

Glossaire

CIRC : Centre international de recherche sur le cancer ou IARC (International agency for research on cancer).

FDA : Food and Drug Administration

IAEA : International Agency for Energy Atomic

IMROP : Institut Mauritanien de Recherche Océanographique et de Pêche

ITS : International temperature system

PVC : Polyvinylchloride

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre I : GENERALITES SUR LES METAUX.....	3
I-1. Etat physico-chimique des métaux dans l'eau de mer	4
I-2. Origine des métaux en mer.....	4
I-3. Etudes des trois métaux	4
I-3-1. Définition : Métaux lourds	4
I-3-2. Le Mercure	5
I-3-2-1. Origine du mercure.....	5
I-3-2-2. Toxicité et écotoxicité du mercure.....	5
I-3-2-3. Propriétés physico-chimiques du mercure	6
I-3-2-4. Utilisation du mercure	6
I-3-3. Le Plomb.....	7
I-3-3-1. Origine du plomb	7
I-3-3-2. Toxicité et écotoxicité du plomb.....	7
I-3-3-3. Propriétés physico-chimiques du plomb	8
I-3-3-4. Utilisation du plomb	8
I-3-4. Le Cadmium	8
I-3-4-1. Origine du cadmium.....	8
I-3-4-2. Toxicité et écotoxicité du cadmium	9
I-3-4-3. Propriétés physico-chimiques du cadmium.....	10
I-3-4-4. Utilisation du Cadmium	10
Chapitre II: MATERIELS ET METHODES	11
II-1. PRELEVEMENT ET PREPARATION DES ECHANTILLONS :.....	12
II-1-1. Prélèvement des moules	12
II-1-1-1. Mode et lieux de prélèvement des moules.....	12
II-1-1-2. Conditionnement des échantillons.....	12
II-1-1-3. Préparation des échantillons	12
II-1-2. Prélèvement des poissons.....	13
II-1-2-1. Mode et lieux de prélèvement des poissons.....	13
II-1-2-2. Conditionnement des échantillons	13
II-1-2-3. Préparation des échantillons	13

II-2. METHODES D'ANALYSE	14
II-2-1. Plomb et Cadmium	14
II-2-1-1. <i>Principe</i>	14
II-2-1-2. <i>Réactifs</i>	14
II-2-1-3. <i>Appareillage</i>	14
II-2-1-4. <i>Mode opératoire de la minéralisation</i>	14
II-2-1-5. <i>Préparation des étalons</i>	15
II-2-1-6. <i>Courbe d'étalonnage</i>	15
II-2-1-7. <i>Qualité des analyses</i>	16
II-2-1-8. <i>Principe de l'analyse par spectrophotométrie d'Absorption</i> <i>atomique par four graphique</i>	16
II-2-2. Pour le mercure	17
II-2-2-1. <i>Principe</i>	17
II-2-2-2. <i>Matériel et instrumentation</i>	17
II-2-2-3. <i>Courbe d'étalonnage</i>	17
II-2-2-4. <i>Procédure</i>	18
II-2-2-5. <i>Calcul des concentrations</i>	18
II-2-2-6. <i>Contrôle de qualité des dosages</i>	18
- <i>Justesse</i>	19
- <i>Précision</i>	19
- <i>Limite de détection</i>	19
 Chapitre III : RESULTATS EXPERIMENTAUX ET DISCUSSIONS	20
III-1. Résultats trouvés dans les mollusques bivalves	21
III-1-1. <i>Résultats du plomb</i>	21
III-1-2. <i>Résultats du cadmium</i>	22
III-1-3. <i>Résultats du mercure</i>	24
III-2. Mollusques céphalopodes	25
III-2-1. <i>Résultats de cadmium et plomb</i>	25
III-2-2. <i>Mercure dans les céphalopodes</i>	25
III-3. Résultats d'analyse sur les poissons et discussions	26
III-3-1. <i>Cadmium et Plomb</i>	26
III-3-2. <i>Mercure dans les poissons</i>	26

CONCLUSION	29
BIBLIOGRAPHIE	31

ANNEXES (Résultats d'analyses en détail)

- <i>Annexe I : Résultats bruts du Cadmium</i>	34
- <i>Annexe II : Résultats d'analyse du cadmium</i>	35
- <i>Annexe III : Résultats d'analyse du mercure</i>	39

INTRODUCTION GENERALE

La Mauritanie est un pays dont la recherche reste limitée en ce qui concerne la pollution marine, malgré un littoral très riche qui s'étend sur plus de 700km. Un "Upwelling" intense est présent en permanence dans le cap blanc et il est saisonnier dans le sud. Cette situation assez favorable fait que la Mauritanie recèle d'importantes potentialités halieutiques permettant à la population de pratiquer une pêche artisanale et industrielle sans cesse croissantes.

Un contrôle constant de la qualité de la production marine destinée à la consommation locale ainsi qu'à l'exportation est donc plus que nécessaire. Le littoral Mauritanien reçoit actuellement une quantité relativement négligeable de rejets comparativement à ceux des pays industrialisés. Néanmoins, avec la multiplication des usines, le nombre important de bateaux qui oeuvrent dans le milieu, l'accroissement démographique des villes côtières et surtout le manque cruel de stations d'épuration, ces rejets risquent de poser un problème de santé publique.

Ainsi, il nous a paru nécessaire de considérer l'étude de la toxicité de certaines espèces qui entrent dans la chaîne alimentaire aboutissant à l'Homme.

Parmi les substances toxiques, les métaux traces appelées plus communément **métaux lourds** représentent une part importante. Parmi ces éléments, il y a ceux qui sont nommés **métaux essentiels** ; indispensables à la vie mais qui deviennent toxiques lorsque leurs concentrations dépassent un certain seuil et ceux qui sont appelés **métaux non essentiels** (Mercure, Cadmium et Plomb) qui n'ont pas de rôle biologique connu.

Cette étude a été entreprise dans le cadre de la recherche de ces métaux non essentiels dans les produits halieutiques Mauritaniens. Les espèces choisies sont les mollusques bivalves, les mollusques céphalopodes et les poissons. En effet, les mollusques bivalves ont été choisis car ils jouent le rôle de filtres sédentaires et sont donc efficaces pour estimer l'état de la pollution d'une zone donnée. En plus ils accumulent beaucoup de polluants et la période de demi-vie des métaux dans ces mollusques est de l'ordre de quelques mois [1]. L'utilisation de ces filtres dans la surveillance de l'environnement offre donc d'importants avantages. Les céphalopodes et les poissons ont été analysés pour déterminer leur niveau de contamination par les métaux lourds ciblés.

Dans la première partie de ce travail, nous avons fait une synthèse bibliographique sur la généralité des métaux étudiés. La seconde partie est consacrée à la description des méthodes de prélèvements et d'analyses de ces métaux chez les espèces étudiés. Dans la troisième partie de ce travail, nous présentons les résultats obtenus en les analysant au fur et à mesure et en les comparant avec des résultats obtenus par d'autres auteurs.

En fin, nous avons résumé les résultats acquis dans la conclusion.

Chapitre I :
GENERALITES
SUR LES METAUX

I-1. Etat physico-chimique des métaux dans l'eau de mer

Les métaux se trouvent dans le milieu marin ($\text{PH} \approx 8$) sous forme dissoute, colloïdale et/ou particulaire. Parmi ces métaux, certains sont à des concentrations importantes de l'ordre du gramme ou plus par litre d'eau de mer comme le sodium, le magnésium, le calcium et le potassium [2]. D'autres, en revanche, sont à des concentrations beaucoup plus faibles ; de l'ordre du microgramme et même du nanogramme par litre et on les appelle les éléments traces (Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Hg, Pb.....).

Le passage de ces métaux d'un état à un autre est contrôlé par de nombreux facteurs, par exemple : le PH, le potentiel d'oxydoréduction, la force ionique, la matière organique dissoute ou particulaire, les particules inorganiques en suspension et l'activité des organismes vivants [3]

Les principaux mécanismes de transfert entre la phase liquide et la phase solide sont :

- L'absorption (fixation d'éléments à l'intérieur de la structure particulaire) ;
- L'adsorption (fixation électrostatique des éléments sur la surface chargée de la particule) ;
- Les échanges ioniques ;
- Les réactions de complexation.

La limite de taille entre la matière particulaire et colloïdale est arbitrairement fixée autour de $0.4\mu\text{m}$ et la frontière entre les solutions et les colloïdes a été fixée de la même manière à $0.01\mu\text{m}$ [4]

I-2. Origine des métaux en mer.

Les métaux introduits dans la mer peuvent avoir une origine naturelle ou une origine anthropique (artificielle) :

Les métaux d'origine naturelle proviennent des émissions sous-marines (sources hydrothermale et volcanique) ou de l'atmosphère (pluies, vents, aérosols). Ils peuvent provenir aussi de l'érosion des roches. C'est, généralement par les eaux douces que s'achemine la majeure partie des apports naturels des métaux vers la mer et le pourcentage de transport sous forme particulaire est de loin plus important que celui sous forme dissoute [5].

Le développement des industries a augmenté le stock des métaux dans l'atmosphère, l'eau, Les sédiments et les organismes.

I-3. Etudes des trois métaux

I-3-1. Définition : Métaux Lourds

Pour les chimistes, un métal lourd est un métal dont la densité est supérieure à 4,5. Certains toxicologues ont pris l'habitude de considérer comme métaux lourds tous les métaux et par extension les non-métaux qui sont toxiques. Le béryllium, qui est un cancérigène chez l'Homme (Groupe 1 du CIRC) a une densité de 1,85, ce qui en fait un métal léger comme l'aluminium donc difficile à qualifier de « métal lourd » ! Si on retient comme métaux lourds ceux qui ont une forte densité, qui sont très toxiques et surtout qui ont une forte réactivité chimique liée à leur cytotoxicité, on doit se limiter à 3 éléments : le mercure (Hg), le plomb (Pb) et le cadmium (Cd). Ces trois métaux « lourds », s'accumulent le long des chaînes alimentaires et sont doués d'une grande toxicité liée en partie à leur capacité à bloquer la fonction thiol, qui possède un atome de soufre nucléophile, entraînant ainsi leur inactivation dans les molécules biologiques. [6]

I-3-2. Mercure

Le mercure appartient au groupe 12, à la 6^e période et au bloc d. du tableau de la classification périodique des éléments. Son numéro atomique est 80.

I-3-2-1. Origine du Mercure

Naturellement, la principale source de mercure est le dégazage progressif de la croûte terrestre. Ce phénomène est responsable du relargage de quantités importantes de mercure. Néanmoins, le mercure peut aussi avoir d'autres origines :

Dans l'air ; les émissions atmosphériques de mercure proviennent principalement des centrales électriques au charbon, des incinérateurs, des cimenteries et des aciéries car les combustibles fossiles notamment peuvent contenir des concentrations non négligeables de mercure. Le mercure atmosphérique est presque entièrement lessivé par la pluie.

Dans les sols et les rivières ; le mercure a tendance à se concentrer dans les bassins de drainage à cause de l'érosion du minerai contenu dans les sédiments et des retombées de poussières atmosphériques. Les plantes absorbent le mercure quand elles sont humides mais peuvent le rejeter dans l'air sec. Les végétaux contenus dans les dépôts sédimentaires et dans le charbon contiennent du mercure à diverses concentrations. Comme les plantes, les champignons peuvent également concentrer le mercure contenu dans le sol. Les activités humaines, comme l'application des engrais et le rejet d'eaux usées par l'industrie, sont des exemples de la façon dont les humains rejettent le mercure directement dans les sols ou dans les eaux.

I-3-2-2. Toxicité et écotoxicité du mercure :

Les Micro-organismes peuvent transformer le mercure qui atteint les eaux de surface en méthylmercure et la plupart des organismes biologiques absorbent rapidement cette substance qui est toxique.

Les espèces des poissons de grande taille, tels que le thon ou l'espadon, sont concernées habituellement plus que les espèces plus petites, puisque le mercure s'accumule au sommet de la chaîne alimentaire (bioaccumulation). C'est ainsi qu'aux États-Unis la FDA recommande aux femmes en âge de procréer et aux enfants d'exclure totalement de leur alimentation l'espadon, le requin, le maquereau et de limiter la consommation du crabe et du thon à 6 onces (170.1g) au plus par semaine. Cependant, il n'y a aucune preuve que la consommation modérée de poisson aux États-Unis comporte un risque sanitaire significatif. Une étude récente de la Harvard Medical School concernant les mères et les enfants en bas âge suggère que les avantages alimentaires de la consommation du poisson sont supérieurs aux inconvénients potentiels du méthylmercure.

Le mercure n'est pas un oligo-élément. Il est toxique et écotoxique sous toutes ses formes organiques et pour tous ses états chimiques. Au degré 0, il est toxique sous forme de vapeur. Les ions de mercure II sont bien plus toxiques que les ions de mercure I. En milieu aquatique, les ions de mercure II sont très neurotoxiques et bioaccumulables. Sous l'action des bactéries ils sont convertis au degré d'oxydation zéro.

