

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Seddik Ben Yahia –Jijel

جامعة محمد الصديق بن يحيى

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de l'Environnement
et des Sciences d'Agronomiques



كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم علوم المحيط والعلوم الفلاحية

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention de Master Académique en Science de la
Nature et de la Vie

Option : Ecologie Fondamentale et Appliquée

Evaluation du risque sanitaire du Pb et Cd suite à la consommation des oursins de mer (*Paracentrotus lividus*)

Membres de Jury :

- * Président(e) : M^{me}. BENTERROUCHE I
- * Examineur : M^r. KRIKA A
- * Encadreur : M^{me}. HABILA. S

Présenté par :

- * BENSID KHADIDJA
- * LOUNIS IBTISSAM

Année Universitaire 2021/2022

Numéro d'ordre : .../.....

Remerciement

Nous remercions Dieu le tout puissant, qui nous a donné durant toutes ces années, santé, courage et foi en nous même pour pouvoir avancer et mener nos études à leurs termes.

Tout d'abord, nous voulons remercier cordialement notre encadreur **MADAME HABILA SAFIA** pour avoir suivi notre travail avec une extrême attention, pour son orientation, ses corrections ainsi que pour ses encouragements. Ses nombreuses remarques, sa rigueur scientifique et son expérience ont amélioré notre travail et ont permis sa mise au point définitive.

Nos remerciements sont également adressés aux membres du jury : **MME BENTERROUCHE I** et **MR KRIKA A**, ayant accepté d'évaluer ce mémoire.

Nous aimerions également remercier tous nos enseignants au cours de notre cursus scolaire.

Enfin, nos remerciements vont à l'égard de toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Avec l'aide de Dieu le tout puissant, Qui m'a donné la volonté de poursuivre le long chemin de mes études.

J'ai pu réaliser Ce modeste mémoire que je dédie :
Aux deux personnes les plus chères à mon Cœur mes parents
Je ne saurais jamais vous exprimer ma profonde gratitude

A mon frère Housseem

A mes Très chères sœurs Maha et Fairouz

A ma partenaire de thèse Ibtissam

A notre encadreur madame Habila

A tous mes amis surtout Amel Nawal Widad Assma Sara et Samira.

Khadidja

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à mes très chers parents, qui m'ont soutenue, dans les hauts et les bas, je les remercie pour avoir toujours été là pour moi

Je dédie ce travail également

A mes sœurs Naima et Rima

A ma cousine Dina

A mes frères Younes Farés, Adèle et Oussama

A mon binôme Khadidja

A notre encadreur madame Habila

A mes proches, collègues et amies, à tous ceux que j'aime et que je respecte.

Merci d'être toujours là pour moi.

Ibtissam

Sommaire

Liste des Abréviations	III
Liste des Tableaux	IV
Liste des Figures	VI
Liste des Photos	V
Introduction	1
Partie 1 : Synthèse bibliographique	
Chapitre I : Les métaux lourds	
I. La pollution de l'écosystème marin	3
I. 1. Le cycle biogéochimique des métaux lourds	4
I. 2. Bioaccumulation des métaux lourds chez les organismes vivants	6
I. 3. Impacte des ETM sur la santé	6
I. 4. Le cadmium (Cd)	8
I. 4.1. Toxicité du cadmium	8
I. 5. Le plomb (Pb)	9
I.5.1. Toxicité du plomb	9
Chapitre II : Oursin (<i>Paracentrotus lividus</i>)	
II.6. Identité de l'oursin (<i>P. lividus</i>)	11
II.7. Morphologie externe de l'oursin (<i>P. lividus</i>)	11
II.8. Anatomie interne de l'oursin (<i>P. lividus</i>)	13
II.9. Physiologie de l'oursin (<i>P. lividus</i>)	14
II.9.1. Reproduction et Alimentation	14
II.9.2. Ponte, développement larvaire	15
II.10. Ecologie de l'oursin (<i>P. lividus</i>)	16
II.10. 1. Habitat	16
II.10. 2. Comportement vis-à-vis de la Température et la salinité	17
II.10. 3. Croissance et Prédation	17
II.10. 4. Déplacement et migrations	17
II.10. 5. Distribution géographique de l'oursin (<i>P. lividus</i>)	18
II.10. 6. Pêche et consommation de l'oursin (<i>P. lividus</i>)	18
II.11. L'oursin <i>P. lividus</i> bioindicatrice de la contamination métallique	19
Partie 2 : Partie pratique	
Chapitre III : Matériel et méthodes	
III.1. Présentation de la zone d'étude	20

III.1.1. Situation géographique de la région de Jijel	20
III.1.2. Stations de prélèvement et sources de pollution	20
III.1.2.1. Akalal	21
III.1.2.2. Bousaadoune	21
III.1.2.3. Grand phare	21
III.1.3. Prélèvements des oursins (<i>P. lividus</i>)	23
III.1.4. Préparation des échantillons moyens et mesures des paramètres biométriques	23
III.1.5. Dissection et minéralisation	23
III.1.6. Dosage des métaux lourds par la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)	24
III.2. Evaluation du risque sur la santé humaine	25
III.2.1 La dose d'exposition journalière estimée (The estimated daily intake EDI)	25
III.2.2 Le quotient cible de risque (Target hazard quotient THQ)	25
III.2.3. Le risque du cancer (CR)	25
III.3. Analyse statistique	26
Chapitre IV : Résultats et discussions	
IV. Résultats et discussions	27
IV.1. Les concentrations du cadmium et du plomb dans l'espèce <i>Paracentrotus lividus</i>	27
IV.1.1. Les concentrations du cadmium dans l'espèce <i>Paracentrotus lividus</i>	27
IV.1.2. Les concentrations du plomb dans l'espèce <i>Paracentrotus lividus</i>	28
IV.2. La dose d'exposition journalière estimée (EDI) de cadmium et de plombe	31
IV.3. Le quotient cible de risque (THQ)	33
IV.4. Le risque cancérigène du cadmium et plomb suite à la consommation des oursins de l'espèce <i>Paracentrotus lividus</i>	35
Conclusion	37
Annexe	48
Résumé	49

Liste des Abréviations

AKL : Akalal
BOUS : Bousaadoune
Cd : Le cadmium
CR : Le risque de cancer
CIRC : Centre international de recherche sur le cancer
EDI : La dose d'exposition journalière estimée
GPH : Grand phare
OMS : L'Organisation Mondiale de la Santé
Pb : Le plomb
<i>P. lividus</i> : <i>Paracentrotus lividus</i>
THQ : Le quotient cible de risque
UNCLOS : La convention des Nations Unies sur le droit de la mer
USEPA : United States Environmental Protection Agency

Liste des Tableaux

Tableau 1: Principaux effets dus à l'intoxication aigue par le plomb	9
Tableau 2 : Période et nombre de pontes par an de (<i>P. lividus</i>) dans les côtes algériennes	15
Tableau 3 : Comparaison des concentrations des métaux lourds en µg/g poids frais dans les oursins, obtenues en comparaison avec d'autres études et avec les valeurs limites internationales.	29
Tableau 4 : Comparaison des doses d'exposition journalière estimées avec les travaux effectués sur les fruits de mer (les oursins et les moules) capturées dans les écosystèmes aquatiques du Monde	32
Tableau 5 : Comparaison du Quotient cible de risque (THQ) avec les travaux effectués sur les oursins et les moules capturées dans les écosystèmes aquatiques du Monde	34
Tableau 6 : Comparaison du risque cancérigène (CR) avec des travaux effectués sur les fruits de mer (les oursins et les moules) capturées dans les écosystèmes aquatiques du Monde	36

Liste des Figures

Figure 1 : Processus physico-chimiques et biochimiques affectant le comportement et la distribution dissous /particulaires des éléments métalliques et des radionucléides à l'interface continent/océan	5
Figure 2 : Organisation générale du test d'un oursin régulier	12
Figure 3 : Anatomie externe de l'oursin régulier (<i>P. lividus</i>)	12
Figure 4 : Les appendices de l'oursin (<i>P. lividus</i>)	13
Figure 5 : Anatomie interne de l'oursin régulier (<i>P. lividus</i>)	14
Figure 6 : Disposition pentaradiaire des gonades femelles (A) et des gonades males (B) chez les oursins comestible	16
Figure7 : Carte de répartition géographique de (<i>P.lividus</i>)	18
Figure 8 : La production mondiale de (<i>P. lividus</i>)	19
Figure 9 : La situation géographique de la wilaya de Jijel	20
Figure 10 : Situation géographique de la zone d'étude	22
Figure 11 : Variation spatiale des concentrations du cadmium dans l'espèce (<i>P. lividus</i>) capturé dans la cote Jijelienne	27
Figure 12 : Variation spatiale des concentrations du plomb dans l'espèce (<i>P. lividus</i>) capturé dans la cote Jijelienne	28
Figure 13 : Variation spatiale des valeurs des doses journalières estimées (EDI) du Plomb et du cadmium suite à la consommation de l'espèce (<i>P. lividus</i>) capturé dans la cote Jijelienne,	31
Figure 14 : Les variations des THQ du Plomb et du cadmium suite à la consommation de l'espèce (<i>P. lividus</i>) capturé dans la cote Jijelienne.	33
Figure 15 : Les variations des CR du Plomb et du cadmium suite à la consommation de l'espèce (<i>P. lividus</i>) capturé dans la cote Jijelienne,	35

Liste des Photos

Photo1 : Une dizaine d'oursin	23
Photo 2 : Mesure du poids de l'oursin	23
Photo 3 : Mesure de la longueur de l'oursin	23
Photo 4 : Pesé de l'échantillon	23
Photo 5 : Bain de sable	23
Photo 6 : Echantillon apprêt ébullition	24
Photo 7 : Filtration de l'échantillon	24
Photo 8 : Appareil de SAA	24

Introduction générale

Les écosystèmes marins ont connu un grand déclin ces dernières années à cause des différentes activités anthropiques : le transport maritime, la pêche intensive, les marées noires, les déchets industriels et ménagers rejetés dans la mer...etc. Par conséquent la faune et la flore marine sont contaminées par différents polluants dont les plus importants sont les métaux lourds aussi appelés ETM (élément trace métallique), ils ont aussi un impact sur la santé de la population humaine qui consomme les produits d'origine marine.

La contamination liée aux métaux lourds des écosystèmes aquatiques a attiré l'attention des chercheurs d'horizons très différents (**Guendouzi., 2019**). Elle constitue, en effet, l'un des aspects de la pollution le plus menaçant pour ces milieux. Par ses effets toxiques, elle est capable d'engendrer des situations critiques voire dangereuses (**Guendouzi., 2019**).

Les métaux lourds peuvent, en effet, être à l'origine de plusieurs maladies tels que les troubles hépatiques et rénaux, les troubles du système nerveux, les maladies cardiovasculaires, les effets hématologiques, les anomalies du développement, les effets sur la reproduction mais aussi les effets cancérogènes (**Varol et al., 2017**).

Les métaux traces sont présents dans tous les compartiments de l'environnement des écosystèmes marins, à la fois parce qu'ils sont naturellement présents et parce que les activités anthropogéniques favorisent leur mobilité et leur dispersion dans la nature.

Ces métaux traces présentent un danger potentiel pour les consommateurs des produits marins, du fait de son comportement de bioaccumulation dans les espèces marines, la difficulté de leur élimination et de leur large répartition dans les milieux aquatiques, et par conséquent sont sujets à un effet cumulatif dans les divers compartiments de l'écosystème marin (eau, sédiment, faune et flore) (**Guendouzi., 2019**).

Plusieurs espèces bio-indicatrice sont utilisées pour évaluer et surveiller la qualité du milieu marin. Parmi ces espèces on trouve l'oursin, plus précisément dans notre étude on va prendre l'espèce *Paracentrotus lividus*, qui se trouve principalement dans la mer méditerranéenne.

Donc, l'objectif de cette étude est de connaître le taux d'accumulation du plomb et le cadmium dans les gonades des oursins, et déterminer le risque sanitaire qu'elle porte sur ce qui la consomme.

Pour évaluer le risque des métaux sur la santé humaine nous avons calculé les paramètres suivants. La dose d'exposition journalière estimée (EDI), le quotient de risque cible (THQ) et le risque cancérogène (CR).

Pour aboutir à notre objectif, nous allons présenter ce travail en deux parties :

La première partie se compose de deux chapitres :

- Chapitre 1 : porte essentiellement sur les métaux lourds.
- Chapitre 2 : contient des généralités sur l'espèce étudiée *Paracentrotus lividus*.

La deuxième partie se compose de deux chapitres également :

- Chapitre 3 : montre les méthodes et le matériel utilisé pour réaliser cette étude.
- chapitre 4 : concerne l'interprétation et la discussion des résultats.

Et se termine avec une conclusion et des perspectives.

Partie 1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Les métaux lourds

I. la pollution de l'écosystème marin

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique elle peut concerner les eaux superficielles et / ou les eaux souterraines (rivières, plans d'eau) (Coulet., 2005).

La pollution marine a été définie par (la convention des Nations Unies sur le droit de la mer) comme étant : « L'introduction par l'homme dans le milieu marin (y compris les estuaires), directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans l'environnement marin pouvant entraîner des effets délétères, tels que dommages aux ressources biologiques, et des dangers pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes y compris les pêcheries, détérioration des qualités de l'eau de mer pour son utilisation et réduction des possibilités dans le domaine des loisirs » (P UNCLOS., 1994).

L'OMS (L'Organisation Mondiale de la Santé) donne à la totalité des métaux présentant un caractère toxique pour la santé et l'environnement, le nom de métaux lourds (OMS., 1997).

Le mot métaux lourds est attribuée aux éléments métalliques avec une densité supérieure à 5 g/ cm³, qui présentent un caractère toxique a des concentrations faibles (Adriano., 2001 ; Cossio et al., 2002 ; Bánfalvi., 2011).

Parmi les principales, point communes entre tous les métaux lourds est leur bioaccumulation, et leur non biodégradabilité dans l'environnement (Zhuang et al., 2016 ; Xu et al., 2017).

Certains métaux, les oligoéléments essentiels, comme le cuivre (Cu), le zinc (Zn), le chrome (Cr), le molybdène (Mo), le fer (Fe), nickel (Ni) et le cobalt (Co), peuvent être toxiques à des très faibles ou des très fortes concentrations, mais ils sont indispensables à la vie. D'autres comme l'aluminium (Al), l'Arsenic (As), le cadmium (Cd), le mercure (Hg), l'étain (Sn) et le plomb (Pb) (aussi appelés xénobiotiques) sont considérés comme néfastes et peuvent entraîner des effets toxiques à des très faibles concentrations car ils n'ont aucun rôle biologique (Habiba., 2017)

I. 1.Le cycle biogéochimique des métaux lourd dans la mer

Une grande partie des métaux initialement dissous dans une phase aqueuse peut se fixer sur une phase solide (colloïdes ou sédiments) selon cinq mécanismes principaux : absorption, échange d'ions, précipitation ou co-précipitation à la surface du solide, adsorption et complexation (Flores-Rodriguez., 1992).

En générale le cycle biogéochimique des métaux lourds, semble se dérouler selon deux grandes étapes (**Figure 1**)

Étape une : comporte le piégeage des polluants métalliques par, des conditions physico-chimiques du milieu marin et cela par :

1. Adsorption

Se passe à la surface des composantes marines (particules, organismes marins) quand les molécules ou les ions métalliques se fixent sur leur surface (**Boukhelf., 2012**).

2. Précipitation

C'est la descente par gravité des polluants métalliques en solution, en direction du fond marin. D'autre part quelques métaux pourraient retourner en solution, bien avant d'arriver au fond (**Boukhelf, 2012**).

3. Absorption

C'est l'entrée du polluant métallique, dans un organisme marin (**Boukhelf., 2012**).

4. Sédimentation

Elle se passe, lorsque les ions métalliques forment des couches sédimentées (elle se superpose). Les animaux benthiques consolident dans des matières fécales, des particules et leurs métaux associés et participent à l'accélération du dépôt de ces derniers (**Aouameur., 1990**)

Étape deux : L'étape deux contrairement à l'étape une, constituerait au relargage de ces polluants par désorption, qui est le phénomène inverse de l'absorption par diffusion ou par propagation dans l'écosystème marin, par remises-en solution ou redissolution des produits précipités par déminéralisation ou décomposition des matières organiques, qui par le biais des organismes marins peut être redistribué parfois (**Gilbin., 2002**). Les métaux lourds fixés par les sédiments peuvent être remobilisés et leur concentration peut augmenter dans l'eau, sous l'influence des paramètres du milieu (pH, potentiel d'oxydoréduction, concentration en oxygène dissous, capacité d'échange cationique, activité biologique) (**Davutluoglu et al., 2010**)

Les propriétés chimiques intrinsèques de chaque métal, joue un rôle dans le transfert et la mobilité de ces élément dans les différents compartiments de l'environnement.

