

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة أمحمد بوقرة بومرداس  
Université M'hamed Bougara de Boumerdès



Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de  
**MASTER**

**Domaine** : Sciences de la Nature et de la Vie  
**Filière** : Sciences biologiques  
**Spécialité** : Biochimie appliquée

## Thème

**Evaluation de la contamination de la sardine  
(*Sardina pilchardus*) par les métaux lourds**

**Présenté par** : Boubacar Amadou Mamane Toukour

**Soutenu le** :

**Devant le jury composé de** :

Mr	Zidani	Sofiane	MCB	Faculté de technologie	Président
Mme	Maamri	Sara	MCB	Faculté des sciences	Examinatrice
Mr	Djeziri	Mourad	MRB	CRAPC/UMBB	Promoteur

2019-2020

## *Dédicace :*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes chers parents ma mère et mon père pour leurs patiences, leurs amours et leurs soutiens et encouragements durant toutes mes études*

*A mes frères.*

*A mes sœurs, leurs maris et leurs petits enfants*

*A mes amis qui m'ont été d'une source d'énergie positive chaque jour*

*Et à tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.*

# Remerciements

*Avant tout, permettez-moi de rendre grâce à Dieu le tout puissant de m'avoir donné la force, la volonté et le courage durant toutes ces années d'études et d'efforts pour l'accomplissement de ce travail. Qu'il me soit permis d'adresser mes plus vifs et sincères remerciements à mes parents et mes frères. Je tiens à exprimer ma profonde et respectueuse gratitude à Monsieur **Djeziri Mourad**, Professeur à l'université de Boumerdes qui n'a pas hésité à m'encadrer ainsi qu'à me faire profiter de son vaste savoir, de sa grande expérience, de ses conseils éclairés, et de sa constante disponibilité. Je n'oublierai pas d'adresser mes remerciements les plus chaleureux à tous mes enseignants du département de Biologie.*

## Liste des abréviations

**ETM** : Eléments en traces métalliques.  
**MT** : métaux traces.  
**Pb** : Plomb.  
**Cd**: Cadmium.  
**Hg**: Mercure.  
**UV** : Ultraviolet.  
**Mg** : Microgramme.  
**HAP** : hydrocarbures aromatiques polycycliques.  
**V**: vanadium.  
**Cr**: Chrome.  
**Mn**: Manganèse.  
**Co**: Cobalt.  
**Ni**: Nickel.  
**Cu**: cuivre.  
**Zn** : Zinc.  
**Ag**: Argent.  
**Sn**: Étain.  
**Tl**: Thallium.  
**Bi**: Bismuth.  
**As** : Arsenic.  
**Se**: Sélénium.  
**Sb** : Antimoine.  
**Te** : tellure.  
**COV** : composé organique volatil.  
**POP** : Produit Organique Persistant.  
**TRI**: Trichloroéthylène.  
**TCE**: Trichloroéthane.  
**PER**:Tetrachloroéthylène.  
**Diox**: Dioxines.  
**PCB**:Polychlorobiphény.  
**HCB**:Hexachlorobenzène.  
**TP** : Types de produits.  
**EDCH** : Eaux destinées à la consommation humaine.  
**Km**: kilomètre.  
**Kg**:kilogramme.  
**mm** : millimètre.  
**m<sup>3</sup>** : mètre cube.  
**m** : mètre.  
**h** : Hectare.  
**INIL** : Institut National des Industries.  
**INH** : Institut National des Hydrocarbures.  
**IAP** : Institut Algérien de Pétrole.  
**INILEC** : institut National de Gérée Électrique et Électronique.  
**INPED** : Institut National de la productivité et du Développement Industriel.  
**INGM** : Institut National de Génie Mécanique

**Liste des figures**

**Page**

**Figure 1** : *Sardina pilchardus* [Walbaum, 1792].....31

**Liste des tableaux**

**page**

**Tableau 1:** contaminants inorganiques et organiques par familles de produits.....9

**Tableau 2:** Quelques classes /sous-classes des pesticides.....11

**Tableau 3:** les sources des métaux lourds.....18

**Tableau 4:** Effets sur la santé du plomb : synthèse des données de la littérature.....21

**Tableau 5:** Solubilité des composés du Cr (VI).....22

## Sommaire

	Page
Dédicaces .....	i
Remerciements .....	ii
Liste des Abréviations .....	iii
Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux... ..	v
Sommaire.....	vi
Introduction générale.....	01
I-1- Généralités sur la pollution .....	04
I-2- Définition de la pollution marine .....	04
I-3- Origine de la pollution marine.....	05
I-4- Les type de pollutions.....	05
I-4-1- La pollution physique.....	05
I-4-1- La pollution chimique .....	06
I-4-3- Pollution biologique.....	06
I-4-4- La pollution accidentelle .....	07
I-4-5- La pollution chronique .....	07
I-5- Les différents types des polluants .....	07
I-6- Les Micropolluants organiques non pesticides .....	09
I-6-1- Les composés organiques volatils.....	09
I-6-2- Les sources de COV.....	10
I-6-3- Les Produits Organiques Persistants (POP).....	10
I-7- Les Micropolluants organiques : Pesticides et biocides .....	10
I-7-1- Les Pesticides.....	10
I-7-2- Les biocides .....	12
I-7-3- Les Micropolluants minéraux .....	12
La pollution par les métaux lourds.....	13
II-1-Introduction.....	14
II-2- Définition .....	14
II-3- Classification biologique des métaux lourds.....	15
II-3-1- Les éléments traces essentiels.....	15
II-3-2- Les éléments traces non essentiels.....	15
II-4- Caractéristiques de quelques métaux lourds .....	15
II-4-1- Les métaux essentiels .....	15
Le Zinc (Zn) .....	15
Le cuivre (Cu) .....	16
II-4-2- Les métaux non essentiels .....	17
Le cadmium (Cd).....	17
Le Plomb (Pb) .....	17
Le Mercure (Hg).....	17

II-5- Toxicité des métaux lourds.....	17
II-6-Les transferts de contaminants dans le milieu marin.....	18
II-6-1- La bioaccumulation .....	18
II-6-2- La bioconcentration .....	19
II-6-3- La bioamplification.....	19
II-7- Cycle biogéochimique des métaux lourds dans le milieu marin.....	19
II-8-Impact des métaux lourds sur la santé .....	20
II-8-1- Toxicité du Zinc.....	20
II-8-2- Toxicité du cuivre .....	20
II-8-3- La toxicité du mercure .....	20
II-8-4- La toxicité du plomb.....	21
II-8-5- La toxicité du cadmium .....	22
II-8-6- La toxicité du chrome .....	22
La pêche en Algérie.....	24
III-1- Introduction .....	25
III-2- Présentation de BOUMERDES .....	25
III-3- Cadre géographique de BOUMERDES.....	26
III-4- Population de la wilaya de BOUMERDES .....	26
III-5-Eau et Santé .....	26
III-5- 1- Les principales maladies et les principaux risques liés à l'eau et leurs causes ....	28
III-6- La pêche maritime .....	28
III-6-1- Structure de la flottille.....	29
III-6-2- Les petits métiers.....	29
III-6-3- Les produits de la pêche en Algérie .....	29
III-7- Présentation de l'espèce choisie pour notre étude La sardine .....	30
III-7-1-Généralités sur les clupéidés .....	30
III-7-2- Présentation de la sardine .....	30
III-7-3- Position systématique.....	30
III-7-4- Description de l'espèce .....	30
III-7-5- Différences avec les autres espèces les plus similaires .....	31
III-7-6- Biologie de la sardine .....	31
III-7-7- Distribution géographique.....	31
III-6-8- Nutrition et digestion.....	32
III-6-9- Respiration .....	32
III-6-10- Croissance .....	32
III-6-11- Reproduction .....	32
III-6-12- Comportement de la sardine.....	33
III-6-13- Valeur alimentaire de la sardine .....	33
Travaux antérieurs.....	35
Conclusion générale .....	39
Références bibliographiques.....	41



# Résumé

## Résumé

La pollution par les métaux lourds dans le milieu marin est l'un des problèmes les plus inquiétants dans la dégradation environnementale et sur la santé humaine à long terme, à cause de leur accumulation dans toute la chaîne trophique. L'homme consommateur final des produits marins et occupant le dernier maillon de la chaîne alimentaire peut à n'importe quel moment, en être victime de leurs toxicités. Notre travail consiste en la recherche et l'évaluation de quelques métaux lourds (Cu, Zn, Fe Cd, Pb, Ni, Hg et Cr) au niveau du chair, du foie et les viscères d'une espèce de poisson : la Sardine « *Sardina pilchardus* » procurée à la pêcherie de Zemmouri Wilaya de Boumerdes. Vue la situation de la pandémie (COVID 19) nous nous sommes limités à une étude bibliographique là où on a intégré les données nécessaires à cette thématique. Nous souhaitons continuer ce travail pour bien déterminer le niveau de contamination par les métaux lourds au niveau de la sardine pour sensibiliser le consommateur à être vigilant de tous ce qu'il consomme.

**Mots clés:** Métaux lourds, *sardina pilchardus*, contamination, risque cancérigène.

## Abstract

Heavy metal pollution in the marine environment is one of the most worrying problems in environmental degradation and long-term human health, due to their accumulation throughout the trophic chain. Human beings, who are the final consumers of marine products and the last link in the food chain, can at any time fall victim to their toxicity. Our work consists in the research and evaluation of some heavy metals (Cu, Zn, Fe Cd, Pb, Ni, Hg and Cr) in the flesh, liver and viscera of a species of fish: the Sardine "*Sardina pilchardus*" provided to the Zemmouri Wilaya de Boumerdes fishery. Given the situation of the pandemic (COVID 19), we limited ourselves to a bibliographical study where we integrated the necessary data for this theme. We wish to continue this work to determine the level of heavy metal contamination in sardines in order to make consumers aware of the need to be vigilant about what they consume.

**Key words:** Heavy metals, *sardina pilchardus*, contamination, carcinogenic risk.

## ملخص

يعد التلوث بالمعادن الثقيلة في البيئة البحرية من أكثر المشاكل إثارة للقلق في التدهور البيئي وصحة الإنسان على المدى الطويل ، بسبب تراكمها في جميع مراحل السلسلة الغذائية. يمكن أن يكون المستهلك البشري النهائي للمنتجات البحرية ويحتل الحلقة الأخيرة في السلسلة الغذائية ضحية لسميتها في أي وقت. يتكون عملنا من البحث والتقييم لبعض المعادن الثقيلة (النحاس والزنك والحديد الكادميوم والرصاص والنيكل والزرنيق والكروم) في اللحم والكبد وأحشاء أحد أنواع الأسماك: السردين " سردينا بيلكاردوس " تم الحصول عليه من مصايد زموري بولاية بومرداس. نظرًا لحالة الوباء (COVID 19) ، اقتصرنا على دراسة بيليوغرافية حيث قمنا بدمج البيانات اللازمة لهذا الموضوع. نريد أن نواصل هذا العمل لتحديد مستوى التلوث بالمعادن الثقيلة في السردين بشكل صحيح لتثقيف المستهلكين ليكونوا يقظين لكل ما يستهلكونه.

**الكلمات المفتاحية:** المعادن الثقيلة ، السردين ، التلوث ، مخاطر الإصابة بالسرطان.



Synthèse bibliographique



# Introduction générale

## **Introduction générale**

L'espace marin constitue une immense réserve de ressources énergétiques, minérales et biologiques qui est à la base de l'alimentation de l'immense majorité de la population mondiale. Pour cette dernière le poisson est considéré comme une source primordiale de nutriments essentiels tels que les acides aminés, les oligo-éléments, les vitamines liposolubles et les acides gras polyinsaturés [Mersaud, 2005 ; Ghaly *et al.*, 2013].

Cependant, cet espace ne cesse d'être menacé par différentes sources de pollutions qui risquent de diminuer ses potentialités économiques et d'avoir des répercussions néfastes sur la santé humaine. Le milieu marin méditerranéen est particulièrement exposé au déversement de déchets agricoles, de particules en suspension dans l'air et d'eaux de ruissèlements chargées d'agents pathogènes, de métaux lourds, de matières organiques polluantes, d'huiles et de substances radioactives [Mersaud, 2005].

L'Algérie est un pays méditerranéen qui se développe de jour en jour économiquement et industriellement, la source d'énergie de ce pays n'est autre que le pétrole et ses dérivés, en effet, les activités pétrolières et ses produits dérivés ne sont qu'une cause parmi tant d'autres (rejets urbains, agricoles et autres rejets industriels) de la pollution du littoral algérien [Bensahla talet, 2001].

La pollution par les métaux lourds, comme toutes les autres pollutions (pesticides, organochlorés, organophosphorés, d'hydrocarbures pétroliers, déchets nucléaires) représente actuellement un facteur toxicologique important, dont les conséquences sur les organismes marins peuvent affecter la vie marine, depuis les producteurs primaires ; le danger de contamination s'amplifie au fur et à mesure que l'on monte à travers les maillons des chaînes trophiques. Les éléments métalliques se caractérisent par leur persistance, leur toxicité et, de plus, se trouvent en concentrations très importantes à la fois dans les organismes marins et dans l'eau de mer, en raison du phénomène d'accumulation.

D'après [Chen *et al.*, 2000], les métaux qui sont transférés à travers le milieu aquatique aux poissons, aux hommes et autres animaux piscivores, peuvent avoir des impacts sur l'environnement et la santé humaine.

