

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire De Fin D'études En Vue De L'obtention Du Diplôme
D'Ingénieur et Master En Sciences De La Mer

Option : AQUACULTURE

Thème :

**Evaluation du risque sanitaire associé à la consommation de la daurade
d'élevage *Sparus aurata* (Linnaeus ,1758).**

Présenté par :

GASMI Ranya Tadj El Baha

SISSAOUI Khadidja

Soutenu le 28/10/2021 devant le jury composé de :

Mme D. Maouel	Maitre conférences B	ENSSMAL	Présidente
Mme N .Djahnit	Maitre conférence B	ENSSMAL	Examinatrice
Mme H.Fellah	Doctortat	ENSSMAL	Examinatrice
Mme N.Meslem	Maitre conférence B	ENSSMAL	Promotrice
Mme R.Lounas	Docteur	ENSSMAL	Co promotrice

Année universitaire : 2020/ 2021

Remerciement

Nous tenons d'abord à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir permis de mener à terme ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadreur, N.Meslem qui a contribué à notre formation professionnelle en partageant toutes ses connaissances pendant cette courte période où nous avons travaillé ensemble, pour tous les efforts qu'elle a consentis tout au long de l'élaboration de ce travail. Ses encouragements, et ses précieux conseils.

Nous souhaitons remercier tout particulièrement Mme R.Lounas pour sa disponibilité, ses bons conseils

Nous souhaitons également exprimer nos sincères gratitudeux aux membres de jury Mme Lounas.R ; Mme Fellah.H ; Mme Djahnit.N ; Mme Meslem.N ; ainsi que la présidente de jury Mme Mouel.D

Nous adressons nos sincères remerciements à tous nos enseignants, qu'ils trouvent ici nos vifs remerciements et notre gratitude pour leurs aides si précieux et pour leurs encouragements tout le long de notre parcours.

Nous remercions, également, toute personne qui a participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Et j'espère que ce travail sera la bonne expression de notre gratitude.

Dédicaces

Je tiens tout d'abord à dédier ce mémoire aux deux personnes qui m'ont permis de me rendre ou je suis dans la vie, qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mes études, et que j'espère honorer, mes très chers parents, que Dieu vous protège et vous donne longue vie et bonne santé.

A mes deux chers frères Housseem Eddine et Seyf Eddine

A mon adorable sœur Amina

A tous ceux qui me sont chères.

Je dédie ce travail.

KHADIDJA

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

*À ma mère, mon père , qui ont attendu avec patience
les fruits de leur bonne éducation,*

*À la mémoire de ma chère grand-mère parti trop tôt,
puisse dieu le tout puissant t'accueille dans son vaste
paradis,*

*A mon petit frère Wassim Tadj Eddine et ma petite
sœur Ines*

A ma copine d'enfance Selma

*A ma deuxième famille
Bouchra, Nesrine, Amina, Issam, Hamoud, Sofiane*

A tous mes amis, ♥

*Merci infiniment à tous de m'apporter chacun à votre
manière quelque chose dans ma vie.*

*A tous ceux que je vais oublier, je m'en excuse et je vous remercie
aussi.*

Ranya Tadj El Baha

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction

CHAPITRE I : GENERALITE

I.1	Le paysage mondial de l'aquaculture :	4
I.2	L'aquaculture en Méditerranée	4
I.3	L'aquaculture en Algérie.....	5
I.4	Présentation de la daurade royale (<i>Sparus aurata</i>)	6
I.4.1	Systématique.....	6
I.4.2	Morphologie de la daurade royale	7
I.4.3	Habitat et distribution géographique :	7
I.5	Les systèmes d'élevage de la daurade	8
I.5.1	Systèmes semi intensifs	8
I.5.2	Systèmes Intensifs	9
I.6	Différenciation entre daurade royale sauvage et daurade royale d'élevage	9
I.7	Élément Trace Métallique (ETM).....	10
I.7.1	Des éléments traces essentiels	10
I.7.2	Les éléments traces non essentiels.....	10
I.8	Sources de pollution par les ETMs	11
I.8.1	Sources naturelles	11
I.8.2	Sources anthropiques	11
I.9	Le Zinc (Zn)	13
I.9.1	Généralités et sources	13
I.9.2	L'utilisation du Zn par l'homme	13
I.10	Le Cuivre (Cu)	14
I.10.1	Généralités et sources	14

I.10.2	L'utilisation du Cu par l'homme.....	14
I.11	Le Plomb (Pb)	14
I.11.1	Généralités et sources	14
I.11.2	L'utilisation du Pb par l'homme	15
I.12	Le Cadmium (Cd).....	16
I.12.1	Généralités et sources	16
I.12.2	L'utilisation du Cd par l'homme.....	16
I.13	L'Arsenic (As).....	16
I.13.1	Généralités et sources	16
I.13.2	L'utilisation de l'As par l'homme.....	17
I.14	Risques toxicologiques liés à la consommation du poisson.....	18
I.15	Éléments traces métalliques	18
I.15.1	Le méthylmercure	18
I.15.2	Cadmium.....	18
I.15.3	Arsenic	19
I.15.4	Organoétains	19
I.16	Polluants organiques persistants	19
I.16.1	Polychlorobiphényles et dioxine.....	19
I.17	Bénéfices liés à la consommation de produits de la mer.....	20
I.17.1	Protéines.....	20
I.17.2	Acides gras polyinsaturés à longue chaîne de la famille des omégas 3.	20
I.17.3	Bénéfices du poisson et des AGPI-LC n-3	21
I.17.4	Vitamines	21
I.17.5	Oligoéléments	22
I.17.6	Sélénium	22
I.17.7	Iode	22
I.17.8	Zinc	23

I.17.9	Fer	23
I.17.10	La sécurité sanitaire	23

CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES

II.1	Echantillonnage	26
II.1.1	Ferme en raceway	26
II.1.2	Ferme en cages flottantes	27
II.2	Évaluation des risques sanitaires liés aux éléments traces métalliques	29
II.2.1	Apport Journalier Recommandé (EDI)	29
II.3	Quotient de risque (Target hazard quotients (THQ))	30
II.4	Les tests statistiques	31
II.4.1	Tests de normalité	31
II.4.2	Test de Mann –Whitney est U de Mann Whitney	31
II.4.3	Analyse en composantes principales ACP	31

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1	L'analyse descriptive des données	33
III.2	L'effet de différents paramètres sur l'EDI	33
III.2.1	Effet de FIR sur L'EDI	34
III.2.2	Analyse en composantes principales de l'EDI	36
III.3	L'effet des différents paramètres sur la valeur du THQ	37
III.3.1	L'effet de FIR et EF sur THQ	37
III.3.2	Analyse en composantes principales du THQ	39
CONCLUSION		41
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		43
ANNEXES		52

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Production mondiale de la pêche et de l'aquaculture (FAO, 2020).....	4
Figure 2 : Évolution de la production halieutique et aquacole de 2000 à 2015 (MPRH, 2018).....	5
Figure 3 : <i>Sparus aurata</i> (Linnaeus, 1758) Sparidae (FAO,2021).....	7
Figure 4 : Cycle de production de <i>Sparus aurata</i> en mode semi-intensif (FAO, 2021).	8
Figure 5 : Le graphe du cercle des corrélations les principales composantes de l'EDI.	36
Figure 6 : le graphe du cercle des corrélations les principales composantes du THQ	39

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement (Biney et al., 1991).	12
Tableau 2: Le poids, la taille et les concentrations des éléments de traces métalliques des échantillons de poisson Sparus aurata des deux fermes	28
Tableau 3 : Analyse descriptive des données de poissons des deux fermes aquacoles.....	33
Tableau 4 : Les indices utilisés pour évaluer l'effet du FIR sur l'EDI chez l'homme, la femme et l'enfant.....	34
Tableau 5 : Les résultats du THQ en fonction de FIR et EF chez l'adulte et l'enfant.	37

LISTE DES ABREVIATIONS

Indices et facteurs

ACP : Analyse en composantes principales

CSF : Facteur de pente cancérogène

CR : Carcinogenie Risk

AEI : Adverse effet inde

EDI : Estimated daily intake

EF : Facteur d'enrichissement

Igeo : Indice de géo-accumulation

MERM-Q : Mean ERM quotient

PTDI :Provisional tolerable daily intake

PIWI : Provesional tolerable weekly intake

TEL : threshold effect level

THQ : Target hazard quotient

Organisme

ANDI : Agence Nationale de Développement de l'investissement

AQUAREF : Laboratoire National de Références pour la surveillance des Milieux Aquatique

CREAD : Centre de Recherche en Economie Appliquée pour le Développement

FEAP : The Fédération of European Aquaculture Producers

IFREMER :Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

JEFCA : comité d'experts FAO/OMS sur les additifs alimentaires

DCE : Directive -cadre sur l'eau

DPRH : Direction de la pêche et des ressources halieutiques

CE : Conseil européen

EUMOFA : European Union fisheries and aquaculture

DAT : Direction du tourisme et l'artisanat

FAO : L'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture

MPRH : Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques

WHO : World Health Organization

UE : Union européenne

USEPA : U.S. Environmental Protection Agency

ONA : office national de l'assainissement

ONM : l'Office National de la Météorologie

ONS : Office National des Statistiques

OMS : L'Organisation mondiale de la Santé

Eléments chimiques/ biologiques :

CO₂ : dioxyde de carbone

DHA : acide docosahexaénoïque

H₂S : sulfure d'hydrogène

CH₄ : Méthane

DIN : l'Azote inorganique dissous

ETMS : éléments traces métalliques

Inorg : Inorganique

NH₄ : ammonium

NH₃ : ammoniac

N₂O : oxyde nitreux

pH : potentiel hydrogène

Unités :

Ng/j : Nanogramme par jour

Min :minimum

m³ :Metre cube

DW :dry weight

Max :maximum

Mean :moyenne

mm :millimètre

°C :Degré Celsius

Cm/s :centimètre par seconde

Km² : Kilomètre carré

L : Litre

Ha :Hectare

INTRODUCTION

Pour assurer leurs besoins alimentaires, de nombreux pays ont opté pour le développement de l'aquaculture, qui est une forme d'intervention dans les processus d'élevage engendrant alors une augmentation de la production et ainsi satisfaire la hausse de la demande en produit de la mer. En effet l'aquaculture est considérée comme un outil dans le développement économique national (**Benamrouz L, 2016**).

L'émergence de l'aquaculture est une solution novatrice aux changements fondamentaux qui bouleversent les pêches à l'échelle planétaire. Le déclin des stocks sauvages et la demande croissante de poisson comme source de protéine ont favorisé l'essor du secteur aquacole partout dans le monde. Parmi les poissons les plus fréquents en aquaculture nous citons la daurade, cette dernière rentre en majeure partie dans la consommation alimentaire des populations.

L'aquaculture intensive est considérée comme une source de pollution. Les interactions étroites entre le milieu d'élevage et l'écosystème où est implanté l'élevage confèrent des caractères particuliers à cette pollution. Les formes de pollution par l'aquaculture sont variées : pollutions organique, chimique, bactériologique, génétique etc. Les flux polluants peuvent être importants localement et géographiquement (**www.actu-environnement.com**).

Les pollutions d'origine métallique constituent un des risques majeurs dans le monde actuel. C'est un problème d'actualité qui préoccupe toutes les régions soucieuses de maintenir leur patrimoine côtier à un haut degré de qualité (**Ben Bouih et al., 2005**). En effet, plusieurs éléments traces métalliques (ETMs) peuvent être très dangereux pour la santé de l'Homme et pour les autres êtres vivants lorsqu'ils sont présents dans l'environnement à des concentrations élevées (**Fakayode, 2019**). Ainsi, la présence des éléments traces métalliques (ETM) dans les milieux aquatiques induit des effets dévastateurs sur la balance écologique de l'environnement aquatique (**Katemo Manda et al., 2010**).

Les milieux aquatiques sont très sensibles aux éléments traces métalliques par la coexistence des phénomènes de bioaccumulation et de bioamplification. En effet, ces éléments traces se concentrent dans l'eau et les microorganismes aquatiques entraînant ainsi leur bioaccumulation dans les ressources aquatiques. Ces organismes vivants peuvent accumuler les polluants (dont les éléments traces) à des concentrations supérieures à celles de leur biotope (**Tabinda et al., 2010**).

Parmi les éléments chimiques minéraux, les métaux occupent une place prépondérante dans notre monde moderne car ils interviennent dans la plupart des secteurs d'activité. Par ailleurs, ils sont, pour beaucoup d'entre eux, indispensables au monde vivant (fer, zinc...) parfois en très faible quantité (oligo-éléments essentiels). Certains de ces oligo-éléments (chrome, nickel, manganèse...) indispensables à petite dose, deviennent toxiques à forte concentration. Enfin, il y a des métaux comme le mercure, le plomb et le cadmium qui sont uniquement toxiques pour les organismes vivants, ces derniers sont les polluants particulièrement visés, à cause de leur large distribution et leurs implications profondes dans la santé humaine (**Mergler et al., 2007**).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude dont le but de connaître et évaluer les risques sanitaires associés à la consommation de la daurade d'élevage *Sparus aurata* dans la ferme d'Azeffoun et la ferme de Ain Temouchent .

Le présent travail s'articule sur cinq chapitres ; le premier chapitre, présente un contexte général, le deuxième chapitre est consacré aux éléments trace métallique (ETM), le troisième chapitre comporte les risques toxicologique et bénéfice lié à la consommation du produit de la mer, le quatrième chapitre traite la méthodologie du travail, c'est dans le cinquième chapitre que les résultats obtenus sont discutés, enfin, une conclusion générale est donnée.

CHAPITRE I : GENERALITE

1.1 Le paysage mondial de l'aquaculture :

Les estimations préliminaires de la FAO (2018) indiquent que la consommation de poisson par habitant est passée de 9,9 kg dans les années 1960 à 19,2 kg en 2012. Cette consommation annuelle par habitant est due à des facteurs culturels, économiques et géographiques, notamment la proximité des zones de débarquement du poisson et des fermes aquacoles des zones urbaines (FAO, 2020).

La production mondiale aquacole est dominée par l'Asie avec près de 90 %. Cependant, sur le continent Africain, l'aquaculture s'est bien développée ces dernières années, notamment en Egypte, avec la production de tilapia. La production Africaine aquacole représente 2,5% de la production mondiale Dans les Amériques, le Chili domine la production aquacole, dominée par le saumon, tandis que d'autres pays d'Amérique du Sud et d'Amérique centrale produisent principalement des crevettes. La Norvège fournit la moitié de la production de saumon en Europe, et l'UE fournit l'autre moitié du bar, de la daurade, du turbot, de la truite et des huîtres. La production de l'UE est d'environ 1,2 million de tonnes et l'ensemble du continent Européen représente 3,7% de la production mondiale (FAO, 2020).