Le mercure semble être toxique pour toutes les espèces vivantes connues. A titre d'exemple, quelques uns des impacts étudiés et démontrés sur la vie sauvage sont donnés:

- Inhibition de la croissance des algues, des bactéries, des champignons (l'ancien mercurochrome est un biocide efficace pour cette raison, il ne contient plus de mercure pour en réduire la toxicité...)
- Élévation de la mortalité embryo-larvaire (étudiée par exemple chez les amphibiens)
- Moindre succès reproductif et pontes inhibées chez le poisson zèbre ou d'autres espèces
- Inhibition de la spermatogenèse (étudiée par exemple chez le Guppie)

- Inhibition de croissance chez la truite arc-en-ciel, avec mortalité élevée des embryons et des larves
- Moindre succès de reproduction (couvées plus petites) et de survie des canetons chez les oiseaux d'eau vivant en milieux pollués par le mercure [7].

I-3-2-3. Propriétés physico- chimiques du mercure

La masse volumique du mercure est de 13579,04 Kg/m³. Sa couleur est argentée blanc. Sous les conditions normales de température et de pression, c'est le seul métal à l'état liquide. Notons également qu'il s'agit du seul métal dont la température d'ébullition est inférieure à 650°C Les vapeurs de mercure sont nocives. On notera que le mercure est le seul élément en dehors des gaz rares à exister sous forme de vapeur monoatomique Hg.

Le mercure forme facilement des alliages avec presque tous les métaux communs à l'exception du fer, du nickel et du cobalt. Ces alliages sont communément appelés amalgames. Cette propriété du mercure a de nombreux usages.

Le mercure existe à divers degrés d'oxydation : 0 (mercure métallique), I (ion mercurieux Hg₂²⁺, Hg₂SO₄), II (ion mercurique Hg²⁺, HgO, HgSO₃, HgI⁺, HgI₂, HgI³⁻, HgI₄²⁻). En présence d'humidité, le mercure subit une oxydation. Les oxydes formés sont Hg₂O à température ambiante, HgO entre 573 K et 749 K. L'acide chlorhydrique (HCl) et l'acide sulfurique (H₂SO₄) dilué n'attaquent pas le mercure élémentaire. En revanche, l'action de l'acide nitrique (HNO₃) sur le mercure Hg produit HgNO₃. L'eau régale attaque également le mercure, il se forme alors du chlorure mercurique (HgCl₂).

Le mercure tend à former des liaisons covalentes avec les composés soufrés. Les thiols (composés comportant un groupe -SH lié à un atome de carbone C) qui étaient autrefois nommés mercaptans du latin « mercurius captant » constituent un exemple de cette tendance.

I-3-2-4. Utilisation du mercure

Des composés mercuriques servent comme fongicides et bactéricides, notamment le Thimerosal médiatisé pour sa présence dans les vaccins.

La synthèse du chlore passe souvent par l'utilisation de cellules à cathode de mercure.

Les lampes fluorescentes à vapeur de mercure contiennent environ 15 mg de mercure gazeux.

Le mercure est utilisé pour la fabrication des amalgames dentaires couramment appelés plombages (bien que ne contenant pas de plomb). Certaines piles contiennent du mercure.

Les piles salines et alcalines ont longtemps contenu du mercure à hauteur de 0,6 % pour les piles salines, 0,025% pour les autres. Quant aux piles boutons, elles mettent parfois en jeu les couples Zn²⁺ /Zn et Hg²⁺ /Hg. La réaction en fonctionnement est :



On notera que le mercure est initialement sous forme d'oxyde. Pour les piles de « type bouton » répondant à ce modèle, 1/3 du poids de la pile est du mercure. Dans leur grande majorité cependant, les piles boutons utilisent de l'oxyde d'argent à la place de l'oxyde de mercure ; elles contiennent alors entre 0,5 et 1 % de mercure.

I-3-3. Le Plomb

Le plomb appartient au 14^e groupe à la 6^e période et au bloc P du tableau périodique de la classification des éléments. Son numéro atomique est 82.

I-3-3-1. Origine du plomb

Le plomb est utilisé depuis l'antiquité ; dans l'Égypte ancienne. Les Grecs et les romains utilisaient également le plomb. C'est un métal peu répandu dans la nature. Les

principaux minerais à partir desquels on obtient du plomb sont la galénite PbS et l'anglésite $PbSO_4$. Cependant, le plomb est trouvé dans des minerais sous forme de $PbCO_3$, $Pb_5[(PO_4)Cl]$, $Pb_5[(AsO_4)_3]$, $PbCrO_4$, $PbMoO_4$, $PbWO_4$, $PbSe$ et $PbTe$.

Le plomb est obtenu principalement à partir de ses minerais sulfurés. Ces derniers sont broyés et enrichis par gravité puis calcinés pour donner de l'oxyde de plomb qui donne (par réduction avec du charbon à $1500^\circ C$) du plomb mélangé avec du cuivre, du bismuth, de l'or, de l'argent et de l'antimoine. Plusieurs procédés permettent de séparer le plomb de ces métaux. Le plomb obtenu est raffiné électrochimiquement. C'est un métal dont la rareté a conduit à l'utilisation des procédés de récupération et de préconcentration.

1-3-3-2. Toxicité et écotoxicité du plomb

Plusieurs applications historiques du plomb et de ses composés sont désormais proscrites en raison de la toxicité de cet élément pour le système nerveux (saturnisme en particulier). Un risque existe dès lors que le plomb ou certains de ses composés peuvent être inhalés (sous forme de vapeur ou de poussière) ou ingérés, par l'organisme. Pour l'eau potable, la norme est de 25 microgrammes par litre [6]. Ainsi l'utilisation des tuyaux en plomb dans les réseaux de distribution hydraulique est actuellement déconseillée.

Le plomb peut avoir plusieurs effets indésirables, tels que:

- Perturbation de la biosynthèse de l'hémoglobine et anémie
- Augmentation de la pression artérielle
- Problèmes aux reins
- Fausses couches
- Perturbation du système nerveux
- Dommages au cerveau
- Déclin de la fertilité des hommes (problèmes au niveau du sperme)
- Diminution de la capacité d'apprentissage des enfants.
- Perturbation du comportement des enfants: agressivité, comportement impulsif, hyperactivité.

Le plomb peut entrer dans le fœtus par l'intermédiaire du placenta de la mère et de ce fait causer des problèmes sérieux sur le système nerveux et le cerveau de l'enfant à naître [6].

Le plomb est présent naturellement dans l'environnement. Cependant, la plupart des concentrations en plomb que l'on trouve dans l'environnement sont le résultat des activités humaines. A cause de l'utilisation de plomb dans l'essence un cycle non naturel de plomb a été créé. Le plomb est brûlé dans les moteurs des voitures, ce qui crée des sels de plomb (chlorures, bromures, oxydes). Les particules les plus grandes retombent immédiatement et polluent les sols ou les eaux de surface, les particules plus petites parcourent de longues distances dans l'air et restent dans l'atmosphère. Une partie de ce plomb retombe sur terre lorsqu'il pleut. Le plomb ne peut être détruit, il peut seulement changer de forme. Les fonctions du sol sont perturbées par l'intervention du plomb, spécialement près des autoroutes et des terres agricoles, où des concentrations extrêmes peuvent être présentes. Les organismes du sol souffrent alors aussi de l'empoisonnement au plomb.

Le plomb est un produit chimique particulièrement dangereux car il peut s'accumuler dans des organismes individuels, mais aussi dans la chaîne alimentaire toute entière par le biais de la bioaccumulation.

1-3-3-3. Propriétés physico-chimiques du plomb

La masse volumique du plomb est de 11340 kg/m^3 et il est blanc gris. Il est brillant s'il n'est pas attaqué par l'oxygène. Il est très malléable, ductile et plastique pouvant ainsi se transformer en un fil ou en une feuille. Il se coupe facilement avec un couteau.

Le plomb a deux degrés d'oxydation qui sont +2 et +4. L'ion plombeux Pb^{2+} est plus stable que l'ion plombique Pb^{+4} aussi bien en solution que dans les composés solides.

Le plomb réagit avec l'oxygène de l'air à la température ambiante. C'est pourquoi il se recouvre d'une mince couche d'oxyde qui stoppe la corrosion. Dans les solutions diluées d'acide sulfurique et chlorhydrique il ne se dissout pratiquement pas. Les chlorures et les sulfures de plomb sont encore moins solubles dans ces acides, mêmes concentrés. Cette propriété du plomb est utilisée dans l'industrie. En revanche, le plomb se dissout lentement dans les bases et plus rapidement dans l'acide nitrique et dans l'acide acétique en présence d'oxygène.

Par ailleurs, environ 66% du plomb contenu dans l'eau de mer se trouverait sous forme de complexes organiques labiles [8]. D'autres études [9] ; montrent cependant que la matière organique joue un rôle négligeable en eau de mer dans la chélation du plomb. Les mêmes sources ont montré que moins de 10% du plomb serait complexé par les matières humiques en eau de mer. En eau de rivière neutre (PH=7.3) le plomb dissout est surtout sous forme de Pb^{2+} et $Pb(OH)^+$. En eau de rivière légèrement alcaline (PH=8.5) le plomb dissout inorganique se trouve essentiellement sous forme de $PbCO_3$. En eau douce, la complexation du plomb par les matières organiques pourrait être plus importante qu'en eau de mer [8].

I-3-3-4. Utilisation du Plomb

Plus du tiers de la production de plomb est utilisé dans la production des accumulateurs. Il est également très utilisé dans l'industrie chimique notamment dans la production de l'acide sulfurique, du nitroglycérine, de l'acide phosphorique et fluorhydrique. Sa plasticité et sa malléabilité permettent son utilisation comme enveloppe de câbles électriques. Il est d'un usage courant dans la production des alliages, surtout ceux destinés à la fabrication de roulements et à l'industrie typographique pour la fabrication des caractères d'imprimerie. Le tétraéthyle plomb $Pb(C_2H_5)_4$ est utilisé comme antidétonant dans l'essence pour éviter les chocs dans les moteurs à explosion. Le plomb est également utilisé dans l'industrie des semi-conducteurs, dans la fabrication des verres, pour la confection de peinture, dans la protection des ouvrages en fer et en acier. L'acide de plomb est utilisé comme initiateur de détonation dans l'industrie militaire [10].

I-3-4. Le Cadmium

Le cadmium (Cd) est un métal de transition dans le tableau de classification périodique des éléments. Son numéro atomique est 48.

Il appartient au groupe 12, à la 5^e période et au bloc d.

I-3-4-1. Origine du cadmium

Le cadmium fut découvert en 1808 par Magnus Martin et Pontin, mais c'est en 1817 que l'Allemand Friedrich Stromeyer le prépara pour la première fois.

Le nom de Cadmium vient du latin *cadmia*, <<calamine>>, ancien nom donné au carbonate de zinc. Le cadmium était extrait de ce minerai aux environs de la ville de Thèbes, qui fut fondée par Cadmos, et dont la citadelle porte le nom de Kadmeia, en Français Cadmée.

La métallurgie du cadmium (qui ne se rencontre dans la nature que sous forme de CdS) est intégrée à celle du zinc. Deux cas sont à étudier :

- Lors de la pyrométallurgie du zinc : le cadmium est récupéré lors du raffinage du zinc. L'éponge ainsi obtenue est raffinée thermiquement par fusion (à 450°C) en présence de soude pour éliminer zinc et plomb sous forme de zincate et plombate puis par distillation à 770°C.

- Lors de l'hydrométallurgie du zinc, le cadmium est en solution (0,2 à 0,3 g de Cd/l) dans le bain d'électrolyse. Il est récupéré, après épuisement de Zn^{2+} , par cémentation à l'aide de zinc. On obtient des boues bleues contenant environ 6% de cadmium et 15% de cuivre qui sont ensuite attaquées à l'aide d'acide sulfurique. Les ions Cd^{2+} sont à nouveau réduits en métal par cémentation par le zinc. Le raffinage a lieu par lixiviation à l'acide sulfurique et électrolyse (anode en plomb et cathode en aluminium).

1-3-4-2. Toxicité et écotoxicité du cadmium

La toxicité du Cadmium est connue depuis les années 50. Très toxique sous toutes ses formes (métal, vapeur, sels, composés organiques), le cadmium est l'un des rares éléments n'ayant aucune fonction connue dans le corps humain ou chez l'animal. Il faut éviter son contact avec des aliments. Chez l'Homme, il provoque notamment des problèmes rénaux et l'augmentation de la tension artérielle.

En 1589, au Japon, une intoxication aigüe au cadmium a donné une maladie des reins et des os, nommée « itaï-itaï » (qui signifie « j'ai mal, j'ai mal », la phrase souvent répétée par les malades).

L'absorption par voie digestive de plus de 0,9 g ou par voie respiratoire (de poussières) à des concentrations plus grandes que 200 mg/m^3 peut entraîner des troubles graves. Il faut noter que la consommation de tabac peut représenter jusqu'à 75% de l'absorption alimentaire humaine en cadmium. Aujourd'hui, les principaux risques d'intoxication sont liés aux expositions prolongées à de faibles doses de cadmium. Le cadmium est principalement absorbé par inhalation et se fixe à 30 - 40% dans les reins ou dans le foie car ces organes ont un rôle de capter et réduire le cadmium dans le système. A une certaine dose dans les reins, le cadmium entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie). Ceci peut continuer après la cessation à l'exposition. [11]

Diverses sources de contamination au cadmium existent ; on peut citer :

- ❖ Les engrais phosphorés de synthèse (ou naturels parfois), qui en contiennent beaucoup et qui polluent les sols et les nappes;
- ❖ Les effluents et boues d'épuration urbaine et/ou industrielles répandues sur les champs ou en forêt sont des sources parfois importantes de cadmium.
- ❖ Certains céréales (comme le blé) cultivés sur un sol acide et certains végétaux (exemple : épinards) semblent pouvoir l'accumuler plus que d'autres. Certains légumes peuvent également accumuler le cadmium.
- ❖ L'air urbain au voisinage des centres de production, les lichens, les mousses et les champignons peuvent en accumuler des doses très élevées, voire mortelles, faisant de ces espèces de bons indicateurs de l'état de pollution de l'Environnement. L'intoxication peut être aigüe ou chronique. L'inhalation de fumées d'oxyde de cadmium (générées lorsque le cadmium métallique est porté à haute température) entraîne des symptômes semblables à ceux de la fièvre des fondeurs (état grippal débutant). Le traitement est uniquement symptomatique. Les fumées d'oxyde de cadmium sont des irritants pulmonaires sévères pouvant entraîner la mort. Les concentrations fatales de fumées varient de 40 à 50 mg/m^3 .

