



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master en Agronomie
Spécialité: *Management de la Qualité Totale et Sécurité des Aliments*

Intitulé du thème

**Contribution à l'évaluation de la qualité du milieu dans la baie
d'Alger et la baie de Bou-Ismaïl**

Présenté par: M^{elle} NAIT MOHAND Hanane

Soutenu publiquement le 17/07/2016 à 10h devant le jury

Mr A. OUELHADJ	Président	Maitre de conférence (A)	UMMTO
Mlle N.BELHOUCHE	Promotrice	Attachée de recherche	CNRDPA
Mr D.DJENANE	Co-promoteur	Professeur	UMMTO
Mr K.SIFER	Examineur	Maitre Assistant (A)	UMMTO
Mr D.TAIEB ERREHMANI	Examineur	Attaché de recherche	CRNA

Année Universitaire 2015-2016

REMERCIEMENTS

Au terme de cette étude et avant tous, je remercie le bon Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonté.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à ma promotrice M^{lle} BELHOUCHE Nassima, attachée de recherche au niveau du C.N.R.D.P.A d'abord de m'avoir proposé le thème, pour sa confiance, sa disponibilité, ses encouragements, sa patience et ses précieux conseils qu'elle a tenu à me prodiguer au cours de la réalisation de ce travail.

A mon Co-promoteur M^r DJENANE Djamel professeur enseignant à l'UMMTO, pour tout le temps qu'il m'a consacré, ses directives précieuses, et sa compréhension.

Je remercie toute la composition du jury :

Mr OULHADJ Akli maître de conférences (A) enseignant à l'UMMTO d'avoir accepté de présider ma soutenance

Mr SIFER Kamel maître assistant (A) enseignant à l'UMMTO et M^r TAYEB ERRAHMANI Djamel attaché de recherche au niveau du C.R.N.A qui ont examiné se travail

Mes profonds remerciements vont à M^r INAL Ahmed chef de l'équipe Qualité et Surveillance des Milieux Aquatique pour son aide dans les prélèvements, ainsi que pour toute la direction du centre CNRDPA.

Je tiens vivement à remercier Mr NOURDINE Abdelkader directeurs de recherche de la division environnements pour son aide.

Mes remerciements vont aussi à

M^r LOUALHI Ismail directeur de recherche de la division application nucléaire et M^{me} YAKOUBI Fella ingénieur de la même division du C.R.N.A

Les mots manquent pour exprimer ma profonde reconnaissance à M^r ROUMADI Aziz

Je tiens aussi à remercier l'ensemble de l'équipe de L'ENSSMAL, ainsi que a tous les ingénieurs M^{me} IDALIA Nabila, M^{lle} Houda, et M^{me} CHIOUKHE Soraya

Je voudrais remercier également toute l'équipe du laboratoire LNCAPPASM de Ain Elbenian.

Mes remerciements vont enfin à tous les enseignants qui ont assuré ma formation et à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Sommaire

Remerciements

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. La pollution marine	01
I.1.1. Généralités	01
I.1.2. Sources de pollution.....	01
I.1.2.1. Pollution urbaine.....	01
I.1.2.2. Pollution industrielle.....	01
I.1.2.3. Pollution agricole.....	02
I.1.3. Mode de pollution.....	02
I.1.3.1. Les pollutions accidentelles.....	02
I.1.3.2. Les pollutions diffuses.....	02
I.1.3.3. La pollution anthropique.....	02
I.1.4. Les types de pollution.....	02
I.1.4.1. La pollution physique.....	03
I.1.4.2. La pollution microbiologique	03
I.1.4.3. La pollution chimique.....	03
I.1.5. Sources de pollution dans la zone de Bou-Ismaïl	03
I.2. Evaluation et suivi de la qualité du milieu aquatique	04
I.2.1. Les paramètres d'enrichissement et d'eutrophisation	04
I.2.2. Devenir des polluants dans le milieu marin	04
I.2.3. Surveillance de la qualité de l'environnement.....	04
I.2.4. La bio surveillance	05
I.3. Différents indicateurs de la qualité du milieu et des biotes	05
I.3.1. qualité physicochimique.....	05
I.3.1.1. Les paramètres physico – chimiques.....	05
I.3.1.2. Les sels nutritifs	06
I.3.2. la qualité chimique du milieu et du rouget de vase	07
I.3.2.1. Les métaux lourds dans le milieu marin.....	07
I.3.3. Qualité physique du milieu « la radioactivité ».....	08
I.3.3.1. Définition de la radioactivité	08
I.3.3.2. Radioactivité naturelle.....	08
I.3.3.3. Radioactivité artificielle.....	09
I.3.3.4. Sources de rayonnement.....	09
I.3.3.5. Grandeurs et unités utilisées en radioprotection.....	09
I.4. Conséquence de la pollution aquatique sur le milieu, la vie aquatique et la santé humaine.....	10
I.4.1. Effet sur le milieu	10
I.4.2. Conséquence de l'eutrophisation sur la vie aquatique	11

I.4.3. Effet sur la santé humaine	11
I.4.3.1. Les toxi-infections alimentaires.....	11
I.4.3.2. Modes d'action des toxiques	11
I.5. Notions de toxicité.....	12
I.5.1. Manifestation de la toxicité.....	12
I.5.2. Bases de la mesure de la toxicité.....	12
I.5.3. La toxicité des métaux lourds.....	13

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1 Généralités sur la zone d'étude.....	14
II.1.1. Localisation Géographique.....	14
II.1.2. Situation Administrative.....	14
II.1.3. Reliefs	14
II.1.4. Climat	15
II.1.5. Ressources hydrographiques superficielles	15
II.1.6. Situation géographique de la Baie d'Alger	15
II.1.6.1. Climat	15
II.1.6.2. Ressources hydrographiques superficielles	15
II.1.7. Choix de la zone d'étude.....	16
II.2. Prélèvement des échantillons.....	17
II.2.1. Plan de campagne et stratégies de prélèvements.....	17
II.2.2. Localisation des stations de prélèvement.....	17
II.2.3. Logistiques et matériel de prélèvements et de mesure <i>in situ</i>	17
II.2.3.1. Le matériel utilisé.....	17
II.2.4. Opération des prélèvements et de l'échantillonnage.....	20
II.2.4.1. Prélèvement de l'eau de mer	20
II.2.4.2. Prélèvement des sédiments.....	21
II.2.4.3. Transport des échantillons.....	24
II.2.4.4. Prélèvement du rouget de vase.....	24
II.2.5. Le matériel biologique étudié.....	25
II.2.5.1. Choix de l'espèce étudiée.....	25
II.2.5.2. Description	25
II.2.5.3. Taxonomie	25
II.2.5.4. Alimentation.....	26
II.2.5.5. Reproduction.....	26
II.3. Prétraitement et analyse des échantillons prélevés.....	26
II.3.1. Matrice eau.....	26
II.3.1.1. Analyse des paramètres physicochimique.....	26
II.3.1.2. Dosage des sels nutritifs au laboratoire	26
II.3.2. Matrice sédiments et rouget de vase.....	29
II.3.2.1. Prétraitement des échantillons	29
II.3.2.2. Analyse des métaux traces.....	30
II.3.2.3. Etude de la pollution radioactive dans le milieu.....	32

Chapitre III Résultats et discussion

III.1. Etude des paramètres physico-chimiques.....	35
III.1.1. Température	35
III.1.2. pH	36
III.1.3. Conductivité.....	37
III.1.4. Salinité.....	38

III.2. Etude de la variation des résultats des sels nutritifs dans la zone d'étude	39
III.2.1. Les Ortho-phosphate et l'azote (PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^-).....	39
III.2.2. Les silicates SiO_2	40
III.3. Analyse des métaux lourds dans les sédiments et le rouget de vase.....	41
III.3.1. Le Plomb (Pb).....	41
III.3.2. Concentration du Cadmium (Cd).....	42
III.3.3. Concentration du Zinc (Zn).....	43
III.3.4. Calcul de l'indice de contamination des sédiments par les métaux lourds.....	45
III.4. Etude de la radioactivité du milieu.....	45
III.4.1. Analyse des radionucléides descendant de la famille de l' ^{238}U	46
III.4.2. Analyse du potassium ^{40}K	47
III.4.3. analyse du Césium ^{137}Cs	48

Conclusion générale et perspectives

Références bibliographiques

Annexe I

Annexe II

Annexe III

Résumé

Liste des abréviations

Bi : Le Bismuth

CAD : Convertisseur Analogique Digital

Cd : Le Cadmium

CE : La Conductivité électrique

CNRDPA : Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et d'Aquaculture

CRNA : Centre de Recherche Nucléaire d'Alger

Cs : Le Césium

CTD :

ENSSMAL : Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et d'Aménagement du Littoral

Ge(Hp) : Germanium Hyper pur

GPS: Global Positioning System

IC: Indice de Contamination

ISO : International Standard Organisation

K : Le Potassium

LNCAPPASM : Laboratoire National de Contrôle et d'Analyse des Produits de la Pêche et d'Aquaculture et salubrité des milieux

MADRP : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et de la Pêche

MCA : Analyseur Multiti-Canal

NF : Norme Française

NH₄⁺ : l'Ammonium

NO₂⁻ : Les Nitrites

NO₃⁻ : Les Nitrates

Pb : Le Plomb

pH : Le potentiel d'Hydrogène

PO₄³⁻ : Les Orthophosphates

Ra : Le Radium

SiO₂ : Les Silicates

T : La Température

U : L'Uranium

Zn : Le Zinc

Liste des figures

Figure II.1 : localisation de la zone d'étude (BouIsmaïl-Tipaza).....	14
Figure II.2 : rejet de TONIC emballage.....	16
Figure II.3 : La cartographie des radiales de prélèvements dans la baie de Bou-Ismaïl.....	18
Figure II.4 : La cartographie des radiales de prélèvements dans la baie d'Alger.....	18
Figure II.5 : Matériels et travaux réalisés en mer.....	20
Figure II.6 : bouteille Niskin pour les prélèvements d'eau de mer.....	21
Figure II.7 : benne Van Veen utilisé pour le prélèvement des sédiments.....	21
Figure II.8 : Le rouget de vase <i>Mullus barbatus</i>	25
Figure II.9 : Organigramme décrivant le protocole de dosage des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs dans l'eau de mer.....	28
Figure II.10 : Organigramme décrivant le protocole de minéralisation des échantillons de sédiments et de biote.....	29
Figure II.11 : Organigramme décrivant les étapes du dosage des métaux lourds et de la détermination du niveau de la radioactivité dans le sédiment.....	31
Figure II.12 : Principe d'une chaîne de mesure de spectrométrie.....	33
Figure II.13 : Constituants de la chaîne de spectrométrie gamma.....	34
Figure III.1 : Variation de la température en fonction des sites de prélèvement dans la baie de Bou Ismaïl.....	35
Figure III.2 : Variation de la température en fonction des sites de prélèvement dans la baie d'Alger.....	35
Figure III.3 : Variation du pH en fonction des sites de prélèvement dans la baie de Bou Ismaïl....	36
Figure III.4 : Variation du pH en fonction des sites de prélèvement dans la baie d'Alger.....	36
Figure III.5 : Variation de la conductivité en fonction des sites de prélèvement dans la baie de Bou Ismaïl.....	37
Figure III.6 : Variation de la conductivité en fonction des sites de prélèvement dans la baie d'Alger.....	37
Figure III.7 : Variation de la salinité en fonction des sites de prélèvement dans la baie de Bou Ismaïl.....	38
Figure III.8 : Variation de la salinité en fonction des sites de prélèvement dans la baie d'Alger	38

Figure III.09 : Variation de la concentration sels nutritifs dans la baie de Bou Ismail.....	39
Figure III.10 : Variation de la concentration des sels nutritifs dans la baie d'Alger.....	39
Figure III.11 : Variation de la concentration de la silice (SiO ₂) en fonction des sites de prélèvement dans la baie de Bou Ismail.....	40
Figure III.12 : Variation de la concentration de la silice (SiO ₂) en fonction des sites de prélèvement dans la baie d'Alger.....	40
Figure III.13 : Concentration du Plomb (Pb) dans les sédiments en fonction des stations de prélèvement.....	42
Figure III.14 : Concentration du Plomb (Pb) dans les biotes.....	42
Figure III.15 : Concentration du Cadmium (Cd) dans les sédiments en fonction des stations de prélèvement.....	43
Figure III.16 : Concentration du Cadmium (Cd) dans les biotes.....	43
Figure III.17 : Concentration du Zinc (Zn) dans les sédiments en fonction des stations de prélèvement.....	44
Figure III.18 : Concentration du Zinc (Zn) dans les biotes.....	44
Figure III.19 : Indice de contamination des sédiments respectivement par le Plomb (Pb), Cadmium (Cd) et le Zinc (Zn) en fonction des sites de prélèvement.....	45
Figure III.20 : Activités spécifiques des radionucléides descendants de l' ²³⁸ U.....	47
Figure III.21 : activités spécifiques du ⁴⁰ K dans les différentes stations.....	47

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Liens entre altération, paramètre et effet sur le milieu.....	10
Tableau II.1 : Feuille de mer hydrologie pour la matrice eau (campagne HYDROBIOLOGIE)...	22
Tableau II.2 : Feuille de mer hydrologie pour la matrice sédiments (Campagne HYDROBIO)....	24
Tableau II.3 : Feuille de mer hydrologie pour le biote (Campagne HYDROBIO).....	24
Tableau II.4 : Normes de pollution par les métaux lourds.....	32
Tableau III.1 : Valeurs moyennes, maximales et minimales des paramètres physico-chimiques..	35
Tableau III.2 : Valeurs moyennes, maximales et minimales des paramètres des sels nutritifs.....	39
Tableau III.3 : Valeurs moyennes, maximales et minimales des paramètres des métaux lourds...	41
Tableau III.4 : Activités des radioéléments dans les différentes stations.....	46
Tableau III.5 : Valeurs moyennes, maximales et minimales des radioéléments d'intérêts.....	46
Tableau III.6 : Comparaison entre les activités calculées avec le seuil naturel en radioactivité....	48

Introduction générale

Introduction

La méditerrané est une mer soumise a une très forte pression humaine, elle reçoit d'une manière chronique les eaux usées de grandes unités urbaines et industrielles avec une importante charge polluante, peuvent menacer la faune et la flore du littoral ([Abd Elguerfi, 2003](#)). Face a ces menaces, l'homme est mobilisé a lutter pour préserver les patrimoines, limiter et étudier leurs effets en mesurant des paramètres physico-chimiques et chimiques utilisés comme traceurs dans le milieu marin, elles constituent donc un outil très important pour l'étude des phénomènes et processus qui se déroulent au sein de l'océan ([Ifremer, 2005](#)).

Le littoral algérien et à l'instar de la majorité des zones côtières méditerranéennes, connaissent de sérieux problèmes environnementaux ([CNRDPA, 2005](#)). La région algéroise est certainement l'une des zones où l'altération de la qualité de l'écosystème marin côtières est la plus perceptible.

La côte algéroise recèle des ressources inestimables en poisson et mollusque, ainsi qu'une activité aquacoles non négligeable, dont la qualité nous impose un suivi et une meilleure maîtrise des conditions de production ([CNRDPA, 2005](#)). Cette problématique est l'objet qu'on s'est fixé dans le cadre de ce travail. La présente investigation concerne le milieu et le biote du littoral Algérois

Ce travail a pour objectif principale l'évaluation et le contrôle de l'état de la salubrité et les niveaux de la contamination chimique et écologique des zones de pêche et d'aquaculture. Et qui rentre aussi dans les objectifs du plan "**Aqua-pêche 2020**", établie par le MADRP (Ministère de l'agriculture et du Développement Rurale et de la Pêche) (ex ministère de la Pêche et des Ressources halieutiques).

La présente étude rentre dans le cadre des travaux de recherches menés par le CNRDPA. Le centre National de recherche et de développement de la pêche et d'aquaculture et qui ciblent les objectifs suivants :

- La mise en œuvre du programme national d'analyse et d'échantillonnage pour le contrôle de l'état de salubrité des zones de pêche et d'aquaculture.
- La validation des méthodes et des procédures d'analyse et de mesures pour les différents paramètres chimiques, physicochimiques et biologiques du milieu et du biote
- Classement des zones aquatiques selon leurs degrés de salubrité
- Contribution à l'élaboration des normes nationales de qualité environnementales en matière de pollutions marines et aquatiques (métaux lourds, hydrocarbures, bio-toxines, pesticides....)

Pour cette fin, la campagne HYDROBIO, a été programmé par le CNRDPA et qui a été réalisée à bord du bateau scientifique « Grine Belkacem », en novembre 2015. Des échantillonnages d'eau de mer, de sédiment et de biotes ont été effectués à plusieurs points différents le long du littoral algérois (Bais d'Alger et Baie de Bou-Ismaïl). Des mesures des paramètres physicochimiques (pH, T, S et Cd) ont été effectuées *in situ*, d'autres paramètres comme les sels nutritifs (NH_4^+ , PO_4^{3-} ,

NO₂⁻, NO₃⁻ et SiO₂) sont réalisés au niveau du laboratoire de CNRDPA sur l'eau de mer. Nous avons aussi analysé les polluants chimiques (Zn, Cd, Pb) dans le sédiment et le Rouget de vase.

Et en fin on a clôturé l'analyse de nos échantillons par la détermination des radioéléments (naturels et artificiels) dans le sédiment.

Pour exposer les résultats de notre mémoire, nous avons adopté le plan suivant :

Partie I : Synthèse bibliographique :

- 1- Pollution marine
- 2- Monitoring et bio surveillance des zones de pêches
- 3- Indicateurs de la qualité et Notion de la toxicité

Partie II : Matériel et méthodes

- 1- Choix de la Zone d'études et du matériel biologique
- 2- Prélèvement et échantillonnage
- 3- Méthodes et Protocoles expérimentaux

Partie III: Résultats et interprétations

- 1- Présentation graphique des résultats
- 2- Comparaison aux normes Algériennes et Européennes

Conclusion

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

I.1. La pollution marine

I.1.1. Généralités

Le terme « pollution » désigne toute modification défavorable du milieu naturel, qui paraît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou à travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède ou les possibilités réactives du milieu (Ramade, 2005).

En outre, une pollution peut affecter directement l'homme, dans sa santé ou son environnement proche. Elle peut aussi l'affecter indirectement à travers la chaîne alimentaire ou l'environnement plus lointain. Polluer c'est salir, souiller, dégrader l'environnement (Ngô, Régent, 2004)

La pollution ou la contamination de l'eau peut être ainsi définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physique, chimique et biologique; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels. Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines:

- Urbaine (activités domestiques)
- Agricole (engrais, pesticides)
- Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...)

La pollution est directement liée aux activités industrielles et agricoles. Nous nous intéressons aux rejets liquides transportés par l'eau, appelés couramment les eaux résiduaires industrielles transportant en général divers produits hautement toxiques avec des taux très élevés.

I.1.2. Sources de pollution

Selon l'origine de la pollution, on distingue trois catégories : la pollution urbaine, pollution industrielle et pollution agricole.

I.1.2.1. Pollution urbaine

Due principalement aux rejets domestiques véhiculés en mer sans traitement (kankou, 2004), issues des eaux de vannes d'évacuation des toilettes et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bain. Les déchets présents dans ces eaux sont constitués par des matières organiques dégradables et des matières minérales, Ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension (O I E, 2005)

I.1.2.2. Pollution industrielle

Les principales origines de cette forme de pollution sont les rejets liquides des diverses industries installées le long de la côte (industries alimentaires, industries agricoles, l'industrie chimique, métallurgique, électronique...), et cela par l'utilisation de combustibles fossiles, des molécules minérales et organiques de synthèses (Ramade, 2000) ; La pollution de ces eaux peut être organique, minérale et toxique.

Donc les caractéristiques des rejets d'origine industrielle sont bien évidemment directement liées aux types d'industries implantées sur le littoral.

I.1.2.3. Pollution agricole

L'agriculture est devenue une cause importante de pollution des eaux par suite de l'usage systématique des engrais chimiques et des pesticides et des produits phytosanitaires (Ramade, 2000). Ces substances sont transportées à la mer par le lessivage et le vent (Kankou, 2004). Les pollutions agricoles présentent la particularité d'être diffuses, les engrais et pesticides étant répandues sur de vastes surfaces (Ramade, 2000).

Mais elle est aussi due à l'accumulation des résidus des élevages intensifs des animaux et des eaux d'abattoirs qui engendrent des pollutions chroniques et diffuses (Leroy, 1999).

I.1.3. Mode de pollution

I.1.3.1. Les pollutions accidentelles

Ce sont le plus souvent des pollutions ponctuelles liées aussi bien aux activités industrielles où agricoles.

Elles peuvent résulter d'un accident de transport ou de stockage de produits chimiques ou encore de catastrophes naturelles. (Djilani, 2006).

I.1.3.2. Les pollutions diffuses

Une pollution diffuse est une pollution due à de multiples rejets de polluants dans le temps et dans l'espace. Contrairement à une pollution accidentelle, qui se produit localement, ponctuellement et souvent massivement, une pollution diffuse est peu visible. Son effet sur l'environnement n'en est pas moins sensible. La pollution des eaux par les nitrates et les pesticides de l'agriculture est un exemple de pollution diffuse : elle se produit sur tout le territoire, d'année en année et affecte grandement la qualité des eaux et les écosystèmes.

(<http://www.futura-sciences.com/>).

I.1.3.3. La pollution anthropique

Elle est souvent attribuée à la présence de la flore dans les eaux surtout si ces eaux sont stagnantes ou si leur renouvellement reste très occasionnel et limité dans le temps. Donc cette pollution résulte de l'eutrophisation qui est fonction du rapport [azote] / [phosphore] dans l'eau.

Ce déséquilibre entraîne entre autre la prolifération des plantes et des algues causant ainsi la diminution du taux d'oxygène nécessaire à la vie de la faune et de la flore aquatiques (Davida et al, 2003).

I.1.4. Les types de pollution

La pollution de l'eau est l'ensemble des nuisances auxquelles peut être exposé son usager. La pollution engendrée peut être d'ordre physique (radioactivité, élévation de la température), chimique (rejets agricoles, industriels et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage).

Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type.

Les eaux résiduaires industrielles sont spécifiques par leur volume et leur composition. On distingue trois types de pollution :

I.1.4.1. La pollution physique

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules en suspension et le changement qui affecte l'effet réfractaire de l'eau. Même les rejets d'eau chaude des centrales nucléaires ou thermiques dans le milieu marin constituent aujourd'hui la préoccupation majeure de nombreux pays. (Djilani, 2006).

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes: mécanique, thermique et radioactive (MIZI, 2006).

I.1.4.2. La pollution microbiologique

Cette forme de pollution est due à la présence des polluants microbiens ; tels que les bactéries et les virus pathogènes, les parasites, les champignons ; qui sont introduites dans les eaux marines par l'intermédiaire des déjections humaines et animales (déversement en mer d'eaux usées d'origine domestique ou agricole) (Lacaze, 1996).

I.1.4.3. La pollution chimique

La pollution chimique est due à l'introduction d'un (ou plusieurs) éléments indésirable dans la composition chimique de l'eau initialement destinée à un usage bien précis. Deux types de paramètres permettent d'évaluer l'ampleur de cette pollution à savoir :

- les paramètres globaux qui résultent de la juxtaposition des effets de plusieurs substances en même temps exemple pH, conductivité, turbidité, Demande Chimique en Oxygène (DCO), etc. La DCO, permet d'évaluer l'ensemble de toutes les espèces chimiques oxydables, organiques et minérales, dissoutes ou en suspension.
- les paramètres spécifiques qui caractérisent un composé particulier ou plusieurs de propriétés chimiques semblables. (Djilani, 2006).

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

- Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols..).
- Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

I.1.5. Sources de pollution dans la zone de Bou-Ismaïl

La région de BOU-ISMAIL est une zone à vocation touristique et agricole ; sa frange côtière est soumise principalement aux rejets domestiques des villes et des complexes touristiques qui se déversent directement dans le milieu naturel sans aucun traitement préalable. Dans la plupart des cas, ces déversements s'accroissent en période estivale. Ajoutant à cela les rejets d'eaux usées véhiculées par les oueds qui traversent les centres urbains et qui se déversent en mer, drainant les eaux de ruissellement des terres agricoles, des

effluents urbains et industriels (rejet du Groupement Tonic Emballages) ; à cela s'ajoute la pollution due l'activité de la pêche (LEM, 1998).