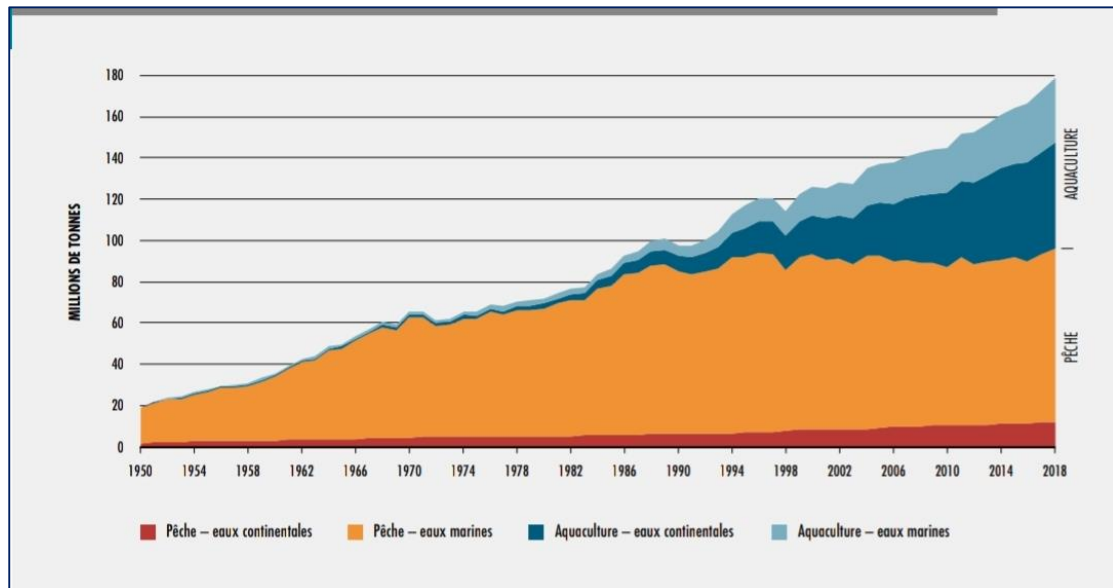


Figure 1 : Production mondiale de la pêche et de l'aquaculture (FAO, 2020).

1.2 L'aquaculture en Méditerranée

L'aquaculture en Méditerranée remonte à l'ère égyptienne, il y a plus de 4000 ans. Actuellement, la production de la daurade (*S. aurata*) et du bar (*D. labrax*) est assez importante par rapport aux autres espèces d'élevage (FEAP 2016). Selon le rapport

FEAP (2016), le principal producteur de la daurade est la Grèce (44,02 %), suivie de la Turquie (32,51 %) et de l'Espagne (11 %). En outre, le principal producteur de bar est la Turquie, (48,59 %), suivie de la Grèce (28,39 %) et l'Espagne (13,45 %). Quant au turbot, l'Espagne a retrouvé son statut de premier producteur, avec une production de 7.8159 tonnes en 2015.

1.3 L'aquaculture en Algérie

La consommation actuelle de produits de la mer en Algérie est de 4,58 kg/personne/an, tandis que le seuil minimum recommandé par l'Organisation mondiale de la santé est de 6,2 kg/personne/an, de plus, la consommation actuelle de poisson par habitant est initialement estimée à 20,5 kg (FAO, 2020).

La demande nationale en poissons est plus de 100.000 tonnes (MPRH, 2018), alors que la production aquacole est estimée à 4.200T en 2017, sa contribution en ressource halieutique s'élève à 5% contre 95% pour le secteur de la pêche où environ 80% de la production annuelle est constituée de petits pélagiques (sardine, anchois) (MPRH, 2018). (Fig.2)

Les principales espèces marines élevées en Algérie est le bar (*Dicentrarchus labrax*), la daurade (*Sparus aurata*) et le maigre (*Argyrosomus regius*), ainsi que les mollusques : la moule (*Mytilus galloprovincialis*) et l'huître (*Crassostrea gigas*).

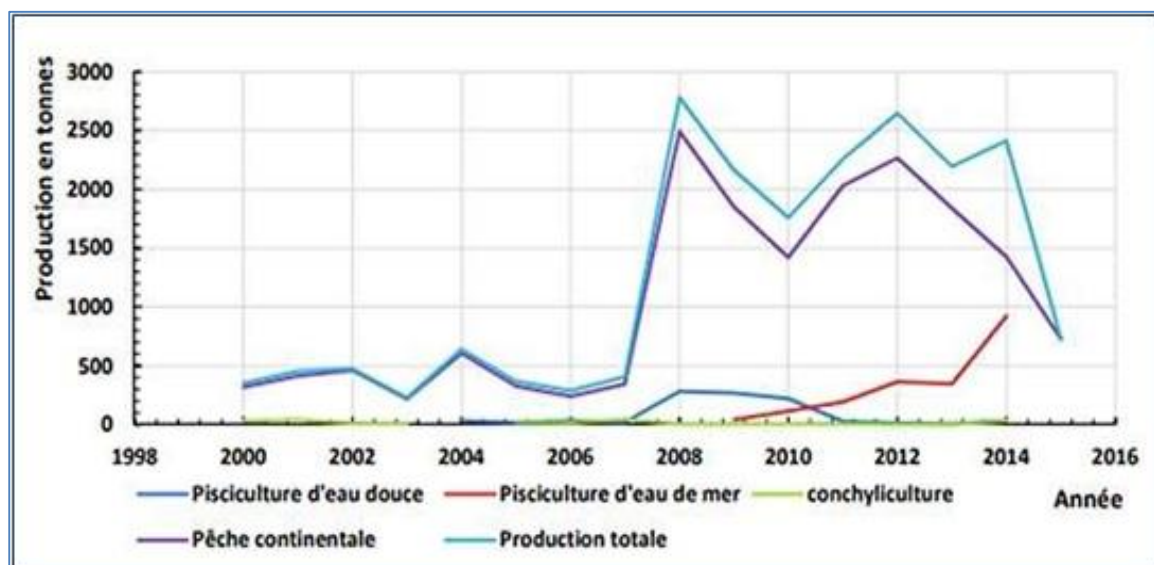


Figure 2 : Évolution de la production halieutique et aquacole de 2000 à 2015 (MPRH, 2018).

I.4 Présentation de la daurade royale (*Sparus aurata*)

Sparus aurata est une espèce commune de la Méditerranée à fort intérêt commercial, et elle fait l'objet de nombreuses recherches.

I.4.1 Systématique

La systématique détaillée de la daurade royale *Sparus aurata* Linnaeus ,1758 est décrite ci-dessous :

Règne : Eukayota

Sous règne : Metazoa

Phylum : Chordata

Sous phylum : Craniata

Embranchement : Vertebrata

Super classe: Gnathostomata

Classe : Osteichtyes

Sous classe : Actinopterygii.

Super ordre : Teleostei

Ordre : Perciformes

Famille: Sparidae.

Genre : Sparus (**Linnaeus, 1758**).

Espèce : *Sparus_aurata* (**Linnaeus, 1758**).

Nom commun : Daurade royale.

Nom en anglais : Gilthead Seabream.

Nom en Italie : Orata

Nom en espagnole : Dorada

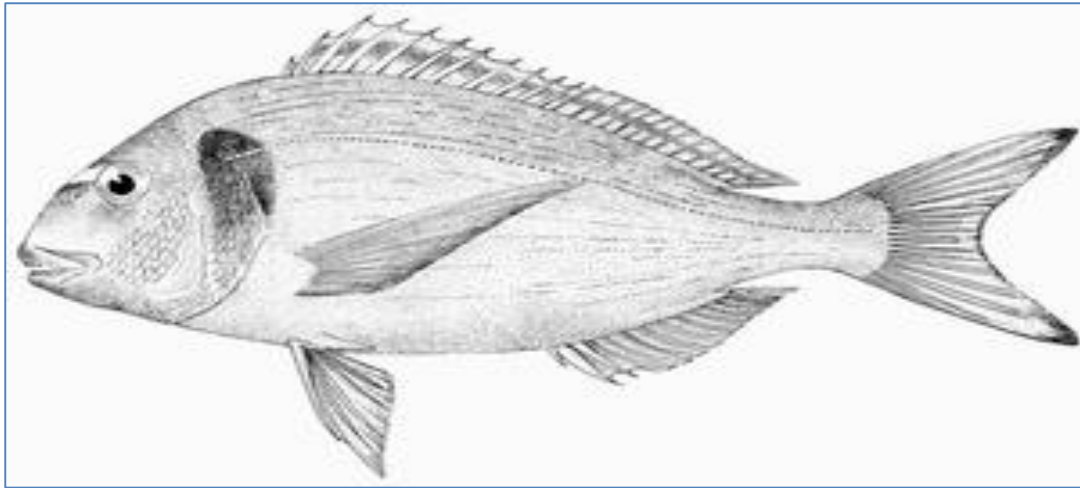


Figure 3 : *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) Sparidae (FAO,2021).

I.4.2 Morphologie de la daurade royale

La nageoire dorsale possède 8 à 11 épines et 12 ou 13 rayons mous, tandis que la nageoire anale a 3 épines et 11 à 12 rayons mous. Les joues sont écailleuses et le préopercule est nu. Les caillies se disposent sur le long de la ligne latérale 75 à 85 écailles (Fisher et al, 1987).

La daurade royale est de couleur grise argentée avec une grosse tache noire à l'origine de lame latérale, débordant sur le sommet de l'opercule et soulignée sur l'opercule par une zone grisâtre. La bande dorée entre les yeux est bordée de deux zones sombres (moins nette chez les jeunes). Souvent ils existent des lignes longitudinales sombres sur le corps, une ligne noire sur la dorsale, fourche caudale pointes caudales bordées de noir. (Fisher et al, 1987). (Fig.3)

Elle mesure jusqu'à les 70cm et les 17Kg pour un âge maximal de 11 ans (Hurtado-Rodriguez et al, 2009).

I.4.3 Habitat et distribution géographique :

La daurade est principalement euryhaline et eurytherme, les individus adultes migrent de façon saisonnière entre la mer et les lagunes ou les estuaires voisins, elle est très sensible aux basses températures (la limite inférieure de létalité est de 4°C), par conséquent, dans les élevages elle est tuée par un choc thermique, en la jetant dans l'eau glacée (Chaoui et al., 2005). Elle fréquente essentiellement les fonds rocheux, sablo-vaseux et les herbiers à Posidonies, les jeunes poissons restent dans des zones relativement superficielles (jusqu'à 30 m), alors que les adultes peuvent atteindre des eaux plus profondes, généralement pas plus que 50 m. Principalement

carnivore, accessoirement herbivore, avec une préférence pour les mollusques bivalves et les crustacés (Hadj Tayeb et al., 2013).

1.5 Les systèmes d'élevage de la daurade

Il existe deux systèmes d'élevage :

1.5.1 Systèmes semi intensifs

Le contrôle humain de l'environnement de la ferme est plus important que dans le système extensif. Cela peut impliquer uniquement l'ensemencement des juvéniles dans un système intensif dans une lagune pour minimiser la mortalité et raccourcir le temps d'alimentation. D'autres types d'aquaculture semi-intensive nécessitent plus de contrôle, nécessitant des apports d'aliments artificiels et d'oxygène supplémentaires. Ce système d'élevage semi-intensif est généralement construit en filet clôturé dans une zone limitée de la lagune. La densité des systèmes semi-intensifs n'est généralement pas supérieure à 1 kg/m³, et le rendement est compris entre 500 et 2 400 kg/ha/an (FAO, 2021). (Fig.4)

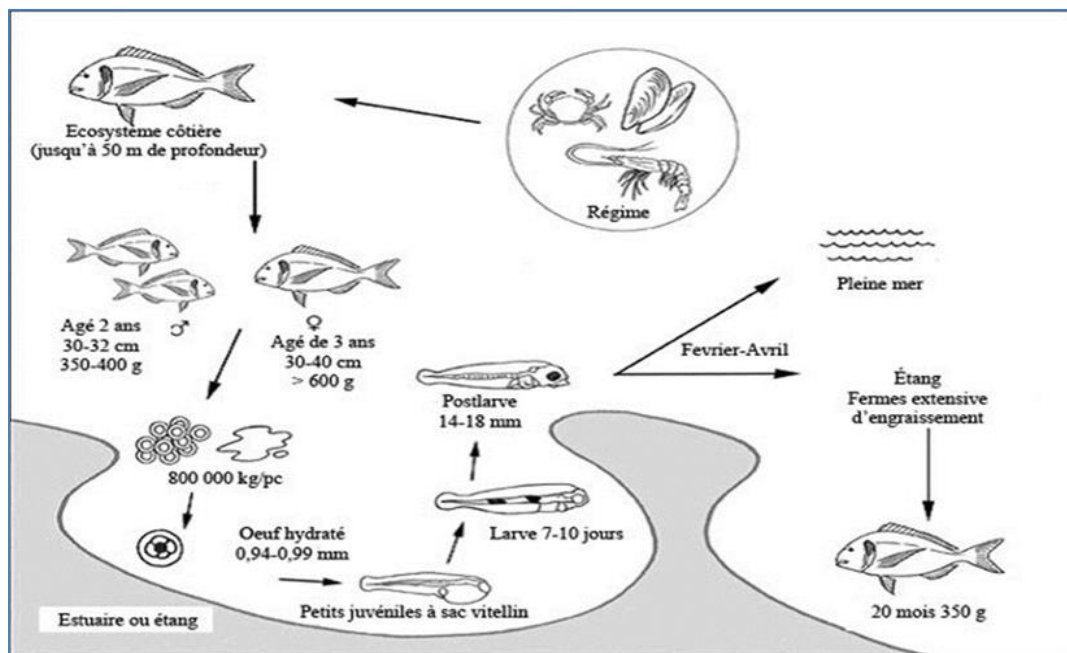


Figure 4: Cycle de production de *Sparus aurata* en mode semi-intensif (FAO, 2021).

1.5.2 Systèmes Intensifs

Le grossissement intensif suit généralement d'autres stades d'élevage intensif, c'est-à-dire avant la reproduction, l'élevage larvaire et le grossissement. Les stades intensifs de pré-croissance et de croissance de la daurade royale peuvent être réalisés dans une installation terrestre avec des bassins rectangulaires en béton de différentes tailles (200 à 3 000 mètres cubes), en fonction de la taille du poisson et du rendement souhaité. L'amplification peut également être réalisée dans des cages marines, des endroits abrités ou semi-nus (cages flottantes) ou totalement exposés (cages semi-submersibles ou immergées). (FAO, 2021). (Fig.5)

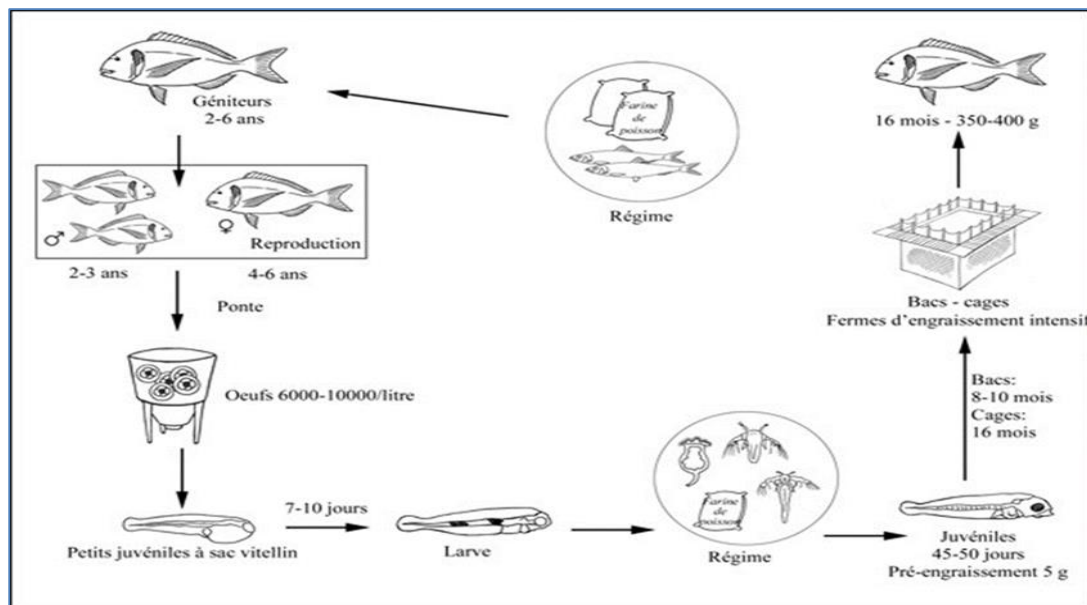


Figure 5 : Cycle de production de *Sparus aurata* en mode intensif (FAO, 2021).

