

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER
Option : Biodiversité et gestion des écosystèmes**

Thème

**Contribution à l'évaluation des risques environnementaux
radioactifs et métalliques sur la biodiversité de quelques
organismes marins**

Présenté par :

M^{elle} FERHI Meryem

Soutenu le 28/11/2019 devant le jury composé de :

M. AIT SAIDI A.	Maître de conférences B	(ENSSMAL)	PRESIDENT
M. KADA M.	Maître-Assistant Classe A	(ENSSMAL)	EXAMINATEUR
Mme. GHALMI R.	Maître-Assistant Classe A	(ENSSMAL)	EXAMINATRICE
Mme. HAMMADI A.	Chargée de recherche	(CRNA)	PROMOTRICE
M. BOUGHRIRA A.	Maître-Assistant Classe A	(ENSSMAL)	CO-PROMOTEUR
M. TAIEB ERRAHMANI D.	Attaché de recherche	(CRNA)	INVITE

Promotion : 2018 / 2019

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
DE MASTER**

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Biodiversité et gestion des écosystèmes

Thème

**Contribution à l'évaluation des risques environnementaux
radioactifs et métalliques sur la biodiversité de quelques
organismes marins**

Présenté par :

M^{elle} FERHI Meryem

Soutenu le 28/11/2019 devant le jury composé de :

M. AIT SAIDI A.	Maître de conférences B	(ENSSMAL)	PRESIDENT
M. KADA M.	Maître-Assistant Classe A	(ENSSMAL)	EXAMINATEUR
Mme. GHALMI R.	Maître-Assistant Classe A	(ENSSMAL)	EXAMINATRICE
Mme. HAMMADI A.	Chargée de recherche	(CRNA)	PROMOTRICE
M. BOUGHRIRA A.	Maître-Assistant Classe A	(ENSSMAL)	CO-PROMOTEUR
M. TAIEB ERRAHMANI D.	Attaché de recherche	(CRNA)	INVITE

Promotion : 2018 / 2019

Remercîment

Je viens à exprimer ma reconnaissance aux membres de jury qui ont bien voulu nous honorer afin d'évaluer ce modeste travail.

Je remercie d'abord **M. AIT SAIDI A.** en tant que président de ce jury
et **Mme GHALMI R.** en tant qu'examinatrice.

Je tiens à remercier **M. KADA M.** non seulement pour avoir examiné ce travail, mais aussi pour ses conseils et son aide lors de l'échantillonnage.

Je remercie en particulier ma promotrice **Mme. HAMMADI A.** pour avoir accepté d'encadrer cette étude et de m'avoir donné la chance d'effectuer ma pratique au sein du laboratoire. Je la remercie pour son implication et ses soutiens malgré son occupation.

Je tiens à remercier mon co -promoteur **M. BOUGHRIRA A.** pour avoir accepté de co-encadrer cette étude, pour sa compréhension et sa tolérance, ainsi que ses conseils et son aide.

Je tiens à remercier **M. TAIEB ERRAHMANI D.** pour son soutien et ses encouragements, ainsi que ses orientations et ses conseils tout au long de ce travail, et surtout son temps consacré pour enrichir ce travail.

En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribués de près ou de loin au bon déroulement de mon PFE et à l'élaboration de ce modeste travail ; particulièrement ceux du CRNA **M. TOUMERT I.**, **Mme ROBY S.**, **M. ARABI A.** et **Mme. AOUCHICHE F.**, et les ingénieurs des laboratoires de l'ENSSMAL ; ainsi que **M. INAL A.** du CNRDPA, pour avoir nous assurer les échantillons des rougets de vase.

Je remercie également **Pr. SEMROUD R.** et **Dr. REFES W.** pour leurs orientations lors de l'identification des espèces, ainsi que **M. SILHADI M-A.**, **M. OUDAINIA S-E.**
et **M. KACIMI A.** pour leurs aides.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

Mon père et ma mère ;

Mes amis, mes frères et mes sœurs ;

Ainsi que

Toutes les personnes qui m'ont encouragé.

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Listes des annexes	
Liste des acronymes	
Table de matières	
INTRODUCTION	1
Chapitre I : Généralités	
1 Ecologie des espèces cibles	3
1.1 <i>Mytilus galloprovincialis</i> (Lamarck, 1819)	3
1.1.1 Position Systématique	3
1.1.2 Répartition	4
1.1.3 Description	4
1.1.4 Habitat	4
1.1.5 Régime alimentaire et mode d'alimentation	4
1.1.6 Reproduction et Croissance	4
1.2 <i>Perna perna</i> (Linnaeus, 1758)	5
1.2.1 Position Systématique	5
1.2.2 Répartition	6
1.2.3 Description	6
1.2.4 Habitat	6
1.2.5 Régime alimentaire et mode d'alimentations	6
1.2.6 Reproduction.....	6
1.3 <i>Patella caerulea</i> (Linnaeus 1758)	7
1.3.1 Position Systématique	7
1.3.2 Répartition	7
1.3.3 Description	7
1.3.4 Habitat	8
1.3.5 Régime alimentaire et mode d'alimentations	8
1.3.6 Reproduction et croissance	8
1.4 <i>Mullus barbatus barbatus</i> Linnaeus, 1758	9
1.4.1 Position Systématique	9
1.4.2 Répartition	10

1.4.3	Description	10
1.4.4	Habitat	10
1.4.5	Régime alimentaire et mode d'alimentaire	10
1.4.6	Reproduction et Croissance	11
1.5	Peuplements associés aux espèces cibles	11
1.5.1	Peuplement associé aux <i>M. galloprovincialis</i> , <i>P. perna</i> et <i>Patella caerulea</i>	11
1.5.2	Peuplement associé aux poissons <i>M. b. barbatus</i>	12
2	Ecosystème, risque et précaution	12
2.1	Cas des risques dus aux éléments radioactifs	13
2.1.1	Emission radioactive alpha	13
2.1.2	Emission radioactive beta	13
2.1.3	Emission radioactive gamma.....	13
2.1.4	Contamination des milieux marins par des radionucléides (Cas du ²¹⁰ Po).....	14
2.2	Cas des risques dus aux éléments métalliques.....	16
2.2.1	Contamination des milieux marins par les métaux traces (cas du Hg, Cd et Pb) ...	16

Chapitre II : Zone d'étude

1	Présentation des zones d'étude	21
1.1	Ghazaouet	21
1.2	Mostaganem	22
1.3	Zeralda	22
1.4	Ain Taya.....	22
2	Principales sources des risques environnementaux.....	22

Chapitre III : Matériel et Méthodes

1.	Échantillonnage	25
2.5	Mollusques (moules et patelles)	25
2.6	Poissons (<i>Mullus barbatus barbatus</i>).....	25
2.7	Espèces associées	26
2.	Choix des espèces biologiques et polluants.....	26
2.1	Espèces biologiques.....	26
2.2	Polluants à analyser	27
3	Traitement des échantillons	27
3.1	Traitement des espèces associées aux espèces cibles	27

3.1.1	Tri et organisation	27
3.1.2	Identification des espèces	27
3.2	Traitement des espèces cibles.....	28
3.2.1	Pesée et mesures biométriques	28
3.2.2	Dissection et dé-coquillage	29
3.2.3	Identification	29
3.2.4	Lyophilisation	31
3.2.5	Broyage et homogénéisation	31
4	Analyses des polluants.....	31
4.1	Analyse du Polonium-210 par spectrométrie alpha.....	32
4.1.1	Procédures radiochimiques	32
4.1.2	La spectrométrie alpha	36
4.2	Analyse du mercure total par analyseur DMA-80.....	41
4.2.1	Procédure de mesure	41
4.2.2	Analyseur direct du mercure total (DMA-80)	42
4.3	Analyse du Plomb et Cadmium par l'EDXRF	44
4.3.1	Procédure de mesure	44
4.3.2	Le spectromètre par fluorescence à rayons X de dispersion d'énergie	45
5	Evaluation dosimétrique	47

Chapitre IV : Résultats et Discussion

1	Peuplements associés	50
2	Indice de Condition	50
3	Variations spatiales des polluants radioactifs et métalliques	51
3.1	Variations spatiales du polonium-210 dans les mollusques bivalves	51
3.2	Variations spatiales des polluants métalliques toxiques dans les mollusques	53
3.3	Variations spatiales des polluants métalliques toxiques dans le poisson	56
4	Risques dus aux polluants radioactifs.....	58
5	Risques dus aux polluants métalliques	59
	CONCLUSION.....	62

Références Bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Chapitre I : Généralité

Figure I-1 : <i>Mytilus galloprovincialis</i> échantillonnée de Zeralda (2019).....	3
Figure I-2 : <i>Perna perna</i> échantillonnée de Zeralda (2019)	5
Figure I-3 : <i>Patella caerulea</i> échantillonnée de Zeralda (2019).....	7
Figure I-4 : <i>Mullus barbatus barbatus</i> échantillonnée de Ghazaouet (2019)	9

Chapitre II : Zone d'étude

Figure II-1 : Localisation des zones d'étude	21
--	----

Chapitre III : Matériel et Méthodes

Figure III-1 : Tri des espèces.....	27
Figure III-2 : Préparations des moules	28
Figure III-3 : Pesées et mesures biométriques des espèces	29
Figure III-4 : Lyophilisation des échantillons (a : ALPHA 1-2 LD ; b : CHRIST BETA 1-8)	31
Figure III-5 : Broyage des échantillons	31
Figure III-6 : Dissolution des échantillons	32
Figure III-7 : Filtration de la solution	33
Figure III-8 : Introduction du disque dans la solution sur un système d'agitation	33
Figure III-9 : Récupération du disque.....	34
Figure III-10 : Introduction du disque dans la chambre de mesure	34
Figure III-11 : Protocole des procédures radiochimiques de mesure par spectrométrie alpha	35
Figure III-12 : Analyseur de la spectrométrie alpha	36
Figure III-13 : Spectres d'étalonnage en énergie.....	38
Figure III-14 : Procédure de mesure par DMA-80	42
Figure III-15 : L'analyseur direct du mercure DMA-80.....	Erreur ! Signet non défini.42
Figure III-16 : pesée de farine et décontamination de l'analyseur	43
Figure III-17 : Préparation des échantillons pour l'EDXRF	44
Figure III-18 : Spectromètre de fluorescence par des rayons X à dispersion d'énergie..	45
Figure III-19 : Principe de l'EDXRF	45
Figure III-20 : Spectromètre à dispersion d'énergie	46

Chapitre IV : Résultats et Discussions

Figure IV-1 : Contribution relative des groupes faunistiques et floristiques associés aux Poissons	50
Figure IV-2 : Cartographie des polluants métalliques dans les mollusques pour la station de Zeralda	54
Figure IV-3 : Cartographie des polluants métalliques dans les mollusques pour la station d'Ain Taya	54
Figure IV-4 : Cartographie des polluants métalliques dans les compartiments de rouget de Ghazaouet	56

Figure IV-5 : Cartographie des polluants métalliques dans les compartiments du rouget de Mostaganem.....	57
---	-----------

Liste des tableaux

Chapitre I Généralités

Tableau I-1: Systématique de <i>Mytilus galloprovincialis</i> (WoRMS, 2019)	3
Tableau I-2 : Systématique de <i>Perna perna</i> (WoRMS, 2019).....	5
Tableau I-3 : Systématique de <i>Patella caerulea</i> (WoRMS, 2019)	7
Tableau I-4 : Systématique de <i>M. b. barbatus</i> (WoRMS. 2019)	9

Chapitre III : Matériel et Méthodes

Tableau II-1 : Caractéristiques des prélèvements des espèces biologique	25
Tableau II-2 : Récapitulatif des critères morphologies d'identification	30
Tableau II-3 : Eléments constituant d'une chaîne de spectrométrie alpha et leurs rôles	37

Chapitre IV : Résultats et Discussions

Tableau IV-1 : Indice de Condition (IC) en (%) chez les espèces de Mollusque cibles...51	
Tableau IV-2 : Activités du ^{210}Po en Bq/Kg poids sec dans les moules de Zeralda et Ain Taya	51
Tableau IV-3 : Comparaison des activités enregistrées dans les moules de différentes études 53	
Tableau IV-4 : Concentrations des éléments métalliques toxiques (Hg total, Pb et Cd) en (ppm) dans les moules	53
Tableau IV-5 : Concentrations des éléments métalliques toxiques dans trois compartiments de poissons pour les stations Ghazaouet et Mostaganem.....56	
Tableau IV-6 : Doses annuelles estimées	58
Tableau IV-7 : Les teneurs en éléments métalliques toxiques dans des organismes bioindicateurs au sein de différentes régions du littoral algérien.....60	

Listes des annexes

Annexe I : Fiche d'Echantillonnage des rougets pour les stations Ghazaouet et Mostaganem.

Annexe II : Critères d'identification des deux familles (Mullidae et des Mytilidae).

Fig. 1 : Critères d'identification de la famille Mullidae

Fig. 2 : Critères d'identification de la famille Mytilidae

Annexe III : Séries des mesures biométriques des espèces cibles.

Annexe IV : Peuplements associés aux mollusques cibles.

Annexe V : Peuplements associés aux poissons *Mullus barbatus barbatus*.

Liste des acronymes

ADN : Acide DésoxyriboNucléique.

AIEA : Agence Internationale d'énergie Atomique.

CEAEQ : Centre D'Expertise En Analyse Environnementale du QUÉBEC.

CNRDPA : Centre National des Recherches et de Développements de la pêche et l'aquaculture.

CRNA : Centre des Recherches Nucléaire Alger.

ENSSMAL : École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

FAO : Food and Agriculture Organisation.

ICPR : International Commission for Radiation.

JECFA : Comité mixte FAO / OMS d'experts.

OMS : Organisation Mondiale du Santé.

UNSCEAR : *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*

US EPA : *United States Environmental Protection Agency.*

WoRMS : World Register of Marine Species.

HNO₃ : Acide Nitrique ; **H₂O₂** : Eau oxygénée ; **HCl** : Acide Chloridrique

Cd : Cadmium ; **Pb** : Plomb ; **Hg** : Mercure ; **²¹⁰Po** : Polonium-210.

Pb⁺² : Forme ionique du Plomb ; **Ca⁺²** : Forme ionique du Calcium

²⁰⁶Pb : Plomb-206 ; **²⁰⁷Pb** : Plomb-207 ; **²⁰⁸Pb** : Plomb-208.

²³⁹Pu : Plutonium-239 **²⁴⁴Cu** : Curium-244 ; **²⁴¹Am** : Americium-241.

ppm : Partie par million.

♂ : Male ; ♀ : Femelle ; **γ** : Gamma. ; **α** : Alpha. ; **β** : Béta

INTRODUCTION

La biodiversité a été considérée depuis longtemps comme de simples inventaires de la diversité biologique. Celle-ci est de plus en plus incluse dans les évaluations environnementales grâce à l'utilisation d'indicateurs biologiques destinés aux travaux de détection de la pollution et de protection de la nature (**Grimes *et al.*, 2004**).

Les substances chimiques dispersées dans l'environnement représentent un risque pour les organismes vivants et la santé humaine. Pour quantifier le risque écotoxicologique de ces substances, il est utile d'effectuer une biosurveillance des écosystèmes, en se basant sur des outils biologiques pour caractériser le fonctionnement et la qualité des écosystèmes y compris leurs biotes associés. Ces outils sont des indicateurs biologiques, aptes à fonder un diagnostic sur la santé de l'écosystème et mieux maîtriser le risque de toxicité des métaux ou bien la radiotoxicité du Polonium-210 sur les organismes marins (**Amiard, 2011**).

Dans ce contexte, l'objectif principal de cette étude consiste à quantifier quelques polluants toxiques (Radionucléide : Polonium-210 et métaux traces : Mercure, Plomb et Cadmium) dans quelques organismes marins bioindicateurs. Ces polluants engendrent des risques environnementaux et sanitaires, sur les organismes marins ainsi que l'homme comme étant le dernier maillon dans la chaîne trophique.

Pour cela, deux groupes de la faune marine rocheuse et benthique ont été choisis (Mollusque et poisson), vu leurs capacités d'accumuler les polluants, afin de prévenir les risques potentiels de ces substances xénobiotiques sur les consommateurs. Les zones côtières concernées dans cette étude sont : Ghazaouet, Mostaganem, Zeralda et Ain Taya, qui ont été choisis en raison de la disponibilité des échantillons.

Le présent document est structuré en quatre chapitres, le premier se focalise sur l'écologie des espèces cibles et leurs peuplements associés, ainsi que les risques dus aux éléments radioactifs et non radioactifs. Les zones d'étude sont présentées dans le deuxième chapitre, le troisième chapitre présentera les matériels et les méthodes suivis pour réaliser les différents dosages. Enfin le dernier chapitre, qui mis en évidence l'ensemble des résultats et discussions.

GENERALITES

1 Ecologie des espèces cibles

Dans cette présente étude, quatre organismes marins bio-indicateurs ont été prise en compte :

- *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) = la moule méditerranéenne
- *Perna perna* (Linnaeus, 1758) = la moule africaine
- *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758) = la patelle bleue = patelle de méditerranée
- *Mullus barbatus barbatus* Linnaeus, 1758 = Le Rouget de vase = Rouget barbet

1.1 *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819)



Figure I-1 : *Mytilus galloprovincialis* échantillonnée de Zeralda (2019)

1.1.1 Position Systématique

La systématique de la moule *Mytilus galloprovincialis* est représentée au tableau ((I-4) suivant :

Tableau I-1: Systématique de *Mytilus galloprovincialis* (WoRMS, 2019)

Règne	Animale
Embranchement	Mollusque
Classe	Bivalve
Sous-classe	Ptériomorphe
Ordre	Mytilida
Super-famille	Mytiloidea
Famille	Mytilidae
Genre	<i>Mytilus</i>
Espèce	<i>Mytilus galloprovincialis</i>

1.1.2 Répartition

C'est une espèce originale au littoral de la mer méditerranée et aussi pour la région européenne (**Bhaby *et al.*, 2011 ; Santhanam, 2018**). Cependant, son aire de répartition n'est pas strictement méditerranéenne ; Elle s'étend sur la Mer Noire, l'Adriatique (**Lubet, 1973**), la côte Atlantique depuis la baie d'Agadir jusqu'aux Iles britanniques (**Naciri, 1998**) et englobe aussi l'Afrique du Sud, la Nouvelle-Zélande et la Californie (**Mc Donald *et al.*, 1991**).

1.1.3 Description

Cette espèce a une carapace lisse grossièrement de forme allongée et triangle avec un bec formant de sommet. La marge antérieure est droite, tandis que la marge postérieure est largement arrondie. La surface est marquée par une ligne de croissance concentrique. Sa couleur est noirâtre, bleu-noirâtre ou brunâtre à l'extérieure, et blanchâtre à l'intérieur, avec une marge violette et une cicatrice musculaire distincte. Elle peut atteindre une longueur de 15 cm ; Ses dimensions sont grandement influencées par son biotope : les coquilles intertidales restent souvent petites, dépassant rarement 6 cm, et les coquilles d'eaux profondes peuvent mesurer 9 cm (**Santhanam, 2018**).

1.1.4 Habitat

L'espèce vit fixée sur des substrats durs par son byssus aux fonds très variés des étages médiolittoral et infralittoral, (**Fischer *et al.*, 1987 ; Santhanam, 2018**).

1.1.5 Régime alimentaire et mode d'alimentation

Elle se nourrit par filtration des organismes planctoniques. En effet elle pompe de l'eau à travers les branchies élargies ressemblant à des tamis ; les particules d'aliments s'accumulent sur les branchies lamelles et sont ensuite transportés par les cils vers la bouche, puis se rendent dans l'œsophage et l'estomac (**Santhanam, 2018**). D'autres sources d'alimentations peuvent être absorbés telles que, des particules fines de matière organique dissoute ou bien organiques inertes (détritiques) associées aux bactéries (**Morton, 1960**).

1.1.6 Reproduction et Croissance

Cette espèce se développe rapidement et peut atteindre 70 mm dans sa première année aux conditions favorables. Les espèces exposées aux actions directes des vagues peuvent atteindre des taux de croissance plus élevé que celles abrité (**Santhanam, 2018**).

C'est une espèce gonochorique et présente un cycle de reproduction annuel alternant avec une phase de repos sexuel durant laquelle des réserves nutritionnelles sont constituées (**Lubet,**

1973). Son cycle de vie comprend un stade larvaire, où l'animal est capable de ramper en utilisant son pied ; et un stade plantigrade (naissain, graine, juvénile), ainsi le stade post-larvaire qui suit la métamorphose, les gonades s'étendent dans tout le corps et sont de couleur crème-blanchâtre chez les mâles et orange chez les femelles. A maturité sexuelle (1–2 ans) des millions de gamètes sont relâchés lors du frai avec des œufs fécondés devenant des larves planctotrophes capables de se disperser sur de grandes distances (**Santhanam, 2018**).

1.2 *Perna perna* (Linnaeus, 1758)



Figure I-2 : *Perna perna* échantillonnée de Zeralda (2019)

1.2.1 Position Systématique

La systématique de la moule *Perne perna* est représentée au tableau ((I-2) suivant

Tableau I-2 : Systématique de *Perna perna* (WoRMS, 2019)

Règne	Animale
Embranchement	Mollusque
Classe	Bivalve
Sous-classe	Ptériomorphe
Ordre	Mytilida
Superfamille	Mytiloidea
Famille	Mytilidae
Genre	<i>Perna</i>
Espèce	<i>Perna perna</i>

1.2.2 Répartition

La moule *Perna perna* (La moule africaine) vit sur les côtes nord et nord-est des frontières Algéro-tunisiennes, côtes de l'Afrique (Sénégal, Mauritanie, Maroc), côtes africaines de la méditerranée occidentale, de Gibraltar jusqu'au cap Bon, côte européenne de la méditerranée espagnole dans la région de Malaga, et côtes de l'Amérique du Sud de l'Argentine aux Antilles (**Zaouali, 1973**). C'est une espèce originaire des régions tropicales et subtropicales de l'océan Atlantique ; au large de la côte ouest de l'Afrique et de la côte sud-américaine jusqu'aux Caraïbes (**Santhanam, 2018**).

1.2.3 Description

Cette espèce est facilement reconnaissable par sa couleur brune, mais la caractéristique d'identification est la « cicatrice divisée de rétracteur postérieur ». Sa crête résille piquée le différencie également des autres bivalves, elle peut atteindre 12 cm (**Santhanam, 2018**).

Pallary (1921) a décrit *P. perna* algérienne d'un très beau vert émeraude, tandis que celle du Tunisie l'aspect extérieur est beaucoup plus proche de la description donnée par **Nickl   (1950)**. En effet, selon cet auteur, l'examen des valves des *P. perna* tunisiennes montre qu'elles sont recouvertes d'une cuticule brune fauve à reflets légèrement verdâtres laissant voir en transparence des chevrons bruns foncés.

1.2.4 Habitat

La *P. perna* vit fixée sur les substrats durs, et généralement en mélange avec la *M. galloprovincialis* (**Abada-Boudjema et al., 1995**). Elle fréquente des milieux marins, lagunaires et d'eau douce (**Santhanam, 2018**).

1.2.5 Régime alimentaire et mode d'alimentations

Elle se nourrit par filtration du plancton et de matière en suspension (**Santhanam, 2018**).

1.2.6 Reproduction

La reproduction de *P. perna* a été notée par **Lubet (1959)**. Un tel fait, elle était étalée sur toute l'année avec un taux maximal au début de l'automne et minimal en été.

1.3 *Patella caerulea* (Linnaeus 1758)



Figure I-3 : *Patella caerulea* échantillonnée de Zeralda (2019)

1.3.1 Position Systématique

La systématique de la patelle *Ptella caerulea* est illustrée au tableau (I-3) suivant :

Tableau I-3 : Systématique de *Patella caerulea* (WoRMS, 2019)

Règne	Animale
Embranchement	Mollusque
Classe	Gastéropodes
Sous-classe	Patellogastropoda
Superfamille	Patelloidea
Famille	Patellidae
Genre	<i>Patella</i>
Espèce	<i>Patella caerulea</i>

1.3.2 Répartition

La *Patella caerulea* (Patelle de méditerranée) présente une large distribution mondiale, le long de la mer Méditerranéenne ainsi que l'océan Atlantique : au large des îles Canaries, de Madère et des Açores ; dans des habitats naturels et artificiels (Santhanam, 2018).

1.3.3 Description

L'espèce *P. caerulea* anciennement écrit *P. cœrulea*, communément appelée chapeau chinois ; est décrit par Lamarck (1819), comme étant un mollusque gastéropode de taille médiocre, et possède un test ovale avec un sommet pointu, incliné, ses bords sont dentés

irrégulièrement par la saillie inégale de ses rayons. Marqué par une tache blanchâtre qui occupe le fond du sommet, elle est bleue d'où vient son ancien nom commun la patelle bleue.

Cette espèce présente une coquille mince et aplatie, avec un contour ovale fortement irrégulier (**Boudouresque, 2005**), elle est caractérisée par la présence de 6 à 8 rayons colorés et /ou des reliefs rayonnants. Sa face interne est bleue grisâtre, et sa face externe présente une alternance entre rayons claire et rayons brunâtre coïncidant avec l'alternance des reliefs (**Hakabe, 2010**).

1.3.4 Habitat

Les individus de *P. caerulea* vivent fixés sur les roches battus et éclairés de l'étage médiolittoral (**Neal et al, 2004**). Ils s'y fixent très solidement à la manière d'une ventouse très puissante pour résister à la dessiccation et aux chocs des vagues (**boudouresque, 2005**). Très commune, dans les zones médiolittorales et les zones infralittorale, jusqu'à 10 m de profondeur, dans les substrats tendres comme la roche calcaire, elles creusent grâce à une sécrétion acide des cavités appelées cupules dans lesquelles elles s'encastrent pour mieux résister à l'assaut des vagues (**George et al, 1980**).

1.3.5 Régime alimentaire et mode d'alimentations

Bien qu'elles soient sédentaires, les patelles se déplacent à marée haute pour se nourrir, et regagnent leur gîte à marée basse (**Nakhlé, 2003**). Ce sont des organismes brouteurs et herbivores, consomment les micro-algues (Cyanobactéries) qu'elles raclent sur les rochers avec ses radulas, puis retournent à ses places pour les digérer (**Boudouresque, 2005**).

1.3.6 Reproduction et croissance

La patelle est hermaphrodite. La reproduction a lieu en automne ou au début de l'hiver (de septembre à janvier). Les gamètes mâles et femelles sont émis conjointement et la fécondation se fait en plein eau. Les œufs planctoniques donnent naissance à des larves qui se métamorphosent sur le fond, en donnant des juvéniles mesurant environ 0,20mm de longueur. Ces jeunes patelles vont avoir une vie planctonique de 10 à 15 jours avant qu'elles se fixent sur les roches pour commencer ainsi leur vie benthique et finir par changer de sexe dès la deuxième année. La patelle atteint au cours de sa première année une longueur de 3cm (**Nakhlé, 2003**).