En particulier il est, primordial de considérer leur solubilité dans l'eau (elle diffère d'un métal à l'autre, et selon les formes différentes d'un métal donné) leur volatilité (ex : mercure en formes organiques), et surtout le coefficient de partage du métal entre l'eau et les particules, ce qui est important pour connaître le devenir, les interactions et le transport dans les différents compartiments des écosystèmes (Gilbin., 2002).

La liaison des ligands organiques avec les métaux, et aussi un paramètre important à considérer, notamment avec la matière organique naturelle dissoute (colloïdale et particulaire).

C'est en fonction de la chimie de coordination du métal considéré, que l'affinité d'un métal pour un ligand et les échanges avec d'autres métaux sur ce ligand est connue (Stumm et Morgan., 1996).

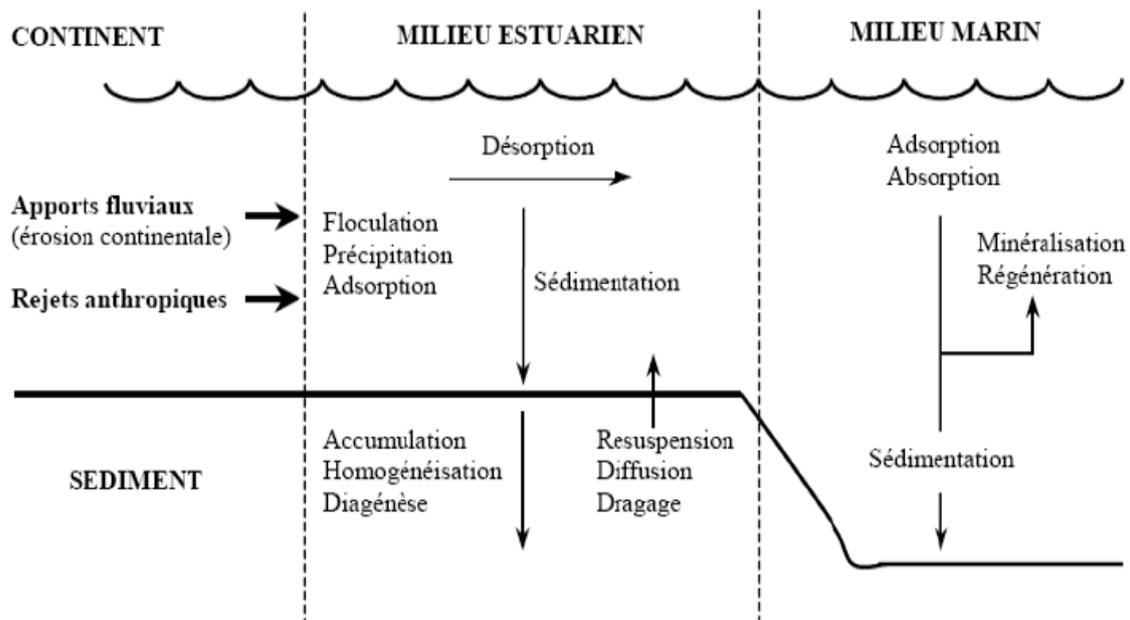


Figure 1 : processus physico-chimiques et biochimiques affectant le comportement et la distribution dissous /particulaires des éléments métalliques et des radionucléides à l'interface continent/océan (Olsen *et al.*, 1982)

I.2. Bioaccumulation des métaux lourds chez les organismes vivants

Parmi les polluants rejetés dans le milieu marin et représentant une menace sérieuse pour les organismes vivants, on trouve les métaux traces et leurs dérivés. Ainsi dans la colonne d'eau ces métaux sont souvent solubles ou liés aux particules du sédiment et peuvent s'accumuler dans les organismes vivants à des concentrations supérieures à celles présentes dans l'eau (Jebali *et al.*,

2009). Par exemple les concentrations en plomb, sont en général mille à cent mille fois plus importantes dans les organismes marins que dans leurs milieux (Michel, 1996).

L'absorption des polluants par les organismes marins est réalisée, à travers l'eau et la nourriture. Il y'a deux voies de pénétration, soit dans l'eau par transport tégumentaire externe, le plus souvent branchial, soit dans la nourriture par absorption le long du tractus digestif (Boukhelf, 2012). Les sédiments (Qui se trouve dans en zone littorale ou à proximité des zone urbaines et industrielles, représente la source de contaminants hydrophiles, qui vont être bio accumuler par les organismes benthiques. Ces derniers sont susceptibles d'être des contaminent pour les organismes supérieurs qui s'en nourrissent) (Fowler., 1982).

Les organismes marins assimilent les métaux lourds de l'environnement environnant d'après une variété des facteurs tels que la physiologie de l'espèce, le caractère spécifique du métal, le niveau trophique (Metongo., 1991), la concentration de l'élément, la période d'exposition, aussi bien que des facteurs abiotiques tels que la salinité, la température, pH et les changements saisonniers. Les substances nocives libérées par les activités anthropiques comme les métaux lourds, seront accumulées dans les organismes marins à travers la chaine alimentaire, en conséquence, la santé humaine peut être menacée en raison de la consommation des organismes marins souillés par les produits chimiques toxiques. (Chiara *et al.*, 2011)

I. 3. Impacte des ETM sur la santé

Depuis longtemps les ETM, sont connus pour leurs risques potentiels sur la santé des sujets exposés. De plus, Plusieurs études ont montré que l'accumulation des métaux lourds dans l'environnement a pour conséquences des effets préoccupants sur l'équilibre des populations et sur leurs environnements (Salamon *et al.*, 1995 ; Castro-González et Méndez-Armenta., 2008 ; Kelishadi *et al.*, 2013 ; Diop *et al.*, 2017).

Ici nous reprenons les notions qui s'appliquent à la toxicité des métaux lourds :

- Irritantes : si, n'étant pas corrosives, par contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau ou les muqueuses, elles peuvent provoquer une réaction inflammatoire.
- Nocives : elles peuvent entraîner la mort ou nuire à la santé (de manière aiguë ou chronique), si par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée.
- Cancérogènes : elles peuvent induire le cancer ou en augmenter la fréquence, si, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée.

- Mutagènes : elles peuvent entraîner des défauts génétiques héréditaires ou augmente leur fréquences, si, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée.
- Toxiques pour la reproduction : si, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, elles peuvent produire ou augmenter la fréquence d'effets nocifs non héréditaires dans la progéniture (substances tératogènes) ou porter atteinte aux fonctions ou capacités reproductives (mâles ou femelles).
- Très toxiques : elles entraînent la mort ou nuisent à la santé de manière aiguë ou chronique, si, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée en très petites quantités. **(Sirven., 2006).**

L'accumulation et la persistance de métaux lourds dans l'environnement sont à l'origine de leurs effets toxiques préoccupants sur les écosystèmes et leurs populations (exemple l'homme). Les métaux lourds et les autres xénobiotiques différent dans leur mécanisme de toxicité. En effet, les métaux lourds peuvent causer des dégâts considérables aux organismes en interagissant avec des sites importants dans les systèmes protéiques et enzymatiques (tels que les groupes SH). Ils peuvent également entrer en compétition avec d'autres métaux essentiels et agir comme cofacteurs pour réguler les enzymes dans de nombreuses réactions chimiques, de façon qu'ils peuvent les empêcher de remplir leurs fonctions métaboliques et de fonctionne normalement **(Abouhend et El-moselhy., 2015, Sharaf et Shehata., 2015).**

Pour la plupart des métaux lourds (en particulier Cu, Cd, Fe et Zn) c'est la forme ionique hydratée qui semble la plus nocif pour les êtres vivants même si le zinc et le cadmium sont susceptible de former des complexes lipophiles **(Phinney et Bruland., 1994, 1997).**

I. 4.Le cadmium (Cd)

Le cadmium fait partie des métaux traces non essentiels **(Chiffolleau *et al.*, 2001; Miquel, 2001).** Il n'a pas de rôle métabolique connu **(Lane et Morel., 2000).** Le minéral de cadmium pur n'existe pas à l'état naturel, on le trouve toujours associé aux minerais de zinc et de plomb **(Dange., 2002).**

La concentration moyenne de cadmium dans l'environnement estimé entre 0,1 et 0,5 ppm, les phosphates marins et les phosphorites sont des roches qui peuvent accumuler des concentrations très importantes de cadmium pouvant aller jusqu'à 500 ppm **(ICAW., 2009).**

Les sources naturelles sont par l'érosion terrestre et aussi les agents atmosphériques qui libèrent et transportent le cadmium, et d'autres oligo-éléments dans le milieu marin **(Casas., 2005).**

Les sources anthropiques de Cd résultent de trois groupes d'activités important :

- Les épandages agricoles : le cadmium peut être assez abondant dans certains engrais phosphatés ou verser lors du chaulage ou lors de l'épandage de déchets d'élevage.
- Les sources industrielles où l'on retrouve aussi le cadmium en tant que sous-produit du raffinage du zinc.
- L'urbanisation et le trafic routier : piles électriques, incinération de déchets domestiques, usure des pneus de véhicules motorisés (**Loganathan et al., 2008**)

I. 4.1. Toxicité du cadmium

Le cadmium s'accumule dans des organes tels que le cerveau, la rate, le muscle, les poumons, le sang (**Boumelta et al., 2021**) sa toxicité est connue depuis 1950 sa toxicité est connue avec la maladie d'Itai-Itai qui est apparue au Japon, chez des personnes ayant consommé des aliments sur un sol apparemment fortement contaminé en cadmium par une mine d'extraction de zinc et de plomb (**Wang et al., 2006**). Les effets toxiques sur l'organisme n'apparaissent que lorsque l'accumulation dans les tissus atteint un seuil, c'est-à-dire que Le cadmium est un toxique cumulatif (**Omar., 2015**).

Dans l'eau de mer, le cadmium peut exister sous diverses formes (minérale ou organique dissoute, particulaire, colloïdale,) (**Chiffolleau et al., 2001a**).

A des concentrations susceptibles d'être rencontrées dans le milieu, Le cadmium ne présente pas de toxicité aiguë pour les organismes marins (**Alzieu., 1999**). Au niveau subléta, des concentrations de 0,05 à 1,2 µg/l, peuvent provoquer des inhibitions de croissance, des effets physiologiques (anomalies dans le développement larvaire et embryonnaire chez les mollusques bivalves) (**Chiffolleau et al., 2001**).

La toxicité du cadmium est liée au trouble du métabolisme du zinc et secondairement d'autres éléments essentiels tels que le calcium, le cuivre et le fer (**Waalkes., 2000**). Les formes particulières du cadmium sont classées comme cancérogènes de groupe 1 par le CIRC, il est néphrotique (**Omar., 2015 ; Picot., 2003**).

I. 5. Le plomb (Pb)

Le plomb est classé avec les métaux trace non-essentiels (**Miquel., 2001**) les plus largement répandus et les plus abondants (**Mishra et al., 2006**). Il est présent en petites quantités dans la croûte terrestre avec une concentration moyenne d'environ 13mg/kg (**Habila., 2017**). Il peut être

bioamplifié dans les systèmes biologiques et devenant un potentiel contaminant pour les différents maillons trophiques (Jurado *et al.*, 2007).

L'industrie métallurgique représente une source principale du plomb (Stouthart *et al.*, 1994). Il provient également de la galvanoplastie, des industries des pigments et des colorants, de la fabrication des batteries, de l'utilisation des combustibles fossiles, et de l'emploi du plomb tétraméthyle dans les carburants (Subhashini *et al.*, 2013 ; Ravindra Kumar Gautam., 2014).

I.5.1.Toxicité du plomb

Le plomb s'accumule dans tout le corps jusqu'à une quantité où les symptômes apparaissent, donc le plomb est un toxique à effet cumulatif (Ahmed *et al.*, 2011) (Tableau 1). L'une des voies principales d'exposition au plomb est l'ingestion d'aliments. Il s'accumule dans les os et les tissus mous. Le groupe d'âge le plus sensible à ce métal sont les enfants, car une exposition de faible dose du plomb peut avoir des effets sur le développement intellectuel et le comportement des enfants. Pour la population en général, un taux élevé d'exposition au plomb peut causer des retards mentaux, des maladies neurodégénératives, des maladies rénales, des problèmes de reproduction, une mortalité chez les fœtus et de l'anémie. L'exposition chronique peut avoir des effets cardiovasculaires négatifs sur l'humain tels un infarctus du myocarde, un accident vasculaire cérébral, une cardiotoxicité et une artériopathie périphérique, il s'avère aussi mutagène et cancérigène (Kim., 2004 ; Ricardo., 2013 ; Habila., 2017)

Tableau 1 : Principaux effets dus à l'intoxication aiguë par le plomb (Ahmed *et al.*, 2011)

Concentration de plomb dans le sang	Effets et symptômes
-60 à 120µg Pb/100g de sang	*Fatigue *Irritabilité *Maux de tête *Pâleur
-Au-delà de 80µg Pb/100g de sang	*Apparition de constipation et de crampes abdominales
-Au-delà de 120µg Pb/100g de sang	*Possibilité de dommages cérébraux (convulsion, encéphalopathie, arrêt cardiaque et mort)

Chapitre II : Oursin (*Paracentrotus lividus*)

II.6. Identité de l'oursin (*P. lividus*)

L'oursin violet *Paracentrotus lividus* appartient au Phylum des Echinodermata. Il fait partie du sous-embranchement des Echinozoa composé d'organismes possédant une symétrie pentamère, un système ambulacraire et un système nerveux. L'anus, situé sur la face aborale, est opposé à la bouche (**Patrissi et al., 2014**).

Règne :	Animalia
Embranchement :	Echinodermata
Sous-embranchement :	Echinozoa
Classe :	Echinoida
Sous-classe :	Regularia
Ordre :	Diadematoidea
Sous-ordre :	Camarodonta
Famille :	Echinidae
Genre :	Paracentrotus
Espèce :	<i>Paracentrotus lividus</i>

II.7. Morphologie externe de l'oursin (*P. lividus*)

Les Echinides sont une des cinq classes du phylum des Echinodermes, (métazoaires coelomates), phylum d'invertébrés exclusivement marins, qui possède une symétrie pentamère, un corps à forme sphérique plus ou moins aplatie à ses deux pôles (**Fischer et al., 1987**). Chez l'oursin, le pôle supérieur (Aboral) comprend l'anus entouré d'une membrane, tandis que le pôle inférieur (Oral) dirigé vers le substrat comprend la bouche qui est entourée d'une membrane, le péristome. Le périprocte formé de 10 plaques intradermiques calcifiées étroitement juxtaposées (**Sellem., 1990**), cinq régions ambulacraires qui alternent avec cinq régions inter ambulacraires, chacune de ces régions est formée d'une double rangée squelettique (**Figure2**).

