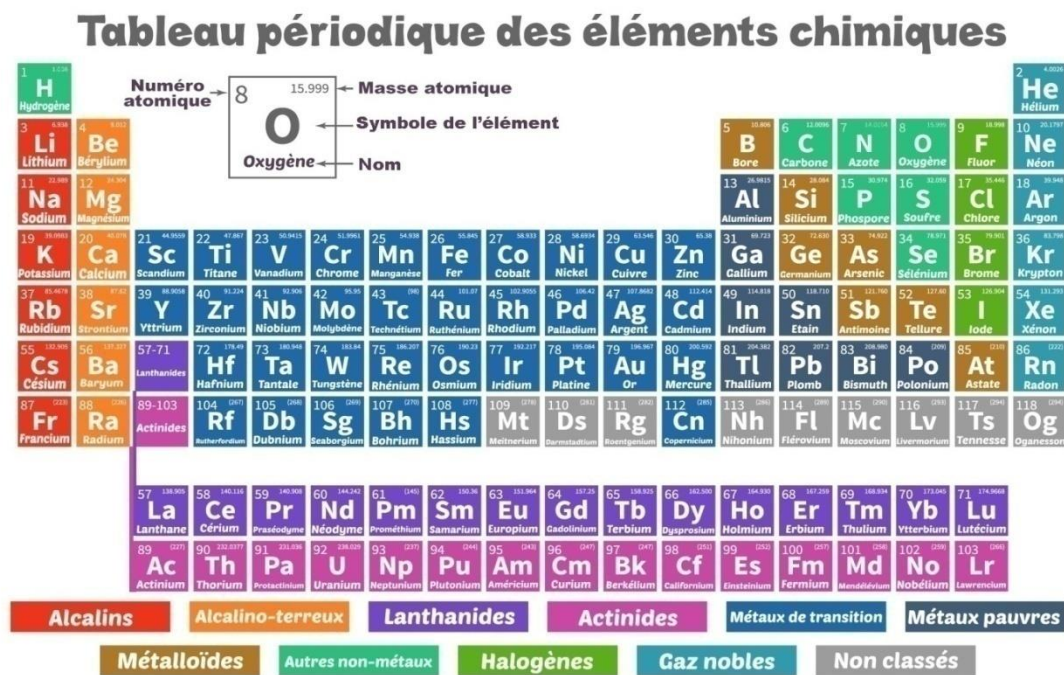


Figure1. Tableaux périodiques des éléments chimiques (Google, 2024)

2.2 Origines des métaux lourds :

Les métaux lourds peuvent provenir de plusieurs sources d'origine naturelles ou anthropiques. La dernière phase de la circulation d'un polluant dans la biosphère est constituée par la contamination des êtres vivants et, parfois, par la bioaccumulation dans l'organisme de ces derniers (**Baghdadi Mazini, 2012**)

2.2.1 Origine naturelles :

Les métaux lourds sont présents naturellement dans notre environnement, surtout dans la croûte terrestre où ils contribuent à l'équilibre de la planète (**HUUS, 2012**) Parmi les importantes sources naturelles, citons l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts. La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses mais sporadiques dues à une activité explosive, ou d'émissions continues de faible volume, résultant notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma. Les principales sources de mercure atmosphérique, par exemple, proviennent du dégazage des terres et des océans. (**CalamariD et Naeve, 1994**).

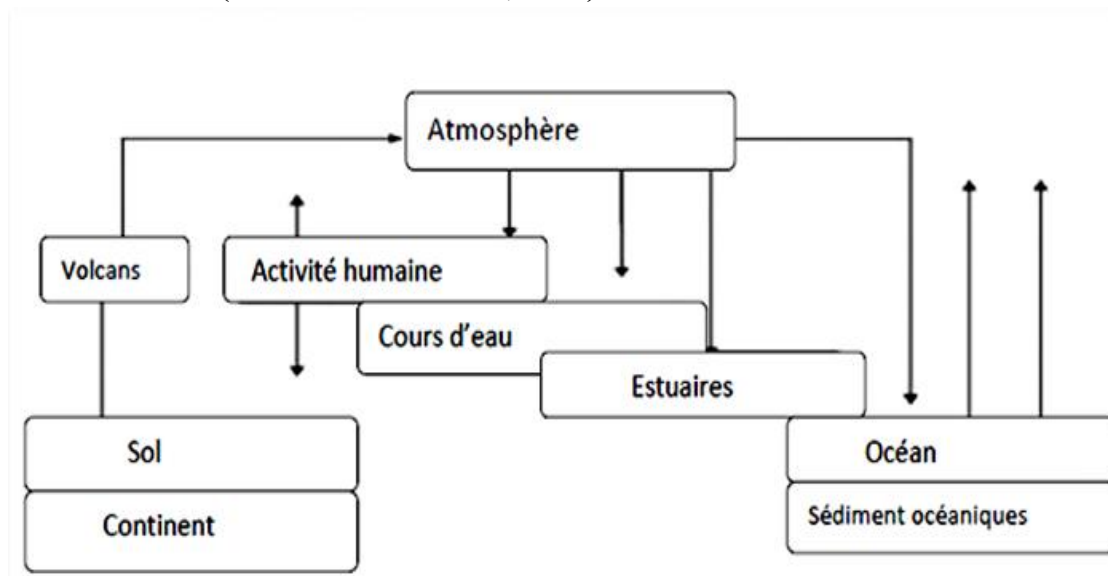


Figure 02. Cycle géochimique simplifié des métaux lourds (**Miquel, 2001**).

2.2.2 Origine anthropique :

Les principaux types de pollutions anthropiques responsables de l'augmentation des flux de métaux, sont la pollution atmosphérique (rejets urbains et industriels), la pollution liée aux activités agricoles et la pollution industrielle (**Kebir, 2012**) Une quantité très importante des métaux lourds est introduite dans l'environnement par ces diverses activités:

- La combustion de combustibles fossile (pétrole et charbon dans l'industrie, le chauffage et les transports).
- L'extraction de minerais.
- La métallurgie (industrie du fer et de l'acier et des métaux non ferreux).
- Les engrais et pesticides.

- L'incinération des déchets ménagers. (Gombert *et al.* 2005)

Tableau 2: Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement (Brignon, 2005).

Utilisation	Métaux
Batterie 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)	As, Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Mn
Agents de catalyses	Ni, Hg, Pb, Cu, Sn
Verre	As, Sn, Mn
Engrais	Cd, Hg, Pb, Al, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn
Métiers plastiques	Cd, Sn, Pb
Produit dentaires et cosmétiques	Sn, Hg
Raffineries	Ni, V, Pb, Fe, Mn, Zn
Carburants	Ni, Hg, Cu, Fe, Mn, Pb, Cd

2.3/Classification des métaux lourds :

La théorie de Pearson (**Pearson, 1963**) ; permet de classer les métaux en fonction de leurs affinités et donc de leur faculté de liaison soit avec l'oxygène (Classe A) soit avec les ligands porteurs d'azote ou de soufre (classe B). Entre les deux, on trouvera les métaux de classe intermédiaire (borderline) qui présentent des caractéristiques propres aux deux classes. Cette distinction reflète davantage la facilité des métaux à traverser les membranes cellulaires, à être stockés au sein de granules de détoxification ou à être complexés à des protéines fixatrices de métaux. Les différentes classes de métaux sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 03. Classification des principaux ETM selon leur affinité pour des ligands oxygénés (classe A), des ligands azotés ou soufrés (classe B) et pour les deux types de ligands (classe intermédiaire) (Hopkin, 1989).

Classe A	Classe intermédiaire	Classe B
	Zinc	
Calcium	Plomb	
Magnésium	Fer	Cadmium
Manganèse	Chrome	Cuivre
Potassium	Cobalt	Mercure
Sodium	Nickel	Argent
Strontium	Arsenic	
	Vanadium	

D'un point de vue biologique, on distingue deux types en fonction de leurs effets physiologique et toxique : **métaux essentiels** et **métaux toxiques**.

2.3.1 Métaux essentiels :

Sont des oligo-éléments indispensables aux processus biologiques, mais toxiques lorsque leur concentration dépasse un certain seuil tels que " le Chrome, le Cuivre, le Sélénium et le Zinc" (**Dauguet et al., 2011**).

2.3.2. Métaux non essentiels (toxiques)

Dont le caractère essentiel pour les êtres vivants n'est pas démontré, sont considérés comme des contaminants stricts avec des effets toxiques pour les êtres vivants à de très faibles concentrations tels que "le Plomb, le cadmium et le mercure" (**Dauguet et al., 2011**). (En outre faudrait-il préciser le mot "toxique " en ayant à l'esprit la célèbre phrase de Paracelse (e) : « Tout est poison, rien n'est poison, seule la dose fait le poison ») (**Leygonie, 1993**).

2.4. Principales propriétés physico-chimiques des métaux lour :

2.4.1. Solubilité :

La solubilité dans l'eau indique la tendance à la mobilisation du métal par lessivage ou par ruissellement. La solubilité dépend de l'élément, des conditions chimiques de la phase aqueuse (pH, potentiel d'oxydoréduction, concentrations en ligands) et des phases solides environnantes. La solubilité d'un élément peut varier selon sa spéciation, c'est-à-dire sa répartition entre différents états de valence, qui représente un paramètre essentiel notamment pour l'arsenic et le chrome (**CERTU, 2004**).

2.4.2. Persistance :

Contrairement aux polluants organiques, les métaux lourds ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement, ils sont persistants. Les métaux sont transportés sur des grandes distances par l'air ou l'eau sans subis de transformation. Une des conséquences les plus sérieuses de la persistance des métaux est leur accumulation dans les chaînes alimentaires. Au bout de ces chaînes, les métaux peuvent atteindre des concentrations qui sont supérieurs de plusieurs puissances de dizaines à celles trouvées dans l'eau ou dans l'air (**Beliefert et Perraud, 2004**).

2.4.3. Volatilité :

La volatilité influe sur la libération par évaporation naturelle des polluants infiltrés dans les sols. D'une façon générale, les métaux sont à considérés comme non volatils à l'exception du mercure (**CERTU, 2004**).

2.5. Répartition et devenir des métaux lourds dans l'environnement aquatique :

La pollution du milieu marin est pour sa part essentiellement localisée dans la zone côtière ou s'écoulent fleuves, déversement d'usines et égouts. Les micropolluants minéraux ne

s'accumulant pas dans l'eau (réceptrice) elle-même, sont assez rapidement transférés dans les sédiments où ils sont en partie métabolisés par les organismes vivants et mis en circulation dans les chaînes alimentaires ou leurs toxicités s'épanouissent. 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 (Miquel, 2001).

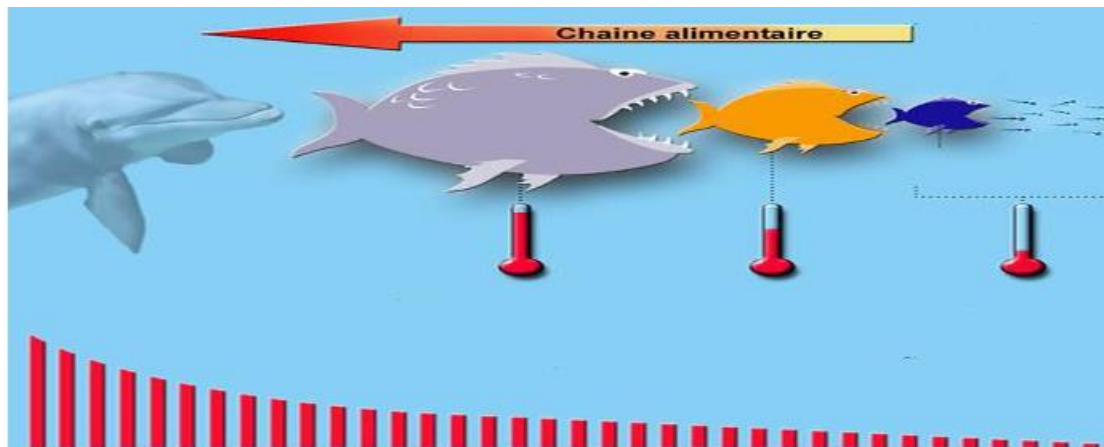


Figure03. Chaîne trophique contaminée par les métaux lourds (Baghdadi Mazini, 2012).