Par ailleurs la pêche à la sardine est une activité fortement influencée par les conditions hydrologiques. En effet la température agit directement sur les migrations ainsi que sur l'importance et les localisations des concentrations de sardine et donc sur leur accessibilité aux flottilles de pêche [Forest, 2001].

Notre travail consiste en la recherche et l'évaluation de quelques métaux lourds (Cu, Zn, Fe, Cd, Pb, Ni, Hg et Cr) au niveau du chair, du foie et les viscères d'une espèce de poisson : la Sardine « *Sardina pilchardus* » procurée à la pêcherie de Zemmouri Wilaya de Boumerdes. Mais en raison de la pandémie du COVID 19 ce travail est limité à quatre chapitres dont :

- ❖ Un premier chapitre qui présente des généralités sur la pollution ;
- ❖ Un deuxième chapitre qui aborde la pollution par les métaux lourds et caractéristiques de quelques métaux lourds ;
- ❖ Un troisième chapitre consacré à la pêche en Algérie et présentation de l'espèce *Sardina pilchardus* ;
- ❖ Un quatrième chapitre dans lequel on va parler des travaux antérieurs qui ont été élaborés sur cette thématique.

Et une conclusion qui achèvera ce mémoire.



Chapitre I  
La pollution

## I-1- Généralités sur la pollution

Le phénomène de pollution remonte aux origines de la vie. Les déchets mêmes des mécanismes physiologiques sont toxiques pour l'organisme humain ou bien servent à la prolifération de micro-organismes eux aussi ennemis de l'homme. Mais le terme de « pollution » n'est que d'un emploi courant récent. Il est emprunté directement au substantif latin « pollutio » qui signifiait « souillure » avec une nuance de profanation et les plus anciens emplois qui en ont été trouvés datent du XII<sup>e</sup> Siècle [Chartier, 1974].

On peut classer les pollutions à partir de nombreux critères.

- Selon la nature de l'agent polluant :

- Physique : rayonnements ionisants, réchauffement artificiel du milieu ambiant dû à une source de chaleur technologique ;
- Chimique : substances minérales, organiques abiotiques ou encore de nature biochimique ;
- Biologique : microorganismes pathogènes, populations d'espèces exotiques invasives introduites artificiellement par l'homme ;

- D'un point de vue écologique : en prenant en considération le milieu (air, eau, sol), ou le compartiment de la biosphère afférent (atmosphère, hydrosphère, pédosphère) dans lequel ils sont émis et sur les biocénoses desquels ils exercent leurs perturbations.

- D'un point de vue toxicologique : Considère le milieu ou la manière par laquelle les polluants contaminent les organismes. On distinguera, selon la voie de contamination : chez les végétaux une absorption stomatale, transfoliaire, ou une translocation radiculaire. Chez les animaux on peut distinguer une contamination par inhalation (chez les espèces terrestres), par absorption transbranchiale (chez les espèces aquatiques), par ingestion (par voie orale) ou encore pénétration transcutanée à la suite du contact de la peau ou du tégument avec le polluant [Guermazi, 2016].

## I-2- Définition de la pollution marine

C'est l'altération du milieu aquatique : modification de l'état d'un milieu aquatique ou d'un hydro-système, allant dans le sens d'une dégradation. Les altérations se définissent par leur nature (physique, ionique, organique, toxique et bactériologiques...etc.) et leur effet (eutrophisation, asphyxie, empoisonnement, modification des peuplements...etc.) [Malquiot et Bertolini, 2000].

La pollution peut avoir des répercussions à toutes les échelles trophiques, des producteurs primaires aux consommateurs supérieurs et, par conséquent, affecter le fonctionnement des écosystèmes. Les contaminants chimiques peuvent avoir des effets en cascade sur la croissance et la reproduction des organismes, entraînant des changements dans l'organisation biologique supérieure, chez les populations et les communautés [Amiard-Triquet et Amiard, 2008].

Actuellement, la pollution aquatique est devenue inquiétante suite à l'observation de conséquences défavorables sur les écosystèmes et les organismes. Malgré cette prise de conscience, la dégradation de l'environnement marin continue à s'intensifier [Larno, 2001].

### **I-3- Origine de la pollution marine**

La production et les émissions de polluants sont souvent dérivées des activités humaines, telles que l'agriculture (les fertilisants, pesticides et produits agrochimiques), l'industrie (les métaux lourds, les éléments traces et les composés organiques), l'urbanisme (agents pathogènes, substances organiques, métaux lourds et éléments traces contenus dans les eaux usées), le tourisme (détritus plastiques sur les côtes) etc.... [Larno, 2001].

### **I-4- Les types de pollutions**

#### ***I-4-1- La pollution physique***

Les pollutions physiques humaines sont de trois ordres :

- Les rejets de matières en suspension inertes ou fermentescibles ;
- Les rejets de calories ;
- Enfin les rejets pouvant entraîner une nuisance radio-activique [Chartier, 1974];

D'abord, les rejets de matières en suspension inertes ou fermentescibles : Ce sont les rejets d'eau de lavage provenant de l'exploitation de minéraux ou de minerais ou bien les rejets d'eau de séparation par flottation, (les lavoirs à charbon, par exemple), qui renferment des matières inertes en suspension à caractère minéral dominant et qui nécessitent un traitement physique. Mais certaines Eaux résiduaires organiques, Eaux usées domestiques et urbaines, Eaux industrielles des industries alimentaires, des industries des cuirset peaux, des Industries textiles, etc. contiennent des matières en suspension très fermentescibles qui nécessitent un traitement biologique pour pallier un développement microbien intense et la raréfaction de l'Oxygène dissous [Chartier, 1974].

Deuxième type de pollution physique : les rejets d'Eau de réfrigération, le plus souvent non souillés, mais chargés de calories. Ces rejets élèveront la température naturelle du milieu hydrique récepteur et entraîneront un appauvrissement physique de la teneur de l'eau fluviale en oxygène, voir une mutation dans les espèces qui composent le potamoplancton.

Troisième type de rejets physiques : les rejets susceptibles de provoquer une nuisance radio-activique. Actuellement, nous pouvons penser que la pollution radio-activique est rarement préoccupante. La contamination pourrait avoir deux origines : d'une part, les retombées d'aérosols radio-actifs consécutifs à l'explosion d'engins nucléaires et, d'autre [Chartier, 1974];

#### ***I-4-1- La pollution chimique***

C'est une pollution due au déversement de substances chimiques tels que les hydrocarbures, les détergents, les pesticides (DTT, Lindane), les métaux lourds (Pb, Cd, Hg) [Gis, 1996 ; Chemloul et Medjadji, 1997]. Leurs origines sont multiples : agriculture, industrie, vie en agglomération, transports, vie dans le monde moderne, accidents et négligences.

La pollution par des produits d'origine agricole affecte les eaux superficielles et les eaux souterraines ; elle s'accuse, d'ailleurs, avec l'emploi généralisé et intensif des engrais chimiques et des pesticides. Les fumiers et les purins créent de leur côté une pollution biologique non négligeable en raison du grand nombre de points de pollution. Mais les engrais chimiques, (les principaux étant les nitrates, les Chlorures de potassium, les phosphates et les superphosphates), polluent les nappes par entraînement partiel lors de l'infiltration des pluies et des Eaux d'arrosage. Les pesticides sont aussi une source de pollution: herbicides, insecticides et fongicides. [Chartier, 1974].

#### ***I-4-3- Pollution biologique***

Il peut s'agir de pollution par des micro-organismes (bactéries, virus, champignons) provenant des égouts qui peuvent proliférer à leur arrivée dans le milieu marin, même s'il est vrai qu'il s'agit d'un milieu qui ne favorise pas la vie de la plupart des agents pathogènes [Gravez & Bernard, 2006]. Cette pollution peut résulter du rejet dans les eaux continentales ou littorales d'une grande variété de substances organiques fermentescibles d'origines diverses (effluents urbains, matières fécales, industries, élevages) et se traduit par une forte contamination bactériologique. Elle soulève, dans bien des cas, de redoutables problèmes d'hygiène publique : qualité des eaux potables, salubrité des plages, qui ne sont pas limités aux seuls pays du tiers monde. Cette

extension incessante de la pollution microbiologique des eaux continentales et littorales à pour conséquence une recrudescence d'affections pathogènes (Colibacilles, hépatites, virus entériques) [Vincent, 2006].

Il peut également s'agir de l'introduction d'une espèce marine dans une zone où elle est normalement absente et dans laquelle elle a un impact non négligeable (ex : la caulerpe : *Caulerpa taxifolia* [Gravez & Bernard, 2006], et *Caulerpa racemosa* [Bentaallah & Kerfouf, 2013]).

Ces différents types de pollution peuvent être soit accidentels ou chronique [Beauchamp, 2003].

#### ***1-4-4-La pollution accidentelle***

Elle provient :

- ◆ En mer, suite à une collision, échouage de navire, perte de conteneurs, accidents sur plate-forme de forage ;
- ◆ à terre, suite à un accident dans une usine, accident de transport [Brémond et Perrodon, 2005].

#### **1-4-5-La pollution chronique**

Elle est faite de déversements volontaires, ou inconscients, et étalés dans le temps :

- ◆ En mer, rinçage des cuves de pétroliers (déballastage), des ordures et eaux usées des navires (y compris la navigation de plaisance), déversements volontaires de déchets solides à partir de navire, rejet d'effluents par canalisation immergée ;
- ◆ A terre, eaux usées des réseaux d'assainissement et des industries côtières, eaux de ruissellement des terres agricoles, eaux pluviales des zones urbaines et des axes routiers.

#### **1-5- Les différents types des polluants**

En général, les polluants peuvent être classés comme suit :

- Selon leur nature (substance matérielle, solide, liquide ou gazeuse), d'origine minérale, organique, ou rayonnement (rayonnement X, radioactivité) ou industrielle (automobiles, usines, pétrochimie, chimie fine, chimie lourde) anormalement présent dans un environnement donné ;
- Selon leurs cibles dans l'environnement (plantes, champignons, animaux à sang froid ou chaud, etc.) ;

- Selon leurs cibles internes à un organisme (ex : un neurotoxique affectant le système nerveux ou une de ses parties) ;
- Selon les compartiments de l'écosystème qu'ils affectent (polluants de l'eau, de l'air, des sols),
- Selon leur mode d'action :
  - directe (l'arsenic qui tue l'animal)
  - indirecte (ex : les substances qui affectent la couche d'ozone et qui indirectement provoquent une augmentation des UV cancérigènes et mutagènes).
  - synergiques (Les polluants peuvent renforcer ou atténuer leurs effets, on parle alors respectivement de synergie positives ou négatives, ou de potentialité.
- Selon la durabilité de leurs effets :

Parmi les substances chimiques polluantes, on distingue par exemple celles qui sont biodégradables, dégradables et celles qui ne le sont pas. De même on considère la demi-vie des polluants radioactifs, qui varie de quelques microsecondes à des centaines de milliers d'années.

- Enfin selon leur taille ou l'importance de la dose posant problème :  
On appelle **micropolluants** des produits actifs (minéraux ou organiques) toxiques à des concentrations infimes (de l'ordre du  $\mu\text{g/l}$  ou moins), ils sont susceptibles de contaminer les différents compartiments eau/air/sol puisqu'ils sont directement introduits au sein même de l'écosystème. En raison même de leur impact sur le milieu, ces polluants font de plus en plus l'objet d'un suivi régulier. Cependant, leur détection dans les écosystèmes aquifères est difficile, en raison de la multiplicité des substances, la variabilité des contaminations et leur très faible concentration [RNB, 1999].

En effet deux familles de micropolluants sont à distinguer :

- ◆ **Les micropolluants minéraux** : il s'agit principalement des métaux. Ils peuvent être à la fois toxique lorsqu'ils sont en grande quantité ou indispensables à la vie en faible quantité (oligo-éléments). Leur présence dans le milieu peut être naturelle. Les principaux métaux suivis sont le cadmium, le mercure, le cuivre, le chrome, le zinc, le nickel, le plomb... Les composés minéraux proviennent surtout des activités industrielles, minières et agricoles.
- ◆ **Les micropolluants organiques** sont très nombreux. Il est difficile d'en faire la liste du fait de la complexité de leur analyse et, pour certains, du manque d'informations disponibles. On peut citer les solvants, les plastifiants, les détergents, les désinfectants, les conservateurs, les médicaments (antibiotiques, antidépresseurs...), les hormones synthétiques ou naturelles, les

produits de combustion (HAP, dioxines), les biocides et les pesticides. Ils sont pour la plupart des produits de synthèse [Denis Fraysse, 2019].

**Tableau 1:** contaminants inorganiques et organiques par familles de produits [Bruno Lemière, 2001].

<b>Produits</b>	<b>Polluants types</b>
Non métaux lourds et métalloïdes associés	V, Cr, Hg, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd, Sn, Tl, Pb, Bi, As, Se, Sb, Te.
Anioniques et autres	Nitrates, nitrites, Sulfates, fluorures, chlorures, cyanures.
Hydrocarbures ou Huiles minérales	Essence, diesel, fuel, naphta, goudron
Produits organiques industriels	Bases de chimie de synthèse, solvants traitements.
Phytoprotecteurs	Herbicides, insecticides, acaricides, raticides et fongicides.
Autres	Tensioactif, Militaires.