1.6 Différenciation entre daurade royale sauvage et daurade royale d'élevage

Par rapport à la daurade royale d'élevage, la daurade royale sauvage a généralement

- Un corps moins large
- Une peau plus fine
- Une couleur plus claire
- Une tête plus fuselée
- Des nageoires dorsales plus effilées
- Présente une ligne dorée sur la tête et une tache orangée sur les ouïes (Ifremer, 2010).

1.7 Élément Trace Métallique (ETM)

Le métal est un élément chimique extrait le plus souvent d'un minerai, il est un bon conducteur de chaleur et d'électricité, il a les caractéristiques de dureté et de malléabilité, il est facile de combiner avec d'autres éléments pour former des alliages utilisés par l'homme depuis l'Antiquité. Les métaux lourds sont des éléments métalliques naturels caractérisés par une masse volumique élevée, supérieur à 5g par cm³. Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en quantités très faibles. On dit que les métaux sont présents « en traces ». La classification des métaux lourds est souvent discutée car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement « lourds » (ex : le zinc), tandis que certains éléments toxiques ne sont pas des métaux mais des métalloïdes (ex : l'arsenic). Pour ces différentes raisons, la plupart des scientifiques préfèrent nommer métaux lourds, l'appellation « Eléments en traces Métalliques » (ETM) ou par extension « éléments traces » (**Miquel, 2001**), on distingue ainsi :

1.7.1 Des éléments traces essentiels

Ils sont indispensables au déroulement des processus biologiques mais à de très faibles quantités, deviennent toxiques à fortes concentrations. C'est le cas du fer (Fe), cuivre (Cu), zinc (Zn), cobalt (Co), manganèse (Mn), chrome (Cr), molybdène (Mo), sélénium (Se), nickel (Ni), Vanadium (V), Titane (Ti), Arsenic (As) (**Nakib.2010**).

1.7.2 Les éléments traces non essentiels

Ils n'ont pas un rôle biologique particulier ; ils sont nommés toxiques tels que le plomb (Pb), le cadmium (Cd), le mercure (Hg) et l'antimoine (Sb) (**Chiffolleau et al., 2001**).

Les éléments traces sont des micropolluants de nature qui provoquent des nuisances, même si leurs rejets est en très faibles quantité. Leurs toxicités se développent par bioaccumulation tout au long de la chaîne alimentaire. Il est quasiment impossible de détecter la présence d'ETM dans l'eau, en raison de leur faible concentration ; c'est pourquoi ces éléments se retrouvent dans les sédiments et les organismes marins (**Nakib, 2010**).

I.8 Sources de pollution par les ETMs

Selon la définition donnée par le Group of experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution (GESAMP) (1997). Dans le cas de l'environnement marin, le terme de pollution désigne l'introduction directe ou indirecte par l'homme de substances ou d'énergie dans le milieu marin lorsqu'elle a, ou peut avoir, des effets nuisibles. Le terme de polluant est donc associé à l'apparition dans le milieu d'effets délétères (Nakib, 2010).

I.8.1 Sources naturelles

Les métaux lourds se trouvent dans l'eau, l'air et les sols et ils sont présents dans les roches. Ces réserves naturelles ne constituent pas en elles-mêmes un danger mais l'exploitation des gisements, l'érosion, les incendies de forêts, les prélèvements d'eau ou les éruptions volcaniques, vont répandre des traces de ces éléments dans l'environnement. Ils peuvent alors devenir toxiques s'ils se retrouvent en quantités suffisantes dans les organismes vivants (Nakib, 2010).

I.8.2 Sources anthropiques

L'activité humaine, participant à la diffusion des métaux lourds dans l'environnement.

- Les effluents d'extractions minières.
- Les effluents industriels.
- Les effluents domestiques et ruissellement orageux urbain.
- Lessivage des métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides.
- Apports de métaux provenant de zones rurales, par exemple les métaux contenus dans les pesticides.
- Sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles.
- Activités pétrochimiques (Nakib, 2010).

Le tableau 1 présente des exemples de sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement.

Tableau 1: Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement (*Biney et al., 1991*).

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

1.9 Le Zinc (Zn)

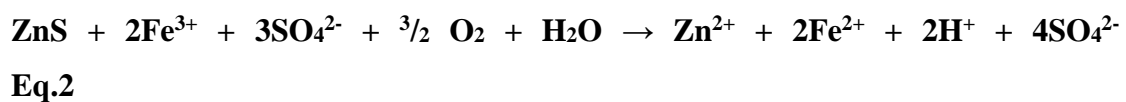
1.9.1 Généralités et sources

Le zinc est un élément chimique, son symbole est Zn et son numéro atomique est 30. Le zinc est un métal, moyennement réactif, qui se combine avec l'oxygène et d'autres non-métaux, et qui réagit avec des acides dilués en dégageant de l'hydrogène (Mahan, 1987). Cependant Nriagu (1996) a calculé que ces sources naturelles ne représentent qu'environ 7% des émissions totales de cet élément dans l'environnement, étant donné que la production et le traitement de minerai et les activités industrielles représenteraient 75% et 18% respectivement, des émissions du Zn dans le milieu naturel.

Le minéral le plus couramment utilisé est le sulfure de zinc, appelé sphalérite ou blende de zinc (ZnS). Il peut contenir des impuretés métalliques (Hurlbut Jr et Klein, 1982). L'altération des sulfures par oxydation produit la libération de l'ion zincique (Eq.1)



Cependant Zn est très souvent substitué par Fe dans les sphalérites. Dans ce cas, leur oxydation, libère de l'acidité (Dold, 1999). D'autres cas de génération d'acidité peuvent provenir des oxydations par des drainages acides (Eq.2).



1.9.2 L'utilisation du Zn par l'homme

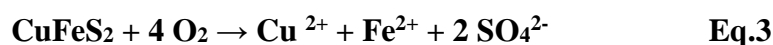
La principale utilisation du zinc est la galvanisation des aciers. L'acier galvanisé est utilisé dans l'automobile, la construction, l'électroménager, les équipements industriels, etc. Les alliages de zinc, tel le zamac, pour pièces moulées (automobile, équipements ménagers, pièces industrielles...) représentent 14 % de sa consommation, les produits chimiques 9 %, et les autres applications (dont les plaques et pièces pour toiture) 11 % (Anonyme, 2007). Il est aussi utilisé en agriculture (Anonyme, 2007), comme apport d'oligo-élément, essentiellement en zone de sols fortement calcaires Zn est présent dans plusieurs centaines d'enzymes, et participe aux échanges oxygène-gaz carbonique par les globules

rouges. Le zinc semble également intervenir dans les processus immunologiques (Anonyme, 2007).

I.10 Le Cuivre (Cu)

I.10.1 Généralités et sources

Le cuivre est un élément chimique, son symbole est Cu et son numéro atomique est 29. Métaux rouges (Mahan, 1987), on le trouve le plus fréquemment sous forme de sulfure ou de sulfosel (Hurlbut Jr. et Klein, 1982). (Eq.3)



I.10.2 L'utilisation du Cu par l'homme

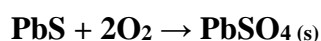
Le cuivre pourrait bien être le premier métal à avoir été utilisé, étant donné que des pièces datant de 8700 avant J.-C. ont été trouvées. Ses vertus bactéricides et antifongiques et sa ductilité ont aussi, comme pour le plomb (qui est lui bien plus toxique), justifié son utilisation dans les canalisations d'eau et dans certains pays pour les toitures et gouttières. Sa résistance à la corrosion et sa toxicité empêchant la prolifération et la fixation d'algues et d'organismes marins a encouragé ses usages dans la marine, sous forme de cuivre ou plus souvent de laiton (clous, hublots, serrures, charnières, etc.). Les sels de cuivre, comme le sulfate ou l'oxychlorure, présentent des propriétés fongicides mises à profit pour la viticulture et l'agriculture (Anonyme, 2007). Le cuivre, à très faible dose est un oligo-élément indispensable à la vie (Alloway et Ayres, 1997). Il est notamment nécessaire à la formation de l'hémoglobine et remplace même le fer pour le transport de l'oxygène chez une espèce d'arthropode, le limule, dont le sang est bleu (Alloway et Ayres, 1997). Chez l'homme et les mammifères, régulés par le foie, le cuivre intervient dans la fonction immunitaire et contre le stress oxydant. (Plumlee et Ziegler, 2003).

I.11 Le Plomb (Pb)

I.11.1 Généralités et sources

Le plomb est un élément chimique de la famille des cristaux. Son symbole est Pb et son numéro atomique est 82. Le plomb est un produit naturel de la désintégration de l'uranium (Mahan, 1987). Le Pb natif est rare, et dû à son caractère chalcophile il est associé au gisement de sulfures ; on l'extrait de sa source minérale

principale, la galène (PbS) qui en contient 86.6% en poids, mais aussi des minerais associés aux Zn (la sphalérite), à l'argent et le plus abondamment au cuivre (**Hurlbut Jr. et Klein, 1982**). Pb a deux états d'oxydation 2+ et 4+ l'état divalent est le plus stable dans l'environnement (**Callender, 2003**). Les apports naturels de plomb dans l'environnement ne représentent qu'environ 4% des émissions totales et se font essentiellement sous forme inorganique. Les émissions de cet élément sont donc notamment liées à des activités anthropiques, l'industrie minière, la métallurgie et la sidérurgie représentant environ 80% des émissions de Pb dans l'environnement (**Nriagu, 1996**). (Eq.4).



Eq.4

1.11.2 L'utilisation du Pb par l'homme

En raison de sa large distribution, de sa facilité d'extraction, de sa ductilité élevée et de son faible point de fusion, l'homme utilise le plomb depuis plus de 7000 ans. Il était utilisé avec l'antimoine et l'arsenic à l'âge du bronze. Très facile à fondre et mettre en forme, il a notamment été utilisé pour la plomberie dans l'Antiquité. Lors du Moyen Âge, les alchimistes croyaient que le plomb était le métal le plus ancien et l'associaient à la planète Saturne. En alliage avec l'étain et l'antimoine il était utilisé pour la fabrication des caractères d'imprimerie (**Anonyme, 2007**).

Actuellement plusieurs applications de ce métal sont encore trouvées, bien que beaucoup d'applications historiques du plomb ont maintenant été proscrites en raison de sa toxicité lorsqu'il est absorbé par les organismes vivants (**Anonyme, 2007**).

Utilisés encore dans la fabrication de munitions de guerre ou de chasse (**Anonyme, 2007**). Le plomb est aussi utilisé dans l'industrie du verre et il est d'une grande utilité pour construire des protections pour atténuer les rayons γ , les rayons X. Les accumulateurs électriques sont devenus la principale utilisation du plomb (**Anonyme, 2007**). En 2004, les batteries au plomb, destinées à l'automobile ou à l'industrie, représentent 72 % de la consommation de plomb. Les pigments et autres composés chimiques représentent 12 % de la consommation (**Anonyme, 2007**).

I.12 Le Cadmium (Cd)

I.12.1 Généralités et sources

Le cadmium est un élément chimique de symbole Cd et de numéro atomique 48. Le cadmium est un métal blanc, mou et ductile. Il perd de son éclat au contact de l'air (Callender, 2003). Le cadmium n'existe pas dans son état d'origine. Sa roche verte minérale (CdS,) est très rare et peu développée (Wedepohl, 1995). Le cadmium est présent dans presque tous les minerais de zinc (la teneur en cadmium varie de 0,01 % à 0,05 %). Le cadmium est également présent dans les minerais de plomb et de cuivre et les phosphates naturels (Hurlbut Jr. et Klein, 1982).



I.12.2 L'utilisation du Cd par l'homme

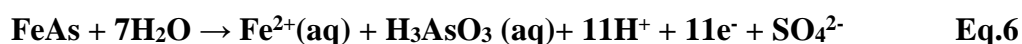
Le cadmium a de nombreuses utilisations : notamment dans les écrans de télévision, les barres de commande des réacteurs nucléaires, et les colorants (émaux, glaçures). Il entre dans la composition de nombreux alliages à bas point de fusion (soudures, brasure) et dans la fabrication de certaines batteries (anonyme, 2007). Mais ses principales utilisations sont les composés liés aux revêtements anti-corrosion (appliqués à l'acier par cadmiage, le cadmium empêche la corrosion, en particulier l'eau salée) ou la fabrication de pigments de couleur (jaune et rouge) (Matias, 2008).

I.13 L'Arsenic (As)

I.13.1 Généralités et sources

L'arsenic est un élément chimique de la famille des pnictogènes, son symbole est As et son numéro atomique est 33. Les composés d'arsenic rencontrés dans l'environnement correspondent principalement à des espèces inorganiques, présentant deux niveaux d'oxydation, As (V) et As (III) : respectivement l'arséniate et l'arsénite. Ils sont solides, liquides et même gazeux (Matias, 2008).

Il existe plus de 200 minéraux d'arsenic, correspondant à de l'arséniate, du sulfure et du sulfate, de l'arsénite, de l'arséniure et même de l'oxyde



I.13.2 L'utilisation de l'As par l'homme

Il est utilisé pour la fabrication de verre ou de cristal, quand il n'a pas été remplacé par le trioxyde d'antimoine, également toxique. L'arsenic sert d'additif au mélange plomb-antimoine des électrodes des accumulateurs. Il sert d'additif (durcisseur) au plomb des cartouches de chasse ou des munitions de guerre. Mélangé avec du cuivre et du chrome (CCA) c'est un produit de traitement du bois. (**Matias, 2008**).

I.14 Risques toxicologiques liés à la consommation du poisson

Ne seront considérés que les risques chimiques liés à la consommation de poissons et autres produits de la mer, hors biotoxines marines. Les risques microbiologiques liés à la présence de bactéries ou virus, les risques liés aux parasites ou encore le risque allergique ne seront pas traités. Ainsi les produits de la mer sont des contributeurs, parfois très largement majoritaires, à l'exposition à de nombreux contaminants chimiques, parmi lesquels des éléments traces et des polluants organiques persistant.

I.15 Éléments traces métalliques

I.15.1 Le méthylmercure

Le méthylmercure, absorbé au niveau du tractus digestif, est transformé en un complexe méthylmercure-cystéine (CH_3HgS (Cys)), un analogue structural de la méthionine. Il passe ainsi dans la circulation et traverse la barrière hémato-encéphalique. Le cerveau et le système nerveux central constituent les cibles privilégiées du méthylmercure. (Oken et al., 2005).