Celui-ci se déroulant en trois temps :

- ✓ L'assimilation (voie externe : adsorption ; voie interne : absorption).
- ✓ La bioaccumulation par l'individu.
- ✓ La bioaccumulation entre individus (La Bioamplification).

2.5.1. Assimilation :

Il existe deux voies principales d'exposition aux polluants :

- ✓ **La voie externe**, par contact (par l'air ou l'eau...) qui provoque un phénomène d'adsorption (la substance toxique reste à la surface).
- ✓ **La voie interne** par assimilation ou absorption.

Toute absorption d'un polluant n'est pas nécessairement dangereuse et cela dépend, d'une part des concentrations du polluant. D'autre part il ne faut s'intéresser qu'à la fraction soluble du métal ; la fraction insoluble étant éliminée par différentes voies : solide (fèces), liquide (urine), cutanée (sueur). La partie soluble biodisponible, assimilable, se concentre dans certains organes. C'est ce qu'on appelle l'organotropisme. L'assimilation diffère selon les métaux, le cadmium se concentre presque exclusivement dans le tube digestif, le foie et les reins. Le Plomb se diffuse dans la peau, les muscles, la colonne vertébrale. Le mercure, dans sa forme organique, se diffuse facilement dans le système nerveux (Baghdadi Mazini, 2012).

2.5.2 Bioaccumulation par l'individu

La bioconcentration concerne tous les métaux lourds, mais plus particulièrement le mercure, lorsqu'il est présent sous forme organique (méthyl mercure) qui est la forme la plus toxique pour l'homme. Ce processus de bioaccumulation s'exprime par un ratio entre la concentration du composé étudié dans le milieu et la concentration dans l'organisme. Ce ratio porte le nom de facteur de bioconcentration (BCF). Les organismes vivants concentrent beaucoup plus les métaux que l'eau et l'air. L'analyse des transferts met en évidence une hiérarchie entre les espèces, classées selon leur proportion à concentrer les métaux lourds. Le BCF dans les poissons est de plusieurs milliers, voire de plusieurs dizaines de milliers que celui des mollusques et les invertébrés (**Baghdadi Mazini, 2012**).

2.5.3. Bioaccumulation entre individus (la bioamplification) :

Les transferts de métaux entre individus suivent un processus classique, dit « transfert trophique ». Le polluant, présent dans les algues et les microorganismes est ingéré par un herbivore, lui-même proie pour un carnivore, lui-même proie d'un super carnivore, animal ou homme (Figure 02). En bout de chaîne, on se trouve donc avec un consommateur final ayant bioaccumulé les formes solubles des métaux. Les concentrations augmentent au fur et à mesure que l'on progresse dans la chaîne trophique. C'est le cas du Plomb et surtout du mercure sous la forme méthylée. Le mercure s'accumule à chaque étape et se retrouve concentré au bout de la chaîne alimentaire, notamment dans les gros poissons piscivores. On appelle ce phénomène la « Bioamplification » ou la « Biomagnification » (**Baghdadi Mazini, 2012**).

2.6. Présentation de quelques métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb et Zn) :

2.6.1. Cadmium (Cd) :

Le cadmium c'est un métal de couleur blanc argenté, de symbole Cd et de numéro atomique 48 (Tableau 04). Il n'est pas essentiel au développement des organismes animaux ou végétaux et ne semble pas biologiquement bénéfique au métabolisme cellulaire. En revanche, ses propriétés physiques et chimiques, proches de celles du calcium (**Chiffolleau et al., 1999**) lui permettent de traverser facilement et absorbé par le tractus gastro-intestinal et tend à être persistant puisqu'il s'accumule dans les organes, surtout dans le foie et le rein (**Brillant, 1993**).

Tableau 04. Propriétés du cadmium (Miquel, 2001).

Symbole chimique	Numéro atomique	Masse atomique	Masse volumique	T° de fusion	T° d'ébullition
Cd	48	112 g/mol	8.6 g/cm ³	320.9°C	365 °C

2.6.1.2. Toxicité

Le cadmium est un toxique cumulatif, c'est-à-dire que ses effets toxiques sur l'organisme ne s'expriment que lorsque l'accumulation dans les tissus atteint un seuil (**Omar, 2015**). Le cadmium est présent dans l'eau de boisson, les aliments, la fumée de cigarette. Il présente de fortes capacités à se retrouver dans les fumées et s'accumule après inhalation. Le cadmium s'accumule dans des organes tels que la rate, le cerveau, les poumons, le muscle, le sang. La toxicité du cadmium est liée à la perturbation du métabolisme du zinc et secondairement d'autres éléments essentiels tels que le calcium, le fer et le cuivre (**Waalkes, 2000**). Les formes particulières du cadmium sont classées comme cancérogènes de groupe 1 par le CIRC (**Omar, 2015**).

2.6.2. Chrome (Cr)

Le chrome est un élément chimique de symbole Cr, et de numéro atomique 24 (Tableau 05), Son étymologie vient du grec : chroma signifiant couleur, car les composés du chrome sont différemment colorés. Le chrome fait partie de la série des métaux de transition. C'est un métal dur, d'une couleur gris acier argenté. Il résiste à la corrosion et au ternissement (**Belabed, 2010**).

Tableau 05. Propriétés du chrome (Barnhart, 1997).

Symbole chimique	Numéro atomique	Masse atomique	Volume molaire	T° de fusion	T° d'ébullition
Cr	24	51.961 g/mol	7.23 cm ³ /mol	2642°C	1840 °C

2.6.3. Cuivre (Cu)

Elément chimique de numéro atomique 29 (Tableau 06). C'est un métal rougeâtre, malléable et ductile, de conductivités thermique et électrique élevées. Il résiste à l'air et à l'eau mais se patine lentement en présence de carbonate. Il est présent dans la nature sous forme de minerais de cuivre natif, de minerais oxydés ou sulfurés (**Leygonie, 1993**).

Tableau 06. Propriétés du cuivre (Belabed, 2010).

Symbole chimique	Numéro atomique	Masse atomique	Masse volumique	T° de fusion	T° d'ébullition
Cu	29	63.546 g/mol	8.9 g/cm ³	1085 °C	5865°C

2.6.4. Mercure (Hg) :

De symbole Hg et numéro atomique 80 (Tableau 07), le mercure est un métal dont la dynamique dans l'environnement est conditionnée par trois propriétés fondamentales : physique, par sa forme liquide à température ambiante ; chimique, par la stabilité de ses liaisons avec le carbone et le soufre et biologique par sa très forte bioconcentration et sa toxicité (**Belabed, 2010**).

Tableau 07. Propriétés du mercure (Thomassin *et al.*, 2003).

Symbole chimique	Numéro atomique	Masse atomique	Masse volumique	T° de fusion	T° d'ébullition
Hg	80	200,6g/mol	13,6 g/cm ³	-39°C	357°C

2.6.5. Plomb (Pb) :

C'est un élément métallique de couleur gris bleuâtre, de symbole Pb et de numéro atomique 82 (Tableau 15), peu ou rarement disponible à l'état natif. Il existe sous trois formes essentielles : le Plomb dissous, le Plomb colloïdal et le Plomb particulaire (**Belabed, 2010**).

Tableau 08. Propriétés du Plomb (Miquel, 2001).

Symbole chimique	Numéro atomique	Masse atomique	Masse volumique	T° de fusion	T° d'ébullition
Pb	82	207,2 g/mol	11,35 g/cm ³	327°C	1740 °C

.2.6.5.1 Toxicité

Le Plomb est l'un des métaux les plus étudiés au monde du fait de sa toxicité et de sa présence dans les essences Plombées. Le Plomb est un élément chimique toxique, par effet cumulatif, pour l'homme, la faune et la flore (**Chassard, 1995**). Chez les végétaux, le Plomb affecte les membranes cellulaires et certains systèmes enzymatiques perturbant le flux des électrons dans les chaînes de transfert (**Miles *et al.*, 1972**).

Le Plomb peut être absorbé par l'organisme par inhalation, ingestion, contact cutané (principalement lors d'une exposition professionnelle) (**Moore *et al.*, 1980**) ou par transmission à travers le placenta (**Angell *et Lavery, 1982***). La présence de Plomb dans l'organisme peut provoquer des troubles tels que le saturnisme, des crises d'épilepsie voire même des troubles nerveux et psychiques. Pour les personnes les plus exposées, il existe un risque d'avortement spontané, et d'accroissement du nombre de cancers du poumon ou du tractus gastro-intestinal (**Chassard, 1995**).

2.6.6. Zinc (Zn)

Le zinc est un élément chimique, de symbole Zn et de numéro atomique 30, (Tableau 16). Le zinc est un métal, moyennement réactif. (**Mahan, 1987**). C'est un oligo-élément indispensable à la vie et dont la carence induit des phénomènes pathologiques chez tous les êtres vivants. Par contre, à fortes doses, cet élément peut devenir toxique (**Berthet *et al.*, 1984**).

Tableaux 09. Propriétés du Zinc (Miquel, 2001).

Symbole chimique	Numéro atomique	Masse atomique	Masse volumique	T° de fusion	T° d'ébullition
zn	30	65.4g/mol	7.11 g/cm ³	420°C	920 °C

2.6.6.1. Toxicité de zinc :

Le zinc est un oligo-élément entrant dans la composition de nombreuses métallo-enzyme (*Viala et Botta, 2005*). Il est doué de propriétés hermétiques et devient donc toxique à des concentrations relativement faibles (*Ramade, 2000*). L'inhalation des fumées d'oxyde de zinc peut conduire à une intoxication aiguë caractérisée par une asthénie accompagnée de fièvre (*Ramade, 2000*). Les manifestations d'intoxication aiguës se traduisent entre autres par des troubles digestives (*Savary, 2003*).

2.7. Effets de ce métaux lourds sur la santé :

Tableau 10. Effets de quelques métaux lourds sur la santé humaine (Moore, 1991).

Métal	Effet sur la santé humaine	
	Effet aigues	Effet chronique
Cadmium	Une insuffisance rénale et une dépression cardio-pulmonaire. Nausées, salivation, des lésions hépatiques.	Toxicité rénale, telle que protéinurie, dysfonctionnement rénal. Lésions rénales à l'autopsie.
Chrome	Endommagement du foie et des reins. Hémorragie interne, dermatites et des problèmes de respiration, nausée, diarrhée.	Effet cancérigènes et mutagènes modifiant les bases d'ADN, des dermatites de contact, ulcère de la peau, irritations septiques.
Cuivre	Une induction d'anémie hémolytique, allergie par contact avec la peau. Brûlure épigastrique, nausée, vomissement, diarrhée.	La maladie de Wilson (accumulation de cuivre dans le foie, le cerveau et les reins dont résulte une anémie hémolytique et des malformations neurologiques).
Mercure	Une néphrite, une anurie et une hépatite surviennent, suivies de décès par lésions gastro-intestinales et / ou rénales. pharyngite, une diarrhée, douleurs abdominales, nausées, vomissements, sanglante et un état de choc.	La maladie de Minamata. Les changements histopathologiques observés dans les cortex cérébral et cérébelleux du cerveau sont particulièrement prononcés chez le fœtus en développement et moins chez les adultes, le cerveau devient atrophique et le cortex est spongieux en raison de la nécrose des neurones.
Plomb	L'intoxication aiguë par le Plomb est relativement rare et se limite généralement à milieu de travail. Les principaux symptômes sont là l'anémie colique, fatigue, la névrite, la faiblesse, les convulsions et d'autres troubles neurologiques.	Le dysfonctionnement rénal, les malformations congénitales mineures, la suppression du nombre de spermatozoïdes et les lésions du système nerveux périphérique, affectant principalement les grosses fibres motrices myélinisées.
Zinc	Crampes d'estomac, diarrhée, vomissement, nausée, fièvre, irritations, anémie.	Endommagement de pancréas, perturber le métabolisme des protéines, artériosclérose, dysfonctionnement lent du foie

III Matériel biologique :

1. Présentation de l'espèce *Penaeus kerathurus* (Forsskal, 1775)

Appartient à l'ordre des décapodes *Natantia* et à la famille des *Penaeidae* (Tableau 1) ; qui est comprend plus de 20 espèces réparties plus particulièrement dans les mers chaudes et tempérées. Elle est caractérisée par l'épine sur le rostre ; une absence de gouttière sur le 6ème segment abdominal et un telson avec 3 paires d'épines caduques. Appelée la Crevette royale et caramote (France), Langostino (Espagne), tiger shrimp ou stripped shrimp (Anglais) (Crosnier et De Bondy, 1967).