1.4 *Mullus barbatus barbatus* Linnaeus, 1758



Figure I-4 : *Mullus barbatus barbatus* échantillonnée de Ghazaouet (2019)

1.4.1 Position Systématique

La systématique de *Mullus barbatus barbatus* est représentée au tableau (I-4) suivant :

Tableau I-4 : Systématique de *M. b. barbatus* (WoRMS. 2019)

Règne	Animale
Embranchement	Chordata
Sous-embranchement	Vertebrata
Super-classe	Gnathostomata
Super-classe	Pisces
Classe	Actinopterygii
Ordre	Perciformes
Sous-Ordre	Percoidei
Famille	Mullidae
Genre	<i>Mullus</i>
Espèce	<i>Mullusbarbatus</i>
Sous-espèce	<i>Mullus barbatus barbatus</i>

1.4.2 Répartition

L'espèce de poisson *Mullus barbatus barbatus* (Rouget de vase) est présente dans la partie Est de l'océan Atlantique des côtes sénégalaises, jusqu'aux côtes française, ainsi que dans tout le bassin méditerranéen (**Fischer et al., 1987**). Sa répartition actuellement connue à l'Atlantique oriental, îles britanniques (occasionnellement la Scandinavie) jusqu'à Dakar, Sénégal, îles Canaries, Méditerranée et mer Noire (**Hureau, 1986**).

1.4.3 Description

Le Rouget barbet tire son nom d'une longue paire de barbillons. Il a un corps allongé, au profil assez plat, d'une taille moyenne de 5 à 30cm. Les deux barbillons mentonniers blancs sont très caractéristiques, ils contiennent des organes tactiles, olfactifs et gustatifs. Ils sont aptes à détecter les parois dans la vase. La tête du Rouget est massive avec un profil abrupt busqué au droit des yeux. Il n'a pas de dents à la mâchoire supérieure, ni d'épines sur le bord de l'opercule. Ces joues possèdent trois grandes écailles, la plus petite, incolore, étant souvent arrachée. Ces écailles sont grandes et très caduques, sa ligne latérale est bien marquée. Il a deux nageoires dorsales bien séparées, la première étant incolore, à rayons épineux. La caudale n'a pas de stries (**Tortonèse, 1975**).

1.4.4 Habitat

Les œufs, les larves et les post larves du rouget de vase sont pélagiques, et vivent dans les eaux de surface jusqu'à une profondeur de 30-35 m, au voisinage des côtes. Les juvéniles à partir de 3-4cm commencent à gagner le fond (**Fischer et al., 1987**).

Le rouget de vase adulte, est une espèce benthique préférant les zones où le plateau continental est large. Il présente une abondance maximale sur les fonds vaseux à des profondeurs comprises entre 50 et 200m (**Lombarte et al., 2000**). En Algérie, **Dieuzeide et al., (1959)** mentionne que cette espèce est commune sur les fonds vaseux jusqu'à 150m de profondeur.

1.4.5 Régime alimentaire et mode d'alimentaire

Le rouget est un carnivore, se nourrit principalement de petits crustacés (copépodes, amphipodes et isopodes), ainsi des polychètes, des mollusques bivalves et certains céphalopodes peuvent parfois être mangés (**Gharbi et al., 1979**). Il est à noter que l'analyse d'estomacs de cette espèce montre qu'il contient du sable et des coquillages, ce qui prouve

que cette espèce de poisson se nourrit du fond, en détectant à l'aide de ses barbillons les organismes enfouies (**Layachi, 2007**).

1.4.6 Reproduction et Croissance

Le Rouget de vase *M. b. barbatus* est une espèce gonochorique, sa taille à la première maturité sexuelle, est estimée à 13,6 cm pour les mâles et 14,5cm pour les femelles, la période de ponte s'étend d'avril à juillet (**Hebbar, 2012**), sa zone de fraie se situe aux alentours de l'isobathe -30m à -40 m. Dont ses œufs sont pondus à des grandes profondeurs et rejoignent la côte grâce aux courants. Les œufs, les larves et les poste larves sont pélagiques et vivent dans les eaux de surface jusqu'à une profondeur de 30-35cm. Larves et post larves pélagiques jusqu'à 4 cm (**Fischer et al., 1987**).

1.5 Peuplements associés aux espèces cibles

1.5.1 Peuplement associé aux *M. galloprovincialis*, *P. perna* et *Patella caerulea*

Zaouali (1973) dans une étude quantitative du peuplement associé aux Mytilidae, considère que la biomasse de faciès à *Mytilidae* est essentiellement représentée par les végétaux et dominée très nettement par les *Cystoseires* avec *Cystoseira sedioïdes* et *Cystoseira abrotaniolia*. Ainsi par la présence de l'épiphyte *Jania rubens* sur certaines *Cystoseira sedioïdes* où elle se trouve fixée à la place des moules. Cette *Corallinacae*, selon **Pérès et Picard (1964)**, est caractéristique des eaux pures,

Le peuplement faunistique dominés, par les *Mytilidae* et plus spécialement par *M. galloprovincialis*, suivi par *P. perna* et par les prédateurs *Purpura haemastoma* et *Thais haemastoma* que l'on trouve circulant sur les grappes de moules dont il se nourrit. Ainsi que des gastéropodes patellidae et un très grand nombre de petits Crustacés isopodes et amphipodes vivant à l'abri des touffes de *Cystoseira sedioïdes* ainsi que de nombreux foraminifères épiphytes et des milliers de larves d'*Holothuriidae* (**Zaouali, 1973, Santhanam, 2018**),

D'après **Boubzari et al., (1992)** une étude du peuplement au sein des trois moulières de la région Est d'Alger : Bordj El Kiffan ; Boumerdes et Boudouaou, est menée de Février 1990 à Mars 1991, l'estimation de la densité et de la biomasse des deux espèces de moules, *M. galloprovincialis* et *P. perna*, révèle que l'espèce dominante est la *M. galloprovincialis* avec un taux dépassant 90% au niveau des trois moulières. L'analyse du peuplement concernant particulièrement les trois principaux groupes : Mollusques, Polychètes et Crustacés (**Grimes, 2004**).

1.5.2 Peuplement associé aux poissons *M. b. barbatus*

La faune et la flore associée ainsi que la nature du substrat conditionnent la fréquentation de diverses espèces et de leurs proies. De plus des espèces capturées lors de la pêche du rouget barbet, son contenu stomacal fait de ce poisson la meilleure espèce indicatrice de la diversité des habitats et des communautés benthiques associées (**Desprez, 2012**), notant que d'après **Numann et denizg (1959)**, dans les eaux turques le rouget barbet se nourrit principalement des Crustacés (Décapodes), ensuite les Annélides et les Lamellibranches. Selon **Wirszubski (1953)**, le contenu stomacal des individus adultes de cette espèce vivante aux cotés libanaises est représenté par les groupes des Crustacés, les Peneidae et les Lamellibranches. Point de vue quantitative les contenus stomacaux ne sont pas soumis aux fluctuations au cours de l'année, tandis que qualitativement, **Planas et Vive (1956)** ont établi que les décapodes avec leurs larves, occupent une place prioritaire dans la nourriture de cette espèce, suivi par les Polychètes et les Lamellibranches et les isopodes

Cependant les espèces prédatrices où le rouget barbet est présent dans leurs contenus stomacaux, sont : *Lophiussp.*, *Raja davata*, *Dasyatis pastinaca*, *Galeorinus canis*, *Zettsfaber* et *Merluccius merluccius* (**Haidar, 1970**).

2 Ecosystème, risque et précaution

Les milieux environnementaux, en particulier le milieu marin subissent une pression anthropique importante, via l'urbanisation et les rejets des activités industriels, agricoles, touristiques et de transports maritime (**Amiard, 2011**).

Cette pression provoque des risques environnementaux dus aux éléments radioactifs tel que l'irradiation, et la contamination par les radionucléides à travers l'inhalation et l'ingestion des produits de la mer ; et des risques non radioactifs notamment la contamination du milieu marin par les métaux lourds et le transfert des polluants dans la chaîne trophique (**Amiard, 2011**).

Ces risques environnementaux détériorent les écosystèmes et mènent à un déséquilibre entre les habitats en influençant l'interaction entre les espèces Co-existantes et par la suite cause une dégradation en richesse et en diversité biologique. En effet le principe de précaution désormais d'être bien établi dans la prévention des risques et la gestion des écosystèmes (**Amiard, 2011**).

2.1 Cas des risques dus aux éléments radioactifs

Dans la nature, la plupart des éléments sont stables, mais certains sont instables, pour parvenir à leur stabilité, ils se désintègrent progressivement. Les noyaux instables sont dits radioactifs car ils émettent différents rayonnements en se transformant à un type de noyau radioactif appelé radionucléide (**Florence, 2018**).

Cette désintégration, tout en émettant diverses particules nocives pour l'environnement et la santé humaine, tel que les noyaux d'hélium, les neutrons, et les électrons, ainsi que l'énergie sous forme de rayonnements électromagnétique (photons) semblable à celui des rayons X mais beaucoup plus puissant ; C'est ce qu'on appelle le risque radioactif.

2.1.1 Emission radioactive alpha

Les particules alpha (α), s'apparentent à des noyaux d'hélium émis par certains radionucléides. Ils se composent de deux protons et de deux neutrons. Cette particularité leur confère une double charge positive. Du fait de leur taille et de leur charge, elles sont arrêtées par une feuille de papier, dont leur capacité de pénétration des tissus vivants est faible. Cependant, elles sont dommageables si les émetteurs se retrouvent à l'intérieur de l'organisme. Ce type de rayonnement peut être en effet entre deux et vingt fois plus dommageable que les autres types de rayonnement lors d'une exposition par ingestion ou par inhalation (**Martin, 2011**). À titre d'exemple, le polonium-210 qui est un émetteur alpha.

2.1.2 Emission radioactive beta

Les particules bêta (β) sont constituées d'électrons éjectés du noyau d'un atome. Leur charge négative et leur taille d'environ 1/7 000 de la taille d'une particule alpha font en sorte qu'ils sont plus pénétrants. Ils peuvent en effet traverser deux centimètres de tissus vivants. Ces particules sont toutefois moins dommageables que les particules alpha en cas d'irradiation interne et il est possible de les arrêter avec une protection minimale telle une feuille de plastique ou une paroi d'aluminium (**Martin, 2011**).

2.1.3 Emission radioactive gamma

Les rayons gamma (γ) sont constitués de photons émis par les noyaux laissés dans un état excité à la suite d'une désintégration alpha ou bêta ou de la capture d'un neutron. Le noyau se débarrasse, par cette émission, de son trop-plein d'énergie. La radioactivité gamma accompagne un réarrangement du noyau, un changement de sa rotation interne. Il s'agit de rayonnement électromagnétique, sans charge électrique. Puisqu'ils n'ont ni masse ni charge,

ces photons peuvent pénétrer en profondeur dans les tissus vivants. Ils peuvent être atténués par des matériaux denses comme le béton ou le Plomb (**Martin, 2011**).

2.1.4 Contamination des milieux marins par des radionucléides (Cas du ^{210}Po)

Les radionucléides dans l'environnement marin viennent principalement via l'air ou sont rejetés des effluents dans le milieu aquatique. En cas de rejet accidentel des substances radioactives dans l'atmosphère, une dispersion dans l'air des gaz solubles et des particules très fines (aérosols) contenant une certaine quantité de radionucléides se produit dans l'atmosphère et par la suite dans les cours d'eau. Cette dispersion varie en fonction des conditions météorologiques (précipitations, vents). Le devenir des radionucléides dépend de leurs caractéristiques physiques et chimiques, des conditions hydrométéorologiques donnant lieu notamment à des retombées dites humides ou sèches, ainsi que des caractéristiques du milieu où se produisent les dépôts radioactifs (**Hamilton, 2004**).

Le phénomène de concentration et de transfert des radionucléides dans les cours d'eau et les organismes vivants diffère entre eau douce et eau salée, et ça dépend de la présence des métaux lourds (Plomb, Zinc...) dans le milieu, ce qui modifie l'intensité de fixation des radionucléides (**Amiard, 2011**).

Dans le milieu aquatique, les radionucléides peuvent être présents sous forme dissoutes ou associés à la phase solide (par exemple, matières en suspension minérales ou organiques). Ils peuvent migrer en fonction des conditions hydrodynamiques et/ou se déposer ou s'adsorber sur les sédiments. Les radionucléides peuvent également être absorbés et accumulés par la faune et la flore aquatiques ou s'accumuler dans les sédiments (**Hamilton, 2004**).

2.1.4.1 Polonium

Le polonium-210 (^{210}Po), fut découvert en 1898 par Marie Curie, est un radionucléide naturel omniprésent à l'état de traces dans l'environnement, avec ses précurseurs, le Radon-222 et le Plomb-210. C'est le plus abondant des 29 isotopes du Polonium, avec une période radioactive de 138.4 jours. Il émet à 99.99% des particules alpha et à 0.001% des rayonnements gamma, et se transforme en Plomb-206 stable (**Amiard, 2011**).

➤ Origine

Le ^{210}Po est un élément radioactif présentant une origine naturelle associée à la chaîne de désintégration de l'Uranium-238, Il est également émis en abondance par l'activité volcanique, et disponible dans l'atmosphère sous forme de particules en suspension sous l'effet de la décroissance radioactive du gaz Radon-222 (**Amiard, 2011**).

Le ^{210}Po a également une origine artificielle : il peut être produit dans un réacteur nucléaire par bombardement neutronique de Bismuth209, générant ainsi du Bismuth210 qui se transforme alors, par émission bêta en ^{210}Po . Dans l'industrie, le polonium peut être utilisé dans les appareils d'ionisation afin d'éliminer l'accumulation de charges électrostatiques produites, par exemple, lorsqu'on enroule du papier, des fils ou des feuilles métalliques (Amiard, 2011).

➤ Comportements

Le comportement de ^{210}Po dans un plan d'eau est influencé par une combinaison de processus physiques et chimiques, dont son activité dans les eaux oxiques est inférieure à celle dans les eaux anoxiques saisonnières, ainsi son affinité d'accumuler dans les tissus des biotes marins est élevée en comparaison avec celle d'eau douce. En outre, son comportement et cycle peuvent être affectés par l'activité microbienne et la forme chimique du soufre, car la libération de ^{210}Po peut être accrue chez les bactéries enrichies en soufre (Skipperud, 2013).

Dans le milieu marin, le ^{210}Po est émis directement dans l'eau ou par échange avec les formes volatiles de l'air et des retombées atmosphériques. Il se présente généralement sous forme insoluble et associée à la phase particulaire ou colloïdale. Il se trouve piégé dans les sédiments liés à d'autres phases minérales ou précipités sous forme de sulfure (Amiard, 2011).

L'accumulation de ^{210}Po chez les espèces animales est très différente de celle chez les végétaux. Différentes espèces de mollusques vivant dans le même rivage rocheux intertidal peuvent afficher des concentrations de ^{210}Po très différentes, dépendent du régime alimentaire de l'espèce (herbivores, carnivores ou filtrante), ainsi que le coefficient écotrophiques due aux relations proie-prédateurs et du transfert d'énergie dans la chaîne alimentaire marine (Carvalho, 2011)

➤ Radio-toxicité

La radio-toxicité ou toxicité radiologique, résulte de l'exposition aux rayonnements ionisants émis par les radionucléides ; Pour un organisme vivant donné, cette exposition dépend des récepteurs écologiques et se fait selon plusieurs voies : le contact direct avec son milieu de vie ou par réalisation des processus métaboliques (Respiration ou Ingestion) (CEAEQ, 2015).

Le ^{210}Po se désintègre en émettant des particules alpha, qui sont des rayonnements ionisants de forte énergie capables de générer des dégâts importants lors de leurs interactions avec la matière vivante (cellules, ADN). L'exposition aux rayonnements ionisants provoque des malformations et des anomalies génétiques, et pourrait avoir de nombreuses conséquences pour les systèmes cardiovasculaire et nerveux (**Amiard, 2011**).

Le lien entre les effets précoces et les effets sur la dynamique des populations ou sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes est double : un radionucléide peut affecter un écosystème directement, par des effets sur de grandes fonctions de l'individu (comportement, croissance et reproduction), ou indirectement par des effets sur les interactions entre espèces à savoir la relation trophique, l'abondance et la diversité (**CEAEQ, 2015**).

2.2 Cas des risques dus aux éléments métalliques

En plus des radionucléides, trois groupes de substances inorganiques présente un risque pour l'écosystème, et un danger pour l'homme, dont ils sont : les métaux (et métalloïdes), les agents corrosifs et les halogénés. Parmi les métaux certains sont essentiels à la vie car ils ont un rôle physiologique, tandis que d'autres seront toxique à très faibles doses comme le Cadmium, le Mercure et le Plomb qui sont cancérigènes et neurotoxiques (**Amiard, 2011**).

2.2.1 Contamination des milieux marins par les métaux traces (cas du Hg, Cd et Pb)

La contamination des écosystèmes aquatiques par les métaux lourds a pris plus d'attention à cause de la toxicité, l'abondance, et la persistance de ces derniers dans l'environnement ; ainsi leurs accumulations dans les organismes (**Arnason, 2003**). Des niveaux élevés de métaux lourds dans l'environnement et ses compartiments, peuvent présenter un risque pour la santé humaine en raison de leur transfert dans le milieu aquatique et l'absorption par les organismes vivants, entrant ainsi dans la chaîne alimentaire (**Sin et al., 2001**).

En règle générale, dans les écosystèmes naturels, la plupart des métaux sont présents en très faibles concentrations et sont pour la plupart dérivés de l'altération des roches et des sols (**Reza et al., 2010**). Les principales sources anthropiques de la contamination par les métaux lourds sont les activités minières et les fonderies, la pollution atmosphérique, dépôt et élimination des déchets non ou partiellement traités, effluents urbains et industriels, chélates de métaux de différentes industries, et l'utilisation au hasard de métaux lourds comme engrais et pesticides pendant les activités agricoles (**Nouri et al., 2008**).

2.2.1.1 Mercure

Le Mercure (Hg) est un élément métallique parmi les plus toxiques qui affectent le milieu marin et lagunaire par anthropisation et naturellement sous l'effet des rapports terrigène, et des roches (**Cossa et al., 2002**).

Ce métal est modérément toxique, sa biotransformation en méthyl-mercure, forme organométallique, par la microflore bactérienne dans les milieux aquatiques le rend beaucoup plus bio-disponible, ce qui explique sa forte capacité de bioaccumulation dans de nombreux organismes aquatiques (**Amiard, 2011**).

➤ Origine

De plus de son origine naturelle, le Mercure est utilisé dans diverses activités industrielles, dont l'industrie chimique, les peintures, les amalgames dentaires, et d'autres usages destinés aux laboratoires ; Cependant une des utilisations du Mercure responsable de sa dispersion dans l'environnement est la fabrication d'amalgame souvent dans des conditions rudimentaires et illégales (**Amiard, 2011**).

➤ Comportement

Le mono-méthyl-mercure (MeHg) est la forme d'Hg la plus rapidement absorbée par les organismes aquatiques, une fois à l'intérieur de l'organisme, le MeHg s'accumule dans certains organes comme le cerveau, le foie, le rein et les muscles. C'est la forte affinité du MeHg pour les protéines, qui détermine sa distribution tissulaire et sa bioaccumulation (**Gonzalez et al., 2005**). D'après **Crump et al., (2009)**, le MeHg se bio-amplifie des proies aux prédateurs avec des facteurs de concentrations élevées chez les poissons. Ces concentrations peuvent poser des risques pour la santé des poissons et celle des consommateurs humains.

➤ Toxicité

Le Mercure, particulièrement le méthyl-mercure, est un neurotoxique, qui peut avoir des effets nocifs sur le développement du cerveau ainsi que le système cardiovasculaire (**Choi et al., 2009**).

Chez les poissons, les effets de l'exposition au Mercure se situent aux trois niveaux (survie, reproduction et altérations histologiques), il perturbe la croissance et l'altération des fonctions cérébrale, particulièrement la recherche de nourriture et la vitesse de capture des proies. Le Mercure affecte plusieurs organes intervenant à la reproduction des poissons (l'hypothalamus

et des gonades). Au niveau de quelques organes cibles, des changements histologiques hépatiques associés à l'exposition au Mercure comme les lésions et les changements des pigments (**Friedman et al., 1996**)

2.2.1.2 Plomb

Le Plomb (Pb) est un métal de numéro atomique 82. Il se présente principalement comme un mélange de trois isotopes ^{206}Pb , ^{207}Pb et ^{208}Pb , qui sont respectivement les résultats de la désintégration des séries de l'uranium. Cet élément possède en outre 27 radio-isotopes connus, et considéré comme un élément très réactif dans l'environnement (**Cossa et al., 1993**).

➤ Origine

C'est un métal lourd naturellement présent dans le milieu aquatique à l'état de trace (**Amiard, 2011**). L'atmosphère est son principal vecteur vers les océans. De plus de sa présence naturelle, il arrive au littoral via les fleuves. Dont il affecte différent biotope aquatique par anthropisation, à savoir l'addition de Plomb aux essences qui est majoritairement responsable de sa dissémination dans l'environnement (**Cossa et al., 1993**).

➤ Comportement

Dans l'eau, il existe principalement sous forme soluble, il s'accumule notamment chez les organismes aquatiques, et présente un effet toxique qui dépend du cycle de vie d'organisme, du pH, de la dureté de l'eau et de la présence des matières organiques (**Amiard, 2011**).

➤ Toxicité

Ce métal n'est pas considéré comme un oligoélément, il est très toxique, et n'a aucun rôle connu dans les systèmes biologiques (**Kalay et al, 2000**) ; dont ses ions Pb^{2+} entrent en compétition avec les ions Ca^{2+} lors de la formation des os, et bloquent plusieurs enzymes ce qui provoque le saturnisme (**Chiffolleau et al., 2001**). Le Plomb provoque de retard de croissance du phytoplancton et certains crustacés (**Migneaux, 2010**)

Ses effets chroniques peuvent être neurotoxiques, immunologiques ou cancérogène. De plus, il peut causer des dommages directs sur la membrane cellulaire et certains organes, altérant ainsi la transduction du signal ou affectant les systèmes enzymatiques à l'intérieur de la cellule. Le Plomb est toxique à effet cumulatif ; il s'accumule dans tout le corps jusqu'à une quantité à partir de laquelle apparaissent les symptômes (**Delaroche, 2011**).

2.2.1.3 Cadmium

Le Cadmium (Cd) est un métal lourd, de couleur blanche brillante, c'est un bon conducteur d'électricité, résistant à la corrosion et aux fortes températures, il est relativement rare et se rencontre au tant que constituant mineur dans divers minerais (**Rodier, 1996**).

➤ Origine

Cet élément est rejeté dans l'environnement par des sources naturelles telles que le volcanisme ou par dissolution de sels dans les fleuves, mais la source majoritaire de rejet est d'origine industrielle. L'incinération des déchets libère du Cadmium dans l'atmosphère : à la suite de retombées atmosphériques via les précipitations, il y a alors dépôt dans l'hydrosphère. Le ruissellement des eaux de surface et le lessivage des sols entraînent le Cadmium vers les fleuves et finalement le milieu marin (**Verge, 2009**).

➤ Comportement

En milieu aquatique, le Cadmium se distribue entre les phases dissoutes et particulaires, (**Cossa, 1989**), l'équilibre entre ces phases se déplace lors du changement de salinité lié à l'arrivée du fleuve dans le milieu marin : au fur et à mesure que la salinité augmente, le cadmium ionisé se complexe avec les ions chlorures. De ce fait, l'apport de Cadmium d'origine fluviale entraîne ainsi une forte concentration des formes dissoutes dans les eaux côtières (**Verge, 2009**).

Cependant, il existe aussi des échanges entre la phase liquide et les sédiments, une diffusion de Cadmium à partir des sédiments et un dépôt de matière organiques contenant ce toxique. Les débits fluviaux et la nature des sédiments constituent des facteurs de variation de ces phénomènes. Les organismes planctoniques fixent une quantité significative de Cadmium qui est transféré le long de la chaîne alimentaire, et il est également absorbé à chaque échelon de cette chaîne (**Gonzalez et al, 1999**).

➤ Toxicité

Le Cadmium provoque à court terme la mort des individus, les espèces marines peuvent être classées selon leurs sensibilités au Cadmium de la façon suivante : crustacés > mollusques – annélides > poissons ; les effets sublétaux de ce poison cumulatif provoquent des dysfonctionnements métaboliques et physiologiques, tel que l'apparition des anomalies dans le développements embryonnaires et larvaires principalement chez les mollusques bivalves et les échinodermes, provoquant encore, des retards de croissance chez les espèces phytoplanctoniques (**Gonzalez et al, 1999**).

ZONE D'ETUDE

1 Présentation des zones d'étude

Dans le cadre d'essai d'évaluation des risques environnementaux radioactifs et métalliques sur quelques organismes marins (moules, patelles et poissons), quatre zones côtières ont été choisies en raison de la disponibilité des échantillons, deux, à l'ouest du littoral algérien, (Ghazaouet et Mostaganem) et deux autres au centre du littoral (Ain Taya et Zeralda).

La carte illustrée à la figure (II-1) au-dessous représente la localisation des zones d'étude ainsi que les différents organismes marins mise en évidence dans cette étude.

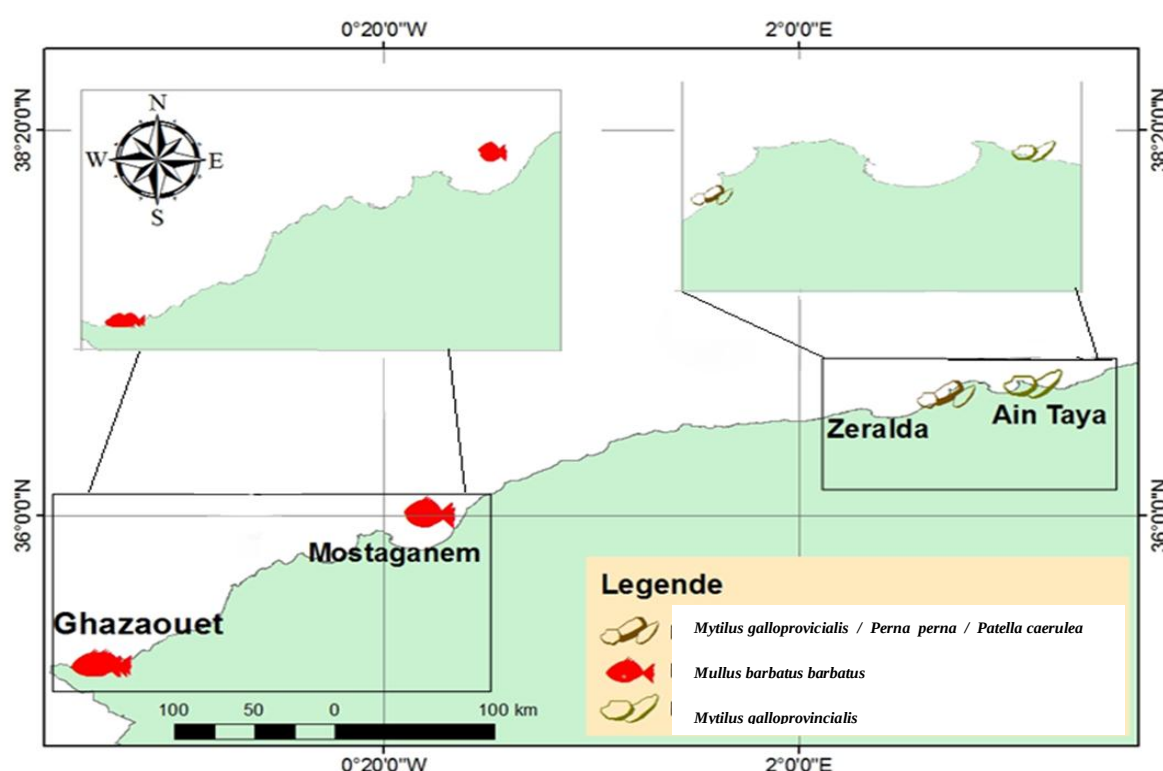


Figure II-1 : Localisation des zones d'étude

1.1 Ghazaouet

L'échantillon de rouget de vase est pêché par la compagnie de CNRDPA, de la zone de pêche au niveau de la baie de Ghazaouet, qui se situe à l'ouest de l'Algérie (Wilaya de Tlemcen), positionnée à une latitude 35°06' Nord et longitude 1°52' Ouest. La zone de pêche est caractérisée par un port présentant une activité mixte (commerce et pêche). Il est situé à 30 km de l'Est de la frontière Algéro-Marocaine, à 170 km de la métropole Ouest « Oran » et à environ 180 km du port espagnol d'Almeria avec lequel il est relié par une desserte maritime régulière en ferries. Ce port se trouve au fond d'une anse sablonneuse de 1300mètres et de 400 mètres de creux (*in Benguendouz, 2018*).

