

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة 8 ماي 1945 قالمة  
Université 8 Mai 1945 Guelma  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



## Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière: Sciences Biologiques  
Spécialité/Option: Biologie Moléculaire et Cellulaire  
Département: Biologie

### Thème:

---

**Histologie de la glande digestive de deux Mollusques Bivalves (*M. galloprovincialis* et *Donax trunculus*) colonisant le golfe d'Annaba- l'Est Algérien**

---

### Présenté par :

- Dramnia Alima
- Gaham Leila
- Gheraibia Amina

### Devant le jury composé de :

- |                                 |                      |
|---------------------------------|----------------------|
| -Président : Sansri S. (MCB)    | Université de Guelma |
| -Examineur : Boukemara H. (MCB) | Université de Guelma |
| -Encadreur : Drif F. (MCB)      | Université de Guelma |

Juillet 2019

## *Remerciements*

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.*

*En premier lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mme: (Drif Fahima), son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.*

*Nous tenons à remercier Mme Sansri S. de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance.*

*Nos remerciements s'adressent aussi à Mme Boukamara H. d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Merci*

## *Dédicace*

*Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience afin de réaliser ce modeste travail que*

*je dédie :*

*A chère mon père qui toujours m'a aidé que Dieu le garde.*

*A ma très chère maman qui ma donnée la vie que Dieu me la garde.*

*A mes deux sœurs (Chaima et Malak).*

*A mon frère (Abd El Mouiz).*

*A mes tantes et mes oncles.*

*A mes cousins et cousines.*

*A toute la promotion de M2 en biologie moléculaire et cellulaire.*

*Je dédie également ce travail à tous mes amis, collègues et tous ceux qui m'ont*

*aidée de près ou de loin et plus particulièrement mes respectueuses camarades de mémoire de fin de cycle Alima et Leïla.*

*Amina*

## *Dédicace*

*J'ai l'honneur et le plaisir de dédier ce modeste travail à ceux qui ont donné le meilleur d'eux même pour que j'arrivai à ce stade à mes parents en mémoire d'un amour éternel.*

*Mon père*

*Qui sacrifie sa vie pour rendre la mienne pleine de bonheur et de joie et pour sa compréhension*

*Ma mère*

*Pour ses sacrifices et sa gentillesse, pour leur dévouement et leur soutien morale durant toutes ces années.*

*A mes sœurs WAFIA et BOCHRA et SALSABILE et le magnifique frère YUCEF*

*A toute ma famille sans oublier mes tantes RABIAA et FAHIMA et MOUNA*

*A tous mes amis et mes collègues et spécialement à mes chères amies ALIMA et AMINA*

*A tous les enseignants de Mastère deux de la biologie moléculaires et cellulaire*

*Surtout ma très chère mère MALIKA et mon père EL SEBTI*

*Sans oublier mes grandes mères et mon grand père.*

*Leïla*

## *Dédicace*

*A l'aide d'Allah, le tout puissant, j'ai pu réaliser ce travail  
que je dédie :*

*Tout d'abord je tiens à remercier mes très chers parents  
pour le courage et la sacrifice qui m'ont aidé pendant la  
durée de mes études.*

*Je dédie aussi ce travail à mes sœurs et surtout à mon  
fiancé et toute ma belle famille*

*A mon trinôme : Laïla et Amina et tous mes amis*

*Nous tenons à remercier nos enseignants à l'université  
depuis la première année.*

*Nos remerciements vont également à toutes les personnes  
qui nous ont aidés de près ou  
loin pour la réalisation de ce mémoire*

*Alima*

# Table des matières

## Liste des figures

## Liste des abréviations

<b>I. INTRODUCTION</b> .....	1
<b>SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>II. GENERALITE SUR LA POLLUTION</b> .....	4
1. Types de pollution.....	4
1.1. Pollution atmosphérique.....	4
1.2. Pollution des sols.....	4
1.3. Pollution des eaux.....	4
2. Les polluants.....	5
2.1. Les polluants du milieu aquatique.....	5
2.1.1. Eaux usées.....	6
2.1.2. Hydrocarbures.....	6
2.1.3. Pesticides.....	8
2.1.4. Métaux lourds.....	10
2.2. Impact des polluants sur le milieu marin.....	11
3. Effets toxiques.....	14
<b>III. GENERALITES SUR LES MOLLUSQUES BIVALVES</b> .....	17
1. L'espèce <i>Mytilus galloprovincialis</i> .....	17
1.1. Morphologie et physiologie.....	17
1.1.1. Morphologie.....	17
1.1.2. Physiologie.....	19
1.2. Systématique.....	21
1.3. Ecologie.....	21
2. L'espèce <i>Donax trunculus</i> .....	22
2.1. Description de l'espèce.....	22
2.2. Morphologie et physiologie.....	23
2.2.1. Morphologie.....	23
2.2.2. Physiologie.....	24
2.2.2. Systématique.....	26
2.2.3. Bioaccumulation des métaux lourds chez les moules.....	12
<b>IV. MATERIEL ET METHODES</b> .....	28

1. Matériel .....	28
1.1. Lieu d'étude.....	28
1.2. Choix des sites.....	28
1.2.1. Présentation des sites de prélèvement de <i>Mytilus galloprovincialis</i> .....	28
1.2.2. Présentation des sites de prélèvement de <i>Donax trunculus</i> .....	30
1.3. Choix des espèces.....	31
1.4. Prélèvement des espèces.....	32
2. Méthodes .....	32
2.1. Méthode histologique .....	32
<b>V. Résultats et discussion.....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1. Résultats .....	35
2. Histologie de la glande digestive.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3. Discussion .....	40

**Conclusion et perspectives.**

**Références bibliographiques**

**Résumé**

**Abstract**

**ملخص**

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Origines et natures de différentes sources de pollution du milieu aquatique (source : les Dossiers scientifiques du CNRS : l'eau).	<b>5</b>

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Cycle géochimique simplifiée des métaux lourds.	<b>11</b>
<b>2</b>	<i>Mytilus galloprovincialis</i> .	<b>17</b>
<b>3</b>	Anatomie de la moule.	<b>18</b>
<b>4</b>	Anatomie du tube digestif de <i>Crassostrea gigas</i> .	<b>20</b>
<b>5</b>	Echantillonnage de <i>Donax trunculus</i> .	<b>22</b>
<b>6</b>	Anatomie interne de <i>Donax trunculus</i> .	<b>24</b>
<b>7</b>	Morphologie interne de l'espèce <i>D. trunculus</i> (-A- individu mâle ; -B- individu femelle).	<b>24</b>
<b>8</b>	Carte géographique de la côte d'Annaba, représentant les sites d'échantillonnages.	<b>28</b>
<b>9</b>	Site d'El-Henaya.	<b>29</b>
<b>10</b>	Site de Seybouse.	<b>29</b>
<b>11</b>	Site de Boukhemira.	<b>30</b>
<b>12</b>	Site d'El-Bttah.	<b>30</b>
<b>13</b>	Site de Sidi Salem.	<b>31</b>
<b>14</b>	Site de Boukhemira.	<b>31</b>
<b>15</b>	Observations microscopiques de la glande digestive des individus mâles de <i>M. galloprovincialis</i> collectées au niveau des sites d'échantillonnage du golfe d'Annaba, pendant le mois de mars 2019. Colorations des coupes histologiques à l'Hématoxyline-Eosine avec grossissement ( <b>G×100 pour A et G×400 pour B, C, D, E et F</b> ).	<b>36</b>
<b>16</b>	Observations microscopiques de la glande digestive des individus femelles de <i>M. galloprovincialis</i> collectées au niveau des sites d'échantillonnage du golfe d'Annaba, pendant le mois de mars 2019. Colorations des coupes histologiques à l'Hématoxyline-Eosine avec grossissement ( <b>G×100 pour G et G×400 pour H, I, J, K et L</b> ).	<b>37</b>
<b>17</b>	Observations microscopiques de la glande digestive des individus mâles de <i>D trunculus</i> collectées au niveau des sites d'échantillonnage du golfe d'Annaba, pendant le mois de mars 2019. Colorations des coupes histologiques à l'Hématoxyline-Eosine avec grossissement	<b>38</b>

	<b>(G×100 pour M et G×400 pour N, O, P, Q et R).</b>	
<b>18</b>	Observations microscopiques de la glande digestive des individus femelles de <i>D trunculus</i> collectées au niveau des sites d'échantillonnage du golfe d'Annaba, pendant le mois de mars 2019. Colorations des coupes histologiques à l'Hématoxyline-Eosine avec grossissement <b>(G×100 pour S et G×400 pour T, U, V, W et X).</b>	<b>39</b>

## Liste des abréviations

**%** : Pour cent

**°** : Degrée

**µm** : Micro mètre

**a** : Anus

**Al** : Altération des lamelles

**As** : Arsenic

**b** : Bouche

**C** : Carbon

**C1** : Conduits primaires

**C2** : Conduits secondaires

**cd** : C □ cum digestif

**cd**: Les cellules digestives

**cf** : Cellules flagellées

**Cm3** : Centimètre

**cs** : Cellules sécrétrices basophiles

**D** : *Donax*

**DC** : Débris cellulaires dans la lumière

**e** : Estomac

**ETM** : Eléments traces métalliques

**f** : Fibrocytes

**Fb** : Fibrose

**FCA** : Fragmentation du cytoplasme apical

**G** : Gramme

**G×400, G×100**: Grossissement

**gi** : Goooutière intestinale

**gr 2** : Granulocytes

**Gr** : Granulocytes

**H** : Hydrogen

**H<sub>2</sub>O** : Molécule d'eau

**HAP** : Les hydrocarbures aromatiques polycycliques

**HC** : Hydrocarbures

**Hg** : Mercure

**ia** : Intestin ascendant

**IH** : Infiltrations hémocytaires

**Km** : Kilomètre

**Km<sup>2</sup>** : Kilomètre carré

**L** : Litres

**LD** : Dilatation de la lumière

**Lu** : Lumière du tubule

**M** : Molaire

**M** : *Mytilus*

**M.E.S** : Matières en suspension

**Cd** : Cadmium

**ma1** : Macrophages

**mm** : Millimètre

**Mn** : Manganèse

**N** : Nétrogen

**n** : Un nombre entier

**NC** : Nécroses cellulaires

**NT** : Nécroses des tubules

**O** : Oxygénés

**Pb** : Plomb

**PCB** : Polychlorobiphényles

**pH** : Potentiel hydrogène

**py** : Pylore

**R** : Cryptes

**re** : Rectum

**RE** : Rétrécissement des cellules  
épithéliales

**RLB** : Une rupture de la lame basale

**S** : Sulfur

**s.st** : Sac du stylet

**t** : Tubules digestifs

**Tab** : Tableau

**td** : œsophage

**TI** : Le tissu interstitiel

**Z1** : Sites

# *Introduction*

## I. INTRODUCTION

La pollution est une dégradation des écosystèmes par l'introduction de substances étrangères ou de radiations qui altèrent la santé des êtres vivants. Elle intervient dans l'eau, l'air et le sol. Spécialement, la pollution des milieux aquatiques résulte du rejet dans cet environnement par les activités humaines de quantités excessives de produits physiques et chimiques toxiques (**Galloway et al., 2006**). Dont, des fortes concentrations de molécules des pesticides, des hydrocarbures et des métaux lourds sont rejetées dans les mers (**Joiris et al., 2000 ; Sarkar et al., 2006**).

À nos jours, les problèmes résultants de cette menace sont devenus une préoccupation majeure. Leur évolution rapide, a conduit la communauté des nations à élaborer des instruments juridiques de protection de l'environnement sous forme de conventions et de protocoles internationaux. Cependant, l'état de l'environnement ne cesse de se dégrader et la vision protectionniste se trouve confrontée à de nombreuses limites (**Clausen, 2008**).

La pression anthropogénique exercée sur l'environnement marin, constitue un problème écologique réel, en particulier dans les pays industrialisés. La ville d'Annaba est un siège de forte activité industrielle qui contribue aux rejets de multiples polluants tels que les pesticides et les métaux lourds. Ces derniers qui découlent ont pour endroit de convergence le milieu marin (**Bouzeraa et al., 2004**). Ceci a permis la mise au point d'outils de biosurveillance écotoxicologique appelés biomarqueurs qui rendent compte des niveaux de pollution auxquels sont soumis les bio-indicateurs (**Lavado et al., 2006**).

L'altération actuelle de l'écosystème aquatique est favorisée aussi bien par la poussée démographique que par les progrès de la technologie industrielle (**Neveu et al., 2001**). En raison que, les côtes sont depuis longtemps les lieux privilégiés d'installation des villes, des ports et des industries. Néanmoins que, l'eau est devenue l'un des plus importants véhiculant des déchets domestiques et industriels, malheureusement la qualité des hydro-systèmes s'est retrouvée ainsi peu à peu altérée par la diversité des polluants rejetés dans ce milieu.

Il existe plusieurs espèces aquatiques utilisées comme bio-indicateur tels que les mollusques bivalves. Dont, ils sont caractérisés par la présence d'une coquille et un mode de vie presque exclusivement sessile (**Ruppert & Barnes, 1994**). En tant que filtreurs, les bivalves sont aussi de meilleur modèle représentatif pour les études de l'effet du stress sur le mécanisme de défense antioxydant (**Verlecar et al., 2006**). Ces coquillages jouent un rôle important dans

l'équilibre et la constitution de l'écosystème. Ils représentent des consommateurs primaires au niveau de la chaîne trophique et des aliments comestibles par les populations côtières. Parmi les espèces les plus abondantes sur notre littoral le bivalve *Donax trunculus* qui est largement utilisé dans plusieurs travaux (Usero *et al.*, 2005 ; Gaspar *et al.*, 1999 ; Drif & Abdenour, 2010 ; Moukrim *et al.*, 2004 ; Beldi *et al.*, 2006 ; Sifi *et al.*, 2007). Egalement, des études sur l'impact écotoxique des polluants chez *Donax trunculus* et chez *Mytilus galloprovincialis* le long du golfe d'Annaba ont été réalisés (Beldi *et al.*, 2006 ; Sifi *et al.*, 2007, Abdenour *et al.*, 2005). Cette côte a connu un énorme drainage de contaminants (urbains, agricole et industriels) avec ces eaux (Semadi & Deruelle, 1993 ; Abdenour *et al.*, 2000).

Enfin, l'objectif de cette étude est d'interpréter des lectures histologiques des lames effectuées au cours de la période d'essai le mois de mars 2019. L'échantillonnage d'intérêt c'est la glande digestive pour les deux espèces *D. trunculus* et chez *M. galloprovincialis* récoltées le long de la côte d'Annaba.

*Synthèse*

*bibliographique*

### II. GENERALITE SUR LA POLLUTION

La pollution et la contamination sont deux expressions couramment naturelles ou de synthèse employées pour désigner l'accumulation anormale et exogène. Généralement, due à une activité humaine, d'éléments ou de composés minéraux, organiques ou d'agents pathogènes dans un milieu donné, dont la qualité se trouve affectée (**Chassin et al., 1996**). Une pollution est définie comme une introduction dans l'environnement (air, eau, sol) des molécules xénobiotiques possédant des propriétés toxiques même à de très faibles concentrations (**coleman et al., 1997**).

Egalement, une substance toxique est susceptible de nuire à un individu lorsqu'elle s'introduit dans son organisme. Plusieurs voies de d'exposition existent. En effet, certaines substances peuvent pénétrer dans l'organisme par simple contact avec la surface cutanée. Outre, par inhalation et ingestion. De ce fait, l'exposition provoque en parallèle une intoxication et une perturbation de fonctions vitales, pouvant entraîner la mort (**Ramad, 2000**).

#### 1. Types de pollution

**1.1. Pollution atmosphérique:** La pollution de l'air est une altération par un agent chimique, physique ou biologique qui modifie les caractéristiques naturelles de l'atmosphère. Ces polluants peuvent être d'origine naturelle ou anthropique et concerner l'air atmosphérique et/ou l'air intérieur des espaces clos (véhicules, maisons, usines, bureaux). Ainsi, ce type de pollution provoque des maladies respiratoires dangereuses et mortelles (**Cazalet, 2000**).

**1.2. Pollution des sols:** La pollution du sol désigne toutes les formes de pollution touchant n'importe quel type de sol (agricole, forestier, urbain, etc...). Un sol pollué devient à son tour une source possible de diffusion directe ou indirecte de polluants dans l'environnement, via l'eau, les envols de poussières, émanations gazeuses ou via une concentration et transfert de polluants par des organismes vivants (bactéries, champignons, plantes à leur tour mangés par des animaux) <sup>1</sup>.

**1.3. Pollution des eaux:** La pollution de l'eau correspond à la présence dans l'eau de minuscule organismes extérieurs, de produits chimiques ou de déchets industriels. Cette pollution due principalement aux activités humaines entraîne une dégradation de la qualité de l'eau et perturbe particulièrement le milieu aquatique. D'où l'activité humaine exerce une pression progressive sur les milieux marins (**Rao et al., 2007**).

## 2. Les polluants

Sont des altéragènes biologiques, physiques ou chimiques, qui au-delà d'un certain seuil, et parfois dans certaines conditions (potentialisation), développent des impacts négatifs sur tout ou partie d'un écosystème. Non seulement les métaux lourds dégradent l'écosystème entraînant des risques, mais aussi les organochlorés, les pesticides, les hydrocarbures, et la pollution microbienne et virale affectent abusivement l'environnement (UNEP/WHO, 1999).

**2.1. Les polluants du milieu aquatique:** Ce milieu est ciblé par une contamination due au rejet des effluents pollués (activités humaines, industrielles, urbaines ou agricoles), induisant différentes formes de pollution (physique, chimique et biologique) (Tab. 1). Le déversement dans le milieu aquatique de substances ou d'effluents contaminés n'est pas la seule cause de pollution des eaux de surfaces ou souterraines. En effet, l'eau de pluie permet aux polluants rejetés dans l'atmosphère de retomber sur les sols et les zones polluées. Par ruissellement et/ou infiltration, ces xénobiotiques peuvent alors rejoindre le milieu aquatique. Dont de très nombreuses molécules sont donc susceptibles de polluer les écosystèmes aquatiques. (Zaimeche, 2015).