I.2. Evaluation et suivi de la qualité du milieu aquatique

Les contaminants qui atteignent le milieu aquatique constituent toujours un problème environnemental majeur. En effet, la concentration de la plupart de ces contaminants s'élève parfois jusqu'à des niveaux qui sont toxiques pour la vie aquatique – poissons, invertébrés et plantes aquatiques – tant dans la colonne d'eau que dans les sédiments. De plus, plusieurs de ces contaminants sont persistants et bioaccumulables, ce qui signifie qu'ils peuvent entraîner des effets nuisibles à tous les maillons de la chaîne alimentaire, incluant la faune terrestre et aviaire ainsi que l'humain, du fait que les contaminants sont transmis d'un maillon à l'autre par la consommation d'organismes aquatiques contaminés. D'autres contaminants, comme les substances nutritives (sels nutritifs), lorsqu'elles sont présentes en concentrations élevées, interfèrent dans l'équilibre naturel des écosystèmes.

I.2.1. Les paramètres d'enrichissement et d'eutrophisation

Non directement toxiques, les nutriments (nitrate, ammonium, phosphate, silicate) permettent le développement des organismes végétaux et sont donc à la base de la chaîne alimentaire. Du fait de massif apport d'engrais en agriculture et de détergents phosphatés, un enrichissement significatif du milieu estuarien et côtier conduit à des développements excessifs d'algues (macro ou microphytes) appelés eutrophisation par abus de langage. Aussi est-il important de suivre certains paramètres témoins (chlorophylle, matière organique) ou des facteurs associés (turbidité). (Ifremer, 2005)

I.2.2. Devenir des polluants dans le milieu marin

Certains polluants, notamment chimiques, peuvent être véhiculés à l'état dissous dans la masse d'eau. Le pouvoir de dilution, fait que les concentrations finissent par atteindre des valeurs très faibles et deviennent moins dangereuses. D'autres se fixent sur le matériel particulaire et ont donc un comportement lié au sédiment (transport en suspension ou en charriage près du fond). Ils se trouvent principalement adsorbés sur la fraction organique liée à la vase. En général, un endroit vaseux aura plus de risque d'être pollué qu'un endroit sableux (Ifremer, 2004)

I.2.3. Surveillance de la qualité de l'environnement

Les nombreuses méthodes permettant de surveiller la qualité de l'environnement peuvent être réparties en deux catégories, clairement distinctes : la détection des polluants et éventuellement leur quantification, dans les milieux physiques et biologiques, d'une part, et l'évaluation des effets des polluants sur les organismes vivants, soit au niveau des individus, soit au niveau des populations et/ou communautés, d'autre part. Après plusieurs années d'utilisation de ces différentes méthodologies, il apparaît qu'aucune d'entre elles n'est exclusive et ne peut, à elle seule, fournir des informations fiables et complètes sur l'état de l'environnement. En d'autre

terme, c'est l'association judicieuse de ces différentes approches qui permet d'évaluer de façon précise l'état des milieux et des organismes qui y vivent (Ramade, 1997)

I.2.4. La bio surveillance

La bio surveillance se définit comme « l'utilisation des réponses à tous les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution ». C'est aussi « l'étude de la réponse biologique des organismes aux contaminants chimiques » (Meknachi, 2010)

I.3. Différents indicateurs de la qualité du milieu et des biotes

I.3.1. Qualité physicochimique

I.3.1.1. Les paramètres physico – chimiques

Les eaux marines possèdent un ensemble de caractères physico-chimiques relativement stables dont les principaux sont la **température**, la **salinité**, l'**oxygène** dissous et le **pH**. Ces facteurs deviennent des marqueurs importants de l'influence continentale dans le cas des mélanges des eaux de mer (l'a méditerranée ; la côte) avec les eaux continentales (les oueds et fleuves) (Amimot et al, 1983).

- **La température**

Elle a une influence sur la densité de l'eau et joue un rôle primordial dans les phénomènes de stratification des lacs et de la mer.

La plupart des réactions chimiques vitales sont ralenties voire arrêtées par un abaissement important de température. Au contraire, des augmentations de températures peuvent avoir pour effet de tuer certaines espèces, mais également de favoriser le développement d'autres espèces en entraînant ainsi un déséquilibre écologique. (Emilian, 2009)

D'un point de vue réglementaire, selon le décret exécutif n°06-141 du 19 Avril 2006, la valeur limite des températures de rejets d'effluents liquides industriels est de 30°C (joradp, 2006).

- **La salinité**

La salinité (S‰) est définie conventionnellement comme la masse en gramme des composés solides séchés à poids constant à 480°C, obtenue à partir de 1 Kg d'eau de mer (Rodier, 1996). Elle indique la teneur d'un milieu en sels, permet de connaître la circulation des eaux et d'identifier les masses d'eaux d'origine différentes (Amimot et al, 1983).

- **La conductivité électrique**

Paramètre non spécifique, la conductivité électrique d'une eau résiduaire (valeur) n'offre que peu d'intérêt, mais par contre, la variation de cette valeur dans une même agglomération et la comparaison avec celle de l'eau de consommation peut apporter des indications sur la charge polluante associée. (Gueddah, 2003).

- **Le potentiel hydrogène (pH)**

Il peut constituer dans ce cas un indice de pollution. Il augmente en présence d'une forte activité photosynthétique et il diminue en dessous de la zone eutrophiq

ue. En général, les effets du pH se font surtout sentir par l'influence qu'exerce ce paramètre sur les équilibres entre les autres composés du milieu (azote ammoniacal, sulfure de sodium, acide cyanhydrique, etc.) lorsqu'ils ont une toxicité variable selon qu'ils se trouvent ou non sous forme ionisée. (Koller, 2009).

Selon le décret exécutif n°06-141 du 19 Avril 2006 définissant la qualité requise de rejets d'effluents liquides industriels, le pH ne doit pas dépasser une valeur limite comprise entre 6,5 et 8,5. (joradp ,2006).

I.3.1.2. Les sels nutritifs

Les sels nutritifs sont des éléments indispensables à la synthèse autotrophe des matières organiques. Ils jouent un rôle essentiel dans la productivité primaire des mers, leur carence est un facteur limitant du développement des végétaux planctoniques (Lacaze, 1996).

La présence d'organismes vivants végétaux et animaux dans l'eau de mer se traduit par des caractéristiques hydro biologiques telles que les éléments nutritifs : Azote (nitrique, nitreux et ammoniacal), Phosphore, la matière en suspension, la chlorophylle, le carbone organique dissous et particulaire (Lacaze, 1996).

- **L'azote nitrique (NO_3^-)** Les nitrates stimulent la flore aquatique en présence d'autres éléments indispensable et donc augmente la productivité des cours d'eau. Il constitue un support principal dans la croissance du phytoplancton et est régénéré à partir des formes organiques par les bactéries. (Aminot et al, 1983)

- **L'azote nitreux (NO_2^-)** : C'est la plus toxique des formes minérales de l'azote pour les organismes marins et l'homme. Les ions nitrites, ils sont dans la plus part des cas et en dehors des situations de pollution extrêmes, rapidement oxydés dans le milieu naturel. (Aminot et al, 1983)

- **L'azote ammoniacal (NH_4^+)** : Cette forme est la plus toxique pour la vie aquatique car l'ammoniac stimule les poussées planctoniques et sous forme de gaz, il diffuse facilement à travers les membranes surtout en milieu alcalin. Il provient des excréations animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés et oxydés par les bactéries nitrifiantes (Aminot et al, 1983). En effet, il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+) dont des proportions relatives dépendant du pH, de la température et de la salinité du milieu (Aminot et Chausse-pied, 1983). Ces deux espèces traduisent un équilibre acido-basique. A proximité des émissaires urbains, l'ammonium devient un bon traceur de pollution urbaine avec des concentrations pouvant atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre (Lacaze, 1996).

- **Les orthophosphates (PO_4^{3-})**

Dans l'eau de mer, le phosphore existe sous forme organique et inorganique, dissous et particulaire, les orthophosphates représentent la forme la plus abondante, HPO_4^{2-} (90%) et PO_4^{3-} (10%) et 1% de H_2PO_4 (Aminot et Chausse-pied, 1983).

A l'état d'équilibre, elles se trouvent avec des teneurs assez faibles en surface (0 à 1 $\mu\text{mol/l}$) à cause de leur consommation par le phytoplancton (bloom printanier) (Copin-Montégut, 1996), et ces teneurs augmentent avec la profondeur au-dessous de la couche euphotique pour atteindre un maximum qui correspond au minimum de l'oxygène dissous, avec une légère fluctuation selon la région.

- **La silice dissoute (SiO_2)**

L'élément nutritif silicium entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques (Diatomées, Radiolaires...) (Aminot et Chausse-pied, 1983). A pH moyen de l'eau de mer (~8,2), les formes majoritaires dissoutes dans l'eau de mer étant à 95 % sous les formes d'acide orthosilicique, $\text{Si}(\text{OH})_4$, 5 % $\text{Si}(\text{OH})_3$ (Aminot et Kérouel, 2004).

La distribution verticale de l'acide silicique diffère de celle du phosphore ou de l'azote. Les concentrations augmentent lentement avec la profondeur pour atteindre généralement leur maximum au fond. Les silicates sont régénérés à différentes vitesses et par différents processus et, à présent, il y a toujours une incertitude sur les facteurs qui contrôlent le budget marin des silicates (Jacques et Treguer, 1986).

I.3.2. La qualité chimique du milieu et du Rouget de vase

I.3.2.1. Les métaux lourds dans le milieu marin

Dans le milieu aquatique, un métal sera défini comme un élément chimique qui peut former des liaisons métalliques et perdre des électrons pour former des cations. (Lacoue-labarthe., 2007)

Ceux-ci sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces : Mercure, Plomb, Cadmium, Cuivre, Arsenic, Nickel, Zinc, Cobalt, Manganèse. Les plus toxiques d'entre eux sont le Plomb, le Cadmium et le Mercure (Lacoue-labarthe, 2007).

- **Le Cadmium**

Le Cadmium a une grande résistance à la corrosion ; son point de fusion est bas ; il a une bonne conductivité de l'électricité ; ses produits dérivés ont une bonne résistance aux fortes températures ; il présente des caractéristiques chimiques proches de celles du Calcium, en particulier le rayon ionique, facilitant ainsi sa pénétration dans les organismes.

Le Cadmium fait également partie des métaux lourds les plus dangereux. Même à de faibles concentrations, il tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie) et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées (CASAS, 2005)

- **Le Plomb**

Le Plomb est présent dans la croûte terrestre et dans tous les compartiments de la biosphère.

Dans l'air, les émissions de Plomb provenant de poussières volcaniques véhiculées par le vent sont reconnues d'une importance mineure. Les rejets atmosphériques sont principalement anthropiques, ils proviennent d'abord des industries de première et deuxième fusion du plomb, et au niveau urbain ou routier, des rejets des véhicules à moteur (Pichard, 2003).

- **Le Zinc**

Le Zinc entre naturellement dans l'atmosphère à partir du transport par le vent de particules du sol, des éruptions volcaniques, des feux de forêts et d'émission d'aérosols marins.

Les apports anthropiques de Zinc dans l'environnement résultent des sources minières industrielles (traitement minéral, raffinages, galvanisation du Fer, gouttières de toitures, piles électriques, pigments, matières plastiques, caoutchouc), des épandages agricoles (alimentation animaux, lisiers) et des activités urbaines (trafic routier, incinération ordures). Dans les zones portuaires, le Zinc est introduit à partir de la dissolution des anodes destinées à la protection des coques de bateaux contre la corrosion, et est contenu dans certaines peintures antisalissure (CASAS, 2005).

- **Le mercure**

Le mercure est l'unique métal à se présenter à l'état liquide à température ambiante; celui-ci peut se retrouver sous trois formes, soit le mercure élémentaire (métallique), le mercure organique et le mercure inorganique. Selon Santé Canada (SC), le mercure sous 9 forme de métal liquide (ou élémentaire) est un élément liquide de couleur argenté qui est volatil et dégage des vapeurs incolores et inodores à température ambiante. De plus, le mercure élémentaire est difficilement soluble dans l'eau et peut former des amalgames avec différents métaux. Le mercure organique est composé de carbone et génère des composés comme le méthylmercure. Le mercure organique ou ses dérivés organométalliques peuvent se classer sous trois catégories (CASAS, 2005).

I.3.3. Qualité physique du milieu « la radioactivité »

I.3.3.1. Définition de la radioactivité

La radioactivité est le terme utilisé pour décrire les transitions atomiques spontanées qui mettent en jeu les changements d'état des noyaux des atomes.

L'énergie dégagée dans ces transformations est émise sous la forme de radiations électromagnétiques ou corpusculaires (Rodier, 2009)

I.3.3.2. Radioactivité naturelle

La radioactivité naturelle a été longtemps recherchée pour ses vertus dites curatives, lors de cures thermales par exemple. C'est en 1896 que Becquerel a découvert la radioactivité naturelle en exposant une plaque photographique à des sels d'uranium, en 1898 que Marie & Pierre Curie extraient de plusieurs tonnes de minerai d'uranium, le polonium et le radium [1].

Les trois familles radioactives naturelles (uranium, thorium et actinium) donnent naissance à des radioéléments émetteurs α , β^- , β^+ ou γ (Rodier, 2009)

I.3.3.3. Radioactivité artificielle

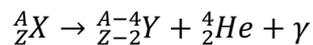
La radioactivité artificielle a été découverte en 1933 par Frédéric et Irène Joliot-Curie. Dès lors, de nombreux radioéléments ont été découverts, produits artificiellement par des réactions nucléaires avec des accélérateurs de particules ou dans des réacteurs nucléaires. La radioactivité artificielle regroupe pratiquement tous les éléments de la table de Mendeleïev.

Outre la radioactivité naturelle, les sources de radioactivité artificielle des sols et des eaux sont dues à l'influence potentielle de l'industrie liée au nucléaire (extraction de l'uranium, retraitement du combustible nucléaire, déchets radioactifs) des industries minières extractives, des industries et de l'utilisation de matériaux minéraux riches en radioéléments d'origine naturelle (engrais riches en phosphates, terres rares) (Rodier, 2009)

I.3.3.4. Sources de rayonnement

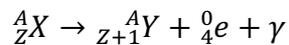
- **Radioactivité alpha (α)**

Le rayonnement alpha provient de l'expulsion du noyau radioactif d'une particule α qui correspond au noyau d'hélium (He)

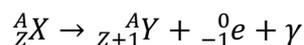


- **Radioactivité Bêta (β)**

Cette désintégration a lieu lorsque le noyau présente un excès de neutron ou de proton. Les noyaux ayant un excès de neutron subissent une désintégration β^- , l'équation de cette transition nucléaire s'écrit :



Cependant les noyaux ayant un excès en proton subissent une désintégration β^+ ils émettent en même temps un positron et un neutrino selon cette équation :



- **Radioactivité Gamma**

Le rayonnement gamma est une onde électromagnétique comme la lumière visible ou les rayons X mais plus énergétique (grande gamme d'énergie). Ce rayonnement suit généralement une émission α ou β , est issu du noyau de l'atome fils correspond à une désexcitation de ce dernier.

I.3.3.5. Grandeurs et unités utilisées en radioprotection

Grandeurs et unités utilisées en radioprotection sont les suivantes :

- l'activité ; le becquerel et le curie
- l'énergie ; l'électrovolte et ses multiples
- la dose absorbée ; le gray, le rad
- l'équivalent de dose ; le sievert, le rem
- la dose d'exposition ; le roentgen

I.4. Conséquence de la pollution aquatique sur le milieu, la vie aquatique et la santé humaine

I.4.1. Effet sur le milieu

La pollution marine engendre des conséquences sur le milieu, les effets sur le milieu sont résumés dans le tableau ci-dessous

Tableau I.1 : liens entre altération, paramètre et effet sur le milieu

Altérations	Paramètres	Effets sur le milieu
1-Matières organiques et oxydables (MOOX)	O ₂ , DCO, DBO ⁵ , COD, NH ₄ ⁺	Consommation de l'O ₂ du milieu
2-Matières azotées hors nitrates (AZOT)	NKJ, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻	Contribution à la prolifération d'algues et peuvent être toxiques (NO ₂ ⁻)
3-Nitrates (NITR)	NO ₃ ⁻	Gênent la production d'eau potable
4-Matières phosphatées (PHOS)	P total, PO ₄ ³⁻	Provoquent la prolifération d'algues
5-Effets des proliférations végétales (EPREV)	Chlorophylles a et phéopigments, algues, % O ₂ et pH, variation O ₂	Indicateurs de la prolifération
6-Particules en suspension (PAES)	MES, Turbidité, Transparence SECCHI	Trouble l'eau et gêne la pénétration de la lumière
7-Températures (TEMP)	T°C	Perturbe la vie aquatique
8-Acidification (ACID)	pH, aluminium dissous	
9-Minéralisation (MINE)	Conductivité, résidu sec à 105°C, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , TAC, Dureté	Modifie la salinité de l'eau
10-Couleur (COUL)	Couleur	
11-Micro-organismes (BACT)	Coliformes thermotolérants + totaux, Escherichia coli, Entérocoques	Gêne la production d'eau potable et la baignade
12-Micropolluants minéraux (MPMI)	Antimoine, Arsenic, Baryum, Bore, Cadmium , Chrome total, Cuivre, Cyanures libres, Etain, Mercure , Nikel , Plomb , Sélénium, Zinc	Sont toxiques pour les êtres vivants et les poissons en particulier, gêne la production d'eau potable
13-Pesticides (PEST)	68 pesticides	
14-Hydrocarbures aromatique polycycliques (HAP)	20 HAP	
15-Poly-chloro-biphéyles (PCB)	12 PCB	
16-Micropolluants organiques autres (MPOR)	64 POR	

I.4.2. Conséquence de l'eutrophisation sur la vie aquatique

L'extrême abondance du phytoplancton (des millions voire des dizaines de millions de cellules par litre) obscurcit alors l'eau, empêchant toute photosynthèse sur une épaisseur de plusieurs mètres au dessus du fond et provoquant une intense respiration puis une dégradation aérobie du phytoplancton. Dans le cas où le réapprovisionnement en oxygène de l'air n'est pas assuré par le brassage suffisant de la tranche d'eau, par exemple parce qu'une stratification haline ou thermique s'est établie, l'anoxie peut intervenir en quelques heures et asphyxier la faune benthique (Lacaze, 1996).

La pullulation de certaines espèces phytoplanctoniques pose actuellement des problèmes du fait de la toxicité de plusieurs d'entre elles vis-à-vis de la faune marine en constitue un risque pour la santé humaine. Des proliférations d'espèces phytoplanctoniques toxiques recensées depuis vingt ans dans le monde a montré qu'en dépit des biais dus à la disparité spatiale et temporelle des méthodes de détection, les données existantes accréditent l'idée que les espèces toxiques, particulièrement les Dinoflagellés, ont vu leur abondance croître récemment dans les eaux côtières, préférentiellement dans des zones soumises à des enrichissements en sels nutritifs (Lacaze, 1996).

I.4.3. Effet sur la santé humaine

I.4.3.1. Les toxi-infections alimentaires

Une personne souffre d'une toxi-infection alimentaire quand elle tombe malade après l'ingestion d'aliments contaminés par un micro-organisme nocif ou par un agent pathogène.

On appelle souvent cette condition « empoisonnement alimentaire ». Les bactéries, les parasites et les virus sont des micro-organismes qui peuvent causer des toxi-infections alimentaires. Beaucoup de cas de toxi-infections alimentaires ne sont pas signalés parce que l'on en confond souvent les symptômes avec ceux d'une grippe intestinale. Les symptômes les plus communs sont les crampes abdominales, les nausées, les vomissements, la diarrhée et la fièvre.

I.4.3.2. Modes d'action des toxiques

L'action des toxiques a surtout été étudiée par la toxicologie médicale chez l'Homme ou les mammifères. Les toxiques provoquent chez ces êtres vivants des altérations que l'on peut regrouper en :

- *Effets somatiques*, altération des fonctions végétatives, telles que :
 - *La conduction nerveuse* : on parle alors de neurotoxiques, c'est le cas de nombreux insecticides qui agissent au niveau des zones de contact entre cellules nerveuses (synapses) ;
 - *La fonction respiratoire* : l'arsenic, les cyanures sont des inhibiteurs d'enzymes de la respiration cellulaire ; (Emilian, 2009).

- *Les fonctions détoxifiantes* : les organes touchés sont le foie, les reins ... les fonctions détoxifiantes sont notamment en liaison avec l'activité des cytochromes P450 (enzyme membranaire) ;
- *Effets germinaux*, altération des fonctions reproductrices ou de la descendance : stérilisation, modification du potentiel biotique de l'espèce, *effets tératogènes* (déformation congénitale) ; (Gaujous, 1995).
- *Effets cancérrogènes* (syn. : cancérogène, carcinogène, oncogène), qui provoquent ou favorisent l'apparition d'un cancer (prolifération anarchique des cellules « dédifférenciées »). (Gaujous, 1995).

I.5. Notions de toxicité

- A partir d'une certaine concentration, certains éléments contenus dans l'eau deviennent toxiques vis-à-vis des êtres vivants dans le milieu (Ramade, 2005)

Cette notion de dose est fondamentale, car la plupart des éléments sont toxiques à partir de certaines doses ou vis-à-vis de certains organismes (y compris le sel, l'oxygène ...).

A contrario, l'ensemble des éléments dits toxiques ne le sont pas en deçà d'une certaine quantité, et peuvent même être utiles à faible dose (Gaujous, D, 1995).

I.5.1. Manifestation de la toxicité

La toxicité peut se manifester :

- Directement au niveau d'une espèce : on distingue alors :
 - Toxicité aiguë
 - Toxicité subaiguë
 - Toxicité chronique
- Par accumulation tout au long d'une chaîne alimentaire (*bioaccumulation*) : l'apparition des effets toxiques se fait au niveau des éléments terminaux de la chaîne trophique ; on cite classiquement l'exemple du Clear Lake en Californie où un insecticide (TDE) réparti à des doses de 0.02 ppm s'est retrouvé concentré à 2500 ppm dans les graisses d'oiseaux (grèbes) dont il a provoqué la quasi-disparition (Ramade, 2005)

I.5.2. Bases de la mesure de la toxicité

Les mesures de toxicité aiguë sont les plus courantes.

En toxicologie médicale, on utilise la notion de dose toxique. On calcule en particulier la DL 50 (dose létale qui tue 50 % de la population).

Dans les milieux aquatiques, cette notion n'est pas utilisable et on préfère la notion de concentration toxique = CL 50 (Gaujous, 1995).

Il faut tenir compte de la relation entre la concentration et le temps de contact.

Dans les tests de toxicité sur l'eau, en recherche parfois une inhibition de la mobilité et non un effet léthal difficile à mesurer. Le test *daphnies*, très pratique en France mesure par exemple la concentration immobilisant 50 % de la population de ces petits crustacés en 24 h. = CI 50.-24h.

Sur le test MICROTOX, plus rapide et automatisé, on recherche la concentration qui diminue de moitié l'intensité lumineuse émise par des bactéries marines luminescentes (*Photobacterium phosphoreum*) ; on parle alors de CE 50 (concentration efficace).

Pour ces deux tests, les résultats sont exprimés en *equitox*, qui est l'inverse de la concentration toxique ; ainsi, plus une solution est toxique, plus la concentration toxique est faible et plus le nombre d'équitoxe est élevé.

On cherche parfois à déterminer également la concentration sans effet observé (CSEO). Les mesures de toxicité chronique et de bioaccumulation sont beaucoup plus difficiles, puisqu'elles nécessitent des expérimentations longues sur du matériel biologique naturellement variable (Gaujous, 1995).

