

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة 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 en

Sciences de la mer

Option : Environnement

Thème :

**Etude de la bioaccumulation des métaux traces par le
pageot commun (*Pagellus erythrinus*) dans la côte
algérienne**

Préparé par :

M^{me} : Benmoussa Samia

Soutenu : le 05.10.2014

Devant les jurys suivants :

M. Boulahdid. M	Professeur-ENSSMAL	: Président
M ^{me} . Boubechiche. Z	Maître assistant A-ENSSMAL	: Examinatrice
M ^{me} . Belhouchate. N	Attaché de recherche-CNRDPA	: Examinatrice
M. Inal. A	Attachée de recherche-CNRDPA	: Encadreur

Promotion 2014

Remerciement

Avant de faire de quelconque développements au sujet de cette expérience, il apparaît opportun de débiter ce mémoire par des remerciements à tous ceux qui à divers titres, ont collaboré, soutenues, et encouragés pour la réalisation de ce modeste travail.

Pour nous avoir permis d'être ce que nous sommes devenus aujourd'hui, pour la force qu'il nous donne, on voudrait bien remercier d'abord le SEIGNEUR du monde, par qui tout est possible : DIEU.

C'est ainsi que nous venons avec respect remercier :

Mr BOULAHDI M Professeur à ENSSMAL qui a l'amabilité de présider notre jury, puisse-t-il trouver ici notre profonde gratitude.

M^{me} BOUBECHICHE Z. Enseignante à ENSSMAL et M^{me} BELHOUCHE N Attaché de recherche à CNRDP pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie chaleureusement mon promoteur Mr INAL A qui m'a encadré avec patience et m'a orientée tout au long de l'élaboration de ce mémoire. C'est grâce à ses conseils et ses critiques pertinentes que ce travail à vue le jour.

Nous associons à ces remerciements toute l'équipe de laboratoire de Sidi Fredj : Mr Mekki, Mme Nabila, Mlle Fariza et Mr Boudjellal pour leurs aides précieuses dans le laboratoire.

Enfin un grand merci pour tous les professeurs d'ENSSMAL de DELY IBRAHIM, ainsi que tous les étudiants, on ne citera pas de noms ici, pour ne pas en oublier certains. D'autres personnes nos ont encouragé à finir ce travail par des gestes d'amitié dont nous sommes reconnaissants.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A ma mère :

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'affection et l'amour que j'éprouve envers toi. Que dieu te garde et t'accorde santé et bonheur pour que tu restes la splendeur de ma vie.

A mon père :

Puisse ce travail constituer une légère compensation pour tous les nobles sacrifices que tu t'es imposé pour assurer mon bien être et mon éducation.

Puisse dieu te prêter longue vie, santé et bonheur.

A ma grand-mère que dieu la donnera une longue vie.

A mes frères et mes sœurs : Amel, zohir, ismahane, imad dine.

A toutes ma famille

À tous mes amis que je ne pourrai oublier Anoss, noura, djema, fairouz, fatiha.

A tout le monde que je connais de près ou de loin.

Liste des figures

Figure 1 : <i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758).....	19
Figure 2 : Distribution géographique de <i>pagellus erythrinus</i> (Fishebase, 2013).....	20
Figure 3 : la région méditerranéenne et ces deux bassins (occidental et oriental) (Schaeffer, 2010).....	25
Figure 4 : Carte du bassin algérien (A : région Ouest ; B : région Centre ; C : région Est)....	26
Figure 5 : Baies et golfes de la côte algérienne (Grimes, 2010).	27
Figure 6 : Circulation de l'eau de surface d'origine Atlantique (AW) dans le Bassin Occidental de la Méditerranée (Millot, et <i>al.</i> , 2005).	28
Figure 7 : Présentation schématique de l'appareil du spectromètre d'absorption atomique (Perkin Elmer® AAnalyst 700).....	38
Figure 8 : Méthode de traçage de la courbe d'étalonnage des glucides.	44
Figure 9 : Variation des concentrations moyennes en mercure selon les zones.	47
Figure 10 : Variation des concentrations moyennes en mercure selon le sexe.	48
Figure 11 : Variation des concentrations moyennes en mercure selon le sexe.	48
Figure 12 : Variation des concentrations moyennes en mercure selon la maturité sexuelle...	49
Figure 13 : Variation des concentrations moyennes en zinc selon la zone.	49
Figure 14 : Variation des concentrations moyennes en zinc selon le sexe.....	50
Figure 15 : Variation des concentrations moyennes en zinc selon les organes.....	51
Figure 16 : Variation des concentrations moyennes en zinc selon la maturité sexuelle.	51
Figure 17 : Variation des concentrations moyennes en nickel selon les zones.	52
Figure 18 : Variation des concentrations moyennes en nickel selon le sexe	53
Figure 19 : Variation des concentrations moyennes en nickel selon les organes.....	53
Figure 20 : Variation des concentrations moyennes en nickel selon la maturité sexuelle.	54
Figure 21 : taux des protéines dans les trois organes de <i>pagellus erythrinus</i>	55
Figure 22 : Taux des lipides (%) dans les trois organes de <i>pagellus erythrinus</i>	55
Figure 23 : taux des glucides dans les trois organes de <i>pagellus erythrinus</i>	56
Figure 24 : Les pourcentages des protéines, lipides et glucides en fonction d'organe.	56

Liste des tableaux

Tableau 1 : Origines des métaux traces dans le milieu marin (Mennad, 2008).	16
Tableau 2 : résumé des différentes sources et voies d'introduction des métaux lourds recherchés (Andral, et <i>al.</i> , 2001).	16
Tableau 3 : Classification des métaux et des métalloïdes en fonction de leur toxicité et de leur disponibilité Wood (1974) in (Förstner, et <i>al.</i> , 1979).	18
Tableau 4 : Principales sources de la pollution industrielle des wilayas littorales (D : Domestique – I : Industrielle) (Grimes, 2010).	31
Tableau 5 : Coordonnées géographiques des traits de pêche.	33
Tableau 6 : Les caractéristiques échantillonnées analysés.	40
Tableau 7 : concentrations moyennes de métaux traces (Hg, Zn, Ni) dans <i>pagellus erythrinus</i> pêché dans la côte algérienne.	46
Tableau 8 : la composition chimique de pageot commun (<i>pagellus erythrinus</i>)	54

Liste des abréviations

AIEA : International Atomic Energy Agency (Agence Internationale de l'Energie Atomique).

AL : Alger.

ALDEM : Algérie démersale.

ALZINC : Entreprise de production de Zinc et d'acide sulfurique de Ghazaouet

AW: Atlantique Water.

BF: Beni Saf.

BI : BouIsmaïl.

CNRDPA : Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'aquaculture

Cu : Cuivre

ETM : Eléments Traces Métalliques.

Hg : Mercure.

MATE : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement

METAP : Programme d'Assistance Technique pour la Méditerranée

MO : Mostaganem.

Ni : Nickel.

ONM : Office National de Météorologie.

PMI-PME : Petites et moyennes industries

SAA : Spectrophotométrie d'Adsorption Atomique.

Zn : Zinc.

Sommaire

Sommaire

Introduction	12
Généralités.....	15
1 Les éléments traces métalliques « ETM ».....	15
1.1 Définition et classification des ETM	15
1.2 Origine	15
1.3 Cycle biogéochimique des ETM dans le milieu marin.....	17
1.4 Biodisponibilité et toxicité des ETM.....	17
1.5 La bioaccumulation des ETM.....	18
1.6 Choix d'un bio indicateur de la contamination métallique.....	18
2 Présentation de l'espèce bio indicatrice	19
2.1 Systématique (Cherabi, 1987)	19
2.2 Noms vernaculaires	19
2.3 Description.....	20
2.4 Distribution géographique	20
2.5 Habitat et biologie	20
2.6 Pêche et intérêt commercial.....	21
3 Présentation des principaux ETM	21
3.1 Le plomb.....	21
3.2 Le cadmium	21
3.3 Le zinc	21
3.4 Le mercure	22
3.5 Le cuivre	22
3.6 Le nickel	23
Zone d'étude.....	25
1 Présentation de la mer Méditerranée	25
2 Le bassin algérien.....	26
2.1 Description de la côte algérienne.....	26
2.2 Caractéristiques des fonds	26
2.3 Baies et golfes de la côte algérienne.....	27
2.4 Circulation des eaux le long des côtes algériennes.....	27
2.5 Principales Caractéristiques climatiques	28

2.6	Réseau hydrographique	29
2.7	Principales pressions anthropiques le long de la côte algérienne	30
	Matériel et méthodes	33
1	Choix et intérêt du matériel biologique	33
1.1	Choix	33
2	Travaux effectués en mer	33
2.1	Prélèvement des échantillons.....	33
2.2	Localisation des stations	33
2.3	Traitement des échantillons	34
2.4	Conservation des échantillons	34
3	Travaux effectués au laboratoire	34
3.1	Nettoyage des instruments	34
3.2	Détermination des ETM	35
3.2.1	Lyophilisation.....	35
3.2.2	Broyage	35
3.2.3	Homogénéisation.....	35
3.3	Extraction des métaux lourds	35
3.3.1	Principe de la digestion ou de la minéralisation.....	35
3.3.2	Le protocole expérimental :.....	36
3.4	Analyse des métaux traces.....	36
3.5	Méthodes d'analyses des protéines, des lipides et des glucides	39
3.6	Description de l'échantillon.....	39
3.6.1	Dosage des protéines totales (Salghi, 2004).....	40
3.6.2	Dosage des lipides totaux (Salghi, 2004).....	42
3.6.3	Dosage des glucides	43
	Résultats et discussion.....	46
1	Les teneurs en métaux traces.....	46
1.1	Variations des concentrations en mercure	47
1.1.1	Variations des teneurs en mercure par zone-.....	47
1.1.1	Variations des teneurs en mercure en fonction de sexe	48
1.1.1	Variations des teneurs en mercure en fonction d'organe	48
1.1.1	Variations des teneurs en mercure en fonction de maturité sexuelle	49

1.2	Variations des concentrations en zinc	49
1.2.1	Variations des teneurs en zinc en fonction de la zone.....	49
1.2.2	Variations des teneurs en zinc en fonction de sexe	50
1.2.3	Variations des teneurs en zinc en fonction d'organe.....	51
1.2.4	Variations des teneurs en zinc en fonction de maturité sexuelle.....	51
1.3	Variations des concentrations en nickel	52
1.3.1	Variations des teneurs en nickel en fonction de la zone	52
1.3.2	Variations des teneurs en nickel en fonction de sexe.....	53
1.3.3	Variations des teneurs en nickel en fonction d'organe	53
1.3.4	Variations des teneurs en nickel en fonction de maturité sexuelle	54
2	Dosage biochimique	54
2.1	Taux des protéines	55
2.2	Taux des lipides	55
2.3	Taux des glucides	56
2.4	Comparaison entre les teneurs en protéines, lipides et glucides dans le pageot commun (<i>pagellus erythrinus</i>)	56
	Conclusion.....	58
	Références bibliographiques	59
	Annexe	65

Introduction

Introduction

Le milieu marin méditerranéen est particulièrement exposé au déversement de déchets agricoles, de particules en suspension dans l'air et l'eau de ruissellement chargés d'agents pathogènes, de métaux lourds, de matières organiques polluantes, d'huiles et de substances radioactives (Mersaud, 2005).

Les zones côtières algériennes, parmi les milieux marins méditerranéens, sont considérées sur un plan écologique comme un système aquatique d'une grande importance, car hébergeant une immense variété d'espèces animales et végétales, elles sont de plus en plus affectées par l'activité humaine ; plus de 60 % de la population se trouve près du littoral. Cette forte densité entraîne des agressions permanentes notamment par le déversement des rejets d'eaux usées domestiques et industrielles directement en mer sans traitement préalable. Ces derniers sont la source principale de la pollution chimique du milieu marin qui constitue une menace pour la santé publique lors de la baignade ou lors de la consommation des produits de la mer contaminés (Touahir, et al., 2011).

La contamination par les éléments traces métalliques est considérée comme un problème sérieux compte tenu de leur toxicité et de leur pouvoir cumulatif dans la chaîne trophique. La charge en éléments traces métalliques des poissons marin augmente progressivement d'où l'intérêt de la connaissance du transfert milieu marin - organismes marin. Nous constatons essentiellement les groupes d'espèces les plus utilisées jusqu'à présent, les bivalves (moules, huîtres) et les poissons.

Dans notre étude nous ciblons une espèce démersale le pageot commun "*Pagellus erythrinus*" très répandue sur le littoral algérien et se retrouve facilement sur nos marchés vue son abondance et sa richesse de telle sorte qu'elle soit appréciée par les consommateurs.

Ce travail a pour objectifs :

- De déterminer les concentrations en métaux traces dans les différents organes du *Pagellus erythrinus*.
- L'évaluation de la bioaccumulation des métaux traces par le pageot en fonction de sexe et de taille.
- D'estimer l'état de la pollution par les métaux traces dans les différents sites.
- Evaluation des taux des protéines, des lipides et des glucides dans les différents organes du *Pagellus erythrinus*.

L'intérêt à évaluer le niveau de contamination par les métaux lourds sur ce poisson a pour but de s'assurer si cette espèce démersale exploitée ne présenterait pas des taux inquiétants de contamination métallique et donc un danger potentiel pour la santé humaine et au final d'apporter des éléments d'information permettant de proposer des conclusions plus récentes et plus significatives.

Notre travail s'articule sur les quatre parties suivantes :

- **Partie 1** : Portera une description générale des polluants métalliques dans le milieu marin, les bio-indicateurs de la contamination métallique et l'espèce ciblée dans cette étude.
- **Partie 2** : Apportera les caractéristiques de la zone d'étude.
- **Partie 3** : concerne la méthodologie d'analyse utilisée.
- **Partie 4** : la présentation des résultats obtenus, leurs analyses et leurs discussions.

Généralités

Généralités

1 Les éléments traces métalliques « ETM »

1.1 Définition et classification des ETM

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

On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 grammes par cm³.

Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles. On dit que les métaux sont présents " en traces ".

La classification en métaux lourds est d'ailleurs souvent discutée car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement " lourds " (le zinc), tandis que certains éléments toxiques ne sont pas tous des métaux (l'arsenic par exemple). Pour ces différentes raisons, la plupart des scientifiques préfèrent à l'appellation métaux lourds, l'appellation " éléments en traces métalliques " ETM ou par extension " éléments traces ".on distingue ainsi :

Des éléments traces essentiels : Ils sont indispensables au métabolisme des êtres vivants, nombre d'entre eux sont cependant toxique lorsque leur concentration dépasse un seuil, lui-même fonction de l'état physico-chimique (spéciation) de l'élément considéré. C'est le cas du fer (Fe), du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du nickel (Ni), du cobalt (Co), du vanadium (V), du sélénium (Se), du molybdène (Mo), du manganèse (Mn), du chrome (Cr), de l'arsenic (As) et du titane (Ti) (Miquel, 2001).

Les éléments traces non essentiels : ne sont pas nécessaires à la vie et peuvent être même préjudiciables comme le mercure (Hg), le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb) (Chiffolleau, et al., 2001).

Les éléments traces sont des micropolluants de nature à entraîner des nuisances, même quand ils sont rejetés en quantités très faibles. Leurs toxicités se développent par bioaccumulation le long de la chaîne alimentaire (Miquel, 2001).

Il est quasiment impossible de détecter la présence d'ETM dans l'eau, tant leur concentration y est faible ; c'est pourquoi ces éléments sont recherchés dans les sédiments et les organismes marins (Nakib, 2010).

1.2 Origine

Les métaux sont multiples et très diversifiées, depuis les additifs de plomb dans les carburants jusqu'aux sels d'argent de l'industrie photographique, au nickel ou au cadmium des batteries d'accumulateurs, au zinc des gouttières ou au chrome des aciers inoxydables, au cuivre de l'industrie électrique ou à l'arsenic des produits phytosanitaires (tableau 1). Les sources de contamination le sont par conséquent aussi. Durant toutes les phases d'élaboration, d'utilisation et/ou de recyclage de ces produits, des métaux sont rejetés dans l'environnement, soit

directement dans les eaux continentales ou marines, soit dans l'atmosphère transportés par les vents, associés aux aérosols avant de se déposer par voie sèche ou humide à la surface de la terre ou de l'océan.

Ainsi, les métaux traces sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, à la fois parce qu'ils sont naturellement présents (sources naturelles) ou parce que certaines activités de l'homme favorisent leur dispersion (source anthropique) (tableau 2). Enfin, ils présentent un danger potentiel pour le consommateur de produits marins du fait de leur possibilité de concentration dans les espèces marines, de leur élimination difficile et de leur large répartition dans le milieu aquatique (Casas, 2005).

Tableau 1 : Origines des métaux traces dans le milieu marin (Mennad, 2008).

Origine naturelle.	Origine anthropique.
-L'érosion et le lessivage des sols par les eaux de pluies et les fleuves. -Transports par voie atmosphérique. -Les activités sismiques et volcaniques.	-L'emploi des produits dans l'agriculture (pesticide). -Des rejets domestiques. -Des déversements industriels.

Tableau 2 : résumé des différentes sources et voies d'introduction des métaux lourds recherchés (Andral, et al., 2001).

Métaux	Utilisations	Sources
Plomb (Pb)	Carburant (antidétonant), fabrication d'accumulateurs.	Véhicules motorisés, industries électriques
Cadmium (Cd)	Batteries, peintures, traitement de surface des aciers, décoration des porcelaines, antiseptiques.	Activités métallurgiques Incinération des déchets.
Cuivre (Cu)	Peintures antissalissures, traitement des bois, produits phytosanitaires, réseaux de distribution d'eau.	Zones portuaires, Agriculture Industries électriques et chimiques
Mercure (Hg)	Fabrication de chlore, catalyseurs, pigments, fongicides, piles.	Incinération des déchets, combustion de charbon, industries chimiques, Agricultures.
Zinc (Zn)	Peintures antissalissures, produits pharmaceutiques et phytosanitaires, piles Réseaux d'évacuation des eaux pluviales, etc	Erosion des sols, végétation et volcanisme, métallurgie et chimie, zones portuaires, agriculture, combustion des bois et des charbons, incinération des déchets
Chrome (Cr)	Traitement des bois, technologie des matériaux réfractaires.	Industrie chimique, métallurgie.
Nickel (Ni)	Combustibles fossiles, production de métaux non ferreux.	Activité volcanique Erosion éolienne Métallurgie
Arsenic (As)	Pesticides, traitement des bois, préparations phytosanitaires, industrie du verre.	Sols, combustion du charbon, agriculture.

1.3 Cycle biogéochimique des éléments traces métalliques dans le milieu marin

C'est le cheminement des ETM par divers processus physiques, chimiques et biologiques à travers les principales matrices du milieu marin.