## I-6- Les Micropolluants organiques non pesticides

### I-6-1- Les composés organiques volatils

Les composés organiques volatils, ou **COV** sont des composés organiques pouvant facilement se trouver sous forme gazeuse dans l'atmosphère. Leur volatilité leur confère l'aptitude de se propager plus ou moins loin de leur lieu d'émission, entraînant ainsi des impacts directs et indirects sur les animaux et la nature. Ils peuvent être d'origine anthropique (provenant du raffinage, de l'évaporation de solvants organiques, imbrûlés, etc.) ou naturelle (émissions par les plantes ou certaines fermentations). Selon les cas, ils sont plus ou moins lentement biodégradables par les bactéries et champignons, voir par les plantes, ou dégradables par les rayonnements UV ou par l'ozone [Guermazi, 2016].

Les grandes familles de composés organiques volatiles :

- les alcanes (saturés, abondants, par exemple propane) ;
- lesalcènes (liaison doubles, très réactifs) ;
- lesdiènes et les terpènes (multiples doubles liaisons) ;
- les aromatiques mono ou polycycliques (assez abondants et réactifs, par exemple, benzène, toluène ...) ;
- lescomposés oxygénés (aldéhydes, cétones, esters, alcool ...) ;
- les aromatiques mono ou polycycliques (assez abondants et réactifs, par exemple, benzène, toluène ...). Parmi les aromatiques, **les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)** constituent un groupe particulier en raison de leurs caractéristiques chimiques et toxicologiques (cancerigènes). Les (HAP) et leurs avatars **halogénés** (notamment les PCB et dioxines) sont plus toxiques et persistants. Ils résistent mieux à la digestion anaérobie [ChristianCouturier, 2002 ; Guermazi, 2016].

### ***I-6-2- Les sources de COV***

Il existe une multitude de COV et leurs sources d'émissions sont tout aussi diverses. Les émissions sont dues à certains procédés industriels impliquant la mise en oeuvre de solvants (chimie de base et chimie fine, parachimie, dégraissage des métaux, application de peinture, imprimerie, colles et adhésifs, caoutchouc, etc....), ou n'impliquant pas de solvants (raffinage du pétrole, utilisation de CFC, production de boissons alcoolisées, de pain, etc.)[Dorothee GRANGE, 2007 ;Guermazi, 2016].

### ***I-6-3- Les Produits Organiques Persistants (POP)***

Il existe douze composés organiques toxiques à basse concentration. Ce sont des résidus industriels souvent toxiques, mutagènes et cancérogènes, qui interfèrent avec notre système hormonal et sexuel. La liste la plus communément admise est la suivante : Trichloroéthylène (TRI), Trichloroéthane (TCE), Tetrachloroéthylène (PER), Dioxines et furanes (Diox), Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), Polychlorobiphényles (PCB) et Hexachlorobenzène (HCB). Ils sont lipophiles, semi-volatiles et circulent plus ou moins bien dans l'air, en fonction de la température de celui-ci[Guermazi, 2016].

## **I-7- Les Micropolluants organiques : Pesticides et biocides**

### ***I-7-1- Les Pesticides***

Les pesticides, encore appelés produits phytopharmaceutiques sont donc toutes les substances chimiques naturelles ou de synthèse utilisées en agriculture pour contrôler les différentes sortes de nuisibles (pests) (maladies, ravageurs et mauvaises herbes) à l'exception des produits à usage médical et vétérinaire. Mais un certain nombre de produits peuvent être à usage mixte. Certains usages ne sont pas spécifiquement agricoles (traitement du bois à l'extérieur ou à l'intérieur, voies ferrées, allées des cimetières et jardins, usage "militaire"... ) et peuvent entraîner une accumulation identique. De même l'éradication des maladies transmises par des insectes (paludisme, trypanosomiase, fièvre jaune) a justifié le recours très large à des insecticides. Les pesticides sont le plus souvent classés en fonction du ravageur visé (insecticides (insectes), acaricides (acariens), aphicides (pucerons), ovicides (œufs), larvicides (larves), herbicides (plantes indésirables), fongicides (champignons), molluscicides (mollusques), hélicides (escargots), rodenticides (rongeurs), taupicides (taupes), corvicides (oiseaux), termicides (termites), les produits répulsifs...) selon le comité sécurité alimentaire d'aprifel (2004).

**Tableau 2 :** Quelques classes /sous-classes des pesticides selon le comité sécurité alimentaire d'aprifel (2004) .

<b>Les Fongicides</b>	<b>Les Insecticides</b>	<b>Les Herbicides</b>
<p>Très fréquemment employés contre les maladies cryptogamiques, les fongicides assurent une excellente protection contre le développement des champignons parasites et permettent l'obtention de plantes saines. On distingue deux grands groupes de fongicides : les fongicides minéraux et les fongicides organiques qui sont majoritairement des produits de synthèse.</p> <p><b>Les fongicides minéraux :</b></p> <p>Les fongicides à base de cuivre, les fongicides à base de soufre, Les fongicides à base de permanganate de potassium.</p> <p><b>Les fongicides organiques :</b></p> <p>Les carbamates, Les dérivés du phénol, Les dicarboximides, Les amides et amines, Les inhibiteurs de la biosynthèse des stéroïdes, Les anilino pyrimidines, Les méthoxyacrylates et fongicides apparentés.</p>	<p>Les trois plus grandes familles auxquelles appartiennent les insecticides organiques de synthèse sont :</p> <p><b>Les organochlorés :</b></p> <p>Les organochlorés sont des insecticides qui contiennent du carbone, de l'hydrogène et des atomes de chlore. Ces sont les insecticides les plus anciens même s'il persiste actuellement peu de substances actives encore autorisées.</p> <p><b>Les organophosphorés :</b></p> <p>Ils appartiennent à la famille chimique des anticholinestérasiques. Ce sont des esters de l'acide phosphorique dont les noms de substances actives sont le plus souvent identifiables par leur terminaison en "phos" ou en "thion".</p> <p><b>Les carbamates :</b></p> <p>Ce sont des insecticides dérivés de l'acide carbamique, qui agissent en inhibant l'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase, inhibition qui peut être réversible dans certains cas. Le carbaryl est le carbamate le plus utilisé en raison de son spectre d'action très étendu pour les contrôles des insectes et en raison de sa faible toxicité chez les mammifères.</p>	<p><b>Les herbicides appliqués au niveau foliaire :</b></p> <p>Les régulateurs de croissance, les inhibiteurs de la synthèse d'acides aminés, les destructeurs de la membrane cellulaire, les inhibiteurs de la photosynthèse.</p> <p><b>Les herbicides appliqués au niveau du sol :</b></p> <p>les inhibiteurs de la division cellulaire, les destructeurs de pigments.</p>

### ***I-7-2- Les biocides***

Les biocides se définissent comme toutes substances actives et préparations contenant une ou plusieurs substances actives et qui sont destinées à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre de toute autre manière, par une action chimique ou biologique.

Il existe 23 types de produits (TP) classés en 4 groupes (annexe V de la directive 98/8/CE) :

- Les désinfectants et produits biocides généraux (ex : désinfectants pour l'hygiène, ou désinfectants de surface) : TP 1 à 5
- Les produits de protection (ex : produits pour la protection du bois contre les insectes et champignons) : TP 6 à 13
- Les produits antiparasitaires (ex : rotendicides ou insecticides) : TP 14 à 19
- Les autres produits biocides (ex : produits antisalissure, fluides utilisés dans la thanatopraxie ou taxidermie) : TP 20 à 23 [Chambre de commerce et d'industrie de Lyon, 2012].

### ***I-7-3- Les Micropolluants minéraux***

La toxicité des métaux, et notamment des métaux lourds, est liée non seulement à leur concentration, mais aussi et surtout à la forme (ou « spéciation ») dans laquelle ils se trouvent. Seule la forme libre du métal comporte un risque de toxicité, et la concentration en métaux solubles n'est généralement que de 0,5 à 4 % de la concentration totale en métaux. La digestion anaérobie ne détruit pas les métaux, mais elle modifie leur spéciation par différents mécanismes chimiques et, surtout, biologiques [Christian Couturier, 2002].

Si les métaux lourds comme le plomb et le mercure peuvent être mortels lorsqu'ils sont ingérés en grande quantité sur une courte période, la plupart des métaux lourds nuisent à la vie marine en réduisant généralement la longévité des organismes, ainsi que leur « recrutement », ou leur capacité d'avoir une descendance qui leur survive. La réduction de la durée de vie et du recrutement des organismes clés affaiblit considérablement l'écosystème, le rendant plus vulnérable à d'autres menaces comme la surpêche, les changements climatiques ou l'acidification des océans. La dégradation du milieu marin est souvent attribuée à la combinaison de ces facteurs de perturbation plutôt qu'à une cause unique [Michael Madsen, 2013].



Chapitre II

La pollution par les métaux lourds

## II-1-Introduction

La pollution de l'environnement et l'exposition permanente des êtres humains à des métaux lourds toxiques tels que le mercure, le cadmium ou le plomb sont de graves problèmes qui ne cessent de prendre de l'ampleur dans le monde entier. L'exposition aux métaux lourds s'est fortement aggravée au cours des cinquante dernières années avec l'augmentation exponentielle de l'utilisation de métaux lourds dans les processus et produits industriels. Alors que cette exposition aux métaux lourds se fait généralement de manière latente et à petites doses quotidiennes dans différents composants naturels, aliments ou matériaux qui nous entourent, elle peut occasionnellement s'amplifier de manière accidentelle. [M. J. Huss *et al.*, 2011].

Chaque année, des millions de tonnes de métaux en trace sont extraits du sol et ensuite dispersés dans la biosphère. La circulation croissante des métaux toxiques à travers les sols, l'eau et l'atmosphère, et leur passage inévitable dans la chaîne alimentaire humaine, constituent un problème qui entraîne des risques de santé inconnus pour les générations futures. Chaque sol a une capacité limitée de rétention des métaux en trace, et on s'inquiète de plus en plus en constatant que de nombreux sols au Japon et en Europe Centrale sont ou seront bientôt saturés de métaux toxiques, au rythme actuel des dépôts [Robert Leygonie, 1993].

## II-2- Définition

Un métal est un élément chimique, issu le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal, doté d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie et ce depuis l'antiquité [Adriano, 2001].

Le terme « **métaux traces** » (MT) est actuellement utilisé pour désigner les métaux lourds, car ceux-ci se retrouvent à l'état de trace dans les eaux et les solides. On les appelle également éléments traces métalliques.

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

Tout métal ayant une densité supérieure à  $5 \text{ g/cm}^3$  ;

Tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur du sodium ( $Z=11$ ) ;

### **II-3- Classification biologique des métaux lourds**

La classification des métaux lourds est souvent discutée, car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement « lourds » comme le zinc. D'un autre côté, certains éléments ne sont pas des métaux mais des metalloïdes comme le cas de l'arsenic. Pour ces différentes raisons, la plupart des scientifiques préfèrent l'appellation métaux lourds celle de (éléments en traces métalliques) (ETM), où par extension éléments traces [Miquel, 2001].

#### ***II-3-1- Les éléments traces essentiels***

Les métaux essentiels sont des éléments indispensables, à l'état de traces, pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en très faible proportions dans les tissus biologique [Loué, 1993]. Ces oligoéléments doivent répondre aux critères fixés par [Cotzias, 1967].

- Être présent dans les tissus vivants à une concentration relativement constante ;
- Provoquer, par leur absence dans l'organisme, des anomalies structurelles et physiologiques ;
- Prévenir ou guérir les troubles par l'apport de ce seuil d'élément.

#### ***II-3-2- Les éléments traces non essentiels***

Les métaux non essentiels n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule mais présentent un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration, c'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg) et du cadmium (Cd) [Chiffolleau, 2004].

### **II-4- Caractéristiques de quelques métaux lourds**

Les métaux lourds possèdent les propriétés physiques générales des métaux (bonne conductivité thermique et électrique). Ils sont fortement électropositifs et donnent par perte d'électrons des cations métalliques de charge variable. Ces cations métalliques, qui présentent à la fois des densités de charge élevées et un caractère électrophile, peuvent former avec des ligands des liaisons ioniques, covalentes ou intermédiaires, et donnent naissance à des complexes plus ou moins stables [Diard, 1996].

#### ***II-4-1- Les métaux essentiels***

- **Le Zinc (Zn)**

Le Zinc est un métal de couleur bleu-gris moyennement réactif qui se combine avec l'oxygène et d'autres éléments non métalliques, et qui réagit avec des acides dilués en dégageant de l'hydrogène [Bentata, 2015]. Il entre dans la composition de divers alliages (laiton, bronze, alliage

légère), il est utilisé dans la construction immobilière, dans les équipements pour l'automobile, dans les chemins de fer et dans la fabrication de produits laminés ou formés. Ce métal constitue également un intermédiaire dans la fabrication d'autres composés et sert d'agent réducteur en chimie organique et de réactif en chimie analytique [Belabed, 2010]. Le Zinc est un élément essentiel pour le développement des organismes vivants. Le corps humain contient 2 à 4 grammes de Zinc, il sert notamment de catalyseur dans des réactions enzymatiques et d'élément coordinateur pour de nombreuses protéines et enzymes [Berg, 1986 ; Solis et al. 1999]. Chez l'homme, les protéines de type doigts de Zinc, caractérisées par l'utilisation du Zinc comme élément récepteur et coordinateur, jouent un rôle d'activateur ou de répresseur de la transcription du matériel génétique [Berg & Shi, 1996].