Une aire apicale centrale qui constitue la face dorsale comprend les plaques basales petite au nombre de cinq en position radiaire alterné avec les plaques génitales au nombre de cinq à la position inter radiaire, chacune d'elles est percée d'un pore pour évacuer les produits génitaux (**Tortonese et Vadon., 1987**), la couronne constituant la face orale est formée de dix doubles rangées de plaque s'étendant de l'aire apicale à l'ouverture du test dans la face inférieure (**Grasse., 1948**)

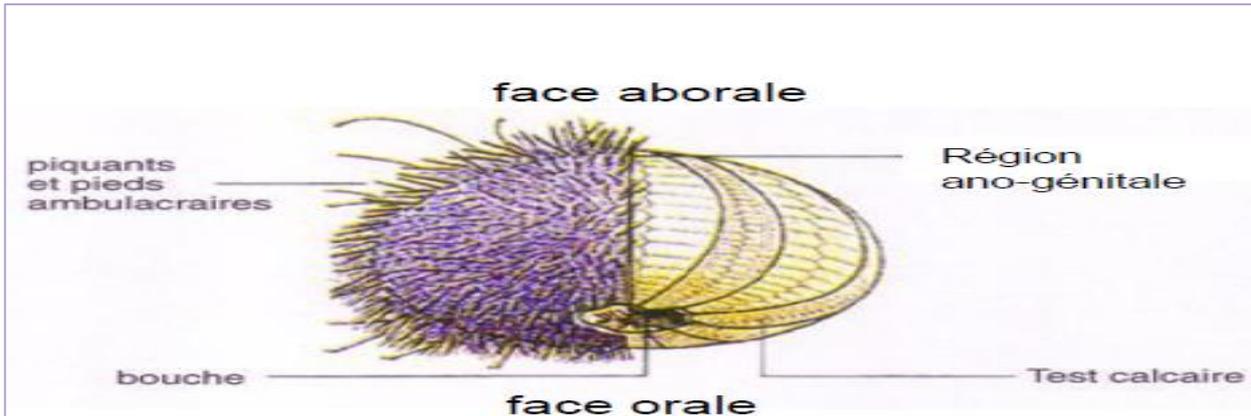


Figure 2 : Organisation générale du test d'un oursin régulier (Guille *et al.*, 1986)

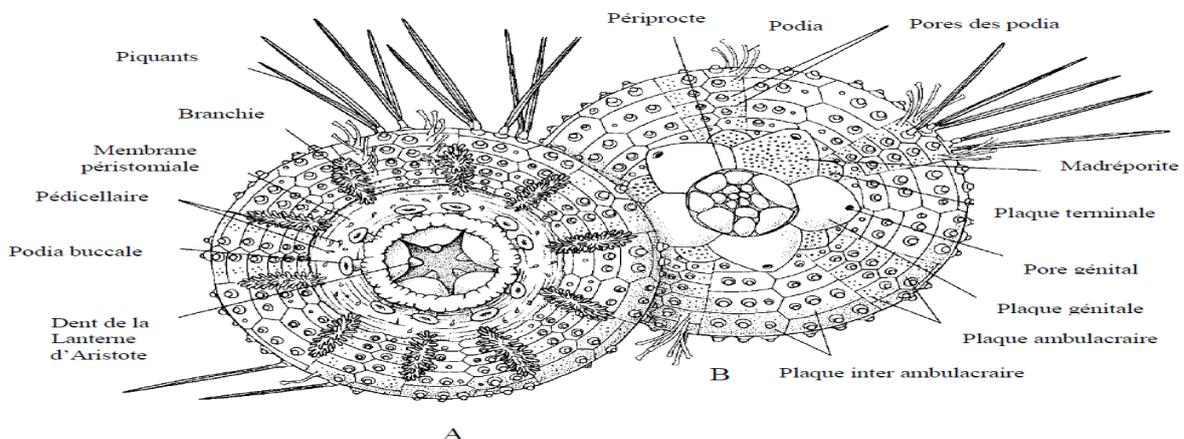


Figure 3 : Anatomie externe de l'oursin régulier (*P. lividus*) (Grosjean., 2001)

Le test hérissé est appelé généralement dermosquelette, et sa rigidité est due aux fibres collagéniques et/ou musculaires qui relient les plaques squelettiques entre elles (Guille *et al.*, 1986).

Le dermosquelette porte différents appendices (Figure 4)

- ❖ Les piquants sont des appendices calcifiés, robustes et pointus (Fischer *et al.*, 1987), ils jouent un rôle dans la protection, la défense et la locomotion, répartis sur toute la surface du test particulièrement dans les zones inter ambulacraires de la couronne. (Régis., 1978)
- ❖ Les podia ou les pieds ambulacraires qui peuvent s'allonger, et se terminent généralement par une ventouse. Leurs fonctions principales sont la locomotion, la fixation, la respiration, et retiennent la nourriture (Le Gall., 1989)
- ❖ Les pédicellaires (sont des petits organes calcifiés fixés sur le test entre les piquants) On distingue quatre types : Pédicellaire globifères, Pédicellaires ophiocéphales, Pédicellaire trifoliés et Pédicellaires tridentés, Ils ont des fonctions multiples : capture des proies, la défense et empêche les petits organismes de s'y fixer, le nettoyage du test (Ghyoot., 1991).

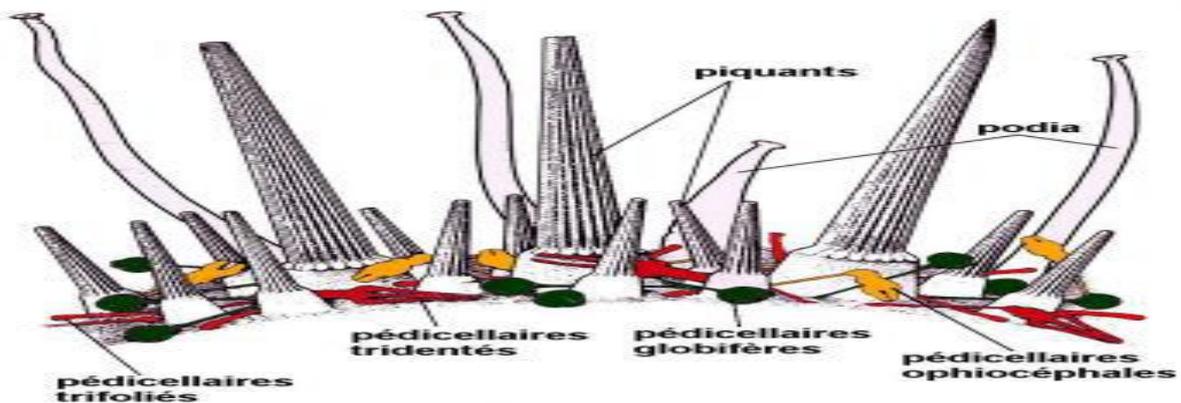


Figure 4 : Les appendices de l'oursin (*P. lividus*) (De Ridder., 1982, Modifié)

II.8. Anatomie interne de l'oursin (*P. lividus*)

À l'intérieur du corps le tube digestif comprend la bouche située au centre de la face inférieure du test, suivi de l'œsophage entouré d'un puissant appareil la lanterne d'Aristote formé de cinq ensembles complexes ou mâchoires (Figure 5). Chaque mâchoire comprend les dents, la rotule, le compas.

La lanterne d'Aristote est attachée au corps par des fibres conjonctives et des muscles sur les auricules (Le Gall et Bucaille., 1987).

L'estomac doublé d'un siphon intestinal où la digestion et l'absorption se font au niveau de l'intestin et se termine par un anus dorsal (Beaumont et Cassier., 1981).

L'organe reproducteur est constitué de cinq gonades situées au pôle apical sous l'inter radius, chacune reliée à l'extérieur par un conduit génital qui traverse le test au niveau des plaques génitales qui entourent l'anus (Grassé *et al.*, 1963).

Les glandes génitales mâles et femelles ont une même apparence (gonades allongées). La maturité, les gonades prennent une couleur orangée et rugueuse et émettent un liquide blanchâtre lorsqu'elles sont mûres pour les mâles, alors que les femelles sont d'un orange clair et émettent un liquide orangé (Grassé *et al.*, 1963).

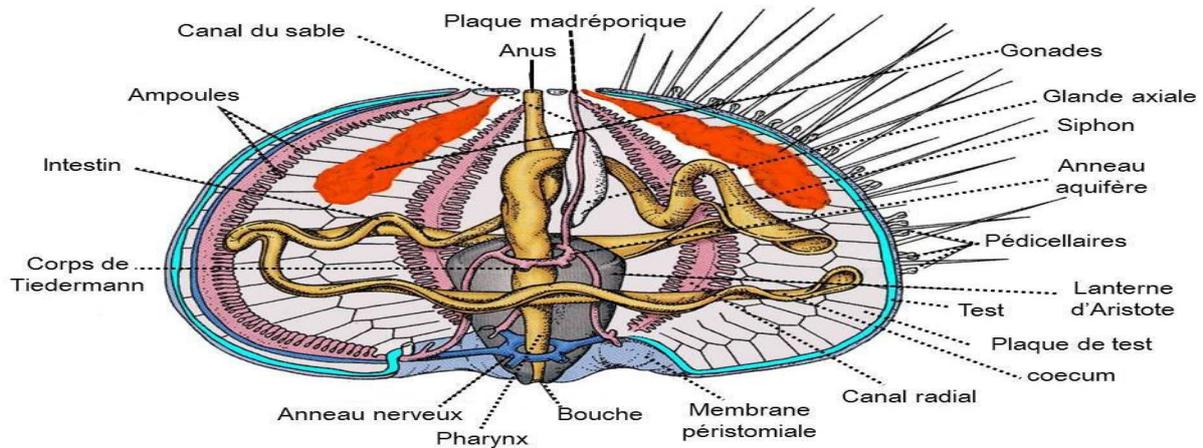


Figure 5 : Anatomie interne de l'oursin régulier (*P. lividus*) (Grosjean., 2001, Modifiée)

II.9. Physiologie de l'oursin (*P. lividus*)

II.9.1. Reproduction et Alimentation

Les sexes sont séparés, mais l'oursin ne présente pas de dimorphisme sexuel. La maturité est atteinte vers 3 ans, soit pour un diamètre moyen hors piquant de 3 cm (Muxika *et al.*, 2007 ; Grosjean., 2001).

Son cycle de reproduction est annuel, les gonades sont matures au printemps ; la gonade mâle est alors de couleur blanchâtre alors que celle de la femelle est de couleur orangé.

Les individus mâtures émettent simultanément leurs gamètes dans la colonne d'eau où se produit la fécondation. L'œuf se segmente pour produire une larve pélagique à symétrie bilatérale. Après différents stades successifs, elle rejoint le fond pour se métamorphoser en oursin (Lawrence., 1982; Grosjean., 2001).

Les substrats durs et non recouverts d'algues dressées sont les plus propices au recrutement (Gago *et al.*, 2001). Cependant, les algues et les herbiers constituent également un substrat propice au recrutement (Boudouresque et Verlaque., 2013).

Le comportement alimentaire de l'oursin commun est principalement herbivore et nocturne (Harmas *et al.*, 2018).

Il est qualifié de « brouteur » opportuniste et s'adapte aux disponibilités trophiques y compris, sur d'autres compartiments biologiques : matière organique, éponges... (Bald *et al.*, 2007 ; Grosjean., 2001). (*P. lividus*) consomme de nombreuses espèces d'algues y compris les algues calcaires de l'ordre des Corallinales.

II.9.2. Ponte, développement larvaire

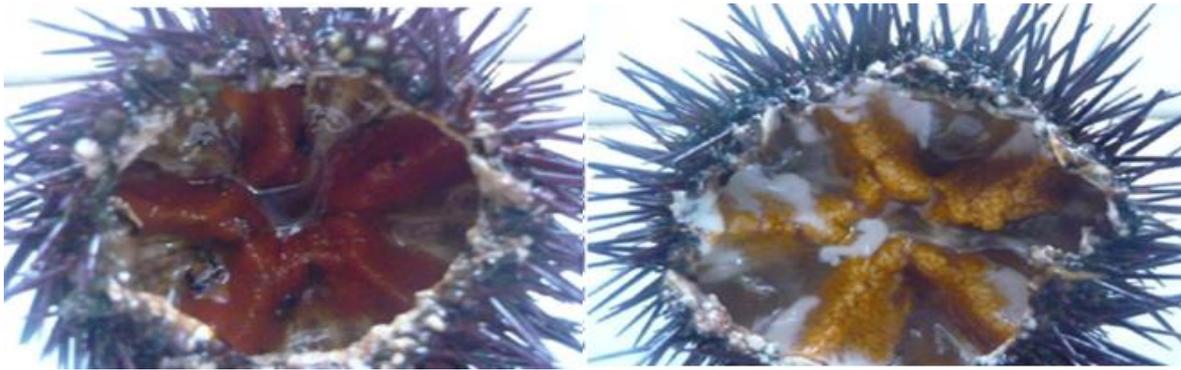
Les pontes chez (*P. lividus*) n'interviennent pas à la même période, ni d'une année à l'autre pour un même site, ou d'un site à l'autre (Byrne., 1990). La ponte a lieu d'une manière générale du printemps jusqu'à la fin de l'été. Dans le bassin algérien existe deux pontes (Tableau 2) la première en printemps (Mars à Juin), et la seconde à la fin de l'été et s'étend jusqu'en automne (Août à Octobre) (Fernandez., 1996 ; Guettaf., 1997 ; Soualili., 2008).

Tableau 2 : Période et nombre de pontes par an de (*P. lividus*) dans les côtes algériennes.

Référence	Région	Période de ponte	Type de substrat
Soualili (2008)	Alger plage Sidi Fredj Tamentfoust	Juin à septembre Juillet à décembre Avril à décembre	Roches avec macrophytes Herbier à <i>P. oceanica</i> Roches avec Macrophytes et <i>Posidonia oceanica</i>
Adda Neggaz (2008)	Mostaganem	Novembre et décembre Janvier à mai	Algues photophiles
Sahnoun (2009)	Mostaganem	Novembre à juin	Roches avec macrophytes
Boukhelf (2012)	Mostaganem	Mars à mai Août à novembre	Roches avec macrophytes Algues photophiles et posidonie

Les larves pluteus soumises à de courtes périodes de jeûne ne se développent pas du tout quand elles n'ont jamais été nourries avant. Par contre, lorsque les pluteus ont déjà été nourris, c'est la longueur des larves, ainsi que le diamètre des post-larves qui sont affectés par l'alimentation (Fenaux *et al.*, 1968).

La durée de la phase larvaire de (*P. lividus*) est variable et conditionnée par de nombreux facteurs comme la température et l'apport nutritif (Pavillon., 1977 ; Cellario et Fenaux *et al.*., 1987).



A

B

Figure 6 : Disposition pentaradiaire des gonades femelles (A) et des gonades males (B) chez les oursins comestible

II.10. Ecologie de l'oursin (*P. lividus*)

II.10.1. Habitat

(*P. lividus*) se rencontre dans l'étage infralittoral entre 0 et 30 m de profondeur, et sa répartition peut atteindre des profondeurs de 80 m (**Patrissi et al., 2014**).

En Méditerranée, les eaux profondes sont presque isothermes tout au long de l'année (12 à 14 °C), de ce fait la température n'est pas un facteur limitant. En conséquence, l'absence de (*P. lividus*) à des grandes profondeurs influencées par d'autres facteurs (**Young et al., 1997**), éventuellement les facteurs biotiques tels que la prédation (**Patrissi et al., 2014**).

Il se trouve surtout dans des habitats de substrat dur comme gravier recouvertes d'algues photophiles et dans l'herbier à *Posidonia oceanica* et *Zostera marina* (**Boudouresque et Verlaque., 2013**). Par ailleurs, l'oursin a été signalé aussi sur des substrats meubles tels que les fonds détritiques et le sable (**Fischer et al., 1987 ; Zavodnik., 1987**).

Il se trouve généralement en groupe, associé en Méditerranée à un autre échinoderme *Arbacia lixula* (**Fischer et al., 1987**).

Dans les zones intertidales, (*P. lividus*) vit souvent dans des cavités qu'il creuse lui-même dans les roches à l'aide de ses piquants et de ses dents (**Verlaque et Nedelec., 1983**). Il se tient généralement entre les rhizomes de l'herbier à *Posidonia oceanica* (**Kempf., 1962 ; Guettaf., 1997**) et monte sur les feuilles la nuit (**Kempf., 1962**) et parfois le jour (**Azzolina., 1988**).

Cependant, le maximum de densité de (*P. lividus*) se trouve dans les premiers mètres d'eau, du fait que l'intensité de l'hydrodynamisme et l'orientation des surfaces du substrat sont des facteurs qui conditionnent sa distribution (**Soualili., 2008**).

La densité moyenne des individus augmente au fur et à mesure que l'on se rapproche de la source de pollution domestique, avec une diminution de la taille des spécimens (Delmas et Regis., 1985 ; Bayed *et al.*, 2005).

II.10.2. Comportement vis-à-vis de la Température et la salinité

(*P.lividus*) est particulièrement fréquent dans les eaux méditerranéennes de températures hivernales comprise entre 10 à 15 °C et de températures estivales comprises entre 18 à 25 °C. Dans la Manche, les températures létales inférieures et supérieures sont de 4 °C et 29 °C respectivement (Tortonese., 1965 ; Allain., 1975 ; Le Gall *et al.*, 1990 ; Fernandez et Caltagirone., 1994 ; Fernandez., 1996). Cet oursin est sensible à des salinités élevées (≥ 39 à 40 psu) et faibles (≤ 15 à 20 psu) pour une exposition à long terme (Le Gall., 1989).

II.10.3. Croissance et Prédation

Pendant les 4 premières années de sa vie, l'oursin croît d'environ 1 cm de diamètre par an ensuite, sa croissance ralentie. Leur diamètre peut atteindre environ 8 cm (piquants exclus) pour une longévité qui peut dépasser les 10 ans (la longévité moyenne est de 9 ans). La taille maximale et la longévité sont cependant très variables suivant les secteurs, même très proches géographiquement mais soumis à des conditions environnementales différentes. Un effet «latitude» est également avancés, les individus seraient plus grands et vivraient plus longtemps en Atlantique qu'en Méditerranée (Marie *et al.*, 2014)

Ses prédateurs sont nombreux et variés. Les poissons possédant une mâchoire puissante comme les balistes ou certains sparidés sont capables de broyer le test. Les invertébrés comme des mollusques gastéropodes et céphalopodes, ou encore des échinodermes avec les étoiles de mer comptent parmi les principaux consommateurs d'oursins (Marie *et al.*, 2014)

II.10.4. Déplacement et migrations

(*P.lividus*) présente souvent des mouvements migratoires à l'échelle locale tous les jours (Barnes et Crook., 2001). Les populations méditerranéennes et atlantiques présentent généralement une activité nocturne (Hereu., 2005). Ils recherchent un habitat bien structuré où ils peuvent trouver à la fois un abri et la nourriture (Pinna *et al.*, 2012). Les individus dans les herbiers à (*P. oceanica*) migrent beaucoup moins que ceux sur les substrats rocheux (Boudouresque et Verlaque., 2013). De plus, les individus migrent de plus en plus des zones peu profondes vers des habitats profonds (Lecchini *et al.*, 2002).