Les ETM sont devenues à la mer par différents apports (éoliennes, ruissellements, industrielles, volcaniques) qui y sont transférés se présentent dans la colonne d'eau et le sédiment sous deux formes :

- * Dissoute dans la colonne d'eau et l'eau interstitielle de la colonne sédimentaire, c'est la forme la plus mobile et donc la plus biodisponible pour les populations aquatiques.

- * Fixée sur les particules des sédiments ou en suspension dans la colonne d'eau qui peuvent s'accumuler dans le compartiment sédimentaire formant ainsi des stocks de polluants potentiellement toxiques pour l'environnement (Devallois, 2009).

Leur déroulement semble s'effectuer selon deux grandes étapes :

- * Une première consisterait en un piégeage des polluants métalliques par les particules en suspension, la biomasse marine et le sédiment en fonction des conditions physico-chimiques du milieu marin et cela par : précipitation, absorption et adsorption et sédimentation.

- * Une deuxième étape inverse à la première consisterait à un relargage de ces polluants par désorption, diffusion ou propagation dans le milieu marin, décomposition des matières organiques, dissolution et parfois même par une redistribution par l'activité des organismes marins (bioturbation).

1.4 Biodisponibilité et toxicité des ETM

Le terme « biodisponible » se réfère à la « fraction de produit chimique présent dans le milieu environnemental qui est disponible pour être accumulée par les organismes ; L'environnement peut inclure l'eau, les sédiments, les particules en suspension et la nourriture » (Rand, et al., 1995) et (Gourlay, 2004).

Les formes dissoutes libres et ioniques des ETM sont généralement considérées comme les formes les plus facilement disponibles pour les organismes vivants (Garnier, 2004). Les formes particulaires deviennent biodisponibles principalement via l'ingestion du sédiment (Förstner, 1989), (Eggleton, et al., 2004) précisent également que la toxicité est davantage en relation avec les concentrations en contaminants dans les eaux interstitielles qu'avec les concentrations sédimentaires.

La toxicité des métaux dépend de nombreux facteurs. En effet Wood (1974) in (Förstner, et al., 1979) a classé différents métaux et métalloïdes en fonction de leur toxicité (action chez l'organisme vivant) et leur disponibilité dans l'environnement (Tableau 3).

Tableau 3 : Classification des métaux et des métalloïdes en fonction de leur toxicité et de leur disponibilité Wood (1974) in (Förstner, et al., 1979).

Pas toxiques			Toxiques, mais peu solubles ou rares		Très toxiques et relativement disponibles		
Na	C	F	Ti	Ga	Be	As	Au
K	P	Li	Hf	La	Co	Se	Hg
Mg	Fe	Rb	Zr	Os	Ni	Te	Tl
Ca	S	Sr	W	Rh	Cu	Pb	Pb
H	Cl	Al	Nb	Ir	Zn	Ag	Bi
O	Br	Si	Ta	Ru	Sn	Cd	Bi
N			Re	Ba		Pt	

Les plus dangereux sont le mercure et le cadmium qui ne possèdent aucune activité biologique favorable. Ils bloquent l'activité enzymatique indispensable au métabolisme (oxygénation, reproduction...). Viennent ensuite le plomb, le cuivre, le nickel, le chrome ou encore le zinc dont l'accumulation dans les organes cibles (foie, reins...) peut entraîner la mort (Bogusz, 1992).

1.5 La bioaccumulation des ETM

La bioaccumulation désigne la capacité des organismes à concentrer et stocker les substances chimiques à partir de l'eau dans le cas des organismes aquatiques et/ou à partir de la nourriture (Bodiguel, et al., 2011).

Il existe deux principaux phénomènes responsables de la bioaccumulation de contaminants par les organismes : la bioconcentration et la bioamplification.

* La bioconcentration c'est l'accroissement direct de la concentration d'un contaminant lorsqu'il passe de l'eau à un organisme aquatique.

* La bioamplification est le processus par lequel le prédateur concentre une substance (ou un élément) à un niveau supérieur à celui où il se trouve dans la proie.

La bioaccumulation phénomène capital au niveau de l'organisme, elle est exprimée par la différence entre la quantité de métaux qui pénètre au travers des barrières biologiques et celle qui est éliminée vers le milieu extérieur (processus d'excrétion). Pénétration, stockage dans les organes cibles et élimination seront sous la dépendance des facteurs abiotiques du milieu, de la nature du contaminant et des caractéristiques physiologiques et biochimiques de l'organisme ou de l'espèce considérée (Casas, 2005).

1.6 Choix d'un bio indicateur de la contamination métallique

Les bio-indicateurs sont des organismes vivants utilisés pour surveiller la santé de l'environnement. Ils sont un moyen de détecter et de contrôler les impacts des interventions humaines sur l'environnement, dans le but de minimiser leurs effets négatifs. Les scientifiques utilisent les bio-indicateurs pour quatre raisons : déceler des changements dans l'environnement, détecter la présence de polluants et en mesurer la teneur, déterminer les effets

de la pollution sur un écosystème et confirmer l'amélioration de la qualité de l'environnement naturel de l'organisme (Beaumont, 2010).

Selon (L'afssa, 2010) et (osset, 1974) une espèce indicatrice (ou espèce sentinelle) de la qualité du milieu aquatique doit satisfaire différents critères :

- une large distribution géographique permettant des comparaisons entre plusieurs sites.
- Parmi les espèces les plus consommées par l'homme.
- avoir une taille suffisante pour permettre l'analyse des contaminants considérés.
- être facilement accessible et aisément identifiable.
- une capacité à accumuler les contaminants et donc vecteur de contamination.
- leur vie relativement longue.
- leur position élevée dans la chaîne trophique (ils sont bien intéressés par les phénomènes de bioaccumulation et contiennent donc des teneurs mesurables de contaminants).
- Une corrélation est possible entre les valeurs de l'eau et celles obtenues dans le poisson.

En conclusion, on ne peut écarter l'implication du poisson dans l'objectif général de surveillance et de suivi de la contamination des milieux.

2 Présentation de l'espèce bio indicatrice

2.1 Systématique (Cherabi, 1987)

Embranchement : Vertébrés

Sous embranchement : Gnathostomes.

Super classe : poissons.

Classe : Ostéichthyens.

Sous classe : Actinoptérygiens.

Super ordre : Téléostéens.

Ordre : Perciformes.

Sous ordre : Percoïdes.

Famille : Sparidés.

Genre : *Pagellus* Valenciennes, 1830.

Espèce : *erythrinus* Linnaeus, 1758.



Figure 1 : *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758).

2.2 Noms vernaculaires

Dans les pays méditerranéens le *Pagellus erythrinus* a une multitude d'appellations : En Algérie, les noms changent d'une région à une autre, *Pagellus erythrinus* est appelé pageot dans la région de Jijel, Bejjil ou morjane el hjar ou pageot à Alger. En France il est nommé pageot, en Italie pagello, en Angleterre et en Espagne respectivement Common of pandora et pagel (Rouidi, 2011).

2.3 Description

Le pageot commun est un poisson dont la longueur commune est de 15 à 30 cm, la taille maximale connue étant 60 cm (Claude, et al., 2014).

Le corps est de forme ovale, comprimé latéralement. Profil de la tête rectiligne ; diamètre oculaire nettement plus petit que la longueur du museau ; écaillure dorsale atteignant ou dépassant le niveau du bord antérieur de l'œil (Fischer, et al., 1987), Les 2 mâchoires portent à l'avant des dents pointues et à l'arrière 2 ou 3 rangées de dents en forme de molaires (Claude, et al., 2014). Nageoire dorsale à 12 épines et 10 ou 11 rayons mous, anale à 3 épines et 8 ou 9 rayons mous (Fischer, et al., 1987).

La couleur du corps est rose argenté avec des reflets bleutés, le dos et le dessus de la tête étant plus foncés. La partie supérieure du corps est parsemée de petits points bleus. L'adulte est généralement moins rose que le jeune et les mâles sont plus bleus pendant la période de reproduction (Claude, et al., 2014).

2.4 Distribution géographique

La répartition géographique de cette espèce est largement répandue en Méditerranée, en mer noire et en Est de la côte Atlantique, entre 60 °N et 10 °N de la Scandinavie où elle est assez rare dans des îles Britanniques jusqu'au Cap Vert et à la Guinée-Bissau, y compris les îles Canaries et Madère (Claude, et al., 2014).



● Espèce abondante ● Espèce moins abondante ● Espèce rare

Figure 2 : Distribution géographique de *pagellus erythrinus* (Fishebase, 2013).

2.5 Habitat et biologie

Poissons démersaux sur fonds variés (roches, graviers, sable, vase) jusqu'à 320 m, plus communs de 20 à 100 m ; les jeunes plus près de la côte. Vivent dans les eaux plus profondes en hiver qu'en été. Grégaire. Reproduction du printemps à l'automne suivant les conditions hydrologiques ; peut-être deux périodes distinctes de reproduction dans le sud de l'aire. Pas de reproduction en mer Noire. Maturité à 1-2 ans. Hermaphrodites protogyniques ; les individus

sont d'abord femelles puis deviennent mâles à partir de la troisième année. Omnivores à prédominance carnivore (petits poissons et invertébrés benthiques) (Fischer, et al., 1987).

2.6 Pêche et intérêt commercial

Pêche semi-industrielle (Espagne, Sicile et Chypre), artisanale et sportive. En 1983, 8025 t dont 6653 en Algérie, 778 en Espagne et 480 en France, 32 t au Maroc, 60 à Chypre. Engins : sennes de plage et coulissantes ; chaluts, filets maillants et palangres de fond ; nasses et lignes à main. Régulièrement présent sur les marchés, est commercialisé frais, réfrigéré et congelé (Fischer, et al., 1987).

3 Présentation des principaux ETM

3.1 Le plomb

Élément chimique métallique d'un gris bleuâtre, rarement disponible à l'état natif, le plomb est très souvent associé au zinc dans les minerais, Le principal minerai du plomb est la galène (PbS) très souvent associée à la blende et à la pyrite (Chiffolleau, et al., 2001).

Le plomb présente une forte affinité pour la matière particulaire. A peine 10 % du plomb se trouve sous cette forme dans l'océan. L'adsorption du plomb sur la matière particulaire est fonction du pH et augmente avec ce dernier (Casas, 2005).

Dans les poissons, les teneurs moyennes sont, la plupart du temps inférieures à 0.1 µg/g. Pour les crustacés ou les mollusques, les teneurs sont en moyenne de 5 à 10 fois plus élevés (Mennad, 2008).

3.2 Le cadmium

Le cadmium n'existe pas à l'état natif. Son minerai, très rare, est un sulfure, la greenockite (CdS), mais il se trouve dans presque tous les minerais de zinc et il est exploité industriellement comme un sous-produit de la métallurgie du zinc. Il est principalement utilisé pour la fabrication de batteries et le traitement de surfaces des aciers (revêtements anticorrosion) (Luis, 2003).

Le cadmium est un élément rencontré en milieu aquatique sous diverses formes physiques (dissoute, colloïdale, particulaire) et chimiques (minérale ou organique). Un ensemble de variables physico-chimiques du milieu (salinité, pH, potentiel redox, caractéristiques sédimentologiques, nature géochimique des particules, concentration en chlorures) gouvernent les transformations du cadmium dans l'environnement (Gonzalez, et al., 1999), (Chiffolleau, et al., 2001). Les concentrations du cadmium dans les organismes marins varient d'une famille à l'autre, les planctons présentent une concentration de 0.3 à 24 µg/g, dans les poissons elle varie entre 0.03 et 2.6 µg/g (Cossa, et al., 1989).

3.3 Le zinc

Il s'agit d'un oligo-élément indispensable au développement de la vie. Les usages du zinc sont multiples : peintures antirouille, produits pharmaceutiques et phytosanitaires, conduits d'évacuation des eaux pluviales (gouttières, tuyaux de descente, etc.) et piles. Une grande partie des apports en zinc dans l'environnement est imputable à la métallurgie, à la combustion des bois et des charbons (Andral, et al., 2001).

Le zinc est indispensable au métabolisme des êtres vivants (oligo-éléments) ; en particulier comme co-enzyme. Le zinc existe dans l'eau de mer sous diverses formes : ion hydraté ($Zn(H_2O)^{2+n}$), zinc complexé par les ligands organiques (acides fulviques et humiques) et zinc adsorbé sur de la matière solide (Casas, 2005).

Beaucoup de composés de zinc sont solubles dans l'eau et s'accumulent dans les organismes. C'est un élément essentiel pour tous les organismes et pour l'Homme (Drif, 2012).

Sa toxicité pour les organismes aquatiques n'en fait pas un contaminant prioritaire, bien qu'il agisse à de fortes concentrations sur la reproduction des huîtres et la croissance des larves (Luis, 2003).

3.4 Le mercure

Le mercure est un métal dont la dynamique dans l'environnement est conditionnée par trois propriétés fondamentales : physique, par sa volatilité à température ambiante ; chimique, par la stabilité de ses liaisons avec le carbone et le soufre ; et biologique par sa très forte bioconcentration et sa toxicité. Les composés du mercure se divisent en deux classes chimiques principales : le mercure inorganique (incluant le mercure élémentaire) et le mercure organique (incluant le méthyl mercure) (Casas, 2005).

Le mercure est le plus toxique des métaux traces, plus particulièrement sous ses formes organiques. La méthylation du mercure est effective dans les sédiments sous l'action des microorganismes et, dans la colonne d'eau, en présence de phytoplancton. La croissance du plancton et de larves de bivalves est retardée à de très faibles concentrations. La bioaccumulation du mercure est très importante dans les chaînes trophiques ; des concentrations en méthyl mercure toxiques pour l'homme peuvent être atteintes dans la chair de poissons situés en fin de chaîne alimentaire (thonidés, squales) (Luis, 2003).

3.5 Le cuivre

Le cuivre est un oligo-élément nécessaire à la vie, mais qui peut présenter des effets toxiques à partir d'un certain seuil de concentration. L'utilisation de l'oxyde (CuO) comme matière active des peintures antisalissures marines constitue une source importante d'introduction dans les zones portuaires. Dans le milieu aquatique le cuivre existe sous forme particulière, colloïdale et dissoute. Il a tendance à former des complexes avec des bases fortes telles que carbonates, nitrates, sulfates, chlorures (Andral, et al., 2001). Le cuivre est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques et de sa conductibilité électrique et thermique. Il est utilisé dans la métallurgie, dans la fabrication des alliages de bronze (avec l'étain), de laiton (avec le zinc) ou de joaillerie (avec l'or et l'argent). Il est très largement employé dans la fabrication de matériels électriques (fils, enroulements de moteurs, transformateurs), dans la plomberie, dans les équipements industriels, dans l'automobile et en chaudronnerie (Amiard, 2011). Les caractéristiques physico-chimiques du milieu (pH, dureté, teneurs en autres inorganiques) agissent sur le degré de dissociation entre les formes métalliques et ioniques. Le cuivre complexé est moins toxique que le cuivre à l'état ionique (Casas, 2005).

La toxicité de ce métal pour les organismes aquatiques dépend de la forme chimique et de l'état d'oxydation dans lequel il se trouve. Néanmoins, la concentration létale apparaît pour certaines

espèces à partir de 2 μ g/L (larve d'huitre par exemple) alors que des retards de croissance sont observés chez le phytoplancton au-delà de 4 μ g/L (Fairbrother, et al., 2007).

3.6 Le nickel

Le nickel est souvent associé à Fe, Cu, Cr et Co dans les minerais de zinc. On le retrouve particulièrement dans les minerais sulfurés (65% de la production mondiale) extrait des sous-sols (teneur en nickel de 0,7% à 3%) et dans les minéraux silicatés se trouvant en surface. Couramment utilisé pour former des alliages de métaux solides et durables, on le retrouve dans de nombreux objets courants comme les casseroles inoxydables, les pièces de monnaie ou encore les piles rechargeables. Les apports de nickel (essentiellement sous forme particulaire) au milieu aquatique proviennent de phénomènes naturels comme le volcanisme ou les incendies de forêt mais aussi de la combustion du pétrole et de l'industrie des métaux non ferreux. Le nickel à faible concentration est un élément essentiel pour les organismes aquatiques. Néanmoins, des effets sur la reproduction de certains bivalves ont été observés à des concentrations très élevées (rarement observées dans l'environnement), supérieures à 300 μ g/L (Chiffolleau, et al., 2001) et (Fairbrother, et al., 2007).

Zone d'étude

Zone d'étude

1 Présentation de la mer Méditerranée

La Méditerranée est une mer semi-fermée d'une superficie d'approximativement 2,5 millions de km², elle mesure, d'Est en ouest, environ 3 800 km, et du Nord au Sud, dans sa plus grande largeur, quelque 900 km, à une profondeur moyenne de 1500 m (Andrea, 2011). Elle s'étend de l'Ouest, au niveau du Déroit de Gibraltar (environ 15 km de large pour 300 m de profondeur), à l'Est, au niveau du Canal de Suez (60 m de large) (Jérôme, 2007).

Méditerranée est divisée en deux bassins principaux, le bassin occidental et le bassin oriental, séparés par le canal de Sicile d'environ 150 km de large avec une profondeur maximale de 400 m (P.N.U.E, 2006).



Figure 3 : la région méditerranéenne et ces deux bassins (occidental et oriental) (Schaeffer, 2010).

2 Le bassin algérien

2.1 Description de la côte algérienne

Le bassin algérien est localisé au Sud du bassin occidental méditerranéen à une latitude de 35° à 40° Nord pour une longitude de 2° Ouest à 7° 45' Est. Il est situé à l'Est de la Mer d'Alboran, entre l'Algérie au Sud, les îles Baléares au Nord-Ouest et la Sardaigne au Nord Est.

L'Algérie dispose d'une large façade maritime qui se situe au cœur de la Méditerranée. Partie intégrante du sous-continent Nord-Africain, et s'étend sur une superficie de 2 381 741 km², longe d'Est en Ouest la Méditerranée sur 1 622 km et s'étire du Nord vers le Sud sur près de 2000 km. Du point de vue écologique, le littoral algérien est riche et diversifié.

Sa façade maritime longue alterne rivage rocheux, plages sablonneuses et zones humides. Ce littoral est caractérisé par un plateau continental réduit à l'exception de la région de Ghazaouet (wilaya de Tlemcen) à l'extrême Ouest, et la région d'El Kala (wilaya d'El Taref) à l'extrême Est (Benzohra, et al., 1995).

Ainsi la côte algérienne peut se diviser en trois grands secteurs (figure 4) :

- le secteur occidental (A) : de la frontière algéro-marocaine à l'Ouest jusqu'à Ténès à l'Est.
- le secteur central (B) : de Ténès à Dellys.
- le secteur oriental (C) : de Dellys à l'Ouest jusqu'à la frontière Algéro-tunisienne à l'Est.