- **Le cuivre (Cu)**

Le cuivre est un métal de couleur rougeâtre, il possède une haute conductivité thermique et électrique à température ambiante. Il est l'un des rares métaux qui existent à l'état natif [Hurlbut & Klein, 1982]. Il est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques et de sa conductibilité électrique et thermique. Il est utilisé dans la métallurgie, dans la fabrication des alliages, de bronze (avec étain), de laiton (avec zinc), ou de joaillerie (avec or et argent). Il est très largement employé dans la fabrication de matériel électriques (fils, enroulements de moteurs, transformateurs), dans la plomberie, dans les équipements industriels, dans l'automobile et en chaudronnerie [Casas, 2005]. L'acétate de cuivre est utilisé comme catalyseur, notamment dans la fabrication de caoutchouc, comme pigments pour les céramiques et les teintures, comme catalyseur, agent désodorisant, désulfurant ou purifiant, fixateurs pour la photographie. Aussi la forme hydratée de cuivre est utilisé comme fongicides agricole, bactéricides, et herbicides [Casas, 2005].

La nécessité du cuivre pour les êtres vivants a été découverte assez récemment, cet élément a été reconnu comme un cofacteur essentiel dans la synthèse d'un grand nombre de protéines impliquées dans les réaction d'oxydoréduction, liant ou activant l'oxygène moléculaire. Le cuivre est le coenzyme de nombreuses métalloprotéines comme l'acrobate oxydase et la tyrosinase [Favier, 1990]. Il joue également un rôle dans la synthèse de l'hémoglobine [Chappuis, 1991].

#### II-4-2- Les métaux non essentiels

- **Le cadmium (Cd)**

Le cadmium est un métal blanc argenté, ayant des propriétés physiques proche de celle de zinc, c'est l'un des métaux les plus toxiques non essentiel dans l'environnement [Prankel *et al*, 2004]. Le cadmium a servi pour protégé l'acier contre la corrosion (cadmiage) ou encore comme stabilisant pour les plastiques et comme pigments dans les produits céramiques [Jarup, 2002].

- **Le plomb (Pb)**

Le plomb est un métal gris bleuâtre possédant 20 isotopes dont quatre sont naturels. C'est un élément très présent dans l'écorce terrestre, il s'y retrouve sous forme de minerai et il est souvent lié à l'argent et au zinc, les principaux minerais du plomb sont la galène (composé de sulfure de plomb), la cérusite (composé de carbonate naturel de plomb) et l'anglésite (composé de sulfate naturel de plomb) [Garnier, 2005].

- **Le Mercure (Hg)**

C'est une substance classée dangereuse prioritaire par la Directive européenne 2000/60/CE. De plus, la classification CEE (étiquetage réglementaire des substances et préparations dangereuses) identifie le mercure comme « très toxique pour les organismes aquatiques, et pouvant entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique » [Boucheseiche, 2002]. Il est utilisé dans le passé pour produire de nombreux remèdes simples ou composés [Dina, 2012]. Le mercure existe à divers degrés d'oxydation. Cependant le mercure métallique n'est pas oxydé à l'air sec mais en présence d'humidité (Dina Baghdadi, 2012). Le mercure est extrait du cinabre (sulfure de mercure), par des techniques minières classiques. Le mercure, libéré sous forme de vapeur, est recueilli par condensation [Stellio, 2005]. Le mercure est utilisé par l'homme dans de multiples domaines. Il a été largement utilisé dans l'agriculture (pesticide), comme fongicide pour les papeteries et les industries de peinture, pour le traitement des minerais d'or et d'argent, dans l'industrie catalytique et l'électrolyse, dans les équipements électroniques et électriques, les lampes, les explosifs, les batteries et les instruments de mesure [Lindqvist, 1991].

#### II-5- Toxicité des métaux lourds:

La toxicité des métaux lourds est due essentiellement à :

- Leur non-dégradabilité.
- Leur toxicité à faible concentration.
- Leur tendance à s'accumuler dans les organismes vivants et à se concentrer le long des chaînes trophiques.

La toxicité d'un élément métallique dans l'environnement dépend de la forme chimique sous laquelle il existe [Geldmacher-von., et al 1991]. L'une des caractéristiques de la toxicité des métaux est leur pouvoir de former des ligands [Morgan Jet al, 1991]. La disponibilité et la toxicité dépendent de la concentration des ions libres de l'élément, ainsi que de la concentration totale du métal ou de celle du complexe du métal.

**Tableau 3** : les sources des métaux lourds [M. Jean Huss, 2011].

Métal	Sources
<b>Aluminium</b>	Canettes de boissons, médicaments (vaccins, pansements gastriques, céramiques orthopédiques et dentaires, colles médicales), cosmétiques, crème solaire, dentifrice, déodorants, casseroles, papier aluminium utilisé en cuisine ; Chaîne alimentaire : eau potable, légumes, additifs alimentaires (biscuits, produits laitiers et autres produits sucrés).
<b>Arsenic</b>	Chaîne alimentaire : eau potable (dépôts minéraux naturels), légumes, notamment laitues, fruits de mer
<b>Cadmium</b>	Produits céramiques en contact avec les denrées alimentaires, cigarettes et fumées de cigarette, piles ; Chaîne alimentaire : eau potable, légumes, fruits de mer, foies et reins d'animaux
<b>Mercure</b>	Production de chlore, extraction d'or, piles, appareils de mesure, amalgames dentaires, fumée de cigarette ; Chaîne alimentaire : poissons (espadons, thons, raies et requins)
<b>Nickel</b>	Bijoux, pièces de monnaie ; Chaîne alimentaire : eau potable, mollusques, chocolat, soja, noix, farine d'avoine
<b>Plomb</b>	Batteries et accumulateurs, peintures anciennes.
<b>Zinc Organique</b>	Suppléments vitaminiques, écrans solaires, déodorants, produits de pied d'athlètes, shampooings antipelliculaires.

## II-6-Les transferts de contaminants dans le milieu marin

Beaucoup d'organismes marins accumulent les contaminants, à de très fortes concentrations, dans leurs tissus, ces processus d'accumulation dépendent des taux d'assimilation, d'excrétion et de stockage de chaque élément [Rainbow & Phillips, 1993].

### II-6-1- La bioaccumulation

La Bioaccumulation est définie comme un mécanisme physiologique qui se traduit par la fixation des substances toxiques dans les organismes marins, c'est donc la possibilité pour une espèce donnée de concentrer un toxique donné à partir du milieu extérieur, ces substances non biodégradables vont se concentrer le long des divers maillons de la chaîne trophique, les concentrations maximales se trouvent chez les grands prédateurs (poissons, mammifères marins, l'homme) ou chez les mollusques filtreurs comme les moules [Boutiba, 2004].

### **II-6-2- La bioconcentration**

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

### **II-6-3- La bioamplification**

C'est une concentration d'un toxique après consommation de plus petit organisme de la chaîne par le plus grand ; il s'agit dans ce cas de la possibilité pour un toxique d'être cumulé par une chaîne trophique, si le toxique n'est pas dégradé ou éliminé, il va s'accumuler de plus en plus au niveau de chaque maillon de la chaîne alimentaire [Boutiba, 2004].

### **II-7- Cycle biogéochimique des métaux lourds dans le milieu marin**

Le déroulement général d'un cycle biogéochimique semble s'effectuer selon deux grandes étapes.

- ❖ Une première consisterait en un piégeage des polluants métalliques par des particules en suspension, par la biomasse marine et par le sédiment, en fonction des conditions physicochimiques du milieu marin et cela par :
  - a- **La précipitation** : phénomène qui s'opère lorsque le polluant métallique en solution chute par gravitation au fond du milieu marin. Cependant en eau profonde, certains métaux pourraient retourner en solution bien avant d'atteindre le fond.
  - b- **L'absorption** : phénomène qui a lieu quand les molécules ou les ions métalliques se fixent à la surface des composantes marines (particules, organisme marins, sédiments).
  - c- **L'adsorption** : c'est le passage du polluant métallique dans un organisme marin.
  - d- **La sédimentation** : phénomène qui s'effectue lorsque les ions métalliques se superposent formant ainsi des couches sédimentées. Les animaux benthiques participent à l'accélération du dépôt des particules et de leurs métaux associés en les consolidant dans des matières fécales. Ces animaux participent ainsi à la sédimentation du milieu marin [Ramade, 1992].
- ❖ Une deuxième étape inverse à la première, consisterait en un relargage de ces polluants par désorption ou sorption qui est le phénomène inverse à l'adsorption, par diffusion ou propagation dans le milieu marin par redissolution ou remise en solution des produits précipités par décomposition et reminéralisations des matières organiques, et parfois même par redistribution par le biais des organismes marins [Aouameur, 1990].

## II-8-Impact des métaux lourds sur la santé

### II-8-1- Toxicité du Zinc

L'intoxication aiguë par ingestion du zinc est relativement rare ; elle provoque des Problèmes gastro-intestinaux et des diarrhées. L'inhalation chronique du zinc peut mener à une diminution de l'absorption du cuivre diététique et à des problèmes liés à une carence Cuivrique, se manifestant par une diminution du nombre d'érythrocytes [Liu *et al.*, 2008]. Une inhalation aiguë d'oxyde de zinc peut occasionner les symptômes associés à une fièvre des métaux : des douleurs thoraciques, fièvre, des nausées, une toux, des grlottements et une leucocytose. Le potentiel cancérigène du zinc n'a pas été démontré jusqu'à ce jour. Par ailleurs, une carence peut s'avérer néfaste chez l'humain. [Liu *et al.* 2008].

### II-8-2- Toxicité du cuivre

Le cuivre rejeté dans le milieu marin est absorbé par les sédiments, le phytoplancton, les algues supérieurs et la faune benthique et pélagique, il a été démontré que le cuivre provoque une altération des branchies chez les poissons et retarde leur ponte [Haguenoer & Furon, 1981]. Selon Haguenoer et Furon (1981) le cuivre est responsable de la maladie de "Wilson" chez l'homme, qui est due à l'accumulation du cuivre dans le foie.

### II-8-3- La toxicité du mercure

Par ingestion, le mercure métallique n'est pas toxique car, il est très faiblement absorbé au niveau digestif. Il est beaucoup plus toxique par inhalation en raison de sa très bonne absorption pulmonaire. En intoxication aiguë, la toxicité n'apparaît qu'au bout de quelques heures ; elle est dominée par les signes d'une irritation intense des voies aériennes qui peut évoluer vers une alvéolite hémorragique parfois mortelle tandis que les signes de toxicité systémiques sont modérés ou absents. Les signes cliniques de l'intoxication chronique sont identiques à ceux causés par les dérivés inorganiques. Ils sont dominés par l'atteinte neurologique. L'encéphalopathie d'abord marquée par des signes peu spécifiques (céphalées, irritabilité, troubles du sommeil...) et une modification des tests psychométriques évolue vers un syndrome cérébelleux avec tremblements [Joël poupon, 2007].

La toxicité aiguë du mercure varie avec la température et la salinité du milieu : elle augmente généralement avec la température et à faible salinité [Marchand et Kantin, 1997]. Les larves et les embryons figurent parmi les plus sensibles. Le mercure est donc considéré comme un élément extrêmement toxique pour la vie aquatique puisque les doses létales les plus basses sont inférieures à  $10 \mu \text{g.L}^{-1}$  à certains stades du développement d'espèces déjà constatées comme très sensibles ; les concentrations sans effet sont inférieures à  $1 \mu \text{g.L}^{-1}$  [Gesamp, 1997].

**II-8-4- La toxicité du plomb**

L'ingestion d'aliments contaminés est considérée comme l'une des voies principales d'exposition au plomb, ce métal est une substance qui s'accumule dans les os et les tissus mous. Une exposition à de faibles doses de plomb peut avoir certains effets sur le développement intellectuel et le comportement des enfants [Nolasco, 2013]. D'après Nolasco (2013), une exposition à des taux élevés de plomb peut notamment causer des maladies rénales, des retards mentaux, de l'anémie et des problèmes de reproduction. Selon le même auteur, une exposition chronique au plomb peut avoir des effets cardiovasculaires négatifs sur l'humain, il s'avère aussi cancérigène. Selon le ministère de la solidarité et de santé française La plombémie ou taux de plomb dans le sang est l'indicateur de référence pour dépister une contamination. L'élimination du plomb dans l'organisme est lente après l'arrêt de l'exposition : sa demi-vie est de 15 à 20 ans.

**Tableau 4** : Effets sur la santé du plomb : synthèse des données de la littérature Selon le Haut Conseil de la santé publique (Octobre 2017).