Tableau 11 : Position systématique de *Penaeus kerathurus* (Forsskal, 1775).

Règne	Animal
Sous Règne	Eu Métazoaire
Embranchement	Arthropoda
Sous Embranchement	Mondibulata
Classe	Crustacé
Sous Classe	Malacostraca
Ordre	Decapoda
Sous Ordre	Natantia
Famille	Penaeidae
Genre	Penaeus
Espèce	<i>Penaeus kerathurus</i>



Figure 04. *Penaeus kerathurus* (Nwamo et al., 2014).

3. Répartition géographique :

Penaeus kerathurus est la principale espèce de crustacés, elle présente dans l'Atlantique- est, de l'Angola aux îles britanniques, ainsi que dans l'ensemble du bassin méditerranéen (Karani *et al.*, 2005). Très connu dans l'Est Algérien et surtout dans le golfe d'Annaba, au voisinage des Oueds Mafragh et Seybouse (Morsli, 1994).

4. Biologie

Penaeus kerathurus (crevette royale) est une espèce d'eaux peu profondes, elle se rencontre en lagune (mais il s'agit alors de jeunes) et sur le plateau continental. Elle se tient entre les fonds de 20 m et de 70 m maximum (Nwamo *et al.*, 2014), mais les plus grandes concentrations sont souvent rencontrées entre 20 et 40 m. Elle semble, surtout fréquenter les voisinages des embouchures de fleuves, rivières ou lagunes, sur des fonds sableux, sablo vaseux, ainsi que sur des herbiers (Karani *et al.*, 2005).

5. Morphologie externe :

Comme tous les crustacés, les crevettes sont caractérisées par une métamérisation du corps, divisé en trois parties : tête (ou acron), thorax (ou péréion) et abdomen (ou pléion) terminé par le telson. Chez les crustacés décapodes, la tête et le thorax soudés forment le céphalothorax. Les crevettes de la famille des Penaeidae sont caractérisées par un rostre à dents en position ventrale et en position dorsale (chorab,2016). Et aussi par la présence de pinces aux trois premières paires de pattes thoraciques (péréiopodes). La partie abdominale est composée de 6 segments (métamères) portant chacun une paire de pattes nageuses (pléopodes) sauf sur le dernier segment qui se termine par le telson (Figure 04) (Castex, 2009).

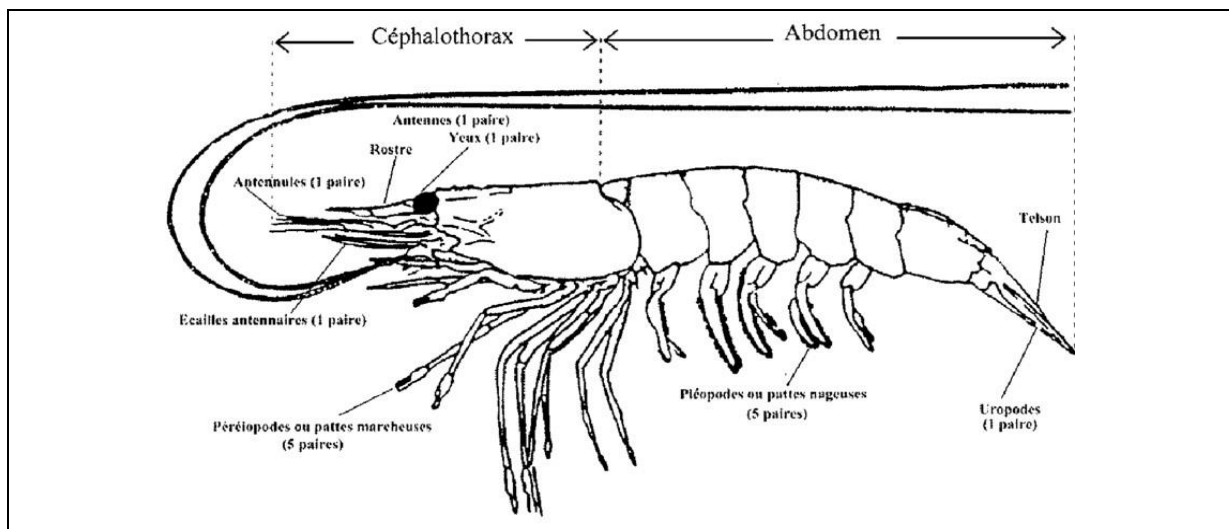


Figure05. Morphologie externe d'une crevette (Rolland, 2010).

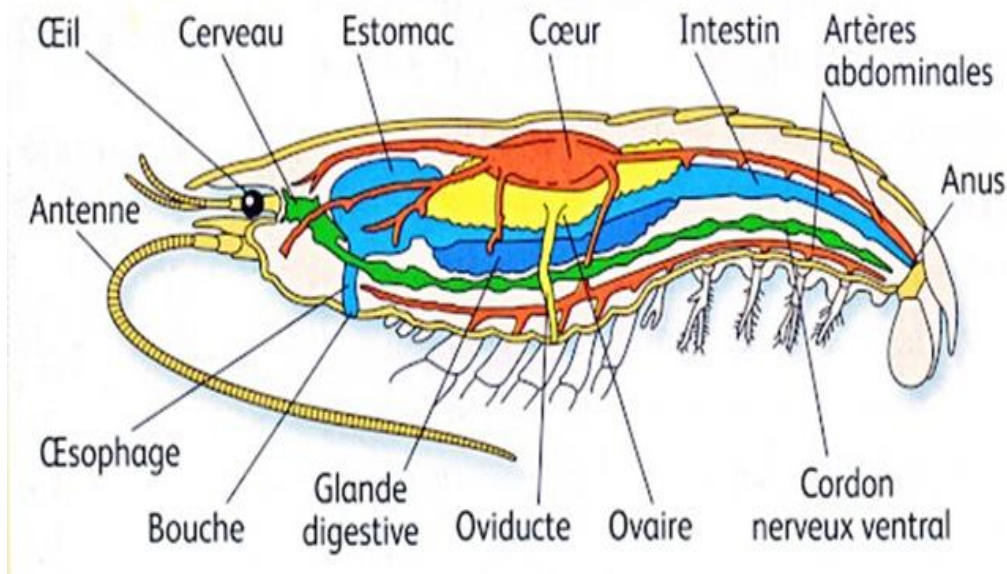


Figure 06. Anatomie interne d'une crevette (**Bouchenine et al ;2020**)

6.Cycle biologique :

Le cycle biologique des crevettes comprend généralement trois phases, caractérisées par des changements successifs d'habitat pour les différents stades du développement.

- ✓ La phase méroplanctonique et planctonique qui a lieu en zone océanique et côtière (stades larvaires Nauplius, Zoé et Mysis)
- ✓ La phase benthique, au niveau des estuaires, pour les post-larves et les Juvéniles.
- ✓ La phase de migration sexuelle durant laquelle les animaux migrent vers le large pour se reproduire.

L'accouplement ainsi que la ponte ont donc lieu en mer à quelques dizaines de mètres de profondeur. La fécondation est externe, les ovules étant fécondés au moment de leur expulsion. Les œufs sont d'abord pélagiques puis benthiques. Après 10 à 12 h de développement embryonnaire, l'éclosion se produit et les nauplii sont libérés. Ce premier stade de développement est vitellotrophe, et est suivi de six stades nauplius successifs.

Le dernier stade Nauplius donne alors naissance à a larve Zoé (3 stades) se nourrissant exclusivement d'algues phytoplanctoniques. La dernière forme Zoé (Zoé 3) se métamorphose ensuite en larve Mysis (3 stades) qui est strictement carnivore.

La dernière métamorphose aboutit au stade post-larve (PL). L'animal présente alors la plupart des caractéristiques morphologiques de l'adulte. Les PL passent en quelques jours (10 à 20) d'une vie pélagique à une vie benthique. Elles se concentrent généralement près des côtes, dans les estuaires ou les lagunes.

Finalement, un mois et demi à deux mois sont nécessaires après l'éclosion pour que les animaux acquièrent l'ensemble des caractéristiques morphologiques de l'animal adulte. Après une période de croissance rapide de quelques semaines en lagune, où la production biologique

Chapitre2 :

I. Méthodologie :

I.1.Collecte des informations :

Dans un premier temps, les acteurs représentés en : (chambre de pêche au port d'El Kala, et Annaba, l'équipe d'aquaculture écologique) ont été contactés dans le but d'effectuer des visites exploratoires dans les plages situées à proximité des sources de pollution, pour identifier ses causes, de déterminer la localisation géographique du milieu aquatique à étudier et d'enregistrer les avis de certains pêcheurs et consommateurs.

I.2. Présentation des régions :

Cette recherche a été faite sur des crevettes pêcher dans trois régions El Kala à El Tarf, Sidi Salem à Annaba et Oued El Zouhour à Jejel pour déterminer la teneur des métaux lourds (Zn, Pb et Cd) dans la chair et la cuticule.

I.2.1. Présentation de la région d'El kala :

EL Kala est située dans l'état Algérien de la wilaya d'El Tarf, sur la côte nord-est, qui s'étend sur une longueur de 90Km, lier entre eux et la wilaya d'Annaba la route nationale n° 44, elle se trouve à environ 18 Km de la frontière Tuniso - Algérienne, avec un climat méditerranéen, la température moyenne annuelle de 18.9 C°. Le mois de janvier est le mois le plus froid et le mois d'août le plus chaud. La pluviométrie moyenne annuelle dépasse les 700 mm. La ville d'EL Kala connue par son caractère touristique et son activité de pêche, pionnière dans la production de corail. Caractérisée par ses lacs naturels tels que: (Al Mallah, Oubeira, lac Tonga ...) reliée à la mer par des rivières et des vallées, en plus de ses multiples plages telles que: (Mesida, El Morjan, Cap Rosa, sables d'or ... etc). Elle se caractérise par une richesse halieutique et un nombre important de crevettes, C'est l'une régions importantes de la wilaya d'El Tarf , en raison de la situation stratégique, la qualité de son sable, la propreté et son absence de toute source de pollution [01] .

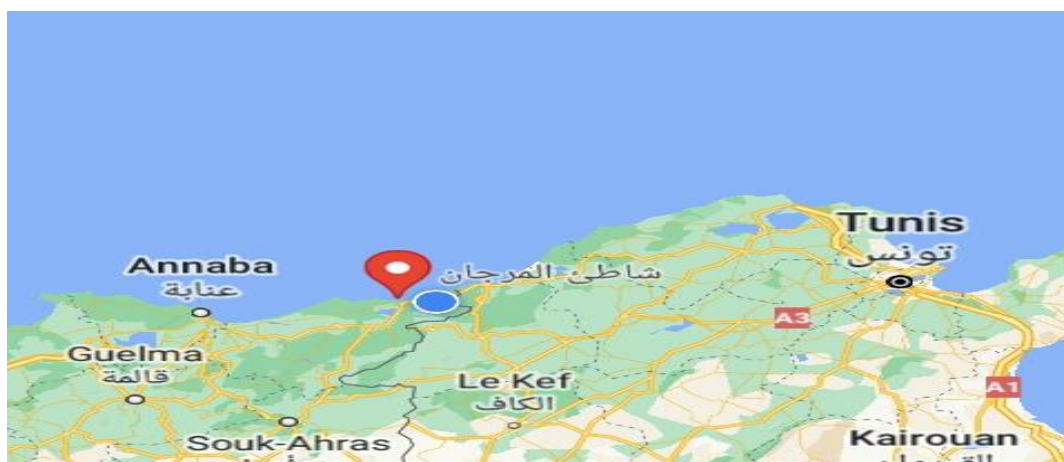


Figure09. Situation géographique de la zone d'échantillonnage d'El Kala (Google earth).