I.15.2 Cadmium

L'absorption du cadmium chez l'homme adulte est relativement faible, de l'ordre de 5 à 10%, et légèrement supérieure chez l'enfant. Une fois absorbé, il se fixe sur les érythrocytes via une métallothionéine MT, présentant des groupements $-\text{SH}$. La fraction de cadmium non liée est certainement à l'origine de la toxicité rénale de ce contaminant. Sa demi-vie biologique est longue (10 à 30 ans), et sa demi-vie sanguine d'une centaine de jours (EFSA, 2009b). C'est un cancérigène pour l'homme (classé dans le groupe 1 par l'IARC) (IARC, 1994). Ses principaux effets toxiques sont des atteintes de la fonction rénale. La néphrotoxicité se caractérise en premier lieu par une dégénérescence et une atrophie des tubules proximaux, diminuant la réabsorption tubulaire, et une micro-protéinurie (Satarug et Moore, 2004). Des symptômes caractérisant la maladie Itai-Itai ont également été rapportés, notamment une fragilité osseuse : réduction de la densité minérale, déformations, réduction de l'activité ostéoclastique et de la minéralisation.

I.15.3 Arsenic

L'arsenic est un élément naturellement présent dans l'environnement. Il a également des origines anthropiques : rejets des incinérateurs et des industries, produits phytosanitaires, alliages pour la fabrication de cellules photovoltaïques ou de diodes, etc. L'alimentation est la voie d'exposition principale à l'arsenic, les produits de la mer constituant le vecteur majoritaire chez les adultes comme les enfants. L'arsenic est absorbé au niveau gastro-intestinal, le taux d'absorption dépend fortement de la matrice et des espèces arséniées présentes, organiques ou inorganiques. L'arsenic total et l'arsenic inorganique sont largement excrétés principalement dans les urines. Les espèces organiques et les arsénosucres sont très peu métabolisés. En revanche l'arsenic inorganique subit de nombreuses transformations chez l'homme pour qui la principale voie métabolique de détoxification est la méthylation (EFSA, 2009a).

I.15.4 Organoétains

Organoétains (L'étain (Sn)) est un métal naturellement présent dans la croûte terrestre mais peu abondant (2 mg/kg en moyenne). Il est présent principalement sous forme Sn (II) et Sn (IV)

En l'absence de données sur la teneur en organoétains des aliments autres que les produits de la mer, il est difficile de conduire une évaluation de risque sur le régime total. Même si l'on considère que les produits de la mer sont effectivement la source alimentaire quasi exclusive d'organoétains, l'exposition à ces composés n'a pas été considérée comme préoccupante par l'AFSSA ni par l'EFSA dans leur évaluation du risque (AFSSA, 2006b).

I.16 Polluants organiques persistants

I.16.1 Polychlorobiphényles et dioxine

Les PCB sont des composés aromatiques chlorés issus de la synthèse chimique ayant été utilisés depuis les années 30 pour leurs propriétés isolantes. Leur utilisation est interdite en France depuis 1987. Lipophiles et stables, ils s'accumulent dans la chaîne alimentaire et se concentrent dans les produits animaux, en particulier les poissons gras (Cirillo et al., 2009).

En raison des différents effets toxiques des PCB (PCB-DL et PCB-NDL) rapportés à la fois chez l'animal et chez l'Homme et notamment de leurs effets reconnus sur le développement cérébral et moteur de l'enfant exposé in utero, une attention particulière doit être portée aux niveaux de contamination, notamment dans les espèces les plus accumulatrices de PCB (anguille, saumon, sardine) et principalement lorsque ces poissons proviennent de zones à fortes activités industrielles.

I.17 Bénéfices liés à la consommation de produits de la mer

Les produits de la mer, et en particulier les poissons, sont une source de protéines et de lipides. Les principaux acides gras apportés sont les acides gras polyinsaturés à longue chaîne de la famille des omégas 3 (AGPI-LC n-3). Les produits de la mer peuvent également être des sources significatives d'oligoéléments et de vitamines.

I.17.1 Protéines

Macromolécules constituées de chaînes d'acides aminés, les protéines jouent un rôle structurel et fonctionnel indispensable dans l'organisme : communication cellulaire, transport, signalisation, catalyse, etc.

Le poisson, au même titre que la viande, est une source importante de protéines animales qui sont généralement plus riches en acides aminés indispensables que les protéines végétales, et de meilleure digestibilité. Pour les non-consommateurs de viande, le poisson constitue donc un vecteur de protéines, avec des teneurs moyennes pouvant aller de 15 à plus de 25 g de protéines/100 g (AFSSA-CIQUAL, 2008). La FAO recommande ainsi de communiquer auprès des populations sur le fait que le poisson est une source importante de protéines (FAO/WHO, 2010).

I.17.2 Acides gras polyinsaturés à longue chaîne de la famille des omégas 3

Les lipides apportés par l'alimentation ont un rôle énergétique (1 g de lipides = 9 kcal), sont le

Principal constituant de la membrane cellulaire, et interviennent dans les communications intra et intercellulaires.

Les denrées d'origine animale constituent la principale source (hors supplémentation) d'AGPI-LC n-3, en particulier d'acide eicosapentaénoïque (EPA), d'acide docosapentaénoïque (DPA), et d'acide docosahexaénoïque (DHA). La viande, les œufs et le poisson contribuent donc fortement à l'apport d'acides gras essentiels EPA,

DPA et DHA. Plus particulièrement les produits de la mer contribuent à l'apport en EPA et de DHA à hauteur de 50% et 70% respectivement (**Howe et al., 2006**).

Cependant il convient de souligner que la composition lipidique du poisson, de façon générale, est dépendante de nombreux facteurs incluant la taille et la période de reproduction, mais aussi la saison et l'alimentation du poisson, elle-même dépendante de la région d'origine pour les poissons sauvages (**Özyurt et al., 2005**). Par ailleurs les poissons sauvages présenteraient des concentrations en AGPI-LC n-3 significativement inférieures à celles des poissons d'élevage, sans doute du fait d'une alimentation contrôlée. Enfin le mode de préparation est également important ; la cuisson par exemple, en particulier la friture plate, réduirait de façon significative les concentrations en AGPI n-3 et le ratio n-3/n-6 (**Bhourri et al., 2010**).

I.17.3 Bénéfices du poisson et des AGPI-LC n-3

De nombreuses études ont montré que la consommation de poisson ou de poissons gras pouvait être associée à des effets protecteurs sur les maladies cardiovasculaires, les accidents vasculaires cérébraux, certaines maladies neurodégénératives, certains cancers et la dépression nerveuse (**Hughes et al., 2009**).

Plus généralement, des études épidémiologiques ont montré une association positive entre la consommation de poisson chez la femme enceinte et le développement cognitif (mesure de différents scores) de l'enfant (**Hibbeln et al., 2007**).

Afin de réduire l'incidence d'une maladie au sein d'une population, il est recommandé de prendre de 200 à 2000 mg d'EPA+DHA par jour (**ISSFAL, 2007**).

I.17.4 Vitamines

Les vitamines interviennent en tant que coenzyme dans de nombreuses fonctions de l'organisme : croissance, métabolisme cellulaire, homéostasie, fonctions immunitaires, etc. Les produits de la mer sont sources de certaines vitamines liposolubles (D, E, A) et hydrosolubles (B6, B12). Parmi celles-ci, seule la vitamine D peut être synthétisée par l'organisme, les autres sont exclusivement apportées par l'alimentation. Les produits de la mer peuvent donc être des aliments intéressants, en particulier dans certains sous-groupes de population pour lesquels les apports vitaminiques sont parfois insuffisants (**AFSSA-CIQUAL, 2008**).

Par rapport au reste de l'alimentation, les poissons les plus gras, comme l'anguille, le saumon ou encore la sardine, apportent des quantités importantes de vitamine E (jusqu'à 5,1 mg TE).

Dans les poissons d'élevage, la teneur en vitamine E est généralement supérieure à celle des Poissons sauvages, car elle est ajoutée dans leur alimentation (**AFSSA, en cours**).

I.17.5 Oligoéléments

Les oligoéléments sont des minéraux nécessaires à l'organisme. Ils sont principalement des cofacteurs enzymatiques ou entrent dans la constitution de certaines hormones ou certaines vitamines. Les produits de la mer sont une source non négligeable de certains minéraux : sélénium, iode, zinc et fer.

I.17.6 Sélénium

Le sélénium (Se) participe aux mécanismes de défense antioxydante de l'organisme. Mais il n'agit pas comme un antioxydant à proprement parler dans la mesure où il ne permet pas à lui seul une réaction de réduction. Chez l'homme, il apparaît sous deux formes : sélénométhionine et sélénocystéine. Il est impliqué dans la protection de la paroi des vaisseaux sanguins. Un déficit en sélénium favorise le développement de certaines pathologies, notamment virales, et des cancers (**Tanguy et al., 2003**)

I.17.7 Iode

L'iode tient sa fonction biologique dans son incorporation dans la triiodothyronine (T) et la thyroxine, deux hormones thyroïdiennes impliquées dans de nombreuses fonctions (croissance, différenciation tissulaire, métabolisme lipidique, etc.). Elles jouent également un rôle prépondérant dans le développement du système nerveux central du fœtus et du jeune enfant. Plus de 90% de l'iode ingéré est absorbé, bien que l'absorption varie en fonction de la matrice alimentaire (**AFSSA, 2005b**).

Une carence provoque une turgescence de la glande thyroïde se manifestant par un goitre, mais aussi un retard de croissance chez les enfants, et des troubles mentaux. De plus, les effets d'une carence en iode seraient amplifiés par une déficience d'apport en sélénium et en fer (**Derumeaux et al., 2003**).

Les produits de la mer, et principalement les mollusques et crustacés, constituent la principale source d'iode.

I.17.8 Zinc

Le zinc, qui intervient dans plus de 200 enzymes, joue un rôle dans un grand nombre de fonctions : la fonction immunitaire, la formation cellulaire, la santé osseuse (ralentissement de la décomposition de l'os), et la fonction visuelle. Il est indispensable à l'activité enzymatique, et active notamment les acide désoxyribonucléique et acide ribonucléique polymérasés (**Krishnadev et al., 2010**).

Les principales sources alimentaires de zinc sont les coquillages et certains crustacés (jusque 16,7 mg/100 g de poids frais pour les huitres dans lesquelles le zinc est très biodisponible comparée à la viande rouge (jusque 10,5 mg/100 g) (**AFSSA-CIQUAL, 2008**).

La toxicité chronique du zinc est souvent liée à une supplémentation excessive et prolongée (50 à 300 mg/j). Du fait de la compétition entre l'absorption du zinc et du cuivre, la plupart des effets toxiques d'un apport trop élevé en zinc sont les mêmes que ceux d'une déficience en cuivre. Ainsi, une dose sans effet de 50 mg/j a été déterminée chez l'homme pour une large gamme d'apports en cuivre. Une limite de sécurité de 25 mg/j a été dérivée de cette dose sans effet pour les adultes, dont les femmes enceintes et allaitant (**EFSA, 2006b**).

I.17.9 Fer

Le fer est un minéral essentiel au transport de l'oxygène par les hématies et c'est un constituant essentiel des mitochondries. Bien que seuls 10% du fer alimentaire soient absorbés, lorsqu'il provient d'aliments d'origine animale tels que les viandes et poissons (fer héminique ou ferreux), le fer est mieux absorbé que lorsqu'il provient des végétaux (céréales, légumes, etc.) (**Coudray and Hercberg, 2010**).

Certains autres nutriments tels que la vitamine C favorise son absorption. D'autres en revanche, tels que les polyphénols ou les fibres, la limitent.

Les aliments les plus riches en fer total sont les épices et plantes aromatiques (thym, curry, coriandre, cannelle...), les aliments à base de chocolat, les abats, et les mollusques (moules (10,2 mg/100 g) (**AFSSA-CIQUAL, 2008**).

I.17.10 La sécurité sanitaire

La Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) s'appuie sur des analyses bénéfice/ risque intégrant les apports nutritionnels et l'exposition globale de la population aux différents contaminants, en considérant les niveaux de consommation, la variabilité de composition des différentes espèces de

poisson mais aussi la variabilité de sensibilité des populations cibles, notamment des populations les plus fragiles (jeunes enfants et femmes enceintes) (AFSSA, 2009d).

Ces recommandations sont les suivantes :

- Consommer deux portions de poisson par semaine, dont une à forte teneur en EPA et DHA, en variant les espèces et les lieux d’approvisionnement (sauvage, élevage, lieux de pêche, etc.).
- Chez les enfants de moins de 3 ans et les femmes enceintes ou allaitantes, il convient :
 - D’éviter la consommation de poissons bio-accumulateurs de PCB, notamment anguilles, barbeau, brème, carpe et silure ;
 - De limiter la consommation de poissons prédateurs sauvages et d’éviter celle d’espadon, marlin, siki, requin et lamproie en raison du risque lié au MeHg (AFSSA, 2009d)

II CHAPITRE : MATERIEL ET METHODES

La base de données qui a fait l'objet de cette étude est issue des travaux de recherche dans le cadre de la réalisation du thèse de doctorat intitulé les interactions environnement-aquaculture : interactions environnementales et optimisation des systèmes de production piscicole marine de Madame Lounas (Lounas et al, 2021).

II.1 Echantillonnage

En été 2018, les poissons d'élevage sont collectés sur deux sites, Tizi Ouzou au Centre-Nord de l'Algérie et Ain Temouchent au Nord-Ouest de caractérisés par un mode d'élevage différent (en cage flottante et en raceway, respectivement) (Lounas, 2021).

II.1.1 Ferme en raceway

Située à l'ouest de l'Algérie, à 520 kilomètres d'Alger et à 80 kilomètres de la côte, la province d'Aïn Témouchent bénéficie d'un climat méditerranéen, chaud en été et froid en hiver, et de précipitations irrégulières de 300 et 500 mm/an. Le mois le plus sec est juillet avec seulement 1 mm de précipitations, tandis que novembre est le mois le plus humide avec une pluviométrie moyenne de 60 mm. La température moyenne annuelle est de 18,3°C, août est le mois le plus chaud de l'année, avec une température moyenne de 25,7°C, et 12,4°C font de janvier le mois le plus froid de l'année. De plus, les conditions climatiques sont caractérisées par des vents qui apportent généralement peu d'humidité (nord/nord-ouest et nord/nord-est). De plus, les activités économiques reposent principalement sur l'agriculture et le tourisme : à l'été 2015, la province a accueilli plus de 6 millions de touristes, soit 21 % de participation dans la production nationale (ANDI, 2015).

La ferme « SARL Aquasole » est située dans la zone d'activité aquacole de S'biaat, commune M'said, daïra El-amria, à 40 kilomètres de la capitale provinciale d'Aïn Témouchent (35° 32'23" N/ 01° 12 '07" W), qui a été créée dans le cadre du Fonds National de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (FNDPA), et a obtenu par la suite une concession de 3,5 hectares pour la réalisation de fermes piscicoles pour les espèces d'élevage, telles que : " Perche : *Dicentrarchus labrax* », « Snapper : *Sparus aurata* » et «Lean : *Argyrosomus regius* » dans un étang dur sur terre (piste). Le montant réalisé est de 740,7 millions de DA, et la capacité de production est de 1000 tonnes/an. La construction a démarré en 2006, la ferme a

été réceptionnée officiellement en décembre 2010, et la ferme « Aquasole » a été mise en service fin mai 2012, elle est composée de :

- 24 bassins d'élevage de grossissement.
- 48 bassins de pré-grossissement et station de traitement (équipée par des filtres) d'eau d'élevage en amont.

Sa capacité de production en 2016 (à terre et en mer) était de 60 % de bar, 37 % de daurade et 3 % de viande maigre. Il devrait générer 60 emplois directs, mais il n'y en a plus que 10. La ferme a été agrandie au large dans une cage flottante dans une zone de 12 hectares du site près du cap Figaro, avec une production annuelle de 600 tonnes. La production agricole réelle en 2016 n'a pas dépassé 250 tonnes. Visitez la ferme "Aquasole" pendant l'été chaud de 2016/2017 (**Lounas, 2021**).