Egalement, les métaux lourds (cadmium, zinc, plomb, chrome,...) sont considérés comme des micropolluants puisqu'ils sont présents dans les différents compartiments de l'environnement à l'état de trace. Ils n'en demeurent pas moins des composés dangereux pour les êtres vivants, de par leur toxicité mais également leur persistance (Dirilegen, 2000 ; Chouteau, 2004).

**Tableau 1 :** Origines et natures de différentes sources de pollution du milieu aquatique (source : les Dossiers scientifiques du CNRS : l'eau, Chouteau, 2004).

Type de pollution	Nature	Origines
<b>Physique</b>	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques, nucléaires
	M.E.S. (matières en suspension)	Rejets urbains, érosion des sols
<b>Chimique</b>	Matière organique	Effluents domestiques, agricoles, Agroalimentaires
	Fertilisants (nitrate, phosphate)	Agriculture, lessives
	Métaux (Cd, Pb, Hg, Al, As...)	Industrie, agriculture, déchets
	Pesticides (insecticides, herbicides, Fongicides)	Industrie, agriculture
	Organochlorés (PCB, solvants)	Industries

	Composés organiques de synthèse	Industries
	Détergents	Effluents domestiques
	Hydrocarbures	Industrie pétrolière, transports
<b>Biologique</b>	Bactérie, virus, champignons	Effluents urbains, agricoles

**2.1.1. Eaux usées:** La pollution engendrée par le déversement des eaux usées est l'une des formes les plus répandues et les plus dommageables pour l'ensemble des écosystèmes marins côtiers (**Espinosa et al., 2007**). Lorsqu'elles ne sont pas traitées convenablement, les eaux usées d'origine domestiques transportent avec elles des quantités excessives de nutriments, des bactéries pathogènes et de matières en suspension (**Siung-Chang, 1997**). Le rejet croissant des eaux usées favorise le phénomène d'eutrophisation. Ce dernier est défini comme étant l'enrichissement des eaux par les nutriments, spécialement les composés azotés et les composés phosphorés causant ainsi l'accélération de la croissance du phytoplancton (**Smayda, 2008**).

**2.1.2. Hydrocarbures:** Les hydrocarbures sont des molécules formées d'une association d'atomes de carbone et d'hydrogène ayant une formule générale (C<sub>x</sub>, H<sub>y</sub>). Ils représentent la plus importante source de pollution des eaux océaniques. Elle intervient soit accidentelle ou volontairement (**Galaf & Ghannam, 2003**). Ainsi en milieu marin peuvent être naturelles et/ou anthropogéniques. Ils sont groupés selon leur composition chimique en:

- **Les hydrocarbures saturés ou les alcanes :**

- **Les alcanes linéaires (n-alcanes):** Leur longueur varie de 7 à 40 atomes de carbones, constituent une des classes les plus abondantes (10 à 40 % des hydrocarbures totaux d'un brut pétrolier léger et peuvent atteindre dans certains cas 60 %) (**Soltani, 2004**).

**Les alcanes ramifiés:** Les plus abondants sont les iso-alcanes (groupement méthyles en position 2), les autres composés ramifiés (groupement méthyle en position 3) ou polyramifiés tels que les isoprénoides (exemples: pristane, phytane) sont beaucoup moins nombreux. Ces composés se trouvent dans le pétrole brut dans des proportions sensiblement égales à celles des n-alcanes. Le pétrole brut d'origine fossile ne contient en général pas d'alcènes.

- **Les cycloalcanes:** Ils renferment des composés cycliques (à 5 ou 6 atomes de carbone) saturés et le plus souvent substitués. Quelques dérivés polycycliques sont aussi présents et

certaines d'entre eux tels les stéranes et les triteranes sont caractéristiques d'un pétrole brut. Cette famille peut représenter entre 30 et 50 % des hydrocarbures totaux d'un pétrole brut.

- **Les hydrocarbures insaturés :**

- **Les hydrocarbures à doubles liaisons (Alcènes) :**

Les alcènes sont des HC de formule brute  $C_nH_{2n}$  dont la chaîne carbonée renferme une double liaison  $C=C$ . On dit que la molécule est insaturée. Le nom d'un HC insaturé avec double liaison est formé par le préfixe de l'HC saturé correspondant. La terminaison ane devient ène.

- **Les hydrocarbures à triples liaisons (Alcynes) :**

Ce groupe d'HC insaturés de formule brute  $C_nH_{2n-2}$  comportant une triple liaison  $C\equiv C$ . Le nom se déduit de celui de l'alcane en remplaçant le suffixe "ane" par "yne" dans la plus longue chaîne carbonée contenant la liaison multiple. La position de la triple liaison dans la chaîne principale est indiquée par un indice placé avant le suffixe «yne». Les atomes de carbone portant la triple liaison doivent avoir les plus petits indices.

- **Hydrocarbures avec doubles et triples liaisons :**

On utilise le préfixe de l'HC saturé et une terminaison éne-yne. Les liaisons multiples ont les indices les plus bas possibles. S'il subsiste un choix, la double liaison à l'indice le plus bas.

- **Hydrocarbures monocycliques saturés et insaturés :**

- **Hydrocarbures monocycliques saturés :** Le nom d'un HC monocyclique saturé se forme en accolant le préfixe cyclo- au nom de l'HC acyclique saturé.

Les noms des radicaux sont obtenus en remplaçant la terminaison ane en yle.

- **Hydrocarbures monocycliques insaturés :** Comme un monocycle saturé avec une terminaison ène, diène,..., yne, diyne, etc

- **Hydrocarbures monocycliques aromatiques :** Un composé mono- ou polycyclique est aromatique lorsque :

- . Il possède des doubles liaisons alternées.

- . Il comprend  $(4n + 2)$  électrons  $\pi$  ; n étant un nombre entier.

- **Les hydrocarbures aromatiques :**

Plusieurs familles d'hydrocarbures aromatiques et poly-aromatiques dont le nombre de noyaux varie de 2 à 6 sont présentes dans le pétrole brut. Ces composés sont dominés par des composés mono-, di- et tri- aromatiques (Neff, 1979). En général, les hydrocarbures aromatiques sont moins abondants que les alcanes, et ne représentent que 10 à 30 % des hydrocarbures totaux d'un brut pétrolier (Bertrand *et al.*, 1989). Les hydrocarbures aromatiques sont séparés en 02 groupes distincts:

- Les hydrocarbures mono-aromatiques: Les hydrocarbures mono-aromatiques forment une des grandes classes de composés aromatiques présents dans l'environnement avec les hydrocarbures chloro-aromatiques. (Vandecasteele, 2005). La production naturelle principale de composés mono-aromatiques provient de la dégradation de la lignine (Vandecasteele, 2005).
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques(HAP): Ils sont des composés organiques hydrophobes issus de la combustion incomplète des matières carbonées. Ces molécules sont constituées, au sens strict, d'atomes de carbone et d'hydrogène. Leur arrangement en structure cyclique comporte au moins deux cycles aromatiques condensés de type benzène (Cerniglia, 1992). Les HAP sont des polluants ubiquistes détectés dans tous les écosystèmes, des régions polaires aux tropiques (Wilcke, 2007).
- **Les composés polaires (les composés N, S, O) :**  
Ce sont, en général, des constituants mineurs d'un pétrole brut (Lefebvre, 1978), à l'exception des pétroles très lourds, les dérivés soufrés sont dans la plupart des cas plus abondants que les composés oxygénés ou azotés (Bertrand *et al.*, 1989) ;
  - Composés azotés : pyridines, quinoléines,....
  - Composés soufrés : mercaptans, sulfures, disulfures,...
  - Composés oxygénés : phénols, acides carboxyliques, alcools, aldéhydes,....

- **Les asphaltènes et les résines :**

Les asphaltènes et les résines sont des composés lourds et fonctionnalisés (composés non-hydrocarbonés), de structure chimique complexe à base de cycles aromatiques condensés, de naphthéno aromatiques, de ramifications et d'hétéroatomes (Boukir *et al.*, 1998).

**2.1.3. Pesticides:** Un pesticide est une substance, ou un mélange de substances, utilisé pour empêcher d'agir, détruire ou neutraliser un ravageur, un vecteur de maladie humaine ou animale, une espèce végétale ou animale nocive (FAO, 1986). Les raisons motivant

l'utilisation de ces produits sont simples. En fait, en agriculture, l'utilisation des pesticides assure une meilleure stabilité du rendement. Ainsi de réduire la perte des récoltes par les maladies fongiques. Notamment, les insectes et les rongeurs lors de leur entreposage. Egalement, les pesticides sont utilisés pour la protection des bâtiments agricoles et des matériels d'élevage (**Calvet et al., 2005**).

Les pesticides sont constitués d'une ou de plusieurs substances actives, d'adjuvants pour faciliter ou accélérer l'action toxique des substances actives sur les organismes ciblés et d'un diluant généralement inerte. Une fois dans l'environnement les substances actives seront dissociées des adjuvants et auront par conséquent un effet toxique parfois moindre par rapport au produit en formulation commerciale (**Lipok et al., 2010**). Cependant, bien qu'atténuée, la fonction toxique demeure et provoque des effets indésirables sur les écosystèmes (**Prosser & Hart, 2005**).

Devant le nombre considérable de pesticides (plus de 20000 produits de pesticides avec presque 900 substances actives sont utilisés comme herbicides, insecticides, fongicides, rodenticides, miticides, préservatifs de bois, fumigène, et régulateurs de croissance des plantes) (**Weiss et al., 2004**), les fabricants et utilisateurs les classent suivant la nature de l'espèce nuisible contre laquelle ils sont destinés. Les trois principales classes sont:

- **Les insecticides:** Sont destinés à détruire les insectes nuisibles, ils se répartissent en trois grandes familles chimiques : les organophosphorés (diméthoate, malation,...), les carbamates (aldicarbe, carbofuran, et les pyréthrinoïdes de synthèse (bifenthrine, perméthrine,...).

- **Les fongicides:** Servent à combattre la prolifération des champignons phytopathogènes. Ils permettent de lutter contre les maladies cryptogamiques qui causent de graves dommages aux végétaux cultivés. Le mildiou de la pomme de terre, celui de la vigne, les charbons et les rouilles des céréales, représentait autrefois de véritables fléaux. Les plus anciens fongicides connus sont des sels cupriques, le soufre et certains de ses dérivés minéraux. Depuis plusieurs décennies, les composés organiques représentent la part la plus importante: carbamates (carbendazine, mancozèbe,...), triazoles (bromuconazole, triticonazole,...), dérivés du benzène (chlorothalonil, quintozone), dicarboximides (folpel, iprodione,...).

- **Les herbicides:** Ils permettent d'éliminer les mauvaises herbes adventices des cultures. Ils appartiennent à plus de 35 familles chimiques différentes. Les plus représentées sont les

carbamates (chlorprophame, triallate,...), les urées substituées (diuron, chlortoluron,...), les triazines (atrazine, simazine,...), les chlorophenoxyalcanoïques (2,4-D, MCPA,...), les amides (alachlore, propyzamide,...).

**2.1.4. Métaux lourds:** Les métaux lourds aussi appelé éléments traces métalliques (ETM), sont présents dans le milieu marin de façon naturelle et certains sont mêmes essentiels au bon fonctionnement de nombreux processus biologiques. Cependant, des concentrations élevées, de ceux dits non-essentiels, peuvent s'avérer toxiques pour les organismes aquatiques (**Daby, 2006**).

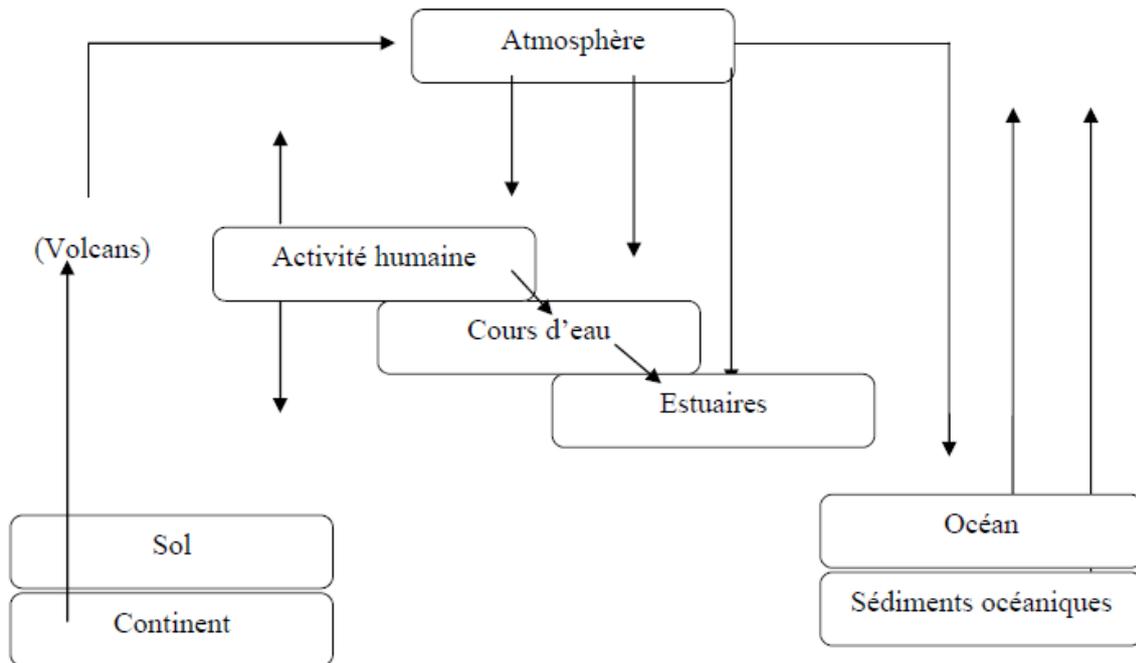
Un métal est une matière, issue le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal, dotée d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie (**Gérard, 2001**). On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, de densité supérieure à 5g/cm<sup>3</sup> et tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du sodium (Z=11).

En milieu aquatique, les métaux existent sous deux forme, dissoute ou particulaire. Les métaux ne peuvent traverser les membranes biologiques par simple diffusion, ils sont alors pris en charge par transport facilité. Le processus de bioaccumulation métallique s'effectue en trois étapes principales: la diffusion du métal vers la surface biologique, la diffusion à travers la couche externe protectrice puis la complexassions du métal à des sites physiologiques inertes ou actifs, affectant ou non le métabolisme (**Campbell & Couillard, 2004**).

L'ensemble des métaux et métalloïdes présentant un caractère toxique pour la santé et l'environnement. Les éléments les plus souvent considérés comme toxique pour l'homme sont le plomb, le mercure, l'arsenic et le cadmium. D'autres comme le cuivre, le zinc, le chrome, sont nécessaires à l'organisme en petites quantités et peuvent devenir toxiques à doses plus importantes (**Boulkrah, 2008**).

Ils peuvent provenir de plusieurs sources d'origine naturelles ou anthropiques. De point de vue qu'ils sont des constituants naturels de la croûte terrestre, ils sont donc toujours présents dans le sol, dans l'eau souterraine et dans l'eau de surface (**Miquel, 2001**). Les formations géologiques, le sol, les océans et l'atmosphère sont les sources des ces éléments traces (**Fig. 1**).

Les propriétés physiques des métaux lourds les plus intéressantes sont: la conduction de chaleur, l'électricité, la dureté, la malléabilité et alliage. Les sources anthropogènes responsables de l'augmentation des flux de métaux traces sont: la pétrochimie, l'énergie fossile, centrales électriques, trafic routier, déchets urbains (**Boukrah, 2008**).



**Figure 1:** Cycle géochimique simplifié des métaux lourds (**Tissoukai et al., 2013**).

**2.2. Impact des polluants sur le milieu marin:** La diversité des molécules présentes dans le milieu rend difficile leur quantification par des méthodes chimiques. Du fait que, la présence de produits de dégradation et de métabolites pour lesquels l'analyse est généralement beaucoup plus délicate, voir même impossible pour certains, pose le problème de l'évaluation de la contamination réelle de l'environnement. Dans ce contexte, l'utilisation de mesure relative à la réponse du système biologique appelé biomarqueur est de plus en plus répondeue.

D'une manière générale, le devenir des pesticides dans le milieu est lié à la forme sous laquelle sont commercialisés les produits (**Getzin, 1985**), à la nature du terrain (**Gerstl, 1990**), aux pratique culturales (**Logan et al., 1987**) et aux conditions météorologiques. Les propriétés physicochimiques des différentes molécules vont conditionner leur transfert vers le milieu aquatique (**Galgani & Bocquené, 1998**).

Egalement, la biogéochimie des pesticides en milieu marin est complexe, la forme particulière

ou libre des composés et leur partition dans les compartiments biotiques et abiotiques vont intervenir sur leur disponibilité chez les organismes vivants. De même, leurs propriétés intrinsèques conditionnent le devenir de ces molécules (**Kenaga, 1972**), les concentrations dans les sédiments et dans les chaînes alimentaires est fréquente et conduit à des niveaux de contamination très importants pour les niveaux trophiques supérieurs (**Ramade, 1992**). L'arrivée de ces pesticides dans l'environnement marin et les perturbations qui peuvent en résulter de la nécessité de la biosurveillance visant à évaluer les niveaux de contamination et permettant de dégager les tendances de l'évolution de la contamination et de l'état de santé des organismes (**Galgani & Bocquené, 1998**). Plusieurs travaux ont reconnu leur effets délétères chez les organismes vivants (**Adedeji & Okocha, 2012 ; Sani & Idris, 2016**) qui n'étaient pas visés par le traitement phytosanitaire (**Maroni *et al.*, 2000**).