Plombémie (µg /l)	Effets
>2000	Risque de décès, d'encéphalopathie sévère chez l'adulte.
2000-1500	Hépatite cytolytique Syndrome de Toni-Debré-Fanconi.
1500-1000	Risque d'intoxication mortelle, encéphalopathie sévère, chez l'enfant. Risque de neuropathie périphérique cliniquement évidente, chez l'adulte. Colique saturnine
1000-700	Anémie, risque d'encéphalopathie sévère chez l'enfant
700-500	Signes électriques de neuropathie périphérique décelables au niveau individuel Élévation de l'Acide δ-aminolévulinique urinaire au-dessus de la valeur limite Douleurs abdominales et ralentissement du transit digestif Risque de néphropathie glomérulaire et tubulo-interstitielle (après exposition prolongée).
500-400	Troubles mentaux organiques avérés, chez l'adulte. Risque d'encéphalopathie subaiguë, chez l'enfant. Premiers signes d'atteinte tubulaire rénale. Diminution du taux d'hémoglobine (anémie seulement au-delà de 700-800 µg/L)
400-200	Diminution des vitesses de conduction nerveuse Élévation de la <i>Protoporphyrine-zinc</i> . Inhibition de la synthèse de la vitamine D. Augmentation du délai nécessaire pour concevoir chez les hommes exposés. Augmentation du risque d'avortement, en cas d'exposition pendant la grossesse.
200-100	Altérations du spermogramme.
100-50	Retard de la maturation sexuelle chez l'enfant. Augmentation du risque de retard pubertaire. Augmentation du risque d'hypertension artérielle gravidique Inhibition de la <i>Déshydratase de l'acide δ-aminolévulinique</i> .
<50	Troubles cognitifs, diminution de l'acuité auditive, chez l'enfant. Élévation de la pression artérielle chez l'adulte. Diminution du débit de filtration glomérulaire chez l'adulte et l'adolescent. Augmentation du risque de petit poids de naissance, en cas d'exposition <i>in utero</i> . Inhibition du développement staturo-pondéral chez l'enfant.

**II-8-5- La toxicité du cadmium**

Le Cadmium présente des risques chez le consommateur, même à faible concentration. En effet, cette molécule tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie) et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées [Chiffolleau et al, 2001]. Chez l'homme le phénomène de toxicité aiguë est connu depuis 1950 sous le nom de syndrome d'Itai-Itai défini par l'association d'une insuffisance rénale avec ostéoporose (déminéralisation et fragilisation des os ) et ostéomalacie (déminéralisation et déformation des os ) ,le nom de ce syndrome provient des cris poussés par les malades, riziculteurs (âgés de 40 à 60 ans) du bassin de la rivières Jistu au japon intoxiqués suite à la consommation de riz contaminés par les rejets d'une usine de métaux non ferreux. La dose hebdomadaire tolérable (DHT) pour l'homme est de 7ug de Cadmium par kilogramme de poids corporel [Chiffolleau *et al.* 2001].

**II-8-6- La toxicité du chrome**

Les rejets directs de chrome dans les eaux continentales ou côtières sont essentiellement d'origine industrielle, notamment les industries de traitement de surface, placage, décapage et polissage des métaux. Les émissions incontrôlées ont un potentiel important pour contaminer les eaux douces avec la forme relativement toxique Cr (VI). Cette forme de chrome peut provenir aussi de rejets moins importants, comme les additifs dans les eaux de refroidissement, les produits de blanchissage [Jean-François Chiffollea, 1994].

Les propriétés toxico-cinétiques sont liées à l'état de valence de l'atome de chrome et à la nature du ligand, qui conditionnent en premier lieu la solubilité [ANSES, 2017].

**Tableau 5 : Solubilité des composés du Cr (VI) [ANSES, 2017].**

<b>Composés du Cr (VI)</b>	<b>Solubilité (g/100 g d'eau)</b>
Trioxyde de chrome	169 à 20°C
Chromate de sodium	3,08 à 20°C
Chromate de baryum	0,00026 à 20°C
Dichromate de potassium	15,1 à 25°C
Chromate de potassium	65 à 25°C
Dichromate de sodium	187 à 25°C
Chromate de sodium	87,6 à 25°C
Chromate d'ammonium	37 à 25°C
Chromate de calcium	13,2 à 20°C
Chromate de strontium	0,106 à 20°C
Chromate de plomb	0,000017 à 20°C

Les effets de chrome sur la santé sont :

- Ulcérations et dermites provoquées par l'acide chromique, les chromates et bichromates alcalins, le Chromate de zinc et le sulfate de chrome.
- Affections respiratoires provoquées par l'acide chromique, les chromates et bichromates alcalins.
- Affections cancéreuses causées par l'acide chromique et les chromates et bichromates alcalins ou alcalino- terreux ainsi que par le chromate de zinc.

# Chapitre III

## Généralité sur la pêche en Algérie

## **Chapitre III : La pêche en Algérie**

### **III-1- Introduction**

Le secteur de la pêche a un rôle économique important puisqu'il contribue à la sécurité alimentaire des populations, mais également à la création d'emplois. Longtemps à caractère traditionnel, le milieu marin a connu ces dernières années des changements dans les pratiques de pêches et les instruments de capture utilisés [Sidi Mohammed Ryad Chikhi, 2018].

La mer méditerranéenne se caractérise par une ressource halieutique riche et diversifiée. Cette diversification concerne aussi les populations qui partagent et exploitent cette ressource. En effet, plus de 23 pays la bordent avec une population avoisinant les 470 millions répartis autour d'un littoral de 45 500 km de longueur. Elle dispose d'un plateau continental de 526 600 km<sup>2</sup> permettant ainsi une production de 300 000 t de poissons bleus par an et d'un volume d'importations allant jusqu'à 4,4 millions de tonnes [Sidi Mohammed Ryad Chikhi, 2018].

En Algérie, les inscrits maritimes algériens représentent 20% du total des inscrits dans la région, alors que la production halieutique ne représente que 12 % de la production globale de la région, soit environ 120 000 t par an. En termes de flottille de pêche, celle des sardiniers représente 30 % du total de la flottille de pêche de la Méditerranée. En effet, ce n'est pas moins de 1200 bateaux qui pêchent de la sardine [Sidi Mohammed Ryad Chikhi, 2018].

Au titre de l'année 2018, la flotte de pêche nationale a enregistré une croissance positive de 2,2% par rapport à 2017, passant ainsi de 5494 unités à 5617 unités. Les principales productions de la pêche sont réalisées par une flottille répartie en trois segments principaux. Elle est constituée par les petits métiers avec 65,4%, les sardiniers 24,3% et les chalutiers représentent 9,8% du total des unités. Il y'a lieu de signaler que plus de 40% de cette flottille sont des navires inactifs. [Berrah, 2018].

### **III-2- Présentation de BOUMERDES**

La Wilaya de Boumerdes est une wilaya côtière du centre du pays qui s'étend sur une superficie de 1 456,16 Km<sup>2</sup> avec 100 Km de profil littoral allant du cap de Boudouaou El Bahri à l'Ouest, à la limite Est de la commune de Afir.

Sa population est évaluée au dernier recensement de la population de 2008 à 801 068 habitants. La répartition de cette population sur son territoire est homogène avec une nette concentration au niveau des agglomérations chefs lieux de communes.

La Wilaya de Boumerdes est créée suite à la promulgation de la loi n°84-09 du 04 Février 1984 relative au découpage territorial administratif. Elle compte actuellement 32 Communes regroupées autour de 09 Dairas : Boumerdes – Boudouaou – Bordj-Ménaiel – Baghlia – Dellys – Isser – Khemis El Khechna – Naciria et Thénia.

À partir du milieu des années soixante, suite à la décision de faire de cette ville un pôle universitaire, les grandes réalisations furent confiées à la Sonatrach qui procéda à la création de plusieurs instituts et laboratoires de recherche : On assista alors à la réalisation des grands instituts tels, l'INIL, l'INH, l'IAP, l'INILEC, l'INPED, l'INGM, etc.... Elle joue donc à la fois le rôle de ville dortoir pour les employés et fonctionnaires de l'algérois et de ville universitaire pour de nombreux étudiants non-résidents de la région centre [Nait Bouda Sounia et Ait Mouloud Lilia, 2017].

### **III-3- Cadre géographique de BOUMERDES**

La commune de Boumerdes s'étend sur environ 2.040 hectares et l'ACL sur environ 232 hectares. Celle-ci est limitée

- Nord par la mer Méditerranée entre Boudouaou El Bahri et Afir ;
- l'Ouest par la wilaya d'Alger ;
- l'Est par la wilaya de Tizi Ouzou (massif de la haute Kabylie) ;
- Sud-Ouest par la wilaya de Blida (plaine de la Mitidja) ;
- Sud par la wilaya de Bouira (plateau de Bouira) ;

### **III-4- Population de la wilaya de BOUMERDES**

La population de la wilaya de Boumerdes a été estimée à 802 083 habitants dans les résultats préliminaires du RGPH 2008. Au 31/12/98, elle était de 647.389 habitants [RGPH, 1998], le taux d'accroissement annuel étant donc de 1,2%, ce qui se traduit par une augmentation en valeur absolue de 139.213 habitants. Une forte concentration dans la commune de Khemis El Khechna soit 75 962 habitants représentant 9% de la population totale de la wilaya [ANDI, 2015].

### **III-5-Eau et Santé**

L'eau est d'une importance biologique et économique capitale. L'hydrosphère est le fondement de la vie et des équilibres écologiques. L'eau est à la fois un aliment, éventuellement un médicament, une matière première industrielle, énergétique et agricole, et un moyen de transport. Ses usages sont donc multiples mais, s'agissant de santé humaine, ils sont dominés par l'agriculture et l'aquaculture, l'industrie et l'artisanat, les loisirs aquatiques dont la baignade et, surtout, la fourniture collective ou individuelle d'eau potable, utilisable à des fins alimentaires (eau de boisson, cuisine) mais aussi domestiques et d'hygiène [Bernard Festy *et al.*, 2003].

Le degré de qualité exigible des eaux dépend évidemment de ces usages, et on est particulièrement attentif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (EDCH), elle-même dépendante de celle des ressources en eau disponibles. Rappelons que l'essentiel des ressources planétaires est représenté par les eaux océaniques (- 97 %) qui constituent, certes, un réservoir biologique essentiel à l'alimentation humaine, mais qui sont très difficilement utilisables par ailleurs. L'eau de mer est aussi, après évaporation, à l'origine des ressources hydriques continentales, souterraines et superficielles, fort précieuses pour l'humanité, mais souvent insuffisantes, ici ou là, en quantité ou en qualité [Bernard Festy *et al.*, 2003].

La wilaya de Boumerdes est considérée parmi les régions les plus arrosées au niveau national du fait qu'elle reçoit annuellement un volume pluviométrique compris entre 500 mm et 1300 mm par an. Les eaux souterraines sont constituées par des nappes profondes et superficielles dont le volume est de 93 hm<sup>3</sup>. Bien entendu, les eaux superficielles constituent une ressource non négligeable [ANDI, 2013].

➤ **Alimentation En Eau Potable :**

- Réseaux d'adduction: 752,36 km.
- Réseaux de distribution alimentation: 1158,90 km.
- Dotation moyenne en eau potable: 160 L/j/hab.

➤ **Assainissement :**

- Trois stations d'épurations gérées par l'Office National d'Assainissement localisées à Boumerdès, Thenia et Zemmouri.
- Longueur totale du réseau d'Assainissement : 1164km.
- Taux moyen de raccordement au réseau public d'assainissement : 88% [ANDI, 2013].

Sa ressource en eau aussi à travers ses barrages. La wilaya dispose de grandes réserves hydriques souterraines et superficielles, de l'ordre de 99,91 hm<sup>3</sup>, réparties sur six nappes (Bas Sebaou, Bas Isser, Oued Boumerdès, Oued Corso, Oued Boudouaou, Mitidja orientale). Les barrages de la wilaya au nombre de six (trois grands barrages et trois petits barrages) forment les réserves superficielles d'une capacité totale théorique de : 183 millions de m<sup>3</sup> :

- Barrage de Keddara : 145 600 000 m<sup>3</sup>
- Barrage de Hamiz : 16 280 000 m<sup>3</sup>
- Barrage de Beni Amrane : 13 100 000 m<sup>3</sup>
- Barrage de Sahel Bouberek : 3 700 000 m<sup>3</sup>
- Barrage de Djinet : 2 800 000 m<sup>3</sup>
- Barrage de Chender : 1 700 000 m<sup>3</sup> [ANDI, 2013].

### ***III-5- 1- Les principales maladies et les principaux risques liés à l'eau et leurs causes***

L'eau potable peut transmettre des virus, bactéries, parasites et des contaminants chimiques, qui menacent la santé humaine par ingestion. Les deux maladies les plus communes liées à l'eau contaminée sont le choléra et la diarrhée, qui touchent 700 millions de personnes par an [UN ECE/WHO, 1999]. Annuellement, il y a près de 4 milliards d'épisodes de diarrhée et plus de 2,2 millions de morts dus aux diarrhées, 90 % d'entre eux étant des enfants de moins de cinq ans. Dans le monde, environ deux milliards de personnes, soit un tiers de la population mondiale, sont soumises au risque de ces maladies [UN ECE/WHO, 1999]. La contamination de l'eau par l'activité humaine est une des causes principales des maladies liées à l'eau. Un assainissement insuffisant conduit à une pollution de l'eau par les matières fécales et répand des maladies bactériologiques et virales. L'eau peut aussi être polluée par les excréments du bétail, et par l'utilisation excessive de pesticides et d'engrais dans l'agriculture [UN ECE/WHO, 1999]. L'industrie est une source de matières polluantes pour les eaux souterraines ou de surface : cela va des bactéries aux polluants métalliques et organiques. Une gestion mal adaptée des déchets peut conduire à la dissémination dans l'environnement de polluants qui menacent la santé humaine. Et les nappes d'eau souterraines peuvent contenir à des concentrations dangereuses des substances chimiques naturelles telles que le plomb, l'arsenic et le fluorure, et peuvent même montrer des niveaux élevés de radioactivité [UN ECE/WHO, 1999].