L'exposition de longue durée par inhalation à de bas niveaux peut causer une diminution de la fonction pulmonaire et l'emphysème.

Même si l'absorption par ingestion est basse, l'exposition chronique à des niveaux élevés de cadmium dans la nourriture peut causer des désordres osseux, incluant l'ostéoporose et l'ostéomalacie.

Le Cadmium s'accumule dans les organes le long de la vie. Chez l'homme adulte, cette accumulation peut atteindre 20 à 30 milligrammes, voire plus chez ceux qui y ont été exposés

durant leur vie car l'élimination naturelle (urine, excrément, et moindrement règles, éjaculation, perte de phanères ; ongles et cheveux) ne compense généralement pas les apports.

Plusieurs composés inorganiques du cadmium causent des tumeurs malignes chez l'animal. L'exposition professionnelle au cadmium peut être considérée comme responsable d'une augmentation significative du cancer du poumon. Le CIRC a déterminé qu'il y a suffisamment de preuve chez l'homme quant à la cancérogénicité du cadmium et de ses composés. Il s'avère également que le cadmium a la capacité de modifier le matériel génétique, en particulier les chromosomes. D'après le directeur du centre de recherche de la fondation "vive la santé" le cadmium serait un des facteurs de stérilité. [12]

1-3-4-3. Propriétés physico-chimiques du cadmium

La masse volumique du cadmium est de 8650 Kg/m^3 et sa couleur est le gris argenté métallique. Le cadmium a des propriétés physiques proches de celles du zinc. Il fond à $320,9^\circ\text{C}$ et bout à 767°C . Lors de l'ébullition du cadmium, il se dégage des vapeurs jaunes toxiques. Il est ductile, malléable et résiste à la corrosion atmosphérique.

Les propriétés chimiques du cadmium sont semblables à celles du zinc. L'ion cadmium est déplacé par le zinc métallique en solution : il est donc plus noble que le zinc. Il s'oxyde très peu à température ambiante et brûle dans l'air en donnant l'oxyde anhydre CdO , insoluble dans un excès d'hydroxyde de sodium. Il réagit avec les acides et les bases. Le cadmium est soluble dans l'acide nitrique dilué et dans les acides chlorhydrique et sulfurique concentrés et chauds.

Dans l'eau de mer, le cadmium se trouve sous forme de chlorocomplexes stables, en particulier CdCl_2 et CdCl^+ [8] mais CdCl_2 prédomine dans les milieux à salinité élevée. Les proportions des différentes espèces chimiques du cadmium présentes dans l'eau de mer ont été évaluées [9] ; CdCl_2 (51%), CdCl^+ (39%), CdCl_3^- (6%) et Cd^{2+} solvaté (2.5%)

1-3-4-4. Utilisation du Cadmium

Le cadmium trouve une grande variété d'application au niveau industriel. Il est principalement utilisé dans la production de batteries rechargeables. Il intervient dans la composition des électrodes négatives des accumulateurs Ni-cd, mais aussi Ag-Cd. Il est utilisé dans les pigments pour peinture. Les sels de cadmium sont essentiellement utilisés dans la fabrication de colorants. Les mélanges de CdS et BaSO_4 ont la couleur de l'ivoire. Le séléniure de cadmium CdSe est dans l'industrie du verre coloré, tandis que les halogénures de cadmium sont utilisés dans la pyrotechnique (il colore la flamme en bleu). Le cadmium est également utilisé comme stabilisant plastique pour les PVC. Grâce à ces grandes propriétés de résistance à la corrosion, il recouvre de nombreux métaux et alliages. Le cadmium est également utilisé comme modérateur de neutrons dans les centrales nucléaires.

Chapitre II :
MATERIELS ET
METHODES

II-1. Prélèvement et préparation des échantillons :

Nous avons étudié deux sortes d'échantillons (moules et poissons)

II-1-1. Prélèvement des moules

II-1-1-1. Mode et lieux de prélèvement des moules

Nous avons détaché les moules de leur support à l'aide d'un couteau en veillant à ne pas arracher le byssus. Les moules que nous avons analysées sont prélevées sur cinq stations côtières qui sont : LA Guera – LA Comeca- Le Port Pétrolier Cansado (Ex-siège du CNROP) Cabanon1.

L'emplacement des stations est indiqué sur la carte de prélèvement des moules en annexes.

II-1-1-2. Conditionnement des échantillons

Les mollusques, aussitôt après avoir été recueillis, nous les débarrassons des déchets et organismes divers qui peuvent adhérer à leurs coquillages et rinçons à l'eau de mer sur le lieu même du prélèvement.

Les échantillons ainsi prélevés sont placés dans de l'eau de mer décantée, pendant environ 36 heures pour permettre de débarrasser le tractus digestif et les branchies des mollusques où peuvent s'adsorber des polluants (épuration).

Après épuration, nous plaçons les coquillages dans des sacs en polyéthylène placés dans des bacs réfrigérés.

II-1-1-3. Préparation des échantillons

Pour éviter une contamination des échantillons on a pris les mesures suivantes :

- Les instruments coupant sont en acier inoxydable
- Lors des manipulations, on évite le contact entre les parties molles des organismes et les paillasse ou les mains.
- L'emploi de gants en plastique rincés à l'eau distillée légèrement acidifiée a été respecté scrupuleusement.
- Le petit matériel qui sert pour plusieurs échantillons est scrupuleusement nettoyé à l'eau distillée après chaque usage.

***Processus de la préparation :**

Respectivement, les étapes de la préparation sont :

- ✓ Décongélation à la température ambiante
- ✓ Décoquillage
- ✓ Echantillonnage : on coupe un morceau de chair d'un seul individu de dimensions connues.
- ✓ Rinçage avec la solution **M1** puis égouttage sur un entonnoir ou un Buchner
- ✓ Pesage
- ✓ Congélation
- ✓ Lyophilisation
- ✓ Conservation dans des piluliers hermétiquement fermés jusqu'à l'analyse.

Remarque : Nous avons obtenu la solution M1 en dissolvant dans 2litres d'eau distillée 2.42g de tris-(hydroxyméthylamino) méthane + 150g de glycine.

II-1-2. Prélèvement des Poissons

II-1-2-1. Mode et lieux de prélèvement

Les échantillons de poisson que nous avons analysés proviennent tous de ceux prélevés pour le contrôle des produits halieutiques destinés à la consommation locale ou à l'exportation. Ceci constitue d'ailleurs l'une des missions essentielles du laboratoire de l'IMROP au sein duquel toutes nos analyses ont été effectuées.

Les prélèvements sont assistés par un agent responsable de l'échantillonnage au niveau de l'IMROP. Les échantillons sont parfaitement identifiés et réfrigérés avant d'être emballés dans un colis isotherme et envoyés au laboratoire destinataire. Les échantillons élémentaires correspondant à un même lot sont emballés et identifiés ensemble.

De manière générale, les prélèvements sont réalisés pour chaque espèce, au premier stade de sa mise en vente sur le marché Mauritanien. Les sites de prélèvement des échantillons sont les principales zones de pêche sur le littoral Mauritanien. En pratique, pour les poissons pêchés en mer en différents points du littoral, les prélèvements sont réalisés au niveau des débarcadères, des ports et des marchés.

II-1-2-2. Conditionnement des échantillons

Pour assurer la conservation pendant le transport, nous avons convenu de placer les échantillons dans de la glace. Si l'échantillon provient d'un navire, l'échantillon est conservé congelé et non vidé. La congélation se passe à -20°C , et elle est faite juste après prélèvement. Nous avons évité la congélation du poisson non desséqué, car elle peut entraîner une dégradation des tissus mous et aboutir à une contamination croisée causée par ces derniers. Afin d'éviter toute détérioration, le document consignait l'ensemble des informations n'est pas placé directement sur le prélèvement, mais glissé dans un sachet plastique. Ce document et les échantillons sont ensuite placés dans une caisse isotherme (type glacière) et envoyés au laboratoire. Les colis sont parfaitement étanches

II-1-2-3. Préparation des échantillons

Avant d'entamer la préparation proprement dite, nous nettoyons systématiquement les outils selon la procédure suivante :

- Lavage dans de l'alcool ou de l'acétone et dans de l'eau de grande pureté.
- Lavage dans du HNO_3 dilué dans de l'eau de grande pureté.
- Rinçage à l'eau de grande pureté.

Nous avons également pris les mêmes précautions préliminaires concernant les moules

***Processus de la préparation**

Après décongélation à la température ambiante, nous commençons toujours le prélèvement sur le poisson par l'enlèvement de la peau et des écailles sur le dos du poisson à proximité de la nageoire dorsale sur une surface équivalente à la paume de main. Pour obtenir une uniformité, on a prélevé le muscle dorso-latéral droit.

Après prélèvement, on pèse, lyophilise et puis on repèse pour déterminer le poids sec de l'échantillon et en fin on introduit l'échantillon dans un pilulier qu'on ferme hermétiquement jusqu'à l'analyse.

II-2. METHODES D'ANALYSES

II-2-1. Plomb et Cadmium

II-2-1-1. Principe

Les échantillons biologiques sont minéralisés dans des bombes en téflon fermées, avec de l'acide nitrique pour décomposer (destruction organique) l'échantillon et solubiliser les métaux.

II-2-1-2. Réactifs

Les réactifs utilisés sont d'origine Merck :

- Acide nitrique HNO₃ 65%
- Eau déminéralisée.
- Solution étalon standardisée de 1000mg/l de l'élément à déterminer
- Acétylène pure qualité
- Solution Palladium 10.000ppm
- Nitrate de magnésium

II-2-1-3. Appareillage

- Spectrophotomètre absorption atomique (SAA) : Il est de type AAnalyst 700 (Perkin Elmer) & accessoires : FIAS-100 – Echantillonneur automatique (AS-800), des bombes à téflon
- Un four à micro-ondes (Microwave 3000)
- Balance de précision (AND : HR-200)
- Lyophilisateur (Telstar)
- Etuve.

II-2-1-4. Mode Opérateur de la minéralisation

Nous prélevons par pesée un poids de 0.2g d'échantillon sec (ou 1g d'échantillon humide) et l'introduisons dans les bombes en Téflon. Nous ajoutons doucement 10ml HNO₃ concentré puis nous laissons les échantillons à la température ambiante pendant au moins 1 heure.

Les bombes en Téflon hermétiquement fermées sont introduites dans le four à micro-ondes puis nous exécutons le programme décrit dans le tableau 1.

Tableau1: Programme adopté au four pour la minéralisation

Phase	Puissance (watt)	Temps de montée (Minutes)	Hold	Fan
1	1200	03	03:00	1
2	1350	05	10:00	1
3	0		5	2

Puissance de rotation: 0.4bar/s

Echantillons : 16

Réactif : HNO₃ 10.0 (ml)

IR: 190°

Masse: 0.2g

Après l'exécution du programme, le contenu des tubes en téflon refroidi est transféré dans des tubes en polypropylène de 50 ml (ou dans des fioles jaugées de 50 ml) puis dilué jusqu'au trait de jauge avec de l'eau déminéralisée.

***Conditions expérimentales en mode AA four et Fias –MHS**

Nous avons réglé l'appareil aux conditions détaillées dans le tableau 2

Tableau 2 : Conditions expérimentales du spectrophotomètre AA :

	Cd	Pb
Long. d'onde (µm)	228.8	283.3
Fente (diamètre en mm)	0.7	0.7
Equa-calibration	LPZ	LPZ
Temps de lecture (en seconde)	5	5
Délai de lecture (en seconde)	0	0
Unité de calibration	µg/l	µg/l
Unit. concentration des échantillons	µg/g	µg/g
Nom de la méthode	Lcm-Cd	Lcm-Pb

LPZ : Linéaire passant par zéro ;
Laboratoire chimie microbiologie

AA : Absorption Atomique; Lcm :

II-2-1-5. Préparation des étalons

A partir de solutions standards de 1000 ppm on a préparé par dilution une solution standard A de 1ppm pour le Pb et le Cd.

A partir de la solution A, on prépare les étalons pour tracer les courbes.

Pour le Plomb, nous avons préparé un étalon de 100 ppm dans une fiole de 50ml, nous avons ajouté successivement 10ml d'acide nitrique, 5ml de A pour Pb puis complété à 50ml avec de l'eau distillée.

Pour Cd nous avons préparé un étalon de 50 ppm dans une fiole de 50ml, puis ajouté 10ml d'acide nitrique, 2.5ml de A pour Cd puis complété à 50ml avec de l'eau distillée.

II-2-1-6. Courbe d'étalonnage

Une fois les concentrations fixées, le logiciel permet à l'appareil de faire automatiquement les dilutions nécessaires pour Pb et Cd.