I.5.3. La toxicité des métaux lourds

Les métaux sont généralement séparés en deux catégories selon leur caractère essentiel ou non pour les êtres vivants. En effet, ils peuvent s'avérer indispensables au déroulement des processus biologiques (oligo-éléments), c'est le cas du Fer (Fe), du Cuivre (Cu), du Zinc (Zn), du Nickel (Ni), du Cobalt (Co), du Vanadium (V), du Sélénium (Se), du Molybdène (Mo), du Manganèse (Mn), du Chrome (Cr), de l'Arsenic (As) et du Titane (Ti).

Dans ce cas, leurs concentrations dans les organismes doivent répondre aux besoins métaboliques de ces derniers. Dans le cas contraire, une carence ou un excès de ces éléments essentiels peut induire des effets délétères (JICA, 2008).

D'autres ne sont pas nécessaires à la vie, et peuvent être même préjudiciables comme le Mercure (Hg), le Plomb (Pb), le Cadmium (Cd) et l'Antimoine (Sb) (JICA, 2008).

Chapitre II :

Matériel et méthodes

II.1 Généralités sur la zone d'étude

II.1.1. Localisation Géographique

Notre site d'étude correspond à la baie de Bou-Ismaïl (ex : Golf de Castiglione), qui est limitée à l'est par le promontoire de RAS-ACRATA et à l'ouest par le cap du mont CHENOUA. Il a une superficie de 509 Km².

Dans ce vaste domaine maritime, se trouve incluse la baie d'EL DJAMILA, La baie couvre une superficie de 350 Km² avec une ouverture de 40 Km orientée du Sud- Ouest au Nord- Est, soit 2° 54 Est et 36° 48 Nord à 2° 24 Est et 36° 38 Nord (LEM,1998).

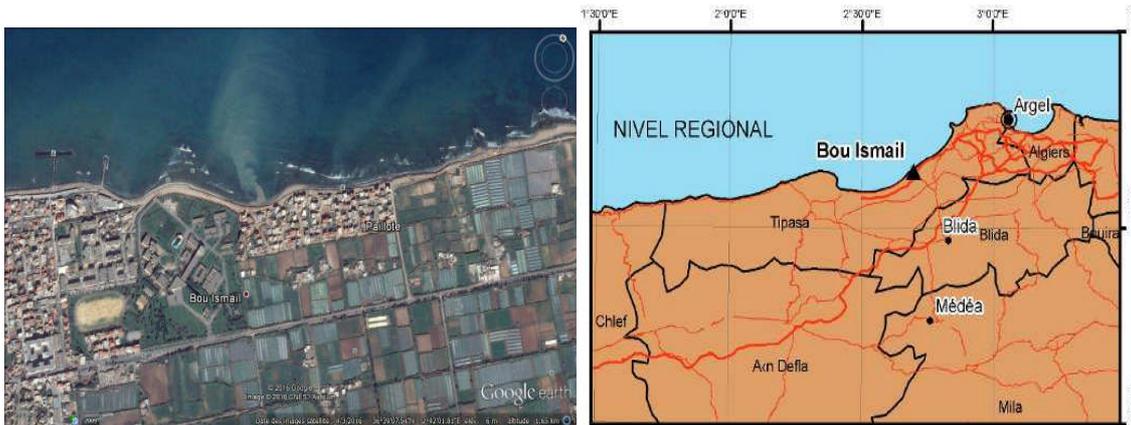


Figure II.1 : localisation de la zone d'étude (Bou-Ismaïl-Tipaza)(Google Earth ; 2016)

II.1.2. Situation Administrative :

La Baie de Bou-Ismaïl fait partie de la wilaya de Tipaza. Elle comporte les communes suivantes :

Tipaza, Ain-Taghourait, Bouharoun, Khemisti, Bou-Ismaïl, Fouka et Douaouda.

La Baie s'étend sur une superficie de 149,23 km², elle est délimitée :

- au Nord par la mer Méditerranéenne ;
- au Sud par les communes suivantes : Koléa, Chaiba, Attatba, Sidi Rachede, Hadjout et Nador ;
- à l'Est par Zéralda (wilaya d'Alger) ;
- à l'Ouest par la commune de Cherchell.

II.1.3. Reliefs :

La Baie est dotée de trois grands ensembles topographiques on a :

- au Nord une zone de collines qui s'étendent de Douaouda à Tipaza environ 70% de surface totale de la Baie ;
- une petite plaine au milieu entre Tipaza et Chenoua qu'on peut considérer comme une vallée ;
- la zone montagneuse (massif de chenoua) à l'ouest de la baie, dont la crête la plus élevée est de 904 m.

En général la Baie de Bou-Ismaïl est une zone de collines (CNRDPA, 2005)

II.1.4. Climat :

Le facteur climatique influe directement sur les ressources hydriques, la couverture végétale, la population ...etc. Du fait de sa proximité de la mer méditerranéenne, la baie de Bou-Ismaïl est caractérisée par un climat subhumide, un hiver humide et un été chaud et sec (CNRDPA, 2005)

II.1.5. Ressources hydrographiques superficielles

Caractérisée surtout par les oueds et les cours d'eaux :

- **Oued Mazafran :**

Considéré comme le plus grand et le plus important oued dans la wilaya de Tipaza, présentant un apport de 369.80hm³. Il draine les eaux d'une grande partie d'Oued Chiffa, Oued Djer et Oued Bouroumi (w. de Blida). Il prend la direction Sud-ouest à Nord-Est (CNRDPA, 2005)

- **Oued Nador:**

Situé dans la partie occidentale de la Baie présentant un apport de 43,30 hm³. Il regroupe les oueds suivants : Bouyeghsene, Bouhardoun et Meurad. Débouché entre Djebel chenoua et Tipaza(CNRDPA, 2005)

II.1.6. Situation géographique de la Baie d'Alger

Située dans la partie centrale de la côte algérienne, elle s'inscrit en creux dans la plaine de la Mitidja .De forme semi-circulaire et d'une superficie approximative de l'ordre de 180 km², elle est délimitée par deux caps, la Pointe-Pescade (Rais-Hamidou) à l'Ouest et le cap Matifou (Bordj El- Bahri) à l'Est. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranéenne. Les coordonnées géographiques de son étendue la situent entre une longitude Est de 03° 13' 25'' à 03° 02' 21'', et une latitude Nord de 36° 48' 53'' à 36° 44' 38'' (CNRDPA, 2005)

II.1.7. Climat :

Alger se caractérise par un climat méditerranéen tempéré. Elle est connue par ses longs étés chauds et secs. Les hivers sont doux et humides, la neige est rare mais pas impossible. Les pluies sont abondantes et peuvent être diluviennes. Il fait généralement chaud surtout de la mi-juillet à la mi-août(CNRDPA, 2005)

I.2.1. Ressources hydrographiques superficielles

La baie d'Alger est alimentée par oued El Harrach et oued El Hamiz, ces cours d'eau prennent leur source dans l'atlas Blidéen et traversent la plaine de la Mitidja avant de déboucher en mer. Le régime hydrographique de ces oueds se caractérise par un longétiage de 6 mois et des crues observées surtout en hivers et rarement au printemps (Madi, 2009).

- **Oued El Harrach**

Son bassin versant couvre une superficie 970 km², il englobe en plus d'oued El Harrach lui-même les oueds Djemââ, Smar à l'Est et Terro à l'Ouest. Il s'écoule du Sud vers le

Nord à travers l'atlas Blidéen, la Mitidja et le Sahel où finalement il se jette à la mer. C'est un bassin difficile d'accès caractérisé par de fortes dénivelées, une végétation peu dense et une pluviométrie importante. A ces facteurs d'érosion s'ajoute le caractère torrentiel de l'oued, qui en faveur d'une forte érosion et d'un alluvionnement important. (LEM, 1998). Le bilan des écoulements moyens annuels est de 5.4m³/s (Madi, 2009).

- **Oued El Hamiz**

La superficie du bassin versant est de 160 km², son embouchure se situe près du cap Matifou. La présence du barrage El Hamiz en amont réduit considérablement les apports solides venant en mer (LEM, 1998). Ses principaux affluents sont: oued Segia et oued Barek (Madi, 2009).

II.1.9. Choix de la zone d'étude

La ville de Bou-Ismaïl demeure l'un des exemples les plus illustratifs de la pollution du pays. En effet, le front de mer de Bou-Ismaïl est doté d'une plate-forme de rejets industriels. Cette zone comprend plusieurs unités polluantes comme celle de la fabrication du papier et de l'emballage.



Figure II.2 : rejet de TONIC emballage.

Ces différentes unités évacuent leurs eaux usées en mer sans aucun traitement préalable. Or, ces eaux industrielles rejetées dans le milieu récepteur (mer) entraînent sa pollution, voir son eutrophisation.

La baie de Bou-Ismaïl compte 11 rejets industriels et urbains en milieu marin. En raison de la complexité et de la diversité de ces rejets surtout industrielles, il est difficile de faire un choix judicieux des points de prélèvements. Toutefois, la reconnaissance du réseau de déversement des eaux usées va nous permettre d'opter les points de prélèvements. Pour mieux cerner les problèmes et les nuisances engendrés par les industrielles de Bou-Ismaïl pour une bonne préservation du milieu récepteur, nous avons procédé à un contrôle du milieu qui reçoit continuellement ces rejets, tout en essayant d'estimer le degré de pollution

de ces eaux, par l'analyse de différents paramètres indicateurs de la qualité ceci dans les trois matrices composante de l'écosystème marin (aquatique en général) qui sont respectivement : *L'eau, le sédiment et le biote*

II.2. Prélèvement des échantillons

II.2.1. Plan de campagne et stratégies de prélèvements :

La campagne de prélèvement des échantillons a été réalisée par le CNRDPA en novembre 2015 dans le but d'évaluer la qualité chimique, physicochimique et écologique du littoral Algérien.

Pour cela, un plan de travail a été établi par le centre, il consiste à réaliser des campagnes hydrologiques pour prélèvements et analyse des trois matrices composante de l'écosystème marin à savoir l'eau, les sédiments et le biote.

Lors de la campagne HYDROBIO réalisé à bord du bateau scientifique «Grine Belkacem», des mesures in situ et des prélèvements d'eau de mer, de sédiments et de biotes ont été réalisés dans plusieurs points différents le long du littoral algérois (baie d'Alger et baie de Bou-Ismaïl).

II.2.3. Localisation des stations de prélèvement :

Les prélèvements ont été effectués le long des radiales perpendiculaires à la côte en raison de deux à trois stations par radiale. Les radiales ont été choisies de façon à quadriller l'ensemble de la région d'étude comme sont illustrés dans la figure II.3 qui correspond à la baie de Bou-Ismaïl et la figure II.4représentante de la baie d'Alger

II.2.3. Logistiques et matériel de prélèvements et de mesure *in situ*

Cette opération nécessite un matériel adéquat pour travailler en mer. La campagne est réalisée essentiellement par le bateau scientifique « *Grine Belkacem* » pour le déplacement au large, et une embarcation pour les prélèvements côtiers.

Le site doit être localisé très précisément (coordonnées GPS) avant les tournées de prélèvement.

Ci-dessous le matériel et le consommable utilisé pendant la campagne HYDROBIO :

II.2.3.1. Le matériel utilisé :

- *Le Thermosalinographe*

Du modèle **SBE 21**. Utilisé pour les mesures continues de température et de salinité sur le plan horizontal (surface de la mer). Cet appareil est installé à bord du bateau.

- *La CTD :*

Du modèle **SBE19plus**, doté de deux capteurs pour la température et la salinité ce qui permettra de tracer le profil sur le plan vertical. Cet appareil est installé à bord du bateau.

- *Fluorimètre :*

Du modèle **TURNER DESIGNR 10-AU** utilisé pour la mesure en continue de la concentration de la chlorophylle *a* le long des radiales.

- *Multiparamètre :*

De marque WTW Wissenschaftlich Pour la mesure *in situ*.

- **Bouteille Niskin :**

Pour les prélèvements d'eau de mer

- **Ben Van Veen :**

Pour les prélèvements des sédiments

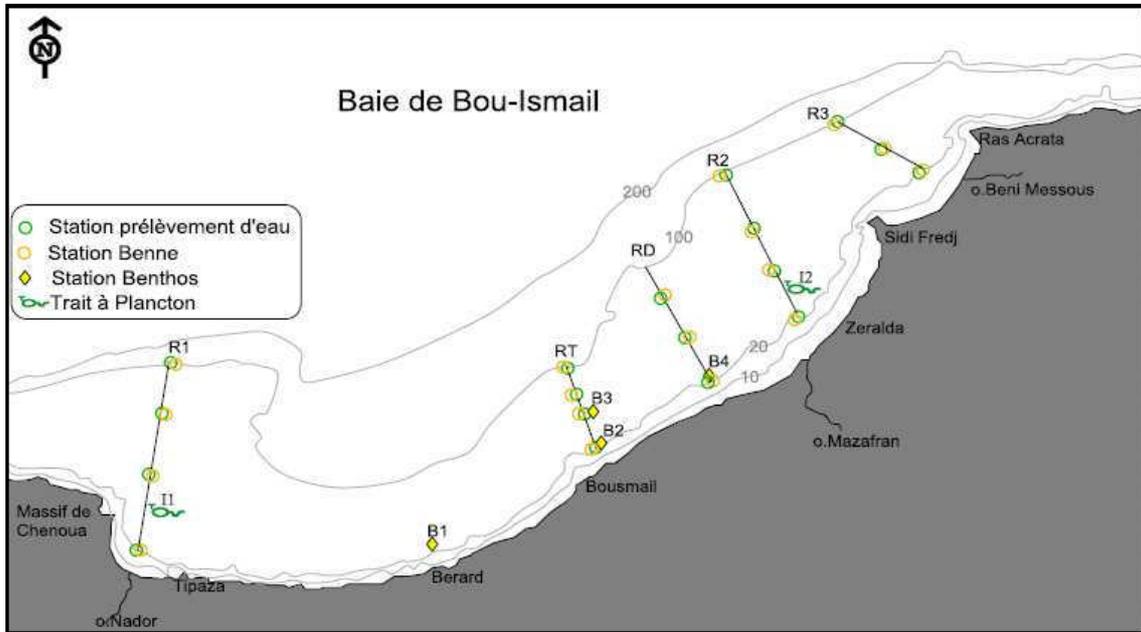


Figure II.3: La cartographie des radiales de prélèvements dans la baie de Bou-Ismaïl

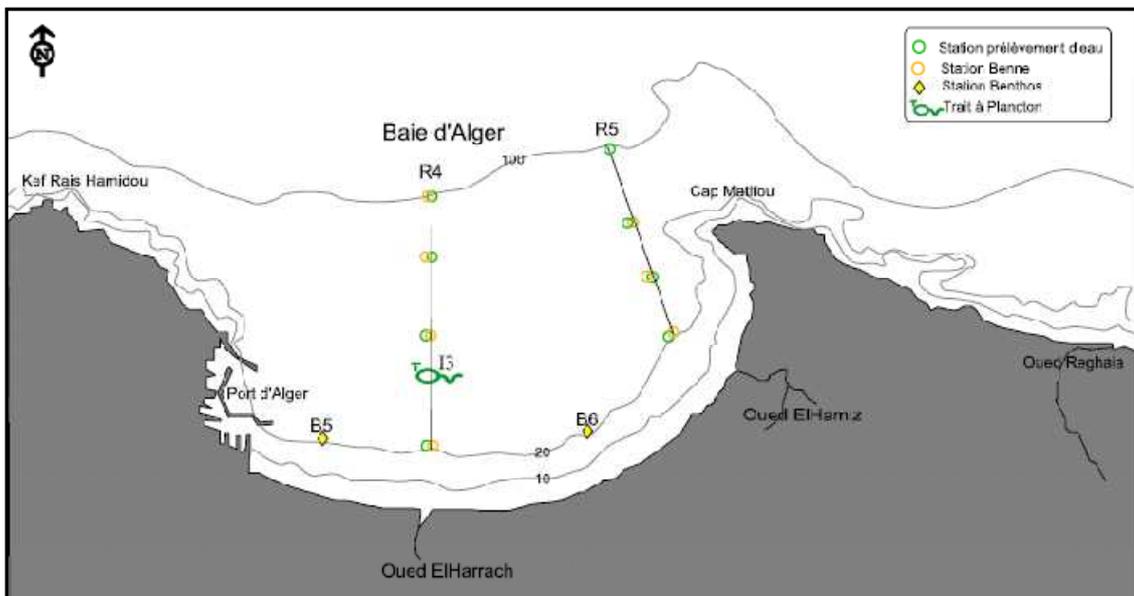


Figure II.4: La cartographie des radiales de prélèvements dans la baie d'Alger

- **Carottier**

de type UWITEC: pour le prélèvement du sédiment profond.

- **Engin de pêche :**

Chalut démersal COG73

- **Rampe de filtration**

- **Trousse à dissection**

Prétraitement du biote

- **Tamis de porosité de 0.5mm**

- **Appareil photo numérique**

➤ **Les travaux effectués en mer sont illustré par les photos de la figure II.5**

- a) Bateau scientifique GRINE Belkacem
- b) Utilisation de la bouteille Niskin
- c) Etiquetage et conservation des échantillons
- d) Filtration des échantillons



Figure II.5 : Matériels et travaux réalisés en mer

II.2.4. Opération des prélèvements et de l'échantillonnage :

Le bateau est la première source de contamination. On coupe le moteur (sauf évidemment si la sécurité n'est pas assurée) et on réalise nos prélèvements de surface à l'avant du bateau. Il faut éviter de dériver dans la traînée du moteur. Il est interdit de fumer lors du prélèvement. Les prélèvements sont effectués avec des mains propres (pas de graisse, essence,...).

II.2.4.1. Prélèvement de l'eau de mer

II.2.4.1.1. Mise à l'eau de la bouteille Niskin

La bouteille de prélèvement doit être maintenue en position fermée lorsqu'elle n'est pas utilisée. Armer la bouteille, puis la plonger à la profondeur souhaitée. Laisser la bouteille se rincer quelques instants puis la refermer à l'aide du messenger. Remonter la bouteille à la surface et la placer sur une porte bouteille.



Figure II.6 : bouteille Niskin pour les prélèvements d'eau de mer

Les échantillons prélevés soigneusement étiquetés et directement congelés à -4°C .

II.2.4.1.2. Transfert des échantillons au laboratoire

Une fois la campagne est terminée, le transfert des échantillons congelés, réfrigérés ou lugolés doit se faire de préférence rapidement de façon à limiter la durée du transport. Les échantillons frigorifiés et congelés doivent être placés dans des glacières munies de nombreux blocs de froid.

Ci-dessous un tableau récapitulatif résumant la stratégie d'échantillonnage et codification des stations de prélèvements pour la matrice eau (Feuille De Mer HYDROLOGIQUE)

II.2.4.2. Prélèvement des sédiments

Le prélèvement des sédiments a été réalisé à l'aide d'une benne Van Veen, en raison d'une station à six stations sur les différentes radiales, dans les profondeurs allant de 30 à 50m.

Les échantillons de sédiments seront destinés à l'analyse des métaux lourds, la radioactivité, la matière organique et à l'étude de la macrofaune benthique (le Benthos). Des sédiments profonds seront aussi prélevés au moyen d'un carottier, ils seront destinés à l'analyse des métaux traces et détermination de la radioactivité.



Figure II.7 : benne Van Veen utilisé pour le prélèvement des sédiments

Tableau II.1 : feuille de mer hydrologie pour la matrice eau (campagne HYDROBIOLOGIQUE)

Site de prélèvement	Code échantillon	Date	Latitude	Longitude	Prof. St. (m)	Prof. de Prél. (m)	Paramètre physicochimique	Sels Nutritifs
Oued Nador	R1S1N1	20/11/2015	36° 36.362	2°25 656	18	5	✓	✓
	R1S2N1	20/11/2015	36° 37.571	2°26 069	49	5	✓	✓
	R1S4N1	20/11/2015	36°41.769	2°27 399	99	5	✓	✓
Oued Mazafran	R2S2N1	20/11/2015	36°44.355	02°46.464	56	5	✓	✓
	R2S2N2	20/11/2015	/	/	/	40	✓	✓
	R2S4N1	20/11/2015	36°46.475	02°44.996	105	5	✓	✓
	R2S4N3	20/11/2015	/	/	/	70	✓	✓
	R3S1N1	20/11/2015	36°47.600	2°52 852	22	5	✓	✓
Oued Beni Messous	R3S2N1	20/11/2015	36°48.009	2°52 021	50	5	✓	✓
	R3S2N2	20/11/2015	36°48.009	2°52 021	50	40	✓	✓
	R3S3N1	20/11/2015	36°48.918	2°50 127	97	5	✓	✓
	R3S3N3	20/11/2015	36°48.918	2°50 127	97	70	✓	✓
	R4S1N1	19/11/2015	36	/	20	5	✓	✓
Oued El Harrache (Baie d'Alger)	R4S2N1	19/11/2015	/	/	51	5	✓	✓
	R4S3N1	19/11/2015	/	/	70	5	✓	✓
	R4S3N3	19/11/2015	/	/	/	50	✓	✓

	R4S4N1	19/11/2015	/	/	102	5	✓	✓
	R4S4N2	19/11/2015	/	/	/	30	✓	✓
	R4S4N3	19/11/2015	/	/	/	30	✓	✓
	R5S2N1	19/11/2015	/	/	49	5	✓	✓
	R5S2N2	19/11/2015	/	/	/	40	✓	✓
	R5S3N1	19/11/2015	/	/	97	5	✓	✓
	R5S3N2	19/11/2015	/	/	/	30	✓	✓
	R5S3N3	19/11/2015	/	/	/	50	✓	✓
	RDS1N1	20/11/2015	36°41.298	02°45.180	16	5	✓	✓
	RDS2N1	20/11/2015	36°42.401	02°44.195	51	5	✓	✓
	RDS2N2	20/11/2015	/	/	/	40	✓	✓
	RDS3N1	20/11/2015	36°42.907	02°43.474	74	5	✓	✓
	RDS3N3	20/11/2015	/	/	/	70	✓	✓
	RTS1N1	20/11/2015	36°39.482	02°41.474	18	5	✓	✓
	RTS3N1	20/11/2015	36°41.251	2°40 128	82	5	✓	✓
	RTS3N2	20/11/2015	36°41.251	2°40 128	82	40	✓	✓
	RTS4N2	20/11/2015	36°41.678	2°39 788	100	40	✓	✓
	RTS4N3	20/11/2015	36°41.678	2°39 788	100	70	✓	✓
Oued El Hamiz (Baie d'Alger)								
Station De dessalement								
Rejet TONIC								

Dans la présente étude nous nous sommes limités qu'aux analyses des métaux lourds et de la radioactivité.

II.2.4.3. Transport des échantillons :

Les échantillons doivent être réfrigérés et conservés à l'abri de la lumière dans une glacière (lors du transport depuis la barge vers le bateau). Une fois arrivé au bateau, les sédiments doivent être soigneusement congelés.

Tableau II.2 : Feuille de mer hydrologique pour la matrice sédiments (Campagne HYDROBIO)

N°	Site de prélèvement	Code de prélèvement	Code utilisé dans cette étude	Dosage des métaux lourds	Détermination de la radioactivité
1	Baie de Bou-Ismaïl	Station dessalement R ₂ M	SDR2M	✓	
		Station dessalement 15 m	SD15m	✓	✓
3		Ferme marine	FM	✓	✓
4		Bou-Ismaïl 25 m	BI25m	✓	
5		TONIC Ech 1	T1	✓	
6		TONIC Ech 2	T2	✓	
7	Baie d'Alger	El Harrache 23m	HR23m	✓	✓
8		El Harrache 54 m	HR54m	✓	
9		El Hamiz 20 m	HZ20m	✓	✓
10		El Hamiz 30 m	HZ30m	✓	

II.2.4.4. Prélèvement du rouget de vase :

Le prélèvement du biote a été réalisé par le biais d'un chalut démersal COG73 entre les profondeurs de 20m et 70m. L'espèce cible qui sera destinée à l'analyse biochimique et au dosage des métaux traces est le rouget de vase (*Mullus barbatus*).