### **III-6- La pêche maritime**

La pêche peut être définie comme étant l'action qui consiste à capturer dans l'eau des animaux qui y vivent et qui sont susceptibles de servir d'aliments. Bien qu'elle soit simpliste, cette définition met l'accent sur les bases constituantes de l'exercice de l'activité de pêche. Fournir un effort orienté vers la capture d'un animal marin constitue en ce sens l'acte de pêcher [Sidi Mohammed Ryad Chikhi, 2018].

Le produit de la pêche est commercialisé dans sa majeure partie en Algérie dans les centres urbains les plus importants (Alger, Annaba, Oran, Constantine...). La ration alimentaire en produit de la pêche reste toujours en deçà de la moyenne préconisée par l'OMS. Elle est passée de 3,0 kg/h/an en 99 à 3,5 kg/h/an en 2001. Cette ration moyenne varie d'une région à l'autre du pays [FAO, 2003].

Les poisons pélagiques constituent la plus grande part des captures marines mondiales, En méditerranée, les petits pélagiques (sardines, anchois, maquereaux, sparts et sardinelles) totalisent presque 50 % des débarquements totaux annuels de pêche [Lleonart et Maynou, 2003]. Parmi eux,

l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) et la sardine (*Sardina pilchardus*) sont les espèces les plus importantes en termes d'intérêt commercial et de biomasse [Pinnegar *et al.*, 2003; FAO, 2005].

Les deux principaux métiers qui exploitent la sardine sont les senneurs et chaluts pélagiques. La pêche à la sardine est une activité influencée par les conditions hydrologiques et climatiques, car la température agit directement sur la localisation et la concentration des bancs de sardines et donc sur l'accessibilité aux flottilles de pêche [Forest, 2001]. Dans les côtes algériennes, la pêche est effectuée à environ 60 m de profondeur [Bedairia et Djebbar, 2009].

### **III-6-1- Structure de la flottille**

- **Les chalutiers:** Les engins les plus utilisés sont les chaluts qui permettent de pêcher en pleine mer dans les couches supérieures des eaux, ils sont habituellement constitués par quatre côtés à peu près identiques. Ces derniers sont des chaluts de fond de type espagnol (le huelvano et le minifalda), le chalut de fond type Français (le Charleston), le chalut de fond type italien (Magliouche), le chalut semi-pélagique (04 faces ou le GOV), et le chalut pélagique (chalut à cordes). A l'exception des chalutiers des sociétés mixtes qui peuvent aller jusqu'à 50 jours de mer, les chalutiers font dans leurs majorité des marées de moins de 24 heures [FAO, (2003); Muus *et al.*, (1998)].
- **Les senneurs:** Cette catégorie de navires jaugeant entre 05 et 100 tonneaux, utilise la senne tournante avec coulisse. Les sennes coulissantes sont des grands filets rectangulaires que l'on suspend autour d'un banc de poissons, et dont on lie ensuite le bord inférieur, ou pied, il s'agit souvent de très grands engins pouvant mesurer jusqu'à 500 m de longueurs et même plus, et s'étendre jusqu'à 150 m de profondeur, les sennes coulissantes sont des engins très efficaces [FAO, (2003); Muus *et al.*, (1998)].

### **III-6-2- Les petits métiers**

Cette flottille se caractérise par des petites embarcations moins de 12 m de longueur et d'une jauge brute allant de 01 à 10 tonneaux. Ces embarcations se spécialisent parfois dans la pêche de certains espèces tel est le cas des espadoniers. Certains par contre changent l'armement selon la saison. Les engins les plus fréquemment utilisés sont les lignes et les filets maillants sous leurs différentes formes et même la senne elle est utilisée. Le temps passé en mer varie selon les unités, de 02 heures il peut aller jusqu'à 16 heures [FAO, 2003].

### **III-6-3- Les produits de la pêche en Algérie**

Les captures marines sont essentiellement constituées d'espèces pélagiques et ont fortement diminué entre 2006 et 2013 : - 46% pour les pélagiques, - 57% pour les démersaux, - 23% pour

les crustacés. Les captures de mollusques ont connu une modeste croissance de + 2,6% pendant cette période [Roland Wiefels, 2014].

### III- 7- Présentation de l'espèce choisie pour notre étude La sardine

#### III-7-1-Généralités sur les clupéidés

Poissons grégaires argentés, à nageoires molles sans rayons épineux, portant une courte nageoire dorsale, et dont les nageoires ventrales sont situées sous cette dernière, ils n'ont pas de nageoire adipeuse, et leurs écailles sont grandes. Mais ils détectent les sons et les variations de pression dans l'eau grâce à une liaison directe entre la vessie natatoire et l'oreille interne. Les clupéidés sont répandus des tropiques aux zones tempérées de toutes les mers, quelque 20 millions de tonnes de clupéidés, soit environ le quart des pêches mondiales, sont pêchées annuellement [Muus *et al.*, 1998].

Les clupéidés constituent la base nourricières de nombreux écosystèmes [Bakun (1996), Cury *et al.*, (2000)]. Parmi les clupéidés qui fréquentent le plus les côtes algériennes, on peut citer la sardine (*Sardina pilchardus*), l'allache (sardinelle) *Sardinella aurita*, la fausse allache *Sardinella moderensis* [Djabali *et al.*, 1993].

#### III-7-2- Présentation de la sardine

La sardine (*Sardina pilchardus*) appartient à un groupe taxonomique complexe qui regroupe le poisson pélagique marin et dulçaquicole comme les harengs, les sprats, les aloses.... Le genre *Sardina* ne comprend qu'une espèce, *Sardina pilchardus* [Walbaum, (1792); Lavoué *et al.*, (2007)].

#### III-7-3- Position systématique

Embranchement	: Vertébrés
Sous-embranchement	: Gnathostomes
Super –classe	: Poissons
Classe	: Ostéichthyens
Sous-classe	: Actinoptérygiens
Super-ordre	: Téléostéens
Ordre	: Clupéiformes
Sous-ordre	: Clupéoidés
Famille	: Clupéidés
Genre	: <i>Sardina</i>
Espèce	: <i>Sardina pilchardus</i> [Walbaum, 1792].

#### III-7-4- Description de l'espèce

La sardine est à coloration sur la partie dorsale vert ou olive, flancs dorés devenant blanc argenté sur le ventre, une série de tâches sombres sur le haut des flancs, avec parfois une deuxième rangée au-dessus [Grimes *et al.*, 2004]. La sardine caractérisée par leurs grosses écailles

s'avançant jusqu'à la nageoire caudale, où elles forment deux ailettes latérales, la nageoire dorsale prend naissance dans une sorte de sillon formé par les écailles qui recouvrent presque entièrement son extrémité postérieure. Un autre caractère typique des sardines est l'allongement des deux rayons de la nageoire anale et la présence de paupière adipeuses à l'avant et à l'arrière de l'œil [Pivnicka et Cerny, 1996]. Elle possède environ 80 écailles le long des flancs [Muus *et al.*, 1998]. Sa taille maximale est en général de 25 cm, mais plus commune de 15 à 20 cm. C'est un poisson pélagique jusqu'à 180 m de profondeur, profondeur préférentielle de jour de 25-55 m et 15-35 m la nuit [Grimes *et al.*, 2004].



Figure : *Sardina pilchardus* [Walbaum, 1792].

#### **III-7-5- Différences avec les autres espèces les plus similaires**

La sardine peut se distinguer des jeunes aloses (genre *Alosa*, est un poisson migrateur de la famille des Clupeidae) par l'absence d'une fente médiane à la mâchoire supérieure et par la position de l'extrémité postérieure de la bouche. Chez la sardine, cette dernière est située en avant de la verticale qui passe par le centre de l'œil. Les deux espèces de sardinella, *Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*, diffèrent de *Sardina pilchardus* par l'absence de stries rayonnantes sur l'opercule et des points sombres sur les côtés du corps [Sahbaoui, 2015].

#### **III-7-6- Biologie de la sardine**

La sardine présente un cycle de vie qui se caractérise essentiellement par une croissance rapide, une durée de vie courte, une taille petite, une maturation rapide associée à une grande fécondité et une mortalité élevée surtout en phase larvaire [Rochet, (2000); Rose *et al.*, (2001)]. La sardine vit en bancs parfois importants, près de la surface la nuit et plus en profondeur le jour. Elle fraie toute l'année avec une période de ponte variant en fonction de la répartition géographique [Dumay, 2006].

#### **III-7-7- Distribution géographique**

La sardine, *Sardina pilchardus* possède une aire de répartition assez large, elle est rencontrée en Atlantique Nord, en Méditerranée et en Mer Noire, sa répartition s'étend sur les côtes Atlantiques depuis le Dogger-Bank en mer du Nord jusqu'à la côte saharienne en Mauritanie

[Forest, 2001]. Très commune dans la méditerranée, ce qui fait que cette dernière est capturée toute l'année vu son abondance, bien qu'elle soit plus abondante dans le bassin occidental que dans le bassin oriental [Bauchot, 1980]. Elle se distribue dans le Centre, l'Ouest et l'Est Algérien [Djaballi *et al.*, 1993].

#### **III-6-8- Nutrition et digestion**

L'appareil digestif se compose de mâchoires qui sont subégales, dont les dents tapissent l'ensemble de la cavité buccale disposé en table de broyage, pharynx, œsophage, estomac et un duodénum [Darley, 1992]. C'est une espèce planctophage, la jeune sardine se nourrit de phytoplancton, d'œufs et de larves de petits crustacés, alors que l'adulte consomme essentiellement des crustacés planctoniques, des larves de crabes ou d'ophiures [Ettahiri, 1996]. L'analyse des contenus stomacaux montre l'abondance des larves de crustacées ; alors que l'on trouve dans les contenus stomacaux des jeunes, principalement du phytoplancton représenté par les diatomées [Fisher *et al.*, 1987].

#### **III-6-9- Respiration**

La respiration se fait par un appareil respiratoire qui contient quatre paires de branchies operculées et qui sont complétées par la vessie gazeuse, qui joue le rôle de réserve d'oxygène [Dob, 1998]. Lors de la respiration de la sardine, l'eau est aspirée dans la cavité buccale, tandis que les opercules sont fermés, l'eau pénètre par la bouche jusqu'aux branchies, puis lorsque la bouche est refermée, elle sort par les opercules ouverts [Pivrricka et Cerny, 1996].

#### **III-6-10- Croissance**

La sardine a une croissance rapide, notamment dans sa phase juvénile, mais qui connaît des différences en fonction de la période, la zone de ponte et du sexe [Forest, 2001]. L'intensité de la croissance peut être rapide au printemps et ralentie ou même interrompue au cours de l'hiver [Lee, 1961]. Leur longévité est faible, probablement inférieure à 10 ans [Claude et Jacques, 2005].

#### **III-6-11- Reproduction**

La Ponte de la sardine est fortement corrélée aux facteurs environnementaux, comme la température et l'hydrodynamisme [Olivar et al, 2001]. La température semble être un facteur essentiel dans le déclenchement de la Ponte soit par une stimulation des mécanismes physiologiques soit par un enrichissement trophique du milieu [Amenzoui *et al.*, 2005]. La femelle pond de 50 000 à 60 000 œufs pélagiques, mesurant environ 1.5 mm, dans la mer ou près des côtes, elle pond, de juin à août, tout au sud de la mer du Nord, en avril dans la Manche, de

février à avril au Portugal, et de septembre à mai dans la Méditerranée. Les œufs éclosent au bout de 2 à 4 jours, les larves mesurant 4 mm de longueur [Muus *et al.*, 1998]. La phase larvaire dure 60 jours [Ramirez *et al.*, 2001], les larves vivent entre 10 et 40 m de profondeur et se dispersent plus largement la nuit [Olivar *et al.*, 2001].

### ***III-6-12- Comportement de la sardine***

La sardine est une espèce grégaire dont la répartition est conditionnée surtout par la température et notamment par la richesse en plancton et l'hydrologie [Forest, 2001]. Elle forme des bancs parfois très importants qui peuvent composés d'individus d'âge et de sexe différent mais de tailles équivalentes [Furnestin, (1943); Lee, (1961); Forest,(2001)], par contre si la sardine est moins importante, les bancs seront composés de plusieurs espèces de petits pélagiques, notamment des anchois et/ou des chinchards [Cury *et al.*, 2000].

Les poissons planctophages effectuent des migrations verticales entre la nuit et le jour, suivant exactement celles du plancton animal dont ils se nourrissent, en période de pleine lune cette migration est réduite par le risque d'exposition aux prédateurs qui peuvent profiter de la brillance des poissons facilement repérables à partir des couches d'eau inférieures. La sardine effectue des déplacements saisonniers de faible amplitude, commandés par la nutrition, la reproduction et les conditions thermiques [Fréon *et al.*, 2005]. La sardine est une espèce sténotherme, elle supporte mal les grandes variations de température, elle est également euryhalin et recherche les eaux salées [Soualili, 1997].

### ***III-6-13- Valeur alimentaire de la sardine***

La sardine est un poisson gras qui possède un grand intérêt nutritionnel, En effet, c'est l'un des poissons les plus riches en lipides et particulièrement en acides gras de la famille des (n-3) (20 à 30% des acides gras totaux), dont les propriétés vasculoprotectrices sont maintenant bien établies. La sardine est également un des poissons les plus riches en protéines (autour de 20% de la composition totale du filet). Ces protéines sont une bonne source d'acides aminés indispensables puisque 100 g de sardine suffisent à couvrir 100% des besoins quotidiens. La sardine est pauvre en glucides (0.1% par rapport au poids frais), et contient des vitamines, des sels minéraux et des oligo-éléments [Dumay, 2006].