I.2.2. Présentation de golfe d'Annaba :

Le golfe d'Annaba est situé à l'externe Est de l'Algérie, il est limité à l'est par le cap Rosa (8 15E et 36 58N) et à l'ouest par le cap de garde (7 47E et 36 58N) ; la distance séparant les deux caps est d'environ 21,5 milles (40 km), la profondeur maximale des eaux est égale à 65 mètres. Le golfe reçoit les eaux douces par le biais de deux oueds : le Mafrag à l'Est et la Seybouse Sud-est, dont le débit est très irrégulier suivant les saisons. Ces oueds apportent des matières minérales et organiques de différentes origines terrigènes, agricoles, domestiques et industrielles. De plus la zone reçoit d'autres rejets des effluents urbains et industriels de plusieurs usines installées sur la cote, en particulier les produits phytosanitaires de Ferial. Le golfe de Annaba est caractérisé par un plateau continental très étroit, c'est ainsi que la plateforme continentale avance jusqu'à 10 milles seulement au large. Ce plateau continental est non seulement étroit mais il est accidenté, surtout au voisinage des deux caps. Il est restreint (4,5milles) au Nord du cap de Garde, puis s'élargit dans le golfe jusqu'à 14,5 milles et se rétrécit légèrement à l'Est (Vaissière & Fredj, 1963).

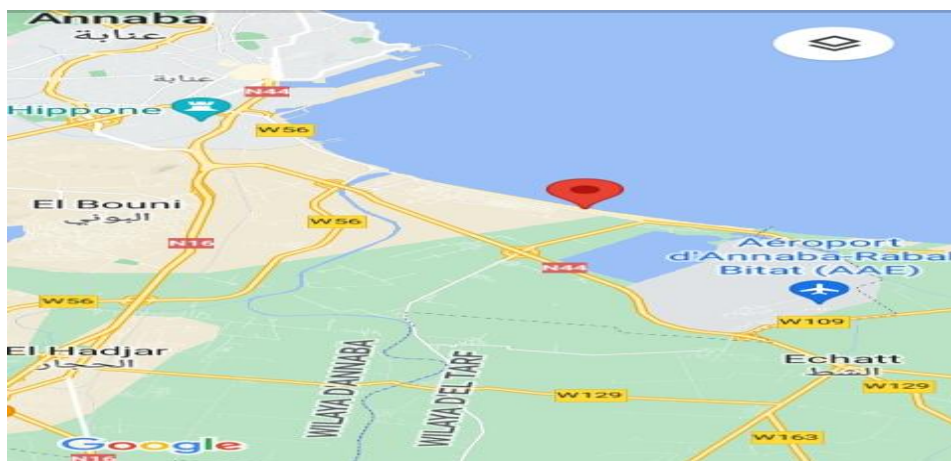


Figure 10. Situation géographique de la zone d'échantillonnage (plage Sidi Salem à Annaba) (Google earth).

I.2.3. Présentation de la région d'Oued Zhour

La wilaya de Jijel Oued Zhour située sur la côte Nord- Est de l'Algérie, elle est connue pour être une wilaya à vocation de pêche vu sa façade maritime qui s'étend sur un front de 120 km ainsi que ses caractéristiques naturelles et sa situation géographique, et par son climat méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche et d'une saison humide, avec un hiver doux et des précipitations annuelles en moyenne de 1200 mm/an qui en font l'une des régions les plus pluvieuses du pays. La baie d'Oued Zhour est en majeure partie formée de plages s'étendant sur une quarantaine de kilomètres à l'Est de Oued Zhour et de falaises vers l'Ouest. En arrière, sont situés des marais d'eau saumâtre reliés à la mer directement ou indirectement par des rivières descendantes des montagnes (Hemissi, 2008).

Les crevettes ont été recueillies dans deux positions (37° 0'37.42"N, 6° 0'23.97"E) et (37° 1'21.39"N, 6° 8'4.46"E), elles sont situées à la région d'Oued Zhour le long du golfe d'Oued Zhour. Elles sont situées à 50 km Est de la ville d'Oued Zhour.

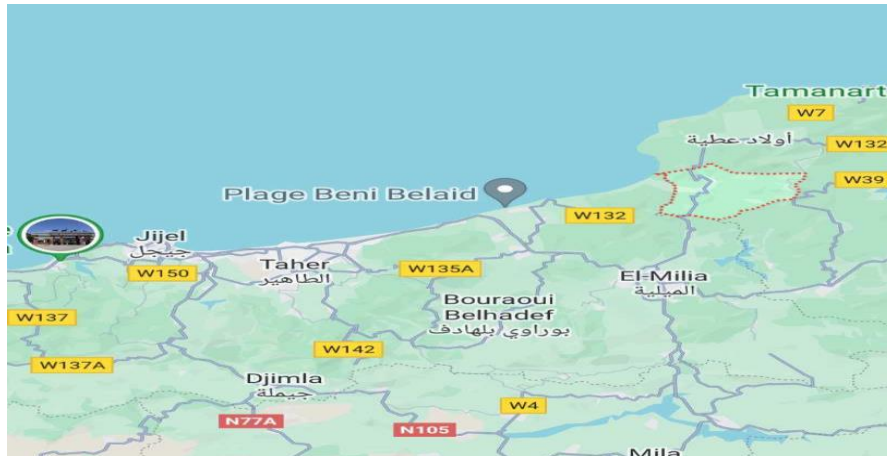


Figure 11. Situation géographique de la zone d'échantillonnage d'Oued Zhour. (*Google earth*)

I.3. Collecte et conservation des échantillons:

Les échantillons de la crevette *Penaeus kerathurus* ont été obtenus des trois zones différentes El Kala, Sidi Salem et Oued El Zhour. Ils sont pêchés entre 40m et 120m de profondeur. au cours du deux mois de avril /mai 2024. Les échantillons obtenus ont été transporté directement dans la glacière vers le laboratoire de Zootechnie a la faculté SNV Université Chadli Bendjedid El Tarf pour la dissection et l'incinération.

I.4. Préparation des échantillons :

1.4.1. Préparation des échantillons :

1. Sexage on procède à la séparation entre mâle et femelle

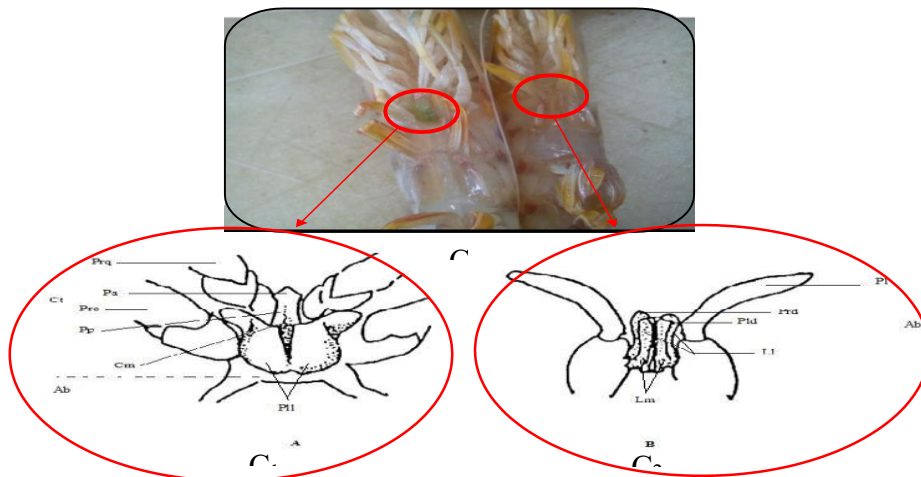


Figure12 : séparation des mâles et des femelles dans les trois régions

2- Mesure la taille et poids de chaque individu de *Penaeus kerathurus*.



Figure13. Mesure la taille et poids de chaque individu de *Penaeus kerathurus*

3. Séparation de la cuticule et la chair.



Figure 14: Cuticules séparée de la chair des trois régions (El Kala , Sidi Salem et Oued Zhou). (Fates,2024)

4. Les échantillons sont mis dans un creuset qu'on place dans l'étuve à une température de 110°C pendant 03 heures

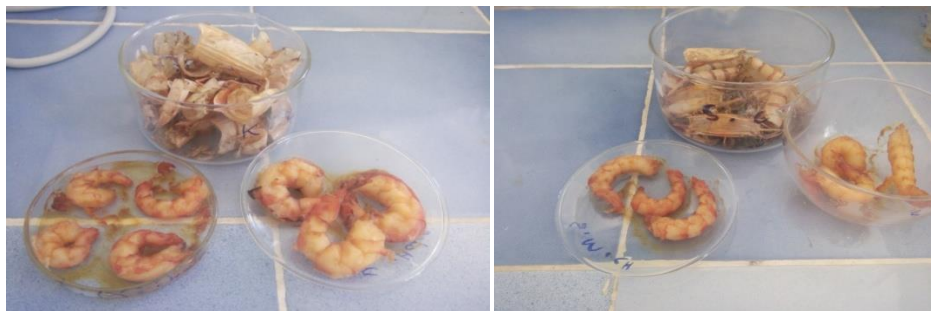


Figure15. Séchage des échantillons à l'étuve (Fates,2024)

5. Ils sont ensuite placés dans un four à moufle pendant 15min à 450°C.

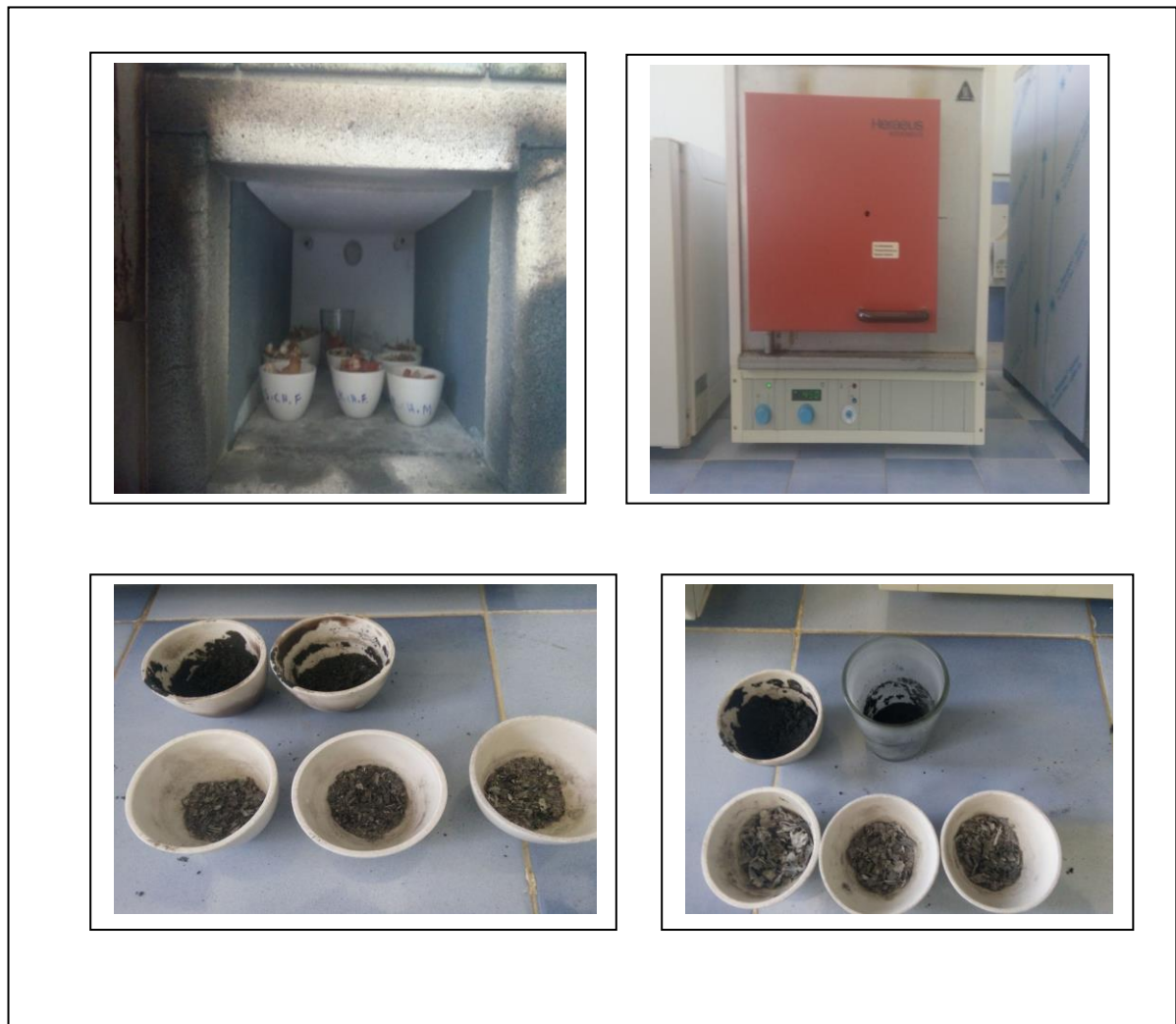


Figure16. Les échantillons dans un four à moufle

6. Les remettre ensuite au four une deuxième fois à 350°C pendant 1h30 min.

7. ensuite, broyez les dans un mortier pour les remettre dans leurs pots d'origine.