Les effets des métaux lourds sur le milieu marin sont considérés comme un grave problème de la pollution. En effet leur excès peut provoquer une altération des mécanismes biologiques, par l'induction de la formation des radicaux libres (**Sensi & Jeng, 2004**) et l'inhibition des activités enzymatiques de certaines antioxydantes (**Splittgerber & Tappel, 1979**). La pollution métallique est l'une des formes de pollution anthropique les plus dangereuses menaçant cette zone. Les métaux lourds sont des micropolluants qui peuvent affecter la salubrité du milieu marin, car ils ne subissent pas de dégradation biologique ou chimique. Ils peuvent de ce fait s'accumuler dans les différents maillons des chaînes trophiques à des concentrations toxiques dans les organismes marins (**Neathery *et al.*, 1975**) on trouvera les métaux de classe intermédiaire (borderline) qui présentent des caractéristiques propres aux deux classes. Cette distinction reflète davantage la facilité des métaux à traverser les membranes cellulaires, à être stockés au sein de granules de détoxification ou à être complexés à des protéines fixatrices de métaux.

### **2.3 Bioaccumulation des métaux lourds chez les moules:**

A l'échelle des organismes aquatiques, les mécanismes de bioaccumulation des métaux traces résultent des actions et des interactions entre trois ensembles de facteurs:

- Les facteurs abiotiques, correspondant aux paramètres physico-chimiques des biotopes (colonne d'eau, sédiments).
- Les facteurs de contamination, traduisant les modalités d'exposition et les capacités de transfert des métaux à partir du milieu environnant (voie directe) et, conjointement, des proies ingérées (voie alimentaire).

- Les facteurs biotiques, caractérisant les propriétés structurales et fonctionnelles des êtres vivants, en relation étroite avec les niveaux d'intégration pris en compte, depuis la base cellulaire jusqu'aux niveaux supérieurs (chaînes et réseaux trophiques).

En conditions naturelles, ces trois ensembles de facteurs sont caractérisés par une très grande diversité et par des variations permanentes, à la fois dans l'espace et dans le temps. D'un point de vue écotoxicologique, la bioaccumulation résulte du bilan entre d'une part, les entrées des métaux, via les processus d'adsorption et d'absorption au travers des barrières biologiques à l'interface "organisme/milieu" (membrane plasmique à l'échelle cellulaire; revêtement cutané, lamelles branchiales, paroi du tractus digestif pour les organismes supérieurs) et les mécanismes de séquestration dans les compartiments tissulaires et cellulaires. D'autre part, les différentes voies d'élimination ou de décontamination. La spéciation chimique des métaux revêt une importance primordiale au regard de ces processus: résultant de l'ensemble des réactions de complexation avec les ligands inorganiques et organiques présents au sein des phases dissoute et particulaire des biotopes (MES, colloïdes, anions en solution, ...) et également dans les matrices biologiques ingérées, la spéciation conditionne l'accessibilité des métaux aux barrières biologiques et leur transport vers les compartiments internes. Selon les pressions de contamination exercées et les modèles biologiques étudiés, les cinétiques de bioaccumulation peuvent différer notablement ainsi que les réponses adaptatives mises en jeu, comme par exemple la biosynthèse de la métallothionéine et son rôle protecteur à l'égard des effets toxiques des métaux (**Boudou, 2004**).

Les moules sont largement considérées comme de bons indicateurs de la contamination du milieu marin dans lequel elles vivent, puisqu'elles possèdent la propriété d'accumuler les contaminants présents dans ce milieu jusqu'à atteindre un équilibre. Ce phénomène de bioaccumulation est à l'origine d'un facteur de concentration entre le milieu et l'organisme pouvant être très élevé, par exemple, une concentration en cadmium dissous de 150 ng/l peut impliquer une teneur dans les moules de 10 ng/kg par rapport au poids sec. Le facteur d'accumulation est donc ici d'environ 13000. La moule qui filtre en continu l'eau de mer pour se nourrir et respirer concentre des quantités énormes d'éléments traces si l'eau est polluée, par contre, elle "relargue" ces éléments si elle se trouve dans une eau propre. Cette biologie particulière désigne cet organisme comme un témoin irréfutable de la pollution marine locale au même titre que certains organismes planctoniques de mers.

**2.4 Voies d'élimination des métaux:** L'élimination de ces éléments chez les bivalves se fait principalement par les voies rénales et digestives (**Roesijadi & Robinson, 1994 ; Marigómez et al., 2002**). Elle peut être réalisée par voie rénale via les processus d'ultrafiltration qui ont lieu au niveau de la glande péricardique qui a été décrite chez *Dreissena polymorpha* (**Giamberini & Pihan, 1996**). L'élimination peut aussi se faire par voie digestive avec la formation de pseudofécès qui correspond au relargage des corps résiduels du tissu digestif, par exocytose au niveau des cellules de la glande digestive (**Morton, 1983 ; Marigómez et al., 2002**). Quant aux métaux séquestrés à l'intérieur des hémocytes des mollusques, ils sont éliminés par migration depuis les tissus intestinaux, à travers la barrière épithéliale, vers la lumière du tube digestif ou vers l'eau environnante par le mécanisme de diapédèse (**Roesijadi & Robinson, 1994**). Enfin, les phénomènes de mue chez les invertébrés aquatiques possédant une cuticule externe participent à l'élimination de métaux, de même que la formation de la coquille, de la dentition ou encore du byssus chez les bivalves (**Mason & Jenkins, 1995**).

### 3. Effets toxiques

L'impact des polluants sur l'écosystème et la santé humaine est un problème inquiétant qui devient de plus en plus préoccupant avec l'augmentation constante du nombre de molécules rejetées dans l'environnement (**Moore, 2002**). Les perturbations environnementales comprennent des combinaisons variées de tous les facteurs de stress (**Moore et al., 2004**). Conduisant à des risques sur la santé des êtres vivants est donc un défi majeur étant donnée la complexité des facteurs potentiellement impliqués, mais requiert la détermination effective des effets néfastes sur la santé des individus, tout comme l'identification de la cause (**Moore, 2002**).

Majoritairement les polluants ne sont pas dégradables et possèdent de longues durées de vie dans les écosystèmes marins. Le comportement des organismes vis-à-vis d'un polluant dépend du xénobiotique considéré. Le plus souvent, le composé est bioaccumulé, puis biotransformé ou excrété. Les effets biologiques des xénobiotiques résultent surtout de la métabolisation ou biotransformation à l'intérieur de l'organisme (**Van der Oost et al., 2003**).

La première barrière pénétrée par les polluants est la membrane plasmique des organismes colonisant les eaux, d'où l'accumulation apparaît plus importante dans les corps de ces êtres vivants que dans leur habitat. Le facteur de bioconcentration sera d'autant plus élevé que l'élimination de la molécule si la pénétration est lente. Outre, pour certains polluants il peut y

avoir une concentration plus importante chez le prédateur par rapport à leur proie. Ainsi, des molécules telles que le mercure se retrouvent à des facteurs de bioconcentration très élevés pour les prédateurs supérieurs (**Marteil, 1974**).

L'introduction d'un polluant se traduit à l'échelle cellulaire par une action directe ou indirecte, conduisant ainsi à des effets délétères sur les systèmes physiologiques comprenant le système reproducteur et endocrinien, la reproduction est reconnue comme un élément essentiel pour le maintien de l'équilibre des communautés dans les écosystèmes. Cependant, de nombreux polluants ont une influence marquée sur la reproduction autant sur le niveau des réserves énergétiques, comme les hydrates de carbone chez les bivalves (**Pellerin-Massicotte et al., 1993**), que sur la modulation endocrinienne (**Blaise et al., 1999**). Plusieurs processus clés de la reproduction (**Tavera-Mendoza et al., 2002 ; Wade et al., 2002**) peuvent être la cible de contaminants qui viendront modifier les actions des hormones et la physiologie de la reproduction (**Gagne et al., 2002**). Mentionnons la gamétogenèse, qui comprend la stéroïdogénèse et la vitellogénèse. Les interactions sont complexes et multiples entre ces processus et les molécules clés qui constituent chaque étape de la régulation du cycle reproducteur chez les mollusques bivalves.

Le système immunitaire, De nombreux contaminants peuvent se retrouver dans les estuaires du fait des activités humaines (agriculture, industrie). De nombreuses études ont évalué les effets de ces substances sur les bivalves. Différents contaminants ou différentes concentrations du même contaminant peuvent provoquer des réponses hématologiques diverses (**Cajarville et al., 1996**).

Et le système respiratoire, les concentrations des polluants sont alors plus élevées dans l'organisme que dans l'eau. Les bivalves filtreurs, en filtrant l'eau pour en retenir les particules nutritives, accumulent les polluants. Si la molécule est plus facilement retenue dans les tissus qu'elle n'en est éliminée, le bilan d'absorption du polluant est positif. Le facteur de bioconcentration sera d'autant plus élevé que l'élimination de la molécule est lente. De plus, pour certains polluants, il peut y avoir une concentration plus importante chez le prédateur par rapport à sa proie. Ainsi, des molécules telles que le mercure se retrouvent à des facteurs de bioconcentration très élevés pour les prédateurs supérieurs (oiseaux, mammifères marins) (**Marteil, 1974**). (**Fournier et al., 2000**).

Du fait de leur caractère hydrophobe les hydrocarbures ingérés par un organisme vont être retenus dans les réserves lipidiques tissulaires (**Lacaze, 1980**) ou biotransformés puis excrétés. La bioaccumulation de ces composés organiques concerne principalement les organismes invertébrés lesquels ne possèdent que de faibles capacités de métabolisation (**Neff, 1979 ; Varanasi et al., 1985**). La concentration maximale d'hydrocarbures pétroliers dans les bivalves exposés au pétrole in situ ou au laboratoire se situe entre 300 et 400 µg/g. Les bivalves diffèrent par leur taux d'accumulation en hydrocarbures, qui résulte probablement de différences dans les taux de filtration et les teneurs en lipides (**Bourgeat, 2002**).

L'effet toxique des métaux lourds sur les organismes marins se fait sentir principalement au niveau cellulaire et moléculaire. Les métaux, en se liant à certains composés organiques, modifient la structure des molécules et empêchent ces dernières de remplir adéquatement leurs fonctions entraînant ainsi le dysfonctionnement ou la mort des cellules. Chez les crustacés, ces effets toxiques affectent tous les stades de développement et peuvent causer des désordres au niveau des fonctions reproductrices et du développement embryonnaire (**Rao et al., 2007**).

Spécialement chez les bivalves, les polluants accèdent aux tissus et aux cellules lors de la nutrition par filtration de l'eau de mer à travers les branchies et des altérations histopathologies peuvent être associées à l'exposition à des contaminants environnementaux (**Gold-Bouchot et al., 1995**). Néanmoins que, les altérations histopathologies des branchies et de la glande digestive chez les bivalves ont reçu une attention inquiétante dans la surveillance de la pollution marine. Les facteurs biotiques et abiotiques qui contribuent à la pathologie des bivalves, restent mal connus (**Au, 2004**).

## II. GENERALITES SUR LES MOLLUSQUES BIVALVES

### 1. L'espèce *Mytilus galloprovincialis*

Le mollusque bivalve *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819), appelé aussi moule méditerranéenne. Il possède une coquille lisse, de forme approximativement triangulaire allongée, avec un bec formant le sommet. Le bord antérieur est droit, tandis que le bord postérieur est largement arrondi. La surface est marquée par des lignes de croissance concentriques. Sa couleur extérieure est noire brunâtre, tandis que l'intérieur est blanc avec une marge violette et une cicatrice musculaire distincte. Elle peut atteindre une longueur de 80 mm. L'espèce colonise les zones rocheuses à des profondeurs 1,5m maximum. Connue par ces caractéristiques filtreuse et sédentaires. Le phytoplancton et la matière organique en suspension présente des aliments à se mollusque dépourvu de dents. L'espèce fait l'objet de plusieurs études (Bayne, 1976 ; Lubet, 1959 ; Lubet & Aloui, 1987). Ce mollusque marin et sessile fait partie des organismes tests (bio-indicateur) les plus recommandés pour la surveillance biologique de la pollution marine (Fig.2).



**Figure 2 :** *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819)

### 1.1. Morphologie et physiologie :

#### 1.1.1. Morphologie:

▪ **Morphologie externe:** La coquille du bivalve *M. galloprovincialis* est formée de deux valves symétriques contractées l'une à l'autre par des muscles adducteurs (le muscle adducteur antérieur et muscle adducteur postérieur) (Jurd, 2000). Ces derniers sont munies d'une charnière courte, sans dents et légèrement replié vers le bas. Bien que, la coquille est recouverte d'un épais périostacum.

▪ **Morphologie interne:** Les mollusques sont munis d'un corps mou non segmenté protégé par une coquille calcaire. Les parties molles du corps sont recouvertes par le manteau qui fait à la fois office de la gonade, lieu de réserve énergétique et assure la synthèse de la coquille. Les deux lobes du corps sont soudés dorsalement près de la bouche constituant la cavité palléale (**Ruppert et al., 2004**). Les mollusques bivalves sont considérés comme acéphales avec un regroupement d'organes sensoriels et une bouche entourée de palpes labiaux qui facilitent l'ingestion des particules alimentaires (**Fig.3**).

Ces espèces possèdent un pied, linguiforme, leur permettant le déplacement et l'enfouissement dans le sable. A la base du pied se trouve une glande qui synthétise des filaments (le byssus) qui par leur solidification au contact de l'eau de mer, assure la fixation de la moule à son substrat (**Fig.3**).

Ils sont pourvus de deux paires de branchies, assurent la double fonction de respiration et de nutrition. Ainsi, cet organe de forme lamellaire est constitué de filaments ciliés. Ces derniers assurent une circulation de l'eau qui permet un apport continu en oxygène et en particules alimentaires. Les branchies secrètent aussi un mucus piégeant les particules alimentaires qui sera dirigées vers la bouche par des cils vibratiles et par l'intermédiaire des palpes labiaux avant d'être ingérées (**Jurd, 2000**) (**Fig.3**).

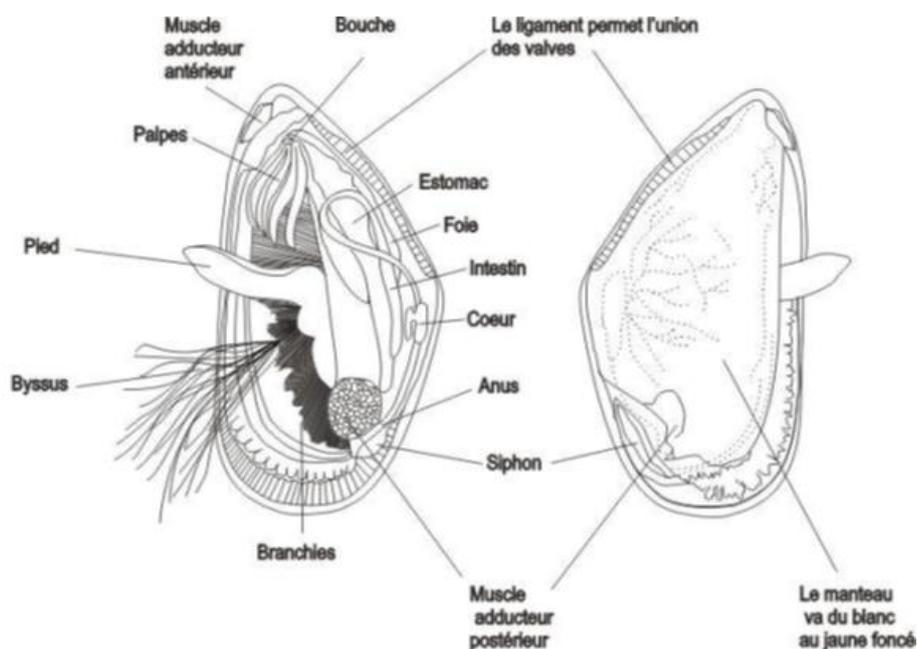


Figure 3 : Anatomie de la moule.

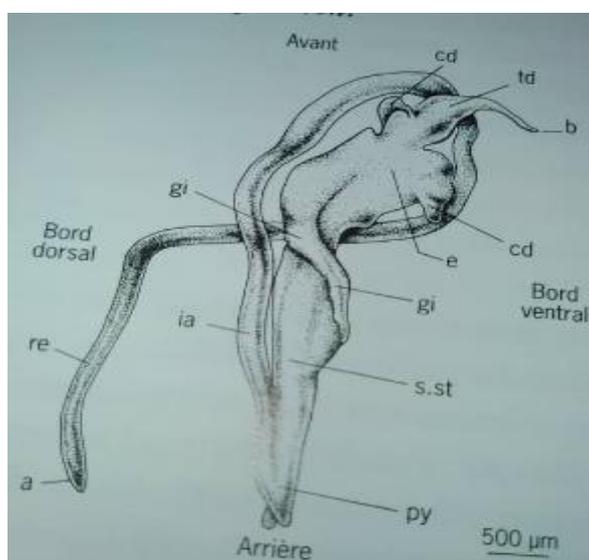
- Le système nerveux de la moule est simple, il est formé de trois paires de ganglions (Villeneuve & Desire, 1965). Une paire de ganglions cérébroïdes au voisinage de la bouche. Une paire de ganglions pédieux se trouve auprès de la partie antérieure basale du pied. Une autre paire de ganglions viscéraux s'observe dans la partie postérieure du corps. Ces ganglions sont réunis par des filets nerveux ou connectifs et innervent les différentes parties du corps (Villeneuve & Desire, 1965).
- Le système respiratoire chez la moule est représenté par l'organe de respiration qui est les branchies. Ces dernières, au nombre de deux, sont reliées à la masse viscérale par l'intermédiaire de l'axe branchial. Chacune d'elles est constituée de deux rangées de filaments aplatis. Elles jouent aussi un rôle important dans l'alimentation en retenant les particules en suspension.
- Le système digestif est composé par la bouche située à la partie antérieure du corps, un très court œsophage qui débouche dans l'estomac auquel partent des canaux. Ces derniers se terminent en diverticules digestifs qui forment autour de lui une masse brunâtre appelée le foie (Hépatopancréas). L'intestin se fusionne dans sa partie antérieure avec le cæcum du stylet et se termine par le rectum. L'anus est situé près du siphon exhalant, sous le muscle adducteur postérieur.
- Le système circulatoire, également formé par le cœur qui est situé au niveau de la face dorsale du mollusque, comprend deux oreillettes et un ventricule. Il est entouré par le péricarde. Le sang, chez la moule, est classé dans deux aortes, une antérieure et l'autre postérieure. Ensuite, il passe dans des artères et des artéioles et aboutit à des lacunes (les sinus). D'où il circule sans être endigué, baignant les tissus qui prennent un aspect spongieux. Le sang est ultérieurement poussé dans les veines et ramené au cœur. Presque incolore, la présence d'hémocyanine (pigment respiratoire) lui confère une teinte légèrement bleuâtre.