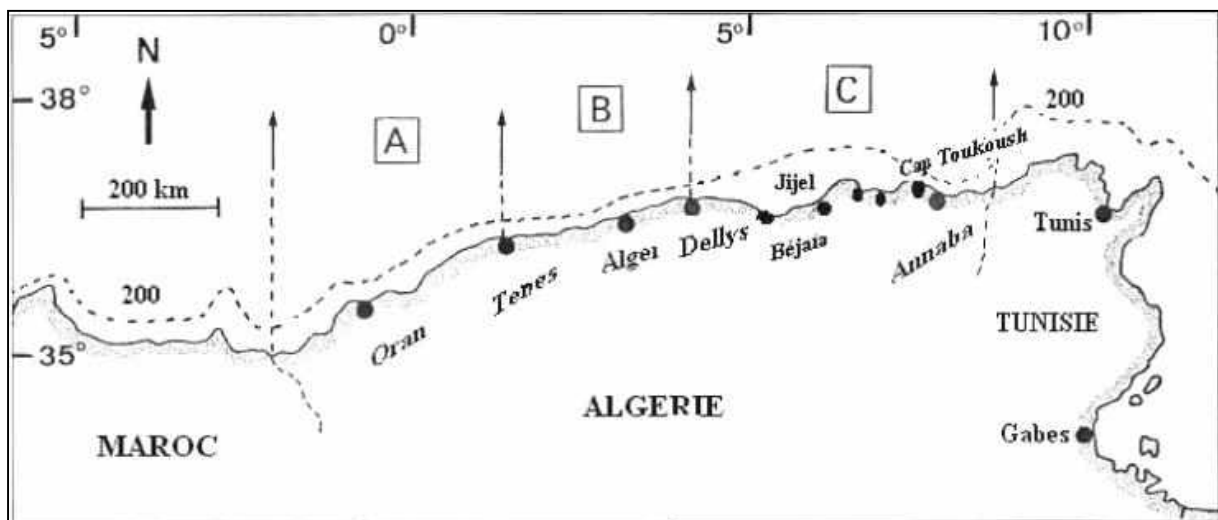


Figure 4 : Carte du bassin algérien (A : région Ouest ; B : région Centre ; C : région Est).

La superficie maritime sous juridiction nationale offre environ 10 millions d'hectares aux activités de pêche, mais la majeure partie de la flottille exploite seulement le plateau continental (Lalami, 1979).

2.2 Caractéristiques des fonds

La côte algérienne se caractérise par une nature essentiellement rocheuse. De petites chaînes de montagne séparent certaines plaines (comme la Mitidja et la plaine d'Annaba) du rivage. La topographie sous-marine correspond à celle de la côte (Lalami, 1979) :

- une succession de baies d'importance inégale présentent un fond à substrat meuble, favorable aux arts traînants. Ces fonds s'étendent en pente douce jusqu'à l'isobathe 800m bien que souvent interrompus de vallées sous-marines ;
- des fonds rocheux avec des fosses profondes, correspondant aux zones littorales montagneuses.

Les différents secteurs de la côte sont caractérisés par un plateau continental très réduit, voire absent. Le talus continental est très étroit ; sa largeur est d'environ 10 milles marins. Les fonds de 100 m sont situés à moins de 5 milles marins des côtes. Cependant dans le golfe d'Arzew à l'Ouest et celui de Annaba à l'Est, le talus est en pente douce et s'étale sur une grande distance.

2.3 Baies et golfes de la côte algérienne

La côte algérienne, elle se présente comme une succession de baies et de golfes plus au moins ouverts séparés par des régions très escarpées. Les hautes falaises qui bordent en générale cette côte sont naturellement soumises à des érosions marines et éoliennes (Grimes, 2010), et selon (Refes, 2011), ces falaises forment des abris efficaces contre les vents d'Ouest et du Nord-Ouest, en conséquent, les baies et golfes algériens sont généralement plus protégés à l'Ouest qu'à l'Est.

Allant d'Ouest en Est, les baies et golfes se présentent comme suit : golfe de Ghazaouet ; golfe d'Oran ; golfe d'Arzew ; baie de Bou-Ismaïl ; baie d'Alger; golfe de Béjaïa ; baie de Jijel ; golfe de Skikda ; golfe de Annaba ; côte d'El Kala.

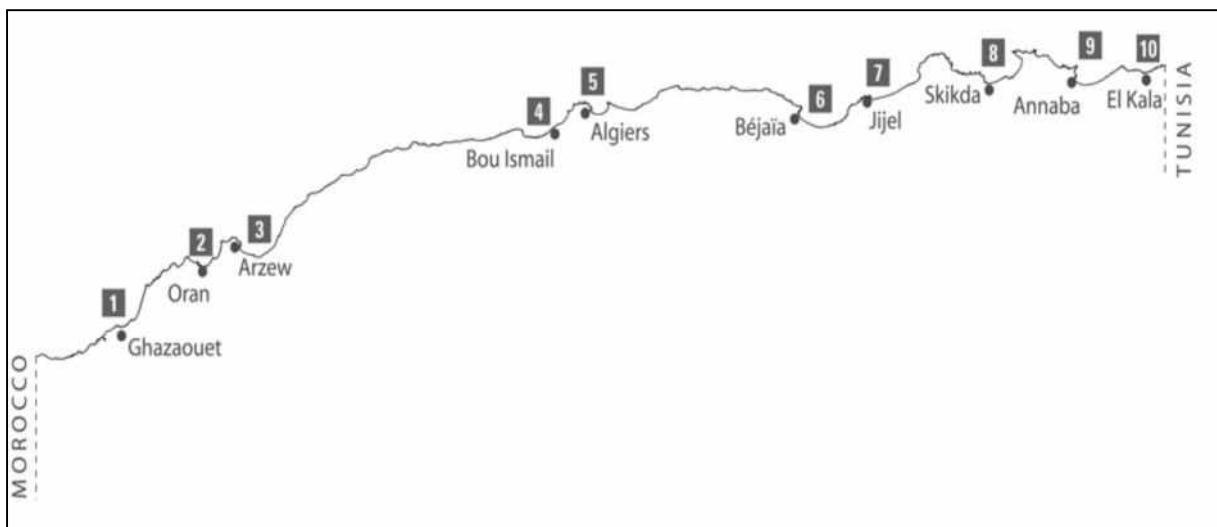


Figure 5 : Baies et golfes de la côte algérienne (Grimes, 2010).

2.4 Circulation des eaux le long des côtes algériennes

Le flux d'eau d'origine Atlantique venant du détroit de Gibraltar vient rejoindre les côtes algériennes aux environs d'Oran (ouest algérien) vers 0° d'où la grande influence du courant Atlantique sur la côte oranaise. Ce courant turbulent prend la dénomination de courant Algérien à cause de son caractère spécifique d'écoulement le long des côtes algériennes (Millot, 1985).

La côte algérienne est caractérisée par deux couches d'eaux superposées, l'eau Atlantique modifiée et l'eau Méditerranéenne. En effet, l'eau Atlantique pénètre dans la mer d'Alboran où ses caractéristiques initiales commencent à s'altérer, donnant ainsi naissance à l'eau Atlantique modifiée (Benzohra, 1993).

Le long des côtes algériennes, l'eau Atlantique modifiée décrit un écoulement plus ou moins stable avant de se diviser en deux branches. Dans le bassin Algérien, l'eau Atlantique modifiée pénétrerait (Millot, 1987) et (Benzohra, 1993) sous forme d'une veine de courant étroite qui donne naissance à des méandres et tourbillons côtier associés à des upwellings (Taupier-Letage, et al., 1988) (figure 6). Ces derniers favoriseraient une forte productivité biologique et par conséquent, augmentation des capacités trophiques du milieu.

Ces tourbillons joueraient aussi un rôle important dans le transfert des polluants d'un site à un autre. Il est observé dans les baies des courants locaux avec des vitesses de l'ordre de 0.3 m/s (METAP, 1994).

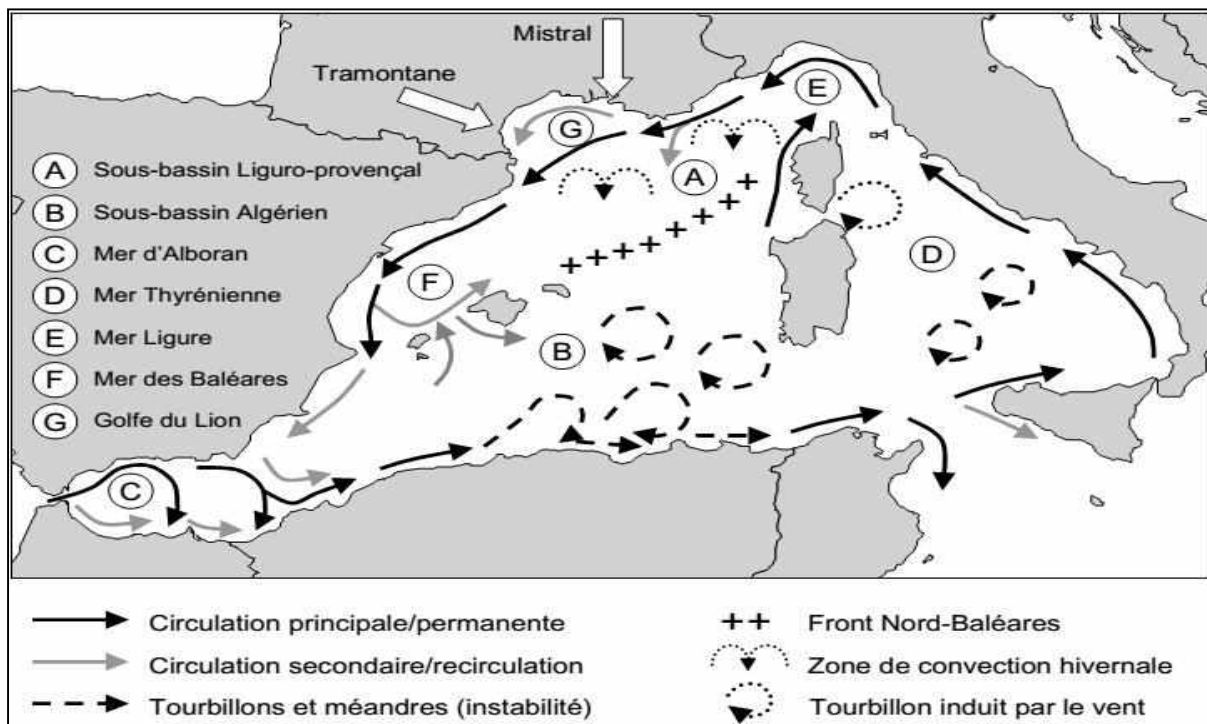


Figure 6 : Circulation de l'eau de surface d'origine Atlantique (AW) dans le Bassin Occidental de la Méditerranée (Millot, et al., 2005).

2.5 Principales Caractéristiques climatiques

Le climat général est doux, tempéré, ce que nous appelons un climat méditerranéen qui est influencé par l'air chaud et sec venant du Sahara en été et par l'air froid amortisseur de l'océan Atlantique en hiver.

❖ Température

La température est en général le facteur abiotique le plus important pour tous les organismes marins, elle agit sur l'oxygénation, la productivité primaire, la reproduction et la croissance

(Boulahdid, 1993). Elle varie de 15 à 23°C localisée dans les 150 mètres superficiels, suivant les variations climatiques atmosphériques, au-delà elle s'abaisse pour se stabiliser autour de 13°C à partir de 200m de profondeur.

❖ Salinité

La salinité indique la teneur en sel dissous, elle évoque la formation d'un substrat chimique de base pour la chaîne trophique marine. Elle est très irrégulière, varie de 1 à 2 psu dans les eaux superficielles en toutes saisons et de 37,5 psu à 38,4 psu entre la surface et le fond (Boulahdid, 1993).

❖ Les précipitations

La région de l'est de la côte algérienne est caractérisée par un climat méditerranéen à caractère sub-humide avec une pluviométrie moyenne de 900 mm par an, dont la période d'octobre à avril représente 75 % de la pluviométrie moyenne annuelle avec des précipitations maximales au mois de décembre (ONM, 2010).

Dans la région occidentale plus de 60% du total annuel des pluies est enregistré pendant la seule saison hivernale. Le mois de janvier enregistre 30% de la pluie littorale annuelle, tandis que le mois de décembre enregistre 10 % (Bouras, et al., 2007).

❖ Régime des vents

Dans la région orientale du littoral algérien Les observations réalisées par les stations météorologiques d'El Kala, d'Annaba, de Skikda, de Jijel et de Bejaïa entre 2000 et 2005 indiquent la prédominance absolue des vents du nord-ouest, particulièrement en période hivernale, où on remarque une légère diminution de la fréquence des vents en printemps et en été. Cette diminution de la fréquence des vents de secteur nord-ouest est compensée par une augmentation des vents du nord-est en période estivale (O.N.M., 2005).

Les observations marines côtières et les données axées sur 30 ans montrent que les vents du secteur ouest algériens ont dominés pendant les saisons automnales et hivernales, avec une direction presque perpendiculaire, par endroit à la côte, varie entre 0 et 80 Km/h Signons, la présence du vent chaud (Siroco) en provenance du Sud (Bouras, et al., 2007).

Les effets de houles ont été étudiés pendant plus de deux ans le long du littoral algérien par (Leclair, 1972). Cet auteur a pu caractériser le régime saisonnier de ces houles par une rose annuelle avec deux directions principales :

- La première direction est représentée par 80 % de ces houles de direction W.N.W. (300°) qui se produisent l'hiver et qui dure en moyenne de 8 à 10 s.
- La deuxième direction est N.N.E. (20 - 40°) dont la majorité se produit pendant l'été.

2.6 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique aboutissant en mer compte 31 oueds, dont les plus importants sont les oueds Tafna, Chelliff, Mazafran, El Harrach, Soummam, Sebaou, Isser, El Kebeir, Saf Saf, Seybouse. Ce réseau alimente le milieu marin en apports terrigènes. Les oueds constituent des collecteurs de tous les polluants issus des activités humaines, agricoles et industrielles (Grimes, 2010).

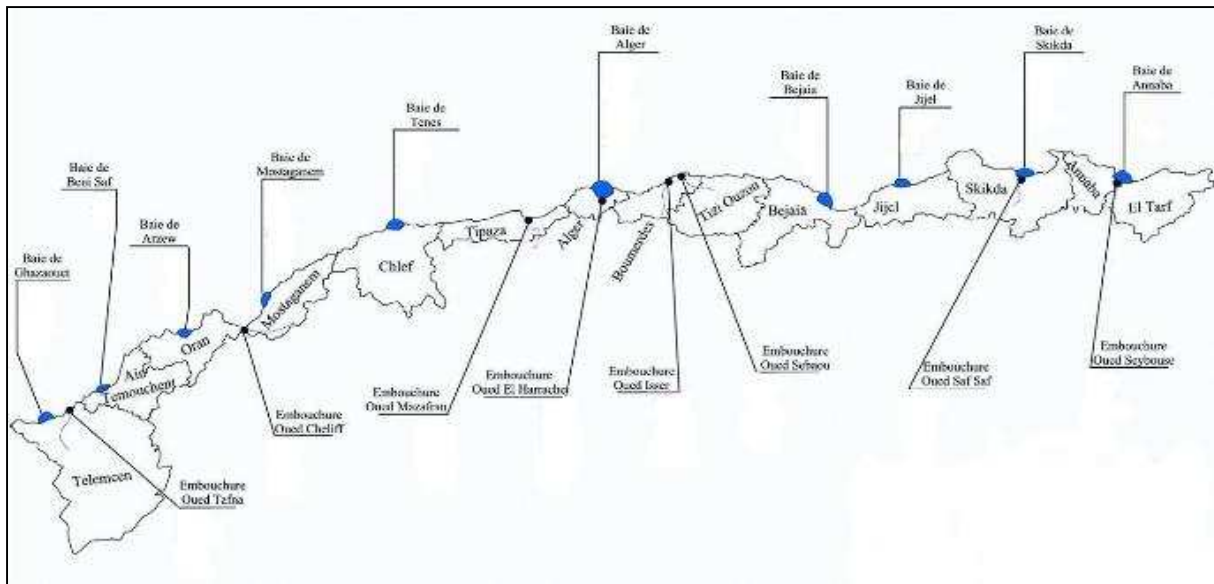


Figure 8 : Les principaux oueds Algériens (Grimes, 2010).

2.7 Principales pressions anthropiques le long de la côte algérienne

La population du domaine exclusivement littorale présente une densité très élevée, soit près de 800 hab/km², très loin de la moyenne nationale. Cette forte pression humaine, qui le plus souvent s'explique par des considérations socio-économiques, génère de fortes pollutions multiformes (organique, chimique, thermique, bactérienne...).

L'industrie algérienne dominée par les activités pétrochimique, chimique, sidérurgique et aujourd'hui agroalimentaire s'est concentrée dans la bande littorale où l'on recense plus de 50 % des unités industrielles nationales. La zone algéroise concentre à elle seule 38 % des unités industrielles du pays.

Les zones côtières les plus affectées par la pollution hydrique, sont adjacentes aux grandes métropoles (Alger, Oran, Annaba) ou bien voisines des complexes industrialo-portuaires (Ghazaouet, Mostaganem, Arzew, Béjaia, Skikda). Ces zones sont le réceptacle de diverses sources de pollution :

- a) Les rejets domestiques des grandes villes maritimes ; Alger, Annaba et Oran sont les villes les plus exposées aux conséquences de la pollution organique.
- b) Les rejets des industries chimiques et pétrochimiques ; même s'il est difficile d'être exhaustif et sans les hiérarchiser on retrouve : **les métaux lourds**, les hydrocarbures et les composés organiques, l'acide sulfurique, les matières fibreuses et les substances chromiques, les éléments basiques, les composés azotés, les cyanures, les catalyseurs usagés et les goudrons, la soude, les pesticides, les détergents les organo- chlorés.
- c) Les rejets des centrales thermiques : les eaux de refroidissement des unités de SONELGAZ augmentent la température des eaux marines et leur teneur en chlore (Marsat El Hadjadj, Alger, Cap Djinet).
- d) Le lessivage des sols des grands périmètres agricoles (littoral centre et plaine d'Annaba surtout) élève la teneur en éléments nutritifs des zones marines voisines (rejets dû à la fabrication des fertilisants agricoles à Annaba) (Grimes, 2010).

Tableau 4 : Principales sources de la pollution industrielle des wilayas littorales (D : Domestique – I : Industrielle) (Grimes, 2010).