8. Au final, tous les tissus préparés sont envoyés au laboratoire d'analyse privé à Annaba pour déterminer et estimer leur teneur en métaux lourds.

II. Dosage des teneurs en métaux lourds :

Ce dosage a été fait en utilisant la technique de la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA). La spectroscopie d'absorption atomique (SAA) est basée sur le principe que les atomes libres peuvent absorber la lumière d'une certaine longueur d'ondes. L'absorption de chaque élément est spécifique, chaque élément n'absorbe qu'à sa longueur d'onde .

Chapitre 03.

I. Résultats :

1. Concentration du Zinc dans la chair de *P. kerathrus* :

Le zinc est un élément trace essentiel pour l'homme, les animaux et les plantes supérieures. La figure 16 représente la concentration du Zinc en mg/kg PS dans la chair des femelles et des mâles de *P. keraturus* dans les trois zones d'étude El Kala, Sidi Salem et Oued Zhour.

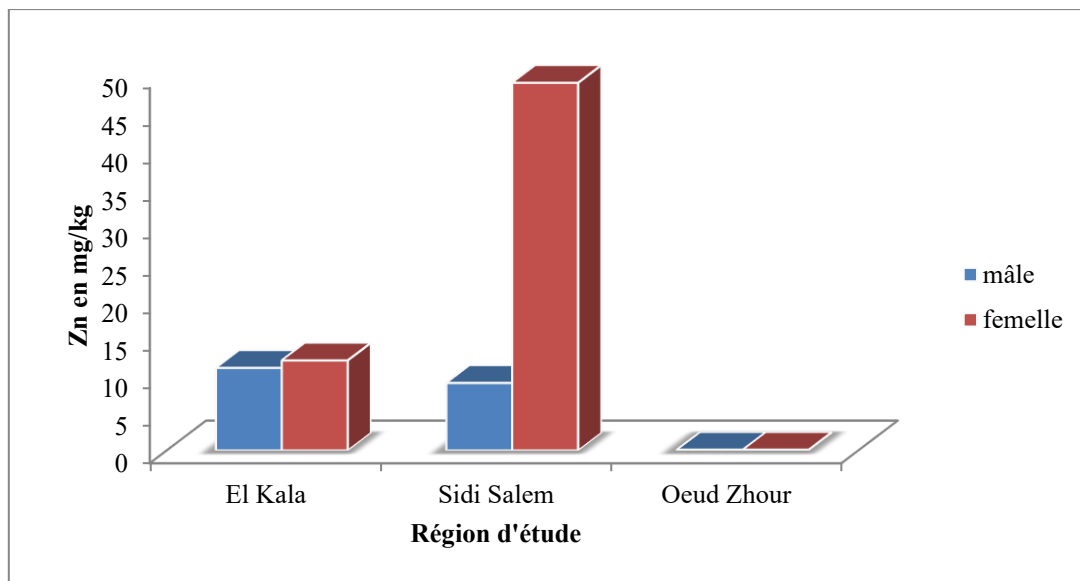


Figure16. Concentration du Zinc en mg/kg PS dans la chair des mâles et des femelles de *P.kerathrus* dans les trois zones d'étude El Kala, Sidi Salem et Oued Zhour.

D'après la figure le taux le plus élevé du Zinc est observé chez les crevettes pêchées au niveau des deux zones d'étude El Kala et Sidi Salem avec un taux frappant chez les femelles de Sidi Salem à 49 mg/kg PS. Les concentrations en Zinc enregistrées dans la zone d'Oued Zhour sont les plus faibles.

2. Concentration du Plomb dans la chair de *P. kerathrus*:

Le Plomb est présent dans la croûte terrestre et dans tous les compartiments de la biosphère. La figure 17 indique la concentration du Plomb en mg/kg PS dans la chair chez les mâles et les femelles de *P. keraturus* dans trois sites d'étude El Kala, Sidi Salem et Oued Zhour.

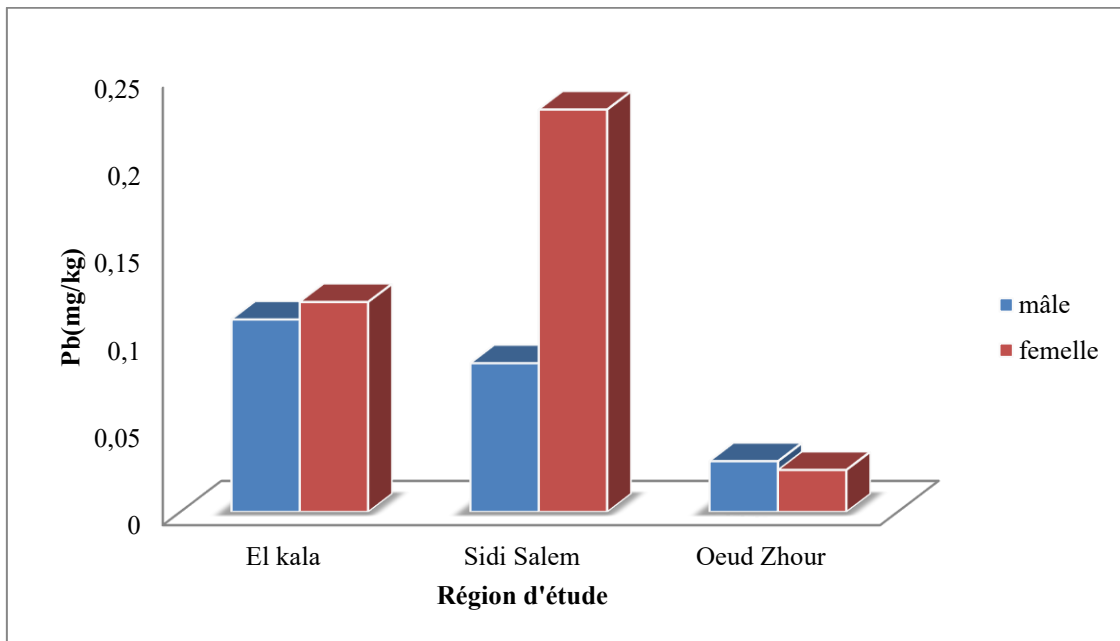


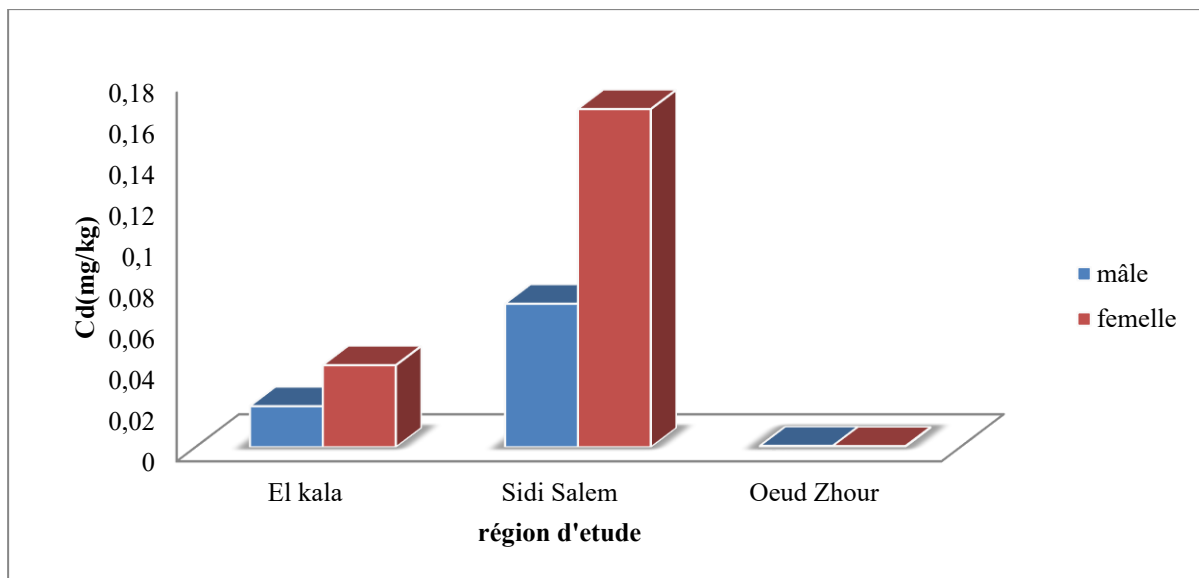
Figure17. Concentration du Plomb en mg/kg PS dans la chair des mâles et femelles de *P.kerathrus* dans les trois zones d'études El Kala, Sidi Salem et Oued Zhour.

On remarque que la chair des trois zones d'études contient des concentrations très élevée en Plomb chez les deux sexes de la crevette, cette concentration est importante chez les femelles notamment de la région de Sidi Salem.

3. Concentration du Cadmium dans la chair de *P. kerathrus*:

Le Cadmium présente des caractéristiques chimiques proches de celles du Calcium, en particulier le rayon ionique, facilitant ainsi sa pénétration dans les organismes.

La figure 18 présente la concentration du Cadmium en mg/kg PS dans la chair chez les mâles et les femelles de *P. keraturus* pêcher les trois zones d'études d'El Kala, Sidi Salem et Oued Zhour.



La figure 18. Présente la concentration du Cadmium en mg/kg de PS dans la chair chez les mâles et les femelles de *P.keraturus* pêcher dans les régions d'El Kala, Sidi Salem et d'Oued Zhour.

D'après la figure 18 on constate que la concentration la plus élevés est présente dans la chair de la femelle pêchée dans la zone de Sidi Salem les crevette d'El Kala contient aussi du cadmium, La concentration de ce métal est plus faible dans la région de Oued Zhour que les autres régions d'étude.

4. Teneurs en métaux lourds de l'eau de trois régions :

La figure 19 représente la Concentration du Plomb et Cadmium dans l'eau de mer des trois régions d'études

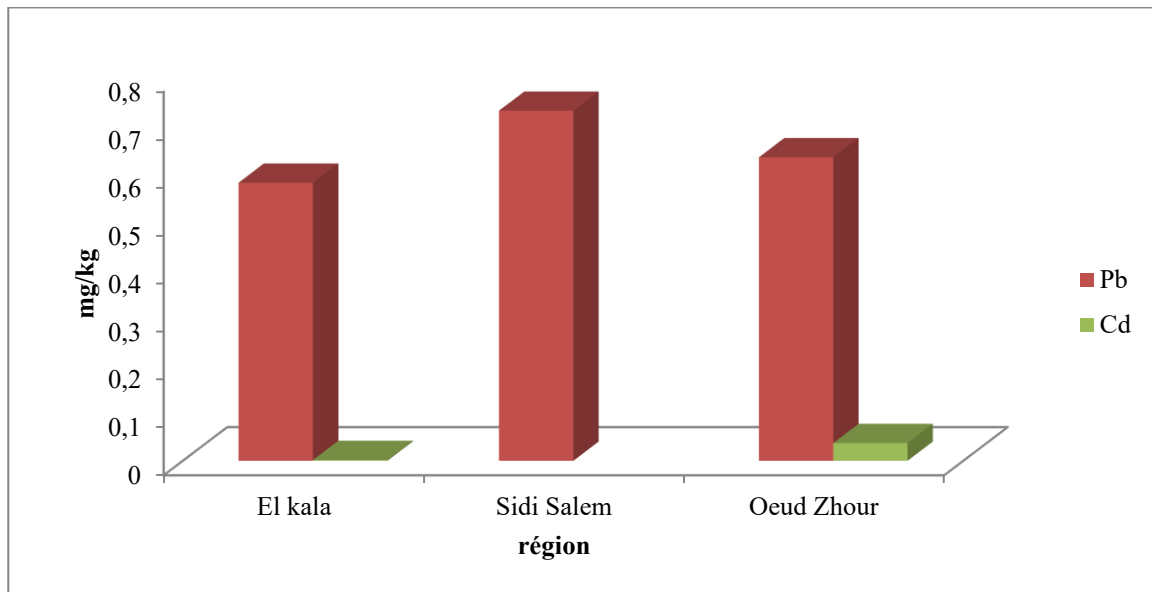


Figure 19. Concentration du Plomb et Cadmium dans l'eau de mer des trois régions d'études.