Tableau II.3 : Feuille de mer hydrologique pour le biote (Campagne HYDROBIO)

Code de prélèvement	Site de prélèvement	Organe	Taille	Sexe
T37	Baie d'Alger	Ch+G+F	> 20 cm	♀
T37		Ch+G+F	< 13 cm	♂
T41	Baie de Bou Ismaïl	Ch+G+F	> 19 cm	♀
T41		Ch+G+F	< 16 cm	♂

II.2.5. Le matériel biologique étudié :

II.2.5.1. Choix de l'espèce étudiée

Pour une bonne appréciation de la qualité des produits de la pêche d'une zone il faut choisir une espèce bio-indicatrice de la qualité du milieu et elle doit être représentative. Dans notre étude on a choisi le rouget de vase comme matrice biologique afin d'effectuer nos analyses.

Le rouget de vase est un poisson sédentaire et benthique ce qui fait que son étude donne une précision significative sur la qualité des produits de pêche de cette zone.

II.2.5.2. Description

Le rouget de vase (*Mullus barbatus*) est une espèce de poisson marin de la famille des mullidés, également appelé Barbet, ou Rouget barbet. Le rouget de vase vit sur les fonds de graviers, sableux ou vaseux, à des profondeurs comprises entre 100 et 300 m. Forme de grands bancs (Muus et al, 2005).

IL possède les principaux caractères morphologiques :

Les barbillons sont plus courts que les nageoires pectorales, ou de même longueur ; longueur maximale de 30 cm (Muus et al, 2005), la couleur peut varier, mais le poisson est généralement rose et souvent pâle en comparaison du Rouget-barbet de roche.



Figure II.8 : Le rouget de vase *Mullus barbatus*

II.2.5.3. Taxonomie

Ordre : PERCIFORMES

Famille : Mullidae

Espèces : *Mullus barbatus*

Remarque : les deux espèces de la méditerranée

- *Mullus barbatus* (rouget de vase)
- *Mullus surmulitus* (rouget de roche)([Encyclopédie poisson de l'eau de mer de A à Z, 2005](#))

II.2.5.4. Alimentation

Le Rouget de vase se nourrit d'animaux du fond, qu'il décèle à l'aide de ses barbillons (de crustacés benthiques, de verres polychètes et de mollusques) (Muus et al, 2005).

II.2.5.5. Reproduction

La ponte a lieu de mai à juillet. Les petits sont pélagiques jusqu'à ce qu'ils mesurent environ 3 cm (Muus et al, 2005).

II.3. Prétraitement et analyse des échantillons prélevés :

II.3.1. Matrice eau :

II.3.1.1. Analyse des paramètres physicochimique

Mesure *insitu* (pH, Température, Oxygène dissous, Salinité)

Ces quatre paramètres ont été mesurés sur site par un Multiparamètre de marque WTW Wissenschaftlich.

- **Mesure à la sonde**

Les mesures *in situ* des paramètres physicochimiques sont effectuées à la sonde lorsque le moteur du bateau est arrêté. Plonger la sonde à environ 50 cm de profondeur et faire la mesure de sub-surface après stabilisation de la lecture

II.3.1.2. Dosage des sels nutritifs au laboratoire

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} et SiO_4^{2-}) est le dosage par colorimétrie à flux continu et automatisé sur l'appareil *Skalar® San Plus Analyser* selon les protocoles définis par Skalar analytical® (1998) ; la préparation des standards, protocoles expérimentales et courbes d'étalonnages sont détaillé en annexe -I- et pour ce qui concerne le dosage de NH_4^+ il a été réalisé par la méthode colorimétrique manuel de Koroleff (1969) (Aminot et al .1983).

II.3.1.2.3. Définition de la colorimétrie

Cette méthode est l'une des méthodes de dosage chimique des sels nutritifs basée sur l'absorption de la lumière par la solution analysée. Elle est appelée aussi photométrie. Elle est basée sur la loi de Beer-Lambert qui est définie comme suit :

- **Loi de Beer-Lambert**

L'absorption et la transmission sont deux phénomènes auxquels est soumise une substance d'épaisseur (L) traversée par un faisceau lumineux monochromatique. Les quantités de lumières absorbées (Absorbance) et transmises (transmission) obéissent à la loi de Beer-Lambert.

$$A = Ln I_0 / I = \epsilon.L.C$$

Où:

I_0, I : est l'intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant ;

A : est l'absorbance ou densité optique ;

ϵ : est le coefficient d'extinction moléculaire ;

L : est le trajet optique (épaisseur du milieu absorbant) ;

C : est la concentration du milieu absorbant.

Les deux méthodes sont décrites par l'organigramme de Figure II.9.

- **Principe général**

Le principe de dosage des sels nutritifs est basé sur une réaction de coloration. En effet ces sels réagissent dans certaines conditions (T°C, pH, Catalyseur ...) avec des réactifs spécifiques pour donner naissance à une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'ondes (λ). L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration qui est plus importante lorsque la solution est concentrée en sel dosé.

- **Etalonnage**

Cette opération nécessite la préparation pour chacun des éléments à analyser une solution mère et une solution fille. Pour chacune de ces solutions filles, on réalise une série de six étalons couvrant la gamme de la concentration des échantillons rencontrée habituellement dans l'eau de mer. Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connus des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondantes. L'eau bi-distillée et les réactifs sont pris comme référence pour la construction de ligne de base.

II.3.1.2.2. Principe de dosage des Nitrates et Nitrites (NO_3^- et NO_2^-)

La méthode est basée sur la réduction des nitrates en nitrites par passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traité au cuivre (Wood *et al*, 1967, *in* Aminot et Kérouel, 2004). Après cette réduction les nitrites sont dosés selon les conditions réactionnelles décrites par Bendshneider et Robinson (1952) (Aminot et Kérouel, 2004). Cette méthode automatisée s'applique à des concentrations allant 1 à 100 ppm. En effet, les nitrites forment un diazoïque par réaction avec la sulfanilamide en milieu acide ($\text{pH} < 2$). Ce composé formera ensuite, en présence de N-naphtylethylene di-amine, un composé azoïque de couleur rosée absorbant un maximum de lumière à 540 nm (SKALAR,1998).

- Le protocole expérimental utilisé est détaillé dans l'Annexe I

II.3.1.2.3. Principe du dosage des Orthophosphates (PO_4^{3-})

Sa méthode d'analyse est la colorimétrie du bleu phosphomolybdique, qui est basée sur la réaction de Deniges (1920) selon la méthode de Murphy & Reily (1962) (Aminot et Kérouel, 2004). Cette méthode est utilisée et appliquée à l'eau de mer avec une concentration en orthophosphates allant de 2 à 100 ppm. Le molybdate d'ammonium et le tartrate d'antimoine de potassium réagissent à une température de 40°C (bain marie) dans un médium acide avec les solutions diluées du phosphate pour former un composé d'antimoine-phospho-molybdate. Ce composé est réduit à un composé intensément bleu-coloré par l'acide ascorbique à un maximum d'absorption à 880 nm.

- Le protocole expérimental utilisé est détaillé dans l'Annexe I

II.3.1.2.5. Principe du dosage des silicates (SiO_2)

Le dosage de l'acide orthosilicique dans l'eau de mer est basé sur la méthode de Mullin et Reily (1955). Cette méthode a été adaptée à l'analyse automatisée et nous avons utilisé la technique du constructeur SKALAR. Cette dernière repose sur la formation de l'acide silicomolybdique, non affectée par la salinité proposée par Smith et Milne (1981) (in Aminot et Kérouel, 2004). Sa mesure est basée sur la formation d'un complexe silicomolybdique par la réaction des silicates avec le molybdates d'ammonium en milieu acide. Ce complexe sera par la suite réduit par l'acide ascorbique en donnant naissance à un composé coloré en bleu absorbant à 810 nm. L'acide oxalique est ajouté pour éviter les interférences des phosphates.

- Le protocole expérimental utilisé est détaillé dans l'Annexe I

II.3.1.2.6. Principe Dosage de l'azote ammoniacal (N-NH_4^+)

La méthode est celle de Koroleff (1969) (aminot *et al*, 1983). Cette méthode mesure la totalité de l'azote ammoniacal. L'ammoniac forme une monochloramine avec l'hypochlorite en milieu légèrement basique, cette dernière réagit avec le phénol pour former le bleu d'indophénol.

- Le protocole expérimental utilisé est détaillé dans l'Annexe I

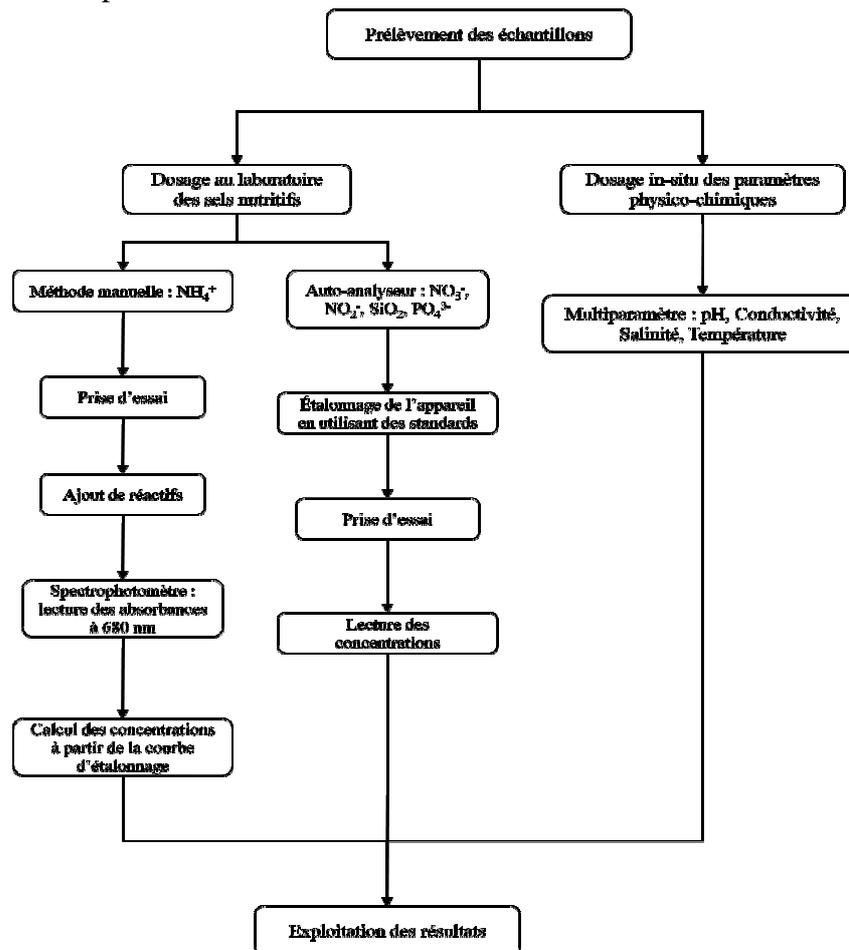


Figure II.9 : Organigramme décrivant le protocole de dosage des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs dans l'eau de mer

II.3.2. Matrice sédiments et rouget de vase

II.3.2.1. Prétraitement des échantillons

- **Lyophilisation**

Le principe est la déshydratation des échantillons congelés qui s'effectue par sublimation. Le principe de la technique est la libération de l'eau de l'échantillon en passant de la phase solide à la phase vapeur sans passer par la phase liquide (NF ISO 11464, 2006). Cette étape a été réalisée pour les échantillons biotes et sédiments.

- **Broyage**

Les échantillons sédiment et poisson lyophilisés sont broyés à l'aide d'un mortier jusqu'à l'obtention d'une poudre fine des sédiments et de très petits fragments des différents organes du poisson. Les échantillons sont directement stockés dans un dessiccateur pour éviter tout contact avec l'humidité (NF ISO 11464, 2006).

- **Homogénéisation des échantillons**

Pour avoir une répartition homogène des particules de sédiment et du poisson dans l'échantillon, ce dernier nécessite une opération d'homogénéisation. L'homogénéisation se fait soit par agitation manuelle ou par un agitateur électrique (NF ISO 11464, 2006).

- **Minéralisation des échantillons pour le dosage des métaux lourds**

La minéralisation des échantillons a été effectuée au niveau du centre de recherche nucléaire d'Alger par le four à micro ondes délivré par FIRME Milstone.srl

Le protocole expérimental de la minéralisation est décrit dans l'organigramme suivant

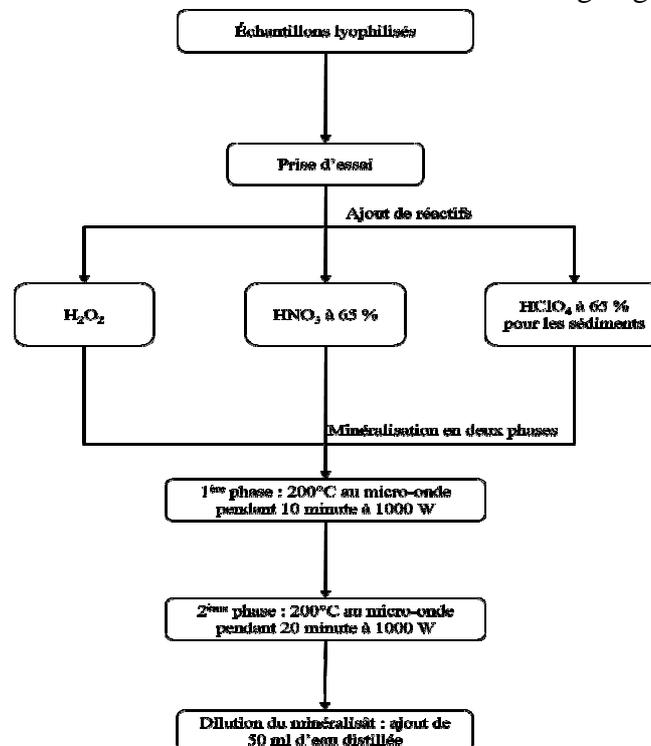


Figure II.10 : Organigramme décrivant le protocole de minéralisation des échantillons de sédiments et de biote

II.3.2.2. Analyse des métaux traces

Dans cette partie nous avons procédé à l'analyse des polluants chimiques dans la matrice sédiment et biote.

II.3.2.2.1. Principe de la méthode SAA

Le passage de la forme ionique (métal en solution) à la forme atomique se produit par une source thermique (source d'atomisation). Les atomes ainsi formés passent d'un niveau énergétique fondamental (état initial) à un niveau plus élevé (état excité) après être traversés par un faisceau de lumière à mesurer et d'intensité incidente I_0 . L'absorbance correspond à la différence entre l'intensité incidente (I_0) et l'intensité transmise (I). Cette différence ($I-I_0$) est déterminée par un photomultiplicateur qui transforme cette intensité lumineuse en un signal électrique quantifiable.

L'intensité de l'absorption dépend directement du nombre de particules absorbant la lumière selon la loi de **Beer-Lambert** décrite dans la partie d'analyse de la matrice eau (dosage des sels nutritifs) dans le paragraphe II.3.1.2.3

II.3.2.2.2. Appareillage

L'appareil employé pour le dosage des éléments métalliques est constitué :

- source de radiation
- source d'atomisation
- système de miroirs
- brûleur
- four à graphite
- monochromateur
- détecteur relié à un amplificateur
- dispositif d'acquisition

II.3.2.2.3. Expression des résultats

Les teneurs en métal dans le sédiment et le rouget de vase sont déterminés en $\mu\text{g/g}$ selon l'équation suivante :

$$C(\mu\text{g/g}) = \frac{(C_s - C_b) \times F_d}{P_E \times 1000}$$

C : Concentration finale en métal en $\mu\text{g/g}$

C_s : Concentration en métal dans la solution en mg.L^{-1}

C_b : Concentration en métal dans le blanc en mg.L^{-1}

F_d : Facteur de dilution (dans notre cas $F_d = 50 \text{ ml}$)

P_E : Prise d'essai en g (poids sec) de l'échantillon.

- Une gamme de standards a été préparée et mesurée afin de calibrer l'appareil et tracer la courbe d'étalonnage voir Annexe II qui va nous permettre de déduire les concentrations.

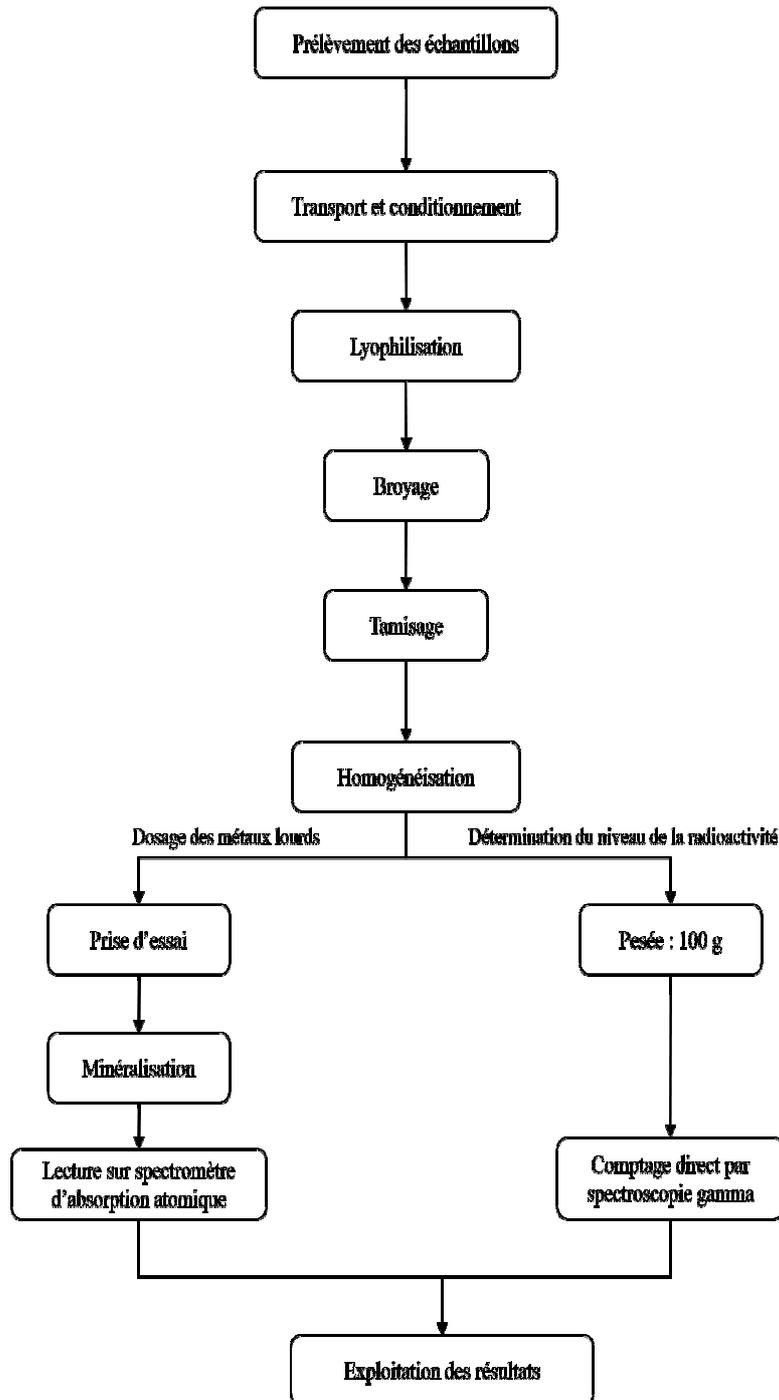


Figure II.11 : Organigramme décrivant les étapes du dosage des métaux lourds et de la détermination du niveau de la radioactivité dans le sédiment

II.3.2.2.4. Normes et indice de contamination (IC)

L'évaluation de pollution dans un échantillon sédimentaire est menée par le calcul d'un indice de contamination qui est le rapport entre la teneur observée et celle considérée comme normale, soit :

$$I.C = \frac{\text{teneur observée dans le sédiment}}{\text{teneur considérée comme normale}}$$

L'interprétation de l'état de pollution par l'IC est faite comme suit :

- $I.C < 3$: les sédiments correspondants sont considérés comme non pollués
- $3 \leq I.C \leq 10$: l'indice de contamination caractérise des sédiments pollués
- $I.C > 10$: les sédiments correspondants représentent des risques pour les écosystèmes

II.3.2.3. Etude de la pollution radioactive dans le milieu

Détermination du niveau de la radioactivité naturel et/ou artificiel dans le sédiment par spectrométrie gamma

II.3.2.3.1. Introduction :

La spectrométrie gamma est une technique d'analyse nucléaire sensible, non destructive et précise qui permet d'identifier et de quantifier les radioéléments naturels et/ou artificiels émetteurs de rayonnements gamma présents dans l'échantillon à analyser et de contrôler la contamination radioactive dans les différents produits. Elle offre un outil d'analyse performant qui permet en une seule mesure et avec une préparation simple de l'échantillon (voir Figure II.11), d'identifier les éléments radioactifs présents. Elle est basée sur l'utilisation des détecteurs semi-conducteurs à base de germanium hyper pur Ge (Hp).

La spectroscopie de rayonnement gamma consiste à mesurer l'énergie et à compter le nombre de photons γ émis par un échantillon de manière spontanée. A partir du spectre acquis, on identifie les différents radioéléments (analyse qualitative) et on détermine leur concentration (analyse quantitative) dans l'échantillon d'intérêt.

II.3.2.3.2. Principe de la technique :

Les photons gamma interagissent avec la matière ; dans la zone sensible du détecteur, par effet photoélectrique et crée des paires électrons-trous. Les charges résultantes sont collectées aux électrodes qui constituent les faces opposées du détecteur. Ces dernières sont soumises à une haute différence de potentiel qui polarise le cristal. L'impulsion de courant est transformée en impulsion de tension par le préamplificateur et amplifiée par l'amplificateur. Elle est ensuite convertie numériquement par le convertisseur analogique digital (CAD) puis rangée dans la mémoire de l'analyseur multicanaux. Ce rayonnement gamma, est émis avec un ou plusieurs énergies bien déterminées et référencées dans une bibliothèque de données nucléaires. La mesure donne un spectre où l'amplitude est proportionnelle à l'activité du radioélément, l'axe des abscisses indique l'énergie du radioélément.

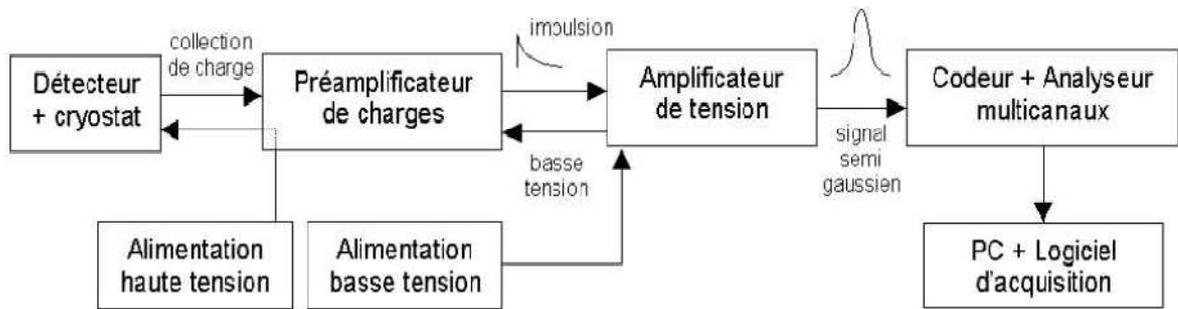


Figure II.12 : Principe d'une chaîne de mesure de spectrométrie

Les courbes représentent la forme du signal à la sortie du préamplificateur et de l'amplificateur. Il s'agit de l'allure de la tension en fonction du temps.

II.3.2.3.3. Le dispositif d'acquisition et d'analyse :

L'ensemble de détection permet de mesurer un signal issu de l'interaction des rayonnements ionisants avec le cristal de germanium, une chaîne de spectrométrie gamma a été utilisée pour l'analyse des radioéléments dans les échantillons de la matrice sédiment voire les échantillons dans Tableau II.2. La chaîne d'acquisition est composée d'un détecteur dont la partie sensible est le cristal de germanium Hyper pur, placée au centre d'une enceinte blindée, le détecteur est relié à un réservoir d'azote liquide qui assure le refroidissement du détecteur.