Sites	Source de Pollution
Tlemcen	ALZINC (D-I)
Béni Saf	Ciment, Ferphos Sablière Terga (D)
Oran	Pétrochimie, ENGI, Alzofer, EMB, Fertalge (D)
Mostaganem	Soachlore, Giplait, Megisserie, Papier, Sucre, Agro-alimentaire (D-I)
Chlef	PMI-PME, Alufer, Alumetal, Papier, verrerie (D)
Tipaza	PMI-PME, Alufer, Alumetal, Papier, verrerie (D)
Alger	Corps gras, Agroalimentaire, Papier, Cosmétique, Centrale électrique, Tannerie Hydrocarbures (I-D)
Boumerdès	Laiterie, Agroalimentaire, Aluminium, Médicaments, Centrale électrique (D-I)
Tizi-Ouzou	Abattoirs, Agroalimentaire, Laiterie, Huilerie, Electroindustrie Cotonnière (D-I)
Bejaïa	Agro-alimentaire, Corps gras, Emballage, Hydrocarbures, Naphtal (I-D)
Jijel	Conserverie, Agroalimentaire, Verre, Centrale électrique, Tannerie (D)
Skikda	Pétrochimie, Centrale électrique, Gaz industriels (I-D)
Annaba	Agro-alimentaire, Ferphos, Ferroviaire Arcelor Mittal, Centrale électrique, engrais azotés et phosphatés (I-D)
El Kala	Conserverie, Agroalimentaire, Galvatube, Acierie, Centre d'enfutage (D)

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

1 Choix du matériel biologique

Vu que l'Homme est situé en fin de chaîne alimentaire, et qu'il peut être victime de la consommation fréquente des poissons, quand ces derniers sont accumulateurs d'éléments toxiques tels les métaux lourds, ces produits de la mer peuvent donc engendrer des graves conséquences pathologiques et alors atteindre à la santé publique.

1.1 Choix

Notre matériel biologique a été choisi pour plusieurs raisons :

- Une espèce très répandue sur le littoral algérien et se retrouve facilement sur nos marchés vue son abondance et sa richesse de telle sorte qu'elle soit appréciée par les consommateurs.
- une capacité à accumuler les contaminants.
- leur position élevée dans la chaîne trophique (ils sont bien intéressés par les phénomènes de bioaccumulation et contiennent donc des teneurs mesurables de contaminants).
- Leur vie relativement longue.

Nous avons choisi les trois organes pour les raisons suivantes :

- le foie, en tant qu'organe de détoxification.
- Les gonades, représentant les organes de reproduction.
- Le muscle, car c'est la partie consommée.

2 Travaux effectués en mer

2.1 Prélèvement des échantillons

L'échantillonnage a été effectué à bord du navire de recherche « Grine Belkacem » lors de la campagne d'évaluation des ressources démersales (ALDEM 2013) réalisée par le CNRDPA. Ceci nous permet d'être sûrs de leur état de fraîcheur, de connaître la date de leur capture et de leur lieu de pêche. Toutes ces informations sont précisées dans une fiche d'échantillonnage ci-dessous.

2.2 Localisation des stations

Les dates, les coordonnées géographiques correspondant à la position du navire scientifique en début et en fin de chaque pêche réalisées sont regroupées et présentées sous forme de tableau.

Le paramètre de stratification retenu est la profondeur, avec les limites bathymétriques suivantes: strate A (20-50m), strate B (51-100m), strate C (101-200 m), strate D (201-500m) et strate E (501-800m).

Tableau 5 : Coordonnées géographiques des traits de pêche.

n° trait	wilaya	Date	Strate	Début de filage	Fin de virage
----------	--------	------	--------	-----------------	---------------

				Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
28	Béjaia	12/06/2013	C	36° 44,515N	005° 29,236E	36° 43,428N	005° 26,146 ^E
37	Alger	14/06/2013	A	36° 46,989N	003° 07,153E	36° 46,985N	003° 10,094 ^E
42	Tipaza	20/06/2013	A	36° 36,148N	002° 31,567E	36° 36,532N	002° 34,928 ^E
47	Mostagane m-Oran.	22/06/2013	B	35° 59,777N	000° 01,326E	35° 57,161N	000° 00,872W
55	Ain Temouchent	24/06/2013	B	35° 37,252N	001° 07,515W	35° 35,934N	001° 10,736W
63	Tlemcen	25/06/2013	C	35° 12,093N	001° 55,546W	35° 11,327N	001° 59,621W
64		27/06/2013	A	35° 07,736N	002° 11,713W	35° 07,829N	002° 08,267W

2.3 Traitement des échantillons

Les poissons sont triés par classe de taille, puis ils sont placés dans un plat propre en pyrex pour éviter toute contamination par les instruments métalliques, nous avons procédé à la dissection à l'aide de couteaux en plastique propres afin de prélever : la chair, le foie et les gonades.

Enfin, les organes prélevés sont placés séparément dans des piluliers rincés auparavant à l'acide nitrique dilué ensuite plusieurs fois à l'eau distillée (Aubert, et al., 1975).

2.4 Conservation des échantillons

Les échantillons prélevés sont conservés, en attendant le traitement au laboratoire.

3 Travaux effectués au laboratoire

3.1 Nettoyage des instruments

Le dosage d'éléments métalliques en trace dans le milieu marin nécessite un contrôle rigoureux et permanent des différentes étapes, pour éviter les risques de contamination des échantillons tant au moment du prélèvement qu'à celui du traitement et de l'analyse au laboratoire. Pour cela, un soin particulier a été apporté aux prélèvements et aux méthodes de dosage des métaux. En outre, tout instrument et verrerie utilisés sont minutieusement nettoyés et conditionnés selon le protocole suivant (A.I.E.A, 1998) :

- Lavage aux détergents commerciaux,
- Rinçage à l'eau courante (eau du robinet),
- Rinçage à l'eau bidistillée obtenue sur système Milli Q (Millipore) et ayant une résistivité de 18M Ω cm,
- Séchage à l'étuve à 70 °C pour le matériel en verre et en Téflon et à 40°C pour le matériel en polyéthylène (tels que les flacons) et en matière plastique (tels que les sachets),

- Rinçage à l'eau acidulée (5%) ou (10%) préparée à partir d'acide nitrique (HNO₃) concentré à 68% pour analyse,
- Rinçage à l'eau bidistillée,
- Séchage à l'étuve.

Ces opérations doivent être effectuées impérativement avant chaque utilisation du matériel.

3.2 Détermination des ETM

3.2.1 Lyophilisation

Après avoir congelé les organes prélevés à une température de -18°C, ces derniers sont passés au lyophilisateur de type CHRIST-Beta 1- 8 (voir figure 1, annexe I) pendant 48 heures sous vide (10⁻¹mbar) et à très basse température (-50° C à -60° C).

Le principe est la déshydratation des échantillons par sublimation qui s'effectue par la libération de l'eau de l'échantillon en passant de la phase solide à la phase vapeur sans passer par la phase liquide. Ce moyen de déshydratation est préférable à celui de l'évaporation à l'étuve car dans ce dernier cas, l'élévation de température, peut être une source de pertes des métaux volatiles en particulier le mercure (Charlou, et al., 1983).

3.2.2 Broyage

Les échantillons lyophilisés sont broyés à l'aide d'un broyeur automatique (voir figure 2, annexe I) en acier inoxydable jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. Cette dernière est récupérée dans des piluliers en verre (voir figure 3, annexe I) et stockée dans un endroit sec (dessiccateur en présence de gel de silice).

3.2.3 Homogénéisation

Pour rendre nos échantillons représentatifs et avoir une répartition uniforme des éléments métalliques au sein de la matière sèche des poissons, l'homogénéisation se fait avant minéralisation par agitation manuelle ou par un agitateur électrique durant quelques minutes.

3.3 Extraction des métaux lourds

3.3.1 Principe de la digestion ou de la minéralisation

Les métaux lourds sont extraits du muscle, gonade et foie suite à une minéralisation qui consiste à une dégradation de la matière organique et à rendre en solution les substances toxiques accumulées, en effet, les métaux organiquement liés sont transformés en ions métalliques libres (cette mise en solution est assurée) par attaque acide. Souvent il est préférable de réaliser la minéralisation par voie humide (Amiard, et al., 1987).

A cet effet les buts de la minéralisation sont :

- ✓ D'éliminer l'action perturbatrice du substrat protéique.
- ✓ D'ioniser les métaux.
- ✓ D'assurer leur concentration (puisque le métal n'existe qu'à une infime concentration).

3.3.2 Le protocole expérimental :

3.3.2.1 Minéralisation à blanc

Avant d'utiliser les godets, on procède à une minéralisation à blanc. On met dans chaque godet en téflon 4 ml d'acide nitrique 69%. On ferme hermétiquement les godets. On laisse digérer pendant toute la nuit. Puis on réchauffe sur une plaque chauffante à 120 °C pendant 2h30min. On laisse refroidir les échantillons avant d'ouvrir la soupape de sécurité doucement, puis on ouvre les godets et on rince à l'eau bidistillée et on sèche dans l'étuve (voir figure 4, annexe D).

3.3.2.2 Minéralisation des échantillons

Selon le protocole décrit par (A.I.E.A, 2001), la minéralisation a lieu sous hotte aspirante dans un godet en téflon. On pèse environ 0,5 g de matière sèche de poisson. On y ajoute 5 ml d'acide nitrique (HNO₃) concentré à 68 % puis on ferme hermétiquement les godets. On laisse les échantillons à température ambiante une nuit puis on les met sur plaque chauffante à 120°C pendant 2h30min. On laisse refroidir les échantillons avant d'ouvrir la soupape de sécurité doucement, puis on ouvre les godets et on transfère les minéralisates dans des tubes en polypropylène de 50 ml. On rince les godets avec l'eau bidistillée au moins 3 fois en récupérant les rinçages dans les tubes en polypropylène. On ajuste jusqu'au trait de jauge de 50 ml avec l'eau bidistillée.

Les mêmes procédures ont été effectuées pour la minéralisation du mercure on rajoutant 1 ml d'une solution de K₂Cr₂O₇ avant dilution à 50 mL avec de l'eau bidistillée. (Cossa, et al., 1980).

3.4 Analyse des métaux traces

Ils existent plusieurs méthodes permettant l'analyse des métaux traces dans différentes matrices de milieu marin et qui se résument en :

- La fluorescence X.
- L'activation neutronique.
- La polarographie.
- La Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA).

La Spectrophotométrie d'absorption atomique est la méthode la plus couramment utilisée dans les travaux de recherche en environnement et la plus avantageuse (spécifique, sélective, reproductible et rapide d'exécution).

3.4.1.1 Principe de la Spectrométrie d'Absorption Atomique

Le dosage d'élément par SAA repose sur le principe qu'un atome soumis à un rayonnement d'énergie (E), peut passer d'un état fondamental à un état excité, caractérisé par des électrons à un niveau d'énergie plus élevé et instable : c'est le phénomène d'absorption. Le retour de l'atome à son état fondamental s'accompagne de l'émission d'un rayonnement photonique spécifique caractérisé par sa longueur d'onde .

L'intensité de l'absorption dépend directement du nombre de particules absorbant la lumière selon la loi de Beer-Lambert.

D'après cette dernière, la densité optique d'une solution d'une substance absorbante dans un solvant transparent est proportionnelle à l'épaisseur de la solution traversée et à la concentration des substances absorbante de la solution (Audigie, et al., 1985).

$$I = I_0 e^{-\epsilon LC}$$

En pratique, l'absorbance A peut être appréhendée par la variation de l'intensité lumineuse à travers la chambre d'atomisation de l'élément à doser.

La lecture s'effectue en absorbance (A) ou en densité optique (DO) :

$$A = DO = \log I_0/I = \epsilon .L.C$$

Ou :

I : Intensité de l'énergie lumineuse transmise (émergente).

I₀ : Intensité de l'énergie lumineuse émise (incidente).

ε : Coefficient d'absorption atomique (constant).

L : Longueur du trajet optique (constante).

C : Concentration de l'élément absorbant (analyte).

3.4.1.2 Appareillage

L'appareil utilisé est un Perkin Elmer® AAnalyst 700 constitué d'un générateur de photons destiné à fournir un flux de photons d'intensité constante dans le temps et de fréquence bien définie correspondant à l'élément à doser, Il est équipé d'un générateur d'hydrures, d'un four à graphite et un système par flamme avec injecteur automatique (AS 800 Perkin Elmer) piloté par le logiciel Winlab 32 pour absorption atomique qui permet de très hautes performances d'analyse.

Les parties les plus importantes du Spectrophotomètre d'Absorption Atomique sont :

1. Source de radiation.
2. Dispositif de transformation de l'échantillon en atomes libres.
3. Un ensemble de mesure du degré d'absorption de la radiation.

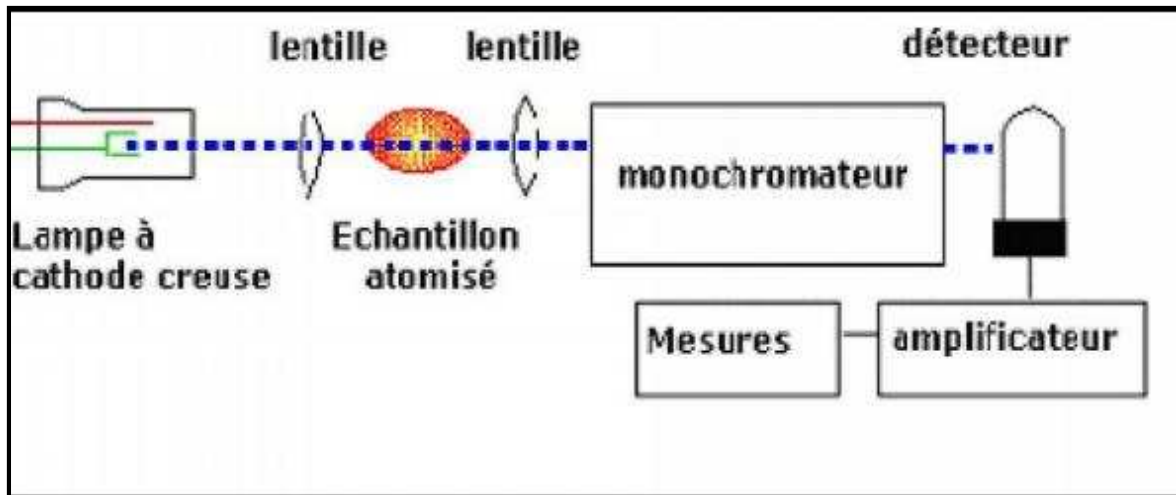


Figure 7 : Présentation schématique de l'appareil du spectromètre d'absorption atomique (Perkin Elmer® AAnalyst 700).

3.4.1.3 Etalonnage de l'appareil

La méthode d'étalonnage utilisée est celle des standards seuls. La calibration du spectrophotomètre est réalisée à partir de 5 solutions standards (S1, S2, S3, S4 et S5) de concentrations croissantes mg/l, susceptibles d'approcher les concentrations des différents analytes (Tableaux 1, annexe II). Les absorbances de ces 5 solutions sont mesurées, ce qui permet de tracer la courbe d'étalonnage (Absorbance = f (concentrations)). Pour les faibles concentrations, c'est-à-dire pour les faibles absorbances, la courbe est quasi linéaire, donc de la forme :

$$Y = aX + b$$

Ou :

Y : Densité optique (DO).

X : Concentration du métal à analyser.

a : Pente de la courbe.

b : Ordonnée à l'origine.

A l'aide de la droite d'étalonnage on peut déterminer les concentrations inconnues en métaux des échantillons de poissons à analyser (Figure 5, annexe I).

3.4.1.4 Calcul des concentrations des métaux

La concentration du métal dans l'échantillon minéralisé est obtenue à partir de la droite d'étalonnage par une régression linéaire aux moindres carrés.

➤ Calcul du poids corrigé de l'échantillon biologique

les organes de poissons après ses lyophilisations piègent un certain nombre de particules d'eau dû à la période qui sépare la lyophilisation et l'analyse. Par conséquent, les poids pesés ne sont pas les vrais poids secs, pour cela on passe par le calcul de taux d'humidité afin de pouvoir corriger ces poids et avoir les poids secs réels.

Le calcul se fait par l'application de la formule suivante (A.I.E.A, 2001):

$$A\% = \left(\frac{P1 - P2}{P1} \right) * 100$$

Ou :

A : Taux d'humidité (%).

P1 : Poids de la coupelle vide + le poids de l'échantillon dans la coupelle (g).

P2 : Poids de l'échantillon dans la coupelle après 24 heures à 105 °C (g).

A la fin, les poids secs corrigés sont obtenus comme suit :

$$Pc = P - \left(\frac{A\%}{100} \right) * P$$

Ou :

Pc : Poids de l'échantillon corrigé (g),

P : Poids de l'échantillon pesé pour la minéralisation (g),

A : Taux d'humidité (%).

➤ Détermination de la concentration au niveau des échantillons :

La concentration du métal dans l'organisme est calculée selon la formule suivante (Asso, 1982) :

$$[C]_{finale} = \frac{([C]_x - [C]_b) * V}{P}$$

[C]_{Finale} : Concentration finale en µg/g.

[C]_x : Concentration en µg/l.

[C]_b : Concentration du blanc en µg/l.

V : volume de dilution en ml.

3.5 Méthodes d'analyses des protéines, des lipides et des glucides

Notre étude biochimique basée sur le dosage des lipides des protéines et des glucides qui possède les étapes citée précédemment (lyophilisation, broyage, homogénéisation).

3.6 Description de l'échantillon

Les échantillons destinés à l'analyse biochimique sont de l'ordre de 6 pageots «*pagellus erythrinus*» répartis en 4 femelles et 2 males de taille comprises entre 22 et 32 cm, ils présentent les caractéristiques cités dans le tableau ci- après :

Tableau 6: Les caractéristiques échantillonnées analysés.

Code	Individu	Site d'échantillon	Organe	Taille	Sexe
T55 Bf 32 C	N°1	Baie de Béni Saf	chaire	32	Mâle
T63 Ghaz 27 G	N°2	Golfe de Ghazaouet	gonade	27	Femelle
T42 BI 23 G	N°3	Baie de Bou-Ismaïl	gonade	23	Femelle
T37 Alg 22 C	N°4	Baie d'Alger	chaire	22	Mâle
T63 Ghaz 27 F	N°5	Golfe de Ghazaouet	foie	27	Femelle
T42 BI 23 F	N°6	Baie de Bou-Ismaïl	foie	23	Femelle

3.6.1 Dosage des protéines totales

Les analyses des protéines ont été effectuées selon la méthode de « Kjeldahl ».