Chapitre IV

Travaux antérieurs

## Travaux antérieurs

La sardine, espèce pélagique côtière planctophage rencontrée près de la surface, est l'espèce la plus fréquente dans les produits de la pêche côtière en Algérie et aussi la plus largement distribuée dans les zones tropicales de tous les océans. Elle constitue une ressource de grand intérêt tant sur le plan alimentaire (poisson le plus consommé par l'homme) que de contrôle de la qualité de l'environnement (matériel biologique de classement pour la contamination par les polluants) et ceci à l'échelle mondiale. En Algérie, les études sur la sardine ne sont pas très nombreuses ; elles se limitent à quelques travaux réalisés qui se sont intéressées essentiellement à l'écobiologie et à la qualité nutritive de ces organismes, l'aspect écotoxicologique n'est pas répandu. En revanche, ailleurs dans le monde les polluants et plus particulièrement les métaux traces dans les organismes marins ont fait l'objet de plusieurs études et programmes de biosurveillance dans les milieux marins.

Pour EL Morhit M *et al.*, (2013) qui ont travaillé sur trois espèces pélagiques : *Pagellus acarne*, *Sardina pilchardus* et *Diplodus vulgaris* de la cote atlantique, ils ont étudié les différentes teneurs des métaux (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn) dans les branchies, le foie et les muscles. Des concentrations des ETM la plus élevées ont été obtenues chez *Diplodus vulgaris* et la plus faible notées chez *Pagellus acarne* qui est compatible avec leur habitat et l'alimentation. Bien que leurs résultats ne soient pas mis en évidence les niveaux de pollution appréciable dans la zone d'étude, entre les sites, des différences significatives ont été obtenues dans le muscle et sont généralement d'accord avec les facteurs environnementaux connus.

Pour donner plus d'exactitude Murat Yabanli, (2013) qui a fait une étude approfondie pour déterminer les valeurs de quelques métaux lourds dans la sardine en Turki, Les métaux lourds totaux (chrome (Cr), cuivre (Cu), arsenic (As), cadmium (Cd), mercure (Hg) et plomb (Pb)) présent dans le tissu musculaire de la sardine a été déterminé par couplage inductif de la masse plasmatique spectroscopie (ICP-MS) après digestion humide par micro-ondes pendant la saison hivernale 2010. La moyenne les concentrations de métaux lourds dans les tissus musculaires de la sardine étaient de 0,21 mg Cr/kg, 1,00 mg Cu/kg, 1,49 mg As/ kg, 0,46 mg Cd/kg, 0,03 mg Hg/kg, et 0,14 mg Pb/kg de poids humide. Il a été constaté que le cadmium dans les échantillons de sardines fournis par quatre marchés aux poissons, à l'exception d'un seul, ont dépassé la valeur de 0,05 mg Cd/kg (poids humide), limite autorisée aux niveaux national et international. Le niveau d'arsenic pour un de chaque groupe de sardines échantillonné était supérieur à la limite autorisée d'arsenic selon l'Australia Food Standard (1,00 mg As/kg).

Pour Rüstü ILGAR., (2016) qui a travaillé sur des sardines, consommées et pêchées dans les Dardanelles en Turquie entre novembre et Décembre 2013. L'analyse des échantillons par ICP-AES (spectroscopie d'émission atomique à plasma à couplage inductif) a révélée l'existence des métaux : Zn, Cr, Cd, Pb, Fe, Cu, et Ni, les résultats obtenus, la quantité moyenne est : 47,81001 pour Zn, 0,163543 pour Cr, 0,047545 pour Cd, ND pour Pb, 19,60705 pour Fe, 1,385225 pour Cu et 0,174258 pour le Ni. Pb est inférieur aux limites de détection du dispositif ICP,

Par contre Zineb Feddal and Mustapha Aksissou, (2018), ont déterminé des métaux lourds dans trois espèces de poisson : Boops boops, *Sardina pilchardus*, *Trachurus trachurus*, au nord-est du Maroc marché et évaluer le risque éventuel associé à leur consommation. La concentration de Cd, As, Zn, Cr, Cu, Ni, Pb, Mn et Le Fe a été évalué dans les tissus des poissons au moyen de la radiographie en réflexion totale Technique de fluorescence (TXRF) [Rayon X dispersif en longueur d'onde Fluorescence (WD-XRF)]. La concentration des métaux mesurés dans les espèces de poissons ont été exprimées en  $\mu\text{g/g}$  de poids sec. Dans hla présente étude, cette dernière était inférieure aux niveaux admissibles spécifiés pour la consommation humaine par l'UE, les directives de la FAO/OMS.

Pour Fetta Mehoul *et al.*, (2019) qui ont évalué les niveaux de mercure (Hg), de cadmium (Cd) et de plomb (Pb) dans 70 échantillons de sardines (*Sardina pilchardus*) et 30 échantillons d'espardon (*Xiphias gladius*) pêchés sur les côtes algériennes. Après la minéralisation des échantillons de poissons par la digestion sous pression, les analyses ont été réalisée par spectroscopie d'émission atomique à plasma inductif. Les concentrations moyennes d'Hg, Cd, et Pb dans la sardine étaient respectivement de 0,62, 0,55, et 2,13 mg/kg de poids humide, tandis que chez l'espardon, les concentrations étaient respectivement de 0,56, 0,57 et 3,9 mg/kg de poids humide. Ces résultats ont dépassé les valeurs seuils de la législation algérienne et européenne, alors que la concentration de Hg dans l'espardon est restée proche de et n'a pas dépasser les seuils recommandés (0,56 mg/kg de poids humide).

Et en fin Rini T. R. *et al.*, (2020). Dans leur enquête, ils ont tenté de surveiller la concentration de métaux lourds, à savoir Zn, Fe, Cu, Pb, Cd et Cr, dans deux poissons marins sélectionnés tels que *Sardina pilchardus* et *Rastrelliger kanagurta* collectés au marché aux poissons d'Olavakkode, Palakkad, Kerala. L'étude a révélé une concentration significative de métaux ( $\mu\text{g/g/wet}$ ) dans les poissons prélevés sur le marché aux poissons d'Olavakkode ont montré que les concentrations moyennes de certains métaux lourds essentiels dans le muscle du poisson étaient dans l'ordre suivant : Fer > Zinc > Cuivre > et les métaux lourds non essentiels étaient dans l'ordre suivant : Plomb > Cadmium > Chrome. Les métaux lourds analysés ont été

notés comme étant maximum chez *Sardina pilchardus* et minimum chez *Rastrelliger kanagurta*. La contamination chimique des aliments étant considérée comme l'une des sources les plus importantes de risques pour la santé humaine. L'évaluation des risques pour la santé des consommateurs de poisson.



Conclusion  
et perspectives

## **Conclusion générale**

En somme, la préservation de la qualité du milieu marin nécessite non seulement une connaissance quantitative des apports vers l'environnement marin, mais également une connaissance des niveaux de présence des contaminations chimiques toxiques identifiés dans cet environnement. L'exposition aux métaux lourds s'est fortement aggravée au cours des cinquante dernières années avec l'augmentation exponentielle de l'utilisation de métaux lourds. Ces derniers peuvent être indispensable à l'état trace pour des processus cellulaires. L'évaluation du niveau de contamination par les métaux lourds dans les produits alimentaires est d'une importance capitale en raison de leur toxicité à très faible concentration et leur tendance à s'accumuler dans les organismes vivants et à se concentrer le long des chaînes trophiques.

Dans ce travail c'était prévu de consacrer la partie pratique pour l'évaluation des métaux lourds dans la sardine de la baie de Zemmouri wilaya de Boumerdes mais, vue la situation de la pandémie (COVID 19) nous nous sommes limités à une étude bibliographique là où on a intégré les données nécessaires à cette thématique.

Le choix de l'espèce s'est porté sur la sardine à cause de leur large consommation par l'homme ; l'homme consommateur final des produits marins et occupant le dernier maillon de la chaîne alimentaire peut à n'importe quel moment, en être victime.

**En perspective :** Nous souhaitons continuer ce travail pour bien déterminer le niveau de contamination par les métaux lourds de la sardine pour sensibiliser le consommateur à être vigilant de tous ce qu'il consomme.



Références bibliographiques

## Références bibliographiques

- 📖 **Adriano, D.C., (2001).** Trace elements in terrestriid environment Biogeochemistry Bioavailability and risk of metals, second ed springer- verlog, new-york.
- 📖 **Amiard-Triquet, C et Amiard, J.C., (2008).** Les bio marqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques, Doc (Editions).
- 📖 **Amenzoui K., Ferhan-Tachinante F., Yahlaoui A., Mesfioui A., Kifani S., (2005).** Etude de quelques aspects de la reproduction de *Sardina pilchardus* (Walbaum,1792) de la région de Laâyoune (Maroc). Bulletin de l'institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie, n° 26-27,43-50.
- 📖 **Anses., (2017).** Valeurs limites d'exposition en milieu professionnel. Evaluation des indicateurs biologiques d'exposition et recommandation de valeurs biologiques pour le Chrome VI et ses composés. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. Maisons-Alfort.
- 📖 **ANDI., (2013).** Wilaya de Boumerdes. Port de pêche de Zemmouri.
- 📖 **Aouameur, D., (1990).** Contribution à l'étude de certains métaux lourds dans les sédiments superficiels de la baie d'Alger. Mémoire d'ingénieur d'état. I.S.M.A.L :62p. Arnaud, J. et Favier, A. (1991) -"Le Zinc" in : "Les oligo-éléments en médecine et biologie", (Paris, Ed. Lavoisier, Tec ET Doc), 347-361.
- 📖 **Bakun A., (1996).** Patterns in the Ocean Processes and Marine Population Dynamics. University of California sea Grant, Sand Diego, California, USA, in cooperation with Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, La Paz, Baja California Sur, Mexico, 323p.
- 📖 **Bedairia, A & Djebbar, A.B., (2009).** A preliminary analysis of the state of exploitation of the sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the gulf of Annaba, East Algerian. Animal biodiversity and conservation, 32, 2.
- 📖 **Belabed., (2010).** La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba "sources de contamination des écosystèmes aquatiques". Mémoire de doctorat en sciences de la mer, université de Badji Mokhtar-Annaba:-P : 11.
- 📖 **Bentata, K., (2015).** Evaluation de la contamination métallique par trois métaux (Cd, Ni et Zn) du rouget de vase *Mullus barbatus* (L, 1758) pêché au niveau de la côte occidentale algérienne. Thèse de magister, université d'Oran, 122 p.
- 📖 **Bensahla Talet L., (2001).** Contamination du rouget de vase (*Mullus barbatus*L,1758) par quatre métaux lourds (Cd, Pb, Cu et Zn) pêché dans la baie d'Arzew, Mémoire de master, Université d'Oran,105P.
- 📖 **Berg, J.M., (1986).** Potentiel-métal-binding domains in nucleic acid binding, protein. Science 232 : 485- 487.
- 📖 **Berg, J.M & y, Shi. (1996).** The galvanization of biology: a growing appreciation for the role of zinc. science .271: 1081-1085.
- 📖 **Berrah, M K., (2018).** Les principaux indicateurs du secteur de la pêche, N° 875 Direction Technique chargée des Statistiques Régionales et de la Cartographie Direction des publications et de la Diffusion – 8 & 10, Rue des Moussebiline – Alger 16000.

- 📖 **Bouchot, M, L., (1980).** Guide des poissons marines d'Europe, Edition ; Delachaux et Niestlé, Paris.
- 📖 **Boutiba, Z., (2004).** Guide de l'environnement marin Edit : DAR EL GHARB, 273 p.
- 📖 **Boucheseiche C., Crémille E., Pelte T., Pojer K., (2002).** Pollution toxique et écotoxicologique : Notions de base. Guide technique n°7 du SDAGE Rhône-Méditerranée- Corse, 83p.
- 📖 **Chen C.Y., Stemberger R.S., Klaueb., Blum J.D., Pichardt C., Folt C.L., (2000).** Accumulation of heavy metals in food web components across a gradient of lakes. *limnol oceanogr.*,45(7):1525-1536.
- 📖 **Chiffolleau, J.F., (2004).** La contamination métallique. Ifremer.39.
- 📖 Chiffolleau J F., Claisse, D., Cossa, d., Ficht, A., Gonzalez, J., Guyot T, Michel, P., Miramand, P ; Oger, C et Petit., (2001). La contamination métallique, programme scientifique seine aval : 39 p.
- 📖 Christian Couturier, 2002- effets de la digestion anaérobie sur les micropolluants et germes pathogènes. P 1-5.
- 📖 **Claude. J.Q., Jaques.V., (2005).** Les poissons de mer des françaises. Paris. P : 96-97.
- 📖 **Cravez V et Bernard G., (2006).** Pollution marine : les définitions [www.nuiv-mrs.fr](http://www.nuiv-mrs.fr)
- 📖 **Cotzias, G.C., (1967).** Importance of traces substances in environmental health as exemplified by manganese. University of Missouri's first annual conference on trace substance in environmental health, Missouri, U.S.A, University of Missouri Press. Chappuis, P. 1991. Les oligoéléments en médecine et biologie. Lavoisier Tec & Doc. Paris.
- 📖 **Cury P., Bakun, A., Crawford, R.J.M., Jarre, A., Quiñones, R.A., Shannon, L.J., Verheye, H.M., (2000).** Small pelagic in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in "waspwaist" ecosystems. *Ices Journal of Marine Science*57, 603-618.
- 📖 **Directive 2000/60/CE Du Parlement Européen Et Du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (JO L 327 du 22.12.2000, p. 1).**
- 📖 **Darley, B., (1992).** Poissons des côtes Algériennes OPU collections de cours d'agronomie.
- 📖 **Dina Baghdadi Mazini., (2012).** Pollution de l'environnement marin et santé humaine : Mesure, évaluation et Impact des contaminants chimiques et biologiques dans les produits de la pêche au niveau du littoral marocain. Thèse de Doctorat, Université Abdelmalek Essaadi. Faculté des Sciences et Techniques – Tanger.
- 📖 **Dob M., (1988).** Approche de quelque paramètre de la biologie et de la dynamique de population exploitée de la sardine. Mémoire d'ingénieur en océanographie. Mostaganem. P33.
- 📖 **Djabali F, Brahmi B et Mammasse M., (1993).** Poissons des côtes Algériennes I.S.M.A.L. Alger P58.