### 1.1.2. Physiologie :

- **Reproduction:** Les moules sont des animaux à sexes séparés (gonochoriques). La glande sexuelle (gonade) est diffuse dans le manteau. Après une période de repos au cours de laquelle l'animal accumule des réserves. Les produits génitaux se forment dans la gonade. Arrivés à la maturité, les gamètes sont émis dans l'eau. Cette émission est favorisée par les variations brusques du milieu. La fécondation a lieu dans l'eau, elle donne naissance à un œuf qui se transforme en une larve nageante.
- **Nutrition:** La moule *Mytilus galloprovincialis* est un consommateur microphage omnivore. Elle filtre jusqu'à 100 litres d'eau par jour, ainsi capable d'opérer un tri

concernant la nature et la taille des particules qui pénètrent dans la cavité palléale dont le diamètre est compris entre 3 et 13 $\mu$ m. Elle se nourrit de phytobenthos (diatomées) de phytoplancton et de débris organiques (Utting & Millican, 1997). Comme pour tous les animaux, l'alimentation des bivalves doit fournir l'ensemble des éléments nutritifs (glucides, lipides, protéines, vitamines et minéraux) nécessaires aux fonctions vitales de l'organisme et au développement (Utting & Millican, 1997).

▪ **Anatomie :** L'appareil digestif des Lamellibranches est adapté au traitement d'une nourriture particulière (microalgues du plancton). La partie antérieure est réduite : la bouche s'ouvre dans un court œsophage ; pas de radula. Une estomac sous forme de poche à structure complexe (Purchon, 1956). Le bouclier gastrique est un organe dans le tube digestif contre lequel un style de cristallin tourne généralement, dans une action semblable à celle d'un mortier et un pilon. Le bouclier gastrique est imprégné par microcanaux qui transmettent les enzymes digestives de l'estomac, et sert à protéger les cellules de la muqueuse de l'estomac des effets abrasifs du style. Le capuchon dorsal est une poche plus ou moins développée au-dessus du bouclier gastrique. Les tractus ciliaires ou aires de tri occupent la plus grande partie de la surface stomacale interne. Un sillon intestinal. Trois sortes de cæcums peuvent se trouver dans l'estomac. (Fig:4).



**Figure 4 :** Anatomie du tube digestif de *Crassostrea gigas*. (a : anus ; b : bouche ; cd : cœcum digestif ; e : estomac ; gi : gooutière intestinale ; ia intestin ascendant ; py : pylore ; re: rectum ; s.st : sac du stylet ; td : œsophage) (Lebesnerais, 1985).

### 1.2. Systématique :

**Embranchement:** Mollusques

**Classe:** Bivalves (Lamellibranches)

**Sous classe:** Ptériomorphes

**Ordre:** Mytiloïdes (Hétéromyaires)

**Famille:** Mytilidés (Pélécy-podes)

**Genre:** *Mytilus*

**Espèce:** *galloprovincialis* (Lamarck, 1819).

**1.3. Ecologie:** La moule est un animal benthique, colonisant l'étage médiolittoral. Elle se fixe aux substrats durs tels que les roches. Sa sensibilité à la pollution chimique et bactérienne est marquée dans plusieurs études. Du fait qu'elle concentre les polluants, elle constitue un excellent bio-indicateur de la qualité des eaux marines.

Cette espèce est très utilisée dans le cadre des études de la surveillance des polluants du milieu marin, exemple le programme « Mussel Watch » aux Etats-Unis et le (RNO) en France. En effet, elle remplit tous les critères de choix d'une espèce bio-indicatrice (**Blandin, 1986**):

- Une large distribution géographique permettant des comparaisons des niveaux de contamination entre sites éloignés.
- L'espèce est dite bradictyque, c-à-dire est caractérisée par la présence dans les populations naturelles de sujets murs toute l'année, ce qui facilite les prélèvements et l'obtention d'échantillons représentatifs.
- Une capacité à accumuler les contaminants.
- Une faible capacité à métaboliser les contaminants, cela tout au moins quand on s'intéresse aux niveaux de présence des contaminants.

### 2. L'espèce *Donax trunculus*

Le bivalve *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) est connu sous divers noms, haricot de mer, tenille, filon tronqué, et flat telline. Il appartient à la famille des Donacidae, dominant la macrofaune le long de la côte méditerranéenne à des fonds peu profonds (quelques cm jusqu'à 2m de profondeur) (Ramon *et al.*, 1999). Sa distribution géographique s'étend de l'atlantique Français au Sénégal (Fisher *et al.*, 1981). La collecte de l'espèce se fait de façon artisanale ce qui explique la faible production par rapport aux autres produits de pêche (poissons et les crustacés).

Il est utilisée comme un bon bio-indicateur pour tester l'impact écotoxique des polluants de plusieurs environnements marins (User *et al.*, 2005). Plusieurs études ont été réalisées en Algérie (Mouëza, 1971 ; Mouëza & Frenkiel-Renaut, 1973 ; Mouëza & Chessel, 1976 ; Benchamma, 1995) et dans d'autres pays (Roméo *et Gnassia-Barelli*, 1988; Moukrim *et al.*, 2004; Neuberger-Cywiak *et al.*, 2007; Tlili *et al.*, 2010).

**2.1. Description de l'espèce:** L'espèce est un mollusque à corps mou, non segmenté, comprimé latéralement par un manteau formant deux lobes qui sécrètent et supportent chacun une des valves de la coquille. Les bords externes du manteau sont parfois plus ou moins soudés, formant vers l'arrière deux siphons permettant l'entrée de l'eau dans la cavité palléale (siphon inhalant) ou son rejet vers l'extérieur (siphon exhalant). Les deux valves sont liées par une charnière formée de deux petites dents cardinales et latérales. Les gonades sont situées au-dessus du pied et ne sont visibles qu'après sacrifice de l'animal (Lucas, 1965). Dépourvu de tête distincte (Acéphales). Le pied, organe musculueux ventral et turgescant, constitue un solide point d'encrage pour l'animal (Mouëza, 1971). Le fouissage ou la locomotion sont également assurés par ce dernier (Fisher *et al.*, 1987). La nutrition par filtration de l'eau de mer contenant le phytoplancton via les branchies sont de type eulamellibranche (Fig. 5).



**Figure 5 :** Echantillonnage de *Donax trunculus*.

### 2.2. Morphologie et physiologie :

#### 2.2.1. Morphologie:

▪ **Morphologie externe:** *Donax trunculus* est un mollusque bivalve aquatique de taille varie entre 25mm à 35mm. Il est caractérisé par une coquille calcaire, solide, peu renflée, allongée, de forme sub-rectangulaire, équilatérale. L'aspect externe de la coquille est lisse striée (**Bellon-Humbert, 1962**), cette dernière est composée de deux valves calcifiées qui recouvrent les côtés droit et gauche du corps. Ces deux valves sont reliées par des muscles adducteurs (**Bougis, 1976 ; Grimes, 1994**).

▪ **Morphologie interne:** Les bivalves sont des invertébrés comprimés latéralement et les parties molles de leurs corps sont partiellement ou intégralement couvertes par la coquille. Celle-ci est composée de deux valves liées par une charnière. Les branchies (dites aussi cténidies) de ces bivalves assurent la nutrition et la respiration (**Fig. 6**).

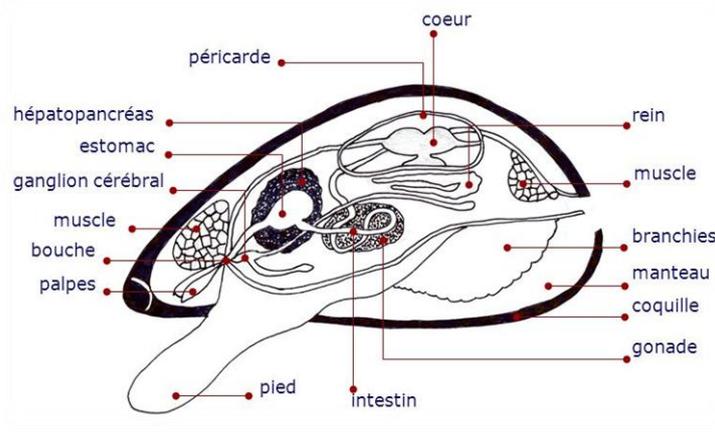
- Le tube digestif contient deux orifices (la bouche et l'anus). La cavité buccale (pharynx) où débouchent les glandes salivaires. Il comporte une radula cliitineuse à nombreuses dents. Accompagné avec l'estomac, une glande très volumineuse la glande digestive (hépatopancréas) responsable des sécrétions d'enzymes digestives et au stockage de produits de réserve. L'intestin est court, se termine par l'anus (**Edouard & Christian, 1992**).

- Le système nerveux structuré d'un centre nerveux qui comprend vers le haut, les ganglions cérébroïdes avec le nerf optique. Tandis que, vers le bas et l'avant, il renferme des ganglions pédieux (avec les nerfs des tentacules et l'entonnoir).

- L'appareil circulatoire assemble un vaisseau dorsal dont une partie est différenciée en un organe contractile est le cœur. Ce dernier est logé dans le péricarde (reste du cœlome) est formé d'un ventricule et de deux oreillettes ou chaque oreillette reçoit le sang oxygéné de la branchie par une veine branchiale. Du ventricule s'étend ne ou deux artères aortes. Le sang ou l'hémolymphe caractérisé par la présence de l'hémocyanine (**Edouard & Christian, 1992**).

- L'appareil respiratoire est constitué selon les espèces, d'une ou de deux branchies lamelleuses couvertes de cils vibratiles filtrant les particules en suspension dans l'eau, grâce à deux tubes (le siphon inhalant et le siphon exhalant) qui respectivement aspire et rejette l'eau (**Doumenc, 1993**).

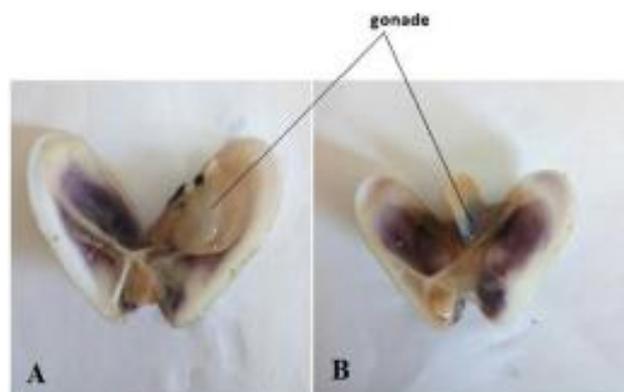
L'appareil excréteur illustre une paire de néphridies naissant dans la cavité péricardique se déversant dans la cavité palléale.



**Figure 6 :** Anatomie interne de *Donax trunculus*

### 2.2.2. Physiologie:

▪ **Reproduction:** L'espèce *D. trunculus* est gonochorique (Fisher *et al.*, 1987). La gonade n'est pas un organe anatomiquement distinct, mais s'étend de façon diffuse dans la masse viscérale. Les sexes sont séparés et peuvent se distinguer selon la couleur de la gonade durant la période d'activité sexuelle : violette chez les femelles à produit sexuel bleu granuleux, jaunâtre ou blanche chez les mâles à produit sexuel blanc et visqueux (Gaspar *et al.*, 1999). La fécondation est externe, les gamètes sont expulsés par le siphon exhalant dans le milieu extérieur (l'eau) où se fait la fécondation (Fig. 7). La maturité sexuelle est atteinte durant la première année de vie (Gaspar *et al.*, 1999). La taille des individus de la première maturité sexuelle est variable selon les populations étudiées, elle a été estimée à 16 mm de longueur sur les côtes algériennes (Mouëza & Frenkiel-Renault, 1973). La reproduction s'étale de février jusqu'à septembre, avec deux périodes d'activité sexuelle (Ansell *et al.*, 1980).



**Figure 7 :** Morphologie interne de l'espèce *D. trunculus* (-A- individu mâle ; -B- individu femelle).

▪ **Nutrition:** Les Donacidés sont des invertébrés adaptés au fouissage rapide et peu profond en milieu sableux plus ou moins agité (**Degiovanni & Mouëza, 1972**). Les membres de cette famille sont des organismes suspensivores, se nourrissent de phytoplancton et de matière organique (**Mouëza & Chessel, 1976**), leurs siphons à structure spécialisée filtrent les particules les plus fines de matière organique qui se trouvent en suspension (**Mouëza & Frenkiel, 1973**). Cependant les particules non sélectionnées sont éliminées sous forme de pseudo-fécès par le siphon exhalant. Le processus de digestion se poursuit comme suite:

Les particules alimentaires pénètrent dans l'estomac par le court œsophage. Dans l'estomac va se dérouler une première phase. Les cordons muqueux issus de l'œsophage sont dirigés vers le stylet cristallin, entraînés par la rotation de celui-ci et dégradés mécaniquement (écrasement contre le bouclier gastrique) et chimiquement par des enzymes du stylet et de l'estomac. Les particules présentes dans l'estomac sont triées par l'activité ciliaires: Les particules petites et lourdes ou en excès sont immédiatement rejetées via le sillon intestinal dans la gouttière intestinale. Les particules petites et légères sont amenées aux orifices des conduites digestives. Les particules grosses et légères sont remises en circulation pour une digestion plus complète (**Reid, 1965**). Les plus fines pénètrent dans la glande digestive par le côté « bordure en brosse ». Les particules et les molécules plus grosses continuent leur chemin jusqu'aux tubules digestifs. Une seconde phase de digestion extracellulaire pourrait avoir lieu dans la lumière des tubules sous l'action des enzymes présentes à ce niveau. Une principale phase de digestion dans la glande digestive paraît être la digestion intracellulaire dans les cellules digestives. A la suite de cette digestion intravacuolaire, les nutriments passent alors de la base de la cellule au système hémolymphe. Les résidus de la digestion s'accumulent dans des corps résiduels qui vont être rejetés dans l'estomac. La digestion et l'absorption est poursuivie dans l'intestin (**Boucaud-Camou et al., 1985**).

Plusieurs auteurs mettent en évidence des caractères communs de la digestion chez les bivalves et précisent le rôle des différentes régions du tractus digestif (**Yonge, 1926 ; Owen (1966 ; Purchon, 1971 ; Morton, 1983)**). Il faut considérer que le tractus digestif capable d'ingérer divers nutriments intervient aussi dans la nutrition du bivalve. Selon les régions du tractus digestif, l'épithélium de revêtement est le siège d'activités enzymatiques variées. Plusieurs enzymes ont été détectées avec un site d'action majoritairement intracellulaire.

**2.2.2. Systématique:**

La position systématique de *Donax trunculus* selon (Linnaeus, 1758)

**Embranchement :** Mollusques

**Classe :** Bivalves

**Sous classe :** Eulamellibranches

**Super ordre :** Hétérodontes

**Ordre :** Vénéroïdes

**Famille :** Donacidés

**Genre :** *Donax*

**Espèce :** *trunculus*.

*Matériel*

*Et*

*Méthodes*

## IV. MATERIEL ET METHODES

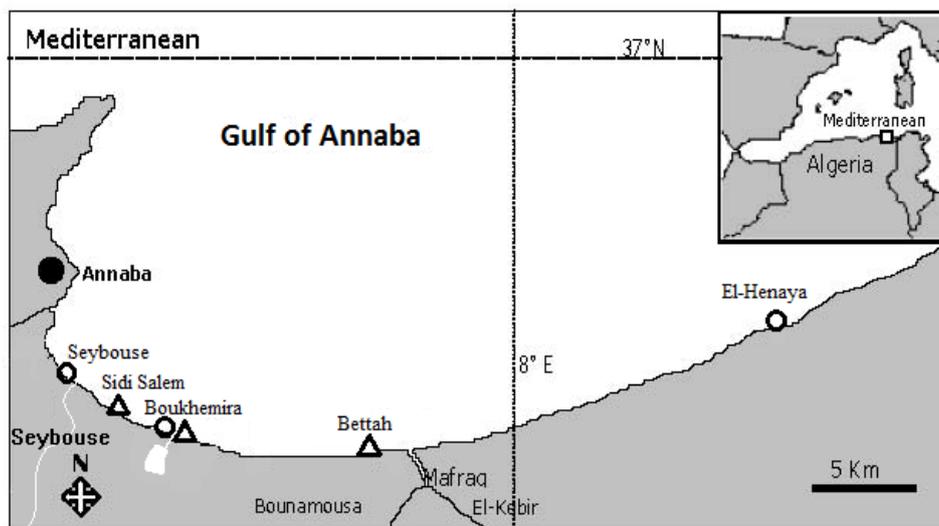
### 1. Matériel

#### 1.1. Lieu d'étude:

Le golfe d'Annaba est situé à l'extrême Nord-Est du littoral Algérien, limité par le cap Rosa ( $8^{\circ}15'$  LE et  $36^{\circ}58'$  LN) à l'Est, et par le cap de Garde ( $7^{\circ}16'$  LE et  $36^{\circ}58'$  LN) à l'Ouest, distant de 40 Km. Le golfe est contaminé par de grandes quantités de polluants d'origine urbaine, agricole, parvenant des activités portuaires et industrielles.