1.2 Mostaganem

L'échantillon de rougets de vase est capturé par la compagnie du CNRDPA au niveau de la zone de pêche de Mostaganem. Cette wilaya côtière se situe à l'Ouest de l'Algérie avec une façade maritime de l'ordre de 149 km. De ce fait, sa zone de pêche est considérée la plus grande du pays, elle est positionnée entre 00°05'00'' Est et à 36°56'05'' Nord, présente des fonds chalutables dans un plateau continental s'élargit jusqu'au 27 à 28 Km au large, et une profondeur de 120 à 130 m, et se rétrécit jusqu'au 8 à 9 Km vers l'est. Ces fonds marins sont relativement plats, sableux et surtout vaseux, cependant quelques zones rocheuses sont présentes. (Kherraz, 2015).

1.3 Zeralda

Le prélèvement des échantillons de moules et de patelles a été effectué à la fin du mois de Mai (30-Mai-2019), près du complexe touristique, au niveau de Zeralda qui fait partie de la baie de BouIsmaïl, dans des coordonnées géographiques : 36°43'05'' Nord et 2°51'01'' Est.

1.4 Ain Taya

La ferme conchylicole « Orcamarine » d'où l'échantillon de moule est prélevé, implantée dans la commune de Ain Taya, en dehors de la baie d'Alger, à proximité de la plage Surcouf, c'est une ferme d'élevage des moules et des huîtres, par une technique basée sur l'élevage en suspension qui utilise des structures souples et immergées en mer, appelées 'Filières sub-surface' ; elle se situe sur la bande côtière algérienne, à 22 km au nord-est de chef-lieu de la wilaya d'Alger. Elle s'étend sur une superficie d'un hectare, dans le milieu marin, et 2000 m² dans le milieu terrestre (in Djemaoun et Fernani, 2019).

2 Principales sources des risques environnementaux

Le littoral algérien subit des dégradations et des menaces via divers apports anthropiques, qui aboutissent en mer par les réseaux hydrographiques. Ces derniers font alimenter le milieu marin y compris ses divers biotopes en apports terrigènes, collectés par des oueds et constitués de tous les polluants issus des activités humaines : agricoles, urbaines et industrielles (Grimes, 2010).

2.1 Ghazaouet

La région de Ghazaouet, présente un tissu industriel, représenté essentiellement par l'unité ALZINC (Société Algérienne de Zinc), l'unité de production et de commercialisation du zinc et de ses alliages, ainsi que l'acide sulfurique et le cuivre cathodique ;

Les principaux rejets de l'unité ALZINC sont :

(i) Rejets liquides : Des eaux de lavage, de refroidissement et de fonctionnement, ainsi que des déchets de type huiles ; (ii) Rejets solides : Des boues de lixiviation de zinc et des boues cuivriques, ainsi que des résidus de Thallium, hautement toxiques, provenant de l'atelier de cadmium ; (iii) Rejets atmosphériques : Des poussières contenant du Zinc et du Cadmium provenant du procédé de fonte des cathodes et du traitement des résidus et du gaz perdu, et des poussières contenant des métaux lourds provenant du maniement des matières premières et du produit de grillage (M.A.T.E, 2006 ; in Rahal, 2012).

2.2 Mostaganem

Le littoral de Mostaganem reçoit des rejets via les stations de traitements des eaux usées, et les stations de dessalement d'eau de mer, principalement celle de la Mecta et de Sonaghter, il reçoit aussi des rejets via la station des relevages des eaux d'assainissement, qui jette leurs rejets sans traitement vers le port ;

Le pôle industriel de la région est constitué essentiellement par le complexe papetier, il est situé à l'Ouest de la ville de Mostaganem, produit de la pâte à papier et toute une gamme de produits chimiques (Chlore ; Soude et Acide chlorhydrique). L'eau nécessaire à la fabrication des différents produits provient de l'oued Chélif et les eaux résiduaires (phénols ; organochlorés ; matières organiques) de ce complexe industriel sont rejetées sans aucun traitement en mer (PAC).

2.3 Zeralda

La région de Zeralda fait partie de la baie de Bou Ismail, qui représente un réceptacle des oueds : Mazafran, Nadour et Béni Messous. Ainsi connu par un développement touristique, un tissu urbain, et l'installation de diverses unités industrielles près du littoral et des activités portuaires. L'Oued Mazafran est formé par la réunion des trois Oueds Chiffa, Djer et Bouroumi (Braik, 1989)

2.4 Ain Taya

Le point central du système d'assainissement de la zone d'Ain Taya est le poste de pompage. Selon le **plan côtier de Réghaia (2012)**, ce dernier reçoit des apports de deux collecteurs côtiers principaux :

- Le collecteur Ain Taya Ouest, alimenté en amont par un poste de relevage qui couvre le secteur Est de la commune d'El Marsa,
- Le collecteur Ain Taya Est : les eaux qui parviennent au poste de relevage sont ensuite refoulées vers le Sud jusqu'au collecteur Heraoua Sud.

MATERIEL ET METHODES

1. Échantillonnage

Le tableau (III-1) au-dessous illustre les différentes caractéristiques de prélèvement et la localisation des zones d'étude et l'organisation des échantillons au sein de laboratoire.

Tableau III-1 : Caractéristiques des prélèvements des espèces biologiques (Localisation et dénombrement dans les zones d'étude)

Stations	Ouest		Centre	
	Ghazaouet	Mostaganem	Zeralda	Ain Taya
Echantillons	Poisson	Poisson	Moule et Patelle	Moule
Coordonnées géographiques	Voir annexe I		36°43'05'' Nord 2°51'01'' Est	Latitude : Entre 36° 47' 55'' et 36° 48' 00'' Nord ; Longitude : Entre 03° 19' 10'' et 03° 19' 13'' Est.
Date d'échantillonnage	Juillet-2019		30-Mai-2019	16-Juin-2019
Nombre d'individus	13	14	a 42 b 62 c 30 d 74 e 26	31

a- *Perna perna* ♀ ; **b-** *Perna perna* ♂ ; **c-** *Mytilus galloprovincialis* ♀ ;
d- *Mytilus galloprovincialis* ♂ ; **e-** *Patella caerulea*

2.5 Mollusques (moules et patelles)

Les individus de patelles et de moules prélevés le 30-Mai-2019 de Zeralda, sont détachés des substrats rocheux, à l'aide d'un couteau, puis transportés au laboratoire d'aquaculture de l'ENSSMAL et préparés pour les différents traitements.

L'échantillon de moule d'Ain Taya est prélevé des moulières de la ferme conchylicole « Orcamarine » le 16-Juin-2019 dans le cadre des activités de laboratoire d'environnement du CRNA. Ensuite, il a été mis dans une glacière, transportés au laboratoire de l'environnement du CRNA, et bien conservés au congélateur jusqu'aux traitements.

2.6 Poissons (*Mullus barbatus barbatus*)

L'échantillon de poissons (rouget de vase) a été pêché de deux zones de pêche du ouest Algérien (Mostaganem et Ghazaouet), au mois de Juillet-2019, à bord du navire

«Grin Belkacem », lors de la campagne d'évaluation des ressources démersales, réalisée par le Centre National des Recherches et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA). Ceci nous a permis d'être sûrs de leur état de fraîcheur, de connaître la date de leur capture et de leur lieu de pêche. Toutes ces informations sont précisées dans une fiche d'échantillonnage à l'annexe I.

2.7 Espèces associées

Le peuplement faunistique et floristique associé aux mollusques cibles, a été prélevé lors de notre sortie de terrain à Zeralda, en parallèle avec les espèces étudiées (*Mytilus galloprovincialis*, *Perna perna* et *Patella caerulea*) dans les deux étages médiolittoral et supralittoral. Tandis que, les espèces associées au poisson ont été récoltées lors de sa pêche.

2. Choix des espèces biologiques et polluants

2.1 Espèces biologiques

Il est nécessaire de bien choisir les organismes marins à prélever de telle sorte qu'ils soient représentatifs du milieu environnant et de sa diversité biologique.

L'espèce de poisson cible, la *M. b. barbatus* a été choisi en premier lieu, en raison de sa valeur nutritionnelle dont elle est considérée comme aliment de choix pour de nombreuses populations côtières, en second lieu, de sa disponibilité et son abondance dans les deux régions : Ghazaouet et Mostaganem ; aussi pour son caractère connu comme étant un organisme bioindicateur d'état de santé du milieu, grâce à sa bioaccumulation.

Les deux espèces de mollusque bivalve, *Mytilus galloprovincialis* et *Perna perna* ont été prise en compte dans cette étude grâce à leurs modes de vie sédentaire, leurs modes de nutrition par filtration, voir leur capacité d'accumulation des fortes teneurs en polluants dans leurs tissus (Viarengo et al., 1993). Aussi pour leur facilité de récolte dans les deux stations, à savoir les espèces sauvages fixées sur les substrats rocheux de Zeralda et celles d'élevage de la ferme conchylicole « Orcamarine » de Ain Taya.

D'autre part, un mollusque gastéropode, *Patella caerulea*, a été choisi dans cette étude en tant qu'indicateur biologique, capable de renseigner sur l'identité et la qualité des substances polluantes, provoquant des risques sur l'environnement marin plus précisément l'écosystème médiolittoral de la région de Zeralda, d'où les lots de patelle ont été prélevés à défaut de leurs présences dans ce milieu.

Ces espèces sont considérées parmi les espèces sentinelles d'écosystèmes anthropisés, pratiquement, elles sont utilisées comme indicateurs biologiques des programmes de biomonitoring et de gestion environnementale ; tel que le « Mussel Watch » et d'autres réseaux développés pour surveiller la qualité des eaux côtières et évaluer les risques environnementaux.

2.2 Polluants à analyser

Les polluants analysés dans ce présent travail sont le polonium-210 (^{210}Po), le Mercure (Hg), le Cadmium (Cd) et le Plomb (Pb), les choix étant leurs fortes toxicités, ainsi de leurs statuts comme étant les éléments les plus problématiques pour l'environnement marin et sa diversité biologique. Ces polluants sont les plus considérés dans les études de la pollution.

3 Traitement des échantillons

3.1 Traitement des espèces associées aux espèces cibles

Le tri et l'identification de peuplements associés aux mollusques ont été effectués au niveau du laboratoire d'aquaculture à l'ENSSMAL. Tandis que le peuplement associé aux poissons a été trié et identifié par le personnel du CNRDPA.

3.1.1 Tri et organisation

Les espèces ont été triées macroscopiquement ou par une loupe binoculaire, (Figure III-1) ensuite organisées selon leurs groupes ainsi que leurs appartenances taxonomiques et conservées au formol dilué à 10% pour les identifier.



Figure III-1 : Tri des espèces

3.1.2 Identification des espèces

L'identification des espèces faunistiques triées a été réalisée à l'aide d'une loupe, tandis que pour les espèces floristiques la loupe et le microscope ont été utilisés, en vérifiant les critères d'identification à l'aide des clés, tels que : les fichiers FAO, le livre de la faune et flore de

l'adriatique. Après confirmé leurs nomenclatures actuelles par WoRMS, une liste des espèces associées aux espèces cibles est reportée à l'annexe IV.

3.2 Traitement des espèces cibles

Une fois arrivé au laboratoire, les moules et les patelles ont été triées de leurs espèces associées, débarrassées de leurs épibiontes tel que les baleines et les algues calcifiées, les byssus ont été enlevés des moules, par la suite elles ont été conservées à -18°C afin d'arrêter toutes activités biologiques ;

Les échantillons de moules de la ferme conchylicole « Orcamarine » de Ain Taya ont été préparés au laboratoire l'environnement, salle de radiochimie, département de l'environnement et la sûreté nucléaire au niveau de CRNA, (Figure III-2). Tandis que les autres échantillons de moules, de patelles et de poissons ont été préparés au laboratoire d'aquaculture au niveau de l'ENSSMAL.



Figure III-2 : Préparations des moules

3.2.1 Pesée et mesures biométriques

La longueur, la largeur et l'épaisseur de chaque individu de moules et de patelles, ainsi que la longueur totale pour chaque individu de poissons, ont été mesurés, (Figure III-3) ;

Dans la présente étude, on s'est intéressé à l'étude d'une classe d'âge dont la longueur des individus est comprise entre 4 et 6cm pour les moules, entre 3.5 et 4.7cm pour les patelles ; et entre 13 et 19 cm pour le poisson.

Les individus remplies des moules et des patelles ont été pesés séparément avant d'être décoquillés, et vide après dé-coquillage par la suite le poids de la chair mou a été déterminé pour calculer l'indice de condition.

Les séries des mesures biométriques et des prises de poids sont reportées à l'annexe III.



Figure III-3 : Pesées et mesures biométriques des espèces

3.2.2 Dissection et dé-coquillage

Après l'ouverture des deux valves des moules, on examine la couleur du manteau qui détermine le sexe de l'individu, si le manteau est coloré en orange c'est femelle, et s'il est en forme des lobes blanchâtre donc c'est mâle. Puis, à l'aide d'une pastille en plastique, on décoquille les moules et les patelles de leurs chairs.

La dissection des individus des patelles faite avant les mesures biométriques afin d'éviter la contamination de la chair par le pied à coulisse.

La dissection de poisson s'est faite en parallèle avec les pesées de ses sous-échantillons, en mélangeant les gonades de l'ensemble des individus de la même station afin d'obtenir une quantité de lyophilisat suffisante, même chose pour les foies et les chairs

3.2.3 Identification

En se basant sur les clés d'identification des poissons et des mollusques (bivalves et gastéropodes) des fichiers FAO (*Food and Agriculture Organisation*), on a fait l'identification des moules de la famille Mytillidae jusqu'aux espèces *Mytilus galloprovincialis* et *Perna perna*, des patelles de la famille Patellidae jusqu'à l'espèce *Patella caerulea*, et de poissons de la famille Mullidae jusqu'à l'espèce *Mullus barbatus barbatus* voir les critères d'identification comme reporté au tableau (III-2). Et on a confirmé par la suite l'acceptation, l'actualisation et la synonymie des noms scientifiques des espèces identifiées par WoRMS (*Words Register of Marine Species*).

Tableau III-2 : Récapitulatif des critères morphologies d'identification

Mytilidae	Coquille équivalve, de contour ovale allongé, avec une mince fente byssale ; crochets situés à l'extrémité antérieur ou un peu arrière de celle-ci ; Deux empreintes adductrice inégale. (Voir figure 2-Annexe II)	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Empreinte rétractrice non séparée d'empreinte adductrice postérieure ; Empreinte antérieure présente ; Charnière possède 3 à 4 denticules en forme de crêtes.
Patellidae	Forme conique, à sommet central ou décalé vers l'avant ; la trace de l'insertion musculaire est en forme d'arc. Ouvert vers l'avant	<i>Patella Caerulea</i>	Empreinte rétractrice séparée d'empreinte adductrice postérieure ; Empreinte antérieure Absente ; La charnière est constituée par deux dents de forte taille.
Mullidae	Corps légèrement aplati ; Deux barbillons épais ; Deux nageoires dorsales (la 1 ^{ère} a 7 - 8 épines, la 2 ^{ème} a 1 épine et 7 - 8 rayons); Surface inférieure est aplatie. (Voir figure 2-Annexe II)	<i>Mullus barbatus barbatus</i>	Coquille caractérisée par la présence de 6 ou 8 rayons colorés ; coquille légèrement rétrécie vers l'avant ; La face interne fréquemment bleu grisâtre. Profil de la tête très abrupt ; barbillons de même longueur que les pectorales ; corps et nageoires sans rayures ; opercule sans épine ; mâchoire supérieure sans dents (dents présentes sur la voûte buccale); 1 ^{ère} nageoire dorsale à 8 épines, 2 nd nageoire avec 1 épine et 8 rayons mous ; anale à 2 épines et 6 ou 7 rayons mous. 3 écailles sous-orbitaires.

Après l'identification des individus, on a regroupé ceux appartenant à la même espèce et ayant le même sexe dans des mêmes tubes étiquetés, puis on les a conservé pour les lyophiliser par la suite. Pour les patelles, les moules d'élevage et les poissons, Nous avons choisi le sexe confondu, vu que le nombre des individus d'un sexe par rapport à l'autre est très différent, donc leurs lyophilisats seront très peu ou peuvent être perdus complètement.

3.2.4 Lyophilisation

➤ Présentation

La lyophilisation est une technique de séchage à froid, basée sur le principe de la sublimation, qui consiste à retirer l'eau d'un produit afin de le rendre plus stable, de lui permettre une meilleure conservation et le manipuler plus aisément.

La lyophilisation des échantillons de patelles de Zeralda et des moules d'élevage a été effectué au laboratoire de l'environnement du CRNA, en utilisant un lyophilisateur de marque ALPHA 1-2 LD, (Figure III-4-a) ;

La lyophilisation des échantillons de moules prélevées de Zeralda, ainsi que les poissons, a été effectuée au niveau du laboratoire de recherche de l'ENSSMAL à Sidi Fredj par un lyophilisateur de marque CHRIST BETA 1-8 (figure III-4-b).

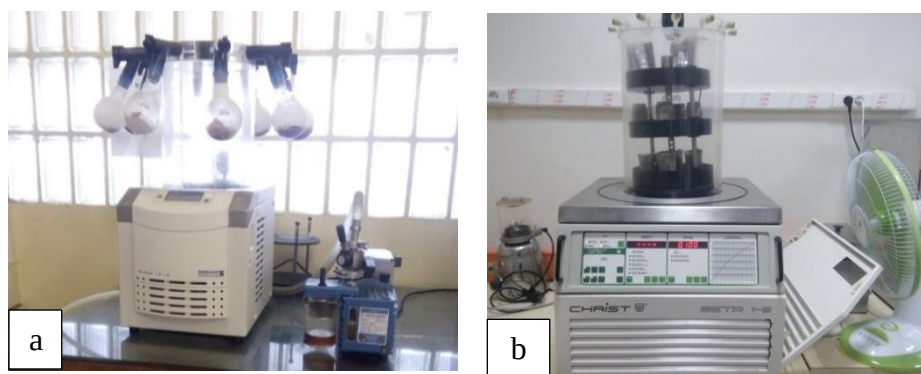


Figure III-4 : Lyophilisation des échantillons (a : ALPHA 1-2 LD ; b : CHRIST BETA 1-

3.2.5 Broyage et homogénéisation

Cette étape a été effectuée à l'aide d'un mortier en porcelaine, (figure III-5)



Figure III-5 : Broyage des échantillons

4 Analyses des polluants

Les différentes techniques d'analyse ont pour but de déterminer les concentrations des polluants radioactifs et non radioactifs dans des échantillons ciblés.

4.1 Analyse du Polonium-210 par spectrométrie alpha

Selon la procédure validée par le Laboratoire de l'Environnement Marin de l'AIEA (2007), la mesure de la radioactivité par spectrométrie alpha dans un échantillon lyophilisé et broyé précédemment, consiste à calibrer l'analyseur ainsi que ses chambres de mesure, ensuite, des procédures radiochimiques applicables aux différents types des compartiments de l'environnement (sédiments ou biotes), ont été élaborées ; une dissolution d'échantillon, une séparation radiochimique, une déposition sur disque, puis sa préparation au comptage, et enfin, le traitement et l'analyse du spectre alpha.

4.1.1 Procédures radiochimiques

Toutes les manipulations ont été faites sous la hotte, en portant un masque et des gants, afin de réduire le risque de contamination ainsi que l'inhalation des gaz irritants des acides.

Phase I : Digestion

Dans un Bécher, 1g de lyophilisat broyé pour chaque échantillon a été pesé, puis dissous par le biais de 16ml d'acide nitrique (HNO_3) concentré, et homogénéisé par 100 μl de traceur ^{209}Po d'activité $A = 0.0351 \text{ Bq}$ à la date du 23-sept-2019, afin d'assurer un équilibre isotopique. La solution a été couverte par un verre à montre toute une nuit ;

Après cette étape, l'échantillon est mis sur une plaque chauffante (100°C), pour le dissoudre et l'évaporer presque à sec, en ajoutant trois fois, 6 ml d' HNO_3 et 2ml d' H_2O_2 , (Une fois après chaque évaporation). Ensuite, deux fois 2ml d' HCl . (Une fois après chaque évaporation), (figure III-6).



Figure III-6 : Dissolution des échantillons

La dilution de l'échantillon a été faite dans 20ml d'HCl de 0.6 M et 1ml d'acide ascorbique (50mg/ml), en chauffant légèrement afin de limiter l'évaporation de la solution, si cette dernière n'est pas claire, on procède à une filtration sera nécessaire pour éliminer toutes matières insolubles en utilisant le papier Wattman. Puis, 100ml d'HCl de 0.6M a été rajouté (Figure III-7)



Figure III-7 : Filtration de la solution

Phase II : Dépôt

Un disque en argent étiqueté est mis dans un dispositif en téflon, décontaminé préalablement par l'acide chlorhydrique et chauffé à une température de plus de 100°C. Le dispositif contenu le disque a été introduit dans la solution, puis, cette dernière a été placée sur un système d'agitation à 300 tour/min toute une nuit (Figure III-8).

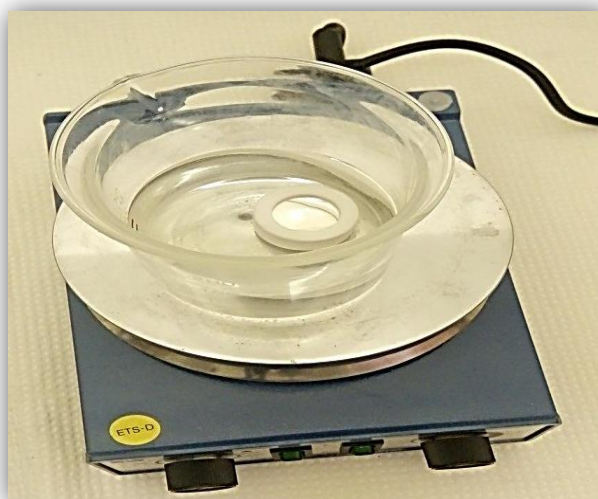


Figure III-8 : Introduction du disque dans la solution sur un système d'agitation



Figure III-10 : Introduction du disque dans la chambre de mesure

Les procédures radiochimiques de mesure par spectrométrie alpha ont été résumées dans la (figure III-11).

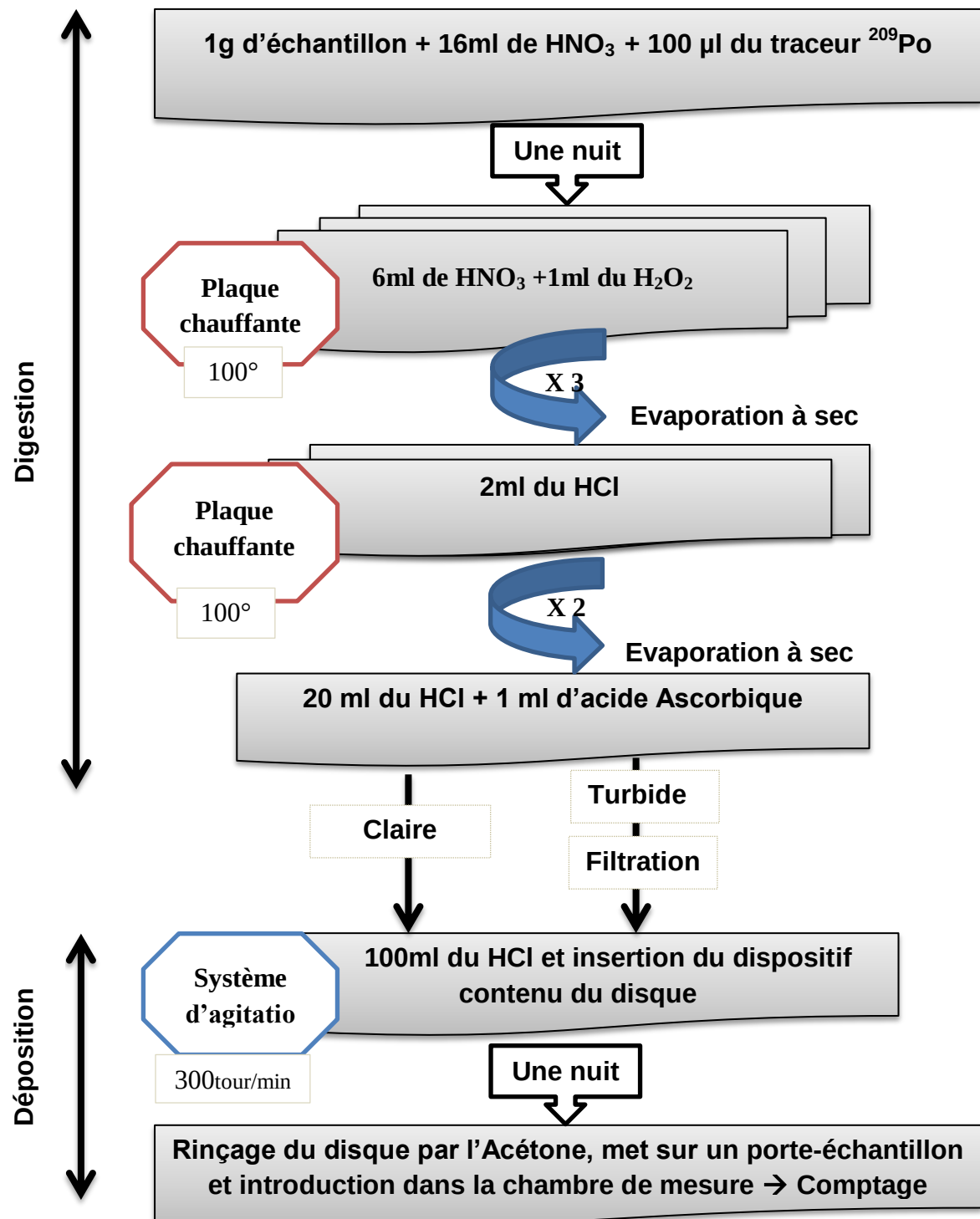


Figure III-11 : Protocole des procédures radiochimiques de mesure par spectrométrie alpha

4.1.2 La spectrométrie alpha

La spectrométrie Alpha est utilisée pour la détection, l'identification et la détermination de l'activité de différents radionucléides émetteurs α , généralement, ils font partie de la chaîne de désintégration de l'uranium. Les particules α (noyau d'hélium) ont une très faible pénétration dans la matière, d'où la nécessité d'utiliser, pour le comptage, des détecteurs minces à haut pouvoir de résolution comme les semi-conducteurs à jonction passive, (Figure III-12).