Constituants de la chaîne de spectrométrie gamma :

- Détecteur Ge-HP
- Alimentation haute tension
- Alimentation basse tension
- Préamplificateur
- Amplificateur
- Convertisseur analogique-numérique
- Analyseur multi canal (MCA)
- Logiciel Génie 2000 piloté sur un ordinateur

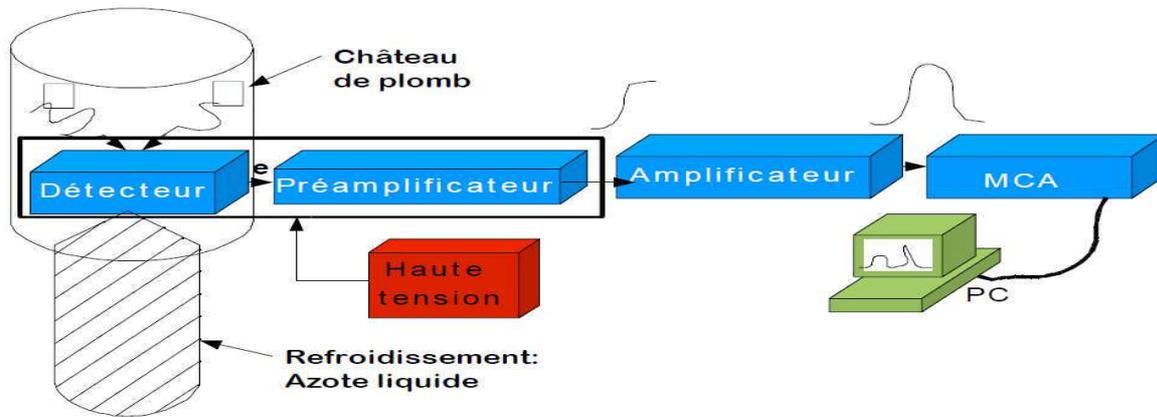
L'épaisseur du blindage est de l'ordre 10 cm de plomb qui permettant d'atténuer toute radioactivité externe ambiante, et de 2 mm de cuivre permettant de réduire les rayons X généré par le plomb. Le détecteur est refroidi par de l'azote liquide.

Le détecteur est relié à une électronique de détection dont les principales composantes sont :

En premier lieu un préamplificateur qui met en forme le signal élaboré. A ce dispositif est relié un amplificateur dont la fonction est d'agrandir le signal à la sortie du préamplificateur sans modifier la forme et la fréquence. Cette dernière composante est reliée à un sélecteur appelé aussi analyseur multicanaux(MCA) qui permet de classifier les impulsions enregistrer

qui permet de garder l'information. Ce dernier est relié à un micro-ordinateur où sont enregistrés les spectres des échantillons analysés.

Figure II.13 : Constituants de la chaîne de spectrométrie gamma



- Conditions expérimentales voir Annexe III

Chapitre III :

Résultats et discussion

III. Etude de la qualité chimique et physicochimique du milieu et du biote :

Dans cette partie nous allons exposer nos résultats obtenus pour la qualité chimique, physico-chimique du milieu et du biote étudié.

III.1. Etude des paramètres physico-chimiques

Les résultats obtenus des paramètres physicochimiques, sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.1 : Valeurs moyennes, maximales et minimales des paramètres physico-chimiques

	Valeurs maximales et minimales enregistrées dans la zone d'étude							
	La baie de Bou-Ismaïl				La baie d'Alger			
	T° (°C)	Sal (PSU)	CD (ms/cm)	pH	T° (°C)	S (PSU)	CD (ms/cm)	pH
Max	19,97	38,31	57,19	8,41	20,32	37,52	57,18	8,2
Min	16,96	34,49	52,6	8,03	17,14	35,19	53,33	8,09
Moy	18,92	36,35	54,94	8,2	19,38	36,36	55,06	8,11
Ecart	1,04	1,17	1,23	0,13	1,22	0,80	1,18	0,02

III.1.1.La température

Dans la baie de Bou Ismaïl, comme le montre la figure III.1, on observe une variation des températures entre 17 °C (aux sites R3S3N3 et RTS4N3) et 20 °C (aux sites R3S3N1, RTS1N1 et RTS3N2). Dans la baie d'Alger, comme le montre la figure III.2, on observe une variation des températures entre environ 17 °C (au site R4S3N3) et environ 20,25 °C (aux sites R4S1N1, R4S2N1, R4S3N1, R4S4N1, R5S2N1 et R5S3N1).

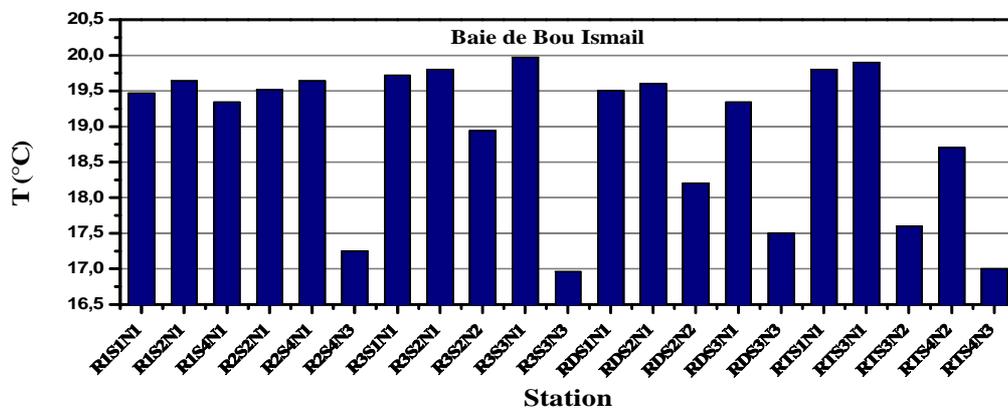


Figure III.1 : Variation de la température en fonction des sites de prélèvement dans la baie de Bou Ismaïl

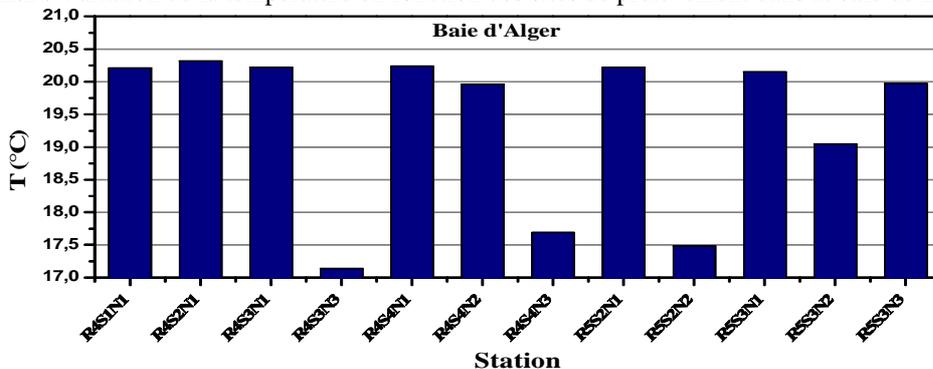


Figure III.2 : Variation de la température en fonction des sites de prélèvement dans la baie d'Alger

Les valeurs élevées de la température dans quelques stations des deux baies peut être expliqué par la situation géographique de ces dernières, qui sont des stations côtières soumises aux différents rejets urbains et industriels implantés le long de la côte algéroise.

III.1.2. Le pH

Dans la baie de Bou-Ismaïl, comme le montre la figure III.3, Avec une moyenne de 8.02 et un écart-type de 1,17 on observe une légère augmentation dans la valeur du pH pour les radiales de la station de dessalement (RD) et Rejet TONIC (RT).

Dans la baie d'Alger, la valeur du pH varie autour de 8.1 pour tous les sites de prélèvement sauf pour les sites R4S1N1 et R4S2N1 qui sont des points proches de la cote (oued EL HAMIZ) où elle est relativement élevée (voir figure III.4)

La variation des teneurs en pH est directement liée à la diversité des rejets manifestés sur le long de la côte algéroise (baie Bou-Ismaïl, baie d'Alger), voir oued, rejets agricoles et industrie.

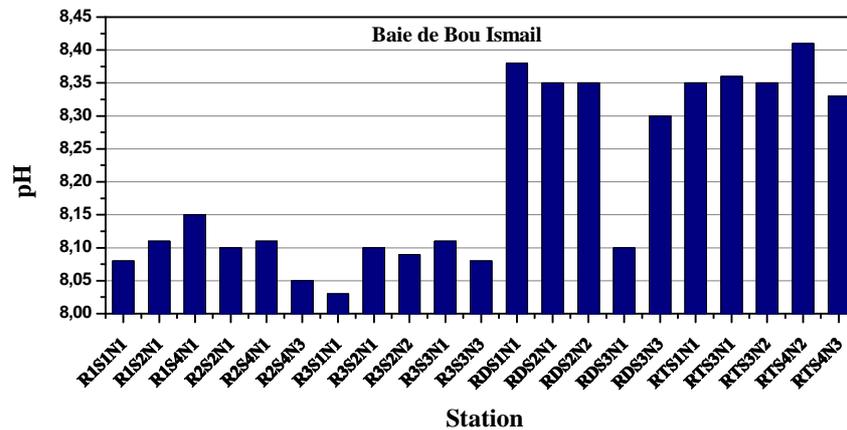


Figure III.3 : Variation du pH en fonction des sites de prélèvement dans la baie de Bou Ismaïl

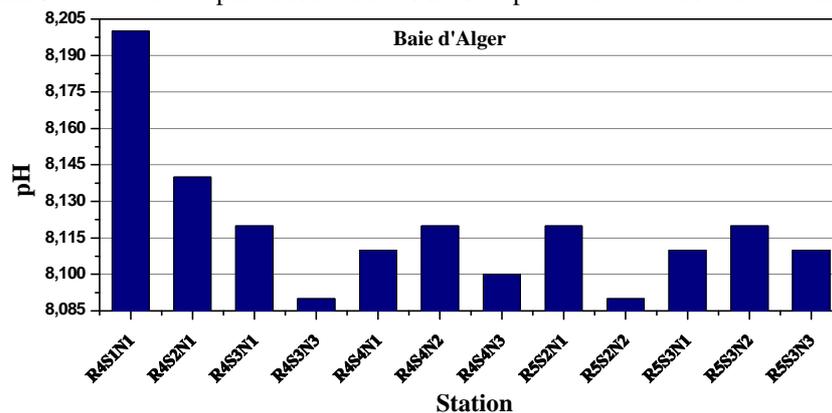


Figure III.4 : Variation du pH en fonction des sites de prélèvement dans la baie d'Alger

III.1.3. La Conductivité

La moyenne calculé pour la baie de Bou Ismail est de 54,94 ms/cm avec un écart-type de 1,2 ce qui explique la faible variation de la conductivité qui varie entre 52 ms/cm et environ 57 ms/cm dans la baie de Bou-Ismaïl ainsi que dans la baie d'Alger voir figures III.5 et III.6. La plus faible valeur de la conductivité est enregistrée au site R3S3N3 dans la baie de Bou Ismail figure III.5 et la valeur la plus élevée est enregistrée aux sites R1S4N1 dans la baie de Bou Ismail figure III.5 et R5S3N3 dans la baie d'Alger figure III.6.

Les eaux des unités industrielles sont généralement caractérisées par une conductivité électrique (CE) élevée. Les valeurs enregistrées dans les stations de mesures sont directement liée à l'activité anthropique dans cette zone.

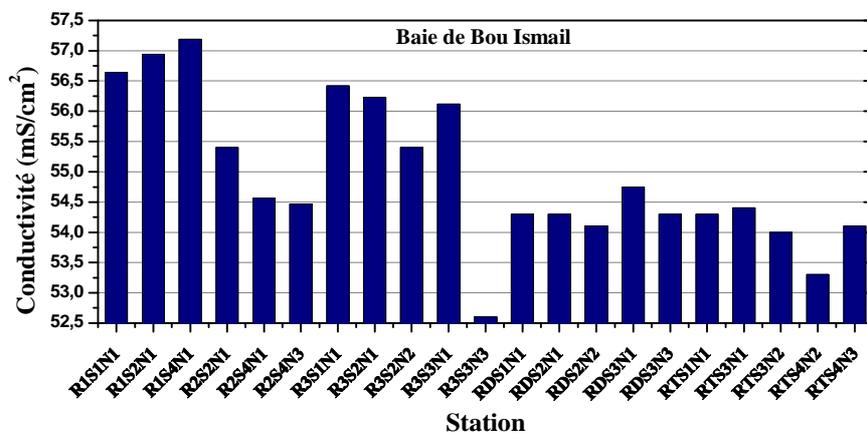


Figure III.5 : Variation de la conductivité en fonction des sites de prélèvement dans la baie de Bou Ismail

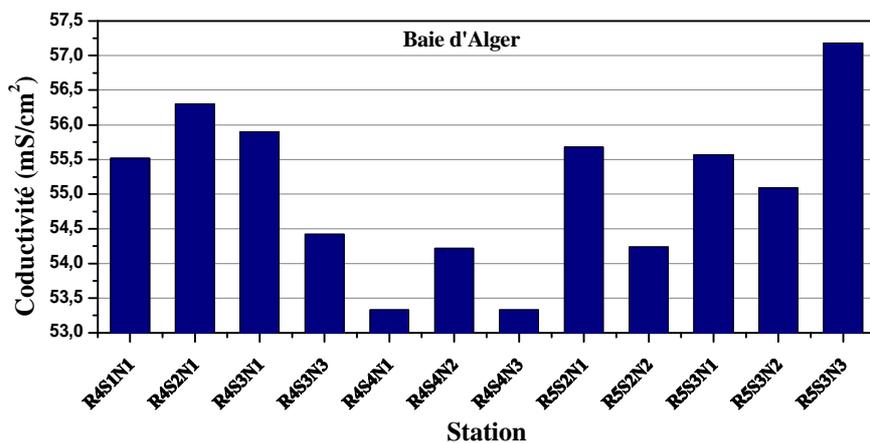


Figure III.6 : Variation de la conductivité en fonction des sites de prélèvement dans la baie d'Alger

III.1.4. La Salinité

Les figures III.7 et III.8 montrent que la salinité varie entre 34,5 PSU et 38,5 PSU dans la baie de Bou Ismail ainsi que dans la baie d'Alger. Les valeurs extrêmes sont enregistrées dans la baie de Bou Ismail ; 34,5 PSU au site R3S3N3 et 38,5 PSU au site R1S4N1 voir figure III.7.

La salinité de la baie de Bou-Ismaïl varie dans une gamme légèrement élevée (écart-type de 1,17), avec un minimum de 34,5 PSU au niveau de la station R3S3N3 (en face de l'embouchure de l'oued Mazafran) et un maximum de l'ordre de 38,5 PSU au niveau de la station R1S4N1 (oued Nador).

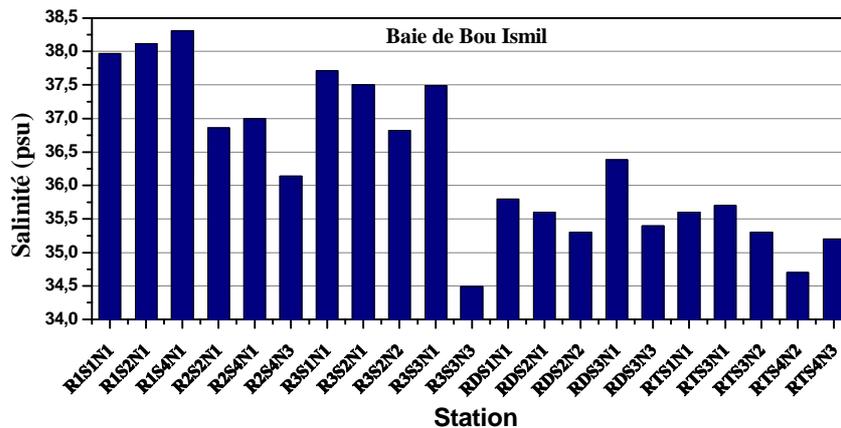


Figure III.7 : Variation de la salinité en fonction des sites de prélèvement dans la baie de Bou Ismail

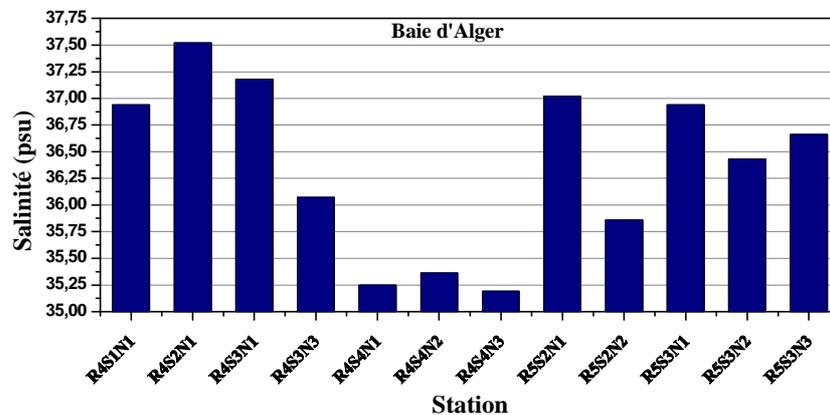


Figure III.8 : Variation de la salinité en fonction des sites de prélèvement dans la baie d'Alger

En conclusion, pour ce paramètre l'influence des eaux continentales est nettement ressentie, surtout au niveau des embouchures des oueds. Ce phénomène provoque la dessalure des eaux de surface diminuant un peu la salinité de l'eau de mer pour atteindre une valeur de 34 PSU. Par ailleurs, Les valeurs maximales enregistrées peuvent être considérer normal, cette valeur répond aux normes méditerranéennes (38,4 – 41,2) mg/L(<http://doc.lerm.fr/salinite-leau-mer>)

III.2. Etude de la variation des sels nutritifs dans la zone d'étude

Ces analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire physicochimique du CNRDPA (par la méthode colorimétrique koroleff (1969) (Aminot et al .1983) et le laboratoire de Sidi Fredj de l'ENSSMAL par l'auto-analyseur (l'appareil *Skalar® San Plus Analyser*)

Les valeurs minimales, maximales, moyennes et écarts types sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.2 : Valeurs moyennes, maximales et minimales des paramètres des sels nutritifs

	Valeurs maximales et minimales enregistrées dans la zone d'étude									
	La baie de Bou-Ismaïl					La baie d'Alger				
	SiO ₂ (µmol/l)	NH ₄ ⁺ (µmol/l)	NO ₃ ⁻ (µmol/l)	NO ₂ ⁻ (µmol/l)	PO ₄ ³⁻ (µmol/l)	SiO ₂ (µmol/l)	NH ₄ ⁺ (µmol/l)	NO ₃ ⁻ (µmol/l)	NO ₂ ⁻ (µmol/l)	PO ₄ ³⁻ (µmol/l)
Max	21,82	9,27	0,82	0,53	0,29	20,65	9,44	0,77	0,73	0,18
Min	2,62	0,19	0,06	0,03	0,07	3,57	0,31	0,07	0,03	0,04
Moy	8,22	3,04	0,47	0,3	0,14	11,75	4,48	0,5	0,31	0,11
Ecart	5,01	3,02	0,26	0,16	0,06	5,71	4,08	0,18	0,22	0,04

III.2.2. Les Ortho-phosphate et l'azote (PO₄³⁻, NH₄⁺, NO₂⁻ et NO₃⁻)

La concentration de NH₄⁺ est nettement supérieure à celle de PO₄³⁻, NO₂⁻ et NO₃⁻. Les teneurs extrêmes de ces derniers sont présentées dans le Tableau III.2.

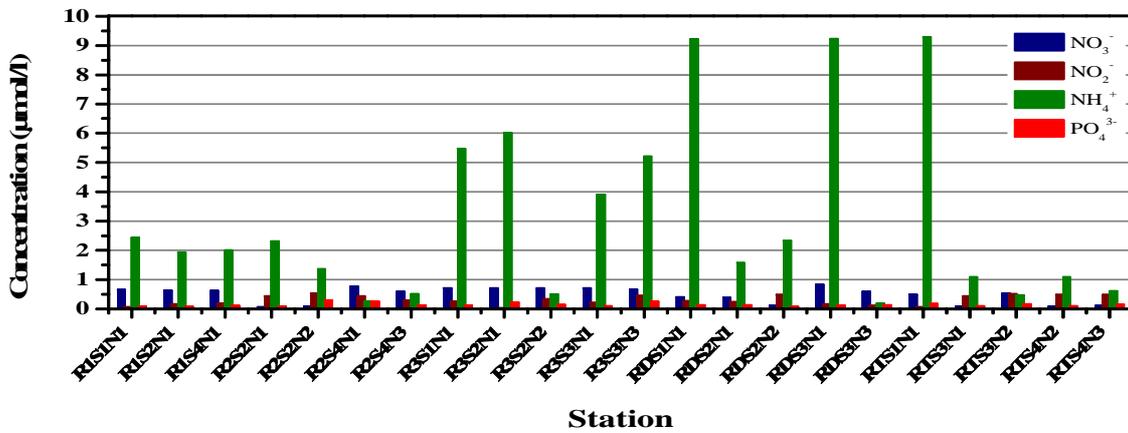


Figure III.09: Variation de la concentration sels nutritifs dans la baie de Bou Ismaïl

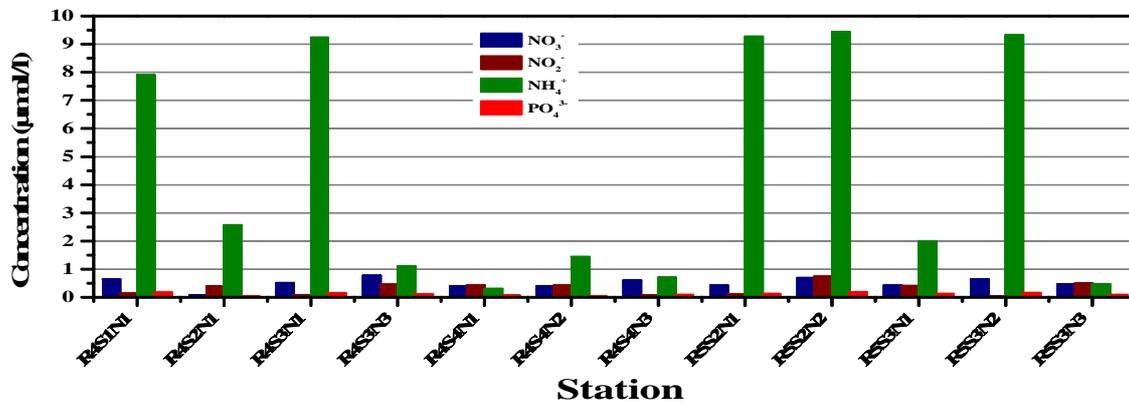


Figure III.10: Variation de la concentration des sels nutritifs dans la baie d'Alger

Les concentrations en NH_4^+ trouvées dans toute la zone d'étude sont largement supérieures aux teneurs des autres sels nutritifs mesurés. Ceci est directement lié aux apports continentaux des oueds et des rejets non traités caractérisés par les fortes teneurs en azote et aussi en phosphates.

III.2.1. Les silicates SiO_2

L'étude de ce paramètre montre que la concentration de la silice varie entre environ $3 \mu\text{mol/l}$ et $21 \mu\text{mol/l}$ dans les deux baies. La valeur la plus faible de la concentration de la silice est enregistrée au site de prélèvement R2S2N1. Par contre, la valeur la plus élevée est enregistrée au site R2S4N1 (baie de Bou Ismail).