Les étalons de Pb sont : 50 – 45 – 30 – 10 µg/L

Les étalons de Cd sont : 50 – 25 – 15 – 5 µg/L

Tableau 3: Tableau de valeurs de la courbe d'étalonnage

Standard (µg/l)	0	1	2.5	5	10	15	20
Volume à prélever de A	0	50	75	250	500	1500	2000

Pour la préparation des standards dans une fiole de 50ml on a ajouté : 1ml Bichromate 4% + 10 ml HNO₃ concentré (volume que nous prélevons de la solution A Hg) puis nous complétons à 50ml avec H₂O.

Modificateur de matrice :

- Pour Pb

- * Modificateurs de matrice1 (pour matrices complexes): Nous avons préparé une solution contenant 0.005 mg Pd et 0.003 mg Mg ou une solution contenant 1ml de Pd 10.000 ppm et 0.6ml 10.000 ppm Mg complétée à 20ml.
- * Modificateurs de matrice2 (Instruction Perkin Elmer): Nous dissolvons 0.4g de Phosphate d'ammonium solide ultrapur $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ dans 10ml H_2O soit 200 μg $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ Pour un ajout de 5 μl de modificateur de matrice.

- Pour Cd

Modificateur de matrice:

15 μg Pd + 17.5 μg Mg $(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

- 1) la Préparation : Une solution de 1%Mg est préparée en dissolvant 2.625g de nitrate de magnésium dans une fiole de 25 ml (sol A).
- 2) Préparation du mélange : 3ml de la solution Pd et 0.3 ml de (sol A) sont complétés à 10ml avec H_2O distillée.

Remarque : 1%Mg=10.000ppm =10.5% $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

II-2-1-7. Qualité des analyses

Nous préparons les échantillons QC de 20 $\mu\text{g}/\text{l}$ de contrôle de la qualité des analyses. L'écart que nous avons toléré est de plus ou moins 10% de la valeur cible Pour 1g de Prise d'essai, nous avons les paramètres dans le tableau 4.

Tableau 4 : Paramètres de précision de la qualité des analyses de Pb et Cd.

Paramètres	Valeur pour Pb	Valeur pour Cd
Limite de détection	0.05 $\mu\text{g}/\text{g}$	0.006
Limite de quantification	0.15 $\mu\text{g}/\text{g}$	0.018
Précision pour 1 conc=0.5ppm	+/- 0.09	+/-0.09
Précision pour une conc=1.5ppm	+/-0.22	+/-0.22

cf. [13] et [7]

II-2-1-8. Principe de l'analyse par spectrophotométrie d'Absorption atomique par four graphique

Une goutte de solution de quelques dizaines de microlitres est déposée par un auto échantillonneur robotisé dans une cuvette contenue dans le four en graphite. L'échantillon est désolvaté, séché à environ 100°C, pyrolysé /calciné de manière à éliminer la matrice puis atomisé. On détecte l'absorption de la teneur en atomes maintenue dans la cellule durant environ 5s. Cette absorbance est mesurée à l'aide d'une lampe à cathode creuse dont la longueur d'onde est spécifique de l'élément à doser.

Le processus se détaille ainsi :

- ❖ Une goutte du minéralisât est déposée dans le tube en graphite. En suite le four est chauffé progressivement. Ce qui a pour conséquence de soumettre l'échantillon à un programme de séchage, pyrolyse/ calcination et atomisation.
- ❖ Une lampe à décharge qui émet un rayonnement correspondant à la longueur d'onde de résonance de l'élément à doser ;
- ❖ Ce rayonnement est absorbé par les atomes libres de l'échantillon, et seulement par les atomes de l'élément à doser, ce qui nous permet de lier l'absorption lumineuse que l'on mesure à la concentration de l'élément recherché.

Cependant il y a toujours une absorption non spécifique si minime soit elle. Cette dernière est significativement diminuée par l'emploi d'un correcteur de bruit de fond (lampe au deutérium) ou par la dilution des échantillons.

Pour chaque élément, l'absorbance A est calculée par l'ordinateur suivant la loi de Beer Lambert :

$$A = \text{Log} I_0/I = KLC$$

I_0 : intensité de la radiation monochromatique incidente

I : intensité de cette radiation après qu'elle soit transmise

L : trajet optique

C : concentration de l'élément à doser

K : coefficient de l'absorption atomique

L'absorbance est égale au rapport I_0 sur I et la transmission est égale au rapport inverse.

II-2-2. Pour le Mercure

La méthode décrite ici nous a servi pour le dosage du mercure total dans les espèces que nous avons étudiées. Il s'agit d'une méthode semi-automatique qui permet le dosage du mercure total présent dans des échantillons solides de tissus d'organismes ou de sédiments après une minéralisation par voie sèche avec un rythme analytique élevé. Pour une prise d'essai de 20 mg environ, la limite de détection est de 0.007ng/mg (poids sec). La justesse est évaluée systématiquement au moyen d'échantillons de référence certifiés que nous évoquerons plus loin.

II-2-2-1. Principe

Après calcination, on procède à la volatilisation du mercure présent dans un échantillon solide. Le mercure élémentaire formé est entraîné sous forme de vapeur par un courant d'oxygène et amalgamé sur un piège de sable doré. Après chauffage du piège pour dissocier l'amalgame or-mercure formé, la vapeur de mercure est envoyée dans la cellule d'un spectrophotomètre d'absorption atomique où elle est quantifiée.

II-2-2-2. Matériel et instrumentation

L'appareil utilisé est construit par la firme Altec sous le nom de MILSTONE DMA-80 (Microwave Laboratory Systems). Cet appareil présente les avantages d'une grande rapidité, de bonne sensibilité et reproductibilité et d'un blanc extrêmement bas puisque aucun réactif chimique n'est utilisé pour traiter les échantillons avant l'analyse.

L'appareil utilisé est conçu pour la mesure directe du mercure dans un échantillon solide ou liquide de petit volume sans aucun traitement chimique préalable. Il est piloté par un micro-ordinateur équipé d'un logiciel dédié.

II-2-2-3. Courbe d'étalonnage

La stabilité de calibration du détecteur MILSTONE DMA-80 est grande. La gamme d'étalonnage est valide pour des semaines voire plus. Il est toutefois nécessaire de procéder à une vérification de la pente de la courbe d'étalonnage en contrôlant deux points de la gamme et d'utiliser des matériaux de référence certifiés lors de chaque série de mesures.

Rencontrant des difficultés lors de l'utilisation de standards liquides pour le tracé de la courbe d'étalonnage, nous avons choisi de travailler avec du matériel de référence solide.

Il s'agit pour le niveau bas de IAEA-433 avec une concentration en Hg égale à 0.168ppm (0.168ng/mg) et du matériel de référence IAEA-436 de concentration en Hg égale à 4.19 ppm pour le haut niveau.

La gamme-étalon comporte six points explicités dans les tableaux 5 et 6.

Pour l'échantillon de référence **IAEA-433**, nous présentons les points de la courbe dans le tableau 5.

Tableau 5 : Les points au niveau bas de la courbe d'étalonnage

Calibrer pour ...ng de Hg	Standard à peser pour obtenir les ng de Hg désirés
5 ng	29.76 mg
10 ng	59.52 mg
20 ng	119.04 mg

Pour l'échantillon de référence **IAEA-436**, les points de la courbe sont dans le tableau 6.

Tableau 6 : Les points pour le haut niveau de la courbe d'étalonnage

Calibrer pour ...ng de Hg	Standard à peser pour obtenir les ng de Hg désirés
100 ng	23.86 mg
200 ng	47.73 mg
300 ng	71.599 mg

II-2-2-4. Procédure

Environ 10 à 30 mg ou plus d'échantillons lyophilisés sont pesés exactement (± 0.005 mg) dans une cuvette en nickel spécialement conçue à cet effet. La masse nominale en gramme est fournie au logiciel qui pilote l'appareil et effectue les calculs. Déposée sur son portoir, cette cuvette est introduite dans le four de l'appareil par un système automatique, lors de la mise en marche de la séquence analytique. Dans le four, l'échantillon est porté progressivement à 550°C. Les produits de décomposition, incluant le mercure, sont entraînés par un flux d'oxygène au travers d'un tube <<catalytique>>. Les oxydes de soufre et d'azote y sont piégés. Le mercure sous forme élémentaire (Hg^0) s'en échappe pour atteindre le piège de sable doré sur lequel il s'amalgame. Les autres gaz entraînés par le flux d'oxygène passent sur une cartouche de charbon activé. Le piège et la cellule de mesure sont maintenus à 120°C pour éviter une éventuelle condensation du mercure ou de la vapeur d'eau. Le mercure amalgamé est ensuite libéré par brusque chauffage du piège de sable doré jusqu'à 850°C ; la vapeur de Hg^0 ainsi libérée est entraînée par le flux d'oxygène vers les cellules d'absorption atomique pour y être quantifiée à une longueur d'onde de 253.65 nm.

Il est absolument nécessaire que tout le matériel métallique utilisé durant l'analyse (cuvettes en nickel, l'instrument permettant la saisie des cuvettes, etc.) soit calciné à 550°C immédiatement avant usage afin de minimiser les sources de contamination.

II-2-2-5. Calcul des concentrations

Au cours des analyses, l'ordinateur calcule les quantités de mercure présentes dans l'échantillon à partir des absorbances en se rapportant à la courbe d'étalonnage. Les résultats sont rapportés en absorbance, en quantité (ng) et en concentration de mercure par unité de masse d'échantillon (mg/Kg). L'absorbance du blanc (réponse de l'appareil avec une cuvette de nickel vide) est retranchée automatiquement.

II-2-2-6. Contrôle de qualité des dosages

Les critères d'évaluation des performances de la méthode sont empruntés à Taylor (1987); [2]. Pour contrôler la qualité des dosages, on a vérifié la justesse, la précision et la limite de détection :

- **Justesse**

La justesse de la méthode a été établie à partir d'échantillons de référence certifiés d'organismes ou de sédiments marins produits par l'agence internationale de l'énergie atomique (IAEA-433), Nist 1633 b et Fapas 0774. Les résultats sont consignés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Comparaison entre les valeurs certifiées et celles que nous avons trouvées à l'aide de MILSTONE DMA-80

Echantillons de référence	Nist 1633b	Fapas 0774	IAEA-433
Valeur certifiée	0.141±0.019	0.0199	0.168
Valeur trouvée	0.1556	0.0217	0.1655

* Les concentrations sont en (mg/kg)

- Précision

La répétabilité de la méthode, exprimée par le coefficient de variation (défini comme le rapport de l'écart type à la moyenne), varie avec les concentrations moyennes. Elle varie entre 5 et 8%. Ces valeurs ont été obtenues pour des prises d'essais (sur des échantillons de référence) qui varient entre 20 et 50 mg (poids sec) pour Nist 1633b et IAEA-433. Pour Fapas la moyenne des prises est de 18.6 mg (échantillon de référence humide).

- Limite de détection

La limite de détection est définie comme 3.29 fois l'écart-type de 6 réplicats d'analyse d'un échantillon dont la teneur est proche de zéro (dans la pratique du présent dosage, il s'agit des blancs) ; le facteur multiplicatif 3.29 tient compte des erreurs de types I et II (Taylor, 1987) ; [2]. La limite de détection calculée journalièrement varie de 0.004 à 0.015 mg/kg (pour un échantillon de 20 mg en poids sec). Elle est en moyenne de 0.007 mg/kg.

Chapitre III :
RESULTATS ET
DISCUSSIONS

Les échantillons analysés sont divisés en deux grands groupes : Les mollusques (bivalves et céphalopodes) et les poissons. Le choix de ces espèces n'a pas été fait au hasard ; les premiers parce qu'ils sont sédentaires et filtreurs. Ils peuvent donc refléter exactement le niveau de contamination du milieu dans lequel ils vivent. Les seconds sont étudiés dans le cadre du contrôle sanitaire des produits consommés. Ce contrôle qui devait être systématique avant la consommation est malheureusement négligé par la plupart de nos pays Africains.

Les résultats sont ceux des échantillons prélevés dans le cadre de ce travail ou ceux des échantillons qui ont été prélevés et conservés (après lyophilisation) par le laboratoire d'analyse de IMROP et qui n'avaient pas encore été analysés.

III-1. Résultats trouvés dans les mollusques bivalves

Nous donnons ici des résultats concernant le cadmium, le plomb et le mercure qui sont obtenus à la suite de l'analyse de quelques échantillons des mollusques bivalves ;

III-1-1. Résultats du plomb

Tableau 8 : Concentrations en plomb trouvées dans les moules.

Espèces	Stations	Dates de prélèvement	Dates d'analyse	Nombre d'Individus	[Pb] (µg/l)
Moules	PORT PETROLIER	15/09/02	14/03/07	8	0.289
Moules	COMECA	08/10/02	14/03/07	10	0.468
Moules	CABANON	23/01/02	14/03/07	10	1.740
Moules	GUERA	09/04/02	14/03/07	9	0.518
Moules	GUERA	23/01/02	14/03/07	9	0.594
Moules	COMECA	23/01/02	14/03/07	10	0.378
Moules	CABANON	17/12/04	14/03/07	29	0.734
Moules	COMECA	08/02/05	14/03/07	29	0.413
Moules	PORT PETROLIER	17/02/04	14/03/07	3	0.142

Les concentrations données sont les moyennes de celles des individus

La teneur maximale fixée par le journal officiel Mauritanien et l'Union Européenne pour le plomb dans les mollusques bivalves est de 1.5 mg/kg de poids à l'état frais.