Le mouvement de (*P. lividus*) peut être affecté par plusieurs facteurs abiotiques et biotiques comme : l'hydrodynamisme (**Boudouresque et Verlaque., 2013**) ; la nature de la nourriture disponible (**Rico., 1989**) et l'abondance de poissons prédateurs (**Hereu., 2005**).

La distance parcourue par un individu n'est pas influencée par la taille du corps, la profondeur ou de la saison (**Boudouresque et Verlaque., 2013**). Cette distance peut atteindre 40 cm/h (**Hereu., 2005**).

II.10.5. Distribution géographique de l'oursin (*P. lividus*)

L'oursin comestible (*P. lividus*) est distribué dans toute la Méditerranée et dans le Nord-Est de l'Atlantique, de l'Irlande et de l'Ecosse, le sud du Maroc et les îles Canaries, y compris les Açores (**Boudouresque et Verlaque., 2013**). En Méditerranée occidentale, cet oursin est très abondant, ainsi qu'en Mer adriatique (**Figure 7**).



Figure 7 : Carte de répartition géographique de (*P. lividus*) (**Boudouresque et Verlaque., 2013**)

II.10.6. Pêche et consommation de l'oursin (*P. lividus*)

L'oursin comestible (*P. lividus*) est l'oursin le plus important d'un point de vue commercial, car il est très apprécié (**Hermas et al., 2018**)

Toutefois, les gonades sont considérées comme des délicieux fruits de mer dans plusieurs pays européens (**Hermas et al., 2018**). Les gonades mâles sont moins recherchées que les gonades femelles (**Hermas et al., 2018**).

Dans les annuaires statistiques de la F.A.O (2017), la pêche de ces échinodermes se fait à des quantités trop faibles (**Figure 8**).

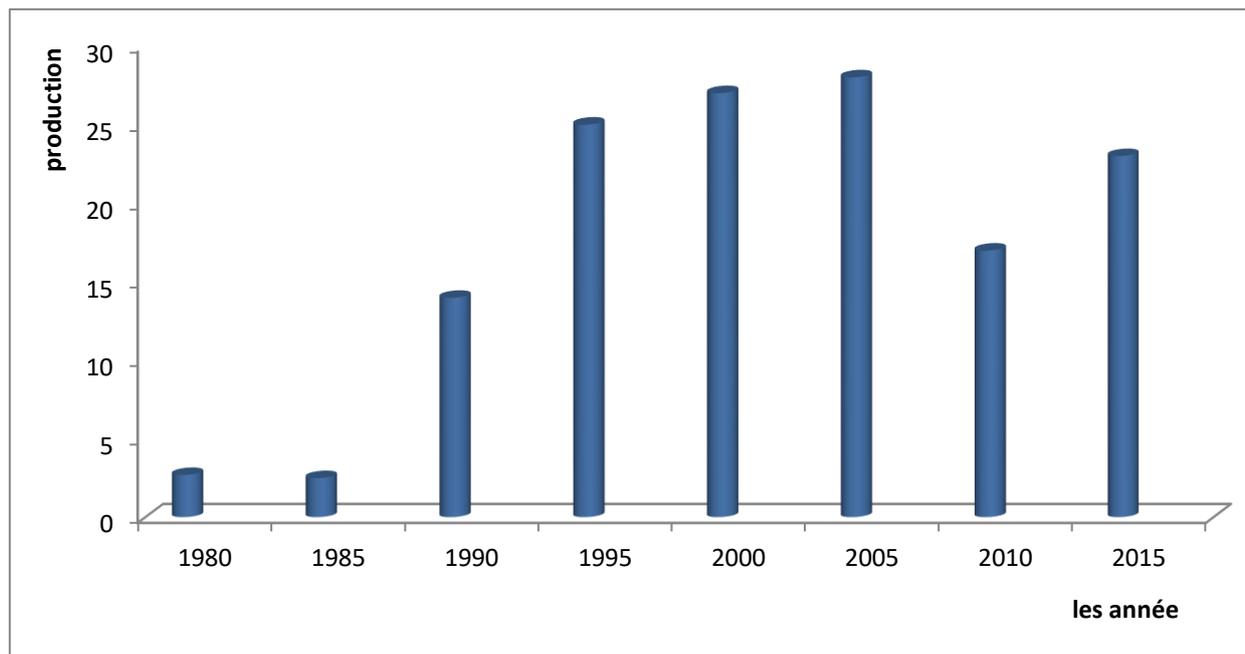


Figure 8 : La production mondiale de (*P. lividus*) (FAO., 2017modifie)

Vu que certains pays ne figurent pas dans ces annuaires et sachant, par ailleurs, que les oursins ont maintenant leur propre rubrique dans les statistiques des pêches maritimes.

II.11. L'oursin (*P. lividus*) bioindicatrice de la contamination métallique

Les oursins possèdent les caractéristiques recherchées chez un bioindicateur :

- Ils sont sessiles où ne se déplacent que sur de courtes distances.
- Sont faciles à capturer et à identifier.
- Comptent parmi les espèces prédominantes de la macrofaune benthique de nombreux écosystèmes marins (Warnau *et al.*, 1996b).
- Le régime alimentaire spécifique de ces organismes (brouleurs), peut fournir des renseignements précieux sur les transferts trophiques des différents polluants métalliques (Warnau *et al.*, 1996b ; Den Besten *et al.*, 2001).

Des travaux effectués sur l'espèce (*P. lividus*) ont révélé une grande capacité de concentration des métaux traces chez cette espèce, notamment pour le manganèse, le fer, le plomb et le zinc. La capacité à concentrer les métaux traces dans leurs tissus, gonades et fluides corporels (Daby., 2006) et la résistance à des niveaux élevés de ces métaux propose l'espèce (*P. lividus*) comme bioindicateur de ces contaminants dans le milieu marin (Augier *et al.*, 1989; Delmas., 1992; San Martin., 1995; Daby., 2006).

Partie 2 : Partie pratique

Chapitre III : Matériel et méthodes

III-1- Présentation de la zone d'étude

III-1-1- Situation géographique de la région de Jijel

Jijel fait partie du littoral de l'Algérie, elle est située au Nord-Est entre les latitudes 36° 10 et 36° 50 Nord et les longitudes 5° 25 et 6° 30 Est. Le territoire de la wilaya dont la superficie s'élève à 2396 km² est entouré :

- Au Nord par la méditerranée.
- Au Sud par la wilaya de Mila.
- Au Sud-Est par la wilaya de Constantine.
- Au Sud-Ouest par la wilaya de Sétif.

La wilaya de Skikda la délimite de l'Est, alors que celle de Bejaia borde la partie Ouest (**Figure 9**). Administrativement la wilaya compte 28 communes organisées en (11) onze Daïra (**Anonyme., 1997**).

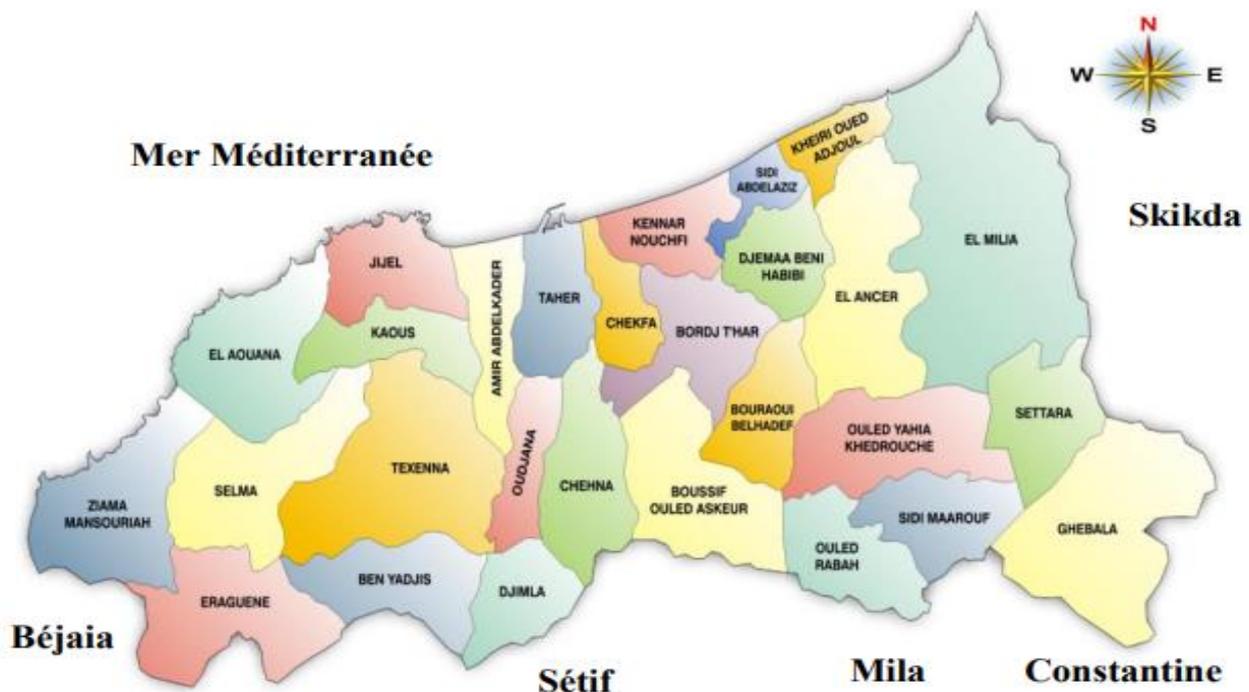


Figure 9 : La situation géographique de la wilaya de Jijel (DEP., 2017).

III-1-2- Stations de prélèvement

Pour réaliser cette étude, trois stations ont été choisies en fonction des sources de pollution possibles et de l'accessibilité (**Figure 10**)

III-1-2-1- Akalal : 36°49'22.1"N 5°43'18.9"E

Elle est située au nord-ouest de la daïra de Jijel, délimitée par la baie Rabta en Est et par la plage la Crique à l'Ouest. Les sources de pollution principales dans cette région sont liées aux activités touristiques, et aux déchets ménagers.

III-1-2-2- Bousaadoune : 36°49'31.9"N +5°44'14.5"E

Elle est délimitée par front de mer Beaumarché en Est et par la plage Ezzouway Rabta à l'Ouest. Cette station subit une pollution importante qui est due essentiellement à l'activité touristique surtout en été, elle reçoit également des eaux usées domestique de la région de Rabta

III-1-2-3- Grand phare : 36°49'04.8"N + 5°41'23.6"E

Elle est située sur la côte orientale du golfe de Bejaïa délimité par la plage Bousaadoune à l'Est. L'activité touristique intense notamment pendant l'été est responsable de là de pollution par les différents types de déchets (solides).la présence de déchets à l'entrée de cette plage, accompagnée de rejet d'eaux usées (domestiques),ainsi la pollution routière.



Figure 10 : Situation géographique de la zone d'étude (Google Earth., 2022)

III-1-3-Prélevement des oursins (*P. lividus*)

Quatre-vingt-dix spécimens d'oursins de longueur (de 4 cm jusqu'à 8 cm) et de poids (qui varie de 20 g jusqu'à 70 g) (voir annexe) ont été prélevés par les plongeurs, l'échantillonnage a eu lieu durant la saison de printemps au niveau de trois sites différents dans la cote Jijelienne (Akala, Bousaadoune, Grand phare). Ils ont été transportés au laboratoire dans une glacière et stockés au congélateur à -20°C.

III-1-4-Préparation des échantillons moyens et mesures des paramètres biométriques

Pour réaliser un échantillon moyen, les échantillons de chaque station sont répartis en 3 groupes à raison de 10 individus par groupe (**photo 1**).

Le poids et la longueur de chaque spécimen ont été mesurés (**photo 2 et photo 3**).

III-1-5-Dissection et minéralisation

Les oursins sont décongelés et disséqués, les gonades sont retirées mélangés selon la méthodologie décrite ci-dessus. Les échantillons sont déminéralisés selon la méthodologie décrite par (**Yap et al, 2016**). Ainsi 2g de chaque échantillon frais a été minéralisé en utilisant 3 volumes d'une mixture de $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ (3V/1V). Le mélange est mis dans le bain de sable jusqu'à l'ébullition, après refroidissement le contenu a été filtré par des papiers filtres, et dilué dans 20ml d'eau distillée. Puis conservé au réfrigérateur, jusqu'au dosage par SAA (**photo 8**). Tous les essais sont répétés trois fois.



Photo 1 : Une dizaine d'oursin



Photo 2 : Mesure du poids de l'oursin



Photo 3 : Mesure de la longueur de l'oursin

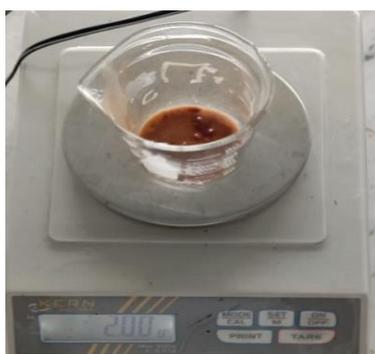


Photo 4 : Pesé de l'échantillon



Photo 5 : Bain de sable



Photo 6 : Echantillon prêt ébullition



Photo 7 : Filtration de l'échantillon

III.1.6. Dosage des métaux lourds par la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)

Le principe de la SAA est basé sur la propriété d'absorption d'un rayonnement lumineux par un élément en fonction de sa concentration dans la solution à analyser. Les atomes d'un élément donné sont capables d'absorber l'énergie apportée par des photons dont la fréquence est caractéristique de l'élément à doser. Ce dernier est préalablement dissocié de ses composés chimiques et porté à l'état non excité et non ionisé dit « état fondamental », cette dissociation thermique est obtenue par la combustion de l'échantillon dans une flamme ou dans un four en graphite. Une fois dissocié, l'élément est alors capable d'absorber des radiations de longueurs d'onde bien définies, qu'il est capable d'émettre (loi de Kirchoff). La SAA SHIMADZU A A6200 Atomic Absorption flamme Emission Spectrophotomètre, avec lequel nous avons effectué les dosages, comporte les dispositifs suivants : la source de radiation, le système d'atomisation, le dispositif de la flamme air acétylène, un monochromateur (filtre), un dispositif de réception photo électrique et de mesure, un détecteur (Audry., 2003).



Photo 8 : Appareil de SAA

III.2. Evaluation du risque sur la santé humaine

Le risque des métaux sur la santé humaine a été évalué en calculant les paramètres suivants : la dose journalière estimée (EDI), Le quotient cible de risque (THQ) et le risque cancérigène (CR).

III.2.1 La dose d'exposition journalière estimée (The estimated daily intake EDI)

La dose d'exposition journalière dépend de la concentration du métal et le taux de consommation journalière des fruits de mer (Yabanli et Alparslan., 2015)

EDI a été calculée en utilisant la formule suivante :

$$EDI = MC \times IRD / BW$$

MC : concentration du métal dans la partie gonadique des oursins (*P. lividus*).

IRD : le taux moyen d'ingestion quotidienne des produits de Mer estimé par 16g/jour pour les Algériens selon le ministre de la pêche.

BW : le poids moyen des Algériens estimé par 70 kg.

Le EDI est estimé par $\mu\text{g}/\text{kg}$ de poids corporel / jour.