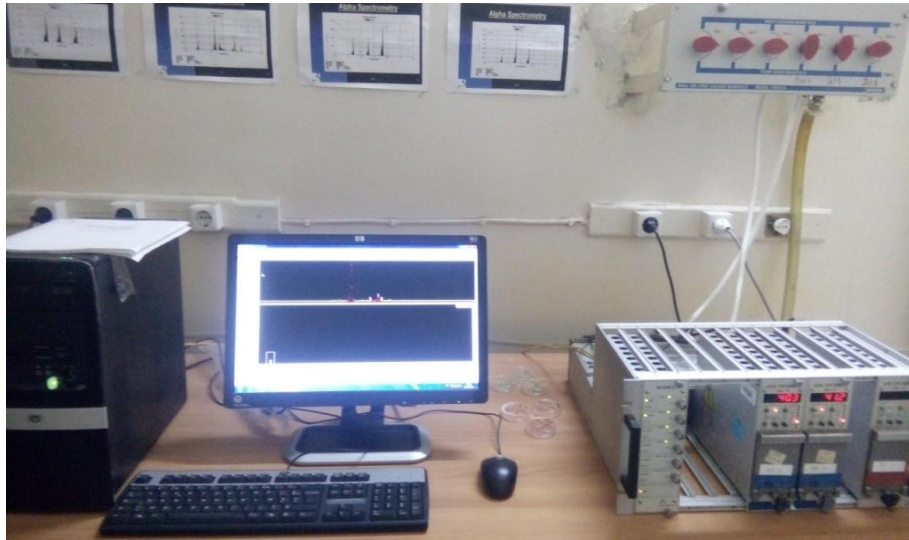


Figure III-12 : Analyseur de la spectrométrie alpha

- **Principe**

La mesure des émetteurs alpha est la plus délicate à mettre en pratique car elle exige que le radioélément soit totalement séparé du reste de la matrice. En effet, le libre parcours d'une particule alpha dans la matière est extrêmement court. Si on veut la mesurer dans de bonnes conditions de résolution et d'efficacité de comptage en évitant le phénomène de réabsorption de la particule alpha dans la matrice, il est indispensable de procéder à une séparation chimique complète du radioélément et à la déposition de l'émetteur alpha sur un disque d'acier inoxydable.

Le principe de détection d'une particule alpha est la formation dans un semi-conducteur de paires électron-trou suite à l'impact de la particule alpha sur la surface du détecteur. Le nombre de paires dépend de l'énergie de la particule alpha, ce qui permet l'obtention d'un spectre en énergie

- **Appareillages**

Une chaîne de spectrométrie alpha se compose essentiellement des éléments représentés au tableau (III-3) (**Ansoborlo. 2012**)

Tableau III-3 : Eléments constituant d'une chaîne de spectrométrie alpha et leurs rôles

Eléments	Rôles
Le détecteur	Absorbe l'énergie de la particule alpha et la convertir en un certain nombre de charges électriques
La tension de polarisation	Assure une alimentation continue et de très bonnes performances du point de vue stabilité.
La pompe à vide	Création d'un vide primaire dans la chambre de mesure afin d'éviter la perte d'énergie au contact des molécules d'air.
Le préamplificateur	Conversion des très faibles courants générés dans le détecteur en signal électrique transportable sur les câbles
L'amplificateur	Amplifie le signal et le met en forme pour optimiser le taux de comptage sans dégrader la résolution et l'adapte à la caractéristique du codeur
Le codeur	Convertit l'amplitude du signal analogique en information numérique et la classe dans un canal
La mémoire d'acquisition	Incrément le contenu de la mémoire correspondant à l'adresse donnée par le codeur.
Le calculateur	Contient le logiciel de représentation des spectres sur l'écran avec deux axes : d'énergie et de nombre de cout cumulés pendant le comptage, ainsi le logiciel de dépouillement (GENIE2000), complet du spectre adapté à l'interprétation envisagée.

- **Conditions expérimentales**

- **Calibration**

Une mesure de rayonnements alpha nécessite la détermination préalable du bruit de fond et la réalisation d'un étalonnage.

a. Bruit de fond

Le bruit de fond exprime le signal obtenu en absence de source. En effet, il est de différentes origines, notant le bruit électronique et la contamination de la chambre et de son environnement de mesure. Le déroulement d'une mesure du bruit de fond comprend la mise en place de support d'échantillon vierge dans l'enceinte de mesure, dans un temps équivalent ou supérieur au temps de mesure de l'échantillon (Ansoborlo, 2012).

b. Etalonnage

L'opération d'étalonnage est obligatoire, elle s'effectue exclusivement avec des étalons émetteurs alpha accordés aux étalons nationaux ou internationaux par un organisme accrédité, dans notre cas, c'est des sources radioactives ponctuelles.

Il existe deux sortes d'étalonnage : en énergie et en rendement d'efficacité. L'étalonnage en énergie s'agit d'un étalonnage « qualitatif » consiste à associer un numéro de canal (C) à une énergie d'émission (E) ; il est obtenu dans notre cas à partir de trois émetteurs alpha : ^{239}Pu , ^{241}Am et ^{244}Cm , (figure III-13). Ensuite, une courbe linéaire donne E en fonction de C, s'appelle droite de calibration en énergie a été élaborée.

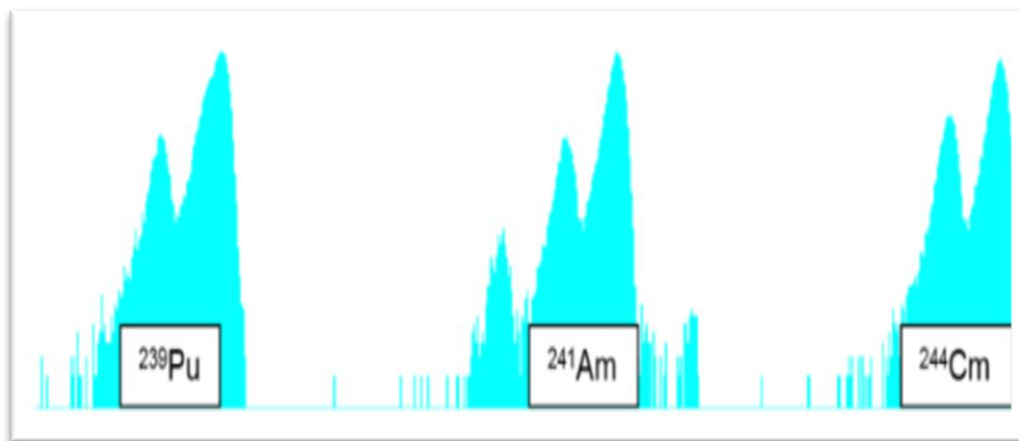


Figure III-13 : Spectres d'étalonnage en énergie

Cependant, le second type d'étalonnage s'agit d'un étalonnage « quantitatif ». C'est le rendement de détection R_d qui est déterminé en utilisant une source standard contenant un radionucléide d'activité A connue. Le standard de calibration doit présenter le même diamètre de dépôt que celui de l'échantillon à analyser et compter à la même distance source-détecteur. Il permet d'avoir accès au nombre d'émissions alpha ou activité alpha détectée dans un échantillon et comptés par rapport au nombre de particules alpha émises par une source, donc c'est un ratio exprimé en pourcentage de détection (Ansoborlo, 2012), et donné par l'équation (I) suivante :

$$Rd = \frac{N/2}{As * Tc} \dots \dots \dots (I)$$

Avec :

N : surface nette du pic ;

As : Activité initiale de la source ;

Tc : Temps de comptage.

➤ Calcul des résultats

Le résultat de la spectrométrie alpha est un spectre constitué des pics qui sont les enveloppes des différentes raies d'émission des radionucléides de l'échantillon. La qualité des pics est directement en rapport avec celle de la préparation des sources et des performances du détecteur (Ansoborlo, 2012).

- Quantification de rendement radiochimique

L'évaluation du rendement radiochimique(Rc) est basée sur l'utilisation d'un traceur, (dans notre cas le ^{209}Po), qui consiste en un radio-isotope, ayant les mêmes propriétés chimiques et se comporte de la même manière que l'élément radioactif recherché (^{210}Po). En effet, le traceur et l'élément radioactif recherché seront récupérés avec le même rendement radiochimique. Ce dernier est donné par l'expression (II) suivante :

$$Rc = \frac{Am}{Ai} \dots \dots \dots (II)$$

Avec :

Am : Activité mesurée du traceur ;

Ai : Activité du traceur injecté ;

Où l'activité mesurée du traceur est calculée par l'équation (III) suivante :

$$Am = \frac{N}{Tc * Rd} \dots \dots (III)$$

Ainsi que l'activité du traceur injecté doit être corrigé à la date de mesure par l'équation (IV) suivante :

$$Ai = A_0 e^{-\lambda t} \dots \dots (IV)$$

- Quantification de l'activité

L'activité d'un élément radioactif dépend de rendements de détection (Rd) et radiochimique (Rc), dans un temps de comptage (Tc) équivalent au temps de comptage lors de la calibration. Ainsi, elle dépend aux caractéristiques du détecteur, au diamètre de la source, et à la distance source-détecteur. Donc l'activité A de ^{210}Po dans l'échantillon est exprimée en Becquerel par Kilogramme (Bq/Kg) et calculée par l'équation (V) suivante :

$$A = \frac{N}{Rd * Rc * Tc * m} \dots \dots (V)$$

Avec

N : surface nette du pic exprimé en nombre de coups ;

Rd : Rendement de détection exprimé en pourcentage (%) ;

Rc : Rendement radiochimique exprimé en pourcentage (%) ;

Tc : Temps de comptage en seconde (s) ;

m : masse d'échantillon en kilogramme (Kg).

En corrigeant par la suite l'activité calculée à la date de récolte d'échantillon, Par l'équation (VI) suivante :

$$A_0 = A e^{\lambda t} \dots \dots (VI)$$

Voire que, A_0 représente l'activité de l'échantillon le jour de récolte.

- Calcul d'incertitude

$$\Theta A = A \sqrt{\left(\frac{\Theta N}{N}\right)^2 + \left(\frac{\Theta Rd}{Rd}\right)^2 + \left(\frac{\Theta Tc}{Tc}\right)^2 + \left(\frac{\Theta Rc}{Rc}\right)^2 + \left(\frac{\Theta m}{m}\right)^2} \dots \dots (VII)$$

Avec :

$\Theta N/N$: l'erreur sur le nombre des coups lors du comptage

$\Theta Rd/Rd$: l'erreur sur le rendement de la détection ;

$\Theta Tc/Tc$: l'erreur sur le temps du comptage ;

$\Theta Rc/Rc$: l'erreur sur rendement radiochimique ;

$\Theta m/m$: l'erreur sur la masse d'échantillon.

➤ Limite de détection

Selon la norme ISO 11929:2010, la limite de détection indique la plus petite valeur qui peut être détectée par la procédure de mesurage utilisée, cela permet de décider si la procédure satisfait ou non aux exigences et si elle est donc adaptée à l'objectif de mesurage prévu. La limite de détection LD est égale à 2 fois le seuil de décision SD (**Morelle et Grenier, 2018**), elle est calculée par l'équation suivante :

$$LD = 2 * SD \dots \dots (VIII), \quad SD = 2 * \sqrt{2BF} \dots \dots (IX)$$

Avec :

SD : Seuil de décision

BF : Bruit de fond, exprimé en nombre de coups.

➤ Activité minimale détectable

L'activité minimale détectable est calculée comme suit :

$$MDA = \frac{LD}{\varepsilon * I * Tc} \dots \dots (X)$$

Avec :

ε : L'efficacité ou le rendement d'efficacité (Rd)

I : l'intensité ou le rapport de branchement du radio-élément, $I_{(Polonoim-210)}=100\%$;

Tc : Temps de comptage en seconde (s)

4.2 Analyse du mercure total par analyseur DMA-80

Les échantillons de moules et de patelles ainsi que les sous échantillons de poisson après lyophilisation et broyage, sont introduit dans l'analyseur de mercure, suivant le protocole (**USEPA. 1998**).

4.2.1 Procédure de mesure

La procédure d'analyse commence par la pesée à l'aide d'une balance de précision 0.1g de lyophilisat, qui est mis dans des portes-échantillon de Nickel. Par le passeur automatique les échantillons sont introduits dans l'analyseur de mercure. Lors de l'exécution du programme d'analyse, on choisit la méthode d'analyse selon le type d'échantillon (*Mussel Method* pour un échantillon de moule) ;

Comme illustré à la figure (III-14), l'échantillon subit en premier lieu un séchage et une décomposition thermique dans le four à une température de 120°C à 650°C sous le flux d'oxygène de haute pureté qui est issu d'une bombonne d'oxygène, et par le biais des catalyseurs les molécules de mercure contenus dans l'échantillon ont été séparé d'autre

produits résidus de la combustion. Puis dans l'amalgamateur d'or, le mercure séparé est bien piégé, et subit des mesures au cours des trois cellules positionnées en série dans le spectrophotomètre d'absorption atomique (SAA). Enfin par le logiciel (DMA-80 ON-PC) installé dans un ordinateur lié directement à l'analyseur, les résultats et toutes autres informations analytiques seront affichés sur l'écran.

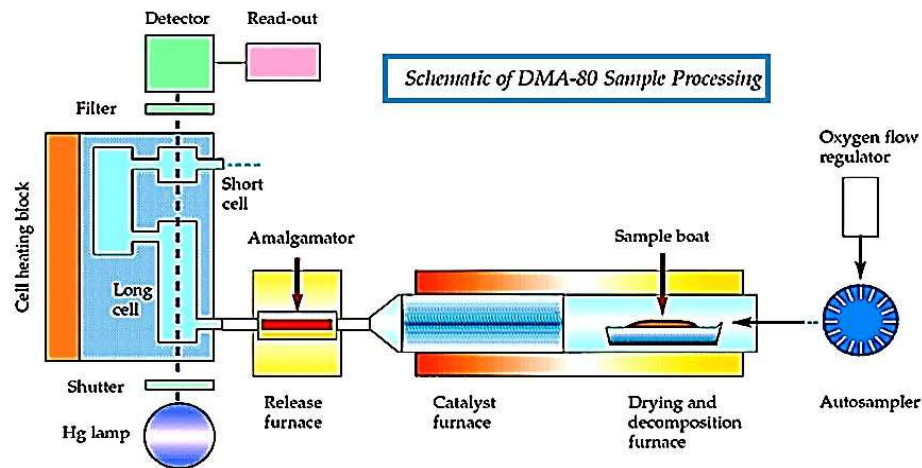


Figure III-14 : Procédure de mesure par DMA-80

4.2.2 Analyseur direct du mercure total (DMA-80)

- **Présentation**

L'analyseur direct du mercure illustré à la figure (III-15), comme son nom indique, il analyse le Mercure (Hg) total dans des échantillons liquides, solides ou gazeux sans prétraitement. En effet, il nous permet de mesurer avec précision la teneur totale d'Hg en très faible concentration dans un laps de temps très court, maximum 6 min. pour chaque échantillon. La limite de détection estimée avec des étalons certifiés est de 0,005 mg/kg d'Hg pour les tissus biologiques (CEAEQ, 2007).



Figure III-15 : L'analyseur direct du mercure DMA-80

- **Appareillages**

L'analyseur nécessite un appareillage courant utilisé dans les laboratoires comme la balance électronique de précision (0,1 mg), et d'autres instruments spécifiques à l'analyseur directe du mercure Milestone DMA-80, tels que l'ordinateur où est installé le logiciel DMA-80 ou logiciel PC DMA-80, les portes échantillons en quartz et en Nickel, les spatules, les pipettes, les fioles jaugées appropriées, 50 ou 100 ml, la bombonne d'oxygène, et enfin le charbon qui piège les résidus de combustion.

- **Conditions expérimentales**

- **Décontamination**

- a. Décontamination de l'appareil DMA-80**

La décontamination de l'appareil DMA-80 est effectuée à l'aide de la farine de blé (farine de cuisine), comme suit ;

Dans des portes échantillons en quartz on met 0.3g de farine et 50 μ l d'eau distillée, puis on les introduit dans l'analyseur ; on exécute le programme par application de la méthode clean.

- b. Décontamination des portes échantillons**

La décontamination des portes échantillons de quartz et de Nickel s'effectue par deux méthodes : soit dans le four à moufle à 650°C de 10 à 15min, ou par leurs introductions dans l'analyseur de mercure, la méthode décontamination a été choisie lors de l'exécution du programme de décontamination ; (Figure III-16).



Figure III-16 : pesée de farine et décontamination de l'analyseur

- Calibration

La calibration se fait par la méthode EPA 7473, recommandée par le laboratoire américain EPA (Environment Protection Agency) et le fabricant Milestone.

On dose 100µl d'étalon dans des portes échantillons, en choisissant les paramètres d'analyse (70/100/40) : 70 secondes pour le temps de séchage, 100 secondes pour la décomposition et 40 secondes pour le temps d'attente ; ensuite, on réalise la courbe d'étalonnage.

En tenant compte que la stabilité des étalons de mesure est limitée de 24 à 48 heures ; ainsi, au lieu des étalons de mercure aqueux, des matériaux de références solides ayant une valeur certifiée pour le mercure peuvent être utilisés pour l'étalonnage.

4.3 Analyse du Plomb et Cadmium par l'EDXRF

4.3.1 Procédure de mesure

On pèse 2 à 3 g d'échantillon, puis on les enveloppe dans un film de MAYLAR et on les met dans des portes échantillons décontaminés préalablement par l'alcool 70°, (figure III-17) ; Ensuite, on les introduit dans le spectromètre d'EDXRF.



Figure III-17 : Préparation des échantillons pour l'EDXRF

Les concentrations et leurs erreurs sont calculés à partir des spectres et des intensités qui sont affichés sur écran, en appliquant les équations comme décrit par la suite ;

4.3.2 Le spectromètre par fluorescence à rayons X de dispersion d'énergie

- **Présentation**

La spectrométrie par fluorescence à rayons X de dispersion d'énergie (EDXRF), est une technique d'analyse multi-élémentaire non destructive, a pour but de contrôler la qualité industrielle, et nous serve à évaluer l'état de santé des milieux environnementaux et leurs compartiments. En effet, elle nous permet de déterminer, d'identifier et de quantifier des éléments allons du Sodium (Na) à l'Uranium (U), dans un échantillon solide ou liquide.



Figure III-18 : Spectromètre de fluorescence par des rayons X à dispersion d'énergie

- **Principe**

Lorsqu'un échantillon à analyser est placé sous un faisceau de rayons X ou de source radioactive, l'électron incident expulse un électron atomique. Il se produit alors un réarrangement électronique, un électron d'une couche supérieure, voir un électron libre, prenant sa place. Durant ce réarrangement un photon X d'énergie caractéristique de la transition est émis. Souvent le réarrangement se fait avec plusieurs électrons, plusieurs raies X sont alors émises ; (Figure III-19).

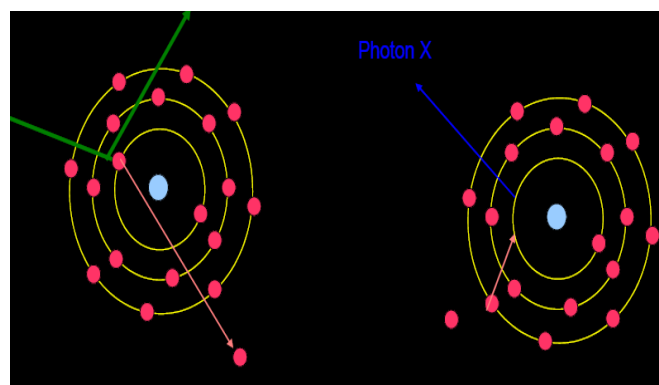


Figure III-19 : Principe de l'EDXRF

- **Appareillage**

Un spectromètre d'EDXRF est constitué principalement de deux parties (Figure III-20) ; la première, est la source de rayonnement, généralement sous forme de tube produit des rayons X, et parfois des isotopes radioactifs ; La seconde, est le détecteur de type Silicium (Si) ou SDD (Silicon Drift Detector). L'instrument de mesure est contrôlé par un ordinateur muni d'un logiciel adéquat où s'affichent toutes les conditions d'exécution (température, courant, énergie et durée), ainsi que l'acquisition des spectres et la déconvolution (chevauchement) spectrale.

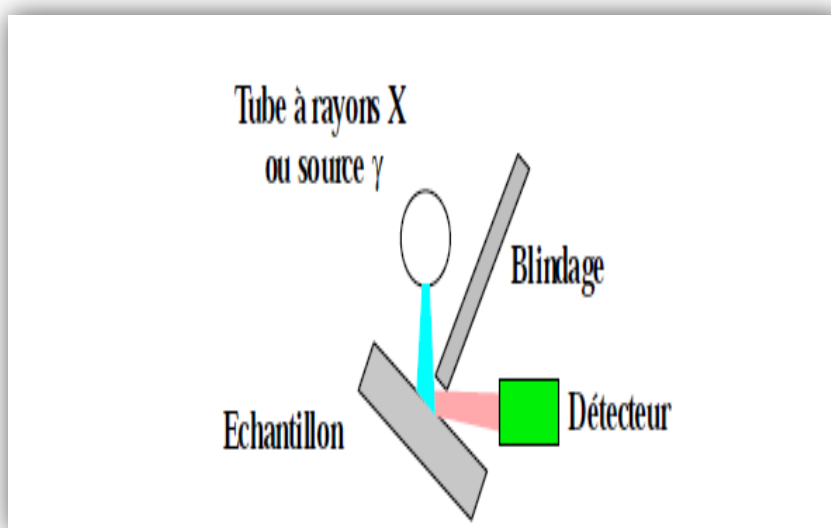


Figure III-20 : Spectromètre à dispersion d'énergie

- **Condition expérimentale**

- **Calibration**

Pour calibrer l'échelle d'énergie, on a besoin (au moins) de deux pics d'énergie connue, et largement séparés, avec de bonnes statistiques et aucun pic de chevauchement. Pour avoir des meilleurs résultats.

Dans notre cas, on a utilisé les pics Fe ($K\alpha_1$) du canal 1 : $Ch_1 = 162$ et Br ($K\alpha_1$) du canal 2 : $Ch_2 = 300$, tel que, leurs énergies sont respectivement : $E_1 = 6.403\text{Kev}$ et $E_2 = 11.924\text{Kev}$. Pour définir par la suite, une régression linéaire et avoir une équation de forme :

$$Y = ax + b$$

Avec : Y = L'énergie (E) ; a = le zéro ou le bruit de fond (ev) ;
 x = les canaux (Ch) et b = le gain (ev/ch).

- Calcul des résultats

Après avoir passé l'échantillon dans l'analyseur de fluorescence X, les résultats obtenus par le logiciel représentent des analyses qualitatives décrivent le positionnement des raies, et des analyses quantitatives montrent l'aire des raies ou l'intensité, cette dernière est transformée en concentration par un facteur de correction en utilisant la concentration d'échantillon de référence certifié par l'AIEA, codé : RF-MUSSEL.AIEA-461, ainsi que son intensité détectée. Le facteur de correction exprimé par l'équation suivante :

$$Cx = \frac{Ix}{Is} * Cs \dots \dots \dots (I)$$

Avec

Cx : Concentration de l'échantillon ;

Cs : Concentration de l'échantillon de référence ;

Is : Intensité de l'échantillon de référence ;

Ix : Intensité de l'échantillon.

- Calcul d'incertitude

L'incertitude a été calculée par la formule :

$$\Delta Cx^2 = \left(\left(\frac{\Delta Cs}{Cs} \right)^2 + \left(\frac{\Delta Ix}{Ix} \right)^2 + \left(\frac{\Delta Is}{Is} \right)^2 \right) * Cx^2 \dots \dots \dots (II)$$

Avec

ΔIx : l'erreur d'intensité de l'échantillon ;

ΔCs : l'erreur de la concentration d'échantillon de référence.

➤ Limite de détection

La limite de détection a été calculée par la formule (III) développée par **Beckhoff et al., (2006)**, elle est de l'ordre de 0.083ppm pour le Cadmium et de 5.02ppm pour le Plomb :

$$LD = \frac{3\sqrt{BF}}{\beta} \dots \dots (III), \quad \beta = \frac{I}{C} \dots \dots (IV)$$

Avec

β : Facteur de proportionnalité ou la sensibilité ;

I : Intensité ;

C : Concentration ;

BF : Bruit de fond.

5 Evaluation dosimétrique

L'évaluation dosimétrique consiste à estimer la dose reçue annuellement par un adulte consommant des produits de la pêche (Les moules dans notre étude). Comme recommander par **UNSCEAR (2000)**, en utilisant un facteur de conversion de dose par unité ingérée (Coefficient de dose d'ingestion) qui est de 1.2mSv/Bq (**Connan, 2007**), Pour le Polonium-210 la contribution à la dose est calculée par l'équation suivante :

$$D = DF * MF * A * C * f$$

Avec

D : Dose annuelle (μSv/an) ;

DF : Facteur de conversion de dose (1.2 μSv/Bq) ;

DM : Modification liée à la décroissance de ²¹⁰Po de la capture jusqu'à la consommation (0.6) ;

A : Activité en concentration du ²¹⁰Po (Bq/Kg poids sec) ;

C : taux annuel de consommation par individu (Kg /an/individu) ;

F : Fraction réelle consommée (pour les moules, 50% du taux de consommation).

Le taux annuel de consommation par individu en Algérie est de 1Kg par individu (données des statistiques du Ministère de l'Agriculture, du développement rural et de la pêche, Algérie).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1 Peuplements associés

Les trois espèces de Mollusques cibles prélevés du Zeralda, vivent en mélange fixées sur le substrat rocheux, donc elles se partagent le même habitat, les mêmes conditions environnementales et bien évidemment le même peuplement associé, qui est reporté à l'annexe IV, et représenté par 9 espèces floristiques et 7 espèces faunistiques, sachant que 3 espèces de Crustacés Amphipodes et 2 espèces d'Annélides achètes ne sont pas incluses, vu qu'elles n'ont pas été identifiées.

La liste des taxons de peuplement associé aux poissons *Mullus barbatus barbatus* pêchés du Mostaganem et de Ghazaouet est reportée à l'annexe V. La contribution relative en pourcentage des espèces pour chaque groupe taxonomique faunistique et floristique associé aux poissons au sein des deux régions est représentée à la figure (IV-1).