3.6.1.1 Présentation de la méthode

La méthode Kjeldahl est la méthode de référence pour la détermination des protéines dans les aliments. Il existe deux versions de la méthode qui utilisent le même principe : la méthode macro-Kjeldahl et la méthode micro-Kjeldahl. Elles diffèrent seulement par l'appareillage utilisé et les quantités d'échantillons ; la masse d'échantillon analysée par la méthode macro-Kjeldahl est environ 5 fois plus élevée que celle analysée par la méthode micro-Kjeldahl. (Guillou, et al., 1976).

3.6.1.2 Principe

La détermination des protéines par la méthode Kjeldahl s'effectue en trois étapes (Rodier, et al., 1996) :

Étape 1 : Digestion ou minéralisation de l'échantillon

Pendant l'étape de la digestion, l'azote protéique est transformé en azote ammoniacal par oxydation de la matière organique dans l'acide sulfurique concentré à haute température, en présence d'un catalyseur et d'un sel :

-l'acide sulfurique concentré a pour but d'oxyder la matière organique et de transformer l'azote protéique en ammoniac NH_3 . Il sert également à piéger l'ammoniac gazeux sous la forme de sulfate d'ammonium, par action de la base avec l'acide :

-l'addition du sel de sulfate de potassium (K_2SO_4) pour but d'élever le point d'ébullition de la solution pour accélérer la réaction de minéralisation de la matière organique.

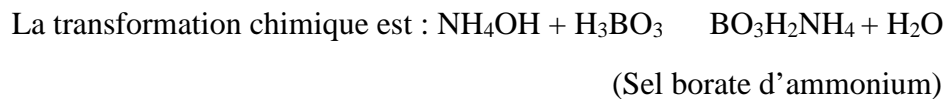
-le catalyseur utilisé est le sélénium (Se).

La réaction chimique est la suivante : $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{N}(\text{aliment}) \rightarrow \text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$

Étape 2 : Distillation de l'ammoniac

Avant de distiller l'ammoniac à la vapeur d'eau, on doit libérer l'ammoniac sous la forme du sel $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ par l'addition d'une solution concentrée de NaOH en excès. La transformation chimique est : $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{SO}_4\text{Na}_2 + 2\text{NH}_4\text{OH}$

L'ammoniac est ensuite distillé par la vapeur d'eau et piégée dans une solution d'acide borique. L'ammoniac réagit avec l'acide borique pour former des sels borates d'ammonium :



Étape 3 : Titration de l'ammoniac

L'ammoniac sous la forme de borates d'ammonium est titré directement à l'aide d'une solution standardisée d'acide chlorhydrique HCl, et d'un indicateur (le Tashiro) :



3.6.1.3 Mode opératoire

a) Minéralisation

La minéralisation permet de dénaturer les protéines (casser les liaisons) et de libérer les acides aminés, ensuite transformer l'azote organique en azote minérale.

Elle est effectuée à l'aide d'un appareil de minéralisation (voir figure 6, annexe I) « Inkjel. M, Behr labor-technik GmbH » équipé : d'une plaque chauffante, un porte matras, un collecteur de fumée et un thermostat.

Tout le système est relié à une pompe à vide qui est relié à un piègeur de fumée.

Dans un matras de Kjeldahl, on met :

-2g de l'échantillon lyophilisé, 7g de sulfate de potassium (K_2SO_4), 5mg de poudre de sélénium (Se) et 1ml de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) à 60%, 10ml d' H_2SO_4 concentré et aussi 2 à 3 petit morceaux de pierre ponce ;

-on agite et on place le matras dans le dispositif de minéralisation ;

-on chauffe doucement et progressivement jusqu'à l'apparition des fumées noires ;

-on poursuit le chauffage durant (30 à 45 mn) jusqu'à l'obtention d'une couleur limpide (voir figure 7, annexe I). A la fin de la minéralisation, on laisse les matras refroidir.

b) Filtration et dilution du minéralisât

Après refroidissement des matras, on filtre chaque minéralisât dans un erlenmeyer. On lave le matras et on filtre aussi l'eau de rinçage (Voir figure 8, annexe I).

On ajuste à 100 ml, avec de l'eau distillée. On transvase les minéralisats dilués et filtrés dans des erlenmeyers colorés en brun, à bouchon. On étiquette les erlenmeyers et on les conserve au réfrigérateur à 4°C.

c) Distillation

On prélève dans un matras de Kjeldahl 20 ml du minéralisât filtré et dilué pour la distillation. Ensuite, on place le matras dans l'appareil de distillation «Behr, Labor-Technik» (voir figure 9, annexe I).

A l'aide d'un bouton on ajoute 40 ml de la soude (NaOH) à 40% dans le matras et on débute la distillation. On recueille le distillat (ammoniaque entraîné à la vapeur d'eau) dans un erlenmeyers de collecte, contenant 20 ml d'acide borique à 4%, dont le pH a été préalablement déterminé.

On continue la distillation jusqu'à obtenir 100 ml de solution (acide borique + ammoniaque entraîné à la vapeur), l'opération dure 5-10 mn. On relève de nouveau la valeur du pH.

d) Le titrage

On ajoute au distillat obtenu, 10 gouttes de la solution d'indicateur «Tashiro»

On titre directement la solution obtenue par une solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0.2N, jusqu'à l'obtention du pH initial de la solution d'acide borique.

e) Expression des résultats

Soit : 1ml de HCl 2.803mg N (azote)

Le taux des protéines est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{de protéine} = X * F = \frac{2.803 * V * 100}{100 + m} \quad F$$

X : quantité d'azote dans 100g de la matière sèche

F : facteur dépendant du type d'aliment analysé=100/16 (6.25)

V : volume d'HCl

m : le poids de l'échantillon en (g)

3.6.2 Dosage des lipides totaux

Les lipides sont insolubles dans l'eau et très solubles dans les solvants organiques, tel l'éther éthylique. La plupart des méthodes de dosage des lipides exploitent ces propriétés physiques pour extraire les lipides des aliments dans le but de mesurer leur concentration.

L'extraction des lipides totaux est réalisée par la méthode de Soxhlet ([Loiseleur, 1963](#))

3.6.2.1 Présentation de la méthode

La méthode Soxhlet est la méthode de référence utilisée pour la détermination de la matière grasse dans les aliments solides déshydratés. C'est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse à la fin de l'extraction.

3.6.2.2 Principe

L'aliment solide est pesé et placé dans une capsule de cellulose. L'échantillon est extrait en continu par de l'éther éthylique à ébullition (P.E. 35°C) qui dissout graduellement la matière grasse. Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs causés par un effet de siphon dans le coude latéral. Comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète. Une fois l'extraction terminée, l'éther est évaporé, généralement sur un évaporateur rotatif, et la matière grasse est pesée.

Les capsules de cellulose sont perméables au solvant et à la matière grasse qui y est dissoute. Ces capsules sont jetables.

3.6.2.3 Mode opératoire

L'appareil de Soxhlet «Behr Labo-Technik» (voir figure 10, annexe I) est équipé de 4 postes de travail, d'une plaque chauffante, de ballons, des matras et un réfrigérant.

- On allume d'abord le réfrigérant «huber minichiller» pour atteindre la température, de 2°C.
- On pèse chaque ballon vide, soit P_0 ce poids.
- On met chaque échantillon lyophilisé et finement broyée dans une cartouche tarée et pèse, soit m ce poids.
- On place la cartouche dans le matras de l'extracteur.
- On verse 160 ml d'éther-éthylique dans chaque matras et on les ferme.
- On règle la température de la plaque chauffante à 100°C jusqu'à l'ébullition du solvant, après on réduit la température à 60°C de sorte à maintenir l'ébullition du solvant stable.
- Pour l'épuisement complet du solide, on garde le rythme pendant 2h30 qui correspond à 30 cycles (un cycle dure en moyenne 5 mn), après on arrête le système et on laisse les ballons refroidir.
- On place le ballon contenant le solvant et l'extrait (lipides) dans un rota-vapeur «Buchi Rotavapor R.210» à 40°C et à une vitesse de rotation de 6 à 7 tours/mn, pour concentrer l'extrait (voir figure 11, annexe I) et récupérer le solvant (voir figure 12, annexe I).
- On sèche le ballon dans l'étuve à 37°C, puis on laisse refroidir dans un dessiccateur et on le pèse, soit P ce poids.

La quantité des lipides totaux est déterminée par la formule suivante :

$$\% \text{ lipides} = \frac{M}{m} * 100$$

M : quantité des lipides ($P-P_0$) en g.

P : poids du ballon rempli de lipides en g.

P_0 : poids de ballon vide en g.

m : poids de l'échantillon en g.

3.6.3 Dosage des glucides

Les oses totaux sont dosés selon (Dubois, et al., 1956). Les glucides donnent une couleur orangée lorsqu'ils sont traités avec du phénol et par l'acide sulfurique concentré. La réaction est sensible et la coloration est stable. Les glucides totaux sont ainsi dosés par spectrophotométrie à 485nm. Une courbe d'étalonnage est effectuée à partir d'une solution de glucose.

3.6.3.1 La courbe d'étalonnage :

Introduire 87.5mg du glucose dans 500ml d'eau distillée, préparer la solution de phénol à 5%. 5 tubes à essais sont remplis de la solution glucose (0ml, 2.5ml, 5ml, 7.5ml, 10ml) puis

compléter avec de l'eau distillée jusqu'à 10 ml. Ajouter 1ml de la solution phénol + 5ml de H_2SO_4 . Les tubes sont placés au bain Marie à $30^\circ C$ pendant 20minutes, puis ils sont refroidis sous l'eau de robinet à $20^\circ C$. L'absorbance est mesurée à 485nm puis on trace la courbe d'étalonnage (voir figure 13, annexe I).

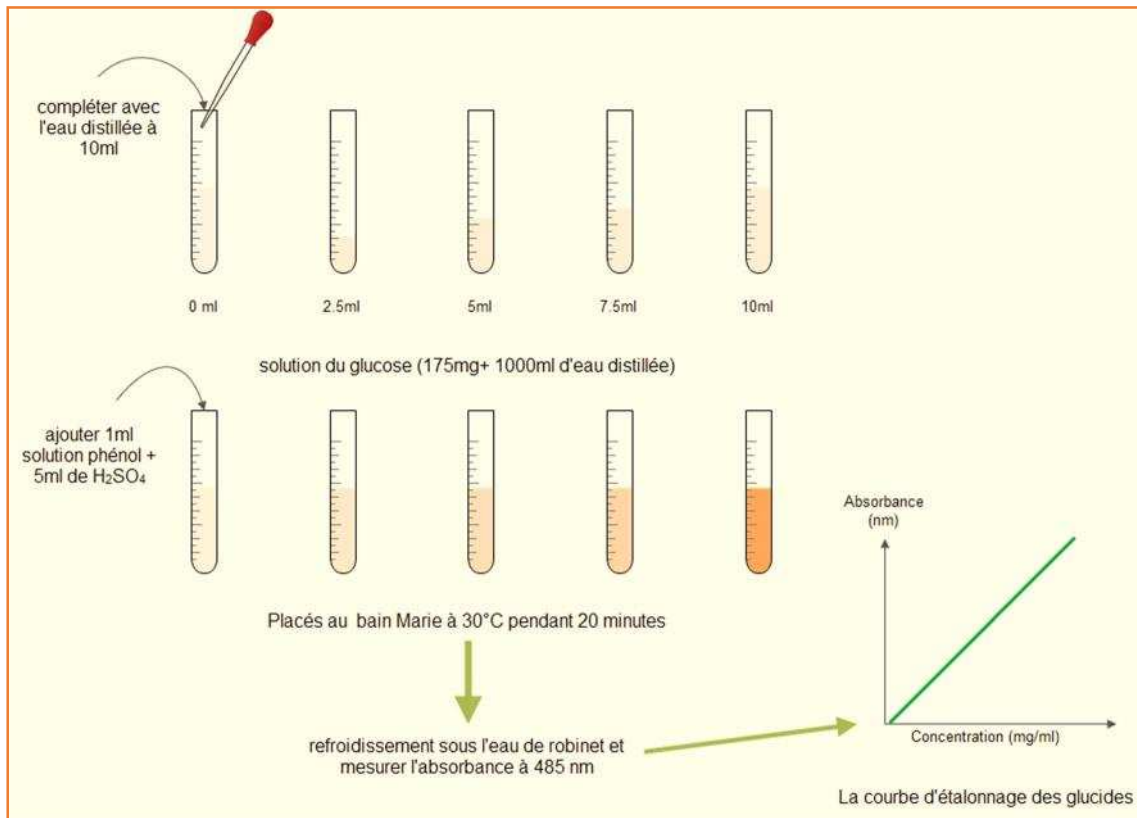


Figure 8 : Méthode de traçage de la courbe d'étalonnage des glucides.

3.6.3.2 Protocole expérimental

Préparer une solution à 0.2% (m/v) de la poudre de poisson dans de l'eau distillée. 2ml de la solution à doser sont mis dans un tube à essai avec 1ml de phénol (à 5% dans l'eau). 5ml de H_2SO_4 sont ajoutés rapidement sans les faire couler le long des parois et le mélange est agité immédiatement. Une coloration jaune se développe, stable durant plusieurs heures. Les tubes sont placés au bain Marie à $30^\circ C$ pendant 20 minutes puis refroidis sous l'eau à $20^\circ C$. L'absorbance est mesurée à 485nm. Les teneurs sont déterminées en référence à une gamme étalon de glucose.

Résultats et discussions

Résultats et discussion

Notre travail est une étude de la bioaccumulation des métaux traces par un poisson blanc démersal ; le pageot (*pagellus erythrinus*) qui fréquente nos côtes algériennes, nous avons ciblé cinq zones, la baie de Béni Saf, golf de Ghazaout, baie de Mostaganem, baie de Bou Ismail et la baie d'Alger.

L'échantillonnage couvre le mois de juin 2014, trois organes ont été utilisés : le foie qui est l'organe de détoxification, le muscle représente la partie consommée et les gonades qui représentent l'organe de reproduction.

Nous avons réparti les groupes de nos échantillons en fonction de plusieurs paramètres : sexe, maturité sexuelle, organe et sites. Ces paramètres nous aideront pour une meilleure approche dans l'interprétation de niveaux de concentrations obtenus. On se référant aux études statistiques, suivi d'une étude comparative entre les différentes baies d'échantillonnages.

1 Les teneurs en métaux traces

L'analyse de la concentration des métaux traces dans les poissons est influencé par plusieurs paramètres, y'a compris la zone, les organes, le sexe et la maturité sexuelle des individus.

Tableau 7 : concentrations moyennes de métaux traces (Hg, Zn, Ni) dans *pagellus erythrinus* pêché dans la côte algérienne (exprime en ug/g).

	(n)	Hg			Zn			Ni		
		foie	gonade	chair	foie	gonade	chair	foie	gonade	chair
Béni Saf	4	1.04 3	0.075	0.33 4	141.1 5	205.4 0	38.7 7	17.90	9.21	11.2 7
Ghazaouet	4	0.07 1	0.005	0.03 6	80.04	224.3 2	30.9 9	13.84	10.29	11.0 9
Mostaghane m	4	0.02 1	0.036	0.00 5	137.3 1	252.6 2	33.1 0	13.43	14.01	14.0 4
Bouismail	2	0.01 0	-	-	114.6 8	-	-	12.24 5	-	-
Alger	1	0.01 0	-	-	117.4 0	-	-	15.69 5	-	-

2 Les graphes qui représente les teneurs en métaux traces (Hg, Zn, Ni) selon les différents paramètres (zone, organe, sexe, maturité sexuelle) :

2.1 Variations des concentrations en mercure

2.1.1 Variations des teneurs en mercure par zone-

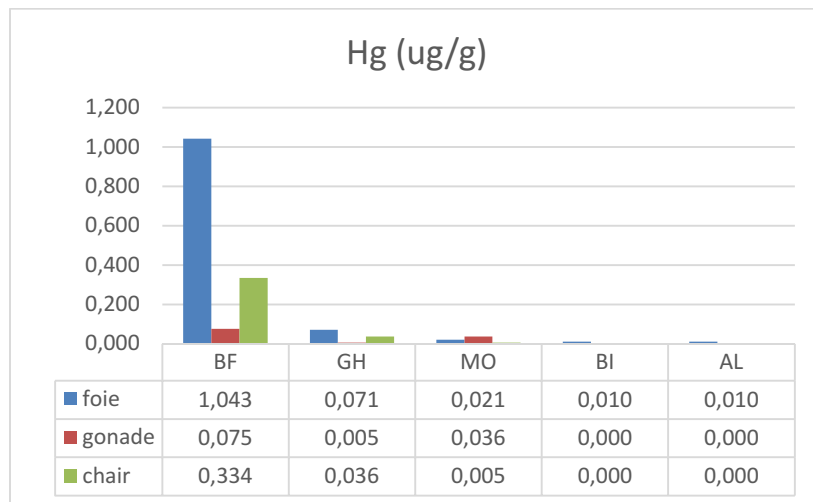


Figure 9 : Variation des concentrations moyennes en mercure selon les zones.

Les teneurs en mercure montrent que le pageot (*pagellus erythrinus*) de la baie de Béni Saf bioaccumule des concentrations plus élevées par rapport au pageot des autres régions : Ghazaouet, Mostaganem, Bouismail et Alger, en plus cette bioaccumulation est très élevée au niveau du foie (1.043 ug/g) que dans les autres organes.

Les fortes teneurs en mercure décelées dans nos échantillons dans la baie de Béni Saf peut s'expliquer principalement par la charge polluante charriée par les principaux rejets et par la présence de cimenterie de Béni Saf.

De plus, cette portion du littoral occidental algérien reste aussi sous l'influence directe du trafic maritime. Cette circonstance conduit à incriminer les peintures anti-salissures (peintures antifouling) qui couvrent les coques des embarcations, et qui par phénomène de lixiviation des couches de ces peintures entraîne la libération de différents métaux toxiques (Augier, et al., 1992).

2.1.1 Variations des teneurs en mercure en fonction de sexe

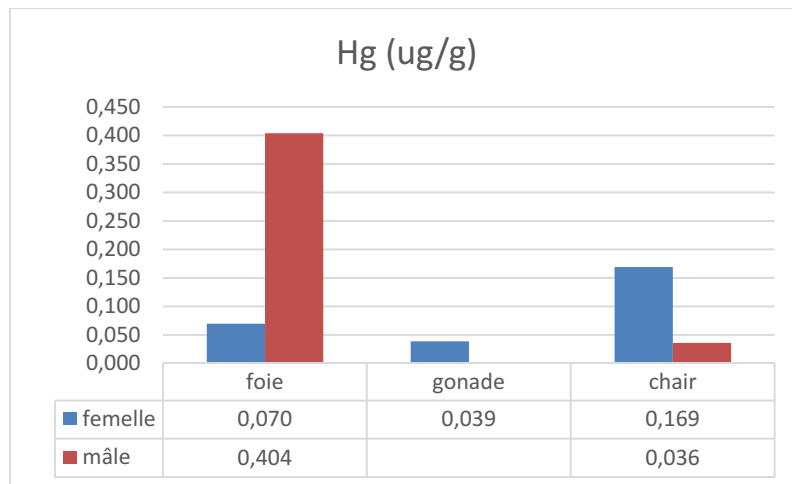


Figure 10 : Variation des concentrations moyennes en mercure selon le sexe.