III.2.2. Le quotient cible de risque (Target hazard quotient THQ)

Les risques non cancérigènes associés à la consommation des oursins par les métaux lourds ont été évalués en fonction du quotient cible de risque (THQ), qui est le rapport entre la dose estimée d'un contaminant et la dose de référence (RFD) (Walpole et al., 2012). La méthode d'estimation d'utilisation du THQ a été développée par l'USEPA (2011) en appliquant la formule suivante (Kljakovic-Gaspic et al., 2007 ; Diop et al., 2017).

$$THQ = [(EF \times ED \times ER \times MC) / (RFD \times BW \times AT)] \times 10^{-3}$$

THQ : le quotient cible de risque

EF : la fréquence d'exposition 365 jours /ans

ER : le taux d'ingestion des oursins 16 g/ jour

MC : la concentration du métal dans la partie gonadique des oursins

RFD : la dose de référence orale ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$)

BW : le poids corporel environ 70 kg

AT : la consommation annuelle 365×70 kg/ jour

III.2.3. Le risque du cancer (CR)

Le risque de cancer (CR) représente l'estimation de la probabilité qu'un individu développe un cancer au cours de sa vie suite à l'exposition spécifique à un composé cancérigène (USEPA United States Environmental Protection Agency., 2009, Storelli et al., 2020). Le CR a été calculé en utilisant l'équation suivante :

$$\text{CR} = \text{EDI} \times \text{CSF}$$

EDI : la dose journalière estimée

CSF : le risque cancérigène pour le métal en $\text{mg kg}^{-1}\text{jour}^{-1}$ (Pb=0.0085, Cd=15)

III.3. Analyse statistique

Les résultats sont présentés sous forme de Moyenne \pm SEM. Toutes les analyse statistique ont été effectuées à l'aide du logiciel Sigma Plot 12.5 (Systat software Inc. Chicago, IL, USA). La normalité des données a été vérifiée par le test de Kolmogorov-Smirnov Dans tous les cas, les données étaient normalement distribuées. Et par conséquent, elles ont été comparées en utilisant le test ANOVA un seul facteur, suivi par le test de comparaison multiple post hoc Tukey. Le niveau de signification a été fixé à $p < 0,05$.

Dans cette étude nous avons utilisé le logiciel Graph Pad Prisme 9 pour les graphs et pour les statistiques descriptives.

Chapitre IV

Résultats et Discussions

IV – Résultats et discussions

IV -1- Les concentrations du cadmium et du plomb dans l'espèce *Paracentrotus lividus*IV -1-1- Les concentrations du cadmium dans l'espèce *Paracentrotus Lividus*

Les résultats obtenus sont exprimés en moyennes et barres d'erreurs ($M \pm SEM$). Le nombre des oursins (*P. lividus*) pour chaque site de prélèvements=30. Les différences significatives entre les trois stations sont indiquées par des lettres minuscules BOUS =Bousaadoune, AKL= Akalal, GPH=Grand phare.

Les concentrations du Cd observées présentent un gradient **BOUS < AKL < GPH**. Les valeurs sont $0,441 \pm 0,043 \mu\text{g/g}$ (observées dans la station **BOUS**), $0,656 \pm 0,050 \mu\text{g/g}$ (signalée dans la station **AKL**), $1,034 \pm 0,055 \mu\text{g/g}$ (obtenue dans la station **GPH**) (**Figure 11**).

L'analyse statistique a montré une différence significative entre les trois stations ($p > 0.05$).

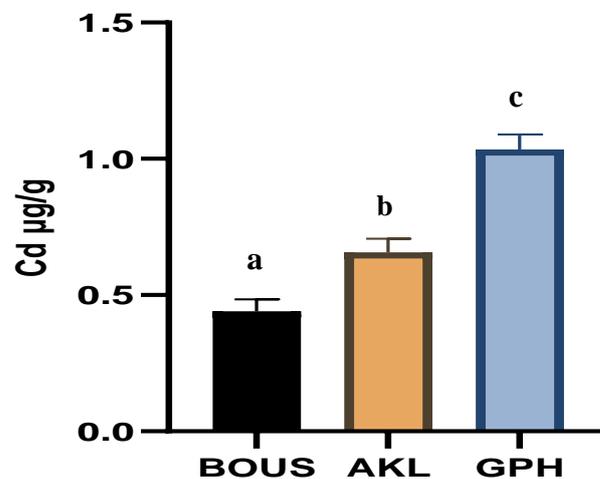


Figure 11 : Variation spatiale des concentrations du cadmium dans l'espèce (*P. lividus*) capturé dans la cote Jijelienne.

IV -1-2-Les concentrations du plomb dans l'espèce *Paracentrotus lividus*

Les résultats obtenus sont exprimés en moyennes et barres d'erreurs ($M \pm SEM$). Le nombre des oursins (*P. lividus*) pour chaque site de prélèvements=30 les différences significatives entre les trois stations sont indiquées par des lettres minuscules BOUS =Bousaadoune, AKL= Akalal, GPH=Grand phare, Les concentrations du Pb observées présentent un gradient BOUS > GPH > AKL. Les valeurs sont $2,162 \pm 0,397 \mu\text{g/g}$ (observées dans la station BOUS), $1,350 \pm 0,192 \mu\text{g/g}$ (signalée dans la station AKL), $1,928 \pm 0,315 \mu\text{g/g}$ (obtenue dans la station GPH) (**Figure 12**).

L'analyse statistique n'a pas montré une différence significative entre les trois stations $p=0.078$. Cependant, AKL présente des concentrations du cadmium plus faibles par rapport à BOUS et GPH.

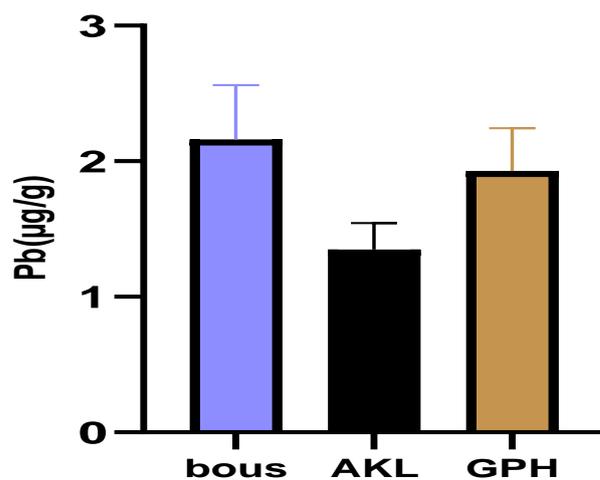


Figure 12 : Variation spatiale des concentrations du plomb dans l'espèce (*P. lividus*) capturé dans la cote Jijelienne.

Tableau 3 : Comparaison des concentrations des métaux lourds en µg/g poids frais dans les oursins, obtenues en comparaison avec d'autres études et avec les valeurs limites internationales.

Site	Espèce d'oursin	Cd	Pb
Akalal (cette étude)	<i>P. lividus</i>	0,656± 0,050	1,350± 0,192
Bousaadoune (cette étude)	<i>P. lividus</i>	0,441± 0,043	2,162± 0,397
Grand phare (cette étude)	<i>P.lividus</i>	1,034± 0,055	1,928± 0,315
Alger plage (Soualili <i>et al.</i> , 2008)	<i>P.lividus</i>	0,14	6,14
Sidi Mejdoub, (Mostaganem) (Guendouzi, 2019)	<i>P.lividus</i>	0,94 ± 0,59	2,79 ± 1,00
Calvi, (Corse) (Warnau <i>et al.</i> , 1998)	<i>P. lividus</i>	3,47	2,25
Marseille, (France) (Warnau <i>et al.</i> , 1998)	<i>P. lividus</i>	3,51	3,68
Valeurs limites	FAO/WHO 1989	0,5	0,5
	FAO 1983(FAO, 1983)	0,5	0,5
	EC2008, 2014	0,05	0,2
	Chine (China National Standards Management Département (2001).	0,1	0,5
	Angleterre (MAFF, 2000)	0.2	2

Tous les oursins étudiés sont contaminés par le Pb, le Cd à des concentrations varié avec une prédominance du Pb.

D'une manière générale, les valeurs du Pb obtenues dans cette étude dépassent largement toutes les valeurs limites internationales (**Tableau 3**). La teneur du plomb la plus élevée et observée au niveau de la station de **Bousaadoune** suivie par la station de **Grand phare**, et la station d'**Akalal**.

La valeur de cadmium la plus élevée est observée au niveau de la station **Grand phare**, tandis que la valeur la plus faible en cadmium est observée dans la station **Boussadoune**.

La comparaison des résultats de cette étude avec des travaux effectués sur la même espèce d'oursin capturés dans des endroits différents (**Tableau 4**) a montré que les teneurs en cadmium enregistrées dans cette étude (**Bousaadoune, Akalal, Grand phare**) sont comparables avec celles obtenues par (**Guendouzi., 2019**) chez l'oursin (*P. lividus*) capturée au niveau Sidi majdoub (Mostaganem). Elles sont inférieures à celles observées respectivement par (**Warnau et al., 1998**). Et (**Warnau et al., 1998**) chez les oursins (*P. lividus*) capturée au niveau de Calvi, (Corse) et Marseille, (France). nos valeurs sont supérieures à celles observées par (**Soualili et al., 2008**) chez l'oursin (*P. lividus*) capturée au niveau d'Alger plage (Algérie).

Les concentrations de plomb enregistrées dans notre étude (**Bousaadoune, Akalal, Grand phare**) sont comparables avec celles obtenues par (**Warnau et al., 1998**) et (**Guendouzi., 2019**) chez l'oursin (*P. lividus*) capturée au niveau Calvi (Corse) et Sidi Mejdoub, (Mostaganem). Elles sont inférieures à celles observées respectivement par (**Warnau et al., (1998)**) et (**Soualili et al., 2008**) chez les oursins (*P. lividus*) capturées à Marseille, (France), et Alger plage (Algérie).

Pour évaluer le risque de ces métaux sur la santé humaine nous avons comparé nos résultats avec les valeurs limites internationales des métaux lourds dans les produits de mer

Les valeurs du cadmium obtenues dans notre étude (**Akalal., Grand phare**) dépassent les valeurs limites Européennes (**EC., 2008., 2014**), Anglaises (**MAFF., 2000**) et Chinoises (**China National Standards Management Department., 2001**), ainsi que les valeurs limites fixées par (**FAO., 1983**), et par (**FAO/WHO., 1989**).

La valeur du plomb obtenue dans la présente étude (**Bousaadoune, Akalal, Grand phare**) dépasse largement toutes les valeurs limites internationales (**Tableau 3**).

IV -2- La dose d'exposition journalière estimée (EDI) de cadmium et de plomb

Les résultats obtenus sont exprimés en moyennes et barres d'erreurs ($M \pm SEM$). A : représente les doses journalières estimées du Cd ; B : représente les doses journalières estimées du Pb. Les différences significatives entre les trois stations sont indiquées par des lettres minuscules BOUS =Bousaadoune, AKL= Akalal, GPH=Grand phare.

Les valeurs EDI pour le cadmium sont comprises entre $(0,035 \pm 0,003) \mu\text{g/Kg/jour}$ et $(0,082 \pm 0,004) \mu\text{g/Kg/jour}$, la station de **Bousaadoune** enregistre la valeur la plus faible entre les trois stations. La station **Grand phare** présente des valeurs d'EDI Cd plus élevées (**Figure A**).

L'analyse statistique a montré une différence significative entre les trois stations ($p > 0.05$).

Les EDI Pb varient d'une station à l'autre mais d'une manière non significative.

La station **BOUS** enregistre les valeurs les plus élevées avec $(0,171 \pm 0,031) \mu\text{g/Kg/jour}$, suivi par **GPH** avec des valeurs moyenne de $(0,153 \pm 0,0250) \mu\text{g/Kg/jour}$, enfin **AKL** enregistre les plus petites valeurs moyenne d'EDI $(0,1072 \pm 0,01531) \mu\text{g/Kg/jour}$ (**Figure B**).

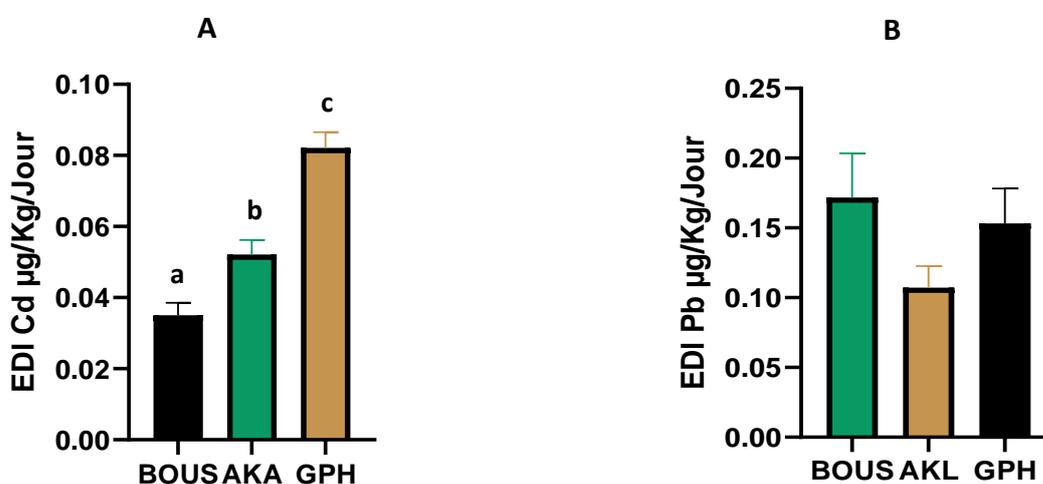


Figure 13 : Variation spatiale des valeurs des doses journalières estimées (EDI) du Plomb et du cadmium suite à la consommation de l'espèce (*P. lividus*) capturé dans la cote Jijelienne.

Tableau 4 : Comparaison des doses d'exposition journalière estimées avec les travaux effectués sur les fruits de mer (les oursins et les moules) capturées dans les écosystèmes aquatiques du Monde.

Site	L'espèce étudiée	EDI _{Cd}	EDI _{Pb}
Akalal (cette étude)	<i>Paracentrotus lividus</i>	0,05216±0,004011	0,1072±0,01531
Boussadoune (cette étude)	<i>Paracentrotus lividus</i>	0,03504± 0,003479	0,1717±0,03161
Grand phare (cette étude)	<i>Paracentrotus lividus</i>	0,08211± 0,004423	0,1532±0,02505
Sidi Abdelaziz (jijel) (Bouzaraa S, Bouzlifa N, 2021)	<i>Mitylusgalloprovincialis</i>	0,029 - 0,050	0,091 - 0,859
Collo (Skikda) (Rajan et Ishak, 2017)	<i>Mitylusgalloprovincialis</i>	0,00585 - 0,00117	0,02153 - 0,00431
Kristel (Oran) (Rajan et Ishak, 2017)	<i>Mitylusgalloprovincialis</i>	0,02926 - 0,00435	0,01438 - 0,00214

Notre étude a montré que les valeurs EDI Cd et EDI Pb enregistrées dans cette étude (**Akalal, Boussadoune, Grand phare**) chez les oursins *Paracentrotus lividus* sont supérieures à celles observées par Kristel (Oran) (**Rajan et Ishak., 2017**) et Collo (Skikda) (**Rajan et Ishak., 2017**) et Sidi Abdelaziz (Jijel) (2021) Chez la moule *Mitylus galloprovincialis*.

IV -3- Le quotient cible de risque (THQ) :

Les résultats obtenus sont exprimés en moyennes et barres d'erreurs ($M \pm SEM$). A : représente les doses journalières estimées du Cd. B : représente les doses journalières estimées du Cd. Les différences significatives entre les trois stations sont indiquées par des lettres minuscules BOUS =Bousaadoune, AKL= Akalal, GPH=Grand phare.

Les risques sanitaires liés à la consommation des oursins contaminés par les métaux lourds sont évalués grâce à l'indice THQ :

Une valeur de THQ < 1 indique un effet négligeable sur la santé humaine

Une valeur de THQ > 1 indique un effet néfaste sur la santé humaine (**Diop et al. 2017**)

La valeur la plus faible de THQ Cd a été enregistrée dans la station de **Bousaadoune** ($0,035 \pm 0,003$), suivie par la station **d'Akalal** avec une valeur moyenne ($0,052 \pm 0,004$), tandis que la station de **Grand phare** à exhiber les valeurs les plus élevées ($0,082 \pm 0,004$) (**Figure A**). L'analyse statistique a montré une différence significative entre les trois stations ($p > 0,05$).

Le THQ Pb le plus élevé et observé dans la station de **BOUS** ($0,042 \pm 0,007$), tandis que la valeur la plus faible et enregistrée dans la station de **AKL** ($0,026 \pm 0,003$), la station du **GPH** enregistre la valeur ($0,038 \pm 0,006$) (**Figure B**). L'analyse statistique n'a pas montré de différences significatives entre les trois stations.