- 📖 **Dumay, J., (2006).** Extraction de lipides en voie aqueuse par bioréacteur enzymatique combine à l'ultrafiltration : application à valorisation de coproduits de poisson (*Sardina pilchardus*). Thèse de Doctorat label Européen. P284.
- 📖 **El Morhit M, Belghity D, El Morhit A., (2013).** Contamination métallique de *pagellus acarne*, *sardina pilchardus* et *diplodus vulgaris* de la cote atlantique sud (maroc). Larhyss Journal, n°14, pp. 131-148.
- 📖 **Ettahiri O., Berrho A., Vidy G., Ramdani M., Dochi T., (2003).** Observation of spawning of *Sardina* and *Sardinella* off the south Moroccan atlantic coast (21-26°), Fisheries research, 60:207-222.
- 📖 **Favier, A., (1990).** Le métabolisme du cuivre, voir Chappuis 1991.
- 📖 **FAO., (2005).** L'état des ressources halieutiques marines mondiales. Services des ressources marines, Division des ressources halieutiques, Département de la pêche des FAO. FAO document technique sur les pêches N° 457, Rome.23P.
- 📖 **Fischer W., Bauchot M.L. Et Schneider M., (1987).** Fiches F.A.O d'identification des espèces méditerranée et Mer noire (zone de pêche 37)" Révision 1tome II : Vertébrés. FAO, Rome. P761, 1530.
- 📖 **Forest, A., (2001).** Ressources halieutiques hors quotas du Nord Est Atlantique : bilan des connaissances et analyse de scénarios d'évolution de la gestion. Ifremer Eds, tome 2: 215 pp.
- 📖 **Fréon, P., Cury P., Shannon L., & Roy, C., (2005).** Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: A review. Bulletin of marine science .76(2):385- 462.
- 📖 **Furnestin, A., (1943).** Contribution à l'étude biologique de la sardine atlantique *Sardina pilchardus*. Rev.Trav. Off.Pêche Maritime,13,221-386.
- 📖 **Garnier, R., (2005).** Toxicité du plomb et de ses dérivés. EMC - Toxicologie-pathologie, vol. 2, n°2, 67-88.
- 📖 **Ghaly, A.E., Ramakrishnan, V.V., Brooks, M.S., Budge, S.M. and Dave, D., (2013).** Fish processing wastes as a potential source of proteins, amino acids and oils: A critical review. Journal of Microbial and Biochemical Technology, 5, 4.
- 📖 **Gesamp Jaque., (1997).** IMO/FAO/Unesco/WMO/WHO/IAEA/UN/Unep. Joint Group of Experts on Scientific Aspects of Marine Pollution. Report of the Thirty-third session, working group on the evaluation of the hazards of harmful substances carried by ships, EHS/feb 97, International Maritime Organization, London.
- 📖 **Grimes S., Boutiba Z., Bakalem A., Bouderbala M., Boudjellal B., Boumaza S., Boutiba M., Guedioura A., Hafferssas A., Hemida F., Kaidi N., Khelifi H., Kersabi F., Merzoug A., Nouar A., Sellali B., Sellali- Merabtine H., Semroud R., Seridi H., Taleb M Z., Touabria T., (2004).** Biodiversité marine et littorale-Ed. SONATRACH-Ed. DIWAN, Alger-362p.
- 📖 **Guermazi Wassim., (2016).** Cours de pollution & nuisances. Université de Gabes.

- 📖 **Haguenoer, J.M., Furon, D., (1981).** Toxicologie et hygiènes industrielles. Tome 1 : Technique et documentation. Lavoisier. Paris : 47-61.
- 📖 **Haut Conseil de la santé publique., (2017).** Mise à jour du guide pratique de dépistage et de prise en charge des expositions au plomb chez l'enfant mineur et la femme enceinte. P 8-14.
- 📖 **Hurlbut Jr., C.S. et Klein, C., (1982).** Manual de Mineralogía de Dana. Editorial Reverté, Barcelona, 564 pp.
- 📖 **Jarup, L., (2002).** Cadmium overload and toxicity. Nephrol Dial transplant, 17Suppl 2, 35-39. Jean-François CHIFFOLEAU, 1994- le chrome en milieu marin. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.
- 📖 **Joël Poupon., (2017).** L'exposition au mercure en 2007 : toxicité et prise charge. P 1-7.
- 📖 **La Chambre de commerce et d'industrie de Lyon., (2012).** Les produits biocides, P 3-5.
- 📖 **Lavoue S., Miya, M., Saitoh K., Ishigur, N, B., Nishida M., (2007).** Phylogenetic relationships among anchovies, sardines, herrings and their relatives (Clupeiformes), inferred from whole mitogenome sequences. Molecular Phylogenetics and Evolution 43(2007) -1096-1105.
- 📖 **Leclaire L., (1972).** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algéro-baléares (Précontinent algérien). Mém. Mus. Natn. Hist. Nat., Paris, C, 24, 391p.
- 📖 **Larno, V., Loroche, J., Launey S., Flammaion P., Devaux A., (2001).** raiponces of chub (leucuscuscephalus) populations chemical stress, assessed by genetic markeus.DUA damage and cytochrome P 4501A induction, Ecotoxicologie 10:175.
- 📖 **Lee, J.Y.,(1961).** la sardine du golf du lion (Sardina pilchardus sardina regan). Revue des travaux de l'institut de pêches maritimes, 25 (4).
- 📖 **Lieonart J Et Maynou F., (2003).** Fish stock assessments in the Mediterranean : state of the art. Scienta marina 67 : 37- 49.
- 📖 **Lindqvist, O., (1991).** Mercury in the Swedish environment. recent research on causes, consequences and corrective methods. Water Air Soil Pollut 55 : 261.
- 📖 **Liu., Goyer, R.A.and Waalkes, M.P., (2008).** Toxic effects of Metals in Casarett, L.J.and Doull, J., Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons (chap 23, 931- 979p). New york, the Mc Graw-Hill companies.
- 📖 **Malquiot et Bertolini., (2000).** Encyclopédie de l'environnement et du développement durable,1100mots, Ed, Mecy consult,192P.
- 📖 **Marcel M. Chartier., (1974).** Les types de pollutions de l'eau (1)
- 📖 **Marchand, M. et R. Kantin., (1997).** "Les métaux traces en milieu aquatique." Océanis 23(4) : 595-629.
- 📖 **Mehouel F, Bouayad L, Hammoudi AH, Ayadi O, Regad F., (2019).** Evaluation of the heavy metals (mercury, lead, and cadmium) contamination of sardine (Sardina pilchardus) and

swordfish (*Xiphias gladius*) fished in three Algerian coasts, *Veterinary World*, 12(1): 7-11. doi: 10.14202/vetworld.2019.7-11.

📖 **Mersaud O., (2005).** La méditerranée malade de la pollution, Revue de presse du 18 avril. El watan.

📖 **Michael Madsen. , (2013).** Effets de la pollution sur les océans et la vie marine.

📖 **Miquel, M., (2001).** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport n°261 de l'Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Rapport Sénat, France, 360 p.

📖 **M. Jean HUSS., (2011).** Les risques sanitaires des métaux lourds.

📖 **Muus B. J, Neilson J.C, Dahbstrom P Et Olecen Nystrom B.,(1998).** Guide des poissons de mer et pêche .5<sup>ème</sup> édition Delachaux et Neistle. Paris. P.

📖 **Murat Yabanli., (2013).** Assessment of the Heavy Metal Contents of *Sardina pilchardus* Sold in Izmir, Turkey. *Ekoloji* 22, 87, 10-15. doi: 10.5053/ekoloji.2013.872.

📖 **Nait Bouda Sounia et Ait Mouloud Lilia., (2017).** Essais d'aménagement écologique de la ville de boumerdes. Mémoire de Master. Option : genie de l'environnement. Université M'hamed Bougara-Boumerdes.

📖 **Nolasco, R., (2013).** Evaluation de la contamination actuelle de métaux lourds et certains composés d'intérêts sportif du fleuve Saint –Laurene à Québec. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.) université de Sherbrooke : p.34.

📖 **Olivar M.P., Salat J., Palomera I., (2001).** Comparative study of spatial distribution patterns of the early stages of anchovy and pilchard in the NW Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 217: 111-120.

📖 **Pinnegar J.K., Polunin N.V.C., Badalament F., (2003).** Long term changes in the trophic level of western Mediterranean Fishery and aquaculture landing. *Con.J.Fish.Aquat.Sci.*60: 222-235.

📖 **Pivnicka., Cenry.K., (1996).** Poissons. PP : 80.

📖 **Prankel S.H.; Nixon R.H.; Philips C. J. C., (2004).** Méta-analysis of feeding trials investigating cadmium accumulation in the livers and kindeys of sheep. *Environnemental Research* 94,171,183(2004). *Revue de Médecine Interne*, 17 : 826-835.

📖 **Rainbow Ps & Phillips Djh., (1993).** Cosmopolitan biomonitors of trace metals. A review. *Marine Pollution Bulletin*, 26: 593-601p.

📖 **Ramade, F., (1992).** Précis d'Eco toxicologie Masson, paris, 300p.

📖 **Ramade, F., (1982).** Elément d'écologie, écologie impliqué, megraw-H, LL, Ed, 452PP

📖 **Rüstü Ilgar., (2016).** A Study on Heavy Metal Content of Sardine (*Sardina Pilchardus*) Caught in the Dardanelles. *Journal of Geography and Geology*; Vol. 8, No. 3.

- 📖 **Rini T. R, B. Dhanalakshmi, S. Dinesh Kumar, M. Pragnya., (2020).** Human Health Risk Assessment of Accumulation of Heavy Metals via Consumption of Marine Fish Collected from Local Vendors of Olavakkode Fish Market, Palakkad, India. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 62(1), May - June ; Article No. 26, Pages : 153-159.
- 📖 **Robert Leygonie., (1993).** Les métaux lourds dans l'air : sources, émissions, mesure, effets.
- 📖 **Rochet M-J., (2000).** A comparative approach to life-history strategies and tactics among four orders of teleost fish. *ICES J.Mar.Sci.*,57,228-239.
- 📖 **Rose, K.A., Cowan Jr., J.H., Winemiller K.O. Myers R.A., Hilborn, R., (2001).** Compensatory density dependence in fish populations: importance, controversy, understanding and prognosis. *Fish Fis.* 2,293-327.
- 📖 **Sidi Mohammed Ryad Chikhi., (2018).** Le secteur de la pêche maritime en algérie : enjeux et réalités. The maritime fisheries sector in algeria : challenges and realities. Doctorant en management et politiques publiques. Université d'Oran 2 Mohamed ben Ahmed. P 81-97.
- 📖 **Sahbaoui, F., (2015).** Contribution à l'étude de la contamination par quelque métaux lourds chez le poisson *Sardina pilchardus* au niveau de littoral de Ghazaouet (Wilaya de Tlemcen). Mémoire de master en Ecologie et environnement, université de abou Bekr'Belkaid. - Tlemcen.
- 📖 **Stellio Casas., ( 2005).** Modelisation de la bioaccumulation de metaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *mytilus galloprovincialis*, en milieu mediterraneen. Thèse de Doctorat. Universite DU Sud Toulon Var. Spécialité : Océanologie biologique, Environnement marin.
- 📖 **Solis, c. A., Olivier, E., Andrade, J.L., Ruvalcaba -Sil, I., Romero and H, Celis., (1999).** Pixe analysis of Zn enzymes, *Nucl. Instr. Meth. B* 150, 222– 252.
- 📖 **Soualili S., (1997).** Exploitation de la sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) pêchée au chalut dans la Baie de Bousmail par l'analyse des cohortes. Mémoire d'ingénieur d'état en Biologie Marine. ISMAL. Alger. P64.
- 📖 **UN ECE/WHO., (1999).** Eau et Santé. P 125-133
- 📖 **Zineb Feddal, Mustapha Aksissou., (2018).** Heavy Metals Assessment in Three Fish Species: Boops Boops, *Sardina Pilchardus* And *Trachurus Trachurus* From North-East of Morocco. *Int. J. Adv. Res.* 6(4), 351-356.