La variation des concentrations du mercure en fonction du sexe est très significative, elle est très importante au niveau du foie des mâles et faibles chez le sexe opposé. Le foie des pageots mâles est plus contaminé que celui des pageots femelles. Ceci paraît logique par rapport à la nature du foie qui constitue un organe de stockage et la redistribution des substances dans les autres organes mous de l'organisme tels que les reins et les muscle, de plus le foie est considéré comme organe de détoxification (Easwood, et al., 2002).

2.1.1 Variations des teneurs en mercure en fonction d'organe

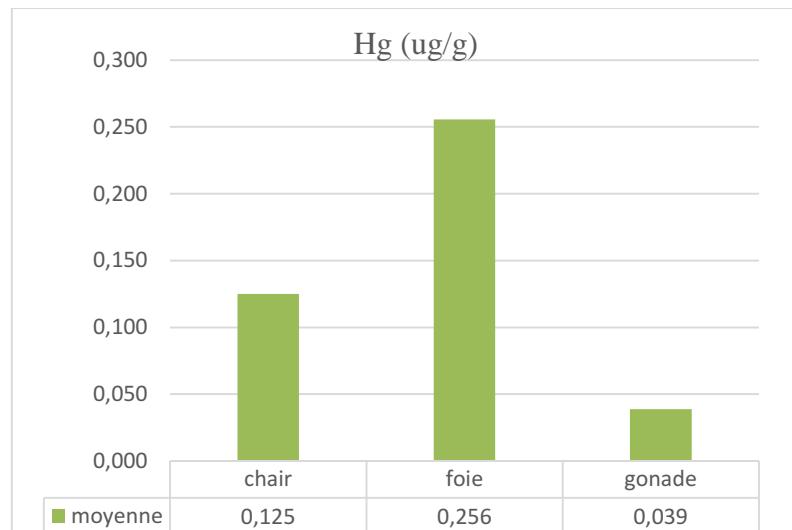


Figure 11 : Variation des concentrations moyennes en mercure selon le sexe.

Le foie est un organe bioaccumulateur, il présente une forte concentration en mercure, sa valeur moyenne est de l'ordre de (0.256 ug/g), suivi par la chair avec des concentrations plus ou moins forte (0.125 ug/g) et puis les gonades avec des valeurs faibles (0.039 ug/g).

Le mercure semble être mieux accumulé dans le foie que dans les gonades et la chair, ceci est dû vraisemblablement au rôle physiologique très important du foie dans la détoxification, en effet, cet organe stocke et redistribue ces substances vers les autres organes mous.

En 2002 (Easwood, et al., 2002) confirment que le foie des poissons est un organe majeur de la détoxification et de l'accumulation des métaux dans ces organismes.

2.1.1 Variations des teneurs en mercure en fonction de maturité sexuelle

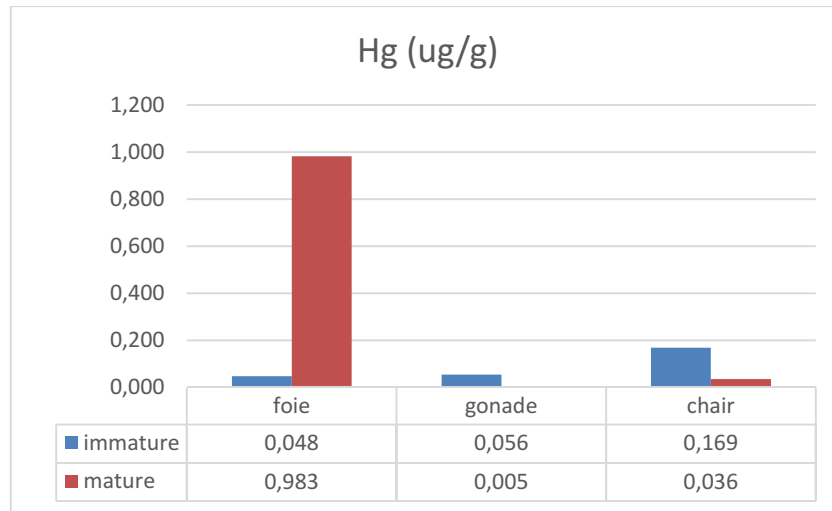


Figure 12 : Variation des concentrations moyennes en mercure selon la maturité sexuelle.

Les concentrations les plus élevées du mercure se trouvent dans le foie qu'est le principal organe d'accumulation dans les individus mâture alors qu'on note des concentrations plus faibles chez les individus immature. Ainsi, l'augmentation des niveaux de contamination avec la taille montre une bioaccumulation des éléments métalliques au cours de la vie de pageot.

2.2 Variations des concentrations en zinc

2.2.1 Variations des teneurs en zinc en fonction de la zone

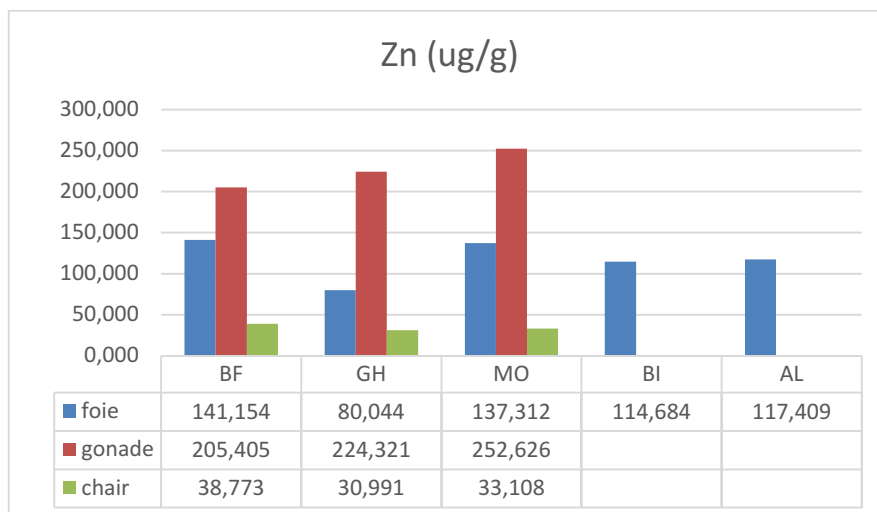


Figure 13 : Variation des concentrations moyennes en zinc selon la zone.

Les variations du zinc sont plus élevées dans les gonades des poissons pêchés à Mostaghanem, sa valeur est 252.62 ug/g, comparant à celles estimées à Béni Saf et Ghazaouat.

Dans les régions de Bouismail et Alger les concentrations du zinc sont analysées seulement au niveau du foie.

La pollution métallique au niveau de la région de Mostaghanem reflète la présence de plusieurs complexes (Bouhadiba, 2011) :

- La CELPAP: Entreprise Nationale de la Cellulose et du Papier, située en bordure du golfe.
- L'ENASUCRE: Entreprise Nationale de Sucre, située dans la partie Ouest de la ville, sur la route nationale d'Oran Mostaganem.
- La SAAC: Société Algérienne d'Accumulateurs (unité de fabrication des accumulateurs à plomb), située dans la partie Sud-Est de la ville.

2.2.2 Variations des teneurs en zinc en fonction de sexe

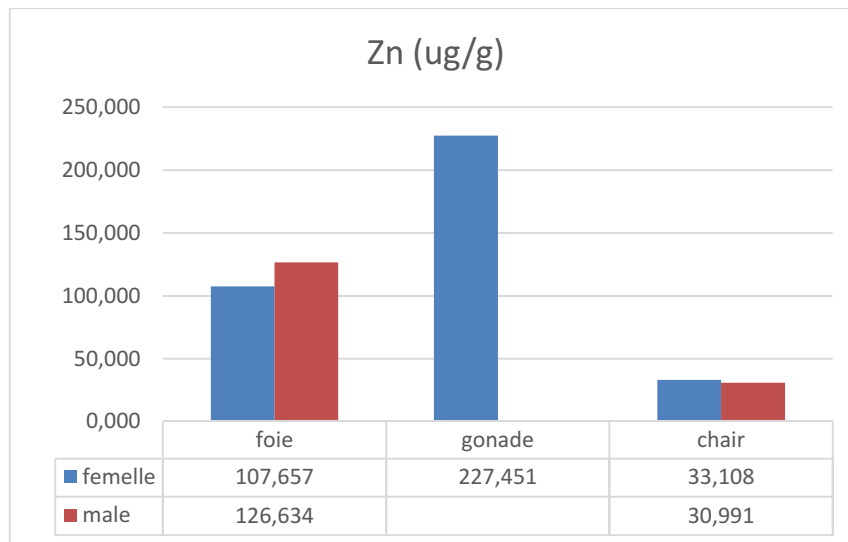


Figure 14 : Variation des concentrations moyennes en zinc selon le sexe.

L'accumulation de zinc est importante dans les gonades des femelles, sa valeur est de 227.451 ug/g. Alors, chez les mâles, la concentration du zinc est élevée dans le foie.

Ces concentrations du zinc chez les femelles peuvent être liées au phénomène de reproduction, dont les femelles se déplacent pour pondre vers les côtes où il y a plus de rejets directs et donc différentes formes de pollution (Ayad, 2010).

2.2.3 Variations des teneurs en zinc en fonction d'organe

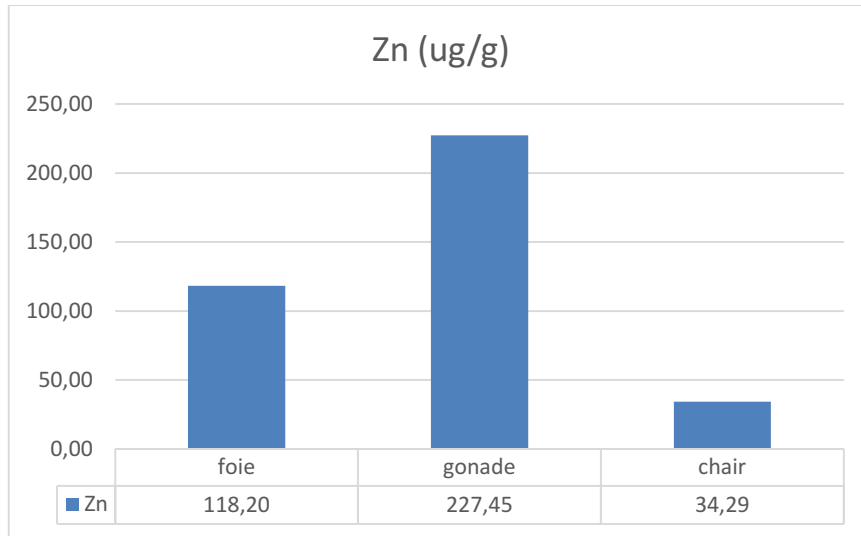


Figure 15 : Variation des concentrations moyennes en zinc selon les organes.

Nous remarquons que les métaux sont fortement bioaccumulés dans les gonades, ceci est probablement liée à la période de reproduction, durant cette période le corps est gorgé de réserves nutritives et en même temps de polluants. Une partie des polluants est larguée, après la ponte où l'organisme est plus au moins en phase de repos sexuelle, ce qui explique une diminution des polluants (Boutier, et al., 1992).

Dans la chair, les concentrations moyennes en Zn sont faibles. Il est généralement admis que le tissu musculaire n'est pas un organe dans lequel s'accumulent les métaux (Legorburu, et al., 1988). D'après d'autres auteurs, le tissu musculaire spécialement celui des poissons est à peine impliqué dans son métabolisme et son accumulation (Guns, et al., 1984) et (Hornung, et al., 1987).

2.2.4 Variations des teneurs en zinc en fonction de maturité sexuelle

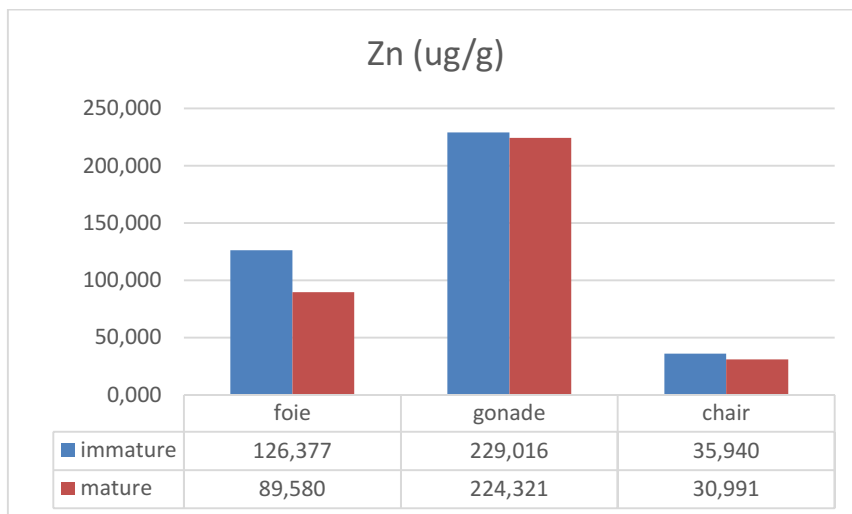


Figure 16 : Variation des concentrations moyennes en zinc selon la maturité sexuelle.

La contamination des pageots par le Zn est plus accentuée chez les individus immatures que chez les individus matures et elle se concentre particulièrement dans les gonades.

Ce phénomène pourrait s'expliquer, d'une part, par le fait que les jeunes individus sont en pleine phase de croissance et donc, ils consomment en permanence de la nourriture et se retrouvent avec une forte teneur en polluants dans leurs organismes, et d'autre part, ils ne sont pas encore prêts à participer à la ponte donc n'ont pas d'autres moyens d'éliminer les éléments toxiques qu'ils ont accumulés (Belhoucine, 2012).

2.3 Variations des concentrations en nickel

2.3.1 Variations des teneurs en nickel en fonction de la zone

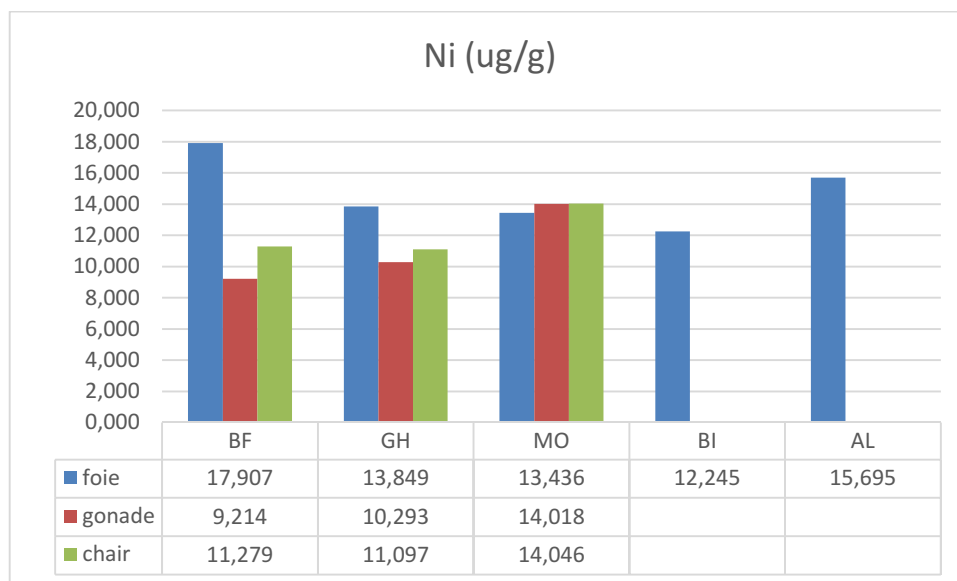


Figure 17 : Variation des concentrations moyennes en nickel selon les zones.

La valeur du Ni la plus élevée est enregistrée à Béni Saf comparant aux autres zones. Elle peut être due à la présence de plusieurs sources de pollution tel que : la cimenterie, conserverie, les industries diverses (métallurgique...), le port de pêche, le rejet des eaux usées (domestiques et industrielles) (MATE, 2005).

2.3.2 Variations des teneurs en nickel en fonction de sexe

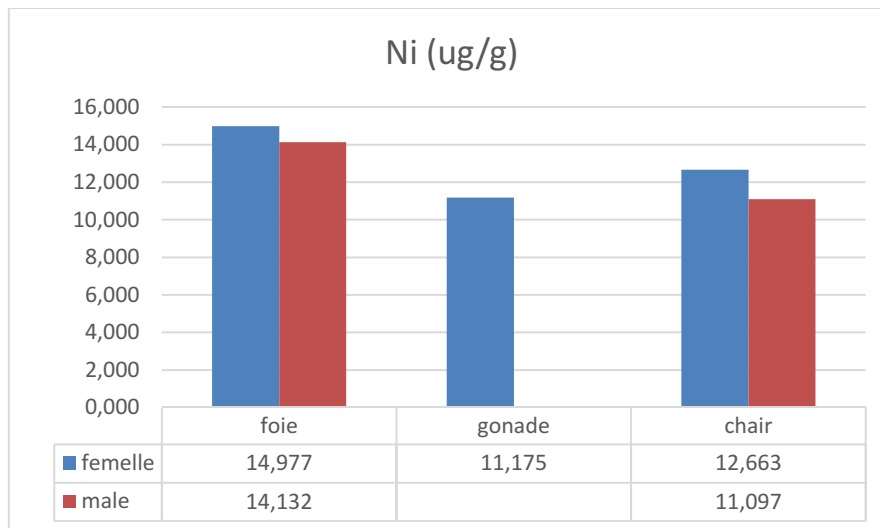


Figure 18 : Variation des concentrations moyennes en nickel selon le sexe

Les concentrations de Ni chez les mâles sont plus faibles que celles des femelles.

Comme nous l'avons préalablement déjà expliqué, les femelles sont plus contaminées à cause de migration de ces derniers vers les côtes polluées qui induit la forte contamination métaux traces via les différentes sources de pollution (Ayad, 2010).