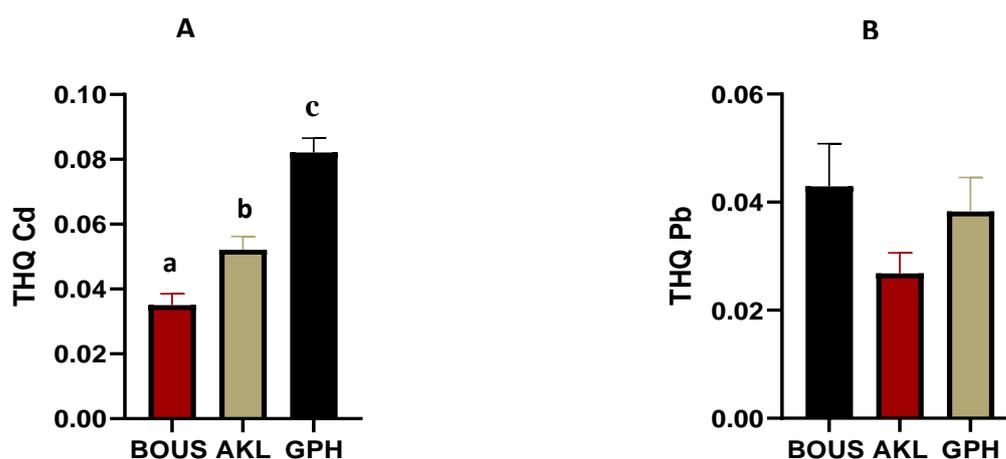


Figure 14 : les variations des THQ du Plomb et du cadmium suite à la consommation de l'espèce (*P. lividus*) capturé dans la cote Jijelienne.

Tableau 5 : Comparaison du Quotient cible de risque (THQ) avec les travaux effectués sur les oursins et les moules capturées dans les écosystèmes aquatiques du Monde

Site	L'espèce étudiée	THQ Cd	THQ Pb
Akalal (cette étude)	<i>Paracentrotus lividus</i>	0,052± 0,004	0,026± 0,003
Boussadoune (cette étude)	<i>Paracentrotus lividus</i>	0,035±0,003	0,042± 0,007
Grand phare (cette étude)	<i>Paracentrotus lividus</i>	0,082± 0,004	0,038±0,006
Sidi Abdelaziz (jijel) (Bouzaraa S, Bouzlifa N, 2021)	<i>Mitylusgalloprovincialis</i>	0,029- 0,050	0,022 - 0,214
Collo (Skikda) (Rajan et Ishak, 2017)	<i>Mitylusgalloprovincialis</i>	0,005 - 0,001	0,021 - 0,004
Kristel (Oran) (Rajan et Ishak, 2017)	<i>Mitylusgalloprovincialis</i>	0,029 - 0,004	0,014 - 0,002

La présente étude montre que les valeurs THQ Cd enregistrées dans notre étude (**Akalal, Boussadoune, Grand phare**) sont supérieures chez les oursins de mer *Paracentrotus lividus* à celles observées par (**Rajan et Ishak., 2017**) chez la moule *Mitylusgalloprovincialis* capturée au niveau de Kristel (Oran) et Collo (Skikda).

Les valeurs THQ Pb enregistrées dans les trois stations (**Akalal, Boussadoune, Grand phare**) des oursins de mer *Paracentrotus lividus* sont comparables avec celles obtenues par (**Rajan et Ishak., 2017**) chez la moule *Mitylusgalloprovincialis* au niveau de Littorale de Skikda(Collo) et Oran (Kristel).

IV -4-Le risque cancérigène du cadmium et du plomb suite à la consommation des oursins de l'espèce *Paracentrotus lividus*

Les résultats obtenus sont exprimées en moyennes et barres d'erreurs ($M \pm SEM$). A : représente les doses journalières estimées du Cd. B : représente les doses journalières estimées du Pb. Les différences significatives entre les trois stations sont indiquées par des lettres minuscules BOUS =Bousaadoune, AKL= Akalal, GPH=Grand phare.

Le risque cancérigène est acceptable ou minimal pour les valeurs comprises entre 1×10^{-6} et 1×10^{-4} D'après l'USEPA (**United States Environmental Protection Agency., 2009**). Les valeurs de CR Cd observés dans cette étude sont plus élevées par rapport à la valeur limite indiquant donc un risque cancérigène potentiel du cadmium pour la population consommatrice des oursins sont comprises entre ($1,232 \times 10^{-3} \pm 0,066 \times 10^{-3}$ et $0,525 \times 10^{-3} \pm 0,052 \times 10^{-3}$)

La station **Grand phare** présente les valeurs de CR Cd plus élevées ($1,232 \times 10^{-3} \pm 0,066 \times 10^{-3}$), tandis que **Akalal** et **Bousaadoune** enregistre les valeurs les moins élevées, sont respectivement ($0,782 \times 10^{-3} \pm 0,060 \times 10^{-3}$) et ($0,525 \times 10^{-3} \pm 0,052 \times 10^{-3}$) (**Figure A**). L'analyse statistique a montré une différence significative entre les stations ($p > 0.05$).

Les valeurs du CR Pb acquise dans notre étude sont comprises entre ($0,001 \times 10^{-3} \pm 0,0002 \times 10^{-3}$ et $0,0009 \times 10^{-3} \pm 0,0001 \times 10^{-3}$). Ces valeurs sont inférieures aux valeurs limites ce qui indique qu'il n'y pas un risque cancérigène du plomb suite à la consommation des oursins. La station **BOUS** enregistre les valeurs les plus élevées ($0,001 \times 10^{-3} \pm 0,0002 \times 10^{-3}$), suivit par la station **GPH** et **AKL** qui enregistre respectivement les valeurs ($0,001 \times 10^{-3} \pm 0,0002 \times 10^{-3}$) et ($0,0009 \times 10^{-3} \pm 0,0001 \times 10^{-3}$) (**Figure B**).

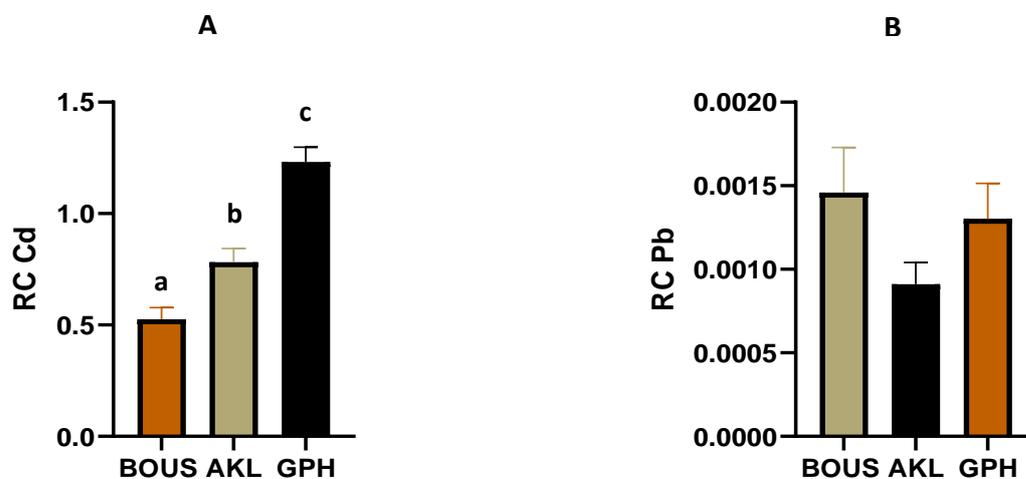


Figure 15 : les variations des CR du Plomb et du cadmium suite à la consommation de l'espèce (*P. lividus*) capturé dans la cote Jijelienne,

Tableau 6 : Comparaison du risque cancérigène (CR) avec des travaux effectués sur les fruits de mer (les oursins et les moules) capturées dans les écosystèmes aquatiques du Monde

Site	L'espèce étudiée	CR Cd	CR Pb
Akalal (cette étude)	<i>Paracentrotus lividus</i>	$0,7824 \cdot 10^{-3} \pm 0,06017$	$0,0009 \cdot 10^{-3} \pm 0,0001 \cdot 10^{-3}$
Bousaadoune (cette étude)	<i>Paracentrotus lividus</i>	$0,5256 \cdot 10^{-3} \pm 0,05218$	$0,001 \cdot 10^{-3} \pm 0,0002 \cdot 10^{-3}$
Grandphare (cette étude)	<i>Paracentrotus lividus</i>	$1,232 \cdot 10^{-3} \pm 0,06634$	$0,001 \cdot 10^{-3} \pm 0,0002 \cdot 10^{-3}$
Sidi Abdelaziz (jijel) (Bouzaraa S, Bouzlifa N., 2021)	<i>Mitylusgalloprovincialis</i>	0,445 - 0,754	0,0007 - 0,0073
La mer Adriatique (Italie) (Kumar et al., 2015)	<i>Mitylusgalloprovincialis</i>	3,45	2,22
Océan Atlantique (Tavoloni et al., 2021)	<i>Mitylusgalloprovincialis</i>	1,11	0,67

Notre étude montre que les valeurs CR Cd enregistrées dans les trois stations (**Akalal, Boussadoune, Grand phare**) chez les oursins de mer *Paracentrotus lividus* sont inférieures par rapport à celles trouvés dans la moule *Mitylus galloprovincialis*, capturée au niveau de La mer Adriatique (Italie) et l'Océan Atlantique. (**Kumar et al., 2015**) et (**Tavoloni et al., 2021**).

Les valeurs du CR Pb enregistrées dans les trois stations de la présente étude (Akalal, Boussadoune, Grand phare) chez les oursins de mer *Paracentrotus lividus* sont inférieures à celles observées par (**Kumar et al., 2015**) et (**Tavoloni et al., 2021**) chez la moule *Mitylus galloprovincialis* capturée au niveau de la mer Adriatique (Italie) et de l'océan Atlantique.

Conclusion

L'objectif de cette étude est basé sur l'évaluation de la contamination le cadmium (Cd) et le plomb (Pb) chez l'oursin commun (*Paracentrotus lividus*) et l'évaluation du risque sanitaire lié à sa consommation dans la cote Jijelienne (Akalal, Bousaadoune, Grand phare).

Les résultats de la présente étude suggèrent que tous les oursins étudiés sont contaminés par le Cd, le Pb à des concentrations varié avec une prédominance du Pb.

Les valeurs du plomb les plus élevées sont observées chez les oursins de mer capturées dans la station (Boussadoune) tandis que les valeurs de cadmium les plus élevées sont observées chez les oursins de la station de grand phare.

Les valeurs du plomb dépassent largement toutes les valeurs limites international (Normes FAO, OMS, Normes Européennes, Anglaise et Chinoise). Tandis que les valeurs de cadmium ne de passent que les normes (Européennes, Anglaise et Chinoises).

Les résultats de l'évaluation du risque ont montré que les valeurs d'EDI Pb et EDI Cd varient d'une station à l'autre mais d'une manière non significative pour le plomb.

Pour le quotidien de risque (THQ) les valeurs du THQ Cd et THQ Pb sont inférieures à 1 indique un effet négligeable sur la santé humain. En ce qui concerne le risque cancérigène, nos résultats ont montré des valeurs de CR Pb inférieures aux valeurs limites ce qui indique qu'il n'y pas un risque du cancérigène du plomb.

Alors que les valeurs de CR Cd plus élevées par rapport à la valeur limite indiquant donc un risque cancérigène potentiel pour la population consommatrice des oursins de mer.

Cette contamination des oursins de mer constitue une menace non seulement pour la vie de ces espèces aquatiques, mais aussi pour les autre espèces marine, et bien sur elle affecte aussi l'homme qui est le prédateur supérieur au bout de la chaîne alimentaire, donc la surveillance de notre littoral est recommandée à une échelle spatiotemporelle afin d'assurer la viabilité de l'écosystème marin et côtier à long terme et maintenir sa diversité.

Cependant, cette étude ne constitue qu'une étape préliminaire et il serait intéressant de détailler ce travail par :

- La réalisation des études académiques plus approfondies sur les sources de cette contamination
- Elargir la liste des métaux analysés et la recherche d'éventuels autres contaminants
- En prolongeant la période d'étude

- Elargir notre étude sur d'autres espèces

C'est pour cela il est nécessaire de :

- Sensibiliser la population vis-à-vis de la pollution des écosystèmes marins et les effets sur leur propre santé
- Effectuer un contrôle régulier de la qualité de l'eau et des sédiments.

Références Bibliographiques

A

- Abouhend, A. S., El-Moselhy, K. M. (2015).** Spatial and seasonal variations of heavy metals in water and sediments at the northern Red Sea coast. *American Journal of Water Resources*, 3(3), 73-85.
- Adriano D. C. 2001.** Trace Elements in Terrestrial Environments : Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals. 2nd, Springer- Verlag. New York
- Ahmad N., Jian B., Jieying C, 2011.** Recherche de métaux lourds par spectroscopie atomique. STPI/P6-3/20011-33.pp1-44.
- Allain, J.-Y., 1975.** Structure des populations de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata, Echinoidea) soumises à la pêche sur les côtes nord de Bretagne. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* 39, 171-212.
- Alzieu C., 1999.** Dragages et environnement marin: état des connaissances, Dredging and marine environment: state of the art. Ed. Ifremer. Centre de Nantes. France. 223p.
- Angell, N.F., Lavery, J.P, 1982.** The relationship of blood lead levels to obstetric outcome. *Am. J. Obstet. Gynecol*, 142: 40p.
- Anonyme., 1997.** Analyse du milieu agricole dans la wilaya de Jijel. Bureau National Du Développement Rural. 80p.
- Aouameur R, 1990-** contribution à l'étude de certains métaux lourds dans les sédiments superficiels de la d'Alger. Mémoire d'ingénieur d'Etat, I.S.M.A.L(Alger) :62p.
- Audry s., 2003.** Bilan géochimique du transport des éléments traces métalliques dans le système fluvial anthropisé Lot-Garonne-Gironde. Thèse de doctorat, Spécialité Géosciences, Science de l'environnement, Université de Bordeaux I, 441p.
- Augier, H., Ramonda, G., Rolland, J., Santimone, M., 1989.** Teneurs en métaux lourds des oursins comestibles *Paracentrotus lividus* (Lamarck) prélevés dans quatre secteurs tests du littoral de Marseille (Méditerranée, France). *Vie Marine* 10, 226-239.
- Azzolina, J., 1988.** Contribution à l'étude de la dynamique des populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmck) : Croissance, recrutement, mortalité, migrations. *Thèse de Doctorat*. Univ. Aix-Marseille II, France. 242 p.

Azzolina, J., Boudouresque, C., Nedelec, H., 1985. Dynamique des populations de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Port-Cros (Var): données préliminaires. *Scientific Reports of Port-Cros National Park* 11, 61–81.

B

Barnes, D.K., Crook, A.C., 2001. Implications of temporal and spatial variability in *Paracentrotus lividus* populations to the associated commercial coastal fishery, Coastal Shellfish—A Sustainable Resource. Ed. Springer, pp. 95-102.

Bánfalvi, G. (2011). Heavy metals, trace elements and their cellular effects. *Cellular Effects of Heavy Metals*. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0428-2_1

Bayed, A., Quiniou, F., Benrha, A., Guillou, M., 2005. The *Paracentrotus lividus* populations from the northern Moroccan Atlantic coast: growth, reproduction and health condition. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85, 999-1007.

Beaumont, A., Cassier, P., 1981. Biologie animale-des Protozoaires aux Métazoaires Épithélioneuriens, tome I: 459p.

Belivermiş, M., Kılıç, Ö., Çotuk, Y., 2016. Assessment of metal concentrations in indigenous and caged mussels (*Mytilus galloprovincialis*) on entire Turkish coastline. *Chemosphere* 144, 1980–1987

Bouchema M., Boukhetouta A., 2015. Evaluation du risque de contamination des poissons par les métaux lourds dans la région de Ziama Mansouria : étude du cas. *Toxicologie de l'environnement*. Université Mohamed Seddik Ben Yahia –Jijel. 84p.

Bogdanović, T., Ujević, I., Sedak, M., Listeš, E., Šimat, V., Petričević, S., Poljak, V., 2014. As, cd, hg and Pb in four edible shellfish species from breeding and harvesting areas along the eastern Adriatic coast, Croatia. *Food Chem.* 146, 197–203

Boudouresque, C.F., Verlaque, M., 2007. Ecology of *Paracentrotus lividus*. *Developments in aquaculture and fisheries science* 37, 243-285.

Boudouresque, C.F., Verlaque, M., 2013. *Paracentrotus lividus*. In: Sea urchins: Biology and ecology, Editor(s): John M. Lawrence, Third Edition. Amsterdam : Elsevier, pp. 297-327.

Boumelta Z, Boubekeur H, Bouali Y, 2021. Evaluation de la contamination métallique de certaines sources d'eau potable dans la wilaya de Jijel Mémoire de Master. Université de Jijel. 80p.

Boukhelf K, 2012. Données biométriques, indices physiologiques et dosage des métaux lourds chez l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) dans la région de Mostaganem (Algérie). Université d'Oran.183p .pp40-43

Byrne, M., 1990. Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on the west coast of Ireland. *Marine biology* 104, 275-289.

Bouzaraa S, Bouzlifa N, 2021. Evaluation du risque sanitaire des métaux lourds suite à la consommation des moules de mer. Université Mohamed Seddik Ben Yahia –Jijel ,84p.