L'analyse par SAA des eaux de mer des zones d'étude montre que l'eau de mer contient des concentrations variables du Pb et Cd la concentration supérieure est enregistrées dans de la région de Sidi Salem par rapport aux deux autres zones d'étude Oued Zhour et el Kala.

La concentration du Cd enregistrées dans l'eau de mer de la région d'Oued Zhour est supérieur à celle trouve dans la région d'El Kala.

5. Concentration des métaux lourds dans la chair des mâles de *P.keraturus* dans les trois régions

La figure 20 représente la concentration des trios métaux lourds dans la chair des mâles de *P.keraturus* dans les trois régions d'étude El Kala, Sidi Salem et Oued Zhour

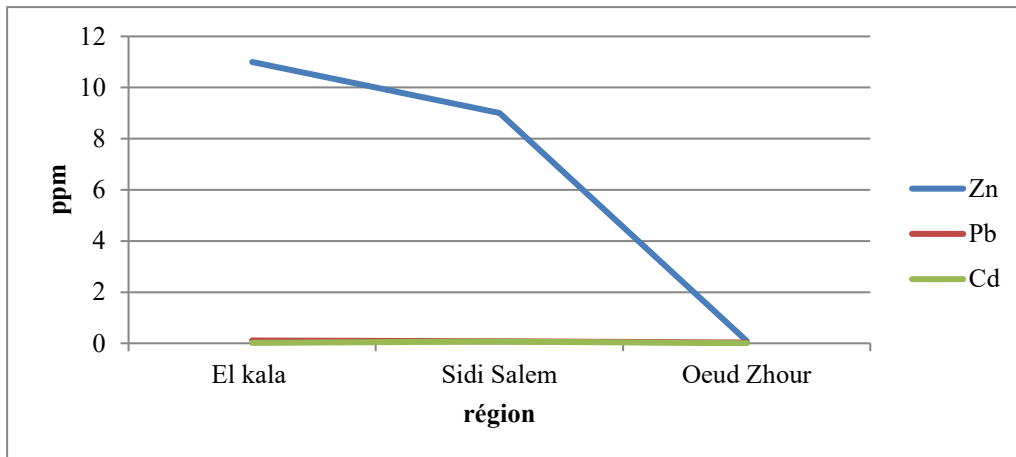


Figure 20. Concentration des trios métaux lourds dans la chair des mâles de *P.keraturus* dans les trois régions d'étude

D'après la courbe on remarque que la chair des males contient des métaux lourds le zinc est le plus dominant. Les males pêcheur de la région d'El Kala est les plus touchées par ces polluants, La zone la plus polluer est El Kala

6. Concentration des métaux lourds dans la chair des femelles de *P. keraturus* dans les trois régions

La figure 21 évoque la Concentration des trios métaux lourds dans la chair des femelles de *P.keraturus* dans les trois régions d'étude

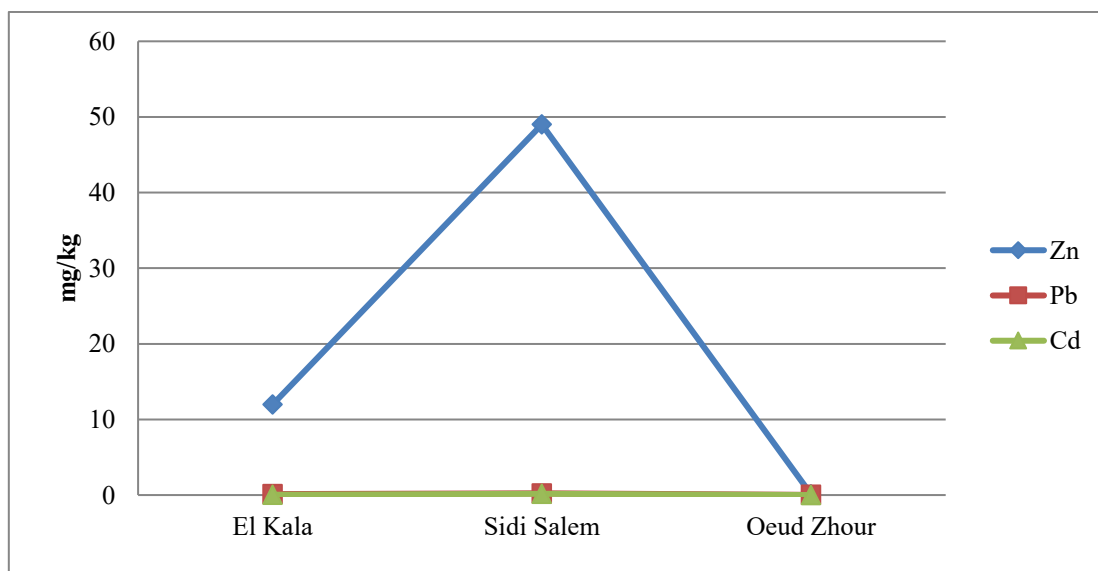


Figure 21. Concentration des trios métaux lourds dans la chair des femelles de *P.keraturus* dans les trois régions d'étude

On remarque que la chair des femelles comporte du Zn, Pb et Cd le polluant le plus dominant est le Zn dans les trois régions étudiées mais la concentration de ce métal la plus bouleversante est celle de la région de Sidi Salem.

7. teneur de Zn, Pb et Cd dans le sédiment deux de régions d'étude El Kala, Sidi Salem et Oued Zhour:

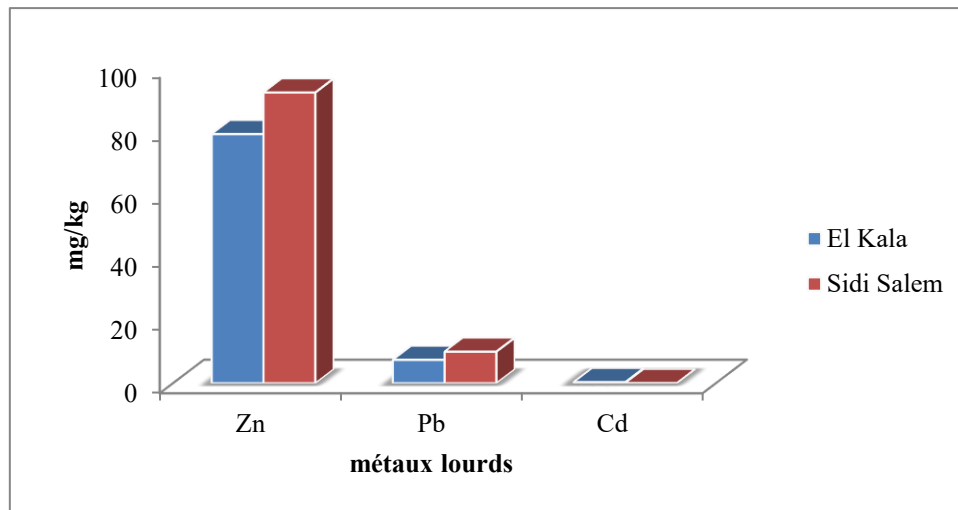


Figure 22. Teneur des métaux lourds dans le sédiment de trois régions El Kala, Sidi Salem et Oued Zhour

La figure 22 montre la teneur des métaux lourds dans le sédiment de deux régions d'étude El Kala, Sidi Salem. On remarque que les métaux lourds se trouvent dans le sédiment des régions d'étude avec teneurs en Zinc très élevées en plus la région de Sidi Salem est la plus touchée par ces métaux.

II. DISCUSSION

Les organismes marins mettent en place différents moyens de lutte face aux polluants notamment les crustacés. Il semblerait que tous ces moyens coûtent à l'organisme ses réserves métaboliques spécialement en énergie (Van, 2002, Sepulveda *et al.*, 2003).

L'étude des crustacés qui occupent une place originale au sein de l'embranchement des Arthropodes par l'analyse de SAA montrent que les concentrations des métaux dosés dans la chair sont très élevées dans les régions d'El Kala et Sidi Salem aussi bien dans les crevettes ou dans l'eau de mer par rapport à celles de la région de Jijel. La région de Sidi Salem est la plus touchée par ce polluant, suivie par la région d'El Kala et le taux le plus faible est observé à la région de Oued Zhour à Jejel.

Élévation de la concentration du Zn est observée dans les chairs des femelles de la crevette pêchées de Sidi Salem qui égale 49mg/kg PS cette concentration dépasse les normes de l'OMS. La concentration de zinc de la région d'Oued Zhour est très faible par rapport à Sidi Salem et El Kala chez les deux sexes ne dépassent pas les teneurs maximales.

Ces taux très élevés de la concentration du Zn malgré que ce métal soit un des oligo-éléments les plus abondants du corps humain. Ayant une importance fondamentale pour beaucoup de molécules, de processus cellulaires, métaboliques et immunologiques, y compris les réponses antioxydants. Il peut être le résultat de sources industrielles, la plage de Sidi Salem reçoit directement les rejets de l'usine de production d'engrais, l'usine de fabrication d'équipement métallique (Ferrovial) et l'usine de récupération des batteries usagées à travers de nombreuses vallées (Oued El Dahab, Oued Seybouse et Oued Bedjima) qui sont considérés comme un axe de drainage des déchets domestiques et industriels pouvant contenir de Zinc. D'autre part, le Zinc est introduit à partir de la dissolution des anodes destinées à la protection des coques de bateaux contre la corrosion, il est contenu dans certaines peintures antisalissure (Belabed, 2010).

Les concentrations en Plomb, analysées dans la chair de crevette peuplant le littoral sont réparties selon un gradient décroissant dans les trois régions Sidi Salem, El Kala et Oued Zhour respectivement entre 0.23, 0.11 et 0.029 mg/kg PS dans la chair des mâles et entre 0.12, 0.085 et 0.024 mg/kg PS chez les femelles, La concentration maximale est observée dans la région de Sidi Salem estimée dans la chair des femelles.

Sachant que le Plomb est un métal toxique même à faibles doses, il persiste dans l'environnement et peut être absorbé et emmagasiné dans les os et autres tissus biologiques. Pendant de nombreuses années, il est également cancérigène pour l'Homme et les animaux.

Le cadmium est un métal toxique omniprésent dans notre environnement qui peut contaminer les sols, l'eau ou encore l'air. Les résultats de cette étude dévoilent que le Cd apparaît à des concentrations élevées dans la chair des femelles prélevée de la région de Sidi S supérieures aux normes fixées par l'AIEA 0.18 mg/kg PS. Par contre chez les mâles la concentration enregistrée du Plomb dans la chair est faible par rapport aux autres polluants dans les deux régions d'étude El Kala et Oued Zhour cette concentration ne dépasse pas la norme de

L'OMS. Le Cd s'accumule dans les fruits de mer dans le viscère des poissons et très peu dans le muscle c'est une substance cancérigène. La toxicité du cadmium se manifeste principalement par une anémie, des troubles digestifs, ainsi qu'une atteinte rénale qui engendre par la suite un désordre osseux. Une diminution de la fonction pulmonaire peut avoir lieu (**Attar, 2020**).

A travers les résultats obtenus, nous avons remarqué la forte concentration de polluants minéraux représentées par : Zn, Pb et Cd dans les échantillons prélevés dans les zones d'étude El Kala, et Sidi Salem par rapport à la région d'Oued Zhour. Les concentrations trouvées dans notre étude sont on accord par rapport à celles obtenus par (**Belabed, 2010**) à Sidi Salem.