2.3.3 Variations des teneurs en nickel en fonction d'organe

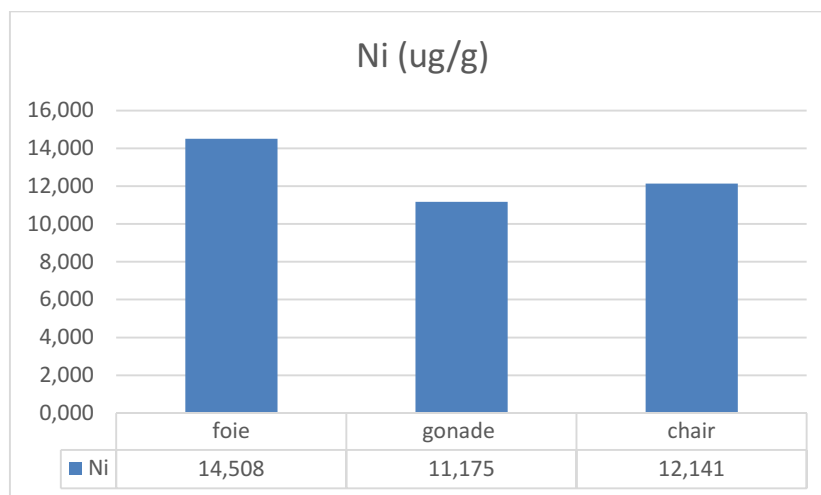


Figure 19 : Variation des concentrations moyennes en nickel selon les organes.

Les variations selon l'organe montrent que la valeur plus élevée est enregistrée au niveau du foie avec une valeur moyenne de 14.50 ug/g, suivi par une valeur de 12.14 ug/g dans la chair, et la plus faible valeur est estimée à 11.17 ug/g dans les gonades.

De plus, plusieurs études ont montré que les métaux traces s'accumulent principalement dans les organes ont un grand métabolisme, c'est le cas du foie (Uysal, 1981).

Le foie est un organe de détoxification par la production de métallothioneines. Il s'agit d'un protéine intervenant dans les processus de stockage, bioaccumulation, transport et de

détoxification (immobilisation des métaux lourds sous forme non toxique à l'intérieur de la cellule) (Coombs, 1977).

2.3.4 Variations des teneurs en nickel en fonction de maturité sexuelle

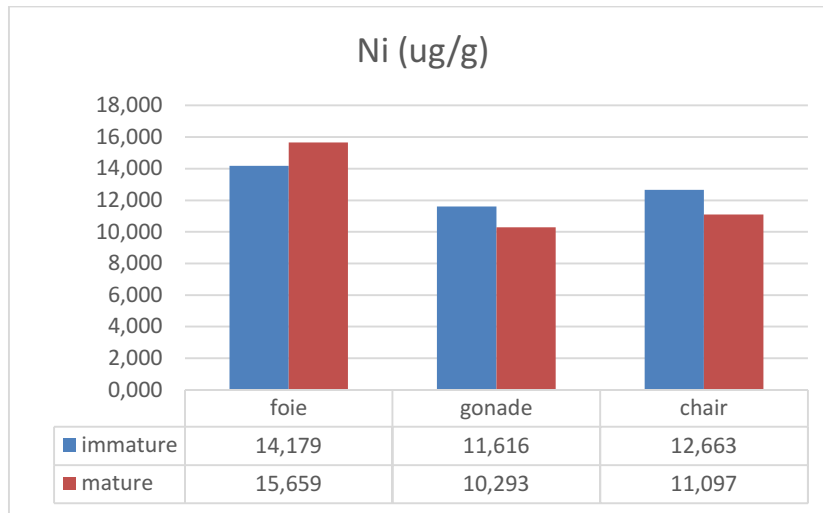


Figure 20 : Variation des concentrations moyennes en nickel selon la maturité sexuelle.

Les variations des teneurs en Ni suivant la maturité sexuelle, montrent que les individus immatures sont les plus bioaccumulateurs que les individus matures. Et cela peut s'expliquer d'une part par le phénomène d'inversion sexuelle et d'hermaphrodisme (Fischer, et al., 1987) courant chez ce poisson, donc on peut déduire que les femelles cumulent plus de contaminants et d'autre part par la sensibilité au nickel qui dépend également de l'âge et du stade de développement des organismes. Les stades juvéniles sont les plus sensibles (Andral, 1994).

3 Dosage biochimique

La composition chimique est estimée pour chaque individu est portée dans le tableau ci-après :

Tableau 8 : la composition chimique de pageot commun (*pagellus erythrinus*)

	Protéines %	Glucides %	Lipides %
N°1	16,04	2,001	5,110
N°2	12,93	4,609	11,956
N°3	14,19	5,593	13,701
N°4	13,89	4,252	13,062
N°5	13,96	5,349	5,376
N°6	14,67	5,75	12,428

3.1 Taux des protéines

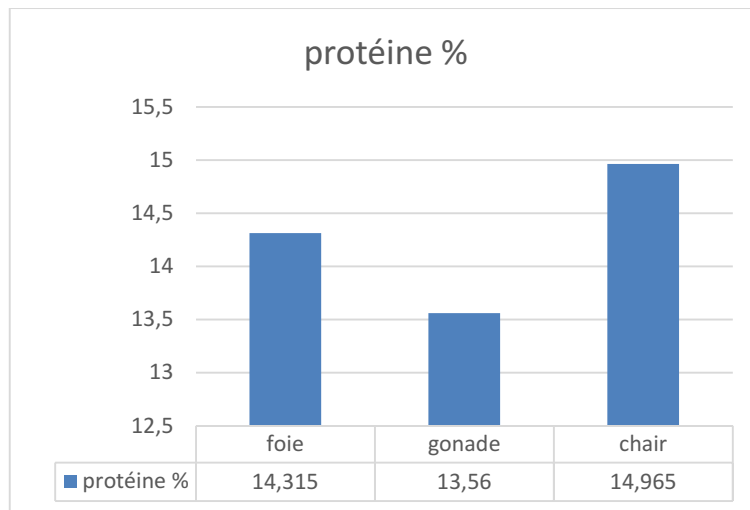


Figure 21 : taux des protéines dans les trois organes de *pagellus erythrinus*.

Les protéines sont présents au niveau de trois organes étudiés avec des valeurs homogènes, le taux des protéines est entre (14 à 15%) dans la chair et le foie, et il est de l'ordre de (13.56%) au niveau des gonades.

3.2 Taux des lipides

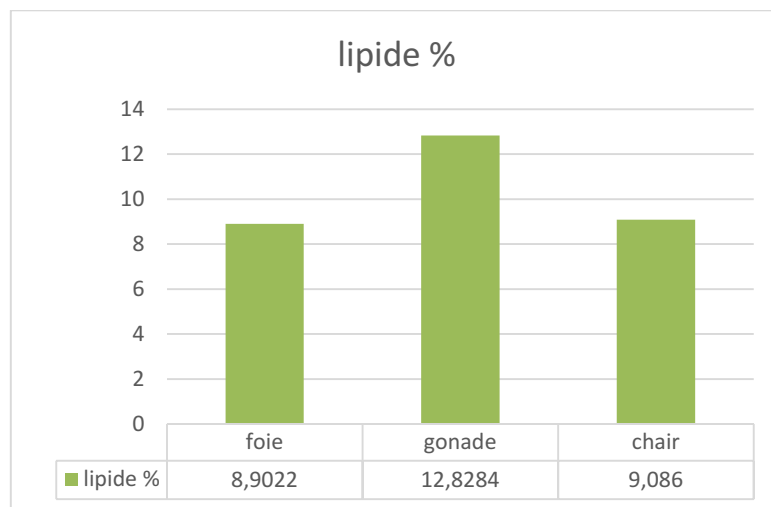


Figure 22 : Taux des lipides (%) dans les trois organes de *pagellus erythrinus*.

Les pourcentages des lipides changent d'un organe à un autre, ces valeurs moyennes sont estimées respectivement à 8.90 % et 9.08 % dans le foie et la chair, tandis que la valeur la plus élevée se trouve au niveau des gonades au voisinage de 12.82 %.

3.3 Taux des glucides

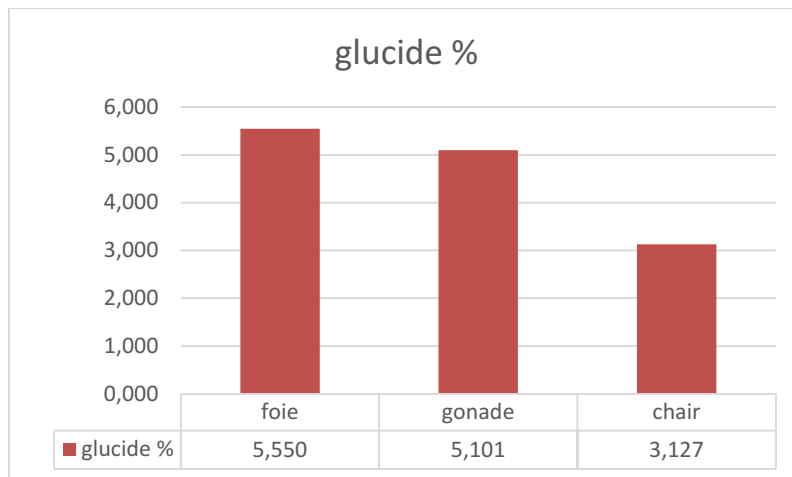


Figure 23 : taux des glucides dans les trois organes de *pagellus erythrinus*.

Les variations selon l'organe montre que le taux le plus élevé des glucides est enregistrée dans le foie avec une valeur moyenne de 5.550 %, suivi les gonades avec une valeur de 5.101 % et la plus faible est estimée à 3.127 % pour la chair.

3.4 Comparaison entre les teneurs en protéines, lipides et glucides dans le pageot commun (*pagellus erythrinus*)

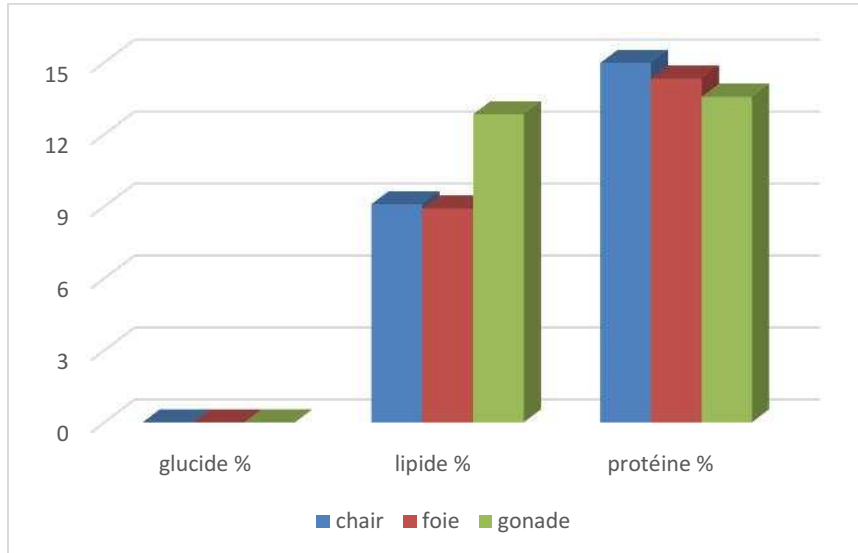


Figure 24 : Les pourcentages des protéines, lipides et glucides en fonction d'organe.

Les protéines sont les composés les plus abondants chez le pageot, elles se retrouvent au niveau de la chair suivi des lipides avec une valeur moyenne de (10.27 %) au niveau des gonades, les glucides présents des valeurs plus faibles dans les trois organes.

Conclusion

Conclusion

Notre étude nous a permis d'évaluer le taux d'accumulation de trois métaux traces : le mercure, le zinc, le nickel dans le foie, les gonades et la chair d'un poisson démersal ; le pageot *pagellus erythrinus*.

Les résultats obtenus permettent de dresser un certain nombre de constat :

Le pageot commun *pagellus erythrinus* bioaccumulent les trois métaux sous l'ordre décroissant suivant :

Zn Ni Hg

Les concentrations des trois métaux sont plus importantes dans la partie ouest de la côte algérienne (Béni Saf et Mostaghanem)

Les résultats révèlent une bioaccumulation plus accentuée dans le foie et les gonades par rapport au muscle. On note aussi que les concentrations des métaux traces varient selon le sexe, et la taille des individus de pageot.

Par rapport au sexe, les femelles semblent accumulent mieux les métaux lourds que les mâles.

Il apparait aussi que la majorité des métaux ont tendance à s'accumuler beaucoup préférentiellement chez les individus immatures que les individus matures du pageot de la côte algérienne.

Pagellus erythrinus pourrait être considérée comme un bon bioindicateur de la qualité de l'environnement des écosystèmes aquatiques (espèce sentinelle). En effet, le recours à cette espèce qualifiée de sentinelle semble un moyen rapide et performant pour évaluer la qualité de l'environnement marin. En fonction de sa large répartition géographique, de sa longévité, de la permanence de sa population tout le long de l'année, de la facilité de prélèvement, de son abondance et de sa capacité à accumuler une gamme des métaux lourds, ce poisson démersale apparaît comme un organisme potentiellement intéressant.

Nos résultats révèlent aussi l'existence d'une relation entre le taux de bioaccumulation des trois métaux traces et le degré de la pollution marine au niveau des zones d'étude.

Il serait toutefois souhaitable que :

- Le comportement du bio indicateur choisi devrait être étudié vis-à-vis des autres contaminants chimiques incluant d'autres éléments traces et substances organiques.
- L'analyse expérimentale des transferts existants au sein des réseaux trophiques peut être mené sur des modèles écotoxicologiques plus au moins complexe (chaîne trophique, micro-écosystème...);
- L'étude de spéciation de différentes formes de répartition des métaux traces à l'échelle de l'écosystème et à l'échelle cellulaire.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- A.I.E.A. (1998).** *Programme préliminaire pour MED POL sur l'analyse des métaux traces dans les échantillons biologiques et les sédiments.* Monaco : IAEA-MEL, Laboratoire sur l'Etude de l'Environnement Marin. p. 53.
- A.I.E.A. (2001).** *Training workshop on the analysis of trace metals in biological and sediment samples.* s.l. : Laboratory Procedure Book. p. 45.
- AMIARD, J.C., AMIARD-TRIQUET J, C et METAYER, C. (1987).** *Application de la Spectrophotométrie d'Absorption Atomique Zeeman au dosage de 8 éléments traces (Hg, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se) dans les matières biologiques solides.* pp. 693-697.
- AMIARD, JEAN-CLAUDE. (2011).** *les risques chimiques environnementaux.* paris : s.n. p. 781, livre.
- ANDRAL,H. (1994).** *Ecotoxicite du nickel pour les organismes marins.* p. 17.
- ANDRAL, B, et AL. (2001).** *Les guides méthodologiques du RLM : Evaluation de la contamination chimique et radiologique du sédiment.* p. 49, Rapport Ifremer.
- ANDREA,F. (2011).** *Projet de modélisation Application du modèle ROMS dans le bassin algérien « Le courant algérien ».* s.l. : Université de la Méditerranée.
- ASSO,(1982).** *Contribution à l'étude des polluants métalliques chez la moule Perna (L), dans la région d'Alger.* s.l. : Université d'Aix-Marseille II. p. 138, Mémoire de Magister en Océanologie Biologique.
- AUBERT, et AL. (1975).** *Utilisation d'une chaîne trophodynamique de type benthique pour l'étude des transferts des polluants métalliques.* s.l. : Revue internationale d'océanographie médicale. Tome XXXI.
- AUDIGIE, C, DUPONT, G et ZONZAIN, F. (1985).** *Principes des méthodes d'analyse biochimique.* s.l. : EditionsDOIN, Tome1. p. 190.
- AUGIER, PARK et RAMONDA. (1992).** *Study of geographical and seasonal metal content variation in different parts of the edible sea urchin Paracentrotus lividus (Lmk), from three provençal Tet Areas.* p. 89.
- AYAD,F. (2010).** *sur l'évaluation de la pollution métallique par trois métaux lourds (Cd, Pb, Zn) dans les organes (Foie, gonade et muscle) chez le Sar Diplodus sargus (linné, 1758) pêché dans les baies de Béni Saf et d'Oran.* p. 174.
- BEAUMONT, MARIE-PIER. (2010).** *Utilisation d'un bio-indicateur pour le suivi des rejets radioactifs aqueux de la centrale nucléaire gentilly-2.* Canada : Université Laval Québec. p. 91, Thèse pour l'obtention du grade de Maître ès sciences.
- BELHOUCINE,F. (2012).** *etude de la biologie de la croissance et de la reproduction d'un poisson téléostéen le merlu (merluccius) et son utilisation comme indicateur biologique de la pollution par les métaux lourds (zinc, plomb et cadmium) dans la baie d'oran.* s.l. : Université d'oran. p. 326.
- BENZOHRA et MILLOT. (1995).** *characteristics and circulation of surface and intermediate water masses off algeria.* p. 1830.

Références bibliographiques

- BENZOHRA, G. (1993).** *les structures hydrodynamiques le long des côtes algérienne. dans : circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes des pays du maghreb.*
- BODIGUEL, X., BERTRAND, J.A. et FREMERY, J. (2011).** *Devenir de la chlordécone dans les réseaux tropiques des espèces marines consommées aux Antilles (chloretro).* s.l. : Rapport final de Convention Ifremer, ODE Martinique et DSV Martinique. Ifremer, Martinique. p. 46.
- BOGUSZ, (1992).** *Toxicités et substances toxiques - Colloque – La restauration des rivières et des canaux , Bouvines –chapitre1.* p. 16.
- BOUHADIBA, L. (2011).** *évaluation des concentrations des quatre métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) chez le mullet mugil cephalus (linné 1758) pêché dans les baies d'Oran et de Béni Saf.* s.l. : Université d'Oran. p. 144.
- Boulahdid, Mustapha. (1993).** *Physique-chimie de la baie d'alger 2^{ème} congrés de la société algérienne chimie.* 1993.
- BOURAS et BOUTIBA. (2007).** *Évolution bioclimatique et actions de développement sur le littoral occidental algérien.* s.l. : Laboratoire Réseau de Surveillance Environnementale, Département de Biologie. université d'Oran.
- BOUTIER, CHIFFOLEAU et AUGER. (1992).** *influence of the loire river on dissolved lead and cadmium concentrations in coastal waters of brittany.*
- CASAS, S. (2005).** *Modelisation de la bioaccumulation de metaux traces (hg, cd, pb, cu et zn) chez la moule, mytilus galloprovincialis, en milieu mediterraneen.* s.l. : Universite du sud Toulon Var. p. 363, Thèse de Doctorat .
- CHARLOU et JOANNY, M. (1983).** *Dosage du mercure et d'autres métaux (Pb, Zn, Cu, Cd, Co, Ni, Cr, Mn) dans les sédiments marins par absorption atomique in Aminot, A., Chaussepied, M. (Ed) : Manuel des analyses chimiques en milieu marin.* pp. 285-295.
- CHERABI, K. (1987).** *Contribution à l'étude de la biologie du pageot commun et à l'écologie de la famille des Sparidés de la baie d'Alger.* Thèse de Magister. USTHB.
- CHIFFOLEAU, J. F, et AL. (2001).** *La contamination métallique, Programme scientifique Seine-Aval.* p. 39.
- CLAUDE, WACQUANT et VERONIQUE, LAMARE. (2014).** *Doris.* [En ligne] 22 mars 2014. [Citation : lundi mai 2014.] <http://www.doris.fr>. 2771.
- COOMBS, (1977).** *Uptake and storage mechanisms of heavy metals in marine organisms.* p. 222.
- COSSA et BOURGET. (1980).** *Trace element in Mytilus edulis L. from the estuary and gulf of St Lawrence, Canada: Lead and Cadmium concentrations.* p. 23.
- COSSA et LASSUS. (1989).** *Le cadmium en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie.* s.l. : Rapport scientifique et technique de l'IFREMER. p. 11. n°16.