C

Casas, S., 2005. Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen, These Doctorat. Université de Toulon., France., 301p.

Castro-González .M.I, Méndez-Armenta. M, 2008. Heavy metals: Implications associated to fish consumption, mexico, <https://doi.org/10.1016/j.etap.2008.06.001>

Cellario. C, Fenaux. L., 1987. Croissance des juvéniles de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) au cours de l'année qui suit la métamorphose, étude expérimentale, *In: Boudouresque CF (ed) GIS Posidonie Publ., Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles, 21-22 février 1987, Marseille. France. 433p.*

Chiara C., Francesca B., Marine C., Roberto F., Salvatore S, 2011. Heavy metals concentrations in fish from sicily (mediterranean sea) and evaluation of possible health risks to consumers. *Bull Environ Contam Toxicol.* Pp78-83.

Chiffolleau, J.-F., Auger, D., Chartier, E., Michel, P., Truquet, I., Ficht, A., Gonzalez, J.-L., Romana, L.-A., 2001a. Spatiotemporal changes in cadmium contamination in the Seine estuary (France). *Estuaries and Coasts* 24, 1029-1040

China National Standards Management Department. (2001). Safety Qualification for Agricultural Product for Non-environmental Pollution Aquatic Products. GB 18406.4e2001. Beijing, China

Cossio, M. L. T., Giesen, L. F., Araya, G., Pérez-Cotapos, M. L. S., Vergara, R. L., Manca, M & Héritier, F. (2002). *Environmental Sampling and Analysis of metals. CRC Press LLCUma ética para quantos?* (Vol. XXXIII). <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Coulet M, 2005 : Fleuves, sources de vie. Agence de l'eau Rhine Meuse .France .

D

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

Dange, C, 2002. Etude du comportement des éléments traces en milieu estuarien : approche expérimentale et modélisation : Application à l'étude de la spéciation de Cd, Co et Cs dans les estuaires majeurs français (Seine, Loire, Gironde, Rhône). Thèse Doctorat Université de Reims Champagne-Ardenne. France. 644p

Davutluoglu, O. I., Seckin, G., Kalat, D. G., Yilmaz, T., & Ersu, C. B. (2010). Speciation and implications of heavy metal content in surface sediments of Akyatan Lagoon-Turkey. *Desalination*, 260(1- 3), 199- 210. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.04.031>

De Ridder, C., 1982. Food and feeding mechanisms: Echinoidea. *In*, Jangoux M., Lawrence J.M , (eds), Echinoderm nutrition, Balkema publ., Rotterdam, pp. 57-116.

Delmas, P., 1992. Etude des populations de *Paracentrotus lividus* (Lam.) (Echinodermata: Echinoidea) soumises à une pollution complexe en Provence Nord-occidentale: densités, structures, processus de détoxification (Zn, Cu, Pb, Cd, Fe). *Thèse Doctorat*, Université Aix-Marseille III, Marseille. France. 205p.

Delmas, P., Régis, M.-B., 1985. Impact de la pollution domestique sur la biologie et la morphométrie de l'échinoïde *Paracentrotus lividus* (Lamarck) Données préliminaires. Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences. Série 3, *Sciences de la vie* 30, 143-146.

Den Besten, P., Postma, J., De Valk, S., Dubbeldam, M., Everaarts, J., 2001. Environmental Monitoring in the North Sea by Combining Biomarker Studies in the Sea Star *Asterias rubens* with Sediment Quality Assessment Based on Sea Urchin Bioassays. Chapter 11, *In*: Garrigues, P.B., H; Walker, C.H. et Narbonne, J.F. (Ed.), *Biomarkers in Marine Organisms: A Practical Approach*. Elsevier Science, Amsterdam; New York, pp. 279-330.

Diop, M., Net, S., Howsman, M., Lencel, P., Watier, D., Grard, T., Duflos, G., Amara, R. (2017). Concentration and potential human health risks for regulated metals (Cd, Pb, Hg) and organic pollutants (PAHs, PCBs) in fish and sea food from the Senegalese coast. *International Journal of Environment*, Vol. 11, n°3 :11-27. DOI 10.1007/s41742-017-0032-4

E

EC no 629/2008. Official journal of the European Union, 3.7.2008(L 173), 2006- 2009.

F

FAO. (1983). Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery product. Library, 746, 104

FAO/WHO, (1989). Evaluation of certain food additives and contaminants. 33rd report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Technical Report Series 776

Fenaux, L., 1968. Maturation des gonades et cycle saisonnier des larves chez *A. lixula*, *P. lividus* et *P. microtuberculatus* (echinides) à Ville franche-Sur-Mer. *Vie Milieu* 19, 1-52.

Fernandez, C., 1996. croissance et nutrition de l'oursin *Paracentrotus lividus* dans le cadre d'un projet aquacole avec alimentation artificielle. *These Doctorat*. Université de Corse., 200p.

Fernandez, C., Caltagirone, A., 1994. Growth rate of adult sea urchins, *Paracentrotus lividus* in a lagoon environment: the effect of different diet types. In B. David, A. Guille, J.P. Féral & M. Roux (eds), Rotterdam: Balkema. Echinoderms through time : pp. 655-660,

Fischer, W., Bauchot, M.L., Schneider, M., 1987. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer noire (Zone de pêche 37): Volume II. FAO. 765p.

Flores-Rodriguez J, 1992 – Les métaux toxiques dans les eaux pluviales en milieu urbain caractéristiques physico-chimiques. Thèse de doctorat, sciences et techniques de l'environnement université paris XII. 229 pp.

Fowler S.W, 1982. Biological transfer and transport processes. Pollutant transfer and transport in the sea. G.Kullenberg, CRC press. Boca Raton : 2-65

Frantzis, A., Berthon, J., Maggiore, F., 1988. Relations trophiques entre les oursins *Arbacia lixula* et *Paracentrotus lividus* (Echinoidea Regularia) et le phytobenthos infralittoral superficiel dans la baie de Port-Cros (Var, France). *Sci Rep Port-Cros Nat Park* 14, 81-140.

G

Gago, R., Vázquez, L., Cuerno, R., Varela, M., Ballesteros, C., & Albella, J. M. (2001). Production of ordered silicon nanocrystals by low-energy ion sputtering. *Applied Physics Letters*, 78(21), 3316-3318.

Ghyoot, M., 1991. Le pedicellaire globifère de *Sphaerechinus granularis* (Echinodermata, Echinoidea): morphologie et comportement d'un appendice défensif, *These doctorat*. Univ. Bruxelles., Bruxelles. 169p.

Gilbin, R 2002 –Caractérisation de l'exposition des écosystèmes aquatiques à, des produits phytosanitaires : spéciation, biodisponibilité et toxicité. Thèse.doct.fac.des sciences. Univ de Genève.thèse N°3315.pp195.

Grasse, P. (1948). Traité de zoologie anatomie, Systématique, Biologie Echinoderme Stomocordés-Procordés, *Edit*, Masson, Paris : 10-77P.

Grassé, P., Poisson, R., Tuzet, O., 1963. Zoologie I. Invertébrés, Ed. Masson et cie, Paris, 863p.

Grosjean, P., 2001. Growth model of the reared sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816), *These Dكتورat*. Université Libre De Bruxelles, 272p.

Guettaf, M., 1997. Contribution à l'étude de la variabilité du cycle reproductif (indice gonadique et histologie des gonades) chez *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) en Méditerranée Sud Occidentale (Algérie). *These Dكتورat*. Aix-Marseille II. France, 132p.

Guille, A., Laboute, P., Menou, J.-L., 1986. Echinodermes de Nouvelle Calédonie. Editions de l'ORSTOM, Noumea. *Collection Faune Tropicale* No. 25, 238p.

Guendouzi, Y., 2019 Etude de la bioaccumulation des métaux traces et des radioéléments chez la moule *M. galloprovincialis* et l'oursin *P. lividus* dans le littoral algérien. Ecologie et environnement marin. Université Abdelhamid ibn Badis Mostaghanem 233p

H

Habila S, 2017. Evaluation du risque écologique et sanitaire de la contamination des eaux et des sédiments du barrage Beni Haroun (Wilaya de Mila). Université 8 Mai 1945 de Guelma .226p.

Harmelin, J., Bouchon, C., Hong, J., 1981. Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée Nord-Occidentale). *Téthys* 10, 13-36.

Haya, D., Régis, M.-B., 1995. Comportement trophique de *Paracentrotus lividus* (Lam.) (Echinodermata: Echinoidea) soumis à six régimes alimentaires dans des conditions expérimentales. *Mésogée* 54, 35-41.

Hereu, B., 2005. Movement patterns of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in a marine reserve and an unprotected area in the NW Mediterranean. *Marine Ecology* 26, 54-62.

Hermas J, Ouchene H, Elouizgani H et Hafidi N 2018 L'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck.1816) au niveau de la baie d'Agadir : Biotopes et Biométrie. Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc Volume 1, N°2, pp : 100-107 ISSN : 2605-6208

I

ICAW (International Cadmium Association's website 2009). Cadmium. Disponible sur Internet : www.cadmium.org, [consulté le 06/9/2022].

J

Jacquin, A.-G., Donval, A., Guillou, J., Leyzour, S., Deslandes, E., Guillou, M., 2006. The reproductive response of the sea urchins *Paracentrotus lividus* (L.) and *Psammechinus miliaris* (G.) to a hyperproteinated macrophytic diet. *Journal of experimental marine biology and ecology* 339, 43-54.

Jebali J., Ghedira J., Bouraoui Z., Ameer S., Guerbej H., Boussetta H, 2009. Etude quantitative et qualitative des metallothioneines chez la daurade *Sparus aurata* exposée aux métaux lourds, Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de salammbo, vol.36.pp 193-200.

Jurado, J., Martín, M., Pablos, F., Moreda-Piñeiro, A., Bermejo-Barrera, P., 2007. Direct determination of copper, lead and cadmium in aniseed spirits by electrothermal atomic absorption spectrometry. *Food chemistry* 101, 1296-1304.

K

Kempf, M., 1962. Recherches d'écologie comparée sur *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* (L.). *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*. 25, 47-115.

Kelishadi R, Askarieh A, Motlagh M.E, Tajadini M, Heshmat R, Ardalan G, Fallahi S, Poursafa P, 2013. Association of Blood Cadmium Level with Cardiometabolic Risk Factors and Liver Enzymes in a Nationally Representative Sample of Adolescents : The CASPIAN-III Study. *Journal of Environmental and Public Health*, Article ID 142856, 5 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/142856>

Kim, M., 2004. Determination of lead and cadmium in wines by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food additives and contaminants* 21, 154-157.

Kljakovic-Gaspic Z, Ujevic I, Zvonaric T, Baric A (2007) Biomonitoring of trace metals (Cu, Cd, Cr, Hg, Pb, Zn) in Mali Ston Bay (eastern Adriatic) using the Mediterranean blue mussel (1998–2005). *Acta Adriatica* 48(1) :73–88, ISSN : 00015113

Kumar, S., Ahlawat, W., Kumar, R., & Dilbaghi, N. (2015). Graphene, carbon nanotubes, zinc oxide and gold as elite nanomaterials for fabrication of biosensors for healthcare. *Biosensors and Bioelectronics*, 70, 498-503.

L

Lane, T.W., Morel, F.M., 2000. A biological function for cadmium in marine diatoms. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97, 4627-4631.

Lawrence JM, Lane P., 1982. The utilisation of nutrients by postmetamorphic echinoderms. In, Jangoux M et al., *Echinoderm nutrition*. Balkema, Rotterdam, 331-3372.

Lecchini, D., Lenfant, P., Planes, S., 2002. Variation in abundance and population dynamics of the sea-urchin *Paracentrotus lividus* on the Catalan coast (north-western Mediterranean Sea) in relation to habitat and marine reserve. *Vie et milieu* 52, 111-118.

Le Gall, P., 1989. Echinoculture., In : BARNABÉ, G. (Ed.), *Aquaculture. Editions Lavoisier Tech and Doc Paris*. France, pp. 468-491.

Le Gall, P., Bucaille, D., 1987. Intérêt d'un élevage intensif de l'oursin violet *Paracentrotus lividus*. In: Boudouresque, C.F. (Ed.), *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*. GIS Posidonie, 21-22 février 1987, Marseille. France., pp. 399-405.

Le Gall, P., Bucaille, D., Grassin, J.B., 1990. Influence de la température sur la croissance de deux oursins comestibles, *Paracentrotus lividus* et *Psammechinus miliaris*. In: De Ridder, C., Dubois, P., Lahaye, M.C., Jangoux, M. (Eds.), *Echinoderm Research*, Balkema, Rotterdam, pp. 183-188.

Loganathan, P., Hedley, M.J., Grace, N.D, 2008. Pasture soils contaminated with fertilizer derived cadmium and fluorine. Livestock effects, *Rev Environ Contam Toxicol*, 29-66p

Lubet, P., 1959. Recherches sur le cycle sexuel et l'émission des gamètes chez les Mytilidés et les Pectinidés (mollusques bivalves). *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* 23, 387-548.

M

MAFF.(2000). (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food). Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1997. In *Aquatic Environment Monitoring Report No. 52*. Center for Environment, Fisheries and Aquaculture Science, Lowestoft, UK

Marie N, Jérémy M, Noëlle B, Nathalie C, 2014 Analyse des ressources et des caractéristiques Individuelles du stock d'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) du territoire 64 Direction du Centre de Nantes/Département Ressources Biologiques et Environnement/Unité Halieutique Gascogne Sud Laboratoire Ressources Halieutiques Aquitaine – Anglet 46p

Metongo S. B, 1991.accumulation de quelques métaux toxiques (Cu, Hg, Zn) chez des poissons marin du golfe de Ghinée. *Agronomie Africaine* III (2).Pp 129-139.

Michel M, 1996. Aspects analytiques du plomb dans l'environnement. ISBN : 2-7430-104-6.483p

Miquel, G., 2001. Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport de l'office parlementaire des choix scientifiques et technologiques n° 261. Sénat. 5 Avril 2001. 366p.

Mishra, S., Srivastava, S., Tripathi, R., Kumar, R., Seth, C., Gupta, D., 2006. Lead detoxification by coontail (*Ceratophyllum demersum* L.) involves induction of phytochelatins and antioxidant system in response to its accumulation. *Chemosphere* 65, 1027-1039.

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.

Muxika, I., Borja, A., & Bald, J. (2007). Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine pollution bulletin*, 55(1-6), 16-29.

O

Olsen, P.G, Mc cune A.R, et Thomson, K.S, 1982, Correlation of the early Mesozoic Newark super group by vertebrates, principally fishes: *American journal of Science*, Vol 282, P. 1-44.

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). Thèse doctorat. Université DjillaliLiabes de Sidi Bel Abbes. 121p.

O.M.S.,(1997). Heath and environment in sustainable development

Ouréns, R., Fernández, L., Fernández-Boán, M., Naya, I., Freire, J., 2013. Reproductive dynamics of the sea urchin *Paracentrotus lividus* on the Galicia coast (NW Spain): effects of habitat and population density. *Marine biology* 160, 2413-2423.

Ozvarol, Y., Turna, I.I., 2009. Determination of Some Biological Properties of *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) in Antalya Gulf Shores. *Journal of Applied Biological Sciences* 3, 49-52.

P

Patrissi M., Astrou A., Père A., Pelaprat C. 2014. Réalisation d'une étude biologique et halieutique sur l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) en Corse. STARESO, 75 p

Pavillon, J. F. (1977). Utilisation d'un analyseur de particules en écologie marine expérimentale. Application à l'étude de l'effet de différents paramètres sur la croissance du *Pluteus* d'oursin *Arbacia lixula*. *J. Rech. Océanogr*, 3(3), 21-34.

Picot A, 2003. Intoxication de l'organisme par les métaux lourds et autres toxiques. Le mercure, le plomb et le cadmium trois métaux traces toxiques, Proceedings of the ADNO Conference, Paris, 29 nov 2003pp. 6-20.

Pinna, S., Pais, A., Campus, P., Sechi, N., Ceccherelli, G., 2012. Habitat preferences of the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Marine Ecology Progress Series* 445, 173-180.

Phinney J., Bruland K, 1994- Uptake of lipophilic organic Cu, Cd, and Pb complexes in the coastal diatom *thalassiosira weissflogii*. *Environmental science and technology* 28(11) :1781-1790.

Phinney J., Bruland K, 1997b- Trace metal exchange in the solution by the fungicides ziram and maneb (dithiocarbamates) and subsequent uptake of lipophilic organic zinc, copper and lead complexes into phytoplankton cells. *Environmental toxicology and chemistry* 16(10) :2046-2053.