II.1.2 Ferme en cages flottantes

La wilaya de Tizi-Ouzou dispose d'une façade maritime de 85 Km de côte, soit 7% des côtes Algériennes, caractérisée par un climat méditerranéen subhumide. La commune d'Azeffoun est située à l'extrême Nord-Est de la Wilaya de Tizi-Ouzou à 170 km à l'est d'Alger se caractérise par une morphologie côtière rocheuse qui se prolonge en mer par un plateau continental étroit et accidenté (**DPRH, 2016**), de plus le réseau hydrographique renferme deux (02) grands bassins versants à savoir le bassin de l'Oued Sebaou et le bassin côtier (**ANDI, 2015**), les caractéristiques météorologiques de la région sont présentées dans le tableau 4. En outre, le taux s'assainissement d'Azeffoun est de 60% où la région est doté d'une station d'épuration (**ONA, 2015**) et les plages sont très fréquentées 1.670.160 estivants durant l'année 2014 (**DAT, 2015**) (**Lounas, 2021**).

La ferme Azeffoun Aquaculture est une ferme à type d'élevage pisciculture marine, d'espèces Loup (*Dicentrarchus labrax*) et Daurade (*Sparus aurata*), située à M'LATA, Daïra d'Azeffoun (36° 53' 50'' N, 4° 20' 40'' E) à 6 km à l'Ouest du chef-lieu de la daïra et à proximité de la route nationale N°24. Le site M'letta se trouve dans une baie relativement abritée à l'Est et ouverte à l'Ouest où se trouve un oued qui communique avec la mer par un petit plan d'eau, la topographie est plane légèrement inclinée vers la mer, c'est un replat qui donne directement à la mer. Le site est à vocation domaniale recensé pour les potentialités aquacoles qu'il offre avec

une surface à terre disponible de 2,03 ha. Le coût d'investissement s'élève à 707.38 Millions DA avec une subvention de l'état de 50%. (**Lounas, 2021**).

Le site en mer occupe une superficie de 24 ha à 2 km de port mixte (pêche et commerce) d'Azeffoun, 24 cages sont installées à diamètre de 19.50 m chacune où la profondeur de site est estimée à 40 m et la production estimée par cage est de 40 à 50 tonnes, donc la capacité de production de la ferme est de 1 200 tonnes de loupes et daurades. La commercialisation a débuté en juin 2009, mais à partir de 2012, la production aquacole ne dépassait pas 300 Tonnes sur un cycle de production de 20 à 36 mois, par ailleurs le prix de poisson est déterminé par le producteur en fonction du prix de revient et de la marge bénéficiaire de 20%.

L'objectif est de déterminer le taux des concentration des éléments de traces métalliques l'arsenic (As), du cadmium (Cd), du cuivre (Cu), du plomb (Pb) et du zinc (Zn) dans les muscles des poissons *Sparus aurata* (**Tableau 2**) (**Lounas, 2021**).

Tableau 2: Le poids, la taille et les concentrations des éléments de traces métalliques des échantillons de poisson *Sparus aurata* des deux fermes

	poids (g)	taille (cm)	As (mg/kg.ww)	Cd	Cu	Pb	Zn
1	240.1	25.3	0.311	< LD	0.19	0.02	4.91
2	245.5	25.4	0.415	0.008	0.39	0.01	4.95
3	248.1	25.4	0.419	0.008	0.38	0.01	4.96
4	246.9	25.6	0.213	0.006	0.33	0.03	4.95
5	238.7	23.8	0.412	<LD	0.27	0.01	3.81
6	326.1	27.7	0.512	0.004	0.38	0.06	5.01
7	315.6	26.1	0.509	<LD	0.28	0.05	4.88
8	276.3	23.4	0.457	0.01	0.42	< LD	4.97
9	295.8	23.9	0.475	0.01	0.28	0.01	4.65
10	301.2	24.7	0.513	0.015	0.32	0.01	4.9
11	318.4	26.1	0.519	0.005	0.71	0.02	5.03
12	259.6	25.7	0.402	0.006	0.54	0.03	4.86
13	287.6	23.7	0.389	0.018	0.57	0.01	4.89
14	315.7	24.9	0.325	0.006	0.82	0.01	5.43
15	288.4	24.9	0.32	0.02	0.78	0.014	5.32
16	315.5	24.9	0.321	<LD	0.85	0.018	5.67

17	355	26.1	0.367	0.017	0.91	0.021	6.05
18	345.7	25.9	0.37	0.016	0.69	0.013	6.03
19	326.3	25.3	0.352	0.011	0.63	0.021	6.01
20	342.4	25.3	0.333	0.013	0.74	0.015	6.01
21	312.9	24.8	0.332	0.019	0.58	0.012	5.69
22	351.3	26.2	0.475	0.02	0.97	0.019	6.05
23	352.8	26.2	0.476	0.019	0.97	0.02	6.05
24	348.5	25.7	0.465	0.02	0.92	0.018	6.01
25	364.8	26.3	0.482	0.021	0.96	0.021	6.1
26	346.7	25.8	0.453	0.019	0.79	0.021	6
27	330.7	25.3	0.443	0.013	0.89	0.023	5.98
28	329.8	25.2	0.397	0.017	0.88	0.021	5.97
29	331.1	25.3	0.41	0.016	0.89	0.021	5.98
30	349.1	25.6	0.458	0.019	0.96	0.022	6.01
31	349.7	25.6	0.456	0.015	0.94	0.018	6.01

II.2 Évaluation des risques sanitaires liés aux éléments traces métalliques

Pour déterminer les risques sanitaires et la cancérogénicité liés à la consommation de la daurade royale des côtes Algériennes, plusieurs indices sont calculés ; en utilisant XLSTAT version free :

II.2.1 Apport Journalier Recommandé (EDI)

Conçu pour évaluer l'exposition des consommateurs à As, Cd, Cu, Pb et Zn. Il est calculé selon la formule ci-dessous (**Griboff et al., 2017**).

$$EDI = \frac{C_i * FIR}{BW}$$

Où : EDI= AJE ($\mu\text{g kg}^{-1}$ poids corporel jour⁻¹);

FIR = taux d'ingestion de produit de la mer ($7\text{g/capita.day}^{-1}$ ou 17) pour les adultes (**FAOSTAT, 2017**) ;

C_i ($\mu\text{g g}^{-1}$ ww) = concentration du métal dans le poisson ; BW est le poids corporel moyen ($72,5$ kg pour cette étude) (**CREAD, 2018**).

II.3 Quotient de risque (Target hazard quotients (THQ))

C'est le rapport entre l'exposition potentielle de la substance et le niveau auquel aucun effet nocif n'est attendu. La dose de référence est spécifique à l'oligo-élément évalué. Le THQ décrit le risque sanitaire non cancérigène posé par l'exposition à l'élément toxique respectif.

Si le THQ est <1, aucun effet non cancérigène sur la santé n'est attendu.

Si, par contre, le QTH est >1, il est possible que des effets néfastes sur la santé se produisent. Un QTH supérieur à 1 ne constitue pas une probabilité statistique que des effets nocifs non cancérigènes sur la santé se produisent. Il est principalement utilisé par l'Environmental Protection Agency des États-Unis (US EPA) pour évaluer les risques pour la santé des agents chimiques. Il est calculé selon la formule de (Copat et al., 2013).

$$\text{THQ} = \frac{\text{EF} \cdot \text{ED} \cdot \text{FIR} \cdot \text{CI} \cdot 10^{-1}}{\text{RFD} \cdot \text{BW} \cdot \text{AT}}$$

EF = la fréquence d'exposition 150 jours (pour les personnes qui consomment du poisson 3 fois par semaine) (CREAD, 2018), 50 jours (pour les personnes qui consomment du poisson 1 fois par semaine) et 250 jours (pour les personnes qui consomment du poisson 5 fois par semaine).

ED = la durée d'exposition (70 ans) équivalente à l'espérance de vie à la naissance ; FIR = le taux d'ingestion de produit de mer en Algérie (7 g/personne/jour) (FAOSTAT, 2017) ; le taux d'ingestion de produit de la mer selon la norme international (17g/personne/jour)

Ci = la concentration de métal dans l'échantillon ($\mu\text{g g}^{-1} \text{ ww}$) ;

RfD = ($\mu\text{g.g day}^{-1}$) = la dose orale de référence Cd = 1×10^{-3} ; Cu = 4×10^{-2} ; Zn = 4×10^{-2} ; Pb = 4×10^{-3} et As = 3×10^{-4} (USEPA 2000).

Bw = le poids corporel moyen (72,5 kg pour les adultes) (CREAD, 2018) ; pour l'homme (poids moyen 72.3kg, poids supérieure 82.3, poids faible 62.3 kg)

Pour la femme (poids moyen 68.3 kg , poids supérieure 78.3 kg ,poids faible 58.3kg) Pour l'enfant (poids moyen 20 kg ,poids supérieure 25 kg ,poids faible 15 kg) .

AT = la durée moyenne d'exposition pour les substances non cancérogènes

(EF jours/an \times ED années). De plus, tous les calculs des limites de consommation d'As sont effectués en supposant que l'arsenic inorganique toxique représentait 10 % du total (**Marengo et al., 2018**).

II.4 Les tests statistiques

II.4.1 Tests de normalité

On utilise le test de normalité en statistiques, pour vérifier si des données réelles suivent une loi normale ou non. Les tests de normalité sont des cas particuliers des tests d'adéquation (ou tests d'ajustement, tests permettant de comparer des distributions), appliqués à une loi normale (**Rahmouni, 2019**).

II.4.2 Test de Mann –Whitney est U de Mann Whitney

Le test U de Mann Whitney ou le test de Wilcoxon Rank-Sum, quant à lui, est un analogue du test t paramétrique de Student. Il compare les moyennes entre deux groupes indépendants en supposant que les données ne suivent pas une distribution normale. Par conséquent, il est utile pour les variables numériques/continues. Par exemple, si les chercheurs veulent comparer l'âge ou la taille de deux groupes différents (variables continues), dans une étude dont les données ne sont pas distribuées normalement, le test U de Mann Whitney peut être utilisé (**Hart, 2001**).

II.4.3 Analyse en composantes principales ACP

L'analyse en composantes principales est basée sur l'étude d'une grandeur statistique appelée inertie, ou bien sur l'étude de la covariance des variables, elle a pour principe la maximalisation de la variance ou de la covariance d'une variable, le critère choisi est celui de la dispersion. L'ACP est une technique qui consiste à mettre en évidence les redondances éventuelles et les groupements de variables (par les vecteurs propres) qui expliquent le mieux la variance de tout l'ensemble d'informations (la part critère de variance expliquée est le rapport de la valeur propre au nombre de variables) (**Dechemi et al., 1997**).

III CHAPITRE : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 L'analyse descriptive des données

Le tableau 3 présente une analyse descriptive des données des échantillons de poissons des deux fermes aquacoles.

Tableau 3 : Analyse descriptive des données de poissons des deux fermes aquacoles

	poids (g)	taille(cm)	As (mg/kg.ww)	Cd	Cu	Pb	Zn
maximum	364.80	27.7	0.51	0.021	0.97	0.06	6.1
minimum	238.70	23.4	0.21	0.004	0.19	0.01	3.81
moyenne	311.49	25.35	0.41	0.013	0.652	0.019	5.45
ecarttype	38.980	0.87	0.07	0.005	0.260	0.011	0.603
médiane	318.40	25.4	0.41	0.015	0.71	0.019	5.67
mode	-	25.3	-	0.01	0.97	0.021	6.01
somme	9656.30	786.1	12.781	0.37	20.23	0.598	169.14
effectif	31	31	31	31	31	31	31
variance	1519.49	0.76	0.005	4.82	0.067	0.0001	0.36

L'observation du tableau indique que le poids des échantillons de poissons varie entre un maximum de 364.8 g et un minimum de 238.7 g avec une moyenne de 311.4 g \pm écart type 38.9807 sur un effectif de 31, la taille maximale est 27.7 cm ainsi que la minimale 23.4 cm. avec une moyenne de 25.35806 cm \pm écart type de 0.873603

La concentration la plus élevée des éléments traces métallique est celle du zinc (Zn) 6.1 mg/kg.ww par contre la minimale est celle du cadmium (Cd) 0.004 mg/kg.ww.

La concentration du cuivre se varie entre 0.97 mg/kg.ww et 0.19 mg/kg.ww et celle du plomb varie entre 0.06 mg/kg.ww et 0.01 mg/kg.ww.

III.2 L'effet de différents paramètres sur l'EDI

La moyenne, l'écart type, EDI, p-value pour alpha <0.05 ont été utilisés pour évaluer l'effet du FIR et du ETM sur le EDI (**tableau .3.**)

Une analyse en composantes principales (ACP) est réalisée pour estimer l'impact du poids (BW), sexe (homme, femme), l'Age (adulte, enfant), concentration des éléments trace sur la valeur du EDI (**figure 6**).

III.2.1 Effet de FIR sur L'EDI

Le tableau 4 présente les résultats du EDI en fonction de diffèrent FIR

Tableau 4 : Les indices utilisés pour évaluer l'effet du FIR sur l'EDI chez l'homme, la femme et l'enfant

Poids moyen (kg)	FIR (g/capita.d ay ⁻¹)	EDI-As (µg kg ⁻¹)	EDI-Cd	EDI-Cu	EDI-Pb	EDI-Zn	moyenne	Ecart type	p-value
Homme 72.3 kg	7	0.039	0.001	0.063	0.001	0.528	0.132	0.207	<0.0001
	17	0.096	0.002	0.153	0.004	1.282	0.321	0.503	
Femme 62.3 kg	7	0.042	0.066	0.066	0.001	0.559	0.140	0.219	<0.0001
	17	0.102	0.162	0.162	0.004	1.358	0.339	0.533	
Enfant 32.3 kg	7	0.144	0.004	0.228	0.006	1.909	0.476	0.749	<0.0001
	17	0.350	0.010	0.554	0.016	4.637	1.157	1.820	

EDI= AJE (µg kg⁻¹ poids corporel jour⁻¹) ; Poids = poids moyen (kg).

(PTDI)= dose journalière tolérable (ug/jour) par FAO/WHO (2020).

As= 2.14 ug/jour , Cd=0.83 ug/jour , Cu=500 ug/jour , Pb = 3 ug/jour , Zn = 300 ug/jour

Les EDI les plus élevés que soit chez l'homme, la femme ou l'enfant sont enregistrés pour un FIR = 17. Le zinc qui a l'EDI le plus élève chez l'homme, la femme et l'enfant, par contre le plus faible sont ceux de cadmium chez l'homme et l'enfant et celui de plomb chez la femme(Annexe1,Annexe2,Annexe3). Quand le taux de la consommation augmente l'EDI augmente.

La consommation quotidienne moyenne de poisson en Algérie est de 7 g/personne/capita, tandis que la consommation quotidienne mondiale moyenne est de 17g/ personne/capita.

Au final l'apport journalier estimé d'As inorg, de Cd et de Pb pour l'homme, la femme et l'enfant de poids corporel moyen de 72,5 kg, de 62,3 Kg et de 32.3 kg, respectivement, consommant *Sparus aurata* d'élevage est beaucoup plus faible que les valeurs de PTDI recommandées par FAO et par OMS,(Annexe4) cela s'explique certainement par la consommation limitée des produits de la mer par la population locale. Cette consommation est considérée comme étant parmi les plus faibles de la région méditerranéenne selon la norme FAO (2015), vu que 66,3% des consommateurs Algériens considèrent que la viande est un produit alimentaire très cher (Chikhi and Bencharif 2016), d'autant plus la sensibilité aux contaminants pourrait être affectée par le poids corporel humain (Le Magueresse-Battistoni et al. 2018), ce qui confirme par les résultats de l'ACP ou l'EDI est inversement lié au poids corporel, au sexe et à l'âge.