#### 1.2. Choix des sites:

Les sites d'étude sont situés le long du golfe d'Annaba, six sites ont été sélectionnés (**Fig.8**).



**Figure 8:** Carte géographique de la côte d'Annaba, représentant les sites d'échantillonnage.

Δ Sites d'échantillonnage de *D. trunculus*

○ Sites d'échantillonnage de *M. galloprovincialis*

#### 1.2.1. Présentation des sites de prélèvement de *Mytilus galloprovincialis*:

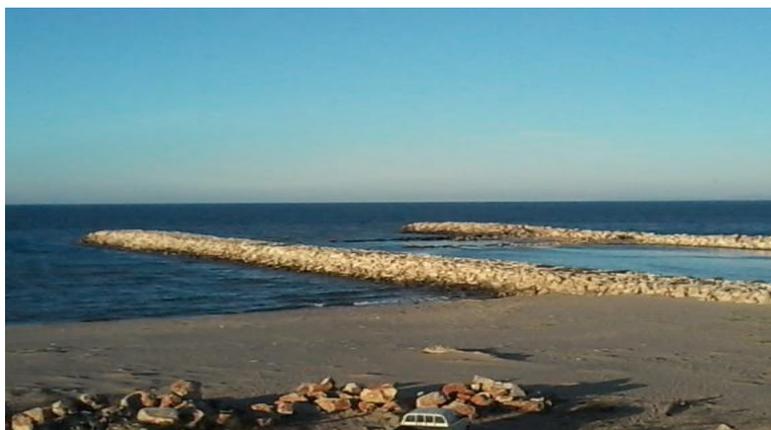
- **Site 1 « El-Henaya »** : Le premier site de prélèvement a pour coordonnées ( $8^{\circ}07'17''22''$  E et  $36^{\circ}54'26''76''$  N). Ce site a été retenu pour sa particularité à savoir son éloignement des zones industrielles et/ou urbanisées. En effet, il est situé à l'Est de l'oued Mafragh et de cap

Rosa. C'est pourquoi la plage a été épargnée de la pollution et de son emplacement éloignée des routes et des décharges sauvages lui permis de jouer surtout d'un quasi normalité (**Fig.9**).



**Figure 9:** Site d'El-Henaya (Drif., 2012).

- **Site 2 «Seybouse»** : Le bassin de la Seybouse est situé dans la région Nord Est de l'Algérie et s'étend sur une superficie de 6471Km<sup>2</sup> et rejoint la Méditerranée près d'Annaba. Avec une longueur de 225 km, il couvre 68 communes dans sept wilayas: Annaba, Tarf, Skikda, Constantine, Oum El Bouaghi, Guelma et Souk Ahras. Des déchets urbains et industriels sont mêlés aux apports de l'oued Seybouse polluant gravement les rejets vers la mer (**Fig. 10**).



**Figure 10:** Site de Seybouse (Drif., 2012).

**Site 3 « Boukhemira »** : Le site est considéré comme un site polluée (**Fig. 11**).



**Figure 11:** Site de Boukhemira (Drif., 2012).

### 1.2.2. Présentation des sites de prélèvement de *Donax trunculus* :

- **Site 1 « El Battah »** : Ce second secteur est localisé entre la plage Chatt et le cap Rosa. Cette station (36°50'N 8°50'E), prise comme référence, est soumise à un régime hydromécanique important. Elle est caractérisée par l'embouchure de l'oued Mafragh qui ramène des éléments très riches en composés organiques et minéraux. (Attoum *et al.*, 2001) (Fig12).



**Figure 12:** Site d'El-Bettah (Drif., 2012).

- **Site 2 « Sidi Salem »** : Le site de Sidi Salem est situé à l'ouest du golfe, où il est caractérisé par l'embouchure de l'oued Seybouse et l'existence de cône évacuant les déchets du complexe ASMIDAL spécialisé dans la fabrication d'engrais et de produits phytosanitaires (Fig. 13).



**Figure 13:** Site de Sidi Salem (Drif., 2012).

- **Site 3 «Boukhemira » :** Le site de Boukhemira, se localise entre la cité de Sidi Salem et d'El-Chatt, en face de l'aéroport Rabeu Bitat. Son orientation géographique est ( $7^{\circ} 46' 25''$  E et  $36^{\circ} 50'07''$ N). Il reçoit par le biais de l'oued Boukhemira de forte pression anthropique sous formes de rejets urbaines (**Fig.14**).



**Figure 14:** Site de Boukhemira (Drif., 2012).

### 1.3. Choix des espèces:

Le bivalve *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) est un mollusque bivalve comestible très répandu dans le golfe d'Annaba (Vassière & Fredj, 1963) et consommé par les populations locales. C'est un organisme filtreur et sédentaire, se nourrissant de phytoplancton et de matières organiques en suspension.

La moule méditerranéenne *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) est un mollusque bivalve considérée comme un excellent bioindicateur de la contamination des milieux marins

dans lequel elle vit, puisqu'elle possède la propriété d'accumuler les contaminants présents dans ces milieux.

#### **1.4. Prélèvement des espèces:**

- ***D. trunculus*:** Sur les trois sites d'échantillonnages, les tellines sont prélevées aléatoirement (sans choisir les dimensions) à main, fin du mois de mars 2019. Elles sont nettoyées et transportées au laboratoire. A raison de disséquer la glande digestive des individus. La séparation des sexes a été effectuée selon la coloration de la gonade blanchâtre pour les mâles et bleu intense pour les femelles. Le tissu de glande digestive (mâles et femelles) de chaque site est placées dans des crachoirs à étiquette contenant du formole.
- ***M. galloprovincialis*:** L'échantillonnage a été réalisé à main à l'aide d'un couteau durant la même période de l'échantillonnage précédant. Les individus ont été répartis selon sexe (coloration du tissu gonadique intégré dans le conjonctif du manteau: des lobes blanchâtres pour les mâles et orangés pour les femelles). Les mêmes étapes sont poursuivies pour réaliser des coups histologiques sur le tissu de la glande digestive.

## **2. Méthodes**

### **2.1. Méthode histologique:**

- **Principe:** L'étude histologique de la glande digestive des deux bivalves le *Donax trunculus* et de *Mytilus galloprovincialis* a été effectuée au niveau de l'hôpital d'Ibn-Rochd au sein du service Anapath. Afin, de confirmer les altérations tissulaire ont utilisant un microscope optique Leica pour la lecture des lames. La technique nécessite la conservation des tissus frais de la glande digestive dans des crachoirs contenant du formol. Ainsi suivre les étapes succédées de la technique: fixation, inclusion, coupe, coloration et montage.
- **Fixation:** La fixation permet la conservation des structures et le durcissement des pièces, par immersion de l'échantillon dans un grand volume de liquide fixateur, les échantillons séjournent un jour dans un appareillage (automate). D'abord, une déshydratation par immersion successives dans des bains d'alcool à degré croissant (30 minutes dans un bain d'alcool à 70°, deux bains successifs de 15 minutes dans de l'alcool à 95° puis trois bains de 30 minutes dans de l'alcool à 100°). Ensuite, l'alcool est remplacé par du toluène (trois bains de 15 minutes chacun).

- **Inclusion (Enrobage):** Une seconde étape, dont les échantillons sont placés dans une l'étuve portés dans un moulage de paraffine liquide. Après refroidissement, des blocs de paraffine durs ont été obtenus, à l'intérieur desquels se trouvent les échantillons inclus et orientés selon un plan de coupe choisi.
- **Coupe:** Les coupes des blocs de paraffine, ont été réalisées à l'aide d'un microtome de type Leitz, avec une épaisseur de 6µm. Ensuite, elles sont collées sur des lames de verre grâce à de l'eau albumineuse.
- **Coloration:** Les lames doivent être déparaffinées avant de les réhydratées (coloration à l'hématoxyline-éosine). Le déparaffinage consiste à chauffer les lames, jusqu'à fusion de la paraffine, avant de les immerger dans trois bains successifs de toluène en suite les colorées selon les étapes suivant:

Xylène.....	10Mn
Alcoo.....	15 M
Eaucouran.....	5Mn
Hemalun.....	10Mn
H <sub>2</sub> O (Robinet) .....	Passage
Eosine .....	15Mn
H <sub>2</sub> O (Robinet) .....	Passage
Alcool .....	30 second
Alcool.....	30second
Xylène + Acétone .....	Passage

- **Montage:** Après avoir subi une nouvelle déshydratation (deux bains d'alcool à 95° et 100°, trois bains de toluène), les lames colorées sont montées entre lames et lamelles avec une résine synthétique (EUKITT) pour une bonne conservation des échantillons à long terme. Les lames sont alors prêtes pour être observées au microscope.
- **Observation:** L'observation des coupes histologiques a été réalisée avec un microscope optique (Leica) avec le grossissement (×100 et ×400). La prise de l'image au niveau du champ microscopique a été assurée à l'aide de l'appareil photo du portable.

*Résultats*

*Et*

*Discussion*

## 1. Résultats

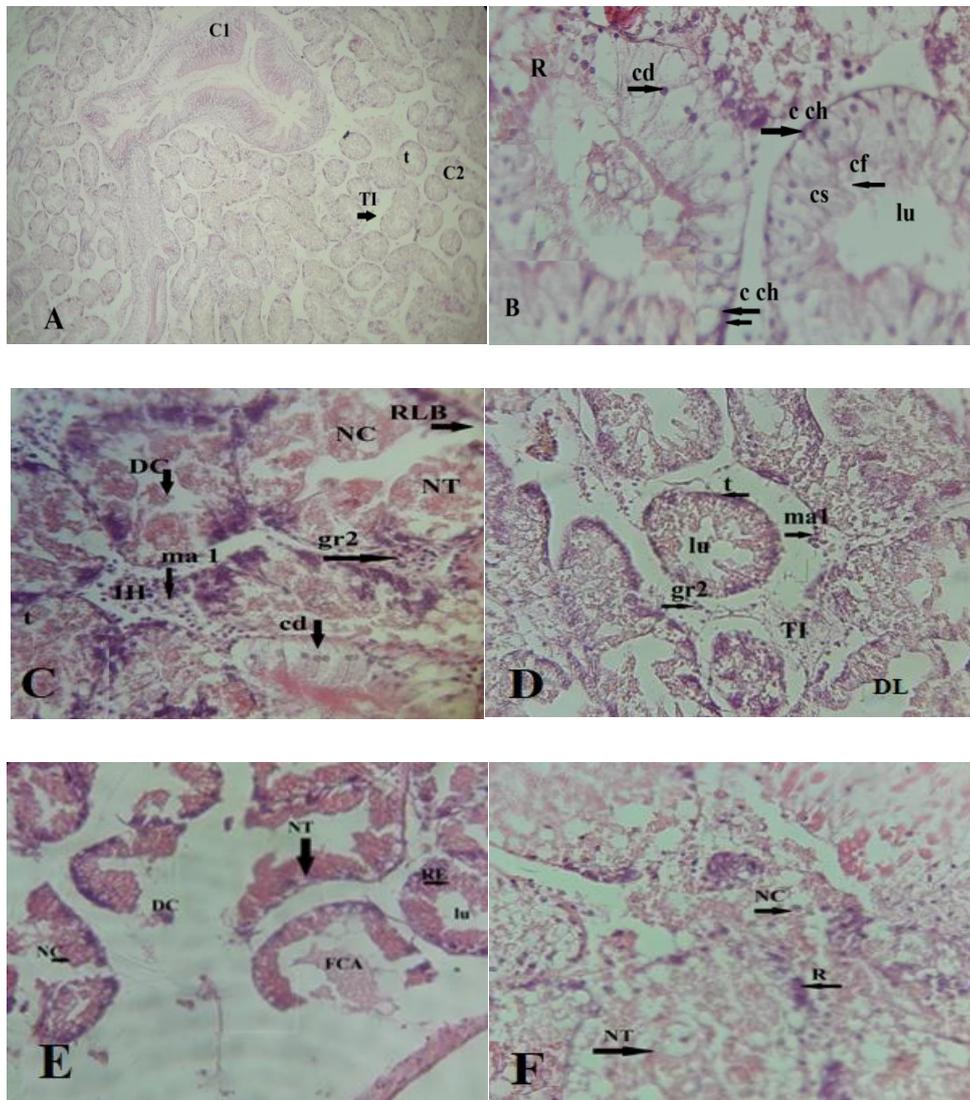
Les glandes digestives des mâles de *M. galloprovincialis* collectée dans les deux sites (Sybouse et Boukhemira) prélevées du golfe d'Annaba pendant le mois de mars 2019 présentées aux niveau des coupes histologiques des altérations tissulaires par rapport au témoin El Henaya) : existence de débris cellulaires (DC) (**Fig.15 C, E**), fragmentation du cytoplasme apical (FCA) (**Fig.15 E**), un rétrécissement des cellules épithéliales (RE), nécrose cellulaire (NC) et tubulaire (NT) (**Fig.15 C, E, F**), une dilatation de la lumière (LD) (**Fig.15 D**) et présence des cellules hémostoyaires tels que macrophages (ma1) et les granulocytes (gr2) (**Fig.15 C, D**), rupture de la lame basal RLB (**Fig.15 C**).

Chez les individus femelles de *M. galloprovincialis* collectée dans les deux sites (Sybouse et Boukhemira), les coupes histologiques révèlent des altérations tissulaires par rapport au témoin: un rétrécissement des cellules épithéliales (RE) (**Fig.16 L**), une dilatation de la lumière (LD) (**Fig.16 K, L**), une réponse inflammatoire traduite par des infiltrations hémostoyaires (IH) dans le tissu interstitiel péritubulaire au niveau des glandes digestives endommagées traduite par une activité hémostoyaire par l'apparition des cellules ma1 et gr2 (**Fig.16 I, J**). Ainsi que, la formation de nécroses des tubules (NT) (**Fig.16 K, L**) contenant de nécroses cellulaires (NC) (**Fig.16 I**).

Les coupes histologiques préparées à partir des tissus de la glande digestives individus mâles de *D. trunculus* illustrent des altérations tissulaires au niveau les deux sites (Sidi Salem et Boukhemira) par rapport au site (El-Bettah): un rétrécissement des cellules épithéliales (RE) (**Fig.17 P**), une dilatation de la lumière (LD) (**Fig.17 O, P**) contenant occasionnellement des débris cellulaires (DC) (**Fig.17 R**). Chez plusieurs individus provenant des sites pollués, une rupture de la lame basale (RLB) (**Fig.17 P**) a été observée, une réponse inflammatoire traduite par des infiltrations hémostoyaires (IH) dans le tissu interstitiel péritubulaire au niveau des glandes digestives endommagées (**Fig.17 O**). Ainsi que, la formation de nécroses des tubules (NT) (**Fig.17 P, Q, R**) contenant des débris cellulaires dans la lumière (DC) (**Fig.17 R**) et de nécroses cellulaires (NC) (**Fig.17 P**).

Les observations histologiques de la glandes digestives des femelles de *D. trunculus* des deux sites (Sidi Salem et Boukhemira) présentent des dommages par rapport aux deux coupes histologique d'El-Bettah: fragmentation du cytoplasme apical (FCA) (**Fig.18 U**), un rétrécissement des cellules épithéliales (RE) (**Fig.18 W, X**), une dilatation de la lumière (LD)

(Fig.18 V, W) contenant occasionnellement des débris cellulaires (DC) (Fig.18 W, X), des nécroses tubulaires (NT) (Fig.18 U, V, W, X), des nécroses cellulaires (NC) (Fig.18 U).

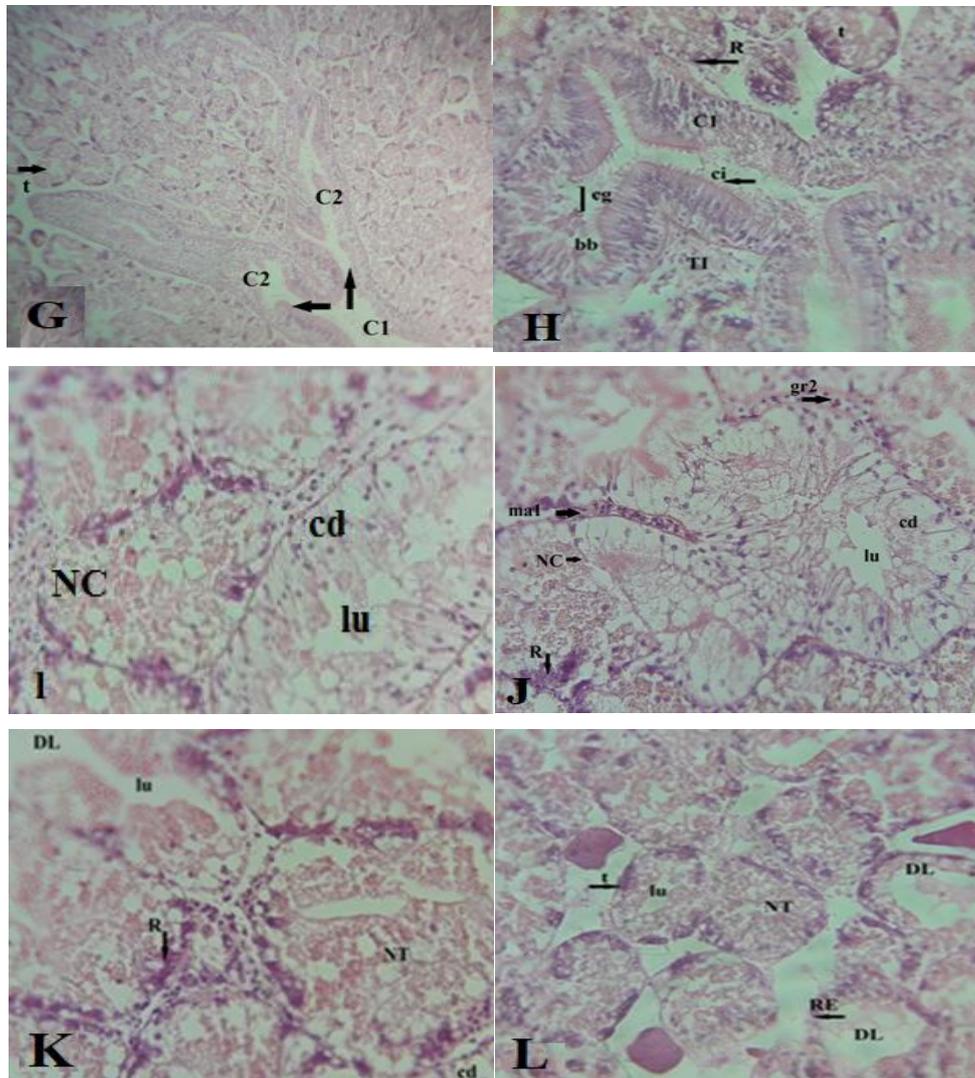


**Figure 15:** Observations microscopiques de la glande digestive des individus mâles de *M. galloprovincialis* collectées au niveau des sites d'échantillonnage du golfe d'Annaba, pendant le mois de mars 2019. Colorations des coupes histologiques à l'Hématoxyline-Eosine avec grossissement ( $G \times 100$  pour A et  $G \times 400$  pour B, C, D, E et F).