Les concentrations présentées ici sont par rapport au poids à l'état sec. Leur moyenne est de 0.586 µg/g ; ce qui correspond à 0.1172 µg/l de poids à l'état frais. Donc elles sont inférieures aux limites

Un ouvrage paru en 1987, [14] Rapporte le niveau de concentration en métaux et autres contaminants dans les produits de la pêche. Leurs résultats montrent que d'une manière générale, les concentrations en plomb sont inférieures aux concentrations critiques pour le consommateur.

III-1-2. Résultats du Cadmium

Tableau 9 : Concentrations en cadmium trouvées au niveau des moules

Espèces	Stations	Dates de prélèvement	Date d'analyse	Nombre. Individus	[Cd] (µg/l)
Moules	PORT PETROLIER	15/09/02	14/03/07	8	0.924
Moules	COMECA	08/10/02	14/03/07	10	1.546
Moules	CABANON	23/01/02	14/03/07	10	4.691
Moules	GUERA	09/04/02	14/03/07	9	4.406
Moules	GUERA	23/01/02	14/03/07	9	2.648
Moules	COMECA	23/01/02	14/03/07	10	1.139
Moules	CABANON	17/12/04	14/03/07	29	3.393
Moules	COMECA	08/02/05	14/03/07	29	1.065
Moules	PORT PETROLIER	17/02/04	14/03/07	3	0.989

Par rapport aux autres métaux étudiés dans les mollusques bivalves, le cadmium détient les concentrations les plus élevées.

Dans les stations Port pétrolier et COMECA, les concentrations (en moyenne 1.1326mg/kg poids sec) sont beaucoup plus faibles que celles trouvées dans les stations Cabanon et Guera (en moyenne 3.7845 poids sec). Cette dernière valeur correspond à 0.7569 mg/kg de poids à l'état frais. On voit qu'elle s'approche considérablement de la limite critique fixée pour le cadmium dans les mollusques bivalves qui est de 1mg/kg (poids humide). Les valeurs maximales trouvées s'approchent considérablement cette limite.

Ces concentrations trop élevées sont identiques à celles trouvées par les auteurs de [15] qui sont en moyenne de 3.93mg/kg (poids sec) sur des praires (*venus verrucosa*) prélevées dans la baie de Cansado.

De même, les auteurs de [2] ont obtenu des teneurs allant de 0.59 à 4.37mg/kg (poids sec) en étudiant des moules et des praires provenant des mêmes stations de prélèvement.

En revanche, des concentrations faibles (1.2 ; 0.93 ; 0.5mg/kg poids sec) ont été trouvées sur des donax *rugosus* prélevés respectivement à Ndiago (vers l'embouchure du fleuve Sénégal), à Nouakchott et au nord de Nouakchott [9]. Une étude plus approfondie qui porte sur la variation saisonnière du cadmium dans la moule *Perna perna* prélevée dans la baie du lévrier et la Guera a été effectuée dans le bulletin scientifique de IMROP [2]. Voici quelques uns de leurs résultats consignés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Concentration mensuelle en cadmium de la moule perna perna au niveau des cinq stations (résultats en $\mu\text{g/g}$ de poids sec ; valeur médiane ; mini-maxi ; n : nombre d'échantillons ; LD : limite de détection.

Station-> mois	Cabanon	n	Cansado	n	Comeca	n	P pétrolier	n	Guera	n
Novembre98	2.64 0.90-6.35	9			1.06 0.42-2.63	27	2.12 1.45-2.67	30	3.20 0.99-6.16	22
Décembre98	3.31 2.06-5.03	16			1.28 0.58-2.48	28	1.14 0.18-4.48	25		
Janvier-99	2.48 1.05-5.59	9	1.02 0.22-4.16	30	0.89 LD-2.62	29	0.69 0.45-2.27	13	1.36 0.09-2.89	23
Février-99	4.78 1.12-7.49	30	0.5 0.03-034	24			0.77 LD-1.37	19	4.17 1.87-9.45	30
Mars-99	6.29 3.40-11.46	27	2.30 LD-6.29	29	2.30 0.95-4.61	30	5.11 1.23-6.99	29		
Avril-99			4.13 1.44-8.16	25	4.41 3.10-6.18	28	1.60 0.01-6.32	30	5.08 2.96-8.24	29
Mai-99	4.76 2.59-11.29	30	4.02 0.65-11.88	28	3.78 1.45-5.07	30	5.85 2.84-9.34	30	5.30 2.41-7.85	30
Juillet-99	3.03 LD-7.42	30	4.65 LD-9.93	21	2.36 0.05-4.86	30	3.62 0.89-5.4	30	5.82 2.49-12.40	30
Août-99	6.49 3.85-7.99	10	0.68 0.07-1.40	10	6.49 3.85-7.99	10	10.16 8.62-12.40	9	2.35 0.95-3.25	9
Septembre99	5.47 1.75-7.45	29	2.99 0.75-4.17	30	8.10 3.29-13.82	30	1.64 0.67-2.70	10	2.95 1.01-3.74	10

Les résultats du tableau montrent que : les valeurs médianes durant la saison d'été (février à septembre) sont deux fois plus grandes que celles trouvées en hiver (novembre à janvier). Pour les stations Cabanon, Guera et baie de Cansado nous avons respectivement en hiver des concentrations de 3.0 ; 2.6 ; 1.2 (avec un maximum de 6.4 mg/kg de poids sec) alors qu'en été, nous avons pour les mêmes stations respectivement 5.0 ; 4.5 ; 3.5 (avec un maximum de 12.4 mg/kg de poids sec) (tableau ci- dessous) .Lorsqu'on examine station par station, nous observons une différence saisonnière plus importante particulièrement pour les deux stations extrêmes avec un décalage entre la station Cabanon et la station Guera pour les mois de juillet à septembre. La station Cabanon présentant des valeurs plus fortes que celle de la Guera pour les mois d'août et septembre. Or ceci pourrait être dû au retard du renouvellement de l'eau qui entre à l'intérieur de la baie (la station Cabanon est au fond de la baie du Lévrier). Pour ce qui est des autres stations, elles semblent être abritées par rapport aux eaux qui rentrent à l'intérieur de la baie ; ce qui fait que le niveau en cadmium est plus faible dans les moules. En effet, la présence des eaux du courant des canaries en surface pendant la période d'Upwelling dans la zone ouest Africaine a été démontrée. En raison des vents du nord importants pendant la période mars- mai, les masses d'eau de surface sont déplacées vers le large et les eaux profondes (eaux canariennes) se trouvent en surface ; ces eaux sont froides et salées [16]. Ce phénomène appelé Upwelling met en surface les eaux du courant de canaries qui entrent dans la baie du Lévrier. Ceci a été montré par Cuq [17] par l'intermédiaire d'images prises par satellites. La présence de fortes marées dans la baie du lévrier, phénomène de <<pompe à marée>>, fait entrer les eaux de surface du courant des canaries par le sud du cap blanc. Ces eaux sont reprises par les vents forts pendant la période

de février à juin pour être orientées en partie vers le banc d'arguin et une partie au nord de la baie de lévrier

De même, cette variation saisonnière du niveau de cadmium dans les mollusques analysés a été également démontrée dans la même zone d'étude [9]. Nous résumons les résultats du tableau 10 dans les saisons hiver et été. (Tableau 11).

Tableau 11 : Concentration en cadmium de perna perna (résultats en mg/g de poids sec); valeurs représentant la médiane ; Hiver regroupe les mois de novembre, décembre et janvier ; Eté regroupe le reste de l'année ; Baie de Cansado qui regroupe les stations de Cansado Coméca et port pétrolier.

Station-> Saisons	Cabanon	n	Baie de Cansado	n	La Guera	n
Hiver	3.0 0.9-6.4	34	1.2 LD-4.5	184	2.6 0.1-6.2	45
Eté	5.0 LD-11.5	156	3.5 LD-12.4	483	4.5 1.0-12.4	136

Tous les résultats du cadmium obtenus dans la zone de pêche de Nouadhibou concernant les mollusques bivalves sont relativement élevés. Ces résultats sont plus rassurants vers le sud.

III-1-3. Résultats du Mercure

Tableau 12 : Concentrations en mercure dans les moules

Espèces	Stations	Date de Prélèvement	Date d'Analyse	Nombre d' Individus	[Hg] (mg/kg)
Moules	IMROP	19/06/02	05/07/07	10	0.0451
//	P. Pétrolier	07/03/02	10/07/07	10	0.0374
//	CABANON	07/03/02	11/07/07	10	0.0431
//	GUERRA	26/03/02	11/07/07	10	0.0827
//	P. Pétrolier	26/03/02	12/07/07	10	0.0472
//	COMECA	19/06/02	17/07/07	10	0.0484
//	CABANON	21/05/03	18/07/07	30	0.0507
//	GUERRA	24/09/02	23/07/07	30	0.0976
Praires	CANSADO	30/12/05	24/07/07	70	0.0546

La prise d'essai est comprise entre 0.0500 et 0.1300 g.

On constate que les stations IMROP, Port pétrolier, Cabanon et COMECA ont pratiquement la même concentration. Celle de GUERRA est le double de celles citées ci-dessous.

Sachant que les stations IMROP, P. Pétrolier, Cabanon et COMECA sont localisées dans la baie du lévrier (donc ne sont pas ouvertes sur l'océan et par conséquent moins sensibles aux contaminants venant d'autres horizons) et que GUERRA se trouve ouverte à l'océan (donc plus exposée), ces variations semblent être due à l'influence de l'upwelling décrit précédemment [10].

Cependant, l'ensemble des résultats obtenus sur les mollusques bivalves concernant le mercure est très loin d'atteindre les limites dangereuses qui sont dans ce cas de 0.5mg/kg de poids à l'état frais.

En comparant nos résultats avec ceux de DARTIGE et coll. [2], qui sont de 0.01 à 0.06mg/kg (poids sec), on remarque que nos résultats sont semblables. Nous rappelons que le travail de ces derniers a porté sur les mêmes stations que nous avons étudiées.

De même [15], ont obtenu des concentrations identiques dans la moule *Perna perna* de la station Cansado.

III-2. Mollusques céphalopodes

Pour ces mollusques, nous avons divisé les résultats en deux parties. La première porte sur le cadmium et le plomb et la deuxième sur le mercure.

III-2-1. Résultats de Cadmium et Plomb

Pour le Cadmium et le plomb nous n'avons pu analysé, concernant ce type de mollusques que des échantillons de poulpes capturés dans la zone de pêche de Nouadhibou. Les résultats sont mentionnés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Concentrations en cadmium et en plomb dans les poulpes

Espèce	Date de prélèvement	Date d'analyses	Nombre d'individus	[Cd] (mg/kg)	[Pb] (mg/kg)
Poulpes	06/05/07	12/06/07	15	0.3612	0.2457
Poulpes	06/05/07	12/06/07	12	0.1574	<LD
Poulpes	06/05/07	12/06/07	16	0.1778	0.1101

Pour les trois lots d'échantillons, les concentrations en cadmium sont plus élevées. Cependant, au niveau de ces échantillons analysés, les concentrations sont de très loin inférieures à la norme de sécurité fixée pour ces deux métaux dans les céphalopodes qui est de 1 ppm (poids à l'état frais).

III-2-2. Mercure dans les céphalopodes

Pour le mercure, nous avons analysé des échantillons de poulpes et ceux des seiches. Voici les résultats résumés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Concentrations en mercure trouvées dans les poulpes et les seiches

Espèces	Dates de prélèvements	Dates d'analyses	Nombre d'individus	[Hg] (mg/kg)
Poulpes	06/05/07 et 26/07/07	02/07/07 et 08/08/07	19	0.0661
Seiches	06/05/07 et 26/07/07	02/07/07 et 08/08/07	17	0.1209

Dans les deux cas les concentrations moyennes sont faibles mais celle trouvée au niveau des seiches est pratiquement le double de celle trouvée dans les échantillons de poulpes.

Par ailleurs, les deux espèces ont des teneurs en mercure qui sont très inférieures à la teneur critique pour le consommateur qui est de 0.5ppm (poids à l'état frais).

Etant des filtreurs, cette propriété pourrait diminuer considérablement la probable bioaccumulation qu'ils pourraient présenter.

III-3. Résultats d'analyse sur les poissons et discussions

III-3-1. Cadmium et Plomb

Les résultats d'analyse des poissons (Mulet et corbine) concernant le Cadmium et le Plomb sont consignés dans le tableau 15.

Tableau 15 : Concentrations en cadmium et en plomb trouvées dans les poissons

Espèces	Dates de prélèvements	Dates d'analyses	Nombre d'individus	[Cd] (mg/kg)	[Pb] (mg/kg)
Mulet	06/05/07 28/05/07 05/07/07	12/06/07	11	0.0138	0.2825
Corbine	06/05/07 28/05/07 05/07/07	13/07/07	18	0.0152	0.4357

Etant à l'état sec, les concentrations exposées sur ce tableau sont faibles dans l'ensemble. Elles sont insignifiantes pour le cadmium dans les mulets (0.0027 mg/kg de poids humide) et au niveau des corbines (0.003 mg/kg de poids humide).

La limite en cadmium pour le mulet est de 0.1 mg/kg de poids à l'état frais alors que pour la corbine elle est de 0.05 mg/kg de poids à l'état humide. On voit bien que ces deux catégories de poisson ont des teneurs en cadmium bien en dessous des teneurs critiques fixées.