Pour évaluer la différence entre EDI FIR 7 et EDI avec un FIR17 nous avons utilisé le test Mann-Whitney. D'après les résultats obtenus la p-value calculée est inférieure au niveau de signification seuil $\alpha=0.05$ donc il y'a une différence significative entre les EDI.

L'EDI chez l'adulte est inférieure à celui des enfants car les enfants restent toujours les plus exposés aux éléments de traces métalliques en raison de leur faible poids corporels et leur fragilité sur le plan physiologique (RCAP, 1996). L'EDI chez l'homme est aussi inférieure à celui de la femme à cause de la différence entre le poids corporel entre les deux sexes et leurs physiologie étant donné que l'activité physique entre l'homme et la femme est différente . Celle de la femme est inférieure par rapport à celle de l'homme , les hommes ont une masse musculaire plus importante due à leur activité physique (de Glisezinski,2007) par conséquent l'épaisseur du tissu adipeux de la femme est plus grande que celui de l'homme. Le tissu adipeux est nécessaire pour le stockage et la libération des lipides, il synthétise et secrète des adipokines (Simatos, 2013) ce qui explique une grande accumulation des métaux chez la femme que chez l'homme .

III.2.2 Analyse en composantes principales de l'EDI

La figure 5 présente l'analyse en composantes principale de l'EDI

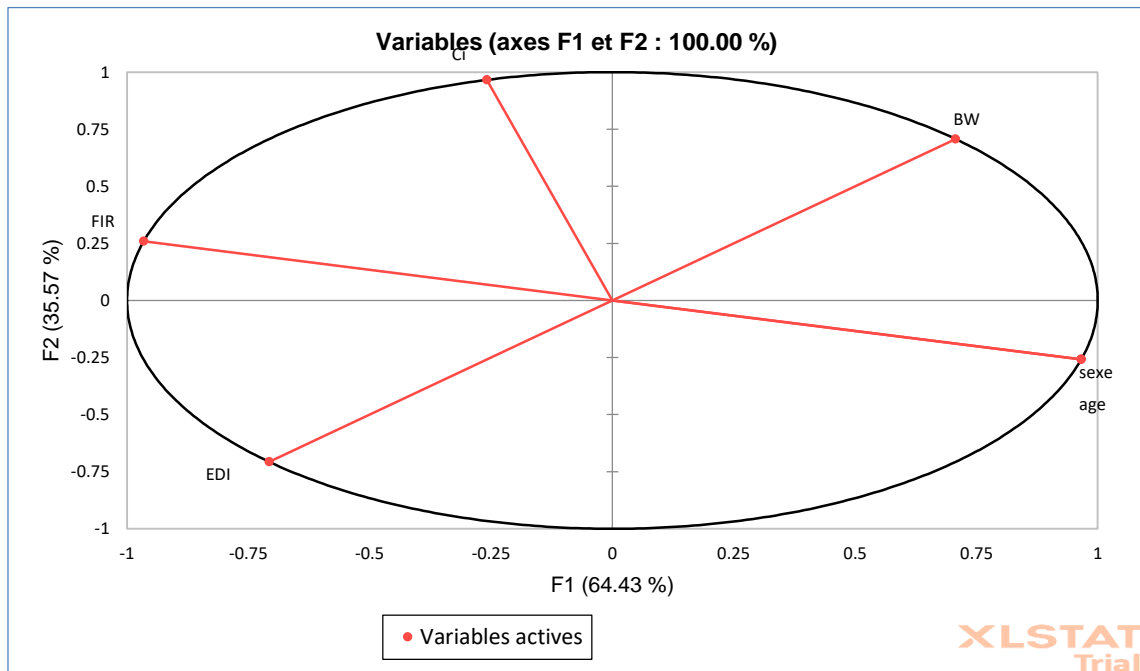


Figure 5: Le graphe du cercle des corrélations des principales composantes de l'EDI.

On utilise pour cela la figure 8 qui représente l'analyse en composant principale nous aide à sélectionner un seul axe qui retient 64.43% de l'inertie totale. L'axe 2 retient tout de même 35.57% de l'inertie, ce qui n'est pas négligeable, et qui conduit à un taux d'inertie expliquée de 100%, ce qui est un très bon résultat. Il peut être donc intéressant de l'étudier aussi

- Facteur 1 : explique la relation entre l'EDI, le FIR, le sexe, le poids et l'âge .EDI est négativement corrélé avec le FIR et inversement corrélé avec le poids, le sexe et l'âge, il n'a pas de corrélation avec le Ci
- Facteur 2 : explique la relation entre EDI et Ci .L'EDI est négativement corrélé avec le Ci

L'apport journalier recommandée est inversement corrélé avec le poids, le sexe et l'âge (Annexe5) car l'organisme pour se fonctionner à besoin d'aliment pour ensuite le transmettre en énergie (Hoarau, 2014) et comme la valeur de l'apport prend en considération le poids lors de la détermination de sa valeur est donc elle varie selon le poids qui est lui-même change en fonction de l'âge et du sexe car le poids corporels change pendant les différents phases de la croissance enfant, adolescent et adulte et ainsi que le sexe homme et femme qui sont différent au niveau physiologique .

L'EDI est négativement corrélé avec le FIR car la consommation quotidienne moyenne de poisson en Algérie est de 7 g/personne/capita, tandis que la consommation quotidienne mondiale moyenne est de 17g/ personne/capita et donc l'EDI diffèrent selon la consommation moyenne de la personne.

L'apport journalier recommande est négativement corrélé avec la concentration du métal car l'augmentation du taux du métal dans le produit consommé est dangereux pour la santé donc l'apport journalier recommandé devient moins pour équilibrer et protéger le corps des effets toxiques des métaux (Sama et al, 2014).

III.3 L'effet des différents paramètres sur la valeur du THQ

La moyenne, Le FIR, EF ont été utilisés pour évaluer l'effet des différents paramètres sur le THQ (tableau.4).

Une analyse en composantes principales (ACP) est réalisée pour connaître l'impact du poids (BW), sexe (homme, femme), l'Age (adulte, enfant), concentration des éléments de trace sur la valeur du THQ (figure.6).

III.3.1 L'effet de FIR et EF sur THQ

Le tableau 5 présente les résultats de THQ en fonction de FIR et EF

Tableau 5 : Les résultats du THQ en fonction de FIR et EF chez l'adulte et l'enfant.

FIR (g/capita.day-1)	EF	50 jours	150 jours	250 jours
	THQ			
7	Adulte	0.02977036	0.0289445	0.02977036
17		0.07229944	0.0725996	0.07229944
*		0.10761984	0.10806664	0.10761984
**	Enfant	0.26136248	0.26244755	0.26136248

FIR = le taux d'ingestion de produit de mer (g/personne/jour) 7* 17**

Poids= poids moyen (kg). Adulte 72.3 kg enfant 32.3 kg

EF = la fréquence d'exposition 50 jours, 150 jours, 250 jours.

THQ = Quotient de risque.

La valeur de THQ est inférieure à la limite de la sécurité de 1 et donc ne présente pas d'effets néfastes graves sur la santé des consommateurs. Le THQ chez l'adulte avec un FIR 17 est supérieure à celui de THQ avec un FIR 7 avec les EF 50,150 et 250 jours par contre les valeurs de THQ avec toutes les fréquences sont proches l'une de l'autre. Le THQ chez l'enfant avec un FIR 7 est inférieure à celui de THQ avec un FIR 17 avec toutes les fréquences (50 jours, 150 jours, 250 jours) ainsi que les valeurs sont proches entre eux. Le THQ chez l'enfant est supérieure de celui de l'adulte et le THQ avec consommation une 1 fois par semaine est inférieure à celui de 3 fois chez les deux catégories.

Plusieurs travaux ont été faits sur le bénéfice nutritionnel lié à la consommation de poisson, mais pas sur le risque, les EF influencent la valeur de THQ car l'ETM dans le poisson s'accumule dans le corps et donc l'augmentation du risque de toxicité pour la santé, c'est pour cela que des organismes ont mis des recommandations de poisson (**Sirot, 2011**).

L'organisme des enfants absorbe potentiellement plus de contaminants et reste incapable d'éliminer aussi facilement que les adultes étant donné que leurs systèmes d'élimination sont moins développés (**Sama et al., 2014**) qui explique la valeur trouvée comparant à celle de l'adulte.

La consommation quotidienne moyenne de poisson en Algérie est de 7 g/personne/capita, tandis que la consommation quotidienne mondiale moyenne est de 17g/ personne/capita ce qui explique les différentes valeurs de THQ car la diminution de l'ingestion de poisson entraîne une diminution de THQ. Par ailleurs, Les aliments sains, tels que le poisson, sont généralement plus coûteux, et les sujets de statut socio-économique plus bas, seraient sensibilisés aux problèmes de santé publique, expliquant une consommation plus limitée de ces produits (**Sirot,2011**).

III.3.2 Analyse en composantes principales du THQ

La figure 6 présente l'analyse en composant principales de la THQ

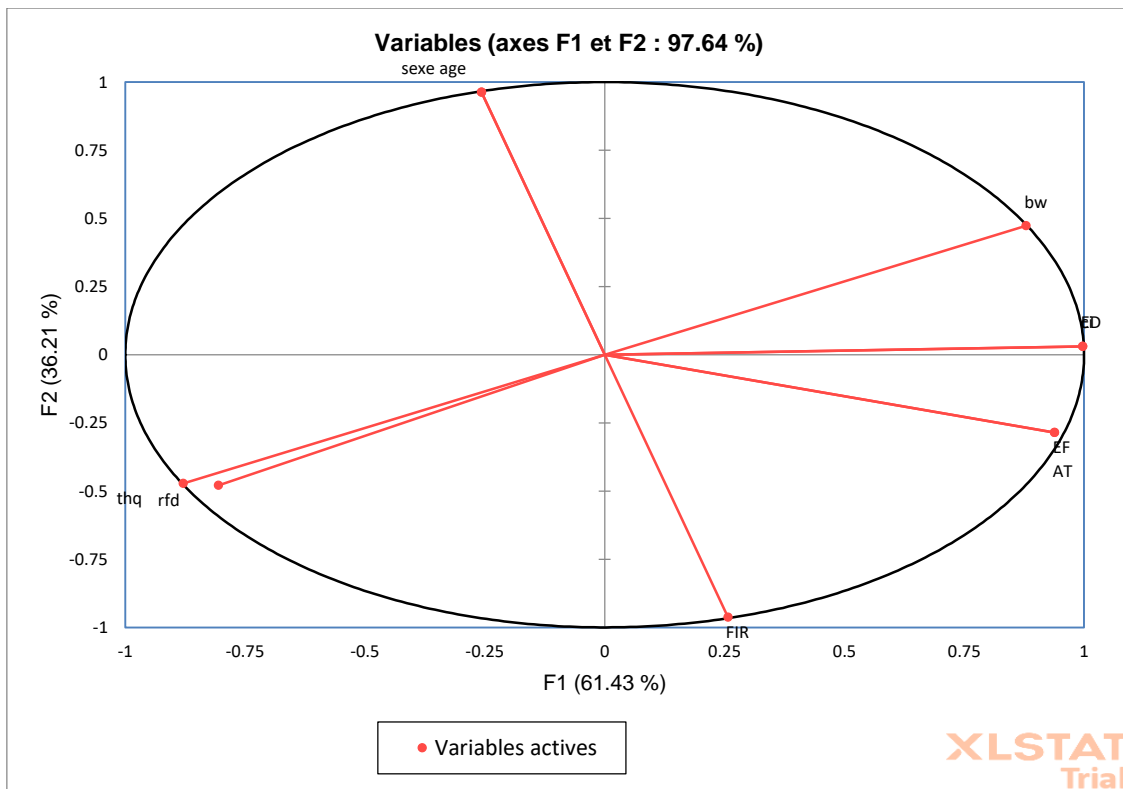


Figure 6 : le graphe du cercle des corrélations les principales composantes du THQ

Le THQ le quotient de risque est une approche solide pour déterminer les risques pour la santé humaine liés à la consommation de poisson (**varol and Sunbul, 2018**), la valeur de THQ est inférieure à la limite de la sécurité de 1. ce qui indique que l'absorption des ACP + clane éléments traces métalliques via la consommation de la daurade d'élevage provenant de l'aquaculture en Algérie ne présente pas d'effets néfastes graves sur la santé des consommateurs nos résultats sont en accord avec les résultats de Lounas (**2020**).

L'ACP est un outil utile pour déterminer les processus de contrôle dans un ensemble complexe de données et pour révéler les similitudes et les différences (**Ogunlaja et al., 2019**).

On utilise pour cela la figure 6 qui représente :

- Facteur 1 : exprimant 61.43 % de l'inertie totale, il est très bien corrélé positivement avec les variables : ED, EF, AT, Ci et bien corrélé négativement avec les variables : BW, THQ
- Facteur 2 : exprime 36.21% de l'inertie totale, est essentiellement très bien corrélé positivement avec les variables : sexe et âge et très bien corrélé négativement avec la variable FIR (Annexe 7).

Le THQ change en fonction des concentrations des métaux et de la fréquence de consommation car l'exposition de poisson à la pollution qui est une source principale des éléments traces qui fait que le poisson consommé par le consommateur est riche ou pauvre en élément de trace et donc le risque sera ou non négligeable (**Sama et al., 2014**) c'est pour cela que la fréquence de consommation doit être régulée et contrôlée pour diminuer le risque lié à la consommation des poissons et produits de la mer en générale (**Sirot, 2011**).

Le THQ est en relation avec l'âge, le sexe et la consommation des produits de la mer est différent entre femme et homme à cause de leur physiologie et le taux de consommation chez l'homme est plus élevé par rapport à la femme et aussi le poids corporel de la femme est inférieure à l'homme, comme l'âge joue un rôle dans le taux de la consommation car l'enfant consomme moins que l'adulte mais l'organisme des enfants absorbe potentiellement plus de contaminants et reste incapable de les éliminer aussi facilement que les adultes étant donné que leurs systèmes d'élimination sont moins développés (**Sama et al., 2014**) nos résultats sont en accord avec ceux de Sama et al (**2014**) sur l'évaluation et les risques sanitaires de la bioaccumulation de métaux lourds chez des espèces halieutiques du système lagunaire togolais.

CONCLUSION

L'aquaculture participe de plus en plus dans le régime et la sécurité alimentaire humaine. Afin de répondre aux besoins de consommation en poissons et d'assurer le marché de l'export il faut instaurer un réseau de contrôle et de suivi de qualité pour la conformité aux normes sanitaires surtout pour les contaminants toxiques.

Les éléments traces métalliques tels que le zinc, le cuivre sont vitaux pour la croissance et au bien-être des organismes vivants, y compris l'humains. On peut encore s'attendre à ce qu'ils aient des effets toxiques quand les organismes sont exposés à des niveaux de concentration supérieurs à ceux qu'ils négligent. D'autres éléments, tel que le plomb et le cadmium, ne sont pas nécessaires à l'activité métabolise et présente une toxicité.