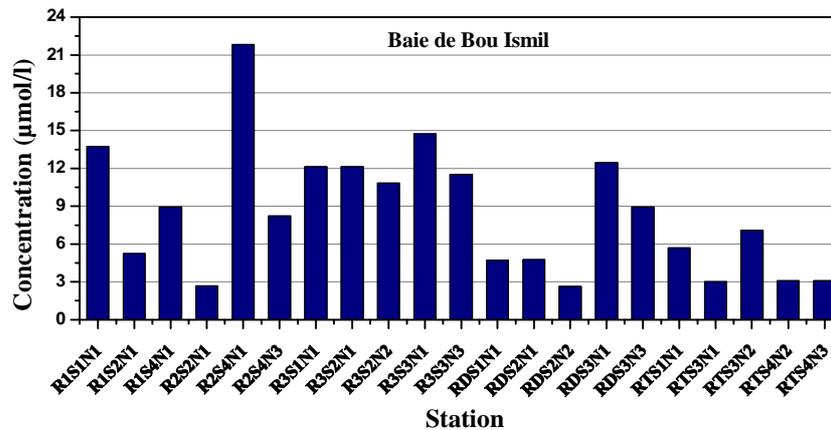


Figure III.11 : Variation de la concentration de la silice (SiO_2) en fonction des sites de prélèvement dans la baie de Bou Ismail

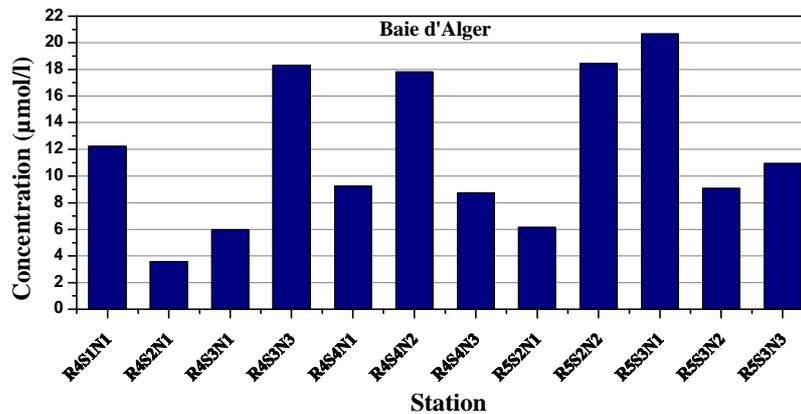


Figure III.12 : Variation de la concentration de la silice (SiO_2) en fonction des sites de prélèvement dans la baie d'Alger

En conclusion les teneurs en silicates enregistrées dans toute zone d'études montrent une variation plus au moins importante par rapport aux autres sels, c'est l'une des caractéristiques des eaux côtières.

III.3 Analyse des métaux lourds dans les sédiments et le rouget de vase

La lyophilisation des échantillons a été réalisée au niveau du laboratoire physicochimique du CNRDPA. L'analyse des métaux lourds ont été réalisés au niveau du laboratoire « LNCAPPASM » laboratoire nationale de contrôle et analyse des produits de pêche et d'aquaculture et salubrité des milieux de Ain Elbenian.

Les résultats obtenus des concentrations en métaux lourds dans les deux matrices sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.3 : Valeurs Moyennes, maximales et minimales en métaux lourds

		Valeurs maximales et minimales des métaux lourds enregistrées dans la zone d'étude											
		La baie de Bou-Ismaïl						La baie d'Alger					
		Sédiment			Biote			Sédiment			Biote		
		Pb	Cd	Zn	Pb	Cd	Zn	Pb	Cd	Zn	Pb	Cd	Zn
normes	Eu	35	1	120	0,2	0,05	39	35	1	120	0,2	0,05	39
	Al	/	/	/	0,3	0,1	/	/	/	/	0,3	0,1	/
Max		44,60	2,02	125,67	2,65	2,17	148,84	52,68	0	175,61	2,65	2,17	119,93
Min		21,15	0	19,31	0	2,17	41,01	37,02	0	0	0	1,58	114,18
Moy		30,35	0,96	65,05	1,32	2,17	94,92	44,95	0	115,99	1,32	1,87	117,05
Ecart type		9,10	0,90	47,57	1,87	0	76,24	6,39	0	80,04	1,87	0,41	4,06

Eu : Européenne - / : Elle n'existe pas

Al : Algérienne

III.3.1. Le Plomb (Pb)

Les concentrations en Plomb (Pb) trouvés varient entre 37,03 $\mu\text{g/g}$ et 52,69 $\mu\text{g/g}$ dans les sédiments de la baie d'Alger. La valeur minimale est détectée au niveau de la station HZ30 (El Hamiz), la valeur maximale est trouvée au niveau de la station HZ20 (El Hamiz) (voir figure III.8). Pour la Baie de Bou-Ismaïl, les concentrations en Pb varient entre 44,61 et 21,15 $\mu\text{g/g}$.

Pour le biote, les concentrations sont en dessous de la limite de détection pour les individus femelles (BIF : baie de Bou Ismaïl, ALF : baie d'Alger), les individus mâles présentent la même valeur de concentration dans les deux baies, et qui est estimée à 2,65 $\mu\text{g/g}$ (voir figure III.14).

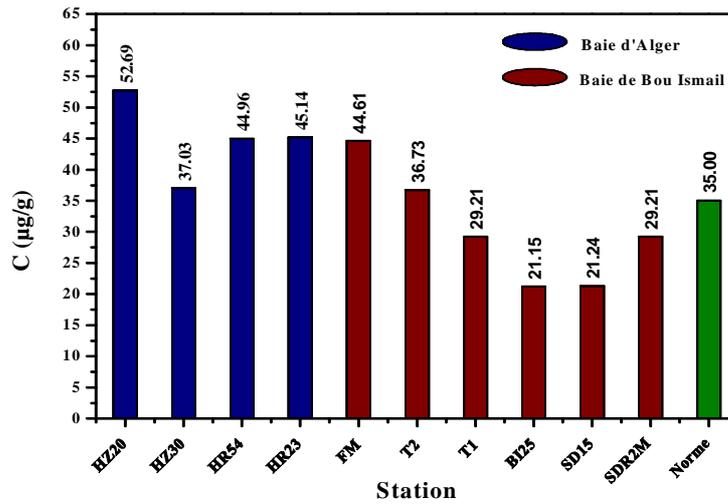


Figure III.13 : Concentration du Plomb (Pb) dans les sédiments en fonction des stations de prélèvement

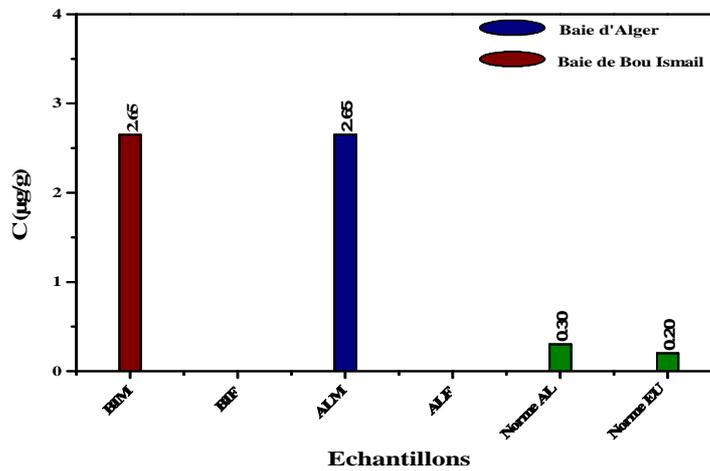


Figure III.14 : Concentration du Plomb (Pb) dans les biotes

En conclusion, les concentrations en Pb trouvés dans les sédiments sont nettement supérieures à la norme européenne. Ce qui signifie que nous avons une contamination du milieu par ce métal et qui est due essentiellement à l'activité anthropique dans la zone d'étude.

III.3.2. Le Cadmium (Cd)

Les concentrations en Cadmium (Cd) trouvés sont inférieures à la limite de détection dans les sédiments de la baie d'Alger ainsi que dans les sédiments des stations FM et T1. Pour les autres stations de la baie de Bou-Ismaïl, la valeur minimale du Cd est trouvée au niveau de la station T2 égale à 0,86 µg/g, la valeur maximale est estimée à 2,03 µg/g au niveau de la station SDR2M.

En ce qui concerne les échantillons de poisson, la concentration en Cadmium est estimée à 2,17 $\mu\text{g/g}$ pour les individus mâle (BIM) et femelle (BIF) de la baie de Bou Ismail, ainsi que pour l'individu mâle (ALM) de la baie d'Alger. L'individu femelle (ALF) de la baie d'Alger présente une valeur de la concentration du Cadmium plus petite que pour les autres échantillons, elle est estimée à 1,59 $\mu\text{g/g}$ voir figure III.16.

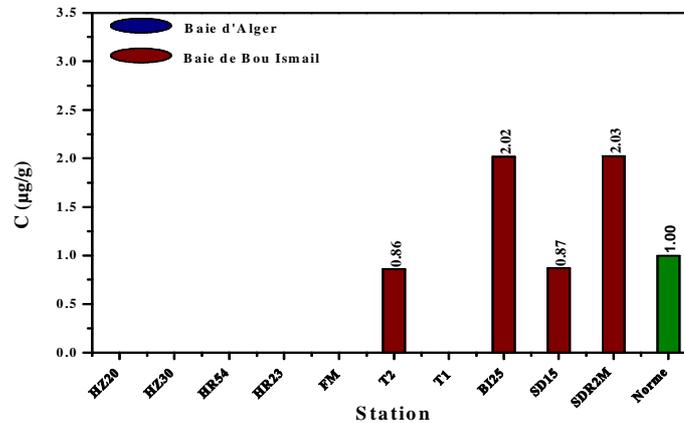


Figure III.15 : Concentration du Cadmium (Cd) dans les sédiments en fonction des stations de prélèvement

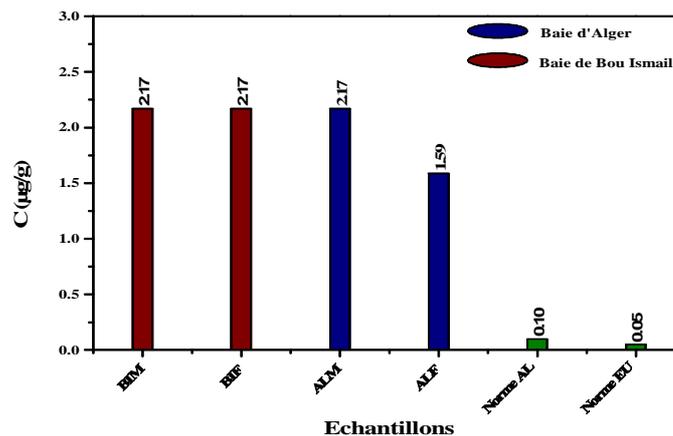


Figure III.16 : Concentration du Cadmium (Cd) dans les biotes

III.3.3. Concentration du Zinc (Zn)

Les concentrations en Zinc (Zn) trouvés dans les sédiments de la baie d'Alger varient entre une valeur minimale de 126,53 $\mu\text{g/g}$ (au niveau de la station HR23), et une valeur maximale de 175,61 $\mu\text{g/g}$ (au niveau de la station HZ20). Pour la station HZ30, la concentration est en dessous de la limite de détection voir figure III.17.

Dans la baie de Bou Ismail, la valeur minimale est observée au niveau de la station FM et elle est de l'ordre de 19,32 $\mu\text{g/g}$, la valeur maximale est enregistrée au niveau de la station SD15 avec une concentration de 125,67 $\mu\text{g/g}$.

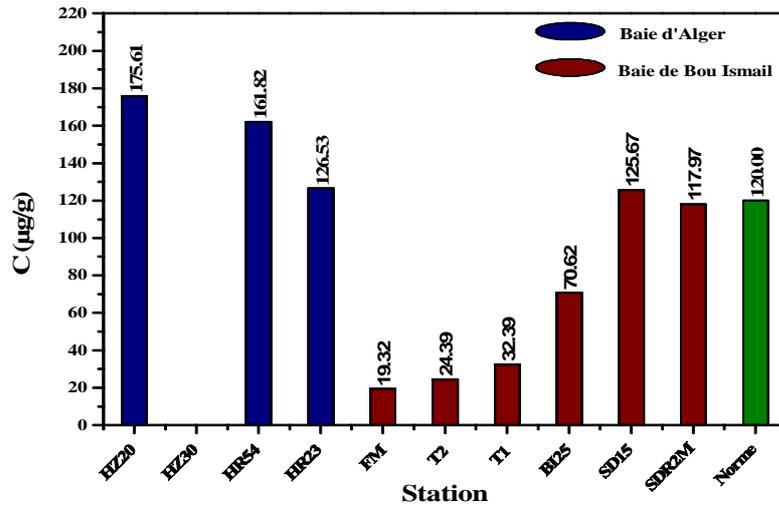


Figure III.17 : Concentration du Zinc (Zn) dans les sédiments en fonction des stations de prélèvement

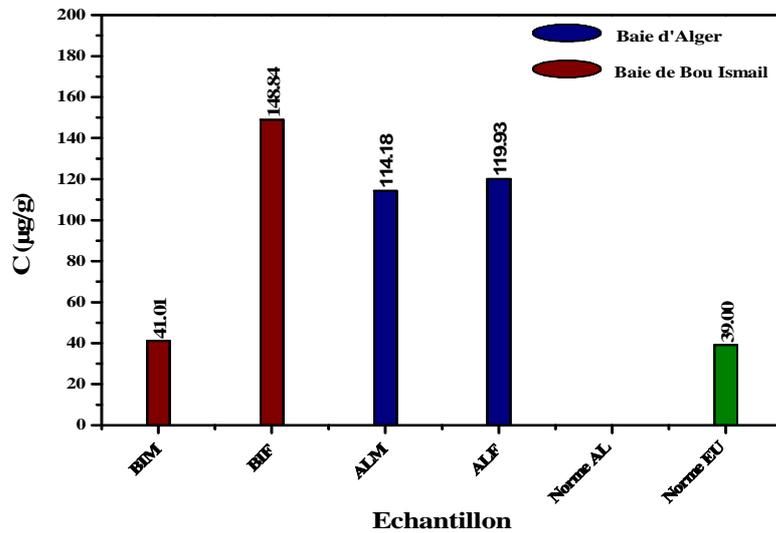


Figure III.18 : Concentration du Zinc (Zn) dans les biotes

Par ailleurs, les concentrations en Zn trouvés dans le poisson présentent un minimum de 41,01 µg/g enregistré dans les individus mâles (BIM) de la baie de Bou Ismail, et un maximum de 148,84 µg/g dans les femelles (BIF) de la baie de Bou Ismail. Dans la baie d'Alger, les concentrations sont de l'ordre de 114,18 µg/g pour les individus mâles (ALM) et de 119,93 µg/g pour l'individu femelle voir figure III.18.

Ces valeurs trouvées dépassent légèrement la limite considérée comme normale par l'union européenne ce qui explique un apport anthropique modéré dans la zone d'étude (RNO, 2005).

III.3.4. Calcul de l'Indice de contamination des sédiments par les métaux lourds

Pour mieux évaluer la qualité des sédiments de notre zone d'étude. Nous avons procédé au calcul des indices de contamination des sédiments. (Chapitre : matériel et méthodes). Les sédiments de la baie d'Alger et ceux de la baie de Bou-Ismaïl présentent des valeurs de (IC) inférieure à 3 ; limite supérieure pour dire que le sédiment est non contaminé (figure III.19). Mais cette information n'exclue pas la présence modérée des polluants traces métallique étant donné qu'ils dépassent la norme admise par l'union européenne (RNO, 2005).

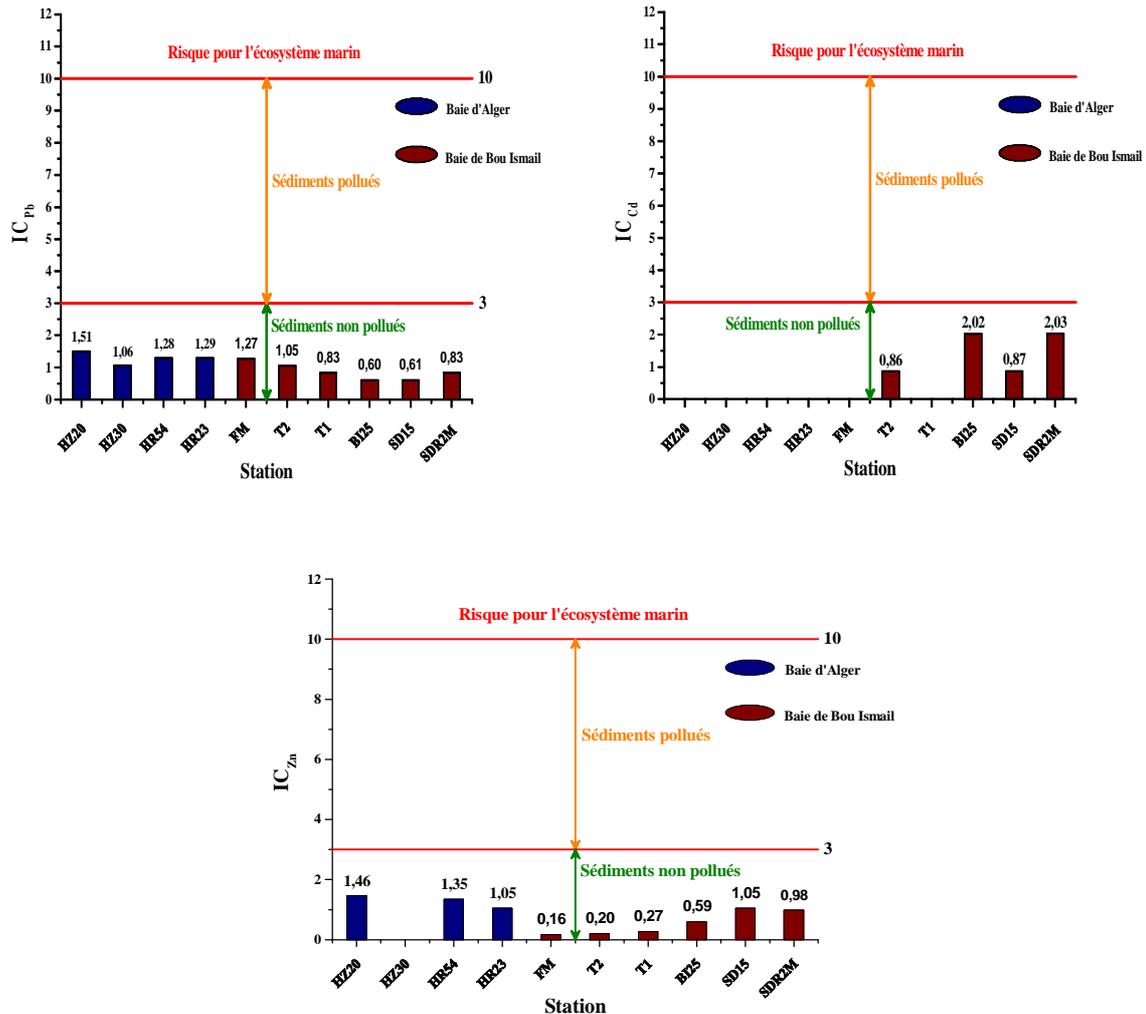


Figure III.19 : Indice de contamination respectivement du Pb, Cd et Zn dans les différentes stations.

II.4. Etude de la radioactivité du milieu

Ces analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire de la divisions de l'environnement, sureté et déchets radioactifs du Centre de Recherche Nucléaire d'Alger (CRNA), sur les sédiments de la station de dessalement, ferme marine de Bou Ismaïl et EL HAMIZ et EL HARACH de la baie d'Alger.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.4 : Mesure de l'activité des radioéléments dans les différentes stations

Eléments Echantillons	²²⁶ Ra	²¹⁴ Pb	²¹⁴ Bi	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
	E=186.1 keV I=0.33 ε=0.04695	E=352 keV I=0.371 ε=0.0183	E=609.3 keV I=0.641 ε=0.0076	E=661.6 keV I=0.852 ε=0.00705	E=1460.8 keV I=0.107 ε=0.00565
Station Dessalement Baie de Bou- Ismail t = 172800 s	43,811±1,329	25,254±0,513	26,432±0,7071	ND	250,874±4,948
Ferme marine Baie de Bou- Ismail t = 172800 s	14,416±0.738	7,356±0,255	7,834±0,362	ND	19,415±1,367
El harrache Baie d'Alger t = 86400 s	55,352±2,083	22,677±0,671	23,557±0,927	ND	283,680±7,4164
El hamize Baie d'Alger t = 172800 s	46,201±1,363	24,064±0,502	25,680±0,697	ND	249,822±4,938

III.4.1. Analyse des radionucléides descendant de la famille de l'²³⁸U

Les activités spécifiques du ²¹⁴Pb et du ²¹⁴Bi présentent une variation quasi homogène entre les quatre échantillons de sédiments.

Les activités du ²¹⁴Pb varient entre une valeur minimale de l'ordre de 7.35±0.25Bq/Kg, (enregistrée au niveau de la station de la ferme marine) de Bou-Ismail. Par contre une activité maximale de l'ordre de 25.2±0.5 Bq/Kg est enregistrée au niveau de la station de dessalement avec une activité moyenne de l'ordre de 19.83 Bq/Kg.

Tableau III.5 : Valeurs moyennes, maximales et minimales des radioéléments d'intérêts

radioéléments	²³⁸ Ra	²¹⁴ Pb	²¹⁴ Bi	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Moyenne (Bq/Kg)	39,94	19,83	20,87	ND	200,94
ecat-type	17,73	8,39	8,78	ND	
Maximum (Bq/Kg)	55,53	25,25	26,43	ND	283,68
Minimum (Bq/Kg)	14,41	7,34	7,82	ND	19,41

L'activité moyenne du Bi est de l'ordre de 20.87 Bq/Kg avec un écart-type de 8.78 dont la valeur maximale est de 26.43 Bq/Kg trouvée au niveau de la station de dessalement.

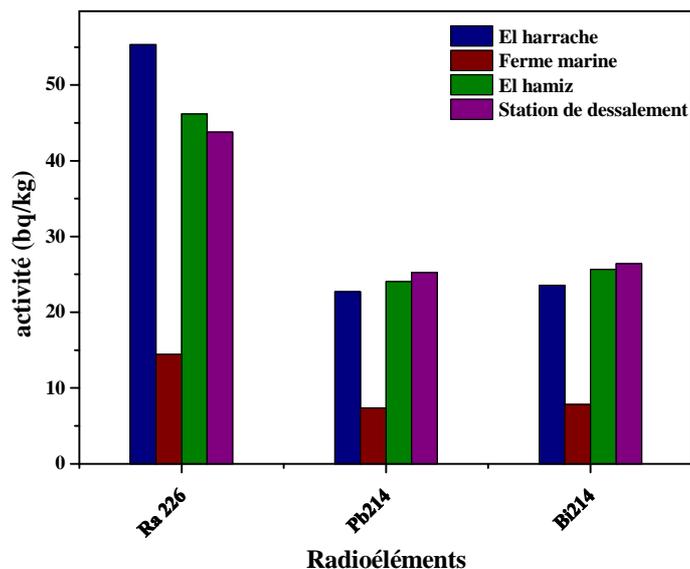


Figure III.20 : Activités spécifiques des radionucléides descendants de l' ^{238}U

Il est à signaler que l'écart-type observé entre les activités du Pb-^{214} et du Bi-^{214} et leur parent Ra-^{226} est due à l'équilibre séculaire qui n'a pas été respecté (boîtes fermées hermétiquement pendant une période de 21 jours).

A L'exception du ^{137}Cs , Les radionucléides d'intérêt naturels ne présentent pas des activités élevées, cela signifie que le milieu étudié ne présente pas une pollution physique radioactive anthropique et donc il n'ya pas risque de contamination radioactive de l'écosystème étudié.

III.4.2. Analyse du potassium K

Les activités de K-^{40} est trouvées varient entre une valeur maximale de 283.68 et une valeur minimale de 19.41 avec une moyenne de l'ordre de 200,94 (Figure III.21)

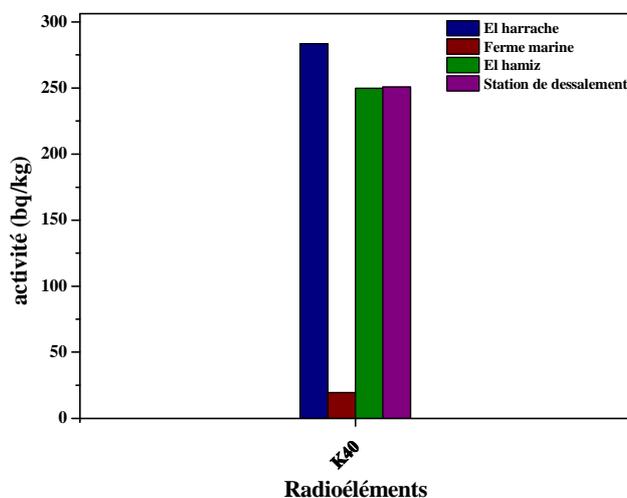


Figure III.21 : activités spécifiques du ^{40}K dans les différentes stations

L'activité du Potassium est en relation directe avec la nature géologique du sédiment et sa granulométrie, ce qui explique la faible activité enregistrée dans la ferme marine dont les sédiments sont principalement constitués de graviers contrairement aux autres stations dont les sédiments sont vaseux et sableux.