Les teneurs à l'état frais en plomb sont 0.0871 mg/kg dans la corbine et 0.0565 mg/kg dans le mulet. Si nous comparons ces concentrations avec les limites dangereuses (0.4 mg/kg pour le mulet et 0.2 mg/kg pour la corbine) nous constatons que malgré la teneur en Pb un peu élevée dans les corbines, les concentrations restent quand même inférieures aux bornes.

Les auteurs de [18] ont également trouvé que dans le cas général, les concentrations en plomb sont faibles et que les produits halieutiques issus de leur zone d'étude ne présentent aucun problème en ce qui concerne la contamination en plomb.

III-3-2. Mercure dans les Poissons

Selon les études qui nous ont précédées, le mercure présente plus de dangers pour la consommation du poisson pêché dans les côtes Mauritanienues car la présence du plomb et du cadmium est négligeable dans toutes les espèces de poisson. C'est ce qui nous a poussé à élargir notre étude sur la contamination du mercure au niveau des poissons.

Par ailleurs nos échantillons ont été prélevés sur des poissons provenant de la baie du lévrier, du port artisanal de Nouadhibou et du marché côtier de Nouakchott.

Les résultats des analyses sont consignés dans le tableau 16.

Tableau 16 : Concentrations en mercure trouvées dans les poissons

Espèces	D .prélèvements	D .analyses	NI	[Hg] : ppm
Mulet (mugil)	13/06/07	03/07/07	22	0.0341
Lingue (lengua)	28/05/07	03/07/07	11	0.1534
Gazon	05/06/07	03/07/07	7	0.1993
Roquera	13/06/07	03/07/07	5	0.3050
Corbine	05/07/07	10/07/07	16	0.2686
Céphalopholis-taeniops	10/05/02	04/07/07	4	0.2014
Pagrus augura	10/05/02	04/07/07	5	0.1182
Parapristipoma-latifirus	08/09/02	04/07/07	9	0.0051
Pégusa	10/05/02	04/07/07	3	0.1198
Mufteroperca rubra	08/09/02	04/07/07	2	0.0794
Sardinelle	25/07/07	08/08/07	14	0.0671
Sole	25/07/07	08/08/07	8	0.0835
Danton	24/07/07	08/08/07	5	0.2728
Thon	06/08/07	07/08/07	3	2.3712
Espadon	06/08/07	07/08/07	3	2.1837
Rakyencradon	06/08/07	07/08/07	3	0.3273
Requin	06/08/07	07/08/07	3	2.0392
Chien de mer	06/08/07	07/08/07	3	2.3640
Calchinia	06/08/07	07/08/07	3	2.4296
Raie	01/08/07	14/08/07	3	0.1138
Sargo	01/08/07	14/08/07	3	0.0691

Les concentrations sont exprimées en parties par million (ppm) c'est-à-dire en mg/Kg. Elles sont données par rapport au poids sec.

Nous constatons que les teneurs en mercure pour certaines catégories sont très faibles. Il s'agit par exemple de : mulets, sargos, raies, soles, sardinelles, mufteroperca rubra, pégusa, pagrus augura, et surtout pour les parapristipoma-latifirus.

Elles sont moyennes dans les gazons, les roquera, les corbines, les céphalopholis, les dentons et dans les rakyencradons.

Nous trouvons malheureusement des concentrations très élevées au niveau du requin, de l'espadon, du chien de mer, du thon et dans le calchinia.

Ces différences de concentrations peuvent être expliquées par la différence d'âge, de taille, du milieu naturel dans lequel ils vivent (eaux de surface ou eaux profondes) ...et surtout par la différence de régime alimentaire. On constate que plus on remonte sur la chaîne alimentaire, plus les concentrations augmentent. Ainsi, cela explique la faiblesse des teneurs en Hg au niveau des poissons qui se nourrissent des algues et du plancton. Et cela se confirme lorsqu'on trouve des teneurs énormes au niveau des grands prédateurs (requin, chien de mer, thon, espadon, etc.).

Les biochimistes expliquent ceci par l'existence d'un phénomène appelé bioaccumulation qui consiste en ce que l'animal accumule la toxicité qui se trouvait dans sa proie et augmente ainsi la teneur de l'élément dans son corps.

Par ailleurs, nos résultats concordent avec ceux des auteurs de [15] qui ont effectué des analyses sur du poisson pêché en méditerranée et ont trouvé des concentrations qui varient de 0.108 à 1.012 mg/kg de poids humide (les maximums correspondent toujours aux grands prédateurs).

De même, des études effectuées au niveau de l'atlantique ont donné des valeurs de l'ordre de 0.08 mg/kg de poids sec sur des poissons se nourrissant des algues et du plancton [20]. Ces dernières valeurs correspondent bien à nos résultats.

CONCLUSION GENERALE

Nous avons étudié les concentrations en métaux traces non essentiels (Hg, Pb et Cd) présents à l'état naturel chez les mollusques bivalves, les mollusques céphalopodes et les poissons. Notre but était de donner quelques informations sur la toxicité de ces métaux dans les produits marins Mauritanien en nous basant sur des données fiables.

Selon les résultats que nous avons obtenus, les teneurs en plomb et en mercure chez les mollusques en général sont faibles alors que celles du cadmium sont élevées particulièrement chez les mollusques bivalves avec des concentrations qui s'approchent les teneurs critiques pour le consommateur.

Par ailleurs, pour les poissons, le cadmium présente de faibles concentrations dans toutes les espèces étudiées. La présence du plomb est remarquable dans certaines catégories de poissons mais elle reste inférieure aux limites dangereuses.

Le mercure est faiblement présent dans la plupart des poissons étudiés. Ces concentrations sont particulièrement faibles au niveau des poissons se nourrissant des algues et du plancton (sardinelle, sole...etc.), elles sont relativement élevées (sans s'approcher des teneurs critiques) au niveau des petits prédateurs (corbines, dentons...etc.) et sont très élevées chez les grands prédateurs (requin, thon, chien de mer...etc.).

De même, un contrôle strict doit être mené en continu sur les poissons prédateurs qui présentent des teneurs inquiétantes en mercure.

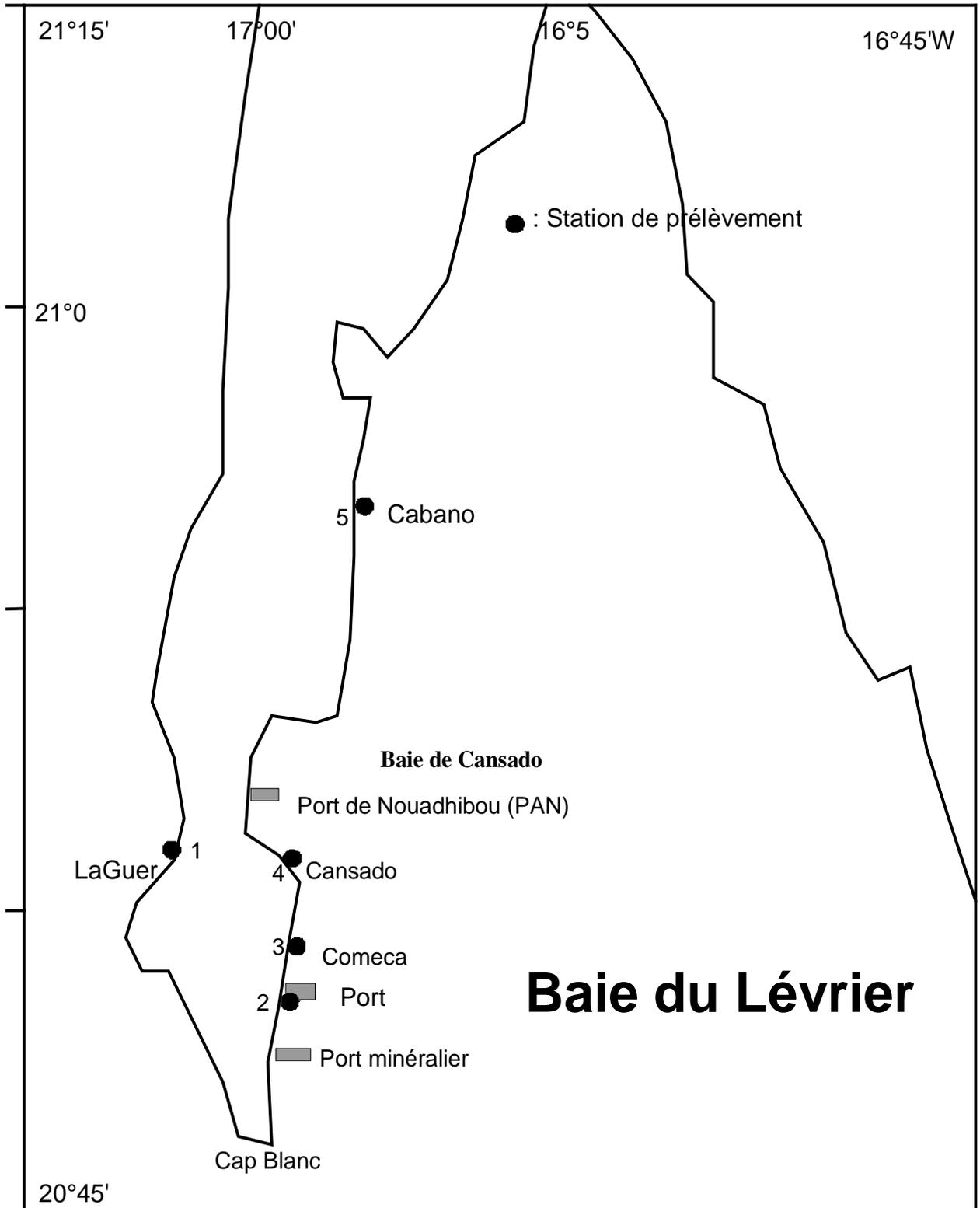
Nous espérons que ce travail constituera une source d'orientation pour les recherches à mener dans le futur sur les produits de la mer.

La Mauritanie est un pays qui possède des ressources halieutiques très abondantes dont l'exploitation rationnelle pourrait être une grande source de richesse. Cependant, une industrialisation non contrôlée pourrait être désastreuse sur le milieu marin. De ce fait, l'instauration de plans de surveillance est nécessaire pour la sauvegarde de l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Z. Sidoumou ; Qualité des eaux du littoral Mauritanien : étude des métaux traces chez deux mollusques bivalves *Venus verrucosa* et *donax rugosus*. Thèse de doctorat, Université de Nice Sophias-Antipolis, 1991, 5-41.
- [2] A. Y. Dartige, M. ROMÉO, Z. Sidoumou, H. Tounkara et C. R. JORIS ; variation saisonnière du cadmium dans la moule *Perna perna* prélevée dans la baie du lévrier et la Guera (Mauritanie) : Bulletin scientifique de IMROP, 2007,19-24.
- [3] D. Cossa ; et P. Lassus ; Le cadmium en milieu marin Biogéochimie et Ecotoxicologie. Rappels scientifiques et techniques de l'IFREMER, 1989, N°16, 33-37.
- [4] G. V. Alexander et D.R. Young; Trace metals in southern Californian mussels. *Marin Pollution Bulletin*, 1976, 14-17.
- [5] K.K. Bertine et E. D. Goldberg; Fossil fuel consumption and major sedimentary cycle, 1971, 23-30.
- [6] Société Française de santé publique. Glossaire (Internet). Adresse : 2 avenue Doyen Parisot, BP 7-54501 Vandœuvre lès Nancy CEDEX (France), 183.
- [7] IAEA, Determination of total mercury in selected marine organisms by cold vapour atomic absorption spectrophotometry. Reference Methods for marine pollution studies N°8. UNEP/FAO/IOC, 1984, 44-52.
- [8] M. Roméo; Contribution à l'étude de la toxicité des métaux lourds vis-à-vis des organismes marins. Transfert du chrome, cuivre, zinc, mercure et plomb le long de deux chaînes trophiques de type néritique et benthique. Doctorat 3^e cycle Université de Nice, 1975, 9-20.
- [9] M. Roméo ; Contribution à la connaissance des métaux traces (Cd, Cu, Hg, Pb, Zn) dans l'écosystème marin au niveau du plancton. Approches analytiques et expérimentales ; Thèse d'Etat. Université de Nice, 1985, 25-29.
- [10] I. Fall ; Extraction liquide-liquide de l'arsenic, du plomb, du cadmium et du cuivre à l'aide d'un nouveau dérivé hydrophobe du dithiocarbamate : application à la chromatographie d'extraction ; Thèse de doctorat de troisième cycle. Spécialité : Chimie-physique, 1999, 9-13.
- [11] M. B. Martin ; Résumé dans *nature Médecine*, 2003, 51-56.
- [12] CIRC : Centre international de recherche sur le cancer ; sur Internet : <www.iarc.fr>
- [13] IAEA ;. Guidelines for monitoring chemical contaminants in the sea using marine organisms. Reference Methods for marine Pollution studies N° 6. UNEP/FAO/IOC, 1993, 32-38.