Cette étude vise à évaluer les risques sanitaires de l'exposition aux métaux lourds via consommation de poissons méditerranéens de l'aquaculture algérienne *Sparus aurata* et divers paramètres qui influent sur le calcul de ces risques. Une différence significative dans les concentrations de métaux a été démontrée et aussi entre les EDI avec un FIR de 7 et de 17. L'Analyse en Composante Principale (ACP) a permis de mettre en évidence les différents facteurs qui influencent le THQ. En effet, l'étude a révélé que les enfants sont surtout les plus vulnérables en raison de leur faible poids corporel par rapport aux adultes. Selon les THQ déterminés inférieure a 1, la consommation de daurade d'élevage issues de différents systèmes d'élevage (cage et raceway) des deux fermes aquacoles pourrait être envisagées comme sûre pour la santé publique. Aucun produit de l'aquaculture (daurade) ne constitue un danger pour le consommateur s'il est élevé dans un site propre et alimentation saine .

La présente étude sert de base pour d'éventuelles recherches ultérieures. Par conséquent, il est recommandé qu'il soit nécessaire de surveiller en permanence les éléments essentiels dans tous les produits marins pour évaluer les risques potentiels pour la santé humaine et la pollution des écosystèmes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFSSA (2005b). Évaluation de l'impact nutritionnel de l'introduction de composés iodés dans les produits agroalimentaires. Maisons Alfort .France : AFSSA

AFSSA (2010a). Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. Maisons-Alfort. France : AFSSA

AFSSA en cours. Bénéfices nutritionnels et risques sanitaires pour l'Homme, liés à la consommation des poissons, mollusques et crustacés. Maisons-Alfort. Fance: AFSSA.

ALLOWAY, B.J., AYRES, D.C., (1997). Chemical Principles of Environmental Pollution. Blackie Academic and Professional, London.an imprint of Chapman and Hall. p394 .

ANONYME, (2007). Britannica Encyclopedia. Sociedad Comercial y Editorial santiago Ltda. Lima. 2800 p.

BEN BOUIH, H, H. NASSALI et al, (2005), contamination en métaux traces de sédiments du lac Fouarat Maroc Afrique Science 1(1) : p.p. 109-125.

BENAMROUZ L. (2016) .Aperçu sur l'aquaculture dans le monde et évaluation de la consommation de la chaire de poisson au sein de l'UMMTO mémoire de master université Mouloud Mameri de Tizi –Ouzou, 04p.

BHOURI, A. M et al . (2010). Nutritional fatty acid quality of raw and cooked farmed and wild Sea Bream (*Sparus aurata*). J Agrical Food Chemical, 58: p.p. 507-12.

BINEY CH et al (1991). Etude des métaux lourds présents dans l'environnement aquatique africain. Rapport de la troisième session du groupe de travail sur la pollution et les pêches Accra .Ghana . p.p. 25-29.

BOUCHEREAU, J.M. (1992). Estimation des émissions atmosphériques de métaux lourds en France pour le Cr, le Cu, Le Ni, Le Pb et le Zn, Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique .Paris :(CITEPA).

CALLENDER, E. (2003). Heavy Metals in the Environment-Historical Trends. In: B.S. Lollar (Ed.), Environmental Geochemistry. Treatise on Geochemistry.Oxford ,Elservier-Pergamon, p.p. 67-105.

CHAOU L et al. (2005). Alimentation et condition de la dorade *Sparus aurata* (Teleostei: Sparidae) dans la lagune du Mellah (Algérie Nord-Est). Cah. Biol. Mar. (2005) 46 : p.p. 221-225

CHIFFOLEAU J.F., CLAISSE D et al. (2001). La contamination métallique, Ifremer. P39.

CHIKHI K, BENCHARIF A (2016). La consommation de produits carnés en Méditerranée: quelles perspectives pour l'Algérie? Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 115 : p.p. 435-440.

- CIRILLO, T et al. (2009).** Polychlorinated biphenyls, organochlorine pesticides, and polycyclic aromatic hydrocarbons in wild, farmed, and frozen marine seafood marketed in Campania, Italy. *J Food Prot*, 72, p.p. 1677-85
- COPAT C, ARENA G, FIORE M, ET AL (2013).** Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea : Consumption advisories. *Food Chemical Toxicol* volume 53: p.p.33-37. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.11.038>
- COUDRAY, C. & HERCBERG, S. (2001).** Fer. In: TEC&DOC (ed.) Apports nutritionnels conseillés pour la population française. 3e ed. Paris, France: Lavoisier.
- CREAD (2018).** Projets de recherche, Centre de recherche en économie appliquée pour le développement. Algérie.(CREAD).
- DE GLISEZINSKI, I . (2007)** Mobilisation des lipides du tissu adipeux au cours de l'exercice physique, science et sport : p.p. 280-285.
- DECHEMLN ET AL.(1997).** Etude et simulation de l'Evapotranspiration (ETP) par l'analyse en composantes principales (ACP).*ICID Journal*, volume 46 NO2. 48 p.
- DERUMEAUX, H ET AL . (2003).** Association of selenium with thyroid volume and echo structure in 35- to 60-year-old French adults. *Eur J Endocrinol*, 148: p.p.309-15.
- DOLD, B., (1999).** Mineralogical and geochemical changes of cooper flotation tailings in relation to their original composition and climatic setting - implications for acid mine drainage and element mobility. *Terre et Environnement*. Thèse de doctorat, Université de Genève, Genève. 229 p.
- DONNA MERGLER, HENRY A ET AL .(2007)** .Methylmercury Exposure and Health Effects in Humans: A Worldwide Concern .*Ambio a Journal of the Human Environment* volume 36 (1): p.p. 3-11.
- DPRH (2016).** Direction de la pêche et des ressources halieutiques. Wilaya de Tizi Ouzou: DPRH.
- EFSA (2006b).** Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. Italy: EFSA
- EFSA (2009a).** Scientific Opinion on Arsenic in Food. Parma, Italy: EFSA.
- EFSA (2009b).** Scientific Opinion. Cadmium in food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain (Question No EFSA-Q-2007-138). Parma, Italy: EFSA
- EL MORHIT M., BELGHITY D, EL MORHIT A.3 (2013).**Contamination métallique de pagellus acarne, sardina pilchardus et diplodus vulgaris de la côte atlantique sud (maroc) *larhyss journal*, 14 : p.p. 131-148.
- FAKAYODE, S.O. (2005),** Impact assessment of industrial effluent on water quality of the receiving Alaro River in Ibadan, Nigeria. *AJEAM-RAGEE*, 10 : p.p. 1-13.
- FAO/WHO (2010).** Joint FAO/WHO Expert Consultation of the risks and benefits on fish consumption -Executive summary. Rome, Italy: FAO/WHO

FERGUSON, J.E., (1990). The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects, 1, Oxford, Pergamon Press .p 614 .

FISHER, W, BAUCHOT M, SCHNEIDER, M(1987) fishes FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (révision 1) .Méditerrané et mer Noire .Zone de pêche 37 .volume 2 .vertèbres.FAO (Rome). p.p.761-1530

GRIBOFF J, WUNDERLIN DA, MONFERRAN M V. (2017). Metals, as and Se determination by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) in edible fish collected from three eutrophic reservoirs. Their consumption represents a risk for human health?Microchemical Journal 130:p.p.236-244.
<https://doi.org/10.1016/J.MICROC.2016.09.013>

HADJ-TAIEB A, GHORBEL M, HADJ-HAMIDA N, JARBOUI O (2013). Sex ratio, reproduction, and growth of the gilthead sea bream, *Sparus aurata* (Pisces: Sparidae), in the Gulf of Gabes, Tunisia Ciencias Marinas, vol. 39, num. 1: p.p.101-112

HART. ANNA (2001) Mann-Whitney test is not just a test of medians: differences in spread can be important Statistics Group, Faculty of Science, University of Central Lancashire, Preston PR1 2HE doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.323.7309.391> (Published 18 August 2001)
Cite this as: BMJ 2001; 323: 391. 188p.

HIBBELN, J. R., DAVIS, J. M., STEER ET AL.(2007). Maternal seafood consumption in pregnancy and neurodevelopmental outcomes in childhood (ALSPAC study): an observational cohort study. Lancet, 369, p.p.578-85.

HOWE, P., MEYER, B., RECORD, S. ET AL(2006.) Dietary intake of long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acids: contribution of meat sources. Nutrition, 22, p.p. 47-53.
<http://biologiedelapeau.fr/spip.php?article28> .

HUGHES, M. C., WILLIAMS, G. M., FOURTANIER, A .(2009). Food intake, dietary patterns, and actinic keratoses of the skin: a longitudinal study. Am J Clin Nutr, 89, p.p. 1246-55.

HURLBUT JR., C.S. ET KLEIN, C., (1982). Manual de Mineralogía de Dana. Editorial Reverté, Barcelona .564 p.

Hurtado-Rodriguez R, FOUNTOULAKI E, GRIGORAKIS K et al (2009) .season and size effects : changes in the quality of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L).Mediterranean Marine Science Research Article Indexed in WoS (Web of Science, ISIThomason)The journal is available on line at <http://www.medit-mar-sc.net> .

IARC (1994). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 58. Beryllium, Cadmium, Mercury, and Exposures in the Glass Manufacturing Industry. In: WHO (ed.). Lyon, France: WHO.

JEFF NAKWETI K., BSC (2021) Evaluation Des Teneurs En Eléments Traces Métalliques (Cadmium Et Plomb) Dans L'eau, Les Sédiments Et Deux Espèces De Poissons Clarias

garipepinus (Burchell, 1822) Et Oreochromis niloticus (Linné, 1758) Dans Le Pool Malebo (Fleuve Congo), RD Congo.

KAMILOU OURO-SAMA, HODABALO DHEOULABA SOLITOKÉ, KISSAO GNANDI, et al .(2014) Évaluation et risques sanitaires de la bioaccumulation de métaux lourds chez des espèces halieutiques du système lagunaire togolais Volume 14, Number 2, September 2014 URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1034695ar>.

Katemo, Manda B., et al . (2010) Évaluation de la contamination de la chaîne trophique par les éléments traces (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V et As) dans le bassin de la Lufira supérieure (Katanga/RD Congo) ; Tropicultura, 28, 4, p.p. 246–252.

KRISHNADEV, N et al . (2010) Nutritional supplements for age-related macular degeneration. Curr Opin Ophthalmol, 21: p.p. 184-9.

LE MAGUERESSE-BATTISTONI B, VIDAL H, NAVILLE D (2018). Environmental Pollutants and Metabolic Disorders: The Multi-Exposure Scenario of Life. Front Endocrinol Lausanne 9:p.p. 582.

LEBLANC, J. C et al . (2005). Dietary exposure estimates of 18 elements from the 1st French Total Diet Study. Food Addiction Contamination , 22.p.p. 624-41

LOUNAS R et al. (2021). Heavy metal concentrations in wild and farmed gilthead sea bream from southern Mediterranean Sea: human health risk assessment. Environmental Science and Pollution.

LOUNAS RAYHAN (2021). Les interactions environnement –aquaculture « : interaction environnementales et optimisation des systèmes de production piscicole marine .thèse de doctorat. Sciences de la mer et Aménagement du littoral. Dely brahim : ENSSMAL p.p. 48-49-50.

MAHAN, BRUCE.H., (1987). Química. Curso Universitario. Fondo Educativo Interamericano S. A. P813 .

MARENGO M, DURIEUX EDH, TERNENGO S, et al (2018). Comparison of elemental composition in two wild and cultured marine fish and potential risks to human health. Ecotoxicology and Environmental Safety volume 158: p.p.204- 212. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.04.034>

MATIAS MIGUEL SALVARREDY ARANGUREN (2008) Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique Thèse de Doctorat de l'Université Toulouse III : p.p. 16-21

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

MOZAFFARIAN, D. (2009). Fish, mercury, selenium and cardiovascular risk: current evidence and unanswered questions. *Int J Environ Res Public Health*, 6 : p.p.1894-916.

MPRH (2019). Ministère de la pêche et des ressources halieutiques.

MPRH(2018). Evaluation finale du projet « Appui à la formulation de la stratégie de la pêche et de l'aquaculture (avec une attention particulière sur la pêche artisanale) 2015-2020 et lancement d'actions prioritaires préparatoires »
file:///C:/Users/ESPI/Downloads/Evaluation%20Strat%C3%A9gie%20Peche%20finale%20(12%20A out).pdf

N.DECHEMI, A. BERMAD e al K. (1997). Etude et Simulation de l'Evapotranspiration (ETP) par l'Analyse en composantes Principales (ACP) VOL 46 NO.2

NAKIB LYDIA (2010). Mise au point d'une technique d'extraction des éléments traces métalliques dans les produits de la mer et leurs dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique. mémoire .département des sciences vétérinaire Constantine faculté des sciences p19.

NRIAGU, J.O., (1978). The biogeochemistry of lead in the environment. Elsevier, Amsterdam, 1011 pp. Nriagu, J.O., 1979. Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere. *Nature*, 279: p.p.404-411.

NRIAGU, J.O., (1991). Human influence on the global cycling of trace metals. In: J.D. Farmer (Ed.), *Heavy Metals in the Environment*. CEP Consultants, Edinburgh, p.p. 1-5.

NRIAGU, J.O., (1996) A History of Global metal Pollution. *Science*, 272(april). P.p.223-224.

OGUNLAJA A, OGUNLAJA OO, OKEWOLE DM, MORENIKEJI OA (2019). Risk assessment and source identification of heavy metal contamination by multivariate and hazard index analyses of a pipeline vandalised area in Lagos State , Nigeria. *Science of the Total Environment* volume 651: p .p.2943- 2952. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.386>

OKEN, E., WRIGHT, R. O., KLEINMAN, K. P et al. (2005). Maternal fish consumption, hair mercury, and infant cognition in a U.S. Cohort. *Environ Health Perspect*, 113, p.p.376-80.

OUALI N, BELABED B, CHENCHOUNI H (2018). Modelling environment contamination with heavy metals in flathead grey mullet *Mugil cephalus* and upper sediments from north African coasts of the Mediterranean Sea. *Sci Total Environ* 639 .p.p.156-174. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.377>

ÖZYURT, G., POLAT, A. & ÖZKÜTÜK, S. (2005). Seasonal changes in the fatty acids of gilthead sea bream(*Sparus aurata*) and white sea bream (*Diplodus sargus*) captured in Iskenderun Bay, eastern Mediterranean coast of Turkey. *European Food Research and Technology*, 220 p.