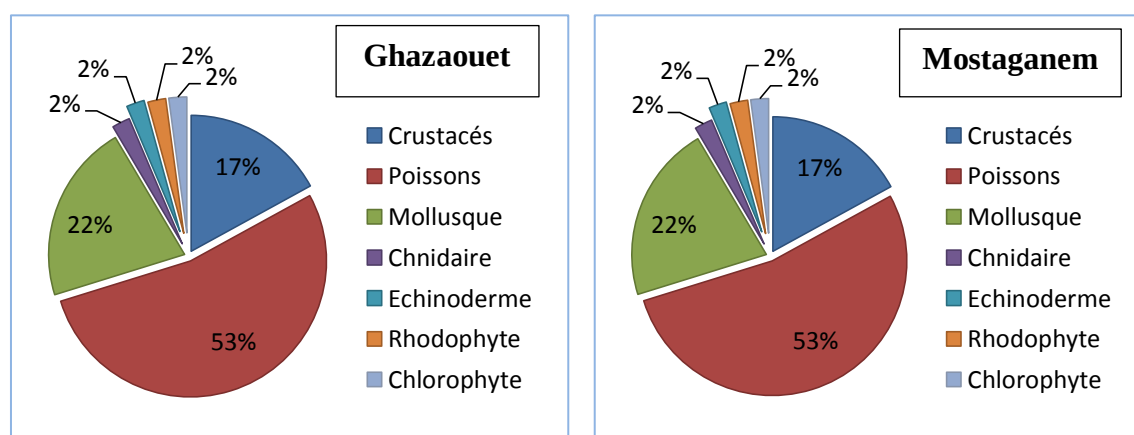


Figure IV-1 : Contribution relative des groupes faunistiques et floristiques associés aux Poissons

Nos résultats montrent que la distribution des taxons est identique au niveau des deux régions (Mostaganem et Ghazaouet). Le Poisson est le groupe le plus dominant avec 53 %, suivi par les Mollusques et les Arthropodes (Crustacés) avec 22% et 17% respectivement. Les groupes moins représentés sont les Cnidaires et les Echinodermes ainsi que les Chlorophytes et les Rhodophytes avec une même contribution de 2%.

2 Indice de Condition

L'indice de condition (IC) est un indice biométrique, couramment utilisé en conchyliculture pour rendre compte du degré de remplissage des coquilles des animaux. Parmi les nombreuses formules proposées, nous avons choisi l'indice AFNOR (NF V 45056, sep 85), exprimé par l'équation : $IC = (PTM / Poids\ total) * 100$. Où PTM= Poids des tissus mous.

L'indice de condition des différentes espèces de moules et de patelles cibles est illustré au tableau (IV-1). Il varie de 33,21 % à 42,73 % pour les moules, et il est de l'ordre de 45,40 % pour les patelles. Ces valeurs montrent un remplissage des coquilles en faveur des *M. galloprovincialis* du site de Zeralda.

Tableau IV-1 : Indice de Condition (IC) en (%) chez les espèces de Mollusque cibles

Stations	Zeralda					Ain Taya
Espèces	<i>Mytilus galloprovincialis</i> ♀	<i>Mytilus galloprovincialis</i> ♂	<i>Perna perna</i> ♀	<i>Perna perna</i> ♂	<i>Patella cearulea</i>	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
IC (%)	41,57	42,73	33,21	34,52	45,40	34.39

3 Variations spatiales des polluants radioactifs et métalliques

Les résultats des dosages de polluants métalliques ont été validés par des échantillons standards des matrices biologiques certifiés par l'AIEA, codés : RF-MUSSEL.AIEA-461, tandis que pour le Polonium-210, la fiabilité des résultats a été testée à travers la participation d'exercices d'inter-comparaison, qui était en cours lors de l'analyse de nos échantillons.

3.1 Variations spatiales du polonium-210 dans les mollusques bivalves

Les concentrations du ^{210}Po dans les échantillons de moules prélevées d'Ain Taya et de Zeralda ont été mesurées par spectrométrie alpha, en utilisant un détecteur semi-conducteur de type PIPS (*Passive implanted Planar Semi-conductor*), avec un rendement d'efficacité $R_d = 21.44 \pm 2.03\%$, et un bruit de fond d'un temps de comptage de 150941 secondes. Ce bruit de fond est de l'ordre de 49 Coups. Les résultats des paramètres à calculer, ainsi que l'activité à déterminer dans ces échantillons, sont illustrés dans le tableau (IV-2). Sachant que la limite de détection est de 0.64, et l'activité minimale détectable est de l'ordre de $3.94.10^{-5}\text{Bq}$.

Tableau IV-2 : Activités du ^{210}Po en Bq/Kg poids sec dans les moules de Zeralda et Ain Taya

Stations	Eléments	Tc (s)	Rc (%)	$N \pm \Delta N$ (%)	$A \pm \Delta A$ (Bq/Kg) poids sec
Zeralda	^{209}Po	92979	97.1	734 ± 3.69	0.0368
	^{210}Po			5276 ± 1.38	270.55 ± 13.11
Ain Taya	^{209}Po	70798	97.7	562 ± 4.22	0.0370
	^{210}Po			3871 ± 1.61	257.16 ± 13.75

Tc : temps de comptage (s), Rc : Rendement chimique (%), N : surface nette (%), A : Activité (Bq/Kg) poids sec.

Les activités du ^{210}Po trouvées dans les moules sont de l'ordre de $270.55 \pm 13.11 \text{ Bq/Kg}_{\text{poids sec}}$ et $257.16 \pm 13.75 \text{ Bq/Kg}_{\text{poids sec}}$ pour les échantillons de Zeralda et d'Ain Taya respectivement.

Ces activités sont presque semblables au sein des deux régions Zeralda et Ain Taya, la première est affectée par l'oued de Mazafran, qui alimente la région par les produits agricoles utilisés au niveau de la plaine de Metidja. La seconde est affectée par l'oued de Reghaia, une zone agricole par excellence. Les engrais sont des résidus de l'Uranium particulièrement l' ^{238}U , ce dernier donne naissance du ^{210}Po à travers la décroissance radioactive.

Dans le milieu marin, le ^{210}Po est produit par la décroissance du Plomb-210, lui-même descendant du Radon-222 dissous dans l'eau de mer, ou introduit directement de l'atmosphère (décroissance du Radium-226). Les rejets industriels et agricoles contribuent à l'augmentation des concentrations des polluants au niveau local.

D'après **Khan et al., (2014)**, **Kiliç et al., (2014)**, **Stepnowski et Skwarzec (2000)**, l'activité du ^{210}Po chez les moules est étroitement liée aux paramètres : l'espèce, la taille, la saison, le régime alimentaire, ainsi que l'habitat et l'emplacement géographique et le plus important c'est le moment de la collecte.

En effet, selon **Wildgust et al., (1998)**, l'augmentation d'activité du ^{210}Po dans *Mytilus galloprovincialis* est en corrélation avec l'augmentation des précipitations, qui favorisent le lessivage intense du ^{210}Po . Une autre étude faite par les mêmes auteurs (2000), examinant la variation temporelle du ^{210}Po , a indiqué que l'activité avait augmenté du fait de la prolifération de phytoplancton, entraînant par la suite une augmentation du piégeage du ^{210}Po soluble en raison de la teneur plus élevée en matière organique dans l'eau, suivie d'une augmentation de l'absorption par les organismes marins.

L'origine de variation des activités au sein du bassin sud méditerranéen reste discutable, vu le peu de données et des études qui traitent l'état de la radioactivité à son niveau, particulièrement celles basées sur l'organisme marin comme bioindicateur. Les résultats de cette étude sont plus ou moins comparables avec les études antérieures citées dans le tableau ci-après (IV-3).

Tableau IV-3 : Comparaison des activités enregistrées dans les moules de différentes études

Régions	Activité du ^{210}Po	Références
Algérie	Ain Taya	Salem et Sifi (2009)
	Ain Tagourait	
	Port d'Alger	
	Ain Taya	Présente étude
	Zéralda	
Croatie	54_460 (poids humide)	Rožmarić (2012)
France	203.1	Charmasson (2011)
Turquie	52_1344	Uğur (2002)
Italie	50_142	Desideri (2010)

3.2 Variations spatiales des polluants métalliques toxiques dans les mollusques

Le tableau (4) et les figures (2 et 3) illustrent les résultats des concentrations des éléments métalliques toxiques : Hg total, Cd et Pb, dans les échantillons des mollusques (Moules : *Mytilus galloprovincialis* et *Perna perna* ; Patelles : *Pattela caerulea*), au niveau de Zéralda et Ain Taya.

Tableau IV-4 : Concentrations des élément métalliques toxiques (Hg total, Pb et Cd) en (ppm) dans les moules

Sites	Espèces	Hg total (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)
Zéralda	<i>Mytilus galloprovincialis</i> ♂	0.109 ± 0.005	0.873 ± 0.070	22,210 ± 1,491
	<i>Mytilus galloprovincialis</i> ♀	0.380 ± 0.107	0.532 ± 0.144	6.818 ± 1.658
	<i>Pernaperna</i> ♂	0.109 ± 0.005	0.417 ± 0.128	10.457 ± 1.761
	<i>Pernaperna</i> ♀	0.120 ± 0.005	0.454 ± 0.131	14.192 ± 1.987
	<i>Patella caerulea</i>	0.876 ± 0.040	0.666 ± 0.165	10.023 ± 1.916
Ain Taya	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	0.050 ± 0.001	0.915 ± 0.074	15.440 ± 1.820

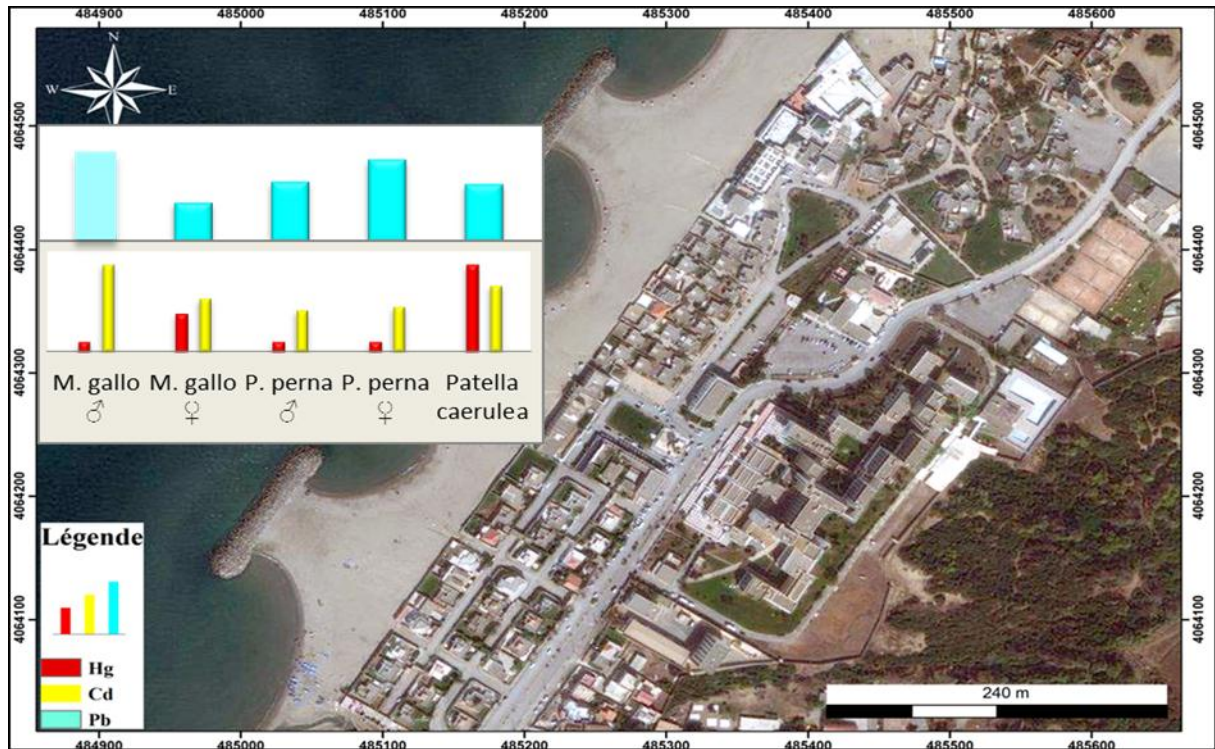


Figure IV-2 : Cartographie des polluants métalliques dans les mollusques pour la station de Zeralda

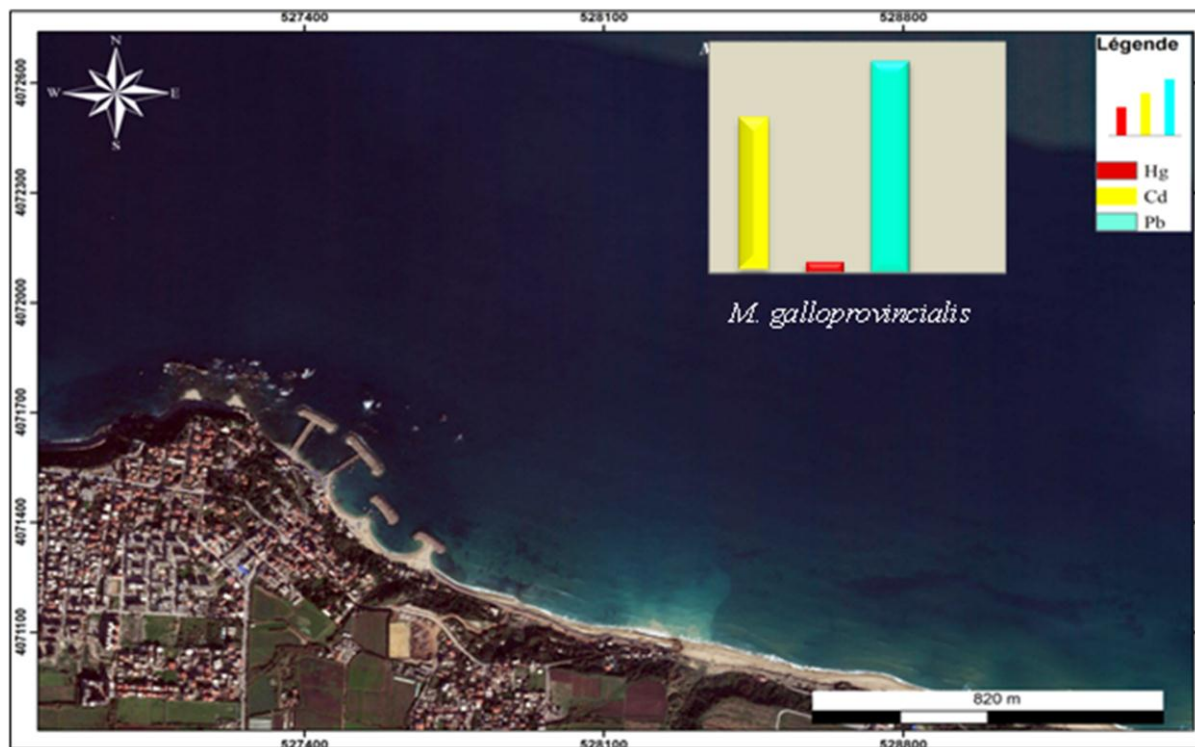


Figure IV-3 : Cartographie des polluants métalliques dans les mollusques pour la station d'Ain Taya

Les résultats du dosage de ces éléments toxiques montrent que les mollusques bivalves concentrent moins de Mercure par rapport aux mollusques gastéropodes, probablement ça revient au régime alimentaire. En effet, selon **Belivermis et al., (2019)**, les mollusques filtreurs ont la capacité à concentrer le Mercure moins que les autres mollusques.

Au sein des échantillons de Mytilidae prélevées du site Zeralda, les concentrations des trois métaux enregistrées chez les femelles des moules *Perna perna* est élevée par rapports à celle enregistrées chez les mâles. Chez les *Mytilus galloprovincialis*, pour le Mercure, les femelles accumulent plus que les mâles, par contre, pour le Plomb et le Cadmium les mâles accumulent plus que les femelles.

L'accumulation des *Mytilus galloprovincialis* prélevées d'Ain Taya en Plomb et en Cadmium, est très importante par rapport à celle en Mercure total, tandis que l'accumulation des patelles est élevée pour les trois métaux.

D'après **Sokolowski (2004)**, bien que les fluctuations intersexuelles de l'accumulation de métaux dans les moules, sont largement étudiées chez diverses espèces, en utilisant à la fois des approches de terrain et des approches expérimentales, le concept général de cette relation est encore discutable.

Watling et al., (1976) ont signalé que chez les femelles des mytilidae, les concentrations en métaux essentiels (Cuivre et Zinc) sont élevées, alors que pour les éléments toxiques (Cadmium et Plomb) aucune différence significative n'était observée. Aussi, **Kavun (1991)**, n'a relevé aucune différence intersexuelle dans les concentrations aux éléments traces métalliques chez *Perna perna*. Par contre l'étude de **Bawazir (2000)** sur la même espèce, montre que tous les métaux sauf le Fer présentent des concentrations tissulaires plus élevés chez les femelles que chez les mâles, et cela peut être lié aux processus biologiques (cycle de développement des gonades), et les conditions environnementales (nature des rejets et les apports terrigènes qui s'alimente la région d'où le prélèvement a été effectué.

L'effet de la taille des moules sur la concentration en métal n'a pas été abordé lors de cette étude, vu que la longueur des coquilles était limitée à une classe de taille où les individus sont adultes.

A partir des résultats obtenus, nous constatons que les teneurs en polluants métalliques toxiques enregistrés au sein des deux stations Zeralda et Ain Taya peuvent être liées d'une part à sa présence naturelle dans le milieu. D'autre part, liées aux apports terrigènes et les

rejets issus dans les deux régions, par le biais des oueds ; à savoir la région de Zeralda, celle qui se situe à Bou Ismail, cette dernière s'est alimenté par trois Oueds : Mazafran, Nadour et Béni Messous, qui sont connus par un développement touristique, un tissu urbain, et l'installation de diverses unités industrielles près du littoral et des activités portuaire. Ainsi que la région d'Ain Taya qui reçoit des rejets agricoles et urbains via l'oued de Réghaia.

3.3 Variations spatiales des polluants métalliques dans le poisson

Les résultats du dosage des éléments toxiques non radioactifs : Hg total, Pb et Cd, accumulés dans les trois compartiments biologiques de poissons *Mullus barbatus barbatus* (chair, gonade et foie) prélevés du Ghazaouet et Mostaganem, sont illustrés au tableau (IV-5) et les figures (IV-3 et IV-4).

Tableau IV-5 : Concentrations des éléments métalliques toxiques dans trois compartiments de poissons pour les stations Ghazaouet et Mostaganem

Stations	Echantillons	Hg total (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)
Ghazaouet	Chair	0.163 ± 0.002	0.850 ± 0.192	13.967 ± 2.390
	Gonade	0.218 ± 0.011	0.642 ± 0.153	11.957 ± 2.194
	Foie	0.251 ± 0.001	0.351 ± 0.100	12.878 ± 2.185
Mostaganem	Chair	1.091 ± 0.013	0.916 ± 0.205	26.800 ± 3.007
	Gonade	0.191 ± 0.010	0.777 ± 0.176	12.801 ± 7.278
	Foie	0.580 ± 0.003	0.607 ± 0.154	18.450 ± 2.577

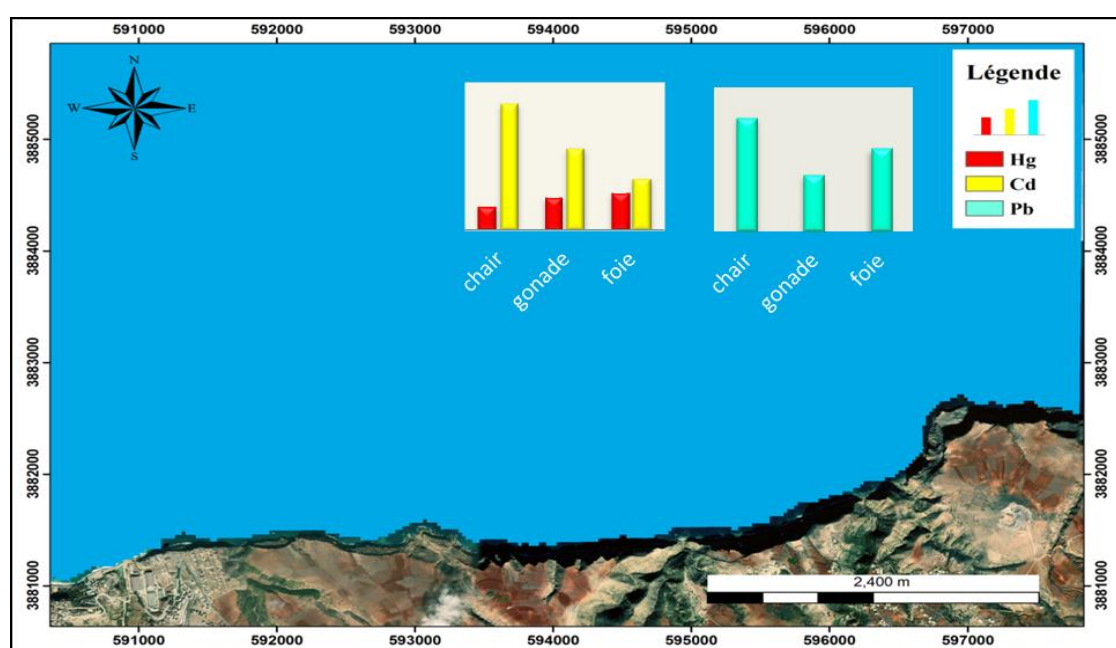


Figure IV-4 : Cartographie des éléments métalliques toxiques dans les compartiments de rouget de Ghazaouet

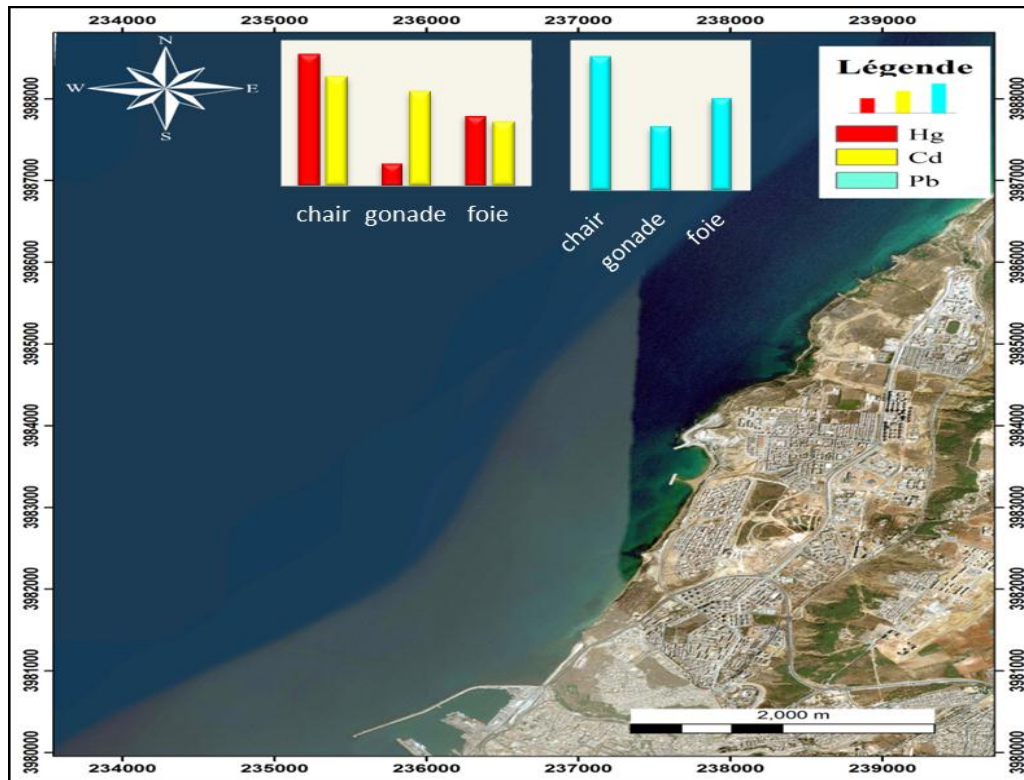


Figure IV-5 : Cartographie des éléments métalliques dans les compartiments du rouget de Mostaganem

Au sein des trois compartiments de poissons Rouget de vase, les concentrations en Mercure total, Cadmium et Plomb enregistrées au niveau des deux stations, montrent que pour le Cadmium, la chair est l'organe qui bioaccumule le plus, suivi par les gonades et le foie : (chair > gonade > foie) ; pour le Plomb, toujours l'organe qui bioaccumule le plus c'est la chair, suivi par le foie et les gonades : (Chair > foie > gonade).

En ce qui concerne le Mercure total, sa bioaccumulation au sein des trois organes de poissons Rouget de vase, est enregistrée dans l'ordre suivant : (chair > foie > gonade) chez l'échantillon pêché de Mostaganem. Cependant, l'ordre suivant (Foie > gonade > chair) a été constaté chez l'échantillon pêché de Ghazaouet.

Lors de différentes études, les taux de métaux lourds mesurés dans les muscles, le foie et les gonade ont montré des profils d'accumulation variés (**Ansel et al., 2018**). Dont les concentrations les plus élevées ont été enregistrées principalement dans le foie, qui semble être un organe de stockage et se spécialise généralement dans la détoxification (**Kotze et al., 1999**) ; de ce fait, on considère généralement que les tissus musculaires ont une faible capacité d'accumulation des métaux lourds (**Tapia et al., 2012**). Par contre, ce n'est pas toujours le cas. D'après **Uysal et al., (2009)**, des concentrations plus élevées de métaux ont

été observées au niveau des muscles plus que dans le foie et les gonades chez un poisson téléostéen (*Carassius carassius*), pratiquement ce phénomène de concentrations est similaire aux résultats de notre étude. Cela, d'après **Liu et al., (2015)**, peut être due au schéma de distribution distinct des métaux lourds parmi les différentes espèces de poissons, alors la raison explicite des concentrations élevées de métaux dans le muscle doit être approfondie.

D'après les teneurs en métaux enregistrés au sein des compartiments de cet organisme sentinelle, les deux stations Mostaganem et Ghazaouet semblent être affectées par les éléments métalliques toxiques. D'une part, vu qu'ils sont omniprésents dans la nature, et d'autre part, ça est lié aux rejets des stations de traitements des eaux usées, des eaux de relevages et des stations de dessalements des eaux de mer au niveau de Mostaganem, et aux rejets des unités industrielles au niveau des deux stations.

4 Risques dus aux polluants radioactifs

Les risques majeurs dus à l'ingestion et à la radio-toxicité par le Polonium-210, sont des malformations et des anomalies génétiques qui ayant des effets sur la dynamique de la population, ainsi que la structure et le fonctionnement des écosystèmes et leurs compartiments y compris l'être humain.

Pour cela, au cours de notre étude et comme il est recommandé par l'**UNSCEAR (2000)**, en utilisant un coefficient de dose d'ingestion (1.2 mSv/Bq), on a estimé les doses reçues par un adulte suite à la consommation des moules de la ferme conchylicole d'Ain Taya et les moules sauvage de Zeralda, à $D_1 = 92.578 \mu\text{Sv/an}$ et $D_2 = 97.398 \mu\text{Sv/an}$ respectivement (Tableau IV-6). D'où la moyenne annuelle de consommation par individu en Algérie est estimée de 1Kg.