(A et C) structure normale de la glande digestive des individus mâles collectée au niveau du site d'El-Henaya. Conduite primaire (C1), Des tubules digestifs (t), les cellules digestives (cd), une lumière tubulaire (lu), le tissu interstitiel (TI), les cryptes : des cellules sécrétrices basophiles (cs), des cellules souches, des cellules flagellées (cf).

Les observations microscopiques (C, D, E et F) révèlent structure altérée de la glande digestive des individus mâles échantillonnés des sites de Seybouse et de Boukhemira

respectivement. Présence de fibrocytes (f), des amoebocytes (granulocytes: gr 2) et des macrophages (ma1).

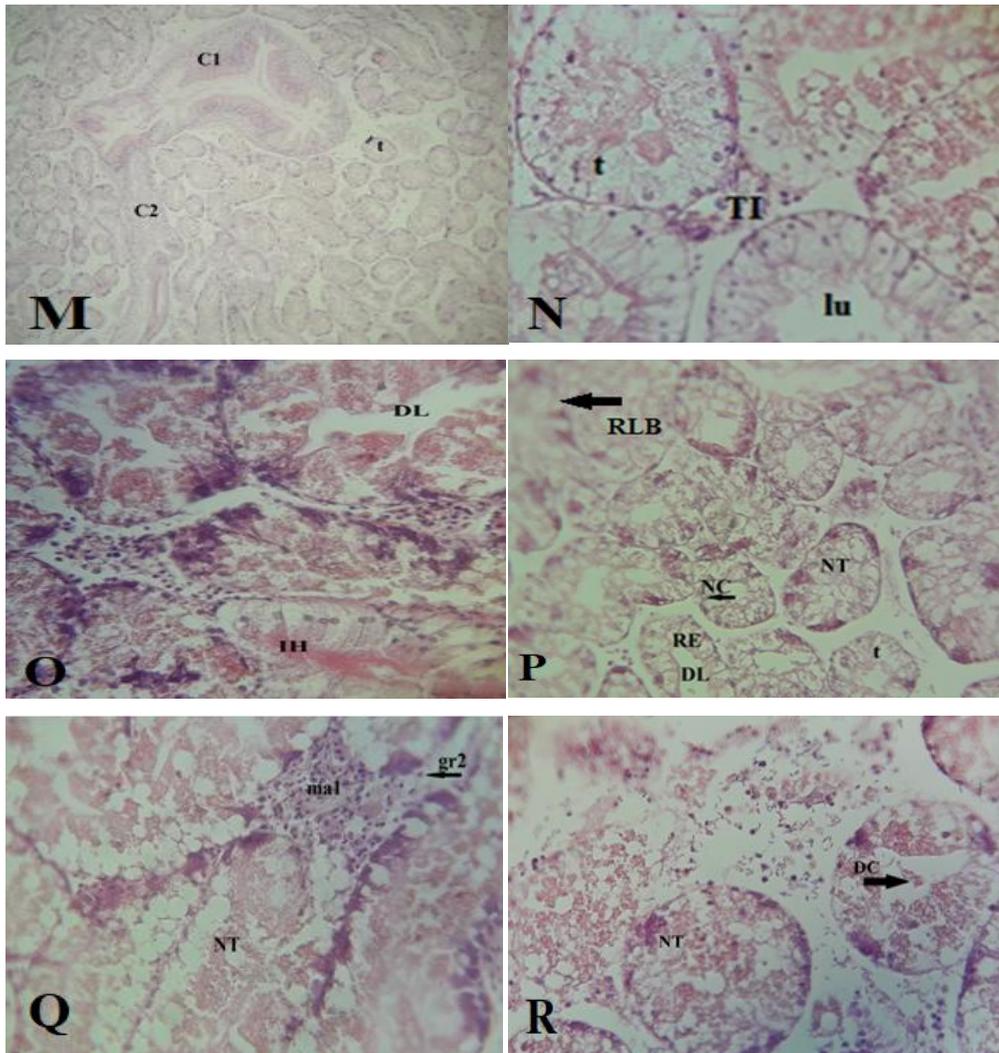


**Figure 16:** Observations microscopiques de la glande digestive des individus femelles de *M. galloprovincialis* collectées au niveau des sites d'échantillonnage du golfe d'Annaba, pendant le mois de mars 2019. Colorations des coupes histologiques à l'Hématoxyline-Eosine avec grossissement ( $G \times 100$  pour G et  $G \times 400$  pour H, I, J, K et L).

Les coupes (G et H) présentent structure normale de la glande digestive des individus femelles collectée au niveau du site d'El-Henaya comprenant: des conduite primaire (C1) ramifiée à deux conduites secondaires (C2). Des tubules digestifs (t) contenant une lumière tubulaire (lu) les tubules sont entourées par le tissu interstitiel (TI) et formés de cellules digestives (cd), de cellules sécrétrices basophiles (cs), des cellules de cryptes (R). Illustration

d'une conduite primaire C1: cellules glandulaires (eg), les cellules ciliées (ci), la bordure en brosse (bb).

Les observations microscopiques (**I, J, K et L**) révèlent une structure altérée de la glande digestive des individus femelles échantillonnés des sites de Seybouse et de Boukhemira. Présence des amoebocytes (granulocytes: gr 2) et des macrophages (ma1).

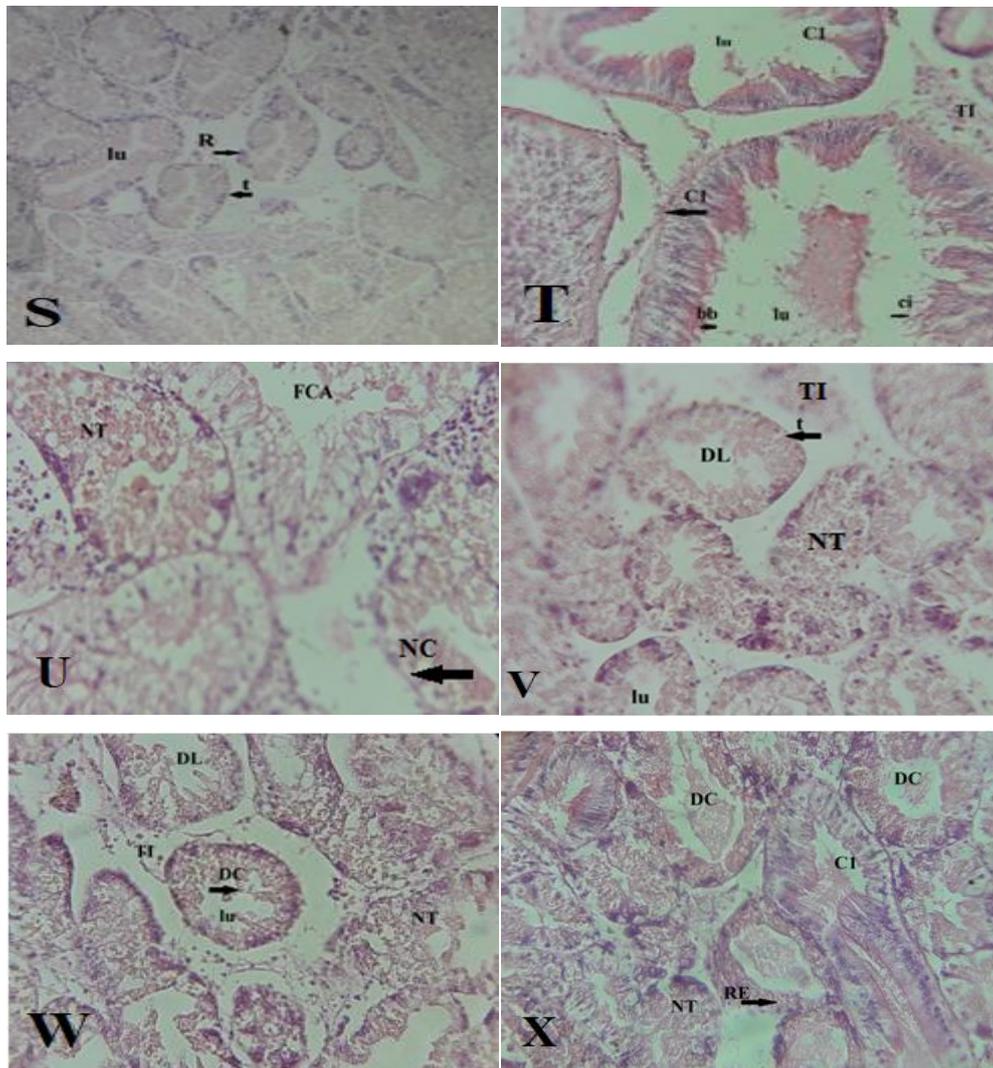


**Figure 17:** Observations microscopiques de la glande digestive des individus mâles de *D trunculus* collectées au niveau des sites d'échantillonnage du golfe d'Annaba, pendant le mois de mars 2019. Colorations des coupes histologiques à l'Hématoxyline-Eosine avec grossissement ( $G \times 100$  pour M et  $G \times 400$  pour N, O, P, Q et R).

Les lames histologiques présentant les observations (**M et N**) révèlent une structure normale de la glande digestive des individus mâles collectée au niveau du site d'El-Bettah: conduite

primaire (C1), Des tubules digestifs (t), les cellules digestives (cd), des cellules sécrétrices basophiles (cs), lumière du tubule (lu), le tissu interstitiel (TI).

Les observations microscopiques (O, P, Q, R) révèlent des lésions inflammatoires (IH) traduites par l'existence des amoebocytes (granulocytes: gr 2) et des macrophages (ma1).



**Figure 18 :** Observations microscopiques de la glande digestive des individus femelles de *D trunculus* collectées au niveau des sites d'échantillonnage du golfe d'Annaba, pendant le mois de mars 2019. Colorations des coupes histologiques à l'Hématoxyline-Eosine avec grossissement ( $G \times 100$  pour S et  $G \times 400$  pour T, U, V, W et X).

Les observations microscopiques (S et T) présentes une structure normale de la glande digestive des individus femelles collectée au niveau du site d'El-Bettah. des tubules digestifs (t), lumière du tubule (lu), le tissu interstitiel (TI), structure détaillée d'une C1(avec une

région ciliée ci, une région en bordure en bosse bb). Les observations microscopiques (U, V, W, X) révèlent des structures altérées.

## **2. Discussion**

Chez les bivalves, l'accumulation des polluants en particulier les métaux est élevée dans les branchies et les glandes digestives qu'au niveau d'autres organes (**Arockia Vasanthi et al., 2012**). Dû aux différences de surface de contact des tissus mous avec l'eau de mer et aux différences d'affinité entre les sites de liaison des métaux et de la métallothionéine dans différents tissus mous (**Viarengo et al., 1985**). Ainsi aux différents taux d'accumulation et d'excrétion des polluants dans différents tissus mous.

La glande digestive de la moule est considérée comme un organe vital pour la détoxification des xénobiotiques dans le milieu marin. Comme dans beaucoup d'autres mollusques, la glande digestive s'est révélée être le principal organe d'accumulation de métaux (**Marigomez et Ireland, 1989**). Spécialement les lysosomes sont les principales structures intracellulaires responsables du stockage des éléments métalliques dans les branchies et la glande digestive (**Amiard et al., 1995**).

L'observation des coupes histologiques des glandes digestives de *Mytilus galloprovincialis* et de *Donax trunculus* collectées au niveau des sites d'échantillonnage pendant la dernière semaine du mois de mars a montré des architectures tissulaires intactes et altérées.

Egalement la glande digestive (=diverticules digestifs) constitue un organe de réserve où sont stockés glycogène et lipides, soit dans les cellules glandulaires elles mêmes, soit dans un tissu de réserve périglandulaire. Des pigments s'accumulent aussi dans la glande, ce qui explique sa teinte foncée. Elle entoure complètement l'estomac et une partie de l'intestin. Elle est formée par un réseau de conduits (conduits primaires C1) se ramifiant pour aboutir à des tubules aveugles (t). Alors que les conduits primaires partent de l'estomac en se ramifiant de plus en plus, donnant des conduits secondaires (C2), situés juste au débouché des tubules (t), ces derniers ne sont pas ciliés (**Owen, 1955**). L'organe joue un rôle important dans la digestion des aliments et représente le principal site d'accumulation et de détoxification de plusieurs types de contaminants (HAPs, PCBs, métaux,...) (**Arockia Vasanthi et al., 2012**).

Les coupes histologiques des glandes digestives des témoins montrent un arrangement des tubules bien organisé. Ces tubules digestifs sont composés de différents types de cellules

épithéliales. Il y a les cellules digestives caractérisées par leur aspect clair et la présence de nombreuses vacuoles et elles sont situées dans la partie centrale des tubules, alors que les cellules sécrétrices basophiles sont caractérisées par leur aspect sombre et leur forme pyramidale et elles sont regroupées dans les deux extrémités des tubules digestifs. Les tubules chez les témoins présentent une lumière centrale étroite ou presque close entouré par les cellules épithéliales.

La structure histologique des tubules digestifs des normaux consistent en de nombreux tubules digestifs (t) formés par une seule couche de cellules épithéliales ciliées, avec une lumière (lu) étroite au centre des tubules. Il existe différents types de cellules épithéliales: les cellules digestives (cd), reconnaissables grâce à leurs nombreuses vacuoles claires, ce système vacuolaire impliqué dans la digestion intracellulaire. Ces cellules occupent la partie centrale des tubules. Les cryptes (R), constituées de cellules d'aspect sombre, sont regroupées aux deux extrémités. Elles contiennent des cellules sécrétrices (cs), des cellules flagellées (cf) et des petites cellules souches (c ch).

Les cellules sécrétrices (cs) (responsables de la basophilie) pourraient sécréter les enzymes digestives. Elles sont caractérisées par un aspect pyramidal et sombre, sont regroupées aux deux extrémités des tubules digestives. Le tissu interstitiel (TI) péritubulaire normal est formé par quelques fibrocytes (f) et des amœbocytes (ranulocytes : gr), des macrophages (ma1) s'insinuent entre les cellules des tubules (**Henry, 1987**).

Les altérations de la glande digestive de *M. galloprovincialis* du site Sybouse et Boukhmira révèlent des tubules présentent une lumière dilatée (LD) contenant généralement des débris cellulaires (DC), un rétrécissement épithélial (RE), une fragmentation du cytoplasme apical (FCA), une rupture de la lame basale (RLB) et des nécroses cellulaires (NC) et tubulaires (NT). Présence d'infiltration hémocytaire (IH) dans le tissu interstitiel et la formation de fibrose (Fb) dans les glandes digestives sévèrement affectés (**D, E, F, G, H, I**). Des dommages tissulaires marquées par (**Neff et al., 1987**) chez *Perna viridis* et les moules exposées aux métaux lourds *Mytilus edulis* (**Wedderburn et al., 2000**).

La composition biochimique et l'état physiologique du mollusque peuvent influencer la répartition et le devenir des substances toxiques (**Widdows et Donkin, 1992**). En ce qui concerne les composés lipophiles, il existe en général une corrélation entre la concentration en lipides dans l'organisme ou dans le tissu spécifique et le degré de bioaccumulation du

composé toxique. Cela semble indiquer que les substances toxiques sont associées à des réserves de lipides dans les tissus (**Farrington, 1989; Livingstone et al., 1992; Phillips, 1986**). A titre d'exemple, la glande digestive des moules est l'organe le plus riche en lipides, et il représente le site principal pour l'accumulation des polluants (**Livingstone et al., 1992**).

Le travail de **Medhioub (2011)** montre que la glande digestive accumule la quantité la plus importante en Gymnodimines (GYMs) (84 %). Les toxines restantes (16 %) ont été distribuées dans les autres tissus (siphons, pied, branchie). Cette accumulation différentielle entre les organes confirme les résultats obtenus par **Medhioub et al. (2010)** pour la même espèce, et aussi ceux trouvés pour les autres mollusques bivalves tels que la coquille Saint-Jacques *P. maximus* dont la glande digestive peut représenter de 94 à 99% de la charge totale en acide domoïque (**Blanco et al., 2002**), la moule *M. edulis* avec 93% dans la glande digestive (**Grimmelt et al., 1990**), *C. virginica* avec 70% dans le même organe (**Roelke et al., 1993**). Pour les Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP) on retrouve 99% de la charge en toxines dans la glande digestive de *M. galloprovincialis* (**Blanco et al., 2007**). De même, **Bricelj et al. (1990)** et **Cembella et al. (1993)**.

Concernant les altérations tissulaires enregistrées au niveau des glandes digestives des individus mâles et femelles, les mêmes observations ont été enregistrées au niveau des coupes histologiques présentant les sites 2 et 3 pour les deux espèces étudiées et les deux sexes.