La concentration de ces xénobiotiques notamment le zinc dans l'eau et leur teneur dans le sédiment dans la région de Sidi Salem est sérieuse par rapport aux autre régions étudiée (El KALA et Oued Zhour).

La concentration du Pb enregistrées dans l'eau de mer de la région de Sidi Salem très élevé qui égale 0.73 ppm inférieure de la région du Oued Zhour qui estimé 0.633 ppm, suivit par sa concentration de région de El Kala qui estimée à 0.58 ppm. Les eaux de mer de Sidi Salem sont exposées de plus en plus à la pollution. Les contaminations notées dans le cadre de cette étude semblent avoir diverses origines : industrielles (rejets dans les eaux et l'atmosphère, cas du fer, plomb, cadmium), urbaines (rejets domestiques et trafic routier). Des rejets industriels, c'est le cas d'ARCELOR MITTAL, ORELAIT...seul ASMIDAL, déverse ses eaux directement en mer. En plus l'eaux usées.

La concentration du cd enregistrés dans l'eau de mer de la région d'Oued Zhour est élevée qui égale 0.037 ppm inférieure de la région de EL Kala qui égale. Quant aux concentrations des métaux enregistrées dans la région d'Oued Zhour, celles-ci peuvent être dues aux affluents d'oued El kébir et d'oued Zhour ; Le gisement de Cd et de pb sans oublier le rôle des courants d'eau de mer dans la répartition des différents métaux, en plus le port commercial.

Le dosage des métaux traces (Zn, Pb, Cd) dans l'eau de mer et les sédiments et dans la chair des crevettes) serait d'un apport intéressant tant sur le plan nutritionnel que sur le plan toxicologique.

Plusieurs facteurs peuvent avoir causé la contamination. La crevette est un animal migrateur qui migre de la vie pélagique vers la vie benthique pour compléter son cycle de vie. Les activités exercées en mer comprennent la navigation, le transport maritime et le rôle des courants marins dans la distribution des différents métaux. Matériel de pêche perdu ou abandonné. La pollution des ports et de l'eau de mer est liée aux navires et bateaux de pêche. Il y a des accidents de navires qui se produisent en mer. Le manque de contrôle et de surveillance des aliments destinés aux poissons en est un exemple.

Les concentrations trouvées dans notre étude sont beaucoup plus élevés par rapport à celles obtenus par Ghorab, 2016 à Bejaia. Les concentrations trouvées dans notre étude sont on accord par rapport à celles obtenus par Belabed ,2010 à Sidi Salem.

De plus nos résultats dans la majorité des échantillons de la région de Sidi Salem et la région de El kala égalent ou dépassent les valeurs fixées par l'AIEA (Agence International de l'Energie Atomique) contrairement à ceux de (Ghorab 2016). Ses résultats soient bien inférieurs aux valeurs fixées par l'AIEA.

Conclusion générale :

La crevette occupe une place importante grâce à sa valeur marchande et nutritive. Sa chair est très exploitée, car elle constitue une source de protéines d'origine animale, d'acides gras et des vitamines. En raison de la forte demande sur le marché mondial de ce fruit de mer, la pêche de cette ressource ne cesse de se développer.

La crevette est un crustacé benthique, omnivore et dépositaires, elle est susceptible de concentrer des polluants qui se déposent dans les zones actives comme PCB, pesticides et métaux lourds.

Nos travaux de recherche ont porté sur l'évaluation du pouvoir toxique de certains polluants chez une espèce aquatique dans leur milieu de vie. Après analyse par la SAA de nos échantillons, nos résultats permettent de conclure que :

Élévation des concentrations des métaux lourds étudiés dans l'eau de mer et dans le sédiment à Sidi Salem par rapport aux autres régions étudiées (El KALA et Oued Zhour).

La quantification de ces métaux dans la chair de crevettes étudiées a montré que les concentrations les plus élevées sont retrouvées chez les espèces pêchées dans les deux régions de Sidi Salem et El KALA par rapport à Oued Zhour.

La chair de *Penaeus Kerathurus* prélevées dans les zones d'El Kala et Sidi Salem est contaminée par le Zinc, le Plomb et le Cadmium.

Le zinc est le métal lourd qui a la plus forte concentration dans la chair de crevette aux niveaux des deux régions (El Kala et Annaba);

La teneur de la plupart des métaux lourds (Zn, Pb et Cd) dans nos échantillons de la région de Sidi Salem et El KALA égale ou dépasse la norme fixée par l'AIEA.

Donc la consommation quotidienne des crevettes de Sidi Salem à Annaba et d'El Kala expose les consommateurs à des risques élevés pour leur santé.

Référence bibliographique:

Abdennour C., Smith B.D., Boulakoud M.S., Samraoui B. & Rainbow P.S., 2000. Trace metals in shrimps and sediments from Algerian water. *J. Catalog. Mat. Env.* 3: 9-12.

Adriano, D.C, 2001. Trace elements in terrestrial environments: Biochemistry, bioavailability and risks of metals. Springer-Verlag, New York.

Angell, N.F., Lavery, J.P, 1982. The relationship of blood lead levels to obstetric outcome. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 142: 40p.

Baghdadi Mazini D., 2012. Pollution de l'environnement et santé humain : mesure, évaluation et impact des contaminations chimique et biologiques dans les produits de la pêche au niveau du littoral marocain. Thèse de doctorat. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger

Barnhart, J. 1997. Occurrences, uses, and properties of chromium. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 26 (1), S3-S7.

Belabad, B.E, 2010. La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba « Sources de contamination des écosystèmes aquatiques ». Thèse doctorat (science de la Mer) Université Badji Mokhtar-Annaba, Laboratoire d'Eco-biologie des Milieux Marins et Littoraux. 16-17p.

Belabed, B.E. 2010. La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba « Sources de contamination des écosystèmes aquatiques ». Thèse de doctorat de l'université Badji Mokhtar-Annaba. 180 p.

Berthet, B., Amiard, J.C., Amiard-Triquet, C. et Metayer, C. 1984. Etude expérimentale de la relation entre la forme physicochimique du zinc et sa disponibilité à l'égard de végétaux cultivés. Application à l'utilisation agricole de boues de stations d'épuration. *Plant and soil* ; 82(2) : 231-246.

Bertrand M., 2005. Les crustacés, caractéristiques, et morphologie externe. Commission départementale de biologie sous- marine de l'Oise.

Biney C; Amuzu A-T; Calamari D ; Kaba N; Mbome I-L; Nalve H; Ochumba O; Osibanjo O ; Radeconde V et Saad M.A.H., (1994). Etude des métaux lourds. *Revue de la pollution dans l'environnement aquatique.*

Bliefert, C., et Perraud, R, 2004. Chimie de l'environnement air, eau, sol. Ed de Boeck Université, Bruxelles, 477p.

Bliefert, C., et Perraud, R, 2007. Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. De Boeck Supérieur, 478p.

Bourelrier, P.H. & Berthelin, J. 1998. Contamination des sols par les éléments traces : les risques et leur gestion. Rapport n°42 Académie des sciences. 439 p.

Brignon, J.M., Malherbe, L. et Soleille, S. 2005. Les substances dangereuses prioritaires de la directive cadre sur l'eau-fiches de données technico-économiques. Rapport final, INERIS DRC-MECO-2004-59520.

Brillant, È. 1993. Effets de l'intoxication au chlorure de cadmium chez la truite mouchetée, *Salvelinus Fontinalis*, Mitchill. Université du Québec à Chicoutimi. Exigence partielle de la maîtrise en ressources renouvelables. p 12 -13.

Castex M., 2009. Evaluation du probiotique Bactéries *pediococcus aerilactis* MA 18/5M chez la crevette péneide *Litopenaeus Stylirostris* en Nouvelle-Calédonie. Thèse de doctorat, spécialité : physiologie, Nutrition, Institut des sciences et Industries du vivant et de l'environnement (Agro Paris Tech).pp.65-67.

Cazale M.L. 2000). Caractérisation physico-chimique d'un sédiment marin traité aux liants hydrauliques : Évaluation de la mobilité potentielle des polluants inorganiques, évaluation de la mobilité potentielle des polluants inorganiques. Autre. INSA de Lyon, 2012. Français.

CERTU (Centre d'Etude sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme), 2004. Comparaison de méthodes d'analyse des éléments traces métalliques (ETM) et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sur les sols et les végétaux. Disponible sur <http://www.certu.fr>

Chartois H., Latrouite D & Lecarre P., 1994. Stockage et transport des crustacés vivants, rapports internes de la direction des ressources vivantes de Ifremer, institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, direction des ressources vivantes. P 19.

Chassard, B.C, 1995. L'écotoxicologie. Que sais-je?Paris: PUF. 128p.

Chassin P., Baize D., Cambier P.H. & Sterckeman T. 1996. Les éléments traces métalliques et la qualité des sols: impact à moyen et à long.297-305p.

Chiffolleau J.F., Gonzalez, J.L., Miramand, P. et Thouvenin, B. 1999. Le cadmium: Comportement d'un contaminant métallique en estuaire. Programme scientifique Seine- Aval 10: 31 p.

Coleman J., Blake-Kalff M. & Davies E. (1997) . Detoxification of xenobiotic by plants: chemical modification and vacuolar compartmentation. Trends in Plant Science. (2):144-151p

Crosnier, A. et De Bondy, E. (1967). Les crevettes commercialisables de la côte ouest de d'Afrique inter- tropicale, Collection Documentation technique n° 7, O.R.S.T.O.M. Paris, 61 p.

Dauguet, S., Denaix, L., Nguyen, C., Royer, E., Levasseur, P., Potin-Gautier, M., Lespes, G., Parat, C., Hérault, J., Coudure, R., Chéry, P., Devert, M., Robert, N. et Pouech, P. 2011. Mesure des flux d'éléments traces (Pb, Cd, As, Cu, Zn) dans les sols, végétaux, porcs et lisiers des exploitations porcines du Sud-Ouest.17. p 175-190.

Dirilegen N. 2000. Accumulation of heavy metals in fresh water organisms: Assessment of toxic interactions. Turk. J. Chem.25(2001):173-179p.

Elisan R., 2004. Etude de l'évaluation des écosystèmes bactériens et détermination du seuil critique de pathologie de certaines variables dans l'élevage de *Penaeus monodon*. Mémoire de fin en vue de l'obtention de diplôme de l'ingénieur.

Forskal, 1775. CARAMOTE. *Penaeus-Kerathurus* N°1638. <https://doris.ffessm.fr/Espèces/Penaeus-Kerathurus-caramote-1638>

Gadd, G.M., Rhee, Y.J., Stephenson, K. et Wei, Z. 2012. Geomycology: metals, actinides and biominéral. Environmental Microbiology Reports; 4(3): 270-296.

Garret, G. G. 2000. "Natural sources of metals to the environment." Human & Ecological Risk Assessment 6(6): 945-963

Gaujous D .1995. La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire .2ème édition vue Lavoisier : technique et documentation. 217, 219,220p.

Gérard M., 2001. Définition et caractérisations des métaux lourds.institutnumérique.

Ghorab, I., 2016. Evaluation de la valeur nutritionnelle et effets de facteurs environnementaux chez les crustacés. Thèse de doctorat en sciences : biologie animale, Université d'Annaba, Algérie, 128 p.

Gombert S; Galsomies L; Rausch de Tranbenberg R; Leblond S; Losno R; Colin J-L; Charré B., 2005. Pollution atmosphérique par les métaux : biosurveillance des retombées. Ed ADEME.9-12 p.

Hopkin, S. P, 1989.Eco-physiology of metals in terrestrial invertebrates.Elsevier, Applied science, NY, USA, 366p.

HUSSJ., 2012. Rapport sur les risques sanitaires des métaux lourds. Assemblée des métaux parlementaire. Conseil de l'Europe. Luxembourg. p13.

Karani, I., Kitsos, M.S., Chartosia, N. et Koukouras, A. (2005). Diet composition of the Penaeid shrimp, *Melicertus kerathurus* (Forsskal, 1775) (Decapoda, Penaeidae) in the Aegean Sea. Crustaceana; 78 (4): 385-396.