- [14] D. Cossa ; Le cadmium et le mercure en milieu côtier :Biogéochimie et utilisation du genre mytilus comme indicateur quantitatif. Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles. Université Pierre et Marie Curie Paris VI, 1987, 28-35.
- [15] A. Elharaïki, M. Kessabi, Y. Sabhi, P. Benard, et D.R. Bruhler ; Contamination par le cadmium, le chrome, le mercure et le plomb des produits de la pêche Marocaine prélevés en mer Méditerranée. Revue Médecine vétérinaire, 1992,37-43.
- [16] S. Dedah; Wind, Surface water temperature, surface salinity and pollution in the area of the Banc d'Arguin. Mauritania. Hydrobiologia, 1993,41-58.
- [17] F. Cuq; Remote sensing of sea-surface and coastal feature in the area of the Banc d'Arguin; Mauritania. Hydrobiologia, 1993,33-40.
- [18] D. Cossa;: A review of the use of Mytilus spp. As quantitative indicators of cadmium and mercury contamination in coastal waters. Oceanol Acta ,1989, 417-432.
- [19] G. Cumont, F. Bernard et M. Briand;: Analyse annuelle Hyg. L. Fr. – Médecine Nutritionnelle, 1975, 11-17.
- [20] K.K. Bertine et E.D. Goldberg;: Fossil fuel consumption and major sedimentary cycle. Science 1971 173-233.



ANNEXES

Annexe I : Résultats bruts du CADMIUM

MOULES

ID	Conc blanc	conc éch	conc nette	PE	Conµg/g
IRM	-0,01831803	0,088548887	0,106866917	0,2044	0,026141614
COM080205-122	0,106112593	7,549157712	7,443045119	0,1978	1,88145731
COM080205-125	0,106112593	12,59025027	12,48413768	0,1988	3,139873661
COM080205-126	0,106112593	8,631167419	8,525054826	0,202	2,110162086
COM080205-127	0,106112593	5,473905871	5,367793278	0,2022	1,327347497
COM080205-128	0,106112593	7,891587061	7,785474468	0,2006	1,940546976
COM080205-129	0,106112593	1,753802532	1,647689939	0,1996	0,412747981
PP171204-131	0,106112593	1,417547963	1,31143537	0,2173	0,301756873
PP171204-132	0,106112593	2,63364576	2,527533167	0,2158	0,585619362
PP171204-134	0,106112593	8,308084128	8,201971535	0,1972	2,079607387

POISSONS

Foie1 -135	0,106112593	24,3038562	24,19774361	0,2048	5,907652248
Muscle1 -136	0,106112593	0,075938824	-0,03017377	0,2046	<LD
Branchies 1 -137	0,106112593	1,468204087	1,362091494	0,1956	0,348182897
Gonades1 -138	0,106112593	2,837023298	2,730910705	0,1936	0,705297186
Foie2 -139	0,106112593	28,27161067	28,16549808	0,2078	6,777068835
Muscle2 -140	0,106112593	1,117933085	1,011820492	0,2005	0,252324312
Branchies2 -141	0,106112593	2,38926691	2,283154317	0,2041	0,559322469
Gonades2 -142	0,106112593	1,86162449	1,755511897	0,191	0,459558088
Foie 3 -143	0,106112593	25,83035029	25,7242377	0,19	6,769536236
Muscle3 -144	0,106112593	0,822498943	0,71638635	0,1944	0,184255748
Branchies3 -145	0,106112593	1,843736897	1,737624304	0,1941	0,447610588
Gonades3 -146	0,106112593	0,74360308	0,637490486	0,2072	0,153834577

Annexe II : Résultat d'analyse du Cadmium et du plomb dans les échantillons de moules

ID	N° Ech	Date prélèvement	Date début d'analyse	Date fin analyse	Conc Cd (µg/g)	Conc Pb(µg/g)
M5	1	24/04/2006	14/02/2007	14/03/2007	2,754	0,055
M8	2	24/04/2006	14/02/2007	14/03/2007	3,303	0,051
M5	3	24/04/2006	14/02/2007	14/03/2007	0,307	0,017
M6	4	07/08/2006	14/02/2007	14/03/2007	4,078	0,012
M7 07-08-06-5	5	07/08/2006	14/02/2007	14/03/2007	3,897	0,050
M8 07-08-06-6	6	07/08/2006	14/02/2007	14/03/2007	2,896	0,046
M6	7	03/12/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,321	0,015
M7	8	09/12/2005	14/02/2007	14/03/2007	3,006	0,011
M8 09-12-06-9	9	09/12/2005	14/02/2007	14/03/2007	2,619	0,013
Port pétrolier150902-12	10	15/09/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,777	0,030
Port pétrolier150902-13	11	15/09/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,768	0,229
Port pétrolier150902-14	12	15/09/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,474	0,760
Port pétrolier150902-15	13	15/09/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,989	1,966
Port pétrolier150902-16	14	15/09/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,529	0,420
Port pétrolier150902-17	15	15/09/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,965	0,050
Port pétrolier150902-18	16	15/09/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,886	0,249
Port pétrolier150902-19	17	15/09/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,002	1,867
Coméca081002-22	19	08/10/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,792	0,025
Coméca081002-23	20	08/10/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,548	0,375
Coméca081002-24	21	08/10/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,532	0,050
Coméca081002-25	22	08/10/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,481	1,318
Coméca081002-26	23	08/10/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,774	0,091
Coméca081002-27	24	08/10/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,551	0,050
Coméca081002-28	25	08/10/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,565	0,050
Coméca081002-29	26	08/10/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,520	0,778
Coméca081002-30	27	08/10/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,291	0,050
Coméca081002-31	28	08/10/2002	14/02/2007	14/03/2007	9,411	0,223

Cabanon230102-32	29	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	7,267	2,165
Cabanon230102-33	30	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	7,152	2,911
Cabanon230102-34	31	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	7,708	1,055
Cabanon230102-35	32	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	2,214	2,434
Cabanon230102-36	33	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	2,327	0.050
Cabanon230102-37	34	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	10,488	1,118
Cabanon230102-38	35	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	3,207	0,613
Cabanon230102-39	36	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	2,273	2,223
Cabanon230102-40	37	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	2,551	1,406
Cabanon230102-41	38	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,721	0.050
Guera090402-42	39	09/04/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,407	0.050
Guera090402-43	40	09/04/2002	14/02/2007	14/03/2007	8,455	0.050
Guera090402-44	41	09/04/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,905	0.050
Guera090402-45	42	09/04/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,064	0,614
Guera090402-46	43	09/04/2002	14/02/2007	14/03/2007	10,88	0,031
Guera090402-47	44	09/04/2002	14/02/2007	14/03/2007	8,76	0.050

ID	N° Ech	Date prélèvement	Date début d'analyse	Date fin analyse	Conc Cd (µg/g)	Conc Pb(µg/g)
Guera090402-48	45	09/04/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,54	0,455
Guera090402-49	46	09/04/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,23	0,970
Guera090402-50	47	09/04/2002	14/02/2007	14/03/2007	0.006	0.050
Guera230102-51	48	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	5,80	0,769
Guera230102-53	49	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	7,98	0,534
Guera230102-54	50	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	5,86	0,986
Guera230102-55	51	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,03	0,898
Guera230102-56	52	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,42	0,131
Guera230102-57	53	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,74	0,063
Guera230102-58	54	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,69	0,312
Guera230102-59	55	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,60	0.050

Guera230102-60	56	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,72	1,061
Coméca230102-61	57	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,67	0,050
Coméca230102-62	58	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,52	0,012
Coméca230102-63	59	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,84	0,050
Coméca230102-64	60	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,85	0,863
Coméca230102-65	61	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,76	0,344
Coméca230102-66	62	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,56	0,000
Coméca230102-67	63	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,93	0,400
Coméca230102-68	64	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,01	0,269
Coméca230102-69	65	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	0,88	0,419
Coméca230102-70	66	23/01/2002	14/02/2007	14/03/2007	1,37	0,714
Cabanon171204-71	67	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	8,449	0,027
Cabanon171204-72	68	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	2,071	0,412
Cabanon171204-73	69	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	2,584	0,055
Cabanon171204-74	70	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	4,607	1,449
Cabanon171204-76	71	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	2,580	0,100
Cabanon171204-77	72	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	6,035	0,055
Cabanon171204-78	73	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	6,637	0,055
Cabanon171204-79	74	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	6,007	0,856
Cabanon171204-81	75	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	2,744	0,055
Cabanon171204-81	76	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	3,964	0,245
Cabanon171204-82	77	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	2,307	2,381
Cabanon171204-83	78	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	4,010	3,202
Cabanon171204-84	79	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	2,307	1,161
Cabanon171204-85	80	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	2,495	2,677
Cabanon171204-86	81	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	3,939	0,055
Cabanon171204-87	82	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	3,671	1,229
Cabanon171204-88	83	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	2,390	0,674
Cabanon171204-89	84	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	4,657	2,445
Cabanon171204-90	85	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	6,028	1,547

Cabanon171204-91	86	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	2,459	0,055
Cabanon171204-92	87	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	2,051	0,055
Cabanon171204-93	88	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	4,046	0,055
Cabanon171204-94	89	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	4,016	0,055
Cabanon171204-95	90	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	4,410	0,676
Cabanon171204-96	91	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	1,523	0,034
Cabanon171204-97	92	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	0,006	0,055
Cabanon171204-98	93	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	0,877	0,501
Cabanon171204-99	94	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	1,290	1,067
Cabanon171204-100	95	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	0,233	0,055
Coméca080205-101	96	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,092	0,846
Coméca080205-102	97	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,040	0,587
Coméca080205-103	98	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,398	1,085
Coméca080205-104	99	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,254	0,988
Coméca080205-105	100	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,006	0,144
Coméca080205-106	101	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,250	0,069
Coméca080205-107	102	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,131	0,343
Coméca080205-108	103	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,006	0,055
Coméca080205-108	104	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,901	1,167
Coméca080205-109	105	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,544	0,055
Coméca080205-110	106	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	1,000	0,014
Coméca080205-111	107	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,838	0,646
Coméca080205-112	108	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,538	1,193
Coméca080205-113	109	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,981	1,086
Coméca080205-114	110	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,522	0,159
Coméca080205-115	111	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,660	0,076
Coméca080205-116	112	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	1,618	0,377
Coméca080205-117	113	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	1,320	0,061
Coméca080205-118	114	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	1,985	1,283
Coméca080205-119	115	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	1,564	0,061

Coméca080205-120	116	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,826	0,015
Coméca080205-122	117	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	1,881	0,294
Coméca080205-123	118	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	2,070	0,122
Coméca080205-125	119	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	3,140	0,498
Coméca080205-126	120	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	2,110	0,237
Coméca080205-127	121	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	1,327	0,136
Coméca080205-128	122	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	1,941	0,151
Coméca080205-129	123	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	0,413	0,110
Coméca080205-130	124	08/02/2005	14/02/2007	14/03/2007	1,413	0,107
Port pétrolier171204-131	125	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	0,302	0,148
Port pétrolier171204-132	126	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	0,586	0,104
Port pétrolier171204-134	127	17/12/2004	14/02/2007	14/03/2007	2,080	0,176

Annexe III : Résultats analyse Mercure

- Poissons et Mollusques céphalopodes

N° LCM	Nom échantillon	Date prélèvement	Lieu de prélèvement	PE	c°Hg [mg/Kg]
225	mulet (muscle)	28/05/2007		0,1006	0,027
214	poulpe (muscle)	28/05/2007		0,1019	0,1113
215	choco(muscle)	05/06/2007		0,1013	0,1284
182	mugil (muscle)	28/05/2007		0,1004	0,01
213	choco(muscle)	28/05/2007		0,1018	0,1554
216	poulpe (muscle)	05/06/2007		0,1044	0,1255
251	lengua (muscle)	13/06/2007		0,1003	0,1933
252	gazon (muscle)	13/06/2007		0,0715	0,1993
253	roquera (muscle)	13/06/2007		0,1026	0,305
255	mulet (muscle)	13/06/2007		0,1026	0,0239
113	poulpe (muscle)			0,1075	0,0826
125	poulpe (muscle)			0,093	0,0798
116	courbine (muscle)			0,1025	0,2057
117	mulet (muscle)			0,1356	0,0382