Ces doses peuvent être comparées à celles publiés ailleurs, qui traitent également l'ingestion du polonium suite à la consommation des produits de la mer. **Nielson et al., (1999)** estiment la dose de $700 \mu\text{Sv/an}$ tandis que **Jia et al., (2003)** estiment la dose entre 50 et $200 \mu\text{Sv/an}$. ICPR recommande une dose annuelle de 1 mSv/an, ce qui montre qu'il n'y a aucun risque sur la santé de la population en consommant les moules récoltées au site de Zeralda et d'Ain Taya.

Tableau IV-6 : Doses annuelles estimées

Station	Zeralda	Ain Taya
Doses annuelles ($\mu\text{Sv/an}$)	97.398	92.578

5 Risques dus aux polluants métalliques

Le tableau (IV-7) illustre les concentrations en métaux (Hg total, Cd et Pb) dans différentes zones du littoral algérien, y compris celles de notre étude, enregistrées dans différentes espèces bioindicatrices appartenant de deux groupes faunistiques (Mollusques et Poissons).

Afin de prévenir les risques des éléments métalliques toxiques sur la santé de la biodiversité des milieux environnementaux, ensuite sur la population humaine à travers la consommation des produits de la pêche, il devient nécessaire de calculer les limites tolérables.

Les limites tolérables provisoires fixées par le JECFA (Comité mixte FAO / OMS d'experts) sont de l'ordre de 5 ppm pour le Mercure total, 2.5 ppm pour le Cadmium et 25 ppm pour le Plomb. Ces valeurs ont été exprimées par personne sur la base des statistiques de consommation des différents produits.

En absence des statistiques sur les taux de consommation, nous avons jugé utile d'utiliser un taux de consommation moyen de l'ordre de 1kg / Mois / Personne pour qu'on puisse effectuer une comparaison avec les limites citées ci-dessus.

Compte tenu de l'espèce de poisson et des fruits de mer considérés ainsi que les éléments à analyser, et des résultats de quelques études antérieurs, les données obtenues dans notre étude, sont toutes inférieures aux limites tolérables par le JECFA.

Pour le plomb, seule la concentration au niveau de la chair du rouget pêché du Mostaganem, est légèrement supérieure aux seuils provisoires. Cela, selon le plan d'aménagement côtier, peut être lié aux rejets et à la maintenance des navires dans la zone de mouillage des navires des ports d'Arzew et de Béthioua, qui est située au droit des houles dominantes hivernales du Nord-Ouest, et qui peuvent être entraînés vers la côte de Mostaganem un amoncellement des macrodéchets sur les plages Est de la ville de Mostaganem.

A partir de nos résultats, il est à noter que la contribution des espèces cibles à la bioaccumulation des métaux (Hg total, Cd et Pb), au sein des zones d'étude, est présente dans cet ordre (Mostaganem > Ain Taya > Ghazaouet > Zeralda), ce qui peut nous renseigner à l'état de santé des milieux, qui sont à l'exception du Mostaganem, probablement ne posent pas des risques sanitaires sur la biodiversité et la santé humaine vu que toutes les espèces cibles sont comestibles.

Lors de la comparaison des résultats obtenus dans cette étude avec celles des études antérieures au sein de différentes régions du littoral algérien, les valeurs des concentrations en éléments métalliques toxiques (Hg total, Cd et Pb) dans quelques organismes marins bioindicateurs comestibles, révèlent à une différence. Cette dernière revient à plusieurs paramètres, tel que les procédures d'analyses et les techniques de mesures, ainsi que les variations au sein de l'espèce (âge, taille, sexe, cycle de reproduction et régime alimentaire) et au sein du milieu (type des rejets et origine des polluants, nature du substrat, conditions environnementales et hydrodynamismes).

Tableau IV-7 : Les teneurs en éléments métalliques toxiques dans des organismes bioindicateurs au sein de différentes régions du littoral algérien.

Zone d'étude	Hg (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Références
Poissons (<i>Mullus barbatus barbatus</i>)				
Mostaganem	1.091 ± 0.013 Hg total	0.916±0.205	26.800 ± 3.007	Présente étude
Ghazaouet	0.251 ± 0.001 Hg total	0.850±0.192	13.967 ± 2.390	
Jijel	-----	[0.1 - 0.116]	[10 - 20]	Atoui <i>et al.,</i> (2019)
Skikda	-----	[0.3 - 0.76]	[89 - 141]	
Bou Ismail	[0.12 - 0.56]	[0.28 - 0.53]	[0.26 - 0.55]	Bachouche <i>et al.,</i> (2017)
Baie d'Alger	[0.23 - 1.8]	[0.52 - 0.58]	[0.4 - 0.57]	
Oran	-----	0.078	4.76	Bensahla (2001)
Golf de Bedjaïa	----	0.002	2.438	Benzzina <i>et al.,</i> (2017)
Mollusques Bivalves				
Zeralda	[0.109 ± 0.005 - 0.380±0.107] Hg total	[0.417±0.128 - 0.873± 0.070]	[1.510±0.08 - 14.192±1.987]	Présente étude
Ain Taya	0.050 ± 0.001 Hg total	0.915 ± 0.074	15.440 ± 1.82	
Port d'oran	-----	0.67 ± 0.03	9.63 ± 0.73	Rouane <i>et al.,</i> (2015)
Hadjadj (Mostaganem)	-----	0.60 ± 0.74	4.51 ± 0.21	
Mollusque Gastéropodes				
Ghazaouet	-----	0.039	0.28	Bensaid (2011)

CONCLUSION

CONCLUSION

Ce travail consiste d'une part à estimer les risques provoqués par un polluant radioactif (Polonium-210) et trois polluants métalliques (Cadmium, Plomb et Mercure), sur la diversité biologique de quatre organismes marins. Ces organismes ayant un intérêt économique et considérés comme bioindicateurs servent à contrôler l'état de santé des milieux et de leurs biotes, et appartiennent au régime alimentaire de la population côtière y compris les quatre régions du littoral algérien cible dans notre étude (Mostaganem, Ghazaouet, Zeralda et Ain Taya).

D'autre part cette étude est basée sur le peuplement associé à ces espèces cibles : la moule méditerranéenne (*Mytilus galloprovincialis*), la moule africaine (*Perna perna*), la patelle de méditerranée (*Patella caerulea*) et le rouget de vase (*Mullus barbatus barbatus*).

Le peuplement associé aux trois Mollusques cibles prélevés au niveau du site de Zeralda, et qui fréquentent le même habitat (substrat rocheux), sont représentés essentiellement par les Chlorophytes, les Rhodophytes et les Mollusques gastéropodes. La distribution des espèces capturées lors de la pêche du Poisson Rouget de vase au niveau des sites de Mostaganem et Ghazaouet est identique, elle est essentiellement représentée par les Chordés et les Crustacés.

Le dosage du polluant radioactif a fait l'objet d'une analyse par spectrométrie alpha, alors que les polluants métalliques Plomb et Cadmium ont été dosés par la technique EDXRF Spectrométrie de fluorescence par des rayons X à dispersion d'énergie. Quant au Mercure, il a été mesuré par l'analyseur direct du Mercure total DMA-80

Les concentrations en ^{210}Po ainsi que les doses estimées suite à la consommation des moules sauvages de Zeralda et de la ferme conchylicoles "ORCA MARINE" d'Ain Taya, semblent être acceptables, comparées aux normes internationales et ne posent aucun risque sur la diversité biologique du milieu et sur l'être humain comme étant le dernier maillon dans la chaîne trophique.

Les teneurs en éléments métalliques enregistrées chez les mollusques de Zeralda et Ain Taya, ainsi que dans la chair du poisson capturé au niveau du site de Ghazaouet, sont toutes inférieures aux normes fixées par le JECFA (Comité mixte FAO / OMS d'experts). Cependant, celles du poisson récolté du Mostaganem sont légèrement supérieures aux normes pour le Plomb.

En termes de sécurité alimentaire des consommateurs, le dosage des polluants métalliques dans les espèces comestibles cibles a indiqué des concentrations sans danger pour la consommation humaine au niveau des sites d'étude à savoir ; Zeralda, Ain Taya et Ghazaouet. Par contre, elle présente un risque au niveau du site Mostaganem, où des concentrations élevées en plomb ont été mesurés.

Dans notre étude restreinte à un type de poisson benthique connu comme largement consommé dans la région de l'Ouest Algérien ainsi que trois espèces de mollusques comestibles au centre du littoral Algérien, ont été considérés. D'autres espèces marines appartenant au régime alimentaire de la population des zones côtières, pourraient faire l'objet d'une étude plus étendue.

La présence de concentrations élevées de plusieurs substances toxiques, notamment des radionucléides et des traces de métaux peut avoir un impact négatif sur les pêches commerciales côtières et marines, les habitats, les organismes marins et la biodiversité, d'où la nécessité d'une biosurveillance. Les concentrations de métaux dans les poissons et dans les fruits de mer en général doivent être surveillées en permanence dans les zones potentiellement contaminées.

De plus de la permanente surveillance, il est nécessaire d'une part de mettre en place une politique environnementale, afin de limiter les risques générés par les activités humaines, et d'améliorer la protection de l'environnement qui est devenu un enjeu de bien publique. D'autre part, approfondir le concept d'éthique environnementale pour que les générations futures bénéficient d'une qualité environnementale meilleure, et une vie saine dans le milieu naturel, en se partageant ses ressources et sa diversité biologique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ' **ABADA-BOUDJEMA Y-M., et DAUVIN J-C., (1995).** Recruitment and life-span of two natural mussel populations *Perna perna* (Linnaeus) and *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck) from the Algerian coast. *J. Moll. Stud.*, 61 : 467-481.p 479.
- ' **AIEA (2007).** Report on the World wide intercomparaison exercice AIEA-437.Radionuclides in Mediterranean Mussel, Monaco.
- ' **AMIARD J-C., (2011).** Les risques chimiques environnementaux : méthodes d'évaluation et impacts sur les organismes. Edit. Paris : Tec et Doc. Lavoisier.
- ' **ANSOBORLO E., AUPIAS J., et BAGLAN N., (2012).** Mesure du Rayonnement alpha. CETAMA. Commission d'établissement des méthodes d'analyse du Commissariat à l'énergie atomique. Edit. Lavoisier. P 19-82.
- ' **ARNASON JG., et FLETCHER B-A., (2003).** A 40+ year record of Cd, Hg, Pb, and U deposition in sediments of Patroon Reservoir, Albany County, NY, USA. *Environ Pollut.* p.123.
- ' **ATOUI S., DJERROU Z., BOUGHRIRA A., et KADA M. (2019).** Bioaccumulation of Cadmium and Lead in the Muscle Tissue of *Mullus barbatus* in Skikda and Jijel Bays Eastern Algeria. *International Letters of Natural Sciences*, Vol. 74, pp 10-17. doi:10.18052/www.scipress.com/ILNS.74.10. p 13.
- ' **BACHOUCHE S., HOUMA F., GOMIERO A., et BELKESSA R. (2017).** Distribution and Environmental Risk Assessment of Heavy Metal in Surface Sediments and Red Mullet (*Mullus barbatus*) from Algiers and BouIsmaïl Bay (Algeria). *Environmental Modeling & Assessment*. 10.1007/s10666-017-9550-x.
- ' **BALLS PW., (1985).** Copper, lead and cadmium in coastal waters of the western North Sea. *Marine Chemistry*, 15: 363-378p.
- ' **BAWAZIR AS., (2000).** Comparative study on biology and ecology of mussels *Perna perna*, Linnaeus 1758 from tropical region (Gulf of Aden) and *Mytilu strossulus*, Gould 1850 from boreal region (Gulf of Gdansk). PhD thesis, University of Gdansk, Gdansk. p 8.
- ' **BECKHOFF B., KANGGIEBER B., LANGHOFF N., WEDELL R., et WOLFF H. (2006).** Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis. Edit. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. p398.
- ' **BELIVERMIS M., KILIÇ O., EFE E., SEZER N., GONÜLAL O et KAYA NA., (2019).** Mercury and ²¹⁰Po in mollusc species in the island of Gokçeada in the north-eastern Aegean Sea: Bioaccumulation and risk assessment for human consumers. Elsevier, *Chemosphere*.235. (2019)876e884. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.214>
- ' **BENGUENDOZ A. (2018).** Caractérisation nutritionnelle, toxicologique et aptitudes technologiques de « Sardine pilchardus » pêchée dans la côte Algérienne. Thèse de Doctorat en Sciences. Filière : Sciences agronomiques. P 82.

- ' **BENSAHALA T L. (2001).** Contamination du rouget de vase (*Mullus barbatus* L.1758) par quatre métaux lourds (Cd, Pb, Cu et Zn) pêche dans la baie d'Arzew, mémoire de magister, université d'Oran. p 105.
- ' **BENSAID M. (2011).** Evaluation de la bioaccumulation métallique (Cd, Pb, Cu, Zn) chez : le mollusque (*Patella ferruginea*) et l'algue (*Ulva lactuca*) dans la baie de Honaine à la wilaya de Tlemcen. mémoire d'ingénieur d'état. Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen. p 49.
- ' **BENZINA FZ., et LAOUCHE H., (2017).** Evaluation de la contamination du Rouget de vase (*Mullus barbatus* L, 1758) par quelques éléments traces métalliques dans le golfe de Béjaïa. Mémoire de master. Université A. MIRA - Bejaia. p 42.
- ' **BHABY, S ; BELHSEN O. K. et ERRHIF, A., (2011).** Cycle de reproduction de la moule *Mytilus galloprovincialis* Lamarck 1819 au Maroc. Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime.
- ' **BORCHARDT, T. (1985).** Relationship between carbon and cadmium uptake in *Mytilus edulis*. Mar. Biol. 85, 233-244p.
- ' **BOUBZARI K. (1992).** Contribution à l'étude des peuplements de trois moulières naturelles de la région d'Alger. Thèse de magister, Océanographie. Alger : USTHB.
- ' **BOUDOURESQUE, C. (2005).** Excursion au cap-croisette (Marseille) : le milieu marin. 12eme Ed. GIS posidonie publ, Marseille, France 1-48 p.
- ' **BOUTIBA Z., (1998).** Biodiversité marine en Méditerranée du Sud-ouest. Num. Spécial ocean.p 2.
- ' **BRAIK S., (1989).** Etude de la dynamique sédimentaire devant BouIsmaïl: Sédimentologie, morphologie, problème d'érosion du littoral, aménagement. Thèse de Magistère, Institut des sciences de la terre. USTHB. Alger. P 38.
- ' **CARVALHO, F-P. (2011).** Polonium (^{210}Po) and lead (^{210}Pb) in marine organisms and their transfer in marine food chains, J. Environ. Radioact. **102** (2011) 462–472p.
- ' **CAUDERON A., FRIDLANSKY F., et MOUNOLOU J-C., (1995).** Biodiversité et environnement. Rapport N°33 de l'académie des sciences. p 39 – 64.
- ' **CEAEQ. (2007).** CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. Détermination du mercure dans les tissus biologiques et les sédiments par décomposition thermique : dosage par photométrie UV, MA. 207 – Hg 2.0, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 1-13. p.6
- ' **CEAEQ.(2015).**CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, Procédure d'évaluation du risque radiotoxique pour l'environnement, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, p 28.

- ' CHARMASSON S., FAOUDER A., LOYEN J., COSSON RP., SARRADIN PM., (2011). ^{210}Po and ^{210}Pb in the tissues of the deep-sea hydrothermal vent mussel *Bathymodiolus azoricus* from the Menez Gwen field (Mid-Atlantic Ridge), *Sci. Total Environ.* 771–777. p 409.
- ' CHERKAOUI EL MORSLI R., (2007). Radioactivité : origines, définitions et applications. Conférences données dans le cadre des journées « les jeunes de la science ».
- ' CHIFFOLEAU J.F et al., (2001). La contamination métallique. Edit. Ifremer.39P
- ' CHOI A.L., WEIHE P., BUDTZ-JØRGENSEN E., JØRGENSEN P.J., SALONEN J.T., TUOMAINEN T.P., MURATA K., NIELSEN H.P., PETERSEN M.S., ASKHAM J., GRANDJEAN P., (2009). Methylmercury Exposure and Adverse Cardiovascular Effects in Faroese Whaling Men. *Environmental Health Perspectives* 117:367-372p.
- ' COSSA D., (1989). A review of the use of *Mytilus* spp as quantitative indicators of cadmium and mercury contamination in coastal waters. *Oceanologica Acta*.
- ' COSSA D., ELBAZ-POULICHET F., GNASSIA-BARELLI M., et ROMEO M. (1993). Le Plomb dans le milieu marin Biogéochimie et écotoxicologie. Rapports Scientifiques et techniques de l'IFREMER.
- ' COSSA D., COQUERY M., NAKHLE K., et CLAISSE D., (2002). Dosage du mercure total et du monométhylmercure dans les organismes et sédiment marins. IFREMER.p 88.
- ' CRUMP K-L., TRUDEAU V.L., (2009). Mercury-induced Reproductive Impairment in Fish. *Environmental Toxicology and Chemistry* 28:895-907p.
- ' DELAROCHE I., et al., (2011). Recherche de métaux lourds par spectroscopie atomique.Insa. Rouen. STPI /P6 :3-33.
- ' DESIDERI D., MELI MA., et ROSELLI C., (2010). A biomonitoring study: ^{210}Po and heavy metals in marine organisms from the Adriatic Sea (Italy), *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 273–382. p 295.
- ' DESPREZ M., et LAFITE R., (2012). Suivi des impacts de l'extraction de granulats marins. Édité. Presses universitaires de Rouen et du Havre, 2012. Livre en ligne. <https://www.worldcat.org/title/suivi-des-impacts-de-l'extraction-de-granulats-marins/oclc/1056779972>.
- ' DIEUZEIDE R., NOVELLA M., ROLAND J., (1959). Catalogue des poissons des côtes algériennes. Imprimerie officielle de la délégation générale du gouvernement en Algérie. Vol II, p : 294-297.
- ' DJEMOUN L., et FRNANI A., (2019) Contribution à l'étude du phytoplancton toxique et/ou nuisible au niveau d'une ferme conchylicole : Cas de la ferme «Orcamarine» (Aïn-Taya).memoire de master et ingénieur. Option : Environnement. ENSSMAL. P25.
- ' EL KHOKHI T., (2018). Environmental monitoring program around CENM's site. Regional training course of measurement results uncertainly estimation for Nuclear Analytical Techniques IAEA-CNESTEN. Technical cooperation project RAF7017. Rabat, 9 to 13 April 2018.

- ' **FISCHER W ; SCHNEIDER M. et BAUCHOT M-L. (1987).** *Fiches FAO identification des espèces pour les besoins de la pêche, Méditerranée et Mer noire, zone de pêche 37, Révision vol I végétaux et invertébrés.*
- ' **FRIEDMAN A-S-C., WATZIN M., BRAINCK-JONSEN T., et LEITER J. (1996).** *Low levels of dietary of methylmercury inhibit growth and goadal developpement in juvenile walleye. (StizostedionVetrium). Aquatic Toxicology. 1996. Vol. 265-278. p 35.*
- ' **GEORGE D. et GEORGE J. (1980).** *La vie marine, encyclopédie illustrée des invertébrés marins, Ed. Maloine S.A., 173 pp.*
- ' **GHARBI, H. ET KTARI, MH., (1979).** *Régime alimentaire des rougets (Mullus barbatus Linnaeus, 1758 et Mullus surmuletus Linnaeus, 1758) du golfe de Tunis. Bull. Inst. Nat. Sci. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô., 6 : 41-52. P 44.*
- ' **GONZALES JL. (1999).** *Le cadmium : comportement d'un contaminant métallique en estuaire. Programme scientifique Seine Aval, IFREMER, p10.*
- ' **GONZALEZ P., Dominique Y., Massabuau J.C., Boudou A., ourdineaud J.P.B., (2005).** *Comparative Effects of Dietary Methylmercury on Gene Expression in Liver, Skeletal Muscle, and Brain of the Zebrafish (Danio rerio). Environ. Sci. Technol p 39.*
- ' **GRIMES S., (2010).** *Les peuplements macrobenthiques des substrats meubles algériens: organisation et structure. Thèse de Doctorat d'Etat. Université Es Sénia, Oran.p 109.*
- ' **GRIMES S., BOUTIBA Z., BAKALEM A., BOUDERBALA M., BOUDJELLAL B., BOUMAZA S., BOUTIBA M., GUEDIOURA A., HAFFERSSAS A., HEMIDA F., KAÏDI N., KHELIFI H., KERZABI F., MERZOUG A., NOUARA A., SELLALI B., SELLALI-MERABTINE H., SEMROUD R., SERIDI H., TALEB M-Z., et TOUAHRIA T. (2004).** *Biodiversité marine et côtière algérienne. ISBN 9961-9547-O-X. Ouvrage domicilié au laboratoire « Réseau de surveillance environnementale ». Univ. Es Sénia, Oran (Algérie), p 361.*
- ' **HAIDAR Z. (1970).** *L'écologie du rouget (Mullus barbatus L.) en Adriatique orientale. Acta adriat. 14 (1) : 1-94.*
- ' **HAKABE Y-L., (2010).** *Mise en évidence de l'impact de la pollution portuaire d'Oran sur la distribution spatial (Patella ferruginea, Patella caerulea, Patella vugata) : étude prémolaire. 35 P.*
- ' **HAMILTON T-F., (2004).** *Linking legacies of the cold War to arrival anthropogenic radionuclides in the oceans through the 20th century. Marine radioactivity, Pergamon. Livinigston.p57.*
- ' **HEBBAR C., (2012).** *Contribution à l'étude de la reproduction du rouget barbet de vase Mullus barbatus barbatus (Linné, 1758) de la baie d'Oran (Algérie). Journal des Sciences Halieutiques et Aquatiques. J. Sci. Halieut. Aquat., 5 : 144 -151.p150*
- ' **HUREAU J-C., (1986).** *Mullidae. p. 877-882. In P.J.P. Whitehead, M.-L. Bauchot, J.-C. Hureau, J. Nielsen and E. Tortonese (eds.) Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean. UNESCO, Paris. Vol. 2. <https://www.fishbase.se/summary/Mullus-barbatus+barbatus.html>.*

- ' **JIA G., BELLI M., SANSONE U., ROSAMILIA S., et BLASI M., (2003).** ^{210}Pb and ^{210}Po concentrations in the Venice lagoon ecosystem (Italy) and the potential radiological impact to the local public and environment. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* P 256.
- ' **KALAY M., et al., (2000).** Elimination of essential (Cu, Zn) and non essential (Cd, Pb) metals from tissues of a fresh water fish *Tilapia zilli*. *Turk J Z* 24:429-436. P 431.
- ' **KAVUN VY., (1991).** Micro elemental composition of common mytilidae species in the northwestern Pacific with respect to environmental conditions. *Institute of Marine Biology, Vladivostok*, p 45
- ' **KHAN M., WESLEY G., et RAJAN M., (2014).** Polonium-210 in marine mussels (bivalve molluscs) inhabiting the southern coast of India. *J. Environ. Radioact.* 138, 410-416. p 206.
- ' **KHERRAZ A., (2015).** Biologie et dynamique de la population exploitée du rouget de roche *Mullus surmuletus* (Linné, 1758) pêché dans la région de Mostaganem. Thèse de doctorat sciences de l'environnement, Université d'Oran Ahmed Ben Bella 1. p 76
- ' **KILIÇ O., BELIVERMIS M., ÇOTUK Y., et TOPÇUOĞLU S., (2014).** Radioactivity concentrations in mussel (*Mytilus galloprovincialis*) of Turkish Sea coast and contribution of ^{210}Po to the radiation dose. *Mar. Pollut. Bull.* 80 (1e2), 325-329. P 327
- ' **KOTZE P., DU PREEZ H., VAN VUREN JHJ. (1999).** Bioaccumulation of copper and zinc in *Oreochromis mossambicus* and *Clarias gariepinus*, from the Olifants River, Mpumalanga, South Africa. *Water SA* 25:99–110. P101
- ' **LAMARCK DELE CHEVALIER, (1819).** HISTOIRE NATURELLE DES ANIMAUX SANS VERTEBRE. Tome sixième, 1^{ère} partie. p528.
- ' **LAYACHI M., (2007).** Biologie et conditions d'exploitation du rouget barbet de vase (*Mullus barbatus* L., 1758) du littoral méditerranéen de Nador. Thèse de doctorat national en sciences biologiques. Université Mohamed 1er. Oujda. Maroc. 118p.
- ' **LIU J., XU XR., DING Z., PENG J-XI., JIN M-H., WANG Y-S., HONG Y-G., et YUE W-Z., (2015).** Heavy metals in wild marine fish from South China Sea: levels, tissue- and species-specific accumulation and potential risk to humans, Vol 24, *Journal: Ecotoxicology* (London, England), Doi.10.1007/s10646-015-1451-7. p 9.
- ' **LOMBARTE A., RECASENS L., G ONZALEZ M., GIL DE SOLA L., (2000).** Spatial segregation of two species of mullidae (*Mullus surmuletus* and *M. barbatus*) in relation to habitat. *Mar Ecol Prog Ser* Vol.206: 239-249. P243
- ' **LUBET, P. (1959).** Recherche sur le cycle sexuel et l'émission des gamètes chez les Mytilides et les Pectinides (mollusque bivalves). *Revue des travaux de l'institut des pêches maritimes.* P 87
- ' **LUBET, P. (1973).** Exposé synoptique des données biologiques sur la moule *Mytilus galloprovincialis* (Lmk., 1819). *Synop. FAO. Pêche* 88. Edit. 2, TANGER, MAROC (2011). p 56.