Kebir T., (2012). Etude de la contamination, d'accumulation et Mobilité de quelques métaux lourds dans légumes, Fruits et des sols agricoles situés près d'une décharge industrielle de l'usine Alzinc de la ville de Ghazaoute. Thèse de doctorat. Université Tlemcen.

Lagadic L., Caquet Th., & Amiard J.C., 1997a. Biomarqueurs en écotoxicologie : Principes et définitions. In : Biomarqueurs en Écotoxicologie : Aspects Fondamentaux. Lagadic L, Caquet Th, Amiard JC, Ramade F. Masson, Paris, P: 1-9

Le Gal Y., 1998. Biochimie marine. Edition © DUNOD.

Lenntech, 2007. Zinc (Zn). Propriétés chimiques-Effets du plomb sur la santé- Effets du plomb sur l'environnement, <http://www.lenntech.com/français/data-perio/Zn.htm>.

Leygonie, R. 1993. Les métaux lourds dans l'air: sources, émissions, mesure, effets. Pollution atmosphérique; 139 : 63-74.

Leygonie, R. 1993. Les métaux lourds dans l'air: sources, émissions, mesure, effets. Pollution atmosphérique; 139 : 63-74.

Mahan, B.H. 1987. Quimica. Curso. Universitario. Fondo. Interamericano S.A. mesure des flux d'éléments traces (Pb, Cd, As, Cu, Zn) dans les sols, végétaux, porcs et lisiers des exploitations porcines du Sud-Ouest. Innovations Agronomiques; 17: 175-190.

Miles, C.D., Brandle, J.R., Daniel, D.J., Chuder, O., Schanare, P.D., Uklik, D.J, 1972. Inhibition of photosystem II in isolated chloroplasts by leadplants. Plant. Physio, 820p.

Miquel, G, 2001. Rapport sur les Effets des Métaux Lourds sur l'Environnement et la Santé. Assemblée Nationale Française, N°2979, Paris, 366p.

Miquel, G. (2001). Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (Dir.). Rapport Sénat n°261: 360.

Miquel, G. 2001. Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (Dir.). Rapport Sénat n°261: 360.

Miquel, G. (2001). Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (Dir.). Rapport Sénat n°261: 360.

Moore, M.R., Meredith, P.A., Watson, W.S., Sumner, D.J., Taylor, M.K., Goldberg, A,1980. The percutaneous absorption of lead-203 in humans from cosmetic preparations containing lead acetate as assessed by whole-body counting and other techniques. FoodCosmet. Toxicol, 399p.

Morsli M.S.,1994. Effet d'un dérivé de la benzoylpenylurée, le dimilin sur la physiologie de *Penaeus kerathrus* (Crustace, Decapoda) : Etude structurale et biochimique. Mémoire de Magister en physiologie animal, option Eco-toxicologie animala. ISN, Université d'Annaba.

NDOME C.B., U.B. EKALUO U.B et ASUQUO F.E. (2010). Comparative bioaccumulation of heavy metals (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd and Cr) by some edible aquatic molluscs from the Atlantic Coastline of South Eastern Nigeria. Journal of Fish and Marine Sciences, Vol.2, N°4, pp. 317-321.

Nwamo, R.D., Kenfack-Tsopgni, C., Ajonina, G., Tomedi-Eyango, M. et Dibong, S.D. (2014). Effets de la salinité et de la température sur le taux d'éclosion des œufs de *Penaeus kerathurus* (Kribi, Cameroun). Journal of Animal and Plant Sciences; 23(1): 3510-3520.

Omar, Y, 2015. Bioaccumulation de quelques métaux lourds (Pb, Zn et Cu) d'origine routière au moyen d'une mousse (*BrylumArgenteumHedw*) dans la ville de Tiaret (Algérie). Classes de pollution et cartographie, Thèse doctorat (sciences de l'environnement) Université DjillaliLiabes de Sidi Bel Abbes, Faculté des Sciences de la Nature de la Vie. 121p.

Pearson, R. G, 1963. Hard and Soft Acids and Bases. *Journal of the American Chemical Society*, 85(22), 3533–3539p.

Popescu, M., Blanchard, J., Carré, J, 1998. Analyse et traitement physicochimique des rejets atmosphériques industriels :(émissions, fumées, odeurs et poussières). Tec & doc. 854p.

Ramade R. 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions. ediscienceinternational. ParisFrance.58-365p.

Ramade, F, 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions.Les polluants de l'environnement à l'homme, Ediscience international, Paris, 50-186p.

Rao J.V., Kavitha P., Srikanth K., Usman P.K. & Rao T.G. (2007). Environmental contamination using accumulation of metals in marine sponges, *Sigma dociafibulata* inhabiting the coastal waters of Gulf of Mannar, India. *Toxicol. Environ. Chem.*89(3):487-498p.

REDDY M.S., MEHTA B., DAVE S., JOSHI M., KARTHIKEYAN L., SARMA V.K.S., BASHA S., RAMACHANDRAIAH G. et BHATT O. 2007. Bioaccumulation of heavy metals in some commercial fishes and crabs of the Gulf of Cambay, India. *Current Science*, Vol.92, pp.1489-1491.

RNO, 1995. Surveillance du milieu marin. Travaux du Réseau National d'Observation. Edition 1995. Ifremer et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement., IFREMER (France).

Robertson N. L, Bray W, Leung-Trujillo J. & Lawrence A., 1987. Practica molt staging of *Penaeus setiferus* and *Penaeus stylirostris*. L. *Worldlit. Aquac. Soc.* 18 (3): 180-185.

SAID M.I.M., SABRI S., AZMAN S. et MUDA K. (2013). Arsenic, Cadmium and Copper in Gastropod *Strombus canarium* in Western Part of Johor Straits. *World Applied Sciences Journal*, Vol.23, N°6, pp. 734-739.

Savary, P, 2003. Guide des analyses de la qualité de l'eau. Dossier d'expert, Editions Techni. Cités, 87-194p

Thomassin, J.F., Touzé, S. et Baranger, Ph. (2003). Le mercure et ses composés. Comportement dans les sols, les eaux et les boues de sédiments. BRGM/RP51890-FR, 119 p.

U.N.E.P. 1999. The potential effects on human health and the environment arising from possible use of depleted uranium during the 1999 Kosovo conflict. United Nations Environment Programme.Geneva.CH.

Van der Oost R., Beyer J & Vermeulen N.P.E., 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13 (2). P: 57-149.

Viala, A., Botta, A, 2005. Toxicologie, Paris : Éd. Tec & Doc Lavoisier ; Cachan : Éd. Médicales internationales.

Waalkes, M.P, 2000. Cadmium carcinogenesis in review. *J. Inorg. Biochem*, 79: 241-244.

Weber, W.J., Van Vliet, B.M, 1981. Synthetic adsorbents and activated carbons for water treatment: overview and experimental comparisons. *Journal-American Water Works Association*. vol. 73, no 8, p. 420-426.

Zaimeche S. 2015. Contribution à l'étude de l'action d'agents polluants sur des végétaux bioindicateurs . Thèse Doctorat.171p.

Résumé :

En raison de la forte demande sur le marché mondial des crustacés, la pêche de cette ressource ne cesse de se développer avec une production actuelle d'environ un million de tonnes par an. Les crevettes par leur abondance, ainsi que leur haute valeur nutritive et l'exceptionnelle qualité gastronomique de leur chair se trouvent très exploitées.

Mais cette espèce exposée à certains polluants qui contamine les eaux, plus précisément les métaux lourds qui ne sont pas biodégradable, d'origine naturelle ou anthropique surtout la baie de Sidi Salem du golf d'Annaba qui est un réceptacle de l'ensemble des rejets industriels, agricoles qu'Oued Seybouse charrie

L'étude menée espèces de crevettes (*Penaeus kerathurus*), pêchées au niveau de la baie de Sidi Salem, El Kala et Oued Zhour, a révélé un dimorphisme sexuel.

Le dosage des matrices chair, eau et sédiment par la spectrométrie d'absorption atomique indique la présence de taux important du Zinc, Plomb et Cadmium, dans les échantillons prélevés de trois régions.

L'analyse de la chair et dans l'eau de mer a prouvé d'une part une prédominance du Zinc par rapport au Plomb et Cadmium et d'autre part l'existence de fortes concentrations des deux premiers métaux à Sidi Salem.

La teneur de la plupart des métaux lourds (Zn, Pb et Cd) dans nos échantillons de la région de Sidi Salem et El Kala est très élevée. Elle est égale ou dépasse la norme fixée par l'AIEA les valeurs minimales sont observées à la région d'Oued Zhour. La présence des métaux lourds dans la différente matrice peut constituer une vraie menace pour la santé des consommateurs de crevette.

Mots clés : Crevettes, *Penaeus kerathurus*, Métaux lourds, Spectrométrie d'absorption atomique.

ABSTRACT

Due to the high demand in the world market for crustaceans, the fishing of this resource continues to develop with a current production of about one million tons per year. Shrimp by their abundance, as well as their high nutritional value and the exceptional gastronomic quality of their flesh are highly exploited.

But this species exposed to certain pollutants that contaminate the waters, more precisely the heavy metals that are not biodegradable, of natural or anthropogenic origin especially the bay of Sidi Salem of the Gulf of Annaba which is a receptacle of all industrial discharges, farmers that Oued Seybouse drives

The study conducted shrimp species (*Penaeus kerathurus*), fished at the bay of Sidi Salem, El Kala and Oued Zhour, revealed sexual dimorphism. The determination of the flesh, water and sediment matrices by atomic absorption spectrometry indicates the presence of significant levels of Zinc, Lead and Cadmium in the samples taken from three regions.

The analysis of the flesh and in the seawater proved on the one hand a predominance of Zinc compared to Lead and Cadmium and on the other hand the existence of high concentrations of the first two metals in Sidi Salem. The content of most heavy metals (Zn, Pb and Cd) in our samples from the Sidi Salem and El Kala region is very high. It is equal to or exceeds the standard set by the IAEA the minimum values are observed in the Oued Zhour region. The presence of heavy metals in the different matrix can pose a real threat to the health of shrimp consumers.

Keywords: Shrimp, *Penaeus kerathurus*, Heavy metals, Atomic absorption spectrometry.

المخلص

نظرا لارتفاع الطلب في السوق العالمية على القشريات، يستمر صيد هذا المورد في التطور بإنتاج حالي يبلغ نحو مليون طن سنويا. يتم استغلال الروبيان من خلال وفرته، بالإضافة إلى قيمته الغذائية العالية والجودة الاستثنائية لتذوق الطعام في لحمه.

لكن هذا النوع تعرض لبعض الملوثات التي تلوث المياه، وبشكل أكثر دقة المعادن الثقيلة غير القابلة للتحلل، ذات المنشأ الطبيعي أو البشري، وخاصة خليج سيدي سالم لجولف عنابة الذي يعد وعاء لجميع التصريفات الصناعية، المزارعون الذين يقودهم واد سييوس

كشفت الدراسة أن أنواع الروبيان (*Penaeus kerathurus*) ، التي يتم صيدها في خليج سيدي سالم والكالأة وعود زهور، كشفت عن ثنائية الشكل الجنسي.

ويشير تحديد مصفوفات اللحم والماء والرواسب بواسطة مطياف الامتصاص الذري إلى وجود مستويات كبيرة من الزنك والرصاص والكاديوم في العينات المأخوذة من ثلاث مناطق. وأثبت تحليل اللحم ومياه البحر من جهة أن الزنك هو الغالب مقارنة بالرصاص والكاديوم، ومن جهة أخرى، وجود تركيزات عالية من أول فلزين في سيدي سالم.

إن محتوى معظم المعادن الثقيلة Zn و Pb و Cd في عيناتنا من منطقة سيدي سالم والكالأة مرتفع للغاية. وهو يساوي أو يتجاوز المعيار الذي حددته الوكالة الدولية للطاقة الذرية، وتلاحظ القيم الدنيا في منطقة واد زهور. يمكن أن يشكل وجود المعادن الثقيلة في المصفوفة المختلفة تهديداً حقيقياً لصحة المستهلك الجمبري.

الكلمات المفتاح: الجمبري، *Peneus kerathurus*، المعادن الثقيلة، قياس طيف الامتصاص

الذري.