- PLUMLEE, G.S. ET ZIEGLER, T.L., (2003).** The medical geochemistry of dust, soils and other earth materials. In: B.S. Lollar (Ed.), Environmental Geochemistry. Treatise on Geochemistry. Elsevier-Pergamon, Oxford, p.p. 264-310.
- PSOMA AK, PASIAS IN, ROUSIS NI, ET AL(2014).** Development, validation and accreditation of a method for the determination of Pb, Cd, Cu and As in seafood and fish feed samples. Food Chemical 151.p.p.72-78. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.11.045> .
- RAHMOUNI YASMINE (2019)** Tests de normalité.mémoire.Mathématique. Université mohamed khider, Biskra p18.
- ROBERT-HOARAU CLAUDINE (2014)** Alimentation sante,alimenation plaisir Paris : Lanore.288 p.
- SANDRINE ELLERO-SIMATOS (2013)** l'hypoderme ou tissu adipeux blanc sous cutané.
- SATARUG, S. & MOORE, M. R. (2004).** Adverse health effects of chronic exposure to low-level cadmium in foodstuffs and cigarette smoke. Environ Health Perspect, 112 : p.p. 1099-103.
- SIROT VERONIQUE (2011)** Une approche d'analyse risque /bénéfice de la consommation de poissons et produits de la mer .thèse. L'institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement .AgroParis Tech. p.p.54-56.
- Tabinda, A. B., M. Hussain, I. Ahmed et A. Yassar, (2010),** Accumulation of Toxic and Essential Trace Metals in Fish and Prawns from Keti Bunder Thatter District, Sindh Pakistan J. Zool., volume . 42(5), p.p. 631–638.
- TANGUY, S., TOUFEKTSIAN, M. C., BESSE E AL . (2003).**Dietary selenium intake affects cardiac susceptibility to ischaemia/reperfusion in male senescent rats.Age Ageing, 32, p.p273-8.
- VAROL M, SÜNBÜL MR (2018).** Multiple approaches to assess human health risks from carcinogenic and non-carcinogenic metals via consumption of five fish species from a large reservoir in Turkey. Science of the Total Environment. Volume 633.p.p. 684-694. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.218>
- WANG J, XIAO J, ZHANG J., ET AL (2020).** Effects of dietary Cu and Zn on the accumulation, oxidative stress and the expressions of immune-related genes in the livers of Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Fish Shellfish Immunol 100.p.p. 198-207. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.03.012>
- WEDEPOHL, H.K., (1995).** The composition of the continental crust. Geochimica et Cosmochimica Acta, Volume 59 (7) : p.p. 1217-1232.

WEBOGRAPHIE

ACTU ENVIRONNEMENT (2021). L'approvisionnement de l'aquaculture intensive par des poissons sauvages fait des dégâts .[En ligne] [consulte le 06/09/2021] .

Disponible sur le web : <https://www.actu-environnement.com/>

AFSSA-CIQUAL. (2008). Table de composition nutritionnelle des aliments Ciqua 2008 [En ligne] [consulte le 12/07/2021].

Disponible sur le web : <http://www.afssa.>

AMLUND H, BERNTSSEN MHG, LUNESTAD BT.,ET AL (2012). Aquaculture feed contamination by persistent organic pollutants, heavy metals, additives and drug residues. Animal Feed Contamination, p.p. 205-229. [En ligne] [consulte le 12/06/2021].

Disponible sur le web : <https://doi.org/10.1533/9780857093615.2.205> .

ANDI (2015). Agence Nationale de Développement de l'Investissement. [En ligne] [consulte le 28/06/2021].

Disponible sur le web : <http://www.andi.dz/index.php/fr/>

DAT (2015). Direction du tourisme et de l'artisanat [En ligne] [consulte le 02/07/2021].

Disponible sur le web : <https://dta-tiziouzou.dz/dz/>

IFERMER. (2010) Méthodes de différenciation poissons d'élevage /poissons sauvages.9 [En ligne] [consulté le 17/10/2021)].

Disponible sur le site web : <http://www.bibliomer.com>

ISSFAL. (2007). PUFA Recommendations - Global recommendations [En ligne] [consulté le 12/06/2021].

Disponible sur le web : http://www.issfal.org.uk/index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=31

FAO (2020) Food safety and quality: Rapports de synthèse. [En ligne] [consulté le 21/05/2021].

Disponible sur le web : <http://www.fao.org/food/food-safety-quality/scientific-advice/jecfa/summary-reports/fr/> .

FAO (2021) Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. [En ligne] [Consulté le 20/06/2021].

Disponible sur le web : https://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus_aurata/fr

FAOSTAT . (2017). Food and Agriculture Organization Statistics Division [En ligne] [consulte le 25/07/202].

Disponible sur le web : <http://www.fao.org/faostat/en/#data/OA/metadata>.

FAO (2018). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2018. Atteindre les objectifs de développement durable. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. [En ligne] [consulte le 24/06/2021].

Disponible sur le web : <http://www.fao.org/3/i9540fr/i9540fr.pdf>

FAO (2020). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2020. La durabilité en action. Rome [En ligne] [consulte le 11/06/2021].

Disponible sur le web : <https://doi.org/10.4060/ca9229fr> .

FEAP(2016). The Federation of European Aquaculture Producers.
http://sprl.pl/userfiles/files/FEAP_prodrep_2016.pdf.

ONA (2015). Office National de l'Assainissement. [En ligne] [consulte le 28/05/2021].
Disponible sur le web : <http://ona-dz.org/>

ANNEXES

Annexe 1 : tableau des moyens , ecarttype, maximum, minimum des EDI de 7 et 17 avec un poids moyen , faible et supérieure pour l'homme

As	EDI HOMME FIR 7			EDI HOMME FIR 17		
	moyen	superieur	faible	Moyen	supérieur	faible
moyen	0.03991746	0.03506722	0.04632476	0.0969424	0.08516325	0.11250298
ecarttype	0.00717114	0.0062998	0.0083222	0.01741562	0.01529951	0.02021107
maximum	0.05024896	0.04414338	0.05831461	0.1220332	0.10720535	0.14162119
minimum	0.02062241	0.01811665	0.02393258	0.05008299	0.04399757	0.05812199
Cd						
Moyen	0.0011587	0.00101791	0.00134469	0.00281399	0.00247207	0.00326568
ecarttype	0.00067194	0.00059029	0.00077979	0.00163185	0.00143357	0.00189378
maximum	0.0020332	0.00178615	0.00235955	0.00493776	0.00433779	0.00573034
minimum	0	0	0	0	0	0
Cu						
moyen	0.06318208	0.05550504	0.07332367	0.1534422	0.13479795	0.17807177
ecarttype	0.0252435	0.02217625	0.02929543	0.06130565	0.05385661	0.07114605
maximum	0.09391425	0.08250304	0.10898876	0.22807746	0.20036452	0.264687
minimum	0.01839557	0.01616039	0.02134831	0.04467497	0.03924666	0.05184591
Pb						
moyen	0.00186767	0.00164073	0.00216745	0.00453576	0.00398464	0.00526381
ecarttype	0.00111662	0.00098095	0.00129586	0.0027118	0.0023823	0.00314708
maximum	0.00580913	0.00510328	0.00674157	0.01410788	0.01239368	0.01637239
minimum	0	0	0	0	0	0
Zn						
moyen	0.52825592	0.4640693	0.61304821	1.28290724	1.12702544	1.48883136
ecarttype	0.05839851	0.0513027	0.06777226	0.14182495	0.12459227	0.16458978
maximum	0.59059474	0.51883354	0.68539326	1.43430152	1.2600243	1.66452648
minimum	0.36887967	0.32405832	0.42808989	0.89585062	0.78699878	1.03964687

Annexe 2 : des moyens , ecarttype, maximum, minimum des EDI de 7 et 17 avec un poids moyen , faible et superieur pour femme

	EDI FEMME FIR 7			EDI FEMME FIR 17		
As						
moyen	0.04225523	0.03685865	0.04950313	0.10261985	0.08951386	0.12022188
ecarttype	0.00759112	0.00662163	0.0088932	0.01843557	0.01608109	0.02159776
maximum	0.0531918	0.04639847	0.06231561	0.12918009	0.11268199	0.15133791
minimum	0.02183016	0.01904215	0.02557461	0.05301611	0.04624521	0.06210978
Cd						
moyen	0.06688235	0.05834054	0.07835445	0.16242856	0.14168418	0.19028938
ecarttype	0.02672189	0.02330914	0.03130541	0.06489603	0.0566079	0.07602742
maximum	0.09941435	0.08671775	0.11646655	0.24143485	0.21060026	0.28284734
minimum	0.01947291	0.01698595	0.02281304	0.04729136	0.0412516	0.05540309
Cu						
moyen	0.06688235	0.05834054	0.07835445	0.16242856	0.14168418	0.19028938
ecarttype	0.02672189	0.02330914	0.03130541	0.06489603	0.0566079	0.07602742
maximum	0.09941435	0.08671775	0.11646655	0.24143485	0.21060026	0.28284734
minimum	0.01947291	0.01698595	0.02281304	0.04729136	0.0412516	0.05540309
Pb						
moyen	0.00197705	0.00172455	0.00231616	0.0048014	0.00418819	0.00562497
ecarttype	0.00118202	0.00103106	0.00138477	0.00287062	0.002504	0.003363
maximum	0.00614934	0.00536398	0.00720412	0.01493411	0.01302682	0.01749571
minimum	0	0	0	0	0	0
Zn						
moyen	0.55919331	0.48777654	0.65510983	1.3580409	1.18460017	1.59098102
ecarttype	0.06181862	0.05392353	0.07242216	0.15013095	0.13095713	0.17588239
maximum	0.62518302	0.54533844	0.73241852	1.51830161	1.32439336	1.7787307
minimum	0.39048316	0.34061303	0.45746141	0.94831625	0.82720307	1.1109777

Annexe 3 tableau des moyens , ecarttype, maximum, minimum des EDI de 7 et 17 avec un poids moyen , faible et supérieur pour enfant

	EDI ENFANT FIR 7			EDI ENFANT FIR 17		
As						
moyen	0.14430161	0.11544129	0.19240215	0.35044677	0.28035742	0.46726237
ecarttype	0.02592367	0.02073893	0.03456489	0.06295748	0.05036598	0.08394331
maximum	0.18165	0.14532	0.2422	0.44115	0.35292	0.5882
minimum	0.07455	0.05964	0.0994	0.18105	0.14484	0.2414
Cd						
moyen	0.00418871	0.00335097	0.00558495	0.01017258	0.00813806	0.01356344
ecarttype	0.00242905	0.00194324	0.00323873	0.00589912	0.0047193	0.0078655
maximum	0.00735	0.00588	0.0098	0.01785	0.01428	0.0238
minimum	0	0	0	0	0	0
Cu						
moyen	0.22840323	0.18272258	0.30453763	0.55469355	0.44375484	0.7395914
ecarttype	0.09125527	0.07300421	0.12167369	0.22161993	0.17729595	0.29549324
maximum	0.3395	0.2716	0.45266667	0.8245	0.6596	1.09933333
minimum	0.0665	0.0532	0.08866667	0.1615	0.1292	0.21533333
Pb						
moyen	0.00675161	0.00540129	0.00900215	0.01639677	0.01311742	0.02186237
ecarttype	0.00403659	0.00322927	0.00538212	0.00980315	0.00784252	0.01307087
maximum	0.021	0.0168	0.028	0.051	0.0408	0.068
minimum	0	0	0	0	0	0
Zn						
moyen	1.90964516	1.52771613	2.54619355	4.63770968	3.71016774	6.1836129
ecarttype	0.2111106	0.16888848	0.2814808	0.51269718	0.41015774	0.68359624
maximum	2.135	1.708	2.84666667	5.185	4.148	6.91333333
minimum	1.3335	1.0668	1.778	3.2385	2.5908	4.318

Annexe 4 Tableau. Les valeurs de la dose journalière estimée (EDI) et de la dose hebdomadaire (EWI) en ETMs associées à la consommation de poissons (Lounas 2021)

Métaux	PTWI ^a	PTWI ^b	PTDI ^c	Raceway		Cage	
				EWI ^d	(EDI) ^e	EWI ^d	(EDI) ^e
Asinorg	15	1087.5	2.14	1.62E-01	2.32E-02	2,38E-01	3.40E-02
Cd	25*	453.125	0.83	2.03E-03	2.90E-04	2,70E-03	3.86E-04
Cu	3500	253750	500	3.04E-01	4.34E-02	3,51E-01	5.02E-02
Pb	21	1522.5	3	1.35E-03	1,93E-04	1.82E-03	2.61E-04
Zn	2100	57750	300	3.23E+00	4,62E-01	3.39E+00	4.85E-01

a , c Dose hebdomadaire tolérable provisoire (PTWI) (ug/kg de poids corporel/semaine) et dose journalière tolérable (PTDI) (ug/jour). FAO/WHO (2020).*PTWI pour le Cd en (ug/mois). (JEFCA 2011).

b PTWI pour une personne de 72,5 kg (ug/ semaine)

d Estimation de la consommation hebdomadaire (EWI) (ug).

e Apport journalier estimé (EDI) (ug). As inorg= 10 % de l'arsenic total

Annexe.5. Tableau Corrélation entre les facteurs et les variables.

	F1	F2
EDI	-0.707	-0.707
Ci	-0.259	0.966
FIR	-0.966	0.259
BW	0.707	0.707
sexe	0.966	-0.259
age	0.966	-0.259

Annexe 6 .Tableau des différents variables de THQ

	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	R ²	p-value
THQ	0.051	0.185	0.097	0.076	/	/
RfD	0.00	0.040	0.017	0.021	0.178	0.479
Ci	0.845	1.534	1.230	0.352	0.886	0.219
AT	3500.000	17500.000	10500.000	7000.000	0.732	0.346
BW	20.000	72.300	53.533	29.110	0.998	0.031
FIR	7.000	17.000	12.000	5.000	0	0.987
ED	12.000	75.000	52.333	35.019	0.992	0.992
EF	50.000	250.000	150.000	100.000	0.732	0.346

Annexe 7 Tableau Corrélation entre les facteurs et les variables

	F1	F2
thq	-0.879	-0.472
EF	0.938	-0.285
ED	0.997	0.031
FIR	0.257	-0.963
bw	0.879	0.472
sexe	-0.257	0.963
age	-0.257	0.963
AT	0.938	-0.285
rfd	-0.806	-0.479
ci	0.997	0.031

Résumé

L'objectif de ce travail est d'évaluer les risques sanitaires liés à la consommation de la daurade, vu que L'aquaculture est considérée comme une source de pollution, l'interaction étroite entre le milieu d'élevage et l'écosystème constitué par la reproduction confère à cette pollution, du fait de la coexistence de la bioaccumulation et de la bioamplification , le milieu aquatique est très sensible aux éléments traces métalliques ETMs, parmi ces derniers on cite :le mercure Hg , plomb Pb, cadmium Cd ,Cu...

Cette recherche montre que la consommation de *S.aurata* peut être comme contaminant pour la santé publique, il est donc nécessaire d'adopter une approche plus respectueuse basé sur des règles correctes et sur la demande du marché

Mots clés : Eléments traces métalliques, *S.aurata* , Algérie , Risque sanitaire.

Abstract

The objective of this work is to assess the health risks associated with the consumption of sea bream, given that aquaculture is considered a source of pollution, the close interaction between the breeding environment and the ecosystem constituted by reproduction confers this pollution, due to the coexistence of bioaccumulation and biomagnification, the aquatic environment is very sensitive to trace elements metal ETMs, among the latter we cite: mercury Hg, lead Pb, cadmium Cd, Cu ...

This research shows that the consumption of *S. aurata* can be as a contaminant for public health, it is therefore necessary to adopt a more respectful approach based on correct rules and market demand .

Key words :Metallic trace elements , *S.aurata* , Algeria , Health risk.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تقييم المخاطر الصحية المرتبطة باستهلاك سمك الدنيس، بالنظر إلى أن الاستزراع المائي يعتبر مصدر تلوث ، والتفاعل الوثيق بين بيئة التكاثر والنظام البيئي الذي يتكون من التكاثر يضيف على هذا التلوث ، بسبب التعايش

بين التراكم الأحيائي والتضخم الأحيائي ، البيئة المائية حساسة للغاية للعناصر النزرة المعدنية عنصر التتبع المعدني من بينها: الزئبق الرصاص ، الكاديوم ، النحاس

يوضح هذا البحث أن استهلاك سمك الدنيس يمكن أن يكون ملوثاً للصحة العامة ، لذلك من الضروري اعتماد نهج أكثر احترافاً بناءً على القواعد الصحيحة وبناءً على طلب السوق