- ' **MARTIN, J.E., (2011).** *Physics for radiation protection – A handbook*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Second edition, 822 p.
- ' **MC DONALD, J. et KOEHN, R., (1991).** *Allozymes and morphometric characters of 3 species of Mytilus in the Northern and Southern hemispheres.* Mar. Biol.111, p. 323- 333.
- ' **MIGNEAUX L. (2010).** *Pollution et qualité du milieu marin. France Commissariat général au développement durable, Service de l'observation et des statistiques.* P23.
- ' **MORELLE L., ET GRENIER M. (2018).** *Levée de doute en intervention RAD Peut-on être certain qu'il n'y a pas de phénomène radioactif ajouté? –Risque radiologie-. Mémoire de formations Spécialisées. Ecole Nationale Supérieure des officiers de sapeur-pompier (ENSOSP).*p 18.
- ' **MORTON JE. (1960).** *Molluscs: An Introduction to their form and function.* Harper esctbooks New York, 232p.
- ' **NACIRI M., (1998).** *Dynamique d'une population de moules, Mytilus galloprovincialis (Lmk.), vivant sur la côte atlantique marocaine.* Bull.Inst. Sci., Rabat, n°21 (1997-1998), p. 43-50.
- ' **NAKHLE K-F., (2003).** *Le mercure, le cadmuim et le plomb dans eaux littorales libanais :apport et suivi au moyen de bioindicateurs quantitatifs (éponges, bivalves, et gastéropodes).*The thèse de doctorat, Univ. Denis Diderot Paris France, 246p.
- ' **NEAL K J. et SKEWES M., (2004).** *Patella ulyssiponensis. Chine arapédes. Marine Life Information Network Ocana T.M.J (1997). An investigation into the ecology and life history dynamics of the pulmonate Siphonaria pectinata (L) at Gibraltar. Unpublished PhD Thesis, King's College, London. p 78;*
- ' **NICKLÈ M., (1950).** *Mollusques testaces marins de la Cñte occidentale d'Afrique. Manuels ouest-africains, 2, Paris, 269 p.*
- ' **NIELSEN SP., BENGSTON P., BOJANOWSKY R., HAGEL P., HERRMANN J., ILUS E., JAKOBSON E., MOTIEJUNAS S., PANTELEEY Y., SKUJINA A., et SUPLINSKA M. (1999).** *The radiological exposure of man from radioactivity in the Baltic sea.* Sci. Total Environ.P 237,
- ' **NIKHLE, M., (1950).** *Mollusques estacés marins de la côte occidentale de l'Afrique. Paris, P Le Chevalier. p 269.*
- ' **NOURI J, MAHVI AH, JAHED GR, BABAEI AA., (2008).** *Regional distribution pattern of groundwater heavy metals resulting from agricultural activities.* Environ Geol 55:1337–1343 p. 1340
- ' **PAC.** Plan d'Aménagement Côtier. <https://geosciencesmarinesalgerie.com/category/memoires/> p 64.
- ' **PALLARY P., (1921).** *Histoire de la moule de l'afrique.* Bull, sac. Hist. Nat. Arf.n. p 1-11.
- ' **PERSE, J, M. et PICARD, D., (1964).** *Nouveau manuel de bionomie benthique de la méditerranée.* Rec.Trav. Stn mar. Endoume, t, 31. N°47. p 5-31.
- ' **PLANAS A., ET VIVE F., (1956).** *Notas preliminares sobre la biologia del salmonete (Mullus barbatus L. investigation Presq., 5 :37-50.*

- ' **RAHAL W. (2012).** *Contribution à l'étude de la bioaccumulation métallique dans les sédiments et différents maillons de la chaîne trophique du littoral extrême ouest algérien.* Thèse de doctorat en écologie et environnement. Univ. de Tlemcen. Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers département d'écologie et Environnement. P39.
- ' **REZA R, SINGH G., (2010).** Heavy metal contamination and its indexing approach for river water. *Int J Environ Sci Technol* 7:785–792.p 789.
- ' **RODIER J., (1996).** *L'Analyse de l'eau. Eaux naturelles –Eaux résiduaires-Eaux de mer. Tom I ET II.* 8ème Edit. DUNOD.1383p
- ' **ROUANE H., ZITOUNI B., BENKHEDDA B., FRANCOUR P., et DE FAVERNEY C., (2015).** Seasonal assessment of biological indices, bioaccumulation and bioavailability of heavy metals in mussels *Mytilus galloprovincialis* from Algerian west coast, applied to environmental monitoring. *OCEANOLOGIA*. 57. 362-374. 10.1016/j.oceano.2015.07.004. p 366.
- ' **ROŽMARIĆ M., (2012)** . ^{210}Po and ^{210}Pb activity concentrations in *Mytilus galloprovincialis* from Croatian Adriatic coast with the related dose assessment to the coastal population, *Chemosphere* 1295–1300. p 1387.
- ' **SALEM F., et SIFI A., (2009).** Détermination du Polonium-210 dans les moules *Mytilus galloprovincialis* de la zone côtière algéroise. *Memoire d'ingénieur, genie de l'environnement.* Alger: USTHB. p42.
- ' **SANTHANAM R., (2018).** *Biology and ecology of Edible marine bivalve mollusk.* Apple Academic press. P35-78
- ' **SANTHANAM R., (2018).** *Biology and Ecology of Edible Marine Gastropod Molluscs*, 1^{ère} édit. Apple Academic press. ISBN 9781771886383 - CAT# N12004. p 53-88
- ' **SHANNON LV., et CHERRY RD., (1967).** Polonium-210 in marine plankton. *Nature* 216 (113), p 35-73.
- ' **SIN SN, CHUA H, Lo W, Ng LM., (2001).** Assessment of heavy metal cations in sediments of ShingMun River, Hong Kong. *Environ Int.* p:297–301.
- ' **SKIPPERUD, L., JØRGENSEN, A.G., HEIER, L.S., SALBU, B., ROSSELAND, B.O., (2013).** Po-210 and Pb-210 in water and fish from Taboshar uranium mining Pit Lake, Tajikistan, J. *Environ. Radioact.* P 82–89.
- ' **SKWARZEC B., et STEPNOWSKI P., (2000).** A comparison of ^{210}Po accumulation in molluscs from the southern Baltic, the coast of Spitsbergen and Sasek Wielki Lake in Poland. *J. Environ. Radioact.* 49 (2), p 201-208.
- ' **SOKOLOWSKI A., BAWAZIR S., et WOLOWICZ M., (2004).** Trace Metals in the Brown Mussel *Perna perna* from the Coastal Waters of Yemen (Gulf of Aden): How Concentrations Are

- Affected by Weight, Sex, and Seasonal Cycle*. Springer. DOI: 10.1007/s00244-003-2164-0 · Source: PubMed. p 78.
- ' **TAPIA J., VARGAS-CHACOFF L., BERTRAN C., PENA-CORTES F., HAUENSTEIN E., SCHLATTER R., JIMENEZ C., et TAPIA C., (2012).** *Heavy metals in the liver and muscle of Micropogonias manni fish from Budi Lake, Araucania Region, Chile: potential risk for humans.* *Environ Monit Assess* 184:3141–3151. p 3147.
- ' **Tortonèse E., (1975).** *Osteichthyes, (Pesciossei). Parte Seconda. Edizioni Calderini, Bologna. Fauna Italia, (11): P 1-636.*
- ' **UĞUR A., YENER G., et BAŞSARI A., (2002).** *Trace metals and ^{210}Po (^{210}Pb) concentrations in mussels (*M. galloprovincialis*) consumed at western Anatolia, Appl. Radiat. Isot. 565–571. p 568.*
- ' **UNSCEAR. (2000),** *Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000, report to the general assembly with scientific annexe, United Nations, New York (2000).*
- ' **US EPA. (2010).** *Guidance for Implementing the January 2010 Methylmercury Water Quality Criterion. Eds.), EPA 823-R-10-001, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.*
- ' **UYSAL K., KOSE E., BULBUL M., DONMEZ M., ERDOGAN Y., KOYUN M., OMEROGLU C., et OZMAL F., (2009)** *The comparison of heavy metal accumulation ratios of some fish species in Enne Dame Lake (Kutahya /Turkey). Environ Monit Assess* 157: p. 355–362
- ' **VERGE G., et PETIT. C., (2009).** *Contamination des organismes marins du littoral français par le Cadmium : évaluation et gestion du risque. Revue de médecine vétérinaire. p54.*
- ' **VIARENGO A., CANESI L., MAZZUCOTELLI A. et PONZANO E. (1993).** *Cu, Zn and Cd content in different tissues of the Antarctic scallop *Adamussium colbecki*: role of metallothionein in heavy metal homeostasis and detoxication. Mar. Ecol. Progr. Ser., 95, 1/2, 163-168.*
- ' **WATLING HR.,et WATLING RJ., (1976).***Trace metals in *Choromytilus meridionalis*. Mar Pollut Bull* 7:91–94. p 96.
- ' **WILDGUST MA., MCDONALD P., et WHITE KN., (1998).** *Temporal changes of ^{210}Po in temperate coastal waters. Sci. Total Environ. 214 (1e3), p10.*
- ' **WILDGUST MA., MCDONALD P., et WHITE KN., (2000).** *Assimilation of ^{210}Po by the mussel *Mytilus edulis* from the alga *Isochrysis galbana*. Mar. Biol. 136 (1), p 49–53.*
- ' **WIRSZUBSKI A., (1953).** *On the biology and biotope of the red mullet *M. barbatus*. L. Bull.Fish Rev.Str.Haifa, p 7-20.*
- ' **ZAOUALI, J., (1973).** *Note sur la presence de *Perna perna* L. (*Mytilus africaine chemnitz*) dans la région de Bizerte (Tunisie), Etude quantitative du peuplement. Bull. inst. Oséanogr. Pêche, Salammbo. 1973, Vol. 2 n° 4.p 12.*

ANNEXES

Annexe I : Fiche d'Echantillonnage des rougets pour les stations Ghazaouet et Mostaganem

Ghazaouet				
Début filage				
Heure	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Vitesse (nm)
15h30	35°06.056' N	01°58.002' W	41	2.6
Filage panneaux				
Heure	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Vitesse (nm)
15h36	35°06.056' N	01°57.077' W	41	5
Fin filage				
Heure	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Vitesse (nm)
15h40	35°06.060' N	01°57.041' W	41	2.7
Ddébut trait				
Heure	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Vitesse (nm)
15h45	35°06.617' N	01°57.409' W	41.5	3.2
Début virage				
Heure	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Vitesse (nm)
16h05	35°06.077' N	01°55.010' W	40	3.2
Fin virage				
Heure	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Vitesse (nm)
16h24	35°06.76' N	01°54.092' W	40	2
Etat de la mer		Direction du vent		Trait
Agité (2/3)		N/E		63

Mostaganem				
Début filage				
Heure	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Vitesse (nm)
18h32	36°00.137' N	0°04.636' W	29	4.4
Filage panneaux				
Heure	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Vitesse (nm)
18h37	36°00.428' N	0°04.692' W	29.36	3.9
Fin filage				
Heure	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Vitesse (nm)
18h39	36°00.569' N	0°04.727' W	29.21	3.5
Début trait				
Heure	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Vitesse (nm)
18h41	36°00.678' N	0°04.753' W	29.23	3.2
Début virage				
Heure	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Vitesse (nm)
19h11	36°02.202' N	0°05.350' W	28.04	3.1
Fin virage				
Heure	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Vitesse (nm)
19h15	36°02.258' N	0°05.378' W	28	2.9
Etat de la mer		Direction du vent		Trait
Calme (3)		N/E		47

Annexe II : Critères d'identification des deux familles (Mullidae et des Patellidae)

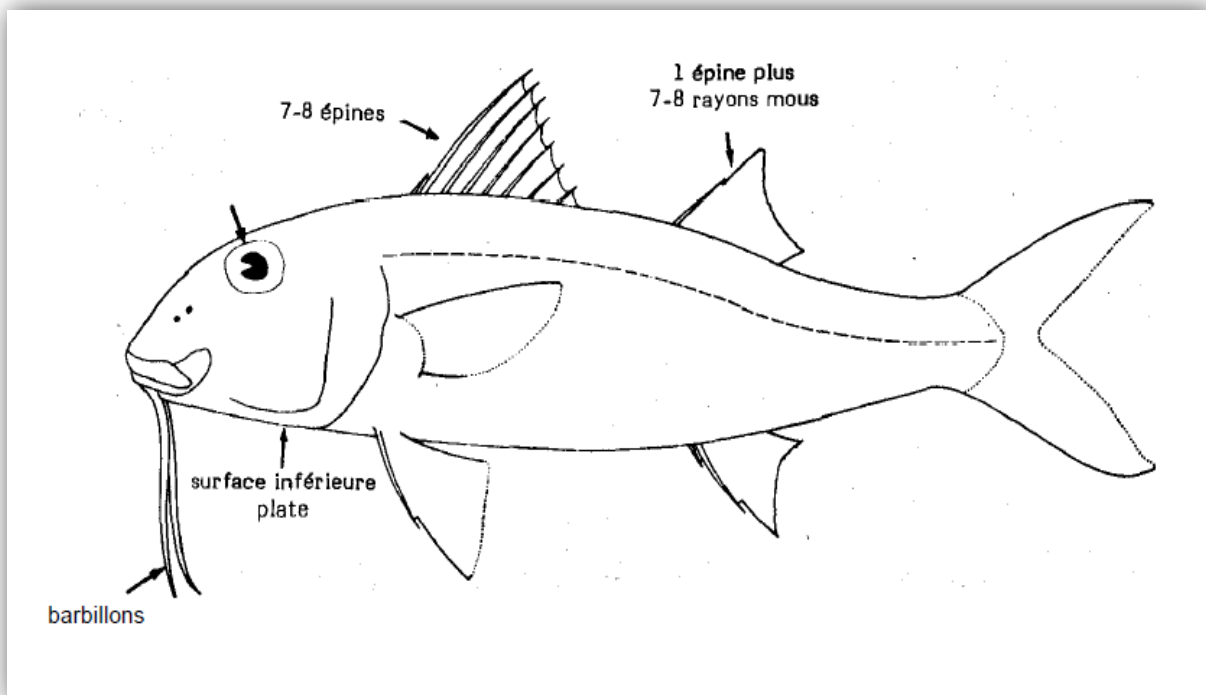


fig. 3 : Critères d'identification de la famille Mullidae

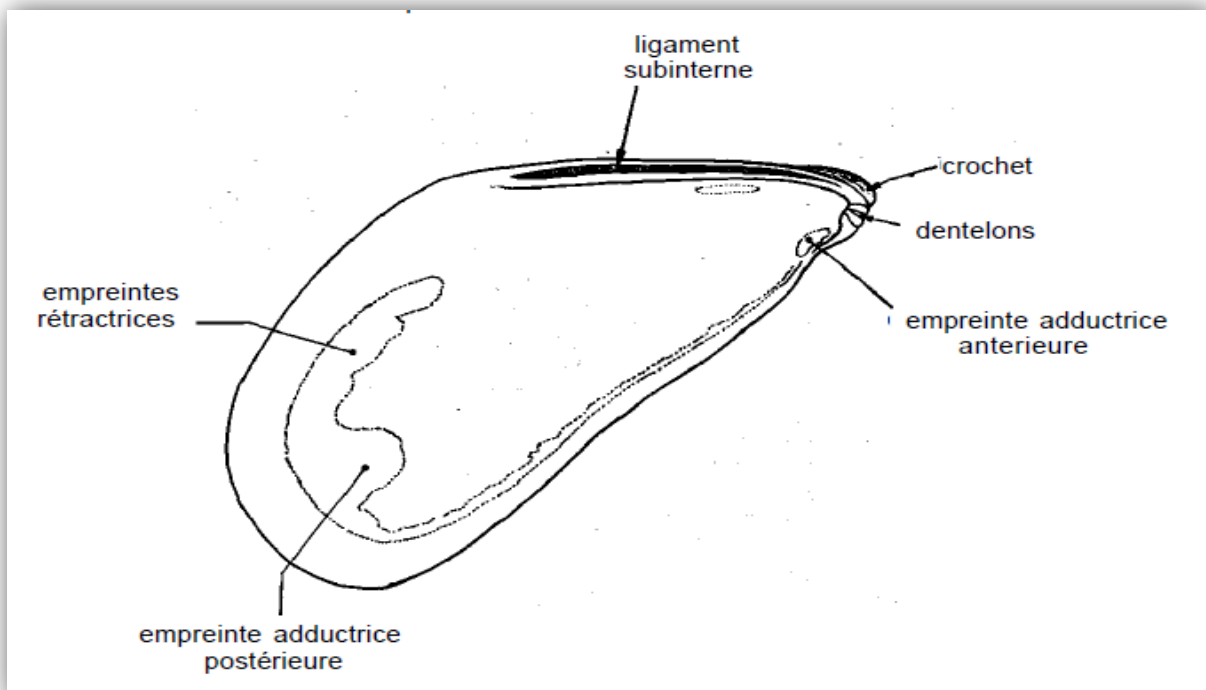


fig. 4 : Critères d'identification de la famille Mytilidae

Annexe III : Séries des mesures biométriques des espèces cibles

<i>Mullus barbatus barbatus</i> (Ghazaouet)						
Individu	Poids total	Poids éviscéré	Poids-foie	Poids-gonade	Poids-chair	Longueur total
1	29.068	25.745	0.084	0.469	15.559	13.60
2	27.816	21.392	0.080	1.399	13.595	13.70
3	35.986	31.766	0.334	0.604	19.087	14.70
4	24.509	20.954	0.210	0.402	13.504	13.00
5	23.751	18.871	0.072	0.171	13.726	13.10
6	24.224	17.189	0.260	1.516	13.085	14.00
7	26.822	19.605	0.177	0.784	15.160	14.00
8	26.956	22.854	0.040	0.311	16.179	13.90
9	17.886	14.594	0.055	0.282	8.866	13.00
10	27.850	22.713	0.154	0.383	15.154	14.70
11	25.234	22.344	0.051	0.323	15.511	14.20
12	20.915	15.649	0.051	0.198	11.693	13.00
13	31.885	25.724	0.234	0.408	18.248	14.70

<i>Mullus barbatus barbatus</i> (Mostaganem)						
Individu	Poids total	Poids éviscéré	Poids foie	Poids gonade	Poids chair	Longueur total
1	39.406	32.750	0.147	0.456	21.867	15.70
2	54.250	46.008	0.267	1.216	29.281	16.60
3	62.782	46.293	0.321	5.466	29.314	16.20
4	62.406	47.362	0.825	0.192	33.337	17.30
5	38.533	29.964	1.024	0.272	20.702	14.70
6	85.928	63.788	0.188	3.876	50.963	19.00
7	48.596	35.595	0.470	3.544	24.855	15.20
8	46.832	37.172	0.265	0.665	25.443	15.50
9	40.793	31.766	0.302	2.770	20.840	14.20
10	54.602	39.469	0.515	2.640	25.689	15.80
11	54.684	40.901	0.814	3.400	27.276	17.10
12	46.601	33.078	0.252	2.479	23.271	14.80
13	38.771	29.843	0.383	1.334	22.546	14.80
14	53.062	40.016	0.268	1.103	28.224	16.60

<i>Mytilus galloprovincialis</i> ♀ (Zeralda)							
Indivi du	Poids - total (g)	Poids - humide (g)	Poids - coquille (g)	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Epaisseur (cm)	indice de condition
1	7,91	3,67	4,25	5,50	2,50	1,70	46,32
2	6,57	2,92	3,66	5,00	2,60	1,70	44,36
3	2,65	1,18	1,48	4,00	1,80	1,30	44,34
4	4,67	2,21	2,46	4,80	2,50	1,60	47,25
5	2,90	1,17	1,73	4,15	1,90	1,30	40,34
6	2,75	1,17	1,58	4,10	2,10	1,30	42,56
7	5,16	2,40	2,76	4,50	2,20	1,60	46,49
8	5,23	2,22	3,01	4,70	2,40	1,70	42,52
9	3,59	1,57	2,01	4,40	2,30	1,30	43,84
10	4,47	1,28	3,18	4,80	2,70	1,80	28,68
11	3,63	1,39	2,24	4,20	2,45	1,50	38,18
12	3,33	1,43	1,90	4,30	2,10	1,50	42,85
13	3,88	1,83	2,05	4,00	2,10	1,60	47,27
14	4,36	1,80	2,56	4,70	2,20	1,70	41,26
15	3,18	1,23	1,95	4,20	2,10	1,50	38,60
16	3,01	1,32	1,70	4,00	2,00	1,40	43,71
17	3,24	1,38	1,86	4,00	2,00	1,60	42,66
18	3,83	1,51	2,32	4,30	2,10	1,60	39,45
19	3,09	1,43	1,66	4,20	1,90	1,40	46,27
20	3,15	1,15	2,00	4,00	2,00	1,40	36,45
21	4,67	1,93	2,74	4,70	2,10	1,80	41,25
22	5,10	1,71	3,39	4,30	2,40	1,80	33,46
23	4,22	1,53	2,69	4,25	2,40	1,50	36,19
24	5,54	3,39	2,15	4,20	2,10	1,50	61,21
25	9,73	3,86	5,86	5,50	2,80	1,90	39,73
26	4,62	2,55	2,07	4,40	2,20	1,50	55,24
27	2,66	0,99	1,67	4,00	1,90	1,40	37,23
28	5,26	1,72	3,54	4,20	2,50	1,80	32,68
29	3,55	1,16	2,39	3,90	2,20	1,50	32,66
30	3,33	1,14	2,19	4,00	2,00	1,40	34,17

<i>Mytilus galloprovincialis</i> ♂ (Zeralda)							
Indiv idu	Poids - total (g)	Poids - humide (g)	Poids - coquille (g)	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Epaisseur (cm)	Indice de Condition
1	5,32	2,32	3,00	5,00	2,60	1,60	43,65
2	5,33	2,62	2,71	4,20	2,30	1,90	49,13
3	6,79	3,62	3,18	5,20	2,70	1,80	53,23
4	7,85	3,78	4,07	5,10	2,90	1,80	48,15
5	6,41	3,22	3,20	5,10	2,10	1,80	50,19
6	5,51	2,70	2,81	4,90	2,30	1,80	48,99
7	5,43	2,93	2,50	4,50	2,50	1,60	53,94
8	5,93	3,13	2,80	4,70	2,50	1,70	52,73
9	5,48	2,35	3,12	4,70	2,60	1,60	42,98
10	5,38	2,71	2,67	4,60	2,30	1,70	50,36
11	5,95	2,53	3,41	4,80	2,40	1,60	42,58
12	3,69	1,45	2,23	4,10	2,40	1,40	39,41
13	4,07	2,03	2,04	4,40	2,20	1,40	49,84
14	4,30	1,90	2,40	4,30	2,40	1,60	44,23
15	6,88	3,32	3,56	4,80	2,50	1,60	48,30
16	4,35	2,31	2,04	4,50	2,30	1,70	53,17
17	4,02	1,82	2,20	4,20	2,40	1,40	45,27
18	3,36	1,47	1,89	4,10	2,30	1,30	43,79
19	3,52	1,58	1,94	4,10	2,30	1,40	44,97
20	2,91	1,30	1,61	3,90	2,10	1,20	44,64
21	4,17	1,98	2,19	4,60	2,30	1,50	47,45
22	4,13	1,95	2,17	4,30	2,20	1,70	47,29
23	4,25	1,91	2,34	4,70	2,30	1,70	44,87
24	4,22	1,81	2,42	4,50	2,20	1,50	42,76
25	3,79	1,77	2,02	4,30	2,20	1,40	46,77
26	3,57	1,69	1,88	4,00	2,10	1,40	47,27
27	2,95	1,48	1,47	4,00	2,10	1,30	50,20
28	3,15	1,25	1,90	4,10	1,90	1,40	39,68
29	4,22	1,85	2,37	4,30	2,10	1,60	43,88
30	3,44	1,53	1,91	4,20	2,20	1,70	44,55
31	3,34	1,30	2,05	4,20	2,10	1,20	38,74
32	2,95	1,44	1,50	4,00	1,90	1,40	48,98
33	3,62	1,69	1,94	4,20	2,10	1,50	46,57
34	3,17	1,35	1,81	4,10	2,10	1,50	42,73
35	2,89	1,35	1,54	4,20	2,00	1,30	46,78
36	3,37	1,48	1,89	4,00	2,20	1,90	43,86
37	4,43	1,18	3,25	4,70	2,60	1,60	26,68

38	5,77	3,99	1,78	5,00	2,70	1,80	69,20
39	5,69	1,89	3,80	5,20	2,50	1,90	33,28
40	3,81	1,60	2,21	4,60	2,40	1,50	42,04
41	5,17	2,46	2,71	4,70	2,70	1,80	47,57
42	5,08	2,21	2,88	4,70	2,70	1,60	43,41
43	5,20	2,16	3,04	4,40	2,50	1,80	41,46
44	5,23	2,14	3,08	4,90	2,60	1,60	41,03
45	5,20	1,96	3,24	4,30	2,50	1,80	37,63
46	3,77	1,54	2,23	4,30	2,10	1,70	40,88
47	3,00	1,19	1,80	4,00	2,30	1,30	39,77
48	4,24	1,91	2,33	4,70	2,30	1,60	45,06
49	3,92	1,68	2,23	4,10	2,20	1,50	42,94
50	4,84	1,97	2,87	4,70	2,50	1,60	40,80
51	4,50	1,95	2,54	4,50	2,40	1,60	43,41
52	3,03	0,94	2,09	4,20	2,10	1,50	31,12
53	4,64	1,76	2,88	4,50	2,40	1,70	37,84
54	2,33	0,77	1,56	4,00	1,90	1,40	33,08
55	3,81	1,54	2,27	4,40	2,30	1,50	40,43
56	3,46	1,44	2,03	4,30	2,00	1,60	41,51
57	4,21	1,70	2,51	4,60	2,30	1,70	40,29
58	3,02	0,94	2,08	4,00	2,10	1,40	31,20
59	3,51	1,43	2,08	4,20	2,20	1,50	40,79
60	2,61	0,86	1,75	4,00	2,20	1,40	33,07
61	3,66	1,44	2,22	4,00	2,00	1,50	39,32
62	5,87	2,12	3,75	4,30	2,00	1,60	36,07
63	5,14	2,13	3,01	4,40	2,20	1,80	41,39
64	4,07	1,57	2,50	4,20	2,00	1,50	38,62
65	4,13	1,55	2,59	4,10	2,30	1,70	37,41
66	5,25	2,26	2,99	4,30	2,30	1,50	43,10
67	5,11	1,93	3,18	4,70	2,30	1,70	37,73
68	3,46	1,15	2,31	4,10	2,10	1,40	33,29
69	3,09	1,22	1,87	4,20	2,10	1,40	39,36
70	4,90	1,76	3,14	4,00	2,30	1,60	35,99
71	3,90	1,38	2,52	4,00	2,10	1,40	35,37
72	3,76	1,31	2,45	4,10	2,00	1,50	34,79
73	2,76	0,87	1,89	3,90	1,80	1,40	31,45
74	3,32	1,39	1,93	3,90	2,10	1,50	41,77

<i>Perna perna</i> ♀ (Zeralda)							
Individu	Poids - total (g)	Poids - humide (g)	Poids - coquille (g)	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Epaisseur (cm)	Indice de condition
1	6,62	2,54	4,08	5,00	2,40	1,60	38,36
2	6,40	2,45	3,96	5,20	2,30	1,70	38,36
3	6,26	2,15	4,11	4,60	2,40	1,70	38,36
4	5,87	1,93	3,93	4,30	2,00	1,50	38,36
5	4,00	1,29	2,71	4,00	2,10	1,30	38,36
6	9,88	2,99	6,90	5,60	2,40	2,00	38,36
7	5,99	1,99	4,01	4,60	2,10	1,65	38,36
8	5,07	1,73	3,34	4,60	2,30	1,60	38,36
9	5,55	1,73	3,82	4,80	2,10	1,60	38,36
10	4,90	1,57	3,33	4,50	2,00	1,50	38,36
11	7,21	3,58	3,64	4,70	2,20	1,60	38,36
12	6,02	2,81	3,21	4,70	2,20	1,50	38,36
13	4,78	1,35	3,43	4,20	2,10	1,70	38,36
14	9,67	3,35	6,32	5,50	2,70	1,90	38,36
15	11,65	3,61	8,04	5,50	2,50	2,30	38,36
16	9,87	3,06	6,81	5,60	2,70	1,90	38,36
17	8,06	2,63	5,43	5,50	2,50	1,70	38,36
18	5,38	1,76	3,62	4,80	2,10	1,70	38,36
19	7,88	2,71	5,18	5,00	2,30	2,00	38,36
20	5,73	1,88	3,85	5,60	2,30	1,60	38,36
21	5,12	1,97	3,16	5,00	2,10	1,60	38,36
22	6,13	2,32	3,82	5,20	2,20	1,70	38,36
23	6,26	2,18	4,07	4,90	2,20	1,70	38,36
24	8,93	2,79	6,14	5,20	2,50	2,20	38,36
25	3,76	0,58	3,18	4,60	2,10	1,40	38,36
26	8,28	2,75	5,53	5,70	2,40	2,10	38,36
27	11,44	3,24	8,20	5,90	2,70	1,90	38,36
28	5,52	1,98	3,54	4,80	2,20	1,50	38,36
29	4,82	1,61	3,20	4,00	2,20	1,60	38,36
30	5,57	2,05	3,52	4,80	2,20	1,70	38,36
31	4,09	1,21	2,88	3,90	2,00	1,90	38,36
32	4,18	1,20	2,98	4,52	2,00	1,50	38,36
33	7,23	2,58	4,65	5,60	2,40	1,70	38,36
34	7,29	2,47	4,82	5,20	2,50	1,70	38,36
35	5,10	1,88	3,22	4,80	2,20	1,50	38,36
36	4,74	1,50	3,24	4,20	2,20	1,70	38,36
37	7,50	2,34	5,16	5,00	2,50	1,90	38,36
38	4,15	1,28	2,86	4,10	2,00	1,40	38,36
39	4,32	1,37	2,95	3,90	2,10	1,40	38,36
40	11,67	3,40	8,27	6,00	2,70	2,30	38,36
41	3,53	1,07	2,47	4,00	1,90	1,30	38,36
42	4,08	1,21	2,87	4,10	2,00	1,40	38,36