171	courbine (muscle)			0,1006	0,249
172	mulet (muscle)			0,14	0,0095
173	courbine (muscle)	06/05/2007	Zone baie	0,1208	0,3275
174	mulet (muscle)	06/05/2007	Zone baie	0,1244	0,0041
7	poulpe battu (muscle)			0,107	0,0212
	mulet 1(muscle)	28/05/2007		0,1049	0,0315
	mulet 2(muscle)	28/05/2007		0,0932	0,0425
	courbine (muscle)	28/05/2007		0,1009	0,084
20°N/ 16°59	mulet (muscle)			0,0766	0,0591
774	Fapas (muscle)			0,206	0,0217
	farine (mélange muscle)			0,1034	0,0876
	praires (1Kg)(muscle)		Cansado	0,0893	0,0546
	céphalopholis (muscle)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,0944	0,2614
	céphalopholis (branchie)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,0929	0,1547
	pagrus auriga (muscle)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,0873	0,12
	pagrus auriga (branchie)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,09	0,0393
	parapristipoma(muscle)	08/09/2002	Banc d'arguin	0,0561	0,0471
	parapristipoma(branchie)	08/09/2002	Banc d'arguin	0,0955	0,0046
	parapristipoma(muscle)	08/09/2002	Banc d'arguin	0,056	0,00335
	parapristipoma(branchie)	08/09/2002	Banc d'arguin	0,0872	0,0051
	parapristipoma(muscle)	08/09/2002	Banc d'arguin	0,0522	0,0404
	parapristipoma(branchie)	08/09/2002	Banc d'arguin	0,1489	0,0114
	rouget (muscle)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,0955	0,3198
	rouget (muscle)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,0806	0,166
	rouget (branchie)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,107	0,0746
	rouget (muscle)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,0568	0,2018
	muctéroperca(muscle)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,0634	0,2974
	muctéroperca(muscle)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,0704	0,1511
	muctéroperca(muscle)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,0963	0,2038
	muctéroperca(branchie)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,1021	0,0544

	muctéroperca(muscle)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,0951	0,1467
	pégusa larcaris(muscle)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,1082	0,1687
	pégusa larcaris (muscle)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,1163	0,1198
	pégusa larcaris (muscle)	10/05/2002	Marché P NKTT	0,1171	0,1197
262	Poulpe (muscle)	05/07/2007	Zone baie	0,1185	0,0654
288	Mulet	05/07/2007	Zone baie	0,1519	0,0171
289	courbine (muscle)	05/07/2007	Zone baie	0,0711	0,2924
291	lengua (muscle)	05/07/2007	Zone baie	0,117	0,1218
N					
299	Choco (muscle)	05/07/2007	Zone baie	0,1153	0,3657
357	Thon	13/07/2007	SEPH	0,0407	2,3712
358	Espadon	13/07/2007	SEPH	0,0865	2,1837
359	Rakyencradon	13/07/2007	SEPH	0,1197	0,3273
360	Requin	13/07/2007	SEPH	0,0972	2,0392
361	Chien de mer	13/07/2007	SEPH	0,089	2,364
362	Calchinia	13/07/2007	SEPH	0,0609	2,4296
329-1	Choco (muscle)	06/07/2007	Timiris	0,0422	0,1086
329-2	Choco (muscle)	06/07/2007	Timiris	0,1084	0,23
329-3	Choco (muscle)	06/07/2007	Timiris	0,0823	0,0938
355	sole (tigré)	06/07/2007	Star fish	0,0803	0,1235
254-1	sardinelle	06/07/2007	Diawara	0,0951	0,0678
254-2	sardinelle	06/07/2007	Diawara	0,0773	0,0565
334-1	Denton	06/07/2007	May pêche	0,056	0,3395
334-2	Denton	06/07/2007	May pêche	0,0838	0,1528
328-1	poulpe	06/07/2007	Santamar	0,0908	0,0577
328-2	poulpe	06/07/2007	Santamar	0,0913	0,0377
326-1	poulpe	06/07/2007	Comauri	0,0867	0,0252
326-2	poulpe	06/07/2007	Comauri	0,0892	0,0367
395	Tigré	07/07/2007	Nay frigo	0,3636	0,0522
392	Raie	05/07/2007	SIPECO	0,516	0,1138

394	Choco (muscle)	05/07/2007	Areca Frigo	0,4319	0,1031
396	Poulpe	05/07/2007	SIPECO	0,3251	0,0205
397	poulpe	05/07/2007	NAMIA	0,3942	0,0155
393	Sargo	05/07/2007	SMEF	0,3606	0,0691

-Résultats Mercure dans les moules

N°échantillon	Nom échantillon	Date prélèvement	Lieu de prélèvement	sexe	Taille	PE (mg)	C°Hg [mg/Kg]	Moy: station
1.	moule(muscle)	19/06/2002	Station IMROP	M	6,4	0,1032	0,0441	
2.	moule(muscle)	19/06/2002	Station IMROP	F	5,6	0,1467	0,0453	
3.	moule(muscle)	19/06/2002	Station IMROP	F	6,3	0,0465	0,0661	
4.	moule(muscle)	19/06/2002	Station IMROP	F	6,4	0,0989	0,0557	
5.	moule(muscle)	19/06/2002	Station IMROP	F	6,7	0,1054	0,0350	0,0451
6.	moule(muscle)	19/06/2002	Station IMROP	F	7,1	0,1116	0,0404	
7.	moule(muscle)	19/06/2002	Station IMROP	F	6,8	0,1044	0,0361	
8.	moule(muscle)	19/06/2002	Station IMROP	M	7,8	0,1287	0,0335	
9.	moule(muscle)	19/06/2002	Station IMROP	M	7,8	0,105	0,0335	
10.	moule(muscle)	19/06/2002	Station IMROP	F		0,1046	0,0616	
11.	moule(muscle)	07/03/2002	Port pétrolier	M	6,5	0,0566	0,0291	
12.	moule(muscle)	07/03/2002	Port pétrolier	F	5,4	0,0543	0,0714	
13.	moule(muscle)	07/03/2002	Port pétrolier	F	5,4	0,0579	0,0414	
14.	moule(muscle)	07/03/2002	Port pétrolier	?	5,5	0,1325	0,0439	
15.	moule(muscle)	07/03/2002	Port pétrolier	F	5,8	0,0919	0,0459	
16.	moule(muscle)	07/03/2002	Port pétrolier	F	5,5	0,1204	0,0279	
17.	moule(muscle)	07/03/2002	Port pétrolier	M	5,9	0,0857	0,0257	0,0374
18.	moule(muscle)	07/03/2002	Port pétrolier	M	6,2	0,0777	0,0339	
19.	moule(muscle)	07/03/2002	Port pétrolier	M	5,2	0,0672	0,0218	
20.	moule(muscle)	07/03/2002	Port pétrolier	M	5,3	0,0796	0,0325	
21.	moule(muscle)	07/03/2002	CABANO	M	6,7	0,1042	0,0688	
22.	moule(muscle)	07/03/2002	CABANO	F	5,8	0,0656	0,0556	0,0431
23.	moule(muscle)	07/03/2002	CABANO	F	5,8	0,0703	0,0284	

24.	moule(muscle)	07/03/2002	CABANO	F	5,6	0,1275	0,0476	
25.	moule(muscle)	07/03/2002	CABANO	F	6,5	0,0947	0,0230	
26.	moule(muscle)	07/03/2002	CABANO	M	5,3	0,0998	0,0529	
27.	moule(muscle)	07/03/2002	CABANO	F	7	0,115	0,0353	
28.	moule(muscle)	07/03/2002	CABANO	M	5,3	0,0931	0,0515	
29.	moule(muscle)	07/03/2002	CABANO	M	7,1	0,1061	0,0393	
30.	moule(muscle)	07/03/2002	CABANO	F	7,4	0,11	0,0288	
31.	moule(muscle)	26/03/2002	GUERRA	F	3,6	0,0497	0,0759	0,0827
32.	moule(muscle)	26/03/2002	GUERRA	M	3,7	0,0771	0,0475	
33.	moule(muscle)	26/03/2002	GUERRA	F	3,7	0,0747	0,1089	
34.	moule(muscle)	26/03/2002	GUERRA	M	3,6	0,0867	0,0844	
35.	moule(muscle)	26/03/2002	GUERRA	M	3,5	0,0917	0,0898	
36.	moule(muscle)	26/03/2002	GUERRA	M	3,5	0,1049	0,0919	
37.	moule(muscle)	26/03/2002	GUERRA	M	3,4	0,0673	0,1308	
38.	moule(muscle)	26/03/2002	GUERRA	M	3,4	0,093	0,0865	
39.	moule(muscle)	26/03/2002	GUERRA	F	3,3	0,0968	0,0826	
40.	moule(muscle)	26/03/2002	GUERRA	F	3	0,06	0,1660	
41.	moule(muscle)	26/03/2002	Port pétrolier	F	4,8	0,0693	0,0255	0,0472
42.	moule(muscle)	26/03/2002	Port pétrolier	F	5,1	0,0461	0,0730	
43.	moule(muscle)	26/03/2002	Port pétrolier	M	5	0,1098	0,0372	
44.	moule(muscle)	26/03/2002	Port pétrolier	F	5,1	0,0734	0,0190	
45.	moule(muscle)	26/03/2002	Port pétrolier	M	4,8	0,1035	0,0514	
46.	moule(muscle)	26/03/2002	Port pétrolier	F	4,7	0,0988	0,0485	
47.	moule(muscle)	26/03/2002	Port pétrolier	F	4,6	0,0961	0,0927	
48.	moule(muscle)	26/03/2002	Port pétrolier	M	5,2	0,1315	0,0356	
49.	moule(muscle)	26/03/2002	Port pétrolier	M	4,4	0,0706	0,0471	
50.	moule(muscle)	26/03/2002	Port pétrolier	M	4,8	0,079	0,0418	
51.	moule(muscle)	19/06/2002	station COMECA	M	5,7	0,1205	0,0417	0,0484
52.	moule(muscle)	19/06/2002	station COMECA	M	7	0,1056	0,0502	
53.	moule(muscle)	19/06/2002	station COMECA	M	6,7	0,0884	0,0944	

54.	moule(muscle)	19/06/2002	station COMECA	F	6,4	0,1622	0,0392	
55.	moule(muscle)	19/06/2002	station COMECA	F	6,7	0,1215	0,0495	
56.	moule(muscle)	19/06/2002	station COMECA	M	7	0,1227	0,0524	
57.	moule(muscle)	19/06/2002	station COMECA	F	7	0,1055	0,0394	
58.	moule(muscle)	19/06/2002	station COMECA	M	7,8	0,1021	0,0225	
59.	moule(muscle)	19/06/2002	station COMECA	F	7,5	0,1103	0,0621	
60.	moule(muscle)	19/06/2002	station COMECA	M	7,5	0,1137	0,0325	
61.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	F	5,6	0,1027	0,0385	0,0507
62.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	F	5,3	0,0652	0,0319	
63.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	4,7	0,0884	0,0436	
64.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	F	4,5	0,0668	0,0619	
65.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	4,7	0,0946	0,0175	
66.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	4,2	0,1059	0,0579	
67.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	?	4	0,0733	0,0420	
68.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	4	0,1156	0,0229	
69.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	4,9	0,0986	0,0443	
70.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	5	0,0874	0,0436	
71.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	?	4,3	0,0652	0,0794	
72.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	F	4,1	0,0981	0,0260	
73.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	4,3	0,1005	0,0370	
74.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	4,5	0,1063	0,0375	
75.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	F	4,9	0,1041	0,0368	
76.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	?	4,8	0,0632	0,0549	
77.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	F	4,7	0,0914	0,0369	
78.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	?	4,5	0,0534	0,0642	
79.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	4,2	0,1086	0,0304	
80.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	4,3	0,0823	0,0514	
81.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	F	4	0,0915	0,0440	
82.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	3,9	0,1044	0,0493	
83.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	?	3,9	0,0872	0,0694	

84.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	3,7	0,0911	0,0370	
85.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	4,6	0,1095	0,0407	
86.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	4,1	0,0669	0,1651	
87.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	4,2	0,0986	0,1011	
88.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	F	4	0,0778	0,0443	
89.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	4,4	0,0822	0,0694	
90.	moule(muscle)	21/05/2003	Station CABANO	M	4	1154	0,0421	
91.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	6,3	0,0625	0,1039	0,0976
92.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	6,9	0,1056	0,0622	
93.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	6,3	0,0549	0,1223	
94.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	5,3	0,1184	0,0579	
95.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	5,6	0,105	0,0833	
96.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	5,7	0,1119	0,0852	
97.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	6,5	0,0704	0,0833	
98.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	6	0,0887	0,0926	
99.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	F	4,3	0,0717	0,3000	
100.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	4,8	0,0621	0,0884	
101.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	6,4	0,0723	0,0732	
102.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	?	6,7	0,1283	0,0534	
103.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	?	7,1	0,1056	0,0784	
104.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	F	4,7	0,1242	0,0842	
105.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	4,9	0,1305	0,0875	
106.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	6	0,0885	0,0995	
107.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	5,4	0,0829	0,0938	
108.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	4,8	0,0877	0,0737	
109.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	6,4	0,0736	0,1036	
110.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	6,2	0,0885	0,0922	
111.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	6,2	0,0952	0,0995	
112.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	4,8	0,0935	0,1289	
113.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	F	6,8	0,0955	0,0709	

114.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	7,3	0,0817	0,0701	
115.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	6,3	0,1144	0,0647	
116.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	4,8	0,0814	0,1077	
117.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	4,5	0,0672	0,1091	
118.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	4,6	0,0628	0,1038	
119.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	6,3	0,0822	0,1178	
120.	moule(muscle)	24/09/2002	GUERRA	M	5,7	0,0638	0,1371	

Titre : DOSAGE DES METAUX LOURDS (Cd, Hg et Pb) DANS QUELQUES PRODUITS HALIEUTIQUES DE LA CÔTE MAURITANIENNE

RESUME

Ce travail a porté sur le dosage de trois métaux lourds (mercure, plomb et cadmium) dans certains produits halieutiques Mauritaniens ; à savoir les mollusques bivalves et céphalopodes et les poissons. Auparavant, nous avons commencé par une synthèse bibliographique qui a porté, pour chacun des métaux étudiés, sur l'origine, la toxicité et l'écotoxicité, les propriétés physico-chimiques et sur les applications. Ensuite, nous avons décrit le matériel et les méthodes qui ont été utilisés pour doser les teneurs en ces métaux dans les produits étudiés. En fin, nous avons discuté sur les résultats que nous avons obtenus. Ces résultats ont montré que dans la plupart des cas les concentrations restent très inférieures aux limites critiques fixées par la coopération Mauritano-Européenne de pêche. Cependant, elles s'approchent sensiblement à ces limites pour les grands prédateurs.

Mots clés : Dosage, Métaux lourds, Mercure, Plomb, Cadmium, Mollusques et Poissons.

Année académique : 2007- 2008