R

Rajan, S., Ishak, N.S., 2017. Estimation of Target Hazard Quotients and Potential Health Risks for Metals by Consumption of Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Selangor, Malaysia. *Sains Malaysiana* 46, 1825-1830.

Ravindra Kumar Gautam, S. K. S. and M. C. C. (2014). unfunctionalized Magnetic Nanoparticles for Heavy Metals Removal from Aqueous Solutions. In E. S. Sharma (Éd.), *Heavy Metals In Water : Presence, Removal and Safety* Royal Society, 91- 135.

Régis, M.-B., 1978. Croissance de deux échinoïdes du golfe de Marseille (*Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacia lixula* L.). Aspects écologiques de la microstructure du squelette et de l'évolution des indices physiologiques, *These Doctorat*. Aix Marseille III, France., 221p.

Régis, M.-B., 1981. Aspects morphométriques de la croissance de deux echinoïdes du Golfe de Marseille, *Paracentrotus lividus* (Lmck) et *Arbacia lixula* (L). *Cah. Biol. Mar.* 22, 349-370.

Ricardo N A, 2013. Evaluation de la contamination actuelle de métaux lourds et certains composés organiques persistants chez des poissons d'intérêt sportif du fleuve Saint-Laurent à Québec. Maitrise en environnement université de Sherbrooke. Pp9-34.

Rico, V. (1989). Contribution à l'étude des Préférences Alimentaires et du Comportement Moteur de l'Oursin Régulier *Paracentrotus lividus*. Diplôme Etudes Approfondies Océanographie, Université Aix-Marseille 2, Marseille.

S

Salamon, S.W., Frostener U., Maderb, P, 1995. Heavy metals: problems and solution. Edition. Brelnegermany Springer 1 verlage.

Sahnoun, Z., 2009. Etude préliminaire des indices physiologiques (Indice de Réplétion, Indice Gonadique) et dosage des métaux lourds chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) pêché sur le littoral mostaganémois. *Memoire de Magiter*. Université Ahmed Ben Bella d'Oran1 Es Senia, Oran. Algérie, 102p.

Sasseville, J.L, 1980. La problématique des substances toxiques dans l'environnement. Tom1 : l'agression toxique. Bureau sur les substances toxiques. Ministère de l'environnement. Québec. 46p.

San Martin, G.-A., 1995. Contribution à la gestion des stocks d'oursins: étude des populations et transplantations de *Paracentrotus lividus* à Marseille (France, Méditerranée) et production de *Loxechinus albus* à Chiloe (Chili, Pacifique), *These Doctorat en Ecologie*. Aix-Marseille II, France, 166p.

Sellem, F. (1990). Données sur la biométrie de *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula* et *Sphaerichinus granularis* et sur la biologie de *Paracentrotus lividus* dans le golfe de Tunis. Rapp.D.E.A.Biol.Mar.Océanol.Univ.Tunis II, *Fac,Sci*, Tunis,123p.

Sharaf, H. M., & Shehata, A. M. (2015). Heavy metals and hydrocarbon concentrations in water, sediments and tissue of Cyclope neritea from two sites in Suez Canal, Egypt and histopathological effects. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 13(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40201-015-0171-5>

Sirven, J.B, 2006. Détection de métaux lourds dans les sols par spectroscopie d'émission sur plasma induit par laser (LIBS), Spécialité : laser et matière dense, Ecole doctorale de sciences physiques et de l'ingénieur, l'université bordeaux 1, 40p.

Soualili, D., Dubois, P., Gosselin, P., Pernet, P., Guillou, M., 2008. Assessment of seawater pollution by heavy metals in the neighbourhood of Algiers: use of the sea urchin, *Paracentrotus lividus*, as a bioindicator. *ICES Journal of marine science : Journal du Conseil* 65, 132-139.

Soualili, D., Guillou, M., 2009. Variation in the reproductive cycle of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in three differently polluted locations near Algiers (Algeria). *Mar. Biodivers. Rec.*, 2, pp. 1–6.

Soualili, D.L., 2008. Les populations naturelles d'oursins : un outil évaluateur de l'état de santé de la baie d'Alger., *These Doctorat*. Univ. U.S.T.H.B. Bab ezzouar, Algérie., 147p.

Stouthart, A. J. H. X., Spanings, F. A. T., Lock, R. A. C., & Bonga, S. W. (1994). Effects of low water pH on lead toxicity to early life stages of the common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquatic Toxicology*, 30(2), 137-151.

Storelli, A., Barone, G., Dambrosio, A., Garofalo, R., Busco, A., & Storelli, M. M. (2020). Occurrence of trace metals in fish from South Italy: Assessment risk to consumer's health. *Journal of Food Composition and Analysis*, 90, 103487.

Stumm W., Morgan J., 1996-Aquatic chemistry –chemical equilibria and rates in natural waters –third ed. New York, John Wiley and sons. 1022 pp.

Subhashini, S. S., Velan, M., & Kaliappan, S. (2013). Biosorption of lead by *Kluyveromyces marxianus* immobilized in alginate beads. *Journal of environmental biology*, 34(5), 831.

T

Tavoloni, T., Stecconi, T., Galarini, R., Bacchiocchi, S., Dörr, A. J. M., Elia, A. C., ... & Piersanti, A. (2021). BFRs (PBDEs and HBCDs) in freshwater species from Lake Trasimeno (Italy): The singular case of HBCDs in red swamp crayfish. *Science of the Total Environment*, 758, 143585.

Tomšić, S., Conides, A., Dupčić Radić, I., Glamuzina, B., 2010. Growth, size class frequency and reproduction of purple sea urchin, *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) in Bistrina Bay (Adriatic Sea, Croatia). *Acta Adriatica* 51, 67-77.

Tortonese, E et Vadon, C. (1987). Oursin et Holothuries (Echinodermes) *in* fiche FAO identification des espèces pour les besoins de pêche Révision I, Méditerranée, Mer Noire zone de pêche 37 vol I, végétaux et invertébrés : 715-739.

Tortonese, E., 1965. Fauna d'halia. Echinodermata, Calderini. Ed. Bologna. Italia. 422p.

Turon, X., Giribet, G., López, S., Palacín, C., 1995. Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. *Marine Ecology Progress Series* 122, 193-204.

U

United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2009). National Primary Drinking Water Regulations. EPA 816-F-09-004.

UNCOLS (1994). Convention des Nations Unies sur le droit de la mer. ONU. Oceans & Law of the Sea. http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_f.pdf (Page consultée le 19 février 2015).

V

Verlaque, M., 1987. Relation entre *P. lividus* (Lmk) et le phytobenthos de la Méditerranée occidentale. In : Boudouresque, C.F. (Ed.), Colloque International sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. GIS Posidonies, 21-22 février 198,7 Marseille, France., pp. 5-36.

Verlaque, M., Nedelec, H., 1983. Biologie de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) sur substrat rocheux en Corse (Méditerranée, France) : alimentation des adultes. *Vie et milieu* 33, 191-201.

Varol, M., Kaya, G. K., & Alp, A. (2017). Heavy metal and arsenic concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farmed in a dam reservoir on the Firat (Euphrates) River : Risk-based consumption advisories. *Science of the Total Environment*, 599–600, 1288–1296. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.052>

W

Wang, G., Su, M.-Y., Chen, Y.-H., Lin, F.-F., Luo, D., Gao, S.-F., 2006. Transfer characteristics of cadmium and lead from soil to the edible parts of six vegetable species in southeastern China. *Environmental pollution* 144, 127-135.

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

Walpole SC, Prieto-Merino D, Edwards P et al. 2012. The weight of nations: an estimation of adalthumanbiomass. *BMC Public Health*12:439. Available at <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/12/439>

Warnau, M., Biondo, R., Temara, A., Bouquegneau, J.M., Jangoux, M., Dubois, P., 1998. Distribution of heavy metals in the echinoid *Paracentrotus lividus* from the Mediterranean *Posidonia oceanica* ecosystem: seasonal and geographical variations. *Journal of Sea Research* 39, 267-280.

Warnau, M., Ledent, G., Temara, A., Alva, V., Jangoux, M., Dubois, P., 1995a. Allometry of heavy metal bioconcentration in the echinoid *Paracentrotus lividus* (Echinodermata). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 29, 393-399.

Warnau, M., Ledent, G., Temara, A., Bouquegneau, J.M., Jangoux, M., Dubois, P., 1995b. Heavy metals in *Posidonia oceanica* and *Paracentrotus lividus* from seagrass beds of the north-western Mediterranean. *The Science of the total environment* 171, 95-99.

Warnau, M., Ledent, G., Temara, A., Jangoux, M., Dubois, P., 1995c. Experimental cadmium contamination of the echinoid *Paracentrotus lividus*: influence of exposure mode and distribution of the metal in the organism. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 116, 117-124.

Warnau, M., Pagano, G., 1994. Developmental toxicity of PbCl₂ in the echinoid *Paracentrotus lividus* (Echinodermata). *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 53, 434-441.

Warnau, M., Temara, A., Jangoux, M., Dubois, P., Iaccarino, M., De Biase, A., Pagano, G., 1996a. Spermioxicity and embryotoxicity of heavy metals in the echinoid *Paracentrotus lividus*. *Environmental toxicology and chemistry* 15, 1931-1936.

Warnau, M., Teysié, J.-L., Fowler, S.W., 1996b. Biokinetics of selected heavy metals and radionuclides in the common Mediterranean echinoid *Paracentrotus lividus*: sea water and food exposures. *Marine Ecology Progress Series* 141, 83-94.

Weinberg, S., 1992. Découvrir la Méditerranée, du rivage à quarante mètres de fond. Nathan édit. 352p.

X

Xu, F., Liu, Z., Cao, Y., Qiu, L., Feng, J., Xu, F., & Tian, X. (2017). Assessment of heavy metal contamination in urban river sediments in the Jiaozhou Bay catchment, Qingdao, China. *Catena*, 150, 9- 16. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.11.004>

Y

Yabanli, M., Alparslan, Y., 2015. Potential health hazard assessment in terms of some heavy metals determined in demersal fishes caught in eastern Aegean Sea. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 95, 494-498

Yap, C. K., Cheng, W. H., Karami, A., & Ismail, A. (2016). Health risk assessments of heavy metal exposure via consumption of marine mussels collected from anthropogenic sites. *Science of the total environment*, 553, 285-296

Young, C.M., Tyler, P.A., Fenaux, L., 1997. Potential for deep sea invasion by Mediterranean shallow water echinoids: pressure and temperature as stage-specific dispersal barriers. *Marine Ecology Progress Series* 154, 197-209.

Z

Zavodnik, D., 1987. Synopsis of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) in the Adriatic Sea. *In*: Boudouresque, C.F. (Ed.), Colloque International sur *Paracentrotus lividus* et les Oursins Comestibles, GIS Posidonie Publications, 21-22 février 1987, Marseilles, pp. 221–240.

Zhuang, W., Liu, Y., Chen, Q., Wang, Q., & Zhou, F. (2016). A new index for assessing heavy metal contamination in sediments of the Beijing-Hangzhou Grand Canal (*Zaozhuang Segment*): A case study. *Ecological Indicators*, 69(November), 252- 260. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.04.029>.

1-Les paramètres biométriques des trois stations :

Paramètres biométriques des trois stations

	Station					
	Akalal		Boussaadoun		Grand phare	
	Poids (g)	Longueur (cm)	Poids (g)	Longueur (cm)	Poids (g)	Longueur (cm)
une dizaine	55,45	8	40,8	5	66,99	8,5
	55,18	8	31,68	5,5	62,20	7,5
	57,49	7	43,23	5,5	54,76	8
	47,53	7	26,76	4	55,48	7
	51,38	6,5	34,52	4,5	54,55	6,5
	74,61	9	17,07	3	79,19	8
	58,58	7	28,61	5	84,43	8
	38,03	5,5	29,63	5	53,32	6,5
	31,75	5,5	26,90	4	57,51	7
	51,46	6,5	23,90	3,5	56,02	7
une dizaine	73,88	7,5	41,94	5	46,45	6,5
	75,05	8	52,03	7	35,90	5,5
	74,72	7	61,96	7	36,44	6
	43,96	5,5	39,37	5,5	67,64	7,5
	45,99	6	27,76	4	38,54	5
	40,96	6	36,07	5	72,43	7
	62,51	7,5	67,20	6,5	49,02	6
	63,87	6,5	34,19	5	38,29	5,5
	69,47	8	43,54	5,5	53,20	6,8
	80,43	8	48,21	6	37,69	6
une dizaine	84,86	9	35,61	5	42,01	6
	72,04	8	29,83	5	53,56	7
	65,58	7	36,71	5	54,69	7,3
	61,50	7	40,47	6	51,01	6,8
	66,05	7	39,29	5,5	58,69	7,8
	33,80	4,5	42,99	6	63,09	8
	60,15	6,5	33,39	5	41,80	6,5
	51,68	6,5	43,61	6	51,76	7
	72,18	7,5	33,15	5	43,32	6
	41,98	5	44,86	6,5	50,01	7,5
Moyenne	58,74 g	6,93 cm	37,84 g	5,38 cm	53,66g	6,85cm

NOM	PRENOM	Date de soutenance
BENSID LOUNIS	KHADIDJA IBTISSAM	Septembre 2022
Evaluation du risque sanitaire du Pb et Cd suite à la consommation des oursins de mer (<i>Paracentrotus lividus</i>)		
<p style="text-align: center;">Résumé</p> <p>Le but de cette étude est d'évaluer le risque de contamination par le cadmium et le plomb susceptible d'être présent dans la cote Jijilienne, Pour ce faire nous avons effectué des prélèvements d'une espèce d'invertébrés marins <i>Paracentrotus lividus</i> (Lmk, 1816). Dans trois différentes stations de la cote Jijélienne (Akalal, Boussadoune, Grand phare) pendant la saison de printemps. Les résultats obtenus ont mis en évidence des concentrations du plomb et du cadmium qui dépassent largement les valeurs limites (Européenne, Chinoise et Anglaise) des produits de mer destinées à la consommation humaine.</p> <p>L'évaluation du risque du cadmium et du plomb pour la santé humaine basé sur le calcul d'EDI et TQH a montré que l'espèce <i>Paracentrotus lividus</i> ne présente aucun risque pour la population qui la consomme. En ce qui concerne le risque cancérigène, nos résultats ont montré des valeurs de CR Cd sont supérieures aux valeurs limites indiquant donc un risque cancérigène potentiel pour la population consommatrice des oursins de mer.</p> <p>Mots clés : métaux lourds, oursin, évaluation du risque</p>		
<p style="text-align: center;">ملخص</p> <p>الغرض من هذه الدراسة هو تقييم مخاطر التلوث بالكاديوم والرصاص الذي يحتمل وجوده على الساحل الجيجلي ، لأجل ذلك ، قمنا بأخذ عينات من نوع من اللافقاريات البحرية (<i>Paracentrotus lividus</i> (Lmk1816) ، في ثلاثة مناطق مختلفة على الساحل الجيجلي Akalal ، Boussadoune ، Grand Phare) خلال فصل الربيع. كشفت النتائج التي تم الحصول عليها عن تركيزات الرصاص والكاديوم التي تتجاوز بكثير القيم الحدية (الأوروبية والصينية والإنجليزية) لمنتجات المأكولات البحرية المعدة للاستهلاك البشري.</p> <p>أظهر تقييم مخاطر الكاديوم والرصاص على صحة الإنسان بناءً على حساب EDI و TQH أن النوع <i>Paracentrotus lividus</i> لا يمثل أي خطر على السكان الذين يستهلكونه. فيما يتعلق بالمخاطر المسببة للسرطان، أظهرت نتائجنا أن قيم CR Cd أعلى من القيم الحدية، مما يشير إلى خطر محتمل للسرطنة على السكان الذين يستهلكون قنفاذ البحر.</p> <p>الكلمات المفتاحية: المعادن الثقيلة، قنفاذ البحر، تقييم المخاطر.</p>		
<p style="text-align: center;">Abstract</p> <p>The purpose of this study is to assess the risk of contamination by cadmium and lead likely to be present on the Jijilian coast. To do this, we took samples of a species of marine invertebrates <i>Paracentrotus lividus</i> (Lmk, 1816). In three different resorts on the Jijélienne coast (Akalal, Boussadoune, Grand Phare) during the spring season. The results obtained revealed concentrations of lead and cadmium which greatly exceed the limit values (European, Chinese and English) of seafood products intended for human consumption.</p> <p>The risk assessment of cadmium and lead for human health based on the calculation of EDI and TQH showed that the species <i>Paracentrotus lividus</i> does not present any risk for the population that consumes it. Regarding the carcinogenic risk, our results showed CR Cd values are higher than the limit values, thus indicating a potential carcinogenic risk for the population consuming sea urchins.</p> <p>Keywords : heavy metals, sea urchin, risk assessment</p>		