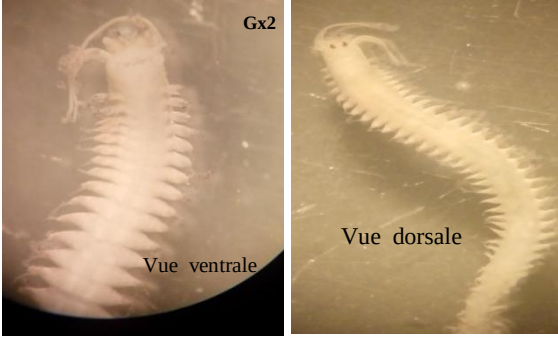
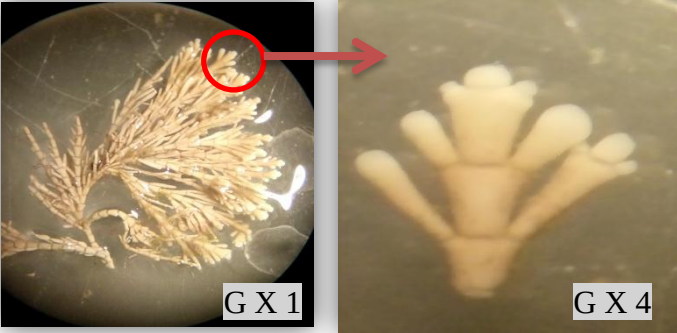
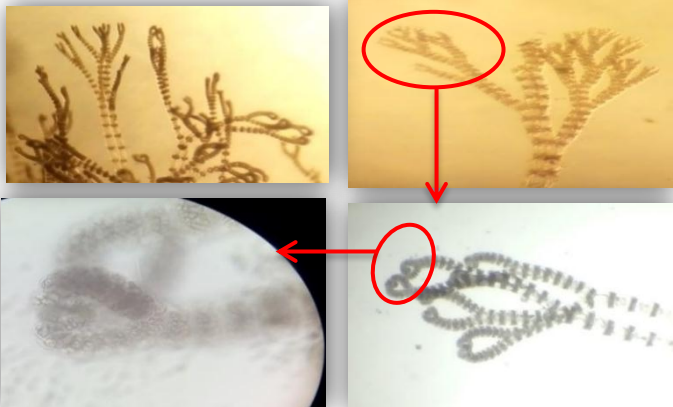
<i>Perna perna</i> ♂ (Zeralda)							
Indivi du	Poids - total (g)	Poids - humide (g)	Poids- coquille(g)	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Epaisseur (cm)	Indice de conndition
1	9,50	3,59	5,91	5,60	2,40	2,00	37,78
2	4,91	1,88	3,04	4,70	2,10	1,50	38,22
3	10,99	4,09	6,91	5,30	2,40	2,00	37,17
4	5,39	1,71	3,68	5,10	2,20	1,95	31,77
5	4,97	1,81	3,16	4,30	2,20	1,40	36,48
6	6,61	2,52	4,09	5,20	2,40	1,60	38,09
7	6,07	2,14	3,93	4,80	2,40	1,50	35,31
8	8,98	3,67	5,31	5,10	2,20	1,90	40,88
9	8,16	3,35	4,81	5,50	2,40	1,90	41,04
10	6,81	2,52	4,30	5,20	2,30	1,80	36,93
11	7,79	2,74	5,05	5,10	2,50	1,60	35,21
12	6,01	2,20	3,81	5,00	2,30	1,60	36,57
13	6,71	2,47	4,24	4,80	2,40	1,60	36,85
14	5,74	2,04	3,69	4,70	2,30	1,60	35,62
15	6,77	2,20	4,57	5,10	2,40	1,70	32,47
16	6,25	1,73	4,52	4,50	2,20	1,60	27,74
17	3,69	1,22	2,47	4,00	2,00	1,80	33,03
18	4,24	1,36	2,89	4,30	2,20	1,50	31,94
19	4,41	1,60	2,80	4,60	2,20	1,50	36,41
20	3,94	1,23	2,71	4,60	2,10	1,30	31,30
21	5,05	1,53	3,52	4,40	1,90	1,50	30,25
22	6,37	2,55	3,83	5,10	2,30	1,60	39,94
23	4,73	1,91	2,82	4,20	2,00	1,90	40,45
24	4,15	1,12	3,04	4,30	2,10	1,50	26,87
25	5,02	1,82	3,20	4,70	2,20	1,60	36,18
26	5,25	2,03	3,22	4,50	2,10	1,50	38,69
27	6,84	2,59	4,26	4,80	2,40	1,60	37,79
28	4,40	1,54	2,85	4,10	1,90	1,30	35,07
29	6,96	2,27	4,69	5,00	2,40	1,70	32,63
30	6,39	2,11	4,28	4,80	2,40	1,70	33,07
31	4,96	1,80	3,16	4,30	2,10	1,50	36,27
32	6,05	2,29	3,76	5,20	2,30	1,70	37,87
33	8,58	3,30	5,28	5,30	2,60	1,70	38,48
34	6,50	2,77	3,72	4,90	2,20	1,60	42,70
35	5,74	2,13	3,61	4,50	2,20	1,50	37,11

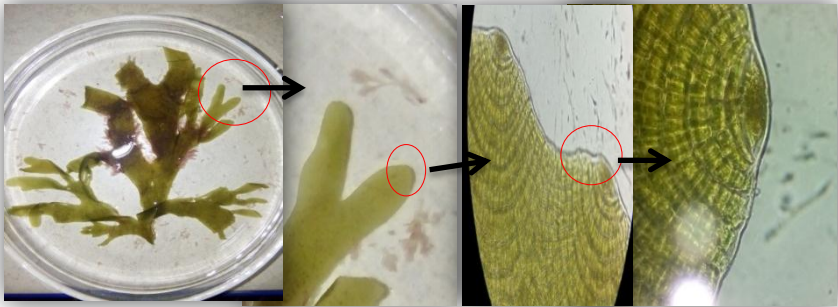
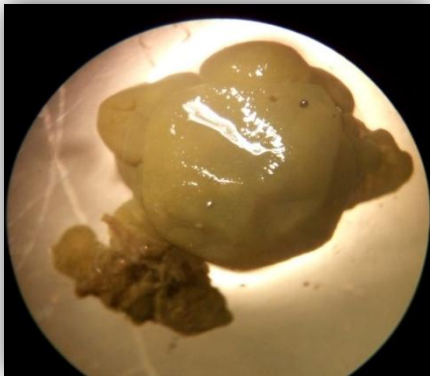
36	4,51	1,55	2,95	4,40	2,00	1,40	34,42
37	4,68	1,36	3,32	4,70	2,00	1,60	29,02
38	4,05	1,58	2,48	4,10	2,00	1,40	38,90
39	4,44	1,48	2,97	4,00	2,10	1,50	33,22
40	4,85	1,64	3,21	4,20	2,20	1,60	33,88
41	8,59	2,67	5,92	5,00	2,20	2,00	31,04
42	4,64	1,71	2,93	4,70	2,10	1,40	36,89
43	3,84	1,38	2,46	4,00	2,10	1,40	35,96
44	2,91	1,06	1,86	4,00	2,00	1,40	36,26
45	7,99	2,74	5,25	5,70	2,50	1,70	34,26
46	3,59	1,18	2,40	4,20	2,10	1,40	32,95
47	9,86	3,18	6,67	6,10	2,60	1,80	32,30
48	4,65	1,51	3,15	4,80	2,10	1,50	32,37
49	5,41	1,65	3,76	4,80	2,20	1,50	30,44
50	4,33	1,25	3,08	4,30	2,20	1,50	28,86
51	5,58	1,69	3,89	4,80	2,20	1,60	30,33
52	5,82	1,94	3,88	5,00	2,20	1,60	33,27
53	3,79	1,16	2,63	4,00	2,00	1,40	30,59
54	10,80	3,16	7,64	6,10	2,60	2,20	29,27
55	5,23	1,54	3,69	4,70	2,10	1,60	29,49
56	5,65	1,96	3,69	5,00	2,40	1,60	34,78
57	3,44	1,12	2,32	4,00	2,00	1,30	32,70
58	5,37	1,81	3,56	4,90	2,20	1,50	33,70
59	3,56	1,32	2,23	4,20	2,00	1,30	37,19
60	3,64	1,12	2,51	4,00	1,90	1,40	30,86
61	3,86	1,07	2,79	4,20	2,00	1,40	27,63
62	12,64	4,45	8,18	6,00	2,80	2,20	35,25

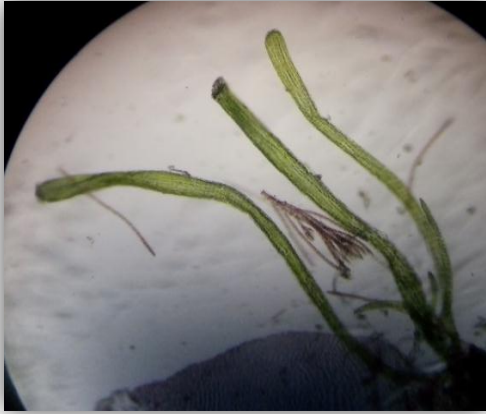
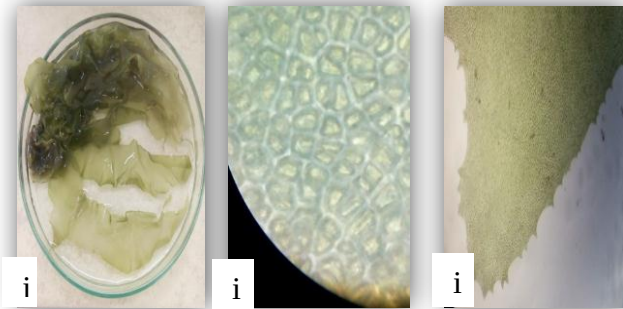
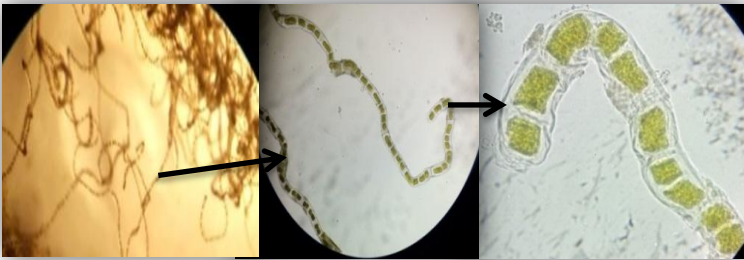
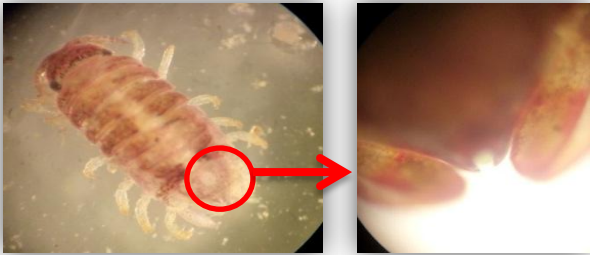
<i>Patella cearulea</i> (Zeralda)					
Poids - total (g)	Poids - coquille (g)	Poids - humide (g)	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Epaisseur (cm)
3.539	2.020	1.537	3.7	2.6	0.7
7.983	3.646	4.202	4.5	3.3	0.9
6.372	3.477	2.940	4.5	3	0.7
5.383	2.724	2.712	4.1	3	0.9
4.380	2.384	1.920	3.8	2.7	0.9
5.564	3.168	2.336	4	3	0.8
7.451	3.471	3.521	4.5	3.5	0.9
4.946	2.601	2.265	4.1	2.9	0.7
4.931	2.739	2.196	4.2	3	0.8
5.231	2.465	2.612	3.8	3	0.7
8.379	4.126	4.129	4.5	3.5	0.9
5.427	2.896	2.443	4.1	2.9	0.7
3.240	1.808	1.343	3.5	2.5	0.7
3.470	2.048	1.420	3.7	2.7	0.7
4.935	2.396	2.420	4	2.6	0.8
3.555	1.904	1.526	3.7	2.5	0.7
3.895	2.063	1.828	3.9	2.7	0.8
3.890	2.248	1.633	3.7	2.7	0.7
4.911	2.321	2.472	3.9	2.8	0.8
3.221	1.884	1.270	3.6	2.7	0.7
4.007	2.359	1.532	4	2.8	0.9
8.094	3.909	4.049	4.7	3.3	0.9
4.590	2.378	2.058	3.7	2.7	0.9
6.933	3.750	3.031	4.5	3.1	0.9
6.043	3.083	2.833	4.4	2.9	0.7
4.220	2.177	1.838	3.7	2.6	0.7

Annexe IV : Peuplements associés aux mollusques cibles

Mollusque Gastéropode	<i>Fissurella nubecula</i> (Linnaeus, 1758)	
	<i>Patella rustica</i> Linnaeus, 1758	
	<i>Diodora italica</i> (Defrance, 1820)	
	<i>Stramonita haemastoma</i> (Linnaeus, 1767)	
	<i>Emarginula sicula</i> J.E. Gray, 1825	

Annelides Polycjètes	<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	
Rhodophyte	<i>Ellisolandia elongata</i> (J.Ellis & Solander) K. R. Hind & G. W. Saunders, 2013	
	<i>Ceramium virgatum</i> Roth, 1797	
	<i>Ceramium ciliatum</i> (J.Ellis) Ducluzeau, 1806	

	<i>Ceramium siliquosum</i> (Kützinger) Maggs et Hommers, 1993	
Chlorophytes	<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J. V. Lamouroux, 1809	
	<i>Codium coralloides</i> (Kützinger) P. C. Silva, 1960	

	<i>Chaetomorpha linum</i> (O. F. Müller) Kützing, 1845	
	<i>Ulva rigida</i> C. Agardh, 1823	
	<i>Chaetomorpha capillaris</i> (Kützing) Børgesen, 1925	
Crustacés isopodes	<i>Uridis</i> sp	

Annexe V : Peuplements associés aux poissons *Mullus barbatus barbatus*

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Espèces capturées (Mostaganem)	Effectif
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Inachidae	<i>Macropodia longipes</i> (A. Milne-Edwards & Bouvier, 1899)	8
			Dorippidae	<i>Dorippe sinica</i> Chen, 1980	11
			Polybiidae	<i>Liocarcinus depurator</i> (Linnaeus, 1758)	3
			Diogenidae	<i>Dardanus arrosor</i> (Herbst, 1796)	2
			Paguridae	<i>Pagurus</i> sp	5
			Pilumnidae	<i>Pilumnus</i> spp	2
		Isopoda	Cymothoidae	<i>Anilocra</i> sp	1
		Stomatopoda	Squillidae	<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)	24
Chordata	Actinopterygii	Anguilliformes	Congridae	<i>Congerconger</i> (Linnaeus, 1758)	1
		Gadiformes	Merluccidae	<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	4
		Perciformes	Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i> Linnaeus, 1758	1
			Sparidae	<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	13
				<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	4
				<i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)	10
				<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1827)	57
			Cepolidae	<i>Cepola macrophthalma</i> (Linnaeus, 1758)	9
			Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	50
				<i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	32
			Gobiidae	<i>Gobius niger</i> Linnaeus, 1758	61
			Serranidae	<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	92
			Centracanthidae	<i>Spicara</i> sp	5
			Sphyraenidae	<i>Sphyraena sphyraena</i> (Linnaeus, 1758)	5

		Clupeiformes	Clupeidae	<i>Alosa fallax</i> (Lacepède, 1803)	1
		Ophidiiformes	Ophidiidae	<i>Ophidion barbatum</i> (Linnaeus, 1758)	1
		Scorpaeniformes	Triglidae	<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	2
				<i>Chelidonichthys lastoviza</i> (Bonnaterre, 1788)	7
		Zeiformes	Zeidae	<i>Zeus faber</i> (Linnaeus, 1758)	2
		Clupeiformes	Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	30
		Pleuronectiforme	Bothidae	<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum, 1792)	18
			Citharidae	<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)	57
	Asciacea	Phlebobranchia	Asciidae	<i>Ascidia sp</i>	18
	Elasmobranchii	Rajiformes	Rajidae	<i>Raja asterias</i> (Delaroche, 1809)	1
		Torpediniforme	Torpedinidae	<i>Torpedo marmorata</i> (Risso, 1810)	3
Cnidaria	Anthozoa	Alcyonacea	Alcyoniidae	<i>Alcyonium sp</i>	41
Echinodermata	Asteroidea	Valvatida	Archasteridae	<i>Archaster spp</i>	5
Mollusca	Cephalopoda	Myopsida	Loliginidae	<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798	22
				<i>Alloteuthis media</i> (Linnaeus, 1758)	260
				<i>Alloteuthis subulata</i> (Lamarck, 1798)	9
		Octopoda	Octopodidae	<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	3
			Eledonidae	<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	3
		Sepiida	Sepiidae	<i>Sepia officinalis</i> (Linnaeus, 1758)	6
				<i>Sepia elegans</i> (Blainville, 1827)	28
	Bivalvia	Pectinida	Pectinidae	<i>Mimachlamys varia</i> (Linnaeus, 1758)	1
	Gastropoda	Neogastropoda	Muricidae	<i>Bolinus brandaris</i> (Linnaeus, 1758)	2
		Pleurobranchida	Pleurobranchidae	<i>Pleurobranchus sp</i>	9
Rhodophyta	Florideophyceae	Gigartinales	Gloiosiphoniaceae	<i>Thuretella sp</i>	
Chlorophyta	Ulvophyceae	Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Chaetomorpha spp.</i>	

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Espèces capturées (Ghazaouet)	Effectif
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Inachidae	<i>Macropodia longipes</i> A. Milne-Edwards & Bouvier, 1899	8
			Dorippidae	<i>Dorippe</i> sp	11
			Polybiidae	<i>Liocarcinus depurator</i> (Linnaeus, 1758)	3
			Diogenidae	<i>Dardanus arrosor</i> (Herbst, 1796)	2
			Paguridae	<i>Pagurus</i> sp	5
			Pilumnidae	<i>Pilumnus</i> spp	2
		Isopoda	Cymothoidae	<i>Anilocra</i> sp	1
		Stomatopoda	Squillidae	<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)	24
Chordata	Actinopterygii	Anguilliformes	Congridae	<i>Conger conger</i> (Linnaeus, 1758)	1
		Gadiformes	Merluccidae	<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	4
		Perciformes	Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i> Linnaeus, 1758	1
			Sparidae	<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1827)	57
				<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	4
				<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	13
				<i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)	10
			Cepolidae	<i>Cepola macrophthalmia</i> (Linnaeus, 1758)	9
			Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	50
				<i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	32
			Gobiidae	<i>Gobius niger</i> Linnaeus, 1758	61
			Serranidae	<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	92
			Centracanthidae	<i>Spicara</i> sp	5
			Sphyraenidae	<i>Sphyraena sphyraena</i> (Linnaeus, 1758)	5
		Clupeiforme	Clupeidae	<i>Alosa fallax</i> (Lacepède, 1803)	1

		Ophidiiformes	Ophidiidae	<i>Ophidion barbatum</i> (Linnaeus, 1758)	1
		Scorpaeniforme	Triglidae	<i>Chelidoni chthyslucerna</i> (Linnaeus, 1758)	2
		Zeiformes	Zeidae	<i>Zeus faber</i> (Linnaeus, 1758)	7
		Scorpaeniforme	Triglidae	<i>Chelidoni chthyslastoviza</i> (Bonnaterre, 1788)	2
		Clupeiforme	Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	30
		Pleuronectiforme	Bothidae	<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum, 1792)	18
			Citharidae	<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)	57
	Ascidiacea	Phlebobranchia	Ascidiidae	<i>Ascidia sp</i>	18
	Elasmobranchii	Rajiformes	Rajidae	<i>Raja asterias</i> (Delaroche, 1809)	1
		Torpediniforme	Torpedinidae	<i>Torpedo marmorata</i> (Risso, 1810)	3
Cnidaria	Anthozoa	Alcyonacea	Alcyoniidae	<i>Alcyonium sp</i>	41
Echinodermata	Asteroidea	Valvatida	Archasteridae	<i>Archaster spp</i> , 1977	5
Mollusca	Cephalopoda	Myopsida	Loliginidae	<i>Loligo vulgaris Lamarck, 1798</i>	22
				<i>Alloteuthis media</i> (Linnaeus, 1758)	260
				<i>Alloteuthis subulata</i> (Lamarck, 1798)	9
		Octopoda	Octopodidae	<i>Octopus vulgaris Cuvier, 1797</i>	3
			Eledonidae	<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	3
		Sepiida	Sepiidae	<i>Sepia officinalis</i> (Linnaeus, 1758)	6
				<i>Sepia elegans</i> (Blainville, 1827)	28
	Gastropoda	Neogastropoda	Muricidae	<i>Bolinus brandaris</i> (Linnaeus, 1758)	2
		Pleurobranchida	Pleurobranchidae	<i>Pleurobranchus sp</i>	9
	Bivalvia	Pectinida	Pectinidae	<i>Mimachlamys varia</i> (Linnaeus, 1758)	1
Rhodophyta	Florideophyceae	Gigartinales	Gloiosiphoniaceae	<i>Thuretella sp</i>	
Chlorophyta	Ulvophyceae	Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Chaetomorpha spp.</i>	

Résumé

Cette étude a été effectuée dans le cadre d'évaluation des risques environnementaux dus à la contamination du milieu marin par un élément radioactif (Polonium-210) et trois éléments métalliques toxiques (Plomb, Cadmium et Mercure). Afin d'estimer ces risques sur la biodiversité et éventuellement sur l'homme, ces polluants ont été dosés au sein de quatre organismes marins bioindicateurs, trois mollusques (*Mytilus galloprovincialis*, *Perna perna* et *Patella caerulea*) prélevés du Zeralda et Ain Taya, et au niveau de trois compartiments biologiques de poisson *Mullus barbatus barbatus* (Foie, Gonade et Chair) prélevé du Ghazaouet et Mostaganem. De plus de dosage des polluants qui est effectué par Spectrométrie alpha, EDXRF et DMA-80, les espèces des peuplements associés aux espèces cibles ont été identifiées puis classifiées.

A partir des résultats obtenus, les concentrations du Polonium-210 et les doses estimées suite à la consommation des moules prélevées de Zeralda et Ain Taya, ne pose aucun risque sanitaire sur la population. Le dosage des polluants métalliques toxiques a indiqué des concentrations sans danger, pour la consommation humaine des produits de la pêche prélevés des sites d'étude, à l'exception de la zone de Mostaganem où la teneur en Plomb enregistrée au niveau de la chair de Poisson est élevée par rapport aux autres compartiments.

A l'issu de la présente étude, il est nécessaire d'une part de cibler les produits de la pêche et faire un contrôle de qualité avant de leurs commercialisations étant donné que les polluants présentent une toxicité. D'autre part, il est nécessaire d'élaborer des normes nationales pour bien maîtriser les risques environnementaux.

Mots Clés : Biodiversité, Environnement, risque, métaux, radioactivité, bioindicateurs

Abstract

This study was conducted as part of assessment environmental risks due to contamination of the marine environment by a radioactive element (Polonium-210) and three toxic metallic elements (Lead, Cadmium and Mercury). In order to estimate these risks on biodiversity and possibly on humans, these pollutants were measured in four bioindicator marine organisms, three molluscs (*Mytilus galloprovincialis*, *Perna perna* and *Patella caerulea*) taken from Zeralda and Ain Taya, and at level of three biological compartments of *Mullus barbatus barbatus* fish (Liver, Gonad and Flesh) taken from Ghazaouet and Mostaganem. In addition to the assay of pollutants, which is the subject of EDXRF and DMA-80 by alpha spectrometry, the species of stands associated with the target species have been identified and classified.

From the results obtained, the concentrations of Polonium-210 and the doses estimated following the consumption of the mussels collected from Zeralda and Ain Taya, do not pose any risk to the population by consuming these seafood. The dosage of toxic metallic pollutants has indicated safe concentrations for human consumption of fishery products taken from the study sites with the exception of the Mostaganem area where the lead content recorded in fish meat is high.

At the end of this study, it is necessary on the one hand to target fishery products and carry out a quality control before their marketing since the pollutants present a toxicity. On the other hand, there is a need to develop national standards to manage environmental risks.

Keys Words: Biodiversity, environment, risk, metals, radioactivity, bioindicators.

ملخص

أجريت هذه الدراسة كجزء من تقييم للمخاطر البيئية الناجمة عن تلوث الوسط البحري بعنصر مشع (-Polonium 210) وثلاثة عناصر معدنية سامة (الرصاص والكاديوم والزنك). من أجل تقدير هذه المخاطر على التنوع البيولوجي وعلى الإنسان، تم قياس هذه الملوثات في أربعة كائنات بحرية، والتي تعتبر كمؤشرات حيوية، ثلاث رخويات (*Mytilus galloprovincialis* و *Perna perna* و *Patella caerulea*) مأخوذة من منطقتي زرادة و عين طاية، وعلى مستوى ثلاث مكونات بيولوجية من أسماك *Mullus barbatus barbatus* (الكبد والغدد التناسلية واللحم)، مأخوذة من منطقتي غزوات ومستغانم. بالإضافة إلى اختبار الملوثات الذي تم بـ EDXRF و DMA-80 و alpha Spectrométrie، تم تحديد الأنواع النباتية والحيوانية المرافقة للأنواع المستهدفة وتصنيفها.

حسب النتائج المتحصل عليها، فإن تركيز الـ Polonium-210 والجرعات المقدرة بعد استهلاك بلح البحر الذي تم جمعه من زرادة وعين طاية، لا تشكل أي خطر على السكان من خلال استهلاك هذه المأكولات البحرية. تشير التركيزات الآمنة للاستهلاك البشري للمنتجات السمكية المأخوذة من مواقع الدراسة باستثناء منطقة مستغانم حيث محتوى الرصاص المسجل في لحم السمك مرتفع.

في نهاية هذه الدراسة، من الضروري استهداف المنتجات السمكية والرقابة على الجودة قبل تسويقها لأن الملوثات تمثل مصدر تسمم، مع ضرورة تطوير معايير وطنية لإدارة المخاطر البيئية بشكل صحيح.

،

الكلمات المفتاحية : التنوع البيولوجي البيئة المعادن النشاط الإشعاعي المخاطر العوامل الحيوية