III.4.3. Analyse du Césium Cs

La radioactivité artificielle a été recherchée dans notre étude en mesurant l'activité du Césium 137. Les valeurs trouvées sont nettement inférieures à la limite de détection ce qui écarte la probabilité de contamination du milieu étudié par les radionucléides artificiels.

La non présence de radioactivité artificielle confirme que notre zone d'étude ne présente pas une pollution radioactive d'origine anthropique (artificielle).

→ Comparaison des valeurs moyennes des éléments d'intérêts avec la moyenne de leurs présences naturelle :

Pour mieux expliquer l'activité radioactive de nos sédiments, nous avons comparé l'activité moyenne de l'écorce terrestre qui est fixée à 40 Bq/kg (pour les descendants de l'uranium 238 et du thorium 232 et de 300 à 600 Bq/kg pour le potassium 40) (CRIIRAD, 2005) à nos échantillons analysés (voir tableau ci-dessous) :

Tableau III.6 : Comparaison entre les activités calculées avec le seuil naturel en radioactivité

Radioélément	²²⁶ Ra (Bq/Kg)	²¹⁴ Pb (Bq/Kg)	²¹⁴ Bi (Bq/Kg)	²¹⁴ K (Bq/Kg)
Moyenne				
Seuil naturelle (CRIIRAD, 2005)	40	40	40	300 à 600
Echantillons	39,94	19,83	20,87	200,94

Les moyennes des radioéléments recherchés par la présente étude ne dépassent pas la limite de leurs présences naturelles et teneurs sont très faibles par rapport au seuil naturel.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale

L'objectif de cette étude était l'évaluation de la qualité du milieu et des produits de pêche de la zone centre de la côte algéroise, par l'étude de plusieurs indicateurs de qualités dans les trois compartiments qui constitue l'écosystème marin : *Eau, Sédiment et biote*.

L'étude de la qualité physico-chimique de l'eau dans les différentes stations de prélèvements a montré une variation plus au moins normal pour la température, et la salinité sauf pour les stations qui se trouvent à proximité des embouchures des oueds et des rejets industriels et urbains déversés sans traitement préalable.

L'analyse des sels nutritifs montre l'existence des teneurs élevées en ammonium dans toutes les stations, et des teneurs faibles en phosphates et très appauvrie en nitrate et nitrite.

Ces résultats sont liés aux variations saisonnières de la circulation des sels nutritifs en mer. Les fortes teneurs en ammonium sont directement liées à l'activité anthropique (rejets domestiques, agricole, industrielle... etc.) dans la zone d'étude.

L'analyse des trois métaux lourds le Pb, le Cd et le Zn dans le biote choisis (le Rouget de vase *Mullus Barbatius*), a montré la présence de ces polluants chimiques dans cet organisme marin (poissons) avec des teneurs supérieurs aux normes Algérienne et européenne.

L'analyse de ces trois métaux dans les échantillons des sédiments ont montré la présence de ces éléments métalliques dans la majorité des stations étudiées. La majorité des teneurs trouvées dépassent la limite admise comme normale par l'union Européenne. Le calcul de l'indice de contamination montre qu'il y a un apport anthropique modéré qui nécessite une surveillance continue pour protéger l'écosystème de la zone d'étude.

L'analyse de la radioactivité des sédiments marins a permis de conclure que le milieu ne présente aucune contamination radioactive dans la zone d'étude.

A partir de ces différents résultats obtenus, on peut dire qu'à l'état actuel, le milieu marin étudié est influencé par une forte activité anthropique qui nécessite un monitoring en amont et en aval du milieu récepteur. Le produit de la pêche analysé ne présente pas de risque chimique par rapport aux métaux traces qui sont très dangereux pour la santé du consommateur. Cette conclusion n'exclue pas la présence d'une faible contamination qui nécessite un monitoring environnemental en permanence.

Recommandations et perspectives

Les résultats de cette étude montrent que l'écosystème de la zone d'étude est fortement influencé par l'activité anthropique dans la zone d'étude.

Pour se prononcer sur le classement ou la salubrité du milieu ou des produits de la pêche de cette zone, il est impératif de compléter cette étude par plusieurs actions notamment :

- Etude des autres paramètres physiques non abordés dans cette partie comme la courantologie, la géologie
- Etude de la qualité microbiologique du milieu et du biote
- Etude éco-toxicologique du milieu et du biote
- Etude des polluants organiques comme les organochlorés, organophosphorés, ...

Références bibliographiques

Abd elguerfi A., 2003, Bilan des expertises sur les menaces pesant sur la diversité biologique. MAT-GEF/PNUD-Projet. ALG 97/G31, 256p.

Aminot A. et Chausse-Pied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, Brest, France, 395 P.

Aminot A. et Kerouel R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Ifremer, France, 336 P.

Aminot A., Guillard J-F., Kérouel R., 1983. La baie de Seine : hydrologie, nutriments et chlorophylle (1978-1994).Ifremer, France, 148p.

Casas S., 2005. Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Symbiosis. *Thèse de doctorat*. Université du Sud Toulon Var. France ,364p

CNRDPA, 2005. Etude environnementale de la baie de Bou- Ismail monographie de région de Bou Ismail. Rapport d'étude, 19p.

Copin-Montegut G., 1996. Chimie de l'eau de mer. Collection «synthèse». Edition : Institut Océanographique de Paris, France, 319 P.

CRIIRAD, 2005 : Compte rendu de la mission préliminaire de contrôle radiologique, Rapport N°05-49V3, (Polynésie Française).

Davida V., Pardos M., Diserens J., Ugazio G., Thomas R., et Dominik J., 2003. Characterization of bed sediments and suspension of the river Po (Italy) during normal and high flow conditions, Water Research, pp 2847-2864.

Djilani C., 2006. Analyse et traitement des eaux de rejets de l'unité VCM du complexe pétrochimique de Skikda, *Mémoire de Magister*. Université de Skikda. Algérie.

Emiliam K., 2009. Traitement des pollutions industrielles : Eau, Air, Déchets, Sols, Boues, 2ème édition, DUNOD, France, 128p.

Encyclopédie poisson de l'eau de mer de A à Z, 2005. Edition ULMER.728p

Gaujous D., 1995. La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Technique et documentation, 217 P.

Geddah D., 2003. Evaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région de Skikda: impact sur l'écosystème marin côtier, *Thèse de Magister*. Université d'Annaba.

Ifremer, 2004. Compte rendu du Séminaire : Les Journées contamination décontamination des mollusques bivalves. Nantes, du 26 au 27 Mai 2004, 18p.

Ifremer, 2005. Surveillance du Milieu Marin Travaux du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin, rapport RNO. Edition 2005.

Jacques G., et Treguer P., 1986. Ecosystème pélagique marin, collection d'écologie. Masson, Paris, 243p.

Kankou M., 2004. Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie – étude en laboratoire du comportement de deux pesticides. *Thèse de doctorat.* l'Université de Limoges, France, 159 P.

Lacaze J-C ., 1996. L'eutrophisation des eaux marines et continentales : causes, manifestations, conséquences et moyens de lutte. Ellipses/édition marketing S.A., France. 15eme édition. 191P.

Lacoue-Labarthe T., 2007. Incorporation des métaux dans les œufs de la seiche commune *Sepia officinalis* et effets potentiels sur les fonctions digestives et immunitaires ». *Thèse de doctorat.* Océanologie Biologique & Environnement Marin, 200p.

LEM, 1998 : Etude de délimitation d'une zone d'extraction de sable en baie d'Alger. Archive- ouvert,275p.

Leroy J-B., 1999. La pollution des eaux. Le point des connaissances actuelles, France, 126 P.

Madi F., 2009. Apport du système d'information géographique (SIG) pour la modélisation de la couleur des eaux marines. (Cas : la baie d'Alger). *Mémoire d'ingénieur,* ENSSMAL, Algérie, 111P.

Meknachi A., 2010. Utilisation du poisson *Tilapia Oreochromis Niloticus* et la moule *Mytilus Galloprovincialis* comme bioindicateurs du niveau de pollution par les métaux traces : modélisation de bioaccumulation. *Mémoire de Magister.* Université de Saad Dahlab, Blida. Algérie.

Mizi A., 2006. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. *Thèse de doctorat.* Université de Badji Mokhtar. Annaba. Algérie

Muus B-J., Nielsen J-G., Dahlström P. et Olesen Nyström B., 2005. Guide des poissons de mer et de pêche, biologie, pêche, importance économique. Delachaux and Niestlé. Lausanne.

NF ISO 11464, 2006. Qualité du sol : Prétraitement des échantillons pour analyses physico-chimiques. Rapport, AQUAGEF et CEMAGREF. 17p.

Ngo C. et Régent A., 2004. Déchets et pollution, Impact sur l'environnement et la santé, préface de Bernard Bigot, DUNOD. Paris, 3p.

O.I.E., 2005. Cahier Technique n°2 : « Recherche de fuites-Techniques et méthodes de détection en réseaux d'eau potable ».24p.

Pichard A., 2003. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, plomb et ses dérivés. INERIS, 90p.

Ramade F., 1997. Bio marqueurs en éco toxicologie, Aspects fondamentaux. Masson, Paris.

Ramade F., 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ediscience International, France, 690p.

Ramade F., 2005 Toxicologie fondamentale et appliqué. Ediscience International, France, 200p.

Rodier J., 2009. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9^{ème} édition. DUNOD. Paris, 1579p.

Skalar analytical, 1998 : Manuel San Plus Analyser : SA 1050 (RAndom Access Autosampler). Breda (Netherlands), 23p.

Site internet consulté :

<http://doc.lerm.fr/salinite-leau-mer>.

Annexes

1. Protocoles, préparation des réactifs et

2. standards des sels nutritifs

2.1. Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

2.1.1. Mode opératoire

- Prendre 100 ± 5 ml d'échantillon directement dans le flacon à réaction ;
- Ajouter 3ml de réactif R1, boucher et agiter pour bien homogénéiser ;
- Ajouter sans attendre 3ml de réactif R2, fermer et agiter à nouveau ;
- Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 3 à 8 heures (ou pendant une nuit à température ambiante) ;
- Mesurer l'absorbance à 630 nm par rapport à l'eau distillée en cuve de 1 cm de trajet optique.

2.1.2. Réactifs

2.1.2.1. Solution tampon

Tartrate de sodium de potassium ($\text{C}_4 \text{H}_4\text{O}_6\text{K Na}$, $4 \text{H}_2\text{O}$).....	33 g.
Citrate de sodium ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$, $2\text{H}_2\text{O}$).....	24 g.
Acide sulfurique (H_2SO_4)	ml.
Eau distillée.....	1000 ml.
Brij 35 (30%)	0,5 ml.

2.1.2.2. Solution de phénol

Phénol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$)	83g.
Hydroxyde de sodium (Na OH)	40g.
Eau distillée	1000 ml.

2.1.2.3. Solution de l'hypochlorite de sodium

Hypochlorite de sodium (NaClO).....	200 ml.
Eau distillée.....	800 ml.

2.1.2.4. Solution de nitoprusside de sodium

Nitoprusside de sodium ($\text{Na}_2 [\text{Fe}(\text{CN})_5 \text{NO}]$, $2\text{H}_2\text{O}$).....	0,5 g.
Eau distillée.....	1000 ml.

2.1.2.5. Solution d'épuration d'air (solution 5N acide sulfurique)

Acide sulfurique H_2SO_4 (97%)	139 ml.
Eau distillée.....	861 ml.

1.1.3. Standards

1.2.1. Solution mère à 100 ppm : $[3569,86] \mu\text{mol/l}$

Chlorure d'ammonium (NH_4Cl).....	0,19095 g.
Eau distillée.....	500 ml.

2.2.1. Solution fille à 10 ppm

Diluer 10 ml de la solution mère (100 ppm) dans 100 ml d'eau distillée fraîche.

1.1.4. Etalonnage

Une série de six standards est préparée à chaque analyse (quotidiennement). La courbe d'étalonnage établie est une droite d'équation $y = 65.36 \cdot \text{abs} + 0.6822$ avec $R^2 = 0.998$

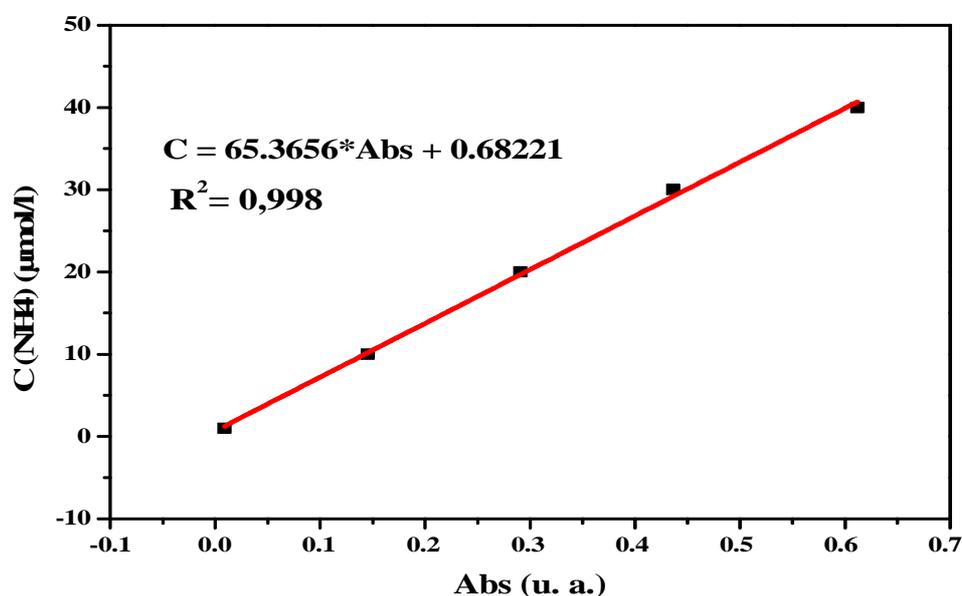


Figure 1 : Courbe d'étalonnage de NH_4^+ dans la gamme de concentrations allant de 1 à 40 ($\mu\text{mol/l}$)

2. Dosage des nitrates et des nitrites (NO_3^- et NO_2^-)

2.1. Réactifs

A) Solution tampon

Chlorure d'ammonium (NH_4Cl).....	50 g.
Solution d'ammoniaque (NH_4OH à 25%).....	1 ml.
Hydroxyde de sodium (NaOH).....	5 g.
Eau distille.....	1000 ml.
Brij 35 (30%).....	3 ml.

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajuster le PH à 8.5 avec la solution d'ammoniaque. Ajouter l'hydroxyde de sodium et dissoudre. Ajuster jusqu'à un litre avec de l'eau distillée. Ajouter le Brij 35 et mélanger. La solution est stable à une température de 4°C durant une semaine.

B) Réactifs de coloration

Acide phosphorique (H_3PO_4 à 85%).....	150 ml.
Sulfanilamide ($\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$).....	10 g.
Dichlorure a-naphtyléthylène diamine ($\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{N}_2$).....	0,5 g.
Eau distillée.....	850 ml.

C) Solution de rinçage

Eau distillée fraîche.

2. Standards**A) Solution mère de base à 100 ppm [3568,99] $\mu\text{mol/l}$**

Nitrate de sodium (NaNO_3).....0,3034 g.

Eau distillée.....1000 ml.

Dissoudre le nitrate de sodium dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter 1 ml de chloroforme et ajuster soigneusement à jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée. Cette solution est stable pendant 1 mois. Elle est à conserver à 4 °C.

B) Solution fille à 10 ppm

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm dans 100 ml d'eau distillée. Cette solution est à préparer chaque semaine.

2.2 Activation de la colonne de cadmium**A) Solution d'acide hydrochlorique (4N)**

Acide hydrochlorique (HCl à 32%).....400 ml.

Eau distillée.....600 ml.

Dissoudre l'acide hydrochlorique dans 600 ml d'eau distillée.

B) Solution de sulfate de cuivre (2%)

Sulfate de cuivre ($\text{CuSO}_4, 5\text{H}_2\text{O}$)..... 20 g.

Eau distillée.....1000 ml.

Dissoudre le sulfate de cuivre dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

C) Cadmium

Granules de Cadmium (0,3 -1,0 mm de diamètre)..... 2,5 g.

2.4. Etalonnage

Deux séries de six standards est préparée à chaque analyse (quotidiennement). Les courbes d'étalonnage établit ont pour équations :

Pour les nitrates : $Y = 0.00808 * X - 0.04521$ avec $R^2 = 0,998$

Pour les nitrites : $Y = 0.0068 * X - 0.0089$ avec $R^2 = 0,997$

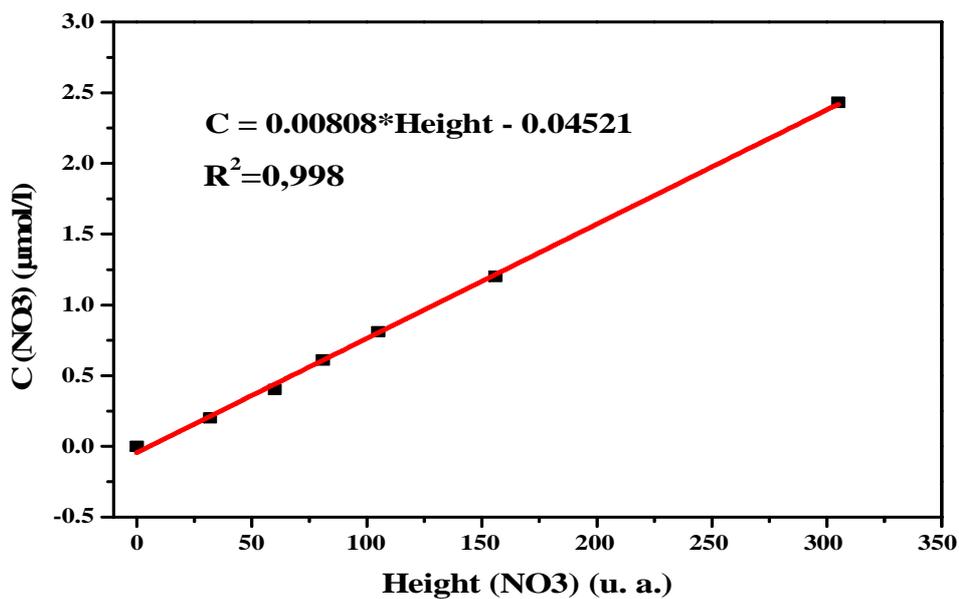


Figure 2 : courbe d'étalonnage de NO₃⁻ dans la gamme de concentrations allons de 0.2 à 2.4 (µmol/)

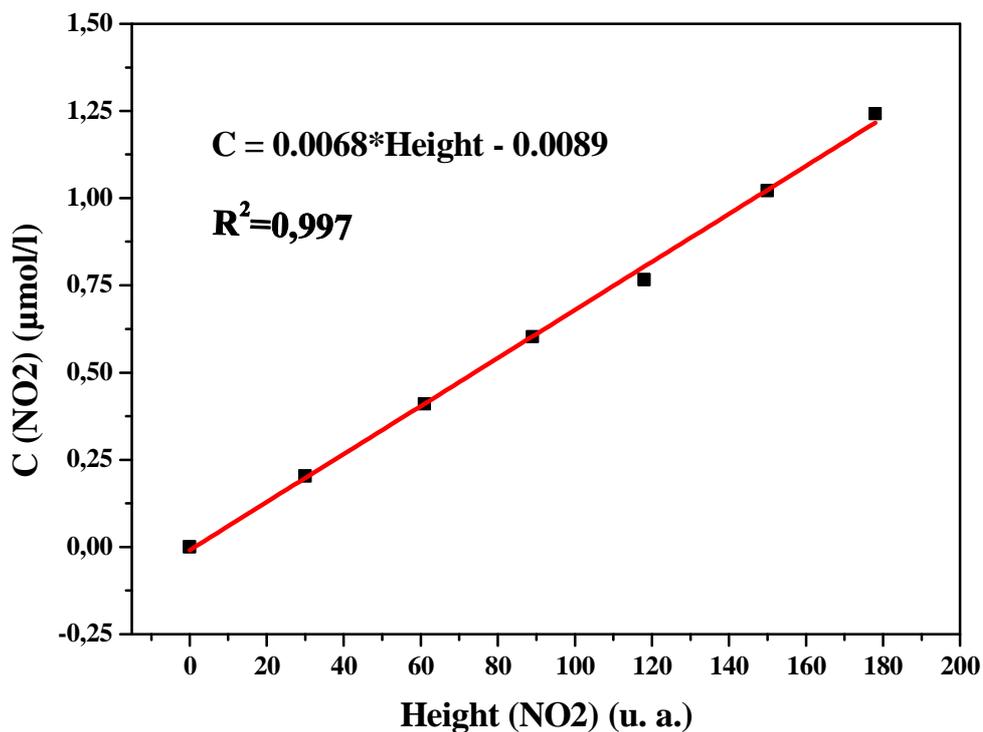


Figure 3 : courbe d'étalonnage de NO₂⁻ dans la gamme de concentrations allons de 0.2 à 1.2 (µmol/)

3. Dosage des Ortho phosphates (PO_4^{3-})

3.1. Mode opératoire

L'appareil doit être allumé une demi-heure à une heure avant l'analyse pour la stabilité de l'énergie ;

La cuve de mesure dans le trajet optique est de 50 mm ;

Le filtre monochromatique est à 880 nm ;

La sensibilité du standard le plus élevé 100 ppm;

Le temps d'échantillonnage est 60 secondes ;

Le temps de rinçage est de 60 secondes ;

Le temps de stabilisation du système hydraulique est de l'ordre de 20 minutes.

3. Préparation des réactifs et standards

3.2.1. Réactifs

A) Solution d'ammonium molybdate

Potassium antimoine tartrate ($\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$)	230 mg.
Acide sulfurique (H_2SO_4 à 97%).....	69,4 ml.
Molybdate d'ammonium ($(\text{NH}_4)_6 \text{MO}_7\text{O}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).....	6 g.
Eau distillée.....	1000 ml.
FFD6.....	2 ml.

Dissoudre le potassium antimoine tartrate dans environ 800 ml d'eau distillée. A cette solution on ajoute soigneusement l'acide sulfurique tout en remuant jusqu'au refroidissement. Ajouter le molybdate d'ammonium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger. En fin, ajouter le FFD6 et mélanger. Notons qu'il ne faut pas utiliser de spatule métallique en manipulant de molybdate d'ammonium. La solution est stable durant 5 jours. Elle est à conserver à une température de 4 °C quand la solution n'est pas utilisée.

B) Solution d'acide ascorbique

Acide ascorbique ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$).....	11 g.
Acétone ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$).....	60 ml.
Eau distillée.....	1000 ml.
FFD6.....	2 ml.

Dissoudre l'acide ascorbique dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter l'acétone et ajuster jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée. Ajouter FFD6 et mélanger. La solution est stable durant 5 jours. Elle est à conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

C) Solution de rinçage : Eau distillée fraîche.

3.2 Standards

A) Solution mère à 100 ppm : [1604,00] $\mu\text{mol/l}$

Dihydrophosphate de potassium (KH_2PO_4).....	0,2197 g.
Eau distillée.....	1000 ml.

Le phosphate de potassium hydrogéné est dissous dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter jusqu'à 1 litre l'eau distillée. La solution est stable pendant un mois. Conserver à 4 °C quand la solution n'est pas utilisée.