Il est intéressant d'examiner les activités métaboliques saisonnières de cet organe. Les cycles métaboliques développementaux et saisonniers d'un organisme reflètent les interactions complexes existant entre la disponibilité de la nourriture, la croissance et les activités de reproduction (**Gabbott, 1983**).

Sachant que les périodes de poids le plus élevé correspondent aux mois (octobre, novembre et avril) précédant le frai. En effet, une étude précédente du cycle gamétogène a révélé que les gamètes et les cellules nutritives sont extrêmement riches en glycogène et en lipides avant le frai (**Johnson et Le Pennec, 1994**). Egalement le mois de mars présente l'une des périodes de ponte des bivalves, accompagnées de faibles poids humides et une diminution des réserves nutritives chez les spécimens récoltés au cours de ce mois. Toutes ces facteurs biotiques agissent sur les systèmes physiologiques, notamment le système immunitaire. En conséquent, l'affaiblissement de ce dernier conduit à des dommages sévères lors des attaques radicalaires induit par les polluants existant dans leurs habitats.



*Conclusion*

### Conclusion

Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'évaluation de la contamination du golfe d'Annaba par les différents polluants chez les deux bivalves mollusques (*M. galloprovincialis* et *D. trunculus*).

Les résultats ont révélés une intensité de dommages tissulaires dans la glande digestive chez les deux espèces au niveau des sites 2 et 3. L'étude histologique nous a permis aussi de constater la sévérité de l'impact de la contamination au niveau du site commun de Boukhemira par rapport aux sites 2 chez les deux espèces. Outre, les observations microscopiques ont marqué presque les mêmes altérations chez les deux sexes.

Par conséquent, on peut en conclure que ces polluants ingérer présents dans les parties comestibles des espèces examinées devraient poser des problèmes de santé aux consommateurs.

Finalement, ces résultats peuvent être renforcé avec d'autres testes t'elle que le dosage des métaux lourds et de quelques biomarqueurs.

*Références*

*Bibliographiques*

**Référence bibliographiques**

**Attoum D. & Bouzid S. (2001)** Contribution à l'étude hydrologique et sédimentologique d'un facis a *Donax trunculus* dans la plage de Chatte (golfe d'Annaba).

**Amiard J.C., Ettajani H., Jeantet A.Y., Ballan-Dufranc-Ai C. & Amiard-Triquet C. (1995)** Bioavailability and toxicity of sediment-bound lead to a filter-feeder bivalve *Crassostrea gigas*. *Bio Met.* **8**:280-289p.

**Au D.W.T. (2004)** The application of histo-cytopathological biomarkers in marine pollution: monitoring. *Marine Pollution Bulletin.* **48**(9-10):817-834p.

**Adedeji O.B. & Okocha R.O. (2012)** Overview of pesticide toxicity in fish. *Adv. Environ. Biol.* **6**:2344-235p.

**Abdenmour C., Smith B.D., Boulakoud M.S., Samraoui B. & Rainbow P.S. (2000)** Trace metals in marine, brackish and fresh water prawns from north-east Algeria. *Hydrobiologia.* **432**:217-227p.

**Ansell A.D. & Lagardere F. (1980)** Observation on the biology of *Donax trunculus* and *Donax vittatus* at Oleron (French Atlantic Coast). *Mar. Biol.* **57**(4):287-300p.

**Bricelj V.M., Lee J.H., Cembella A.D. & Anderson D.M. (1990)** Uptake kinetics of paralytic shellfish toxins from the dinoflagellate *Alexandrium fundyense* in the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **63**:177-188p.

**Blanco J., Acosta C.P., Bermu' Dez Puente M. & Salgado C. (2002)** Depuration and anatomical distribution of the amnesic shellfish poisoning (ASP) toxin domoic acid in the king scallop *Pecten maximus*. *Aquat. Toxicol.* **60**:111-121p.

**Blanco J., Marino C., Martin M. & Acosta C.P. (2007)** Anatomical distribution of diarrhetic shellfish poisoning (DSP) toxins in the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Toxicon.* **50** :1011-1018p.

**Ben-Khedher S., Jebali J., Houas Z., Nawéli H., Jrad A., Banni M., & Boussetta H. (2014)** Metals bioaccumulation and histopathological biomarkers in *Carcinus maenas* crab from Bizert a lagoon, Tunisia. *Environmental Science and Pollution Research*. **21**(6):4343-4357p.

**Blaise C.F., Gagne J., Pellerin P. & Hansen D. (1999)** Determination of vitellogenin like properties in *Mya arenaria* hemolymph (Saguenay Fjord, Canada) : A potential biomarker for endocrine disruption». *Environmental Toxicology*. **14**(5):455-465p.

**Bourgeat M.P. (2002)** PCB et HAP résidus dans les denrées alimentaires d'origine animale : Etude bibliographique. *Thèse vétérinaire*. Université Claude-Bernard-Lyon. I.155p.

**Boucaud-Camou E., Lebesnerais C., Lubet P. & Lihrmann I. (1985)** Dynamique et enzymologie de la digestion chez l'huitre creuse, *Crassostrea gigas* (Thunberg). In Base biologiques de l'aquaculture. Montpellier, 12-16 décembre 1983. Ifremer, *Actes Colloq.* **1**:75-96p.

**Boukir A., Guiliano M., Doumenq P., El Hallaoui A. & Mille G. (1998)** Caractérisation structurale d'asphaltènes pétroliers par spectroscopie infrarouge (IRTF). Application à la photo-oxydation. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Séries IIC-Chemistry*. **1**(10):597-602p.

**Bertrand J.C. & Mille G. (1989)** Devenir de la matière organique exogène. Un modèle: les Hydrocarbures. Microorganismes dans les écosystèmes océaniques. Bianchi M., Marty D., Bertrand J.C. Caumette P. Gauthier M.J. et al. Paris éd. *Masson publ.* **13**:343-385p.

**Bayne B.L. (1976)** Marine mussels. Their ecology and physiology. Cambridge(U.K). *Cambridge University Press*. 506p.

**Beldi H., Gimbert F., Maas S., Scheifler R. & Soltani N. (2006)** Seasonal variations of Cd, Cu, Pb and Zn in the edible mollusk *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba, Algérie. *Afric. J. Agric. Res.* **1**(4):85-90p.

**Benchamma F. (1995)** Contribution à l'étude de la croissance et de la reproduction de *Donax trunculus* sur les côtes Algéroises. Mémoire d'ingénieur d'état en halieutique. *Ismal(Alger)*. 74p.

**Blandin P. (1986)** Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. Bull. Ecol. Ministère de l'Environnement, contrat n°82160 :« Synthèse et évaluation des recherches sur la mise au point d'indicateurs biologiques permettant de caractériser l'état et la transformation

des écosystèmes ».17(4):215-307p.

**Beldi H., Gimbert H., Maas S., Scheifler R. & Soltani N. (2006)** Seasonal variations of Cd, Cu, Pb and Zn in the edible mollusk *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaban , Algéria. *Afric. J. Agric. Res.* **1**(4):85-90p.

**Bouzeraa N., Abbes A. & Soltani N. (2004)** Analyse des protéines chez trois espèces de bivalves vivants dans des milieux différents lagune d'El Mellah et le golfe d'Annaba. *Bulletin INSTM.*(9): 97-100p.

**Bellon-Humbert C. ( 1962)** Les mollusques marins testacés du Maroc. II- *Lamellibranches et Scaphopodes*. *Travaux de l'institut scientifique Chérifien Série Zoologique Rabat.*28:184p.

**Bougis P. (1976)** Océanographie biologique appliquée, l'exploitation de la vie marine (*Paris France Masson*).17-23p.

**Boukrah H. (2008)** Etude comparative de l'absorption des ions plomb sur différents absorbants. Thèse. Université de 20 aout 1955 Skikda. 356p.

**Boudou A. (2004)** Mécanismes de bioaccumulation des métaux-traces chez les organismes aquatiques. Université Bordeaux 1 – Place Dr Peyneau-33120 Arcachon. Les Journées contamination décontamination des mollusques bivalves. Ifremer – Nantes 26-27 mai 2004.

**Cembella A.D., Shumway S.E. & Lewis N.I. (1993)** Anatomical distribution and spatio-temporal variation in paralytic shellfish toxin composition in two bivalve species from the Gulf of Maine. *J. Shellfish. Res.* **12** (2):389-403p.

**Costa L.B., Luciano F.B., Miyada V.S., & Gois F.D. (2013)** Herbal extracts and organicacids as naturalfeed additives in pigdiets. *South African Journal of Animal Science.* **43**(2):181-193p.

**Cajaraville M.P., Olabarrieta I. & Marigomez I. (1996)** In vitro activities in mussel hemocytes as biomarkers of environmental quality. a case study in the Abra Estuary (Biscay Bay). *Ecotoxicology and Environmental Safety.* **35**:253-260p

**Cerniglia C.E. (1992)** Biodegradation of polycyclicaromatichydrocarbons. *Biodegradation.* **3**(2): 351-368p.

**Cazale M.L. (2000)** Caractérisation physico-chimique d'un sédiment marin traité aux liants hydrauliques : Évaluation de la mobilité potentielle des polluants inorganiques, evaluation de la mobilité potentielle des polluants inorganiques. Autre. INSA de Lyon, 2012. Français.

**Campbell P.G.C. & Couillard Y. (2004)** Prise en charge et détoxification des métaux chez les organismes aquatiques. Écotoxicologie moléculaire-Principes fondamentaux et perspectives de développement. Edited by E. Pelletier, PGC Campbell, and F. Denizeau. Les Presses de l'Université du Québec, Ste-Foy, Québec, Canada.9-61p.

**Chouteau C. (2004)** Développement d'un biocapteur conductimétrie bi-enzymatique à cellules algales.(*Doctoral dissertation,Lyon,INSA*).0066:179p.

**Chassin P., Baize D., Cambier P.H. & Sterckeman T. (1996)** Les éléments traces métalliques et la qualité des sols: impact à moyen et à long.297-305p.

**Coleman J., Blake-Kalff M. & Davies E. (1997)** Detoxification of xenobiotic by plants: chemical modification and vacuolar compartmentation. *Trends in Plant Science*.(2):144-151p.

**Calvet R., Barriuso E., Benoit P., Bedos C., Charnay M.P. & Coquet Y. (2005)** Les pesticides dans le sol.Conséquences agronomiques et environnementales.*Edition France agricole*. Paris.637p

**Clausen T. (2008)** Role of Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup> pumps and transmembraneNa<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>,distribution in muscle functionActa Physiol. **192**(3):339-349p.

**Drif F. & Abdennour C. (2010)** Trace Metals in the Mussel *Donax trunculus*,(Linnaeus 1758) from Urban and Industrial Contaminated Locations. *J. Appl. Sci. Res.***6**(12):2063-2067p.

**Dirilegen N. (2000)** Accumulation of heavy metals in fresh water organisms: Assessment of toxic interactions. *Turk. J. Chem.***25**(2001):173-179p.

**Daby D. (2006)** Coastal pollution and potential biomonitors of metals in Mauritius.Water, Air and Soil Pollut. **174**(1-4):63-91p.

**Degiovanni C.& Mouëza M. (1972)** Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus*L.(Mollusque, *Lamellibranche*), dans l'Algéroise. écologie en Baie de Bou-Ismaïl Tethys.**4**(3):729-744p.

**Espinosa F., Guerra-García J.M. & García-Gómez J.C. (2007)** Sewage pollution and extinction risk :an endangeredlimpet as bioindicator ?. Biodiversité. *Conser.***16**(2):377-397p.

**Edouard H.& Christian C. (1992)** Direction de l'environnement et de l'aménagement littoral.118p.

**Farrington J.W. (1989)** Accumulation of hydrophobic organic pollutant compounds. In: Levin. S.A., Harwell M.A. Kelly J.R., Kimbal K.D. (eds), *Ecotoxicology: Problems and approaches*. Springer Verlag, *New York* . 279-313p.

**Fournier M., Cyr D., Blakley B., Boermans H. & Brousseau P. (2000)** Phagocytosis as a biomarker of immunotoxicity in wild life species exposed to environmental xenobiotics. *American Zoologist*. **40**:412-420p.

**F.A.O. (1986)** Fiche d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer Noir. *Zone de pêche*. 37p

**Fischer W., Bianchi G. & Scott W.B. (1981)** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Atlantique centre-est zone de pêche Canada Fond de dépôt, Ottawa, Ministère des Pêcheries et Océans Canada, en accord avec la FAO. (Bivalves). **6**:34-47p.

**Fischer W., Bauchat M.L.F. & Schneider M. (1987)** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, Méditerranéen et en mer noire. Zone de pêche 37. Végétaux et invertébrés. FAO/CEE. **1**:76p.

**Grimmelt B., Nijjar M.S., Brown J., Macnair N., Wagner S., Johnson G.R. & Amend J. F. (1990)** Relations hip between domoic acid levels in the blue mussel (*Mytilus edulis*) and toxicity in mice. *Toxicon*. **28**(5):501-508p.

**Gabbott P.A. (1983)** Development and seasonal metabolic activities in marine mollusca. In, *The molluscu. Environmental biochemistry and physiology*, edited by P.W. Hochachka, *Academic Press, New York*. **2**:165-217p.

**Gagné F., Blaise C., Pellerin J. & Gauthier-Clerc S. (2002)** Alteration of the biochemical properties of female gonads and vitellins in the clam *Mya arenaria* at contaminated sites in the Saguenay Fjord, *Marine Environmental Research*. **53**:295-310p.

**Gold-Bouchot G., Sima-Alvarez R., Zapata-Perez O. & Guemez-Ricalde J. (1995)** Histopathological effects of petroleum hydrocarbons and heavy metals on the American oyster (*Crassostrea virginica*) from Tabasco, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*. **31**(4-12): 439-445p.

**Gérard M. (2001)** Définition et caractérisations des métaux lourds. institut numérique.

**Galaf F. & Giannam S. (2003)** Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu, *mémoire* du troisième cycle présent pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat en Agronomie Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Rabat. 2p.

**Grimes S. (1994)** Contribution à la connaissance des populations de *Cardium glaucum* (Bruguère, 1789), *Loripes lacteus* (Linnaeus, 1758) et *Brachydontes marioni* (Locard, 1889) du lac Mellah (El-Kala, Algérie). Écologie et dynamique. *Thèse* Magister en Océanographie biologique, ISMAL (Alger). 211p.

**Galloway T.S. (2006)** Biomarkers in environmental and human health risk assessment. *Mar. Pollut. Bull.* **53**(10-12):606-613p.

**Gaspar M.B., Ferreira R. & Monteiro C. (1999)** Growth and reproductive cycle of *Donax trunculus* L. (Mollusca: Bivalvia) in Faro, southern Portugal. *Fish. Res.* **41**:309-316p.

**Giamberini L. & Pihan J.C. (1996)** The pericardial glands of the *Zebra mussel*, Ultrastructure and implication in lead detoxification ion process. *Biology of the Cell.* **86**(1):59-65p.

**Getzin L.W. (1985)** Factors influencing the persistence and effectiveness of chlorpyrifos in soil. *J. Econ. Entomol.* **78**(2):41-418p.

**Gerstl Z. (1990)** Estimation of organic chemical sorption by soils. *J. Contam. Hydrol.* **6**(4):357-375p.

**Galgani F. & Bocquéné G. (1998)** Biomarqueurs moléculaires d'exposition des organismes marins aux pesticides organophosphorés et carbamates." Utilisation de biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement. (1998): 111-134.

**Henry M. (1987)** La glande digestive de la *Palourde Ruditapes decussatus* L. recherche ultrastructurale, cytochimiques, écophysylogiques et écotoxicologiques .thèse *Doct. es Sci. Nat.*, Univ. AIX-Marseille. 3.439p.

**Johnson M.A., Diouris M. & Pennec M. (1994)** Endosymbiotic bacterial contribution in the carbon nutrition of *Loripes lucinalis* (Mollusca: Bivalvia). *Symbiosis.* **17**:1-13p.

**Jurd R.D. (2000)** Instant notes in animal biology. Scientific Publishers. Department of biochemistry and molecular biology, *university of Leeds, Leeds UK.* 308p

**Joiris C.R., Halsbeek L. & Otchere F.A. (2000)** Mercury in the bivalves *Crassostrea Tulipa* and *Perna Perna* from Ghana. *Mar. Pollut. Bull.* **40**(5):457-460p.

- Kenaga E.D. (1972)** Factors related to bioconcentration of pesticides. In: Matsumura, F. (Ed.). *environmental toxicology of pesticides*. Academic press edition. *New York*. 193-228p.
- Livingstone D.R., Lips F., Garcia Martinez P., Pipe R.K. (1992)** Antioxidant enzymes in the digestive gland of the common mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology*. **112**: 265-276p.
- Lebesnerais C. (1985)** Etude expérimentale de la digestion chez *l'huître japonaise Crassostrea gigas (Thunberg)* (Doctoral dissertation, Caen)
- Lacaze J.C. (1980)** La pollution pétrolière en milieu marin. *Masson*. Paris. 118 p.
- Lefebvre G. (1978)** Chimie des hydrocarbures. Publication de *l'Institut Français du Pétrole*. 284p.
- Lucas A. (1965)** Recherche sur la sexualité des Mollusques Bivalves. *Bull. Biol. Fr. Belg.* **99**:115-247p.
- Lavado R., Urena R., Martin-Skilton R., Torreblanca A., Del Ramo J., Raldua D. & Porte C. (2006)** The combined use of chemical and biochemical markers to assess water quality along the Ebro River. *Environ. Pollut.* **139**(1):330-339p.
- Lamarck . (1819)** Synop. F.A.O. Pêche 88 .
- Lubet P. & Aloui N. (1987)** Limites létales thermiques et action de la température sur la gametogenèse et l'activité neurosécrétoire chez la moule (*M. edulis* et *M. galloprovincialis*), mollusque bivalve. *Haliotis*. **16**:309-316p.
- Lipok J., Studnik H. & Gruyaer S. (2010)** The toxicity of roundup® 360 SL formulation and its main constituents: Glyphosate and Isopropylamine towards non-target water photoautotrophs. **37**(7):1681-1688p.
- Logan R. & Shafer G. (1987)** Implementing Dempsters rule for hierarchical evidence. *Artificial Intelligence*. **33**(3):271-298.
- Lubet P. (1959)** Recherches sur le cycle sexuel et l'émission des gamètes chez les Mytilidés et les Pectinidés (Moll. Bival). *Rev. Trav. Inst. Pêche Marit.* **23**(4):389-548p.
- Marigomez J.A. & Ireland M.P. (1989)** Accumulation, distribution and loss of cadmium in the marine prosobranch littoral. *Sci. Total Environ.* **78**:1-12.
- Marteil L. (1974)** La conchyliculture française. Première partie : Le milieu naturel et ses variations. *Revue de Travail de l'Institut des Pêches Maritimes*. **38**:217-337p.