Références bibliographiques

- DEVALLOIS, V. (2009).** *transferts et mobilité des éléments traces métalliques dans la colonne sédimentaire des hydro systèmes continentaux*. s.l. : Université de Provence. p. 262, Thèse de doctorat .
- DRIF, F. (2012).** *Distribution des métaux traces chez les bivalves (Mollusques) dans le golfe d'Annaba (Nord-est Algérien)*. s.l. : université de badji mokhtar. p. 128, Thèse de doctorat.
- DUBOIS, Y.K, GILLES et P.A, HAMILTON. (1956).** *Colemetrie method for determination of sugars and related substance*. s.l. : Anal and Chem; Jour: 28. pp. 350-356.
- EASWOOD et COUTURE. (2002).** *seasonal variations in condition and liver metal concentrations of yellow perch (perca flavescens) from a metal-contaminated environment*. p. 56.
- EGGLETON, J et THOMAS, K.V. (2004).** *A review of factors affecting the release and bioavailability of contaminants during sediment disturbance events*. s.l. : EnvironmentInternational. pp. 973-980.
- FAIRBROTHER, A, et AL. (2007).** *Framework for Metals Risk Assessment, Ecotoxicology and Environmental Safety*. pp. 145–227.
- FISCHER, W., SCHNEIDER, M. et BAUCHOT, M.L. (1987).** *Fiches FAO d'identification des especes pour les besoins de la peche. Méditerranée et mer noire l'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, Italie : Révision 1, volume II*. p. 1529.
- FISHEBASE. (2013).** *Fishebase*. [En ligne] 2013. [Citation : 22 mars 2014.]
- FÖRSTNER, U. (1989).** *Contaminated Sediments: Lectures on Environmental Aspects of Particle-Associated Chemicals in Aquatic Systems, Berlin*. Allemagne : s.n.
- FÖRSTNER, U et WITTMANN, GTW. (1979).** *Metal pollution in the aquatic environment*. Springer Verlag. New-York : s.n. p. 475.
- GARNIER, C. (2004).** *Modélisation et évaluation des équilibres de complexation entre la matière organique naturelle, les métaux traces et le proton*. France : Université du Sud, Toulon. Thèse de Doctorat.
- GONZALEZ, J. L, CHIFFOLEAU, J. F. et MIRAMAND, P. (1999).** *Le cadmium : comportement d'un contaminant métallique en estuaire*. France : Programme scientifique Seine Aval. Ifremer. Plouzané. p. 31.
- GOURLAY, C. (2004).** *Biodisponibilité des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les écosystèmes aquatiques : influence de la matière organique naturelle et anthropique*. Paris, France : Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts. Thèse de Doctorat.
- GRIMES, A. (2010).** *Peuplements benthiques des substrats meubles de la côte Algérienne: Taxonomie, structure et statut écologique*. s.l. : Université d'Oran. p. 362.
- GUILLOU, PELISSIER J-P et GRAPPIN R. (1976).** *Méthodes de dosage des protéines du lait de vache*. p. 175.
- GUNS et CLERCK. (1984).** *poursuite de l'étude de la teneur en métaux lourds dans les organismes marins de la mer du nord*. p. 318.

Références bibliographiques

- HORNUNG et RAMELOV. (1987).** *distribution of Cd, Cr, Cu and Zn in eastern mediterranean fishes.*
- BOUFFARD ,JEROME. (2007).** *Amélioration de l'altimétrie côtière appliquée à l'étude de la circulation dans la partie nord du bassin occidental méditerranéen.*
- L'AFSSA, (2010).** *Utilisation d'espèces halieutiques exploitées comme indicateurs de la contamination chimique en zone littorale.* France : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments et l Afsset. p. 89.
- LALAMI, (1979).** *Etude biologique et halieutique du Rouget de vase (Mullus barbatus L.) des côtes algériennes.* s.l. : Univ. Sc Tech Languedoc, Montpellier. p. 510, Thèse Doctorat es Sciences (Sciences Naturelles).
- LECLAIRE, (1972).** *La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algéro-baléares (précontinent algérien).* Paris : Mémoire Museum National Histoire Naturelle.
- LEGORBURU, CANTOU et MILLON. (1988).** *niveaux en métaux traces : a dans les poissons de rivière unda (espagne) anguillidae, mugillidae et salmonidés.* p. 1378.
- LOISELEUR, (1963).** *Techniques de laboratoire : chimie physique- chimie biologique/ tome I-facicule 2.* p. 1487.
- LUIS, LAMPERT. (2003).** *Suivi de la contamination métallique et organique de lots de moules (Mytilus edulis) implantés au port de Goury (Manche) Année 2002-2003.* s.l. : Rapport Ifremer. Édition 2003. p. 28.
- MATE. (2005).** *étude de classement de l'île de Rachgoun (Beni Saf,wilaya d'Ain Temouchent) en réserve naturelle marine.* p. 94.
- MENNAD,M. (2008).** *Approche des systèmes d'information géographique (SIG) pour l'analyse spatio-temporelle de la pollution marine des eaux cotière. Application à la baie d'Alger.* s.l. : Université des Sciences et de la Technologie «Houari Boumediene». p. 110, thèse de magister.
- MERSAUD,(2005).** *la Méditerranée malade de la pollution.* Revu de presse du 18 avril, Al watan.
- METAP. (1994).** *Etude de protection contre la pollution des ports et du littoral Algérien ports.* Algérie : s.n. p. 170 , final, Banque Européenne d'Investissement - Ministère du transport.
- MILLOT, (1987).** *Circulation in the western Mediterranean Sea.* Oceanologica Acta.
- MILLOT et TAUPIER-LETAGE. (2005).** *Circulation in the Mediterranean Sea.* s.l. : the handbook of environmentalchemistry.
- MILLOT, (1985).** *Some features of the Algerian Current.* p. 7176, Journal of Geophysical Research.
- MIQUEL, G. (2001).** *Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé.* s.l. : Rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. p. 346.

Références bibliographiques

- NAKIB,L. (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* . s.l. : université de mentouri-constantine.
- O.N.M. (2005).** *Office National de la Météorologie*.
- O.N.M. (2010).** *office national de la météorologie*.
- OSSET, THOMAS. (1974).** *contamination chimique des poissons d'eau douce bilan sanitaire en France et indicateurs de pollution*. France. : Université de claudes bernard-lyon. p. 76, Thèse de doctorat.
- P.N.U.E. (2006).** *Problèmes prioritaires pour l'environnement méditerranéen*.
- RAND, G.M, WELLS, P.G et MCCARTHY, L.S. (1995).** *Introduction to Aquatic Toxicology. In: Fundamentals of Aquatic Toxicology: Effects, Environmental Fate, and Risk Assessment, (Ed. by G. M.Rand)*. Etats-Unis : Taylor & Francis.
- REFES,F. (2011).** *Contribution à la connaissance de la biodiversité des fonds chalutables de la côte algérienne : les peuplements ichtyologiques des fonds chalutables du secteur oriental de la côte algérienne*. s.l. : Université de Badji Mokhtar, Annaba. p. 280.
- RODIER, et AL. (1996).** *Analyse de l'eau; eaux naturelles; eaux résiduaires; eau de mer*. Paris : 8 éditions. p. 173.
- ROUIDIS. (2011).** *Contribution à l'étude du pageot rose (Pagellus erythrinus Linnaeus, 1758) dans la région de Jijel : les associations ichtyologiques, la biologie et l'exploitation*. s.l. : Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene. p. 147.
- SCHAEFFER, (2010).** *Impact du vent sur la circulation hydrodynamique dans le Golfe du Lion : modélisation haute résolution*. s.l. : Université du Sud Toulon-Var. p. 246.
- TAUPIER-LETAGE et MILLOT. (1988).** *surface circulation in the Algerien Basin DURING 1984*. p. 85, oceanologica acta .
- TOUAHIR ET TAZI. (2011).** *Détermination de l'influence des rejets des eaux usées brutes sur la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de mer. Cas d'EL KATTER (à proximité de port de Cherchell, wilaya de TIPAZA)*. Alger : ENSSMAL. p. 134, Mémoire d'ingénieur d'état.
- UYSAL, Z. (1981).** *Levels of trace elements in some food chain organisms from the Aegean coasts*. p. 512.

Annexes



Figure 1 : Lyophilisateur de modèle CHRIST.



Figure 2 : Un broyeur automatique.



Figure 3 : Les piluliers.



Figure 4 : Les godets en téflon sur la plaque chauffante.

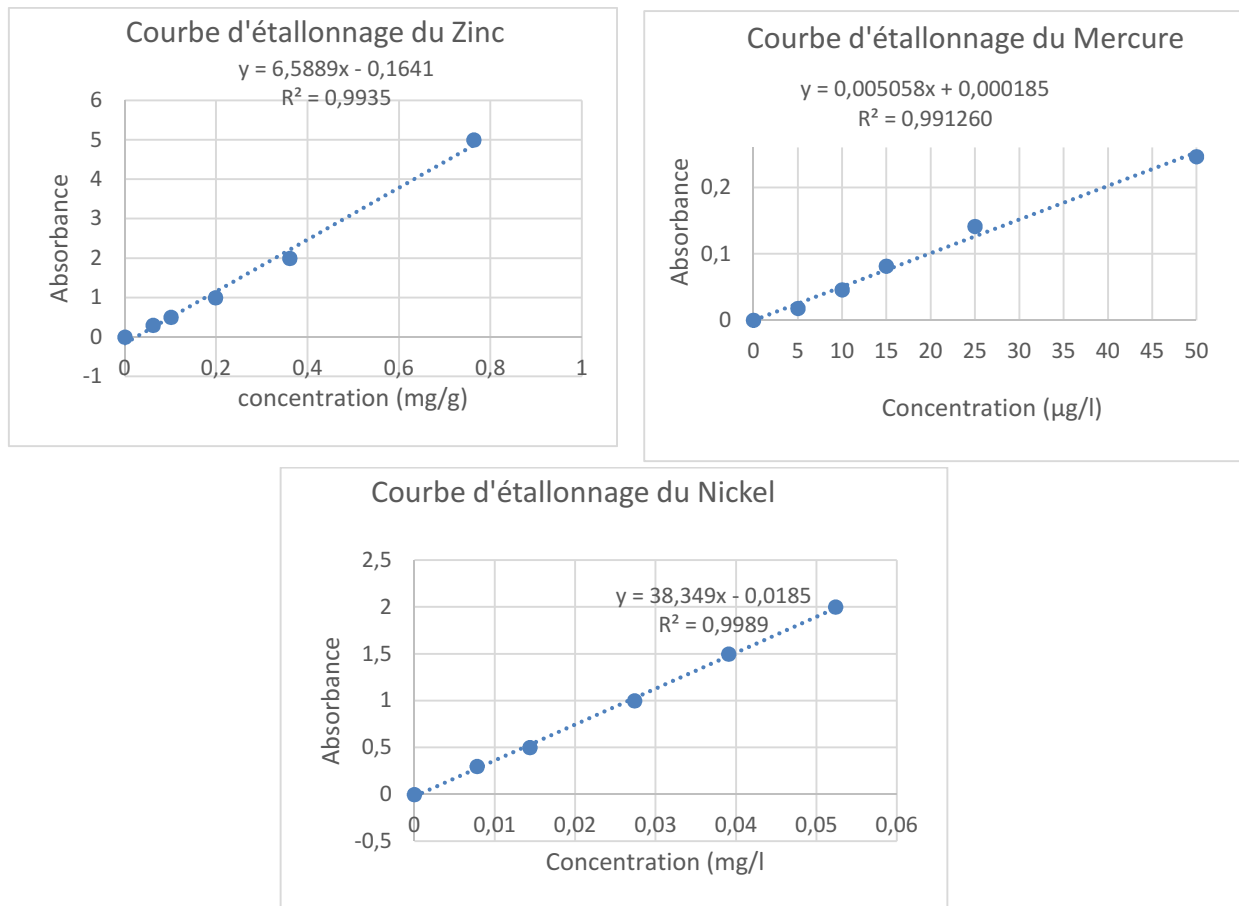


Figure 5 : Droites d'étalonnage des métaux traces analysés dans le pageot.



Figure 6 : Appareil de minéralisation.

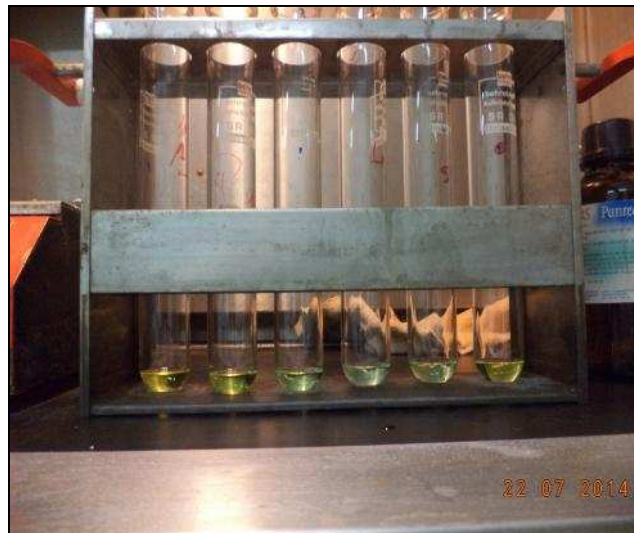


Figure 7 : L'aspect de la minéralisation après filtration.

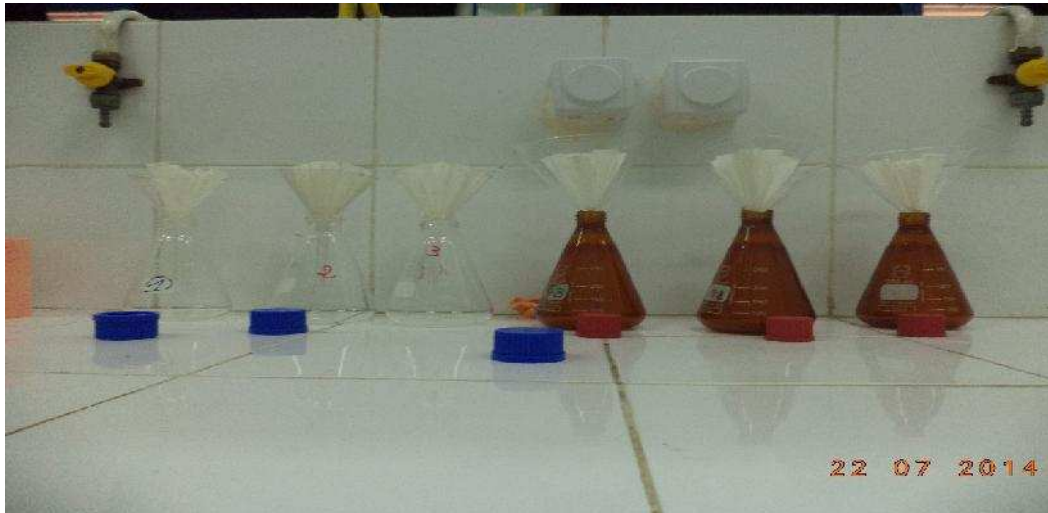


Figure 8 : La filtration.



Figure 9 : L'appareil de distillation «Behr, Labor-Technik».



Figure 10 : Emplacement des ballons et des capsules dans l'appareil Soxhlet.



Figure 11 : Concentration d'échantillon



Figure 12 : Récupération du solvant.

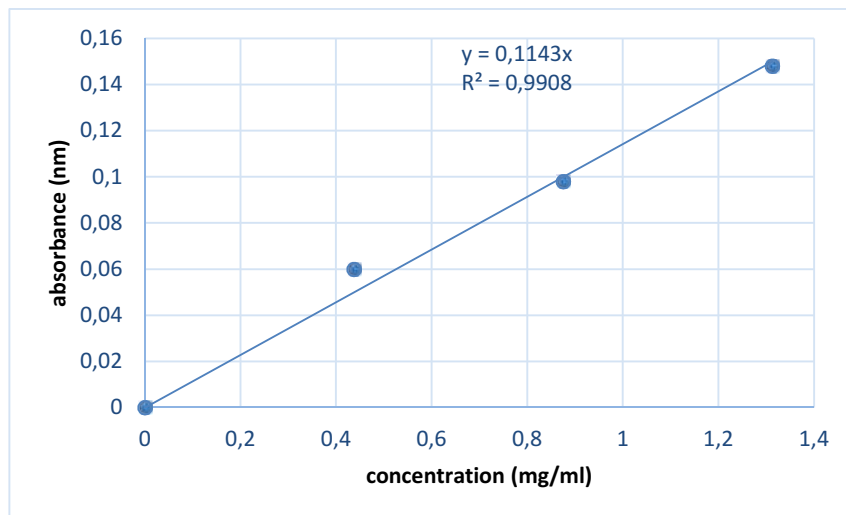


Figure 13 : La courbe d'étalonnage des glucides.

Tableau 1 : Gammes- étalons des métaux traces analysés dans les poissons.

N° STD	Absorbance	Concentration Ni (mg/l)
blan	0	0
std 1	0,0078	0,3
std 2	0,0144	0,5
std 3	0,0274	1
std 4	0,0391	1,5
std 5	0,0524	2

N° STD	Absorbance	Concentration Zn (mg/l)
blan	0	0
std 1	0,0616	0,3
std 2	0,101	0,5
std 3	0,1981	1
std 4	0,3606	2
std 5	0,7637	5

N° STD	Absorbance	Concentration $\mu\text{gHg/l}$
Blanc	0	0
STD1	0,018	5
STD2	0,0458	10
STD3	0,0812	15
STD4	0,1412	25
STD5	0,246	50