B) Solution fille à 10 ppm

Diluer 10 ml de la solution mère (100 ppm) dans 100 ml d'eau distillée. Cette solution est à préparer chaque semaine.

c) Etalonnage

Une série de six standards est préparé à chaque analyse (quotidiennement). La courbe d'étalonnage établit a pour équation $y = 0.00211 * X + 0.02098$ avec $R^2 = 0,995$

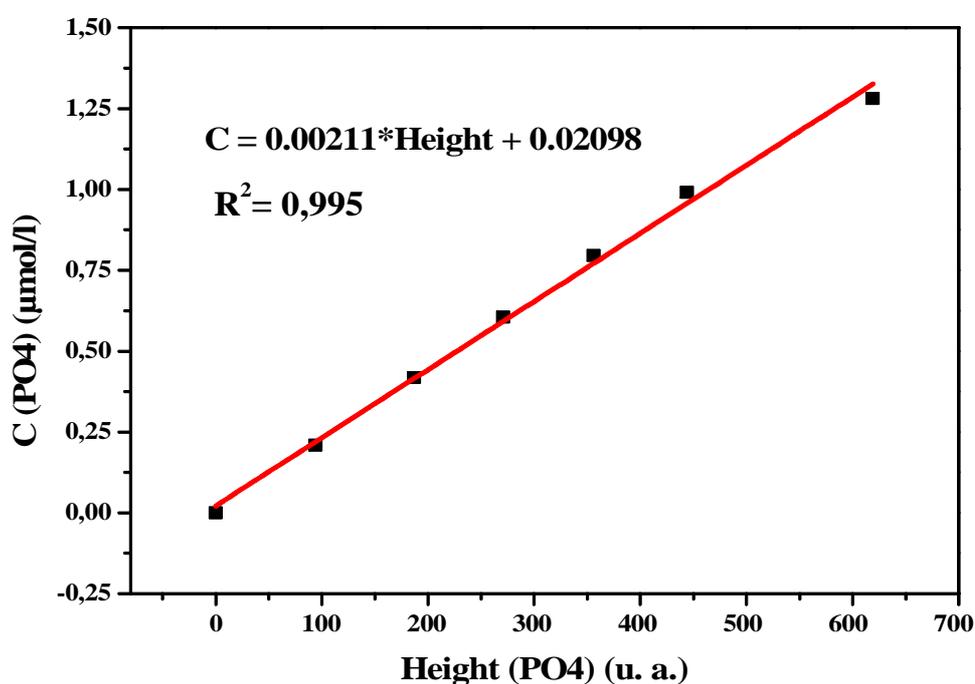


Figure 4 : courbe d'étalonnage de PO_4^{3-} dans la gamme de concentrations allons de 0.2 à 1.3 ($\mu\text{mol/l}$)

4. Dosage des silicates (SiO_2)

4.1. Mode opératoire

L'appareil doit être allumé pendant une heure avant l'analyse pour la stabilité de l'énergie.

La cellule du flux dans le trajet optique est de 15 mm ;

Le filtre monochromatique est à 660 nm ;

La sensibilité du standard la plus élevée 100 ppm Si est à ± 170 A.U.

Le temps d'échantillonnage est 60 secondes ;

Le temps de rinçage est de 60 secondes ;

Le temps de stabilisation du système hydraulique est de l'ordre de 15 minutes.

4.2 Préparation des réactifs

A) Solution d'acide sulfurique

Acide sulfurique (H_2SO_4 à 97%).....10 ml.

Eau distillée.....990 ml.

FFD6.....2 ml.

Diluer l'acide sulfurique dans 800 ml d'eau distillée. Remplir jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée. Ajouter le FFD6 et mélanger. La solution est stable pendant une semaine. Elle est à conserver à 4 °C quant elle n'est pas utilisée.

B) Solution d'ammonium molybdate

Ammonium molybdate ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).....20 g.

Eau distillée.....100 ml.

FFD6.....2 ml.

Diluer l'ammonium molybdate dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajuster jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée et ajouter le FFD6 et mélanger. Cette solution est à conserver dans une bouteille polyéthylène. Elle est stable pendant un jour.

C) Solution d'acide oxalique

Acide Oxalique ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).....44 g.

Eau distillée.....1000 ml.

Dissoudre l'acide oxalique dans environ 800ml d'eau distillée. Ajuster jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger. Conserver la solution dans une bouteille en polythène. Elle est stable durant un mois en la conservant à une température de 4 °C quand elle n'est pas utilisée.

D) Solution d'acide ascorbique

Acide ascorbique ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$).....40 g.

Eau distillée.....1000 ml.

Dissoudre l'acide ascorbique dans environ 800 ml d'eau distillée. Rajouter jusqu'à 1000 ml l'eau distillée et mélanger. Elle est stable durant une semaine à une température de 4°C.

E) Solution de rinçage

Eau fraîchement distillée et conservée dans une bouteille en polythène.

4.3. Préparation des standards

A) Solution mère de 100 ppm Si [2384,98] $\mu\text{mol/l}$

Metasilicate de sodium ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$).....0,50535 g.

Eau distillée.....1000 ml.

Dissoudre le metasilicate de sodium dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger. La solution est stable durant 1 mois conservée dans une bouteille en polythène.

B) Solution fille de 10 ppm Si

Diluer 10 ml de la solution fille à 100 ppm Si dans 100 ml d'eau distillée. Sa conservation se fait dans une bouteille en polythène.

C) Etalonnage

Une série de six standards est préparé à chaque analyse (quotidiennement).

La relation est $y = 0.090 * X + 0.082$ avec $R^2 = 0,998$

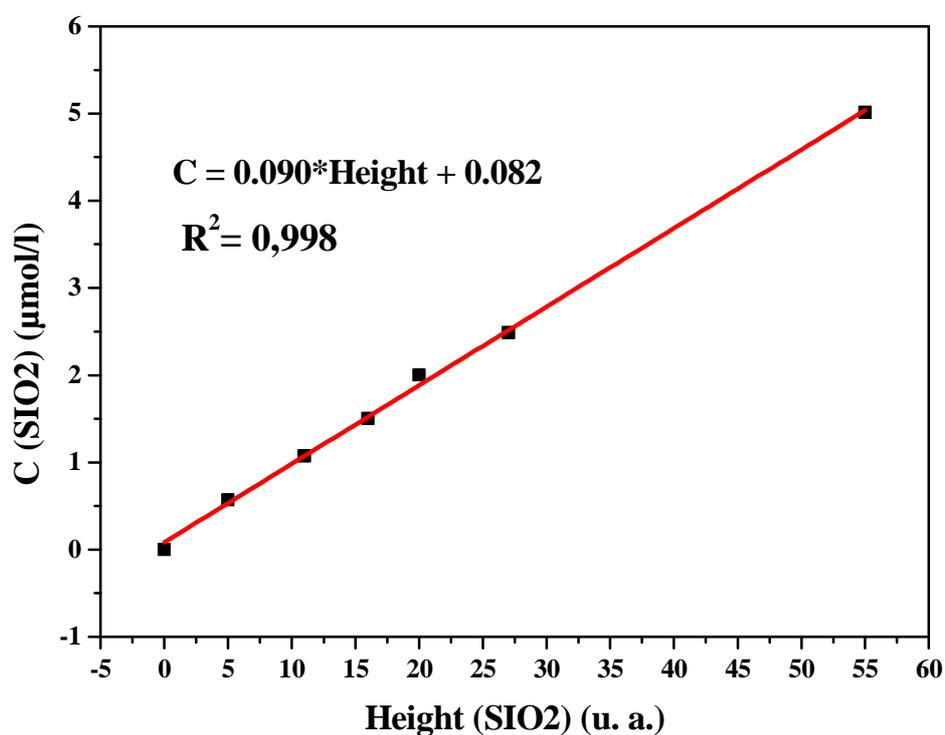


Figure 5 : courbe d'étalonnage de SiO₂ dans la gamme de concentrations allons de 0.5 à 5 (µmol/)

Tableau 1 : Gamme d'étalonnage et hauteurs de pic correspondantes pour les Nitrates, Nitrites, Phosphates et silicate.

Identity1	NO ₃ ⁻ µmol/l	Height NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻ µmol/l	Height NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻ µmol/l	Height PO ₄ ³⁻	Si O ₂ µmol/l	Height Si O ₂
Wash	0	0	0	0	0	0	0	0
ST1	0,2002	32	0,2030	30	0,2090	94	0,5694	5
ST2	0,4005	60	0,4101	61	0,4180	187	1,0747	11
ST3	0,6101	81	0,6034	89	0,6047	271	1,5043	16
ST4	0,8103	105	0,7664	118	0,7959	356	2,0037	20
ST5	1,2025	156	1,0222	150	0,9915	444	2,4844	27
ST6	2,4339	305	1,2418	178	1,2813	619	5,0106	55

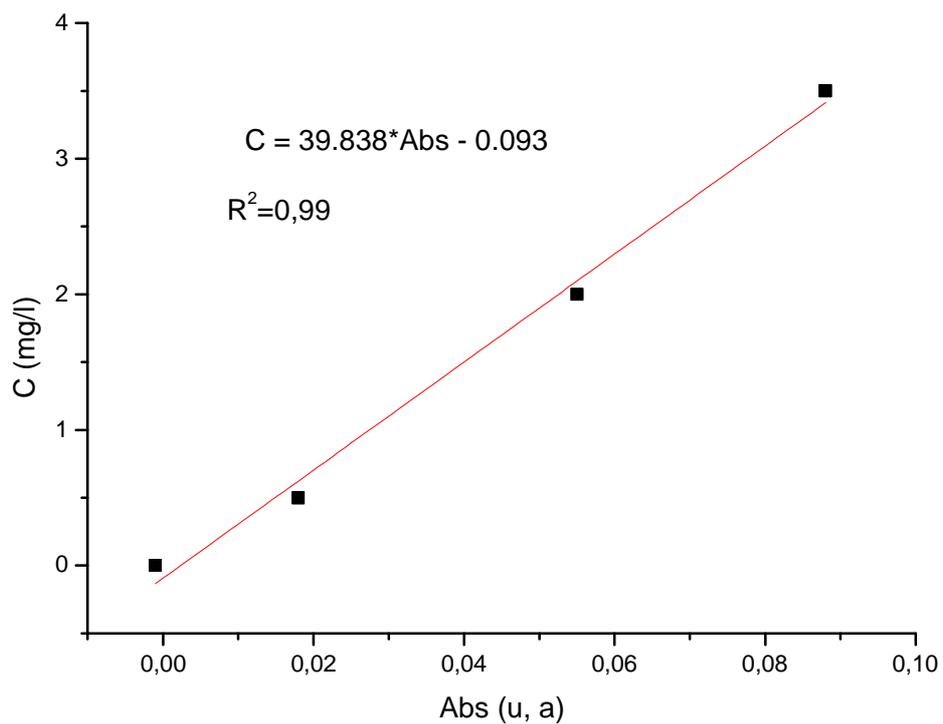
1. Les gammes de standard préparé plus les courbes d'étalonnages des métaux recherchés

1.1. Le Plomb

1.1.1. Gamme des standards pour le plomb

std	C	Abs
	mg/l	u, a
std 1	0	0,00E+00
std 2	0,5	0,018
std 3	2	0,055
std 4	3,5	0,088

1.1.2. Courbe d'talonnage du Pb

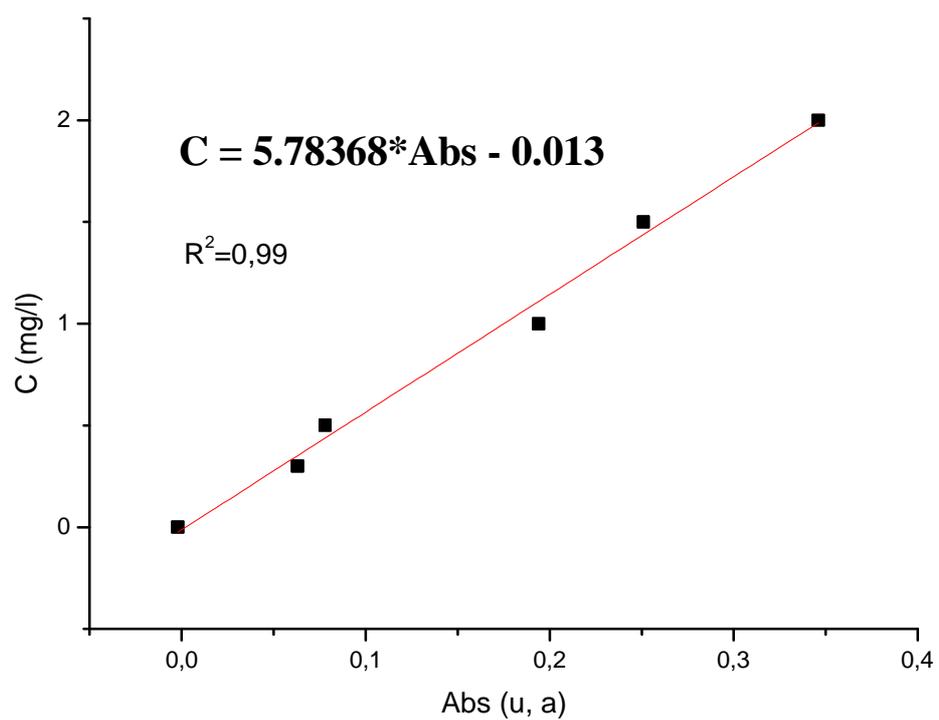


1.2. Le Cadmium

1.2.1. Gamme des standards pour le cadmium

std	C	Abs
	mg/l	u, a
std 1	0	0
std 2	0,3	0,063
std 3	0,5	0,078
std 4	1	0,194
std 5	1,5	0,251
std 6	2	0,346

1.2.2. Courbe d'étalonnage du cadmium (cd)

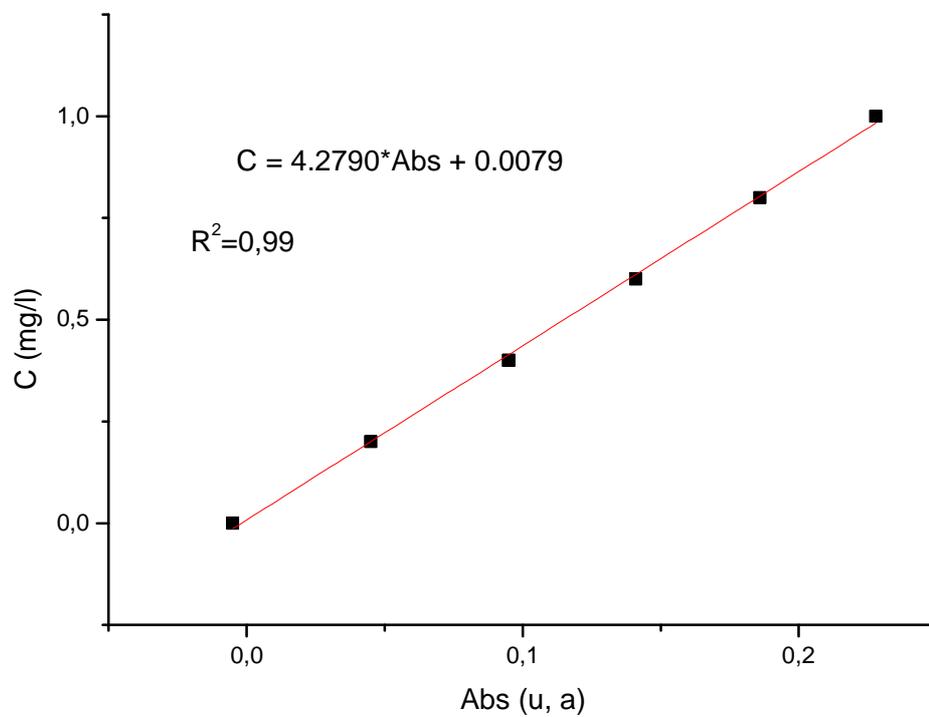


1.3. Le Zinc

1.3.1. Gamme des standards pour le zinc

std	C	Abs
	mg/l	u, a
std 1	0	0
std 2	0,2	0,045
std 3	0,4	0,095
std 4	0,6	0,141
std 5	0,8	0,186
std 6	1	0,228

1.3.2. Courbe d'étalonnage du Zinc (Zc)



1. Conditions expérimentales

1.1. Etalonnage en énergie

L'étalonnage en énergie nous permet l'identification des radionucléides selon leurs énergies. Ce dernier est effectué à d'une source d'énergies connu qui est l' ^{152}Eu dont son énergie va de 121,78

A 1408,02 keV.

- **Bruit de fond**

Le bruit de fond est le comptage ou l'enregistrement d'un spectre dans des conditions normales d'utilisation de la chaîne de mesure en l'absence de la source dont on veut mesurer le rayonnement. La connaissance de ce bruit de fond est utile pour améliorer la justesse des résultats de mesure de l'activité, notamment dans le cas des traces (Le petit, et GRANIER, 2002).

1.2. Calibration en efficacité :

La détermination de l'activité des radionucléides contenus dans les échantillons analysés nécessite la mesure de l'efficacité de détection. L'efficacité de détection est définie comme étant le rapport du nombre de photons détecté sur le nombre des photons émis par l'échantillon.

L'efficacité de détection ε est calculée par la formule suivant:

$$\varepsilon(E) = \frac{N}{A.I.t}$$

Avec :

N : est le nombre de coups détectés dans le rais étudié,

A : est l'activité de la source standard corrigée à la date de comptage en Bq/g

t : le temps de comptage en seconde

I: la probabilité d'émission radioactive de chaque énergie, donnée tabulé.

Tableau 1 : efficacités des différentes énergies d'Eu du standard sédiment

Energie (keV)	intensité	temps de comptage (s)	avtivité corrigée (Bq)	Nbr de coups	N/N (%)	efficacités	efficacités (%)
121,78	0,284			1,11E+06	0,1	0,07204	7,2044
244,7	0,0754			113024	0,4	0,02771	2,77107
344,28	0,2652			317834	0,19	0,02216	2,21552

411,126	0,02246	151181,65	357,81	18862	1,25	0,01552	1,55248
443,96	0,031			23665	1,07	0,01411	1,41122
778,92	0,1294			53577	0,54	0,00765	0,76541
867,39	0,0423			13005	1,57	0,00568	0,56835
964,05	0,146			44403	0,55	0,00562	0,56222
1085,84	0,1009			26566	0,75	0,00487	0,48672
1112,09	0,1356			36864	0,61	0,00503	0,50256
1408,02	0,208			42931	/	0,00382	0,38155

Le radionucléide le plus répondu de nos jours pour la préparation des standard est l' ^{152}Eu . Il permet un étalonnage de l'énergie 121 keV jusqu'à 1400 keV, grâce aux différents raies γ intenses. Cet étalonnage consiste à calculer pour chaque énergie de ^{152}Eu son efficacité ce qui nous a permis de tracer la courbe d'efficacité en fonction de l'énergie voir la figure suivant :

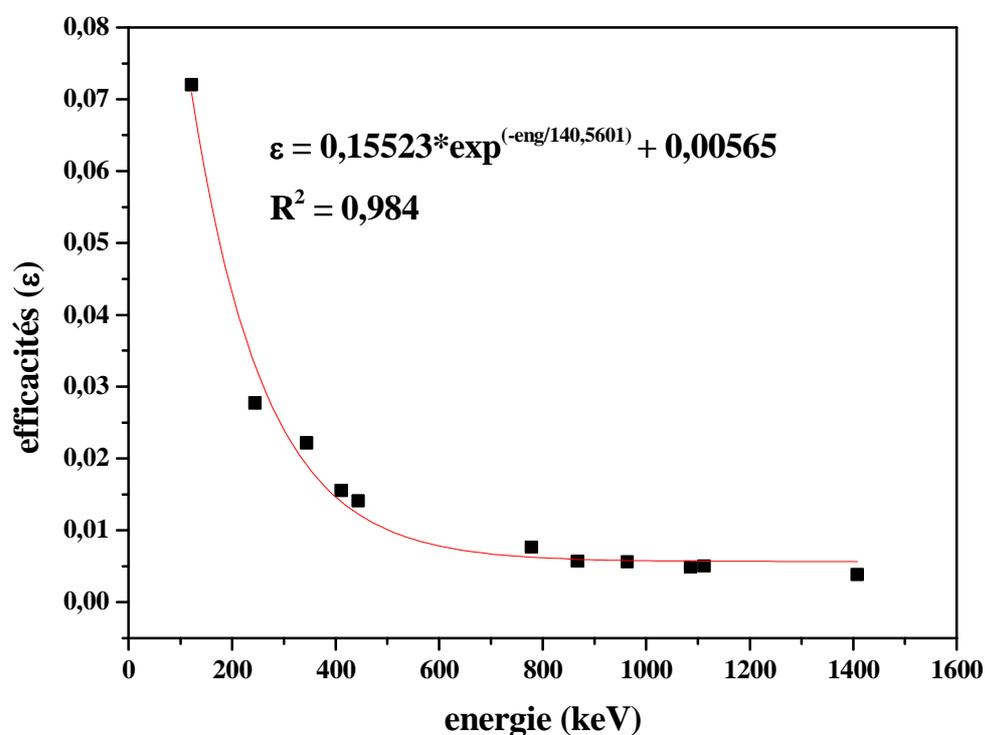


Figure 1 : courbe d'efficacité de l' ^{152}Eu en fonction de l'énergie

- **Efficacité des éléments d'intérêt étudiés**

C'est à partir de la courbe d'étalonnage d'efficacité de ^{152}Eu on déduit les efficacités des éléments étudiés voir le tableau suivant :

Tableau 2 : Efficacité des différents radioéléments étudiés

élément	énergie	efficacité	intensité
	keV		%
^{226}Ra	186,1	0,04695	3,3
^{214}Pb	352	0,01834	37,1
^{214}Bi	609,3	0,00768	46,1
^{137}Cs	661,6	0,00705	85,2
^{40}K	1460,8	0,00565	10,7

Les efficacités ont pour rôle de déterminer les activités spécifiques des radioéléments étudiés émetteurs gamma par unité de masse (Bq/Kg)

1.3. Comptage des échantillons

Les échantillons du sol et l'eau évaporée ont été comptés dans la chaîne de détection N° 2 pendant un temps variant entre 24 et 72 h.

1.4. Evaluation de l'activité et son l'incertitude :

L'activité spécifique en Bq/Kg pour les échantillons solide ou Bq/l pour les échantillons liquide est liée directement à la surface de pic selon l'expression suivante :

$$A = \frac{N_R}{\varepsilon.t.I.G}$$

Où

$N_R = N_{\text{net}} - N_{\text{BF}}$: est le comptage réel en coups ;

ε : est l'efficacité ou rendement de détection ;

t : temps de comptage en seconde ;

I : la probabilité d'émission radioactive de chaque énergie, donnée tabulé;

G : facteur de géométrie (mass ou volume).

Tableau 3 : Activité spécifique (Bq/Kg) des différents échantillons de sédiment de la baie de Bou-Ismaïl et de la baie d'Alger

Eléments	²²⁶ Ra	²¹⁴ Pb	²¹⁴ Bi	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
	E=186.1 keV	E=352 keV	E=609.3 keV	E=661.6 keV	E=1460.8 keV
	I=0.33	I=0.371	I=0.641	I=0.852	I=0.107
	ε=0.04695	ε=0.0183	ε=0.0076	ε=0.00705	ε=0.00565
Echantillon					
Station Dessalement Baie de Bou- Ismaïl t = 172800 s	43.811±1.329	25.254±0.513	26.432±0.7071	ND	250.874±4.948
Ferme marine Baie de Bou- Ismaïl t = 172800 s	14.416±0.738	7.356±0.255	7.834±0.362	ND	19.415±1.367
El harrache Baie d'Alger t = 86400 s	55.352±2.083	22.677±0.671	23.557±0.927	ND	283.680±7.4164
El hamize Baie d'Alger t = 172800 s	46.201±1.363	24.064±0.502	25.680±0.697	ND	249.822±4.938

L'incertitude absolue sur l'activité est donnée par la relation suivante :

$$\frac{\Delta A}{A} = \sqrt{\left(\frac{\Delta N_R}{N_R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta G}{G}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2}$$