**Moore M.N. (2002)** Biocomplexity: the post-genome challenge in ecotoxicology. *Aquatic Toxicology*. **59**:1-15p.

**Moore M.N., Depledge M.H., Readman J.W. & Paul Leonard D.R. (2004)** An integrated biomarker-based strategy for ecotoxicological evaluation of risk in environmental management. *Mutation Research, Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*. **552**:247-268p

**Moukrim A., El Hamidi F., Lagbouri A., Kaaya A., Zekhnini A., Bouhaimi A. & Narbonne F. (2004)** *Donax trunculus* as a sentinel species for environmental monitoring of sandy beaches on Moroccan coasts. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **73**:674–681p.

**Medhioub W. (2011)** Étude des mécanismes de contamination des mollusques bivalves par des neurotoxines à action rapide (FAT) développement de procédés de détoxification. Physiologie [q-bio.TO]. Université de Bretagne occidentale - Brest, Français.

**Medhioub W., Guéguen M., Lassus P., Bardouil M., Truquet P., Sibat M., Medhioub N., Soudant P., Kraiem M. & Amzil Z. (2010)** Detoxification enhancement in the gymnodimine contaminated grooved carpet shell, *Ruditapes decussatus* (Linné). *Harmful Algae*. **9**:200-207p.

**Mouëza M. & Frenkiel-Renault L. (1973)** Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusques: *Lamellibranches*) dans l'Algérois: la reproduction. *Cah. Biol. Mar.* **14**:261-283p.

**Mouëza M. & Chessel D. (1976)** Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque *Lamellibranche*) dans l'Algérois: analyse statistique de la dispersion le long d'une plage en baie de Bou-Ismaïl. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. **21**(3): 211-221p.

**Marigómez I., Soto M., Cajaraville M.P., Angulo E. & Giamberini L. (2002)** Cellular and subcellular distribution of metals in Molluscs. *Microscopy Research and Technique*. **56**(5): 358-392p.

**Mason A.Z. & Jenkins K.D. (1995)** Metal detoxification in aquatic organisms. Metal speciation and bioavailability in aquatic systems. In: Tessier A. and Turner D.R. (Eds.), *Metal speciation and Bioavailability in Aquatic Systems*. John Wiley and Sons, New York . **70**(1):283-292p.

**Morton B.S. (1983)** Feeding and digestion in Bivalvia. In: Wilbur, A.S.a.K. (Ed.). *The Mollusca*. Academic Press, New York. 64p.

**Miquel G. (2001)** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport Office.

**Maroni M., Colosio C., Ferioli A. & Fait A. (2000)** Biological monitoring of pesticide exposure : à review. *Int. Toxicol.* **143**(1):(5-118p.

**Neff J.M., Hillman R.E., Carr R.S., Buhl R.L. & Laney J.I. (1987)** Histopathological and biochemical responses in Arctic marine bivalve molluscs exposed to experimentally-spilled oil. *Arctic.* **40** :220-229p.

**Neff J.M. (1979)** Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the aquatic environment: Sources, Fates and Biological Effects. London, Applied Science Publishers Ltd. *Estuarine Coastal and Shelf Science.* **15**(4) :469-470p.

**Neathery M.W. & Miller W.J. (1975)** Metabolism and toxicity of cadmium, mercury and lead in animals. *Journal of Dairy Science.* **58**(12):1767-1781p.

**Neveu A., Riou C., Bonhomme M., Chassin P. & Papy F. (2001)** L'eau dans l'espace rural, vie et milieu aquatique. Paris. 3-62p.

**Neuberger-Cywiak L., Achituv Y. & Garcia E.M. (2007)** Effects of sublethal Zn and Cd concentrations on filtration rate, absorption efficiency and scope for growth in *Donax trunculus* (Bivalvia: *Donacidae*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **79**:622-627p.

**Owen G. (1955)** Observations on the stomach in the pro-branchia and Spetibranchia (Lamellibranchia). *proc. Zool. Soc. London.* **127**:511-529p.

**Owen G. (1966)** Digestion. *Physiology of Mollusca*. Editors : K. M. Wilbur et C. M. Yonge. Academic Press, *New York.* **2**:53-96p.

**O.M.S. (1991)** Organisation Mondiale de la santé. L'utilisation des pesticides en agriculture et ses conséquences pour la santé publique. Genève.

**Phillips D.J.H. (1986)** Use of bio-indicators in monitoring conservative contaminants: Program design imperatives. *Marine Pollution Bulletin.* **17**:10-17p.

**Pellerin-Massicote J.B., Vincent & Pelletier E. (1993)** Évaluation écotoxicologique de la qualité de la baie des anglais (Québec), *Water Pollution Research Journal of Canada.* **28**:665-689p.

**Purchon R.D. (1971)** Digestion in filter feeding bivalves - a new concept. *Proc. Malacol. Soc. Lond.* **39**: 253-262p.

**Prosser P. & Hart A.D. (2005)** Assessing potential exposure of birds to pesticide-treated seeds. *Ecotoxicology*. **14**(7):679-691p.

**Roelke D.L., Fryxell G.A. & Cifuentes L.A. (1993)** Effect on the oyster *Crassostrea virginica* caused by exposure to the toxic diatom *Nitzschia pungens* f. multiseriata. *J. Shellfish Res.* **12**:143p.

**Ruppert E.E., Barnes R.D. & Fox R.S. (2004)** Invertebrate zoology: a functional evolutionary approach, seventh edition. 26-963p.

**Ruppert E.E., & Barnes R.D. (1994)** Invertebrate zoology Fort Worth. seventh edition *Saunders College Publishing*. **1**:56p.

**Reid R.G.B. (1965)** The structure and function of the stomach in bivalve mollusks. *J. Zool. Lon.* **147**:156-184p.

**Ramade F. (1992)** Précis. ecotoxicologie. Edité par Masson. 300p

**Ramade R. (2000)** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. ediscience international. *Paris France*. 58-365p.

**Rao J.V., Kavitha P., Srikanth K., Usman P.K. & Rao T.G. (2007)** Environmental contamination using accumulation of metals in marine sponges, *Sigma docia fibulata* inhabiting the coastal waters of Gulf of Mannar, India. *Toxicol. Environ. Chem.* **89**(3):487-498p.

**Ramon M., Gracenea M. & Gonzalez O.M. (1999)** *Bacciger Bacciger* (Trematoda, *Fellodistomidae*) infection in commercial clams *Donax trunculus* (Bivalvia, *Donacidae*) from the sandy beaches of the Western Mediterranean *Diseases of Aquatic Organisms*. **35**:37-46p.

**Roesijadi G. & Robinson W. (1994)** Metal regulation in aquatic animals: mechanisms of uptake, accumulation and release. In: MD and OG Lewis Publishers, B.R. (Ed.). *Aquatic toxicology: molecular, biochemical and cellular perspectives*. 387-420p.

**Soltani M. (2004)** Distribution lipidique et voies métaboliques chez quatre bactéries Gram-négatives hydrocarbonoclastes variation en fonction de la source de carbone. *Thèse de Doctorat*, Université de Pierre et Marie curie Paris. **6**:284p.

**Smayda T.J. (2008)** Complexity in the eutrophication-harmful algal bloom relationship, with comment on the importance of grazing. *Harmful Algae*. **8**(1):140-151.

**Siung-Chang A. (1997)** A review of marine pollution issues in the Caribbean. *Environ. Geochem. Health*. **19**(2): 45-55p.

**Sarkar A., Ray D. & Shrivastava A.N. (2006)** Molecular biomarkers: their significance and application in marine pollution monitoring. *Ecotoxicol.***15**:333-340p.

**Semadi A. & Deruelle S. (1993)** Lead pollution monitoring by transplanted lichens in Annaba area (Algeria). *Rev. Poll. Atmos.***35**(140):86-102p.

**Sifi K. Chouahda S. & Soltani N. (2007)** Bio surveillance de l'environnement par la mesure de biomarqueurs chez *Donax trunculus* dans le golfe d'Annaba (Algérie). *Mésogée.***63**:11-18p.

**Sani A. & Idris M.K. (2016)** Acute toxicity of herbicide (glyphosate) in *Clarias Gariepinus Juveniles*, *Toxicology Reports.***3**:513-515p.

**Sensi S.L. & Jeng J.M. (2004)** Rethinking the Excitotoxic Ionic milieu. The emerging role of Zn<sup>2+</sup> in Ischemic Neuronal Injury, *Current molecular medicine.***4**(2):87-111p.

**Splittergerber A.G. & Tappel A.L. (1979)** Inhibition of glutathione peroxidase by cadmium and other metals. *Arch. Biochem. Biophys.***197**(2):534-542p.

**Tissoukai H. & Ouatmani M. (2013)** Dosage de quelques métaux lourds dans les régions de haute vulnérabilité du golfe de Bejaia. thèse en vue de l'obtention du diplôme de mastere II en environnement et sante publique : université Abderrahmane Mira de Bejaia. 84p.

**Taverar-Mendoza L.S., Ruby P., Brousseau M., Fournier D.C. & Marcogliese D. (2002)** Response of the amphibian tadpole *Xenopus Laevis* to atrazine during sexual differentiation of the testis, *Environmental Toxicology and Chemistry.***21**:527-531p.

**Tlili S., Metais I., Boussetta H. & Mouneyrac C. (2010)** Linking changes at subindividual and population levels in *Donax trunculus*: assessment of marine stress. *Chemosphere.***81**:692-700p.

**Utting S.D. & Millican P.F. (1997)** Techniques for the hatchery conditioning of bivalve broodstocks and the subsequent effect on egg quality and larval viability. *aquaculture.***155**(1-4):45-54p.

**Usero J., Morillo J. & Garcia I. (2005)** Heavy metal concentrations in mollusks from the Atlantic coast of southern Spain. *Chemosphere.***59**(8):1175-1181 p.

**U.N.E.P.(1999)** The potential effects on human health and the environment arising from possible use of depleted uranium during the 1999 Kosovo conflict. *United Nations Environment Programme*.Geneva.CH.

**Viarengo A., Palmero S., Zanicchi G., Capelli R., Vaissiere R. & Orunesu M. (1985)** Role of metallothioneins in Cu and Cd accumulation and elimination in the gill and digestive gland cells of *Mytilus galloprovincialis*(Lam.). *Mar. Environ. Res.***16** :23-36p.

**Vasanthi L.A., Revathi P., Arulvasu C. & Munuswamy N. (2012)** Biomarkers of metal toxicity and histology of *Perna viridis* from Ennore estuary, Chennai, southeast coast of India. *Ecotoxicology and environmental safety*.**84** :92-98p

**Van Der Oost R., Beyer J. & Vermeulen N.P.E. (2003)** Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*.**13**(2):57-149p.

**Varanasi U., Reichert W. L., Stein J.E., Brown D.W., & Sanborn H.R. (1985)** Bioavailability and biotransformation of aromatic hydrocarbons in benthic organisms exposed to sediment from an urban estuary. *Environmental science & technology*.**19**(9) :836-841p.

**Vandecasteele J.P. (2005)** Microbiologie pétrolière (concepts, implications environnementales, Applications industrielles). Paris, Publications de l'institut français du pétrole.**1**:412p.

**Vaissière R. & Fredj G. (1963)** Contribution à l'étude de la faune benthique du plateau continental de l'Algérie. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*.**60**:(1272):83p.

**Villeneuve F. & Desire C. (1965)** Zoologie. classe de 1re M'.

**Verlecar X.N., Jena K.B. & Chainy G.B. (2006)** Modulation of antioxidant defences in digestive gland of *Perna viridis* L. on mercury exposures. *Chemosphere*.**71**:1977-1985p.

**Widdows J., & Donkin P. (1992)** Mussels and environmental contaminants: bioaccumulation and physiological aspects. The mussel *Mytilus*: *ecology, physiology, genetics and culture*. **25**:383-424p.

**Wedderburn J., Mc Fadzen I., Sanger R.C., Beesley A., Heath C., Hornsby M. & Lowe D. (2000)** The field application of cellular and physiological biomarkers, in the mussel

*Mytilusedulis*, in conjunction with early life stage bioassays and adult histopathology. *Mar. Pollut. Bull.* **40**: 257-267p.

**Wade M.G.W.G., Foster E.V., Yonglai A., McMahon K., Leingartner A., Yagaminas k., Soumano D., Blakley M., Fournier D., Desaulnirr S. &Hugues C.L. (2002)** Subchronic exposure to a complex mixture of persistent contaminants on male rats. Systemic, immune and reproductive effects, *Toxicological Sciences.* **67**:131-143p.

**Wilcke W. (2007)** Global patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soil. *Geoderma.* **141**(3-4) :157-166p.

**W.H.O. (1999)** World Health Organization: Definition, diagnosis and classification of mellitus diabetes and its complications: Report of a WHO Consultation. Part 1. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. Geneva.

**Weiss B.S. &Almer R.W. (2004)** Pesticides. *Pediatrics.* 113(4 Suppl). **13**(4):1030-1036p.

**Yonge C.M. (1926)** Structure and physiology of organs of feeding and digestion in *Ostrea edulis*. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* **14**: 295-386p.

**Zaimeche S. (2015)** Contribution à l'étude de l'action d'agents polluants sur des végétaux bioindicateurs . *Thèse Doctorat.* 171p.

# *Résumé*

## Résumé

La plupart des côtes maritimes sont exposées à divers types de polluants causés par des activités anthropiques, émettant des substances physiques et chimiques toxiques. Afin de déterminer le degré de la contamination avec ces polluants environnementaux, deux bivalves mollusques *Donax trunculus* et *Mytilus galloprovincialis* colonisant le golfe d'Annaba ont été choisis. L'échantillonnage a été assuré de trois sites pour *D. trunculus* (El-Bettah, Sidi Salem et Boukhemira) et de trois autres sites pour *M. galloprovincialis* (El-Henaya, Seybouse et Boukhemira) durant le mois de mars 2019. La glande digestive a été prélevée des individus mâles et femelles, afin de réaliser l'étude l'histologique au sein du service de l'Anapath de l'hôpital de Ibn Rochd à Annaba. Des différents degrés d'altérations tissulaires ont été observées. Egalement, un rétrécissement des cellules épithéliales à l'intérieur des tubules digestifs, une dilatation de la lumière tubulaire, des ruptures de la lame basale des tubules et une fragmentation du cytoplasme apical. Ces dommages cellulaire et tissulaire conduisant à des nécroses cellulaires et tubulaires. D'après les constatations obtenues, ces deux bio-indicateurs peuvent être utilisés pour surveiller l'environnement de la zone d'étude.

**Mots clés:** Bivalves, histologie, contamination, polluants.

## **Abstract**

Most of the marine coasts are exposed to various types of pollutants caused by human activities, emitting toxic physical and chemical substances. In order to determine the degree of contamination with these environmental pollutants, two mollusk bivalves *Donax trunculus* and *Mytilus galloprovincialis* colonizing the Gulf of Annaba were selected. Sampling was provided for three sites for *D. trunculus* (El-Bettah, Sidi Salem and Boukhemira) and three other sites for *M. galloprovincialis* (El-Henaya, Seybouse and Boukhemira) during the month of March 2019. The digestive gland was taken from male and female individuals, in order to carry out the histological study within the Anapath department of the Ibn Rochd hospital in Annaba. Different degrees of tissue alterations were observed. Also, narrowing of the epithelial cells inside the digestive tubules, dilation of tubular light, ruptures of the basal blade of the tubules and fragmentation of the apical cytoplasm. This cell and tissue damage leads to cell and tubular necrosis. Based on the findings obtained, these two bio-indicators can be used to monitor the environment of the study area.

**Keywords:** Bivalves, histology, contamination, pollutant .

## الملخص

تتعرض معظم السواحل البحرية لأنواع مختلفة من الملوثات الناجمة عن الأنشطة البشرية، التي تتبع منها المواد الفيزيائية والكيميائية السامة. لتحديد درجة التلوث مع هذه الملوثات البيئية، تم اختيار اثنين من ذوات الصدفتين الرخوة متيلوس *Mytilus galloprovincialis* و دوناكس *Donax trunculus* اللذان يقطنان خليج عنابة. تم أخذ العينات من ثلاثة مواقع لـ: *M. galloprovincialis*: الحناية، سيبو س و بوخميرة وثلاثة مواقع أخرى لـ *D. trunculus*: البطاح، سيدي سالم وبوخميرة خلال شهر مارس 2019. استخلصت الغدة الهضمية من الذكور والإناث، من أجل إجراء الدراسة النسيجية في قسم Anapath في مستشفى ابن رشد بعنابة. وقد لوحظت درجات مختلفة من تلف الأنسجة. أيضا، انكماش الخلايا الطلائية داخل الأنابيب الهضمية، تمدد التجويف الأنبوبي، تمزق الغشاء القاعدي للأنابيب وتطل الهيولى القمية. هذه الاضرار على المستوى الخلوي و النسيجي تقود إلى موت خلوي وكذا موت للأنابيب الهضمية. استنادًا إلى النتائج، يمكن استخدام هذين المؤشرين الحيويين لمراقبة بيئة المنطقة المدروسة.

**الكلمات المفتاحية:** الصدفتان، الأنسجة، التلوث، الملوثات.