

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

**Etude toxicologique des polluants dans le milieu marin :
Description des structures fonctionnelles des branchies de
Mytilus galloprovincialis (Mollusque Bivalve)**

Présenté par:

Ait ameur Rania

Benarioua Hana

Devant jury:

Président: Nedjah R. (Pr.)

Université de Guelma

Examineur : Benosman S. (MCB)

Université de Guelma

Encadreur : Drif F. (MCA)

Université de Guelma

2019-2020

Remerciement

Avant tout nous remercions Dieu le tout puissant pour nous avoir aidé à réaliser ce travail.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de M^{me} Drif Fahima, on la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nous exprimons nos profonds remerciements aux membres du jury qui ont bien voulu évaluer ce travail :

Nous sommes reconnaissantes pour le grand honneur d'avoir Accepté d'examiner ce travail au président M^e Nedjah Ryad et l'examinatrice M^{me} Benosman Sana.

Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenus de près ou de loin.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mon cher père Farouk

A ma chère maman Nadia

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour, dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A ma chère unique sœur Imen et son époux

A mes chères neveux Barae, Mouad et Salam.

A ma chère cousine Hadil.

A toute ma famille.

A mon cher binôme Hana ensemble nous avons pu faire ce travail et avec qui j'ai partagé de bons moments.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

Rania

Dédicace

En premier lieu je remercie Allah le tout puissant de m'avoir donnée la volonté, la santé et le courage pour réaliser ce travail.

Je dédie cet humble travail avec grande amour, sincérité et fierté.

A mon adorable mère qui m'a beaucoup donné, et mon cher père source de tendresse et bonheur.

Une dédicace spéciale à mon cher fiancé Nezzar Akram qui m'a soutenu moralement, qui était très patient et compréhensif pendant les moments de stress.

A mes frères Nour Eddine, Yassin et Malek, leurs femmes et ces enfants. A mes chères sœurs Nawal, Radia, Sabrina et Sara,

Leurs maris et leurs enfants et surtout à mes neveux Haythem, Mohammed, Lamis, Chiraz, Miral et Razan.

A mon cher binôme Rania, que j'ai partagé avec elle des bons moments pendant onze-ans et à tous mes amies surtout Rima, Rania. En fin, je le dédie à tous mes amies que je n'ai pas citées et à tous ceux qui me connaissent.

Hana

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 01	Pollution atmosphérique	3
Figure 02	Pollution du sol	4
Figure 03	Pollution de l'eau	5
Figure 04	L'espèce <i>Mytilus galloprovincialis</i>	17
Figure 05	Répartition géographique de <i>M. galloprovincialis</i>	18
Figure 06	Vue externe de la moule <i>M. galloprovincialis</i>	19
Figure 07	Vue interne de la moule <i>M. galloprovincialis</i>	21
Figure 08	Présentation schématique d'une partie de la lamelle branchiale	26
Figure 09	Présentation schématique des branchies et des filaments de <i>M. galloprovincialis</i>	27
Figure 10	Aspect histologique de deux plis d'un feuillet	28
Figure 11	Aspect histologique de deux régions : frontale et abfrontale des filaments ordinaires	28
Figure 12	Aspect histologique de filament ordinaire	29
Figure 13	Aspect histologique d'une cellule frontale	30
Figure 14	Aspect histologique de la cellule latéro-frontale	30
Figure 15	Aspect histologique de la cellule latérale	31
Figure 16	Aspect histologique de la cellule abrofontale	31
Figure 17	Représentation schématique de la circulation des particules ingérées	34

Liste des abréviations

NO : monoxyde d'azote.

NO₂ : dioxyde d'azote.

SO₂ : dioxyde de soufre.

COV : composés organiques volatils.

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène.

HAP : hydrocarbures aromatiques poly-cycliques.

As: Arsenic.

Cd: Cadmium.

Cr: Chrome.

Hg : Mercure.

Ni : Nickel.

Pb : Plomb.

Se : Sélénium.

Zn : Zinc.

ATP : Adénosine-Triphosphate.

O₂ : Oxygène.

CO₂ : dioxyde de carbone.

Sommaire

Liste des figures

Liste des abréviations

1. Introduction.....	1
Chapitre 1 : La pollution environnementale	
1. La pollution.....	3
1.1 Pollution atmosphérique.....	3
1.2 Pollution du sol.....	4
1.3 Pollution de l'eau.....	4
2. Les polluants.....	5
2.1 les hydrocarbures	6
2.2 les pesticides	6
2.3 Les détergents	7
2.4 Les métaux lourds	8
2.4.1 Origine des métaux lourds	9
2.4.2 Eléments essentiels et non essentiels métalliques	10
3. Bioaccumulation	10
4. Effets des polluants.....	10
Chapitre 2 : Présentation de l'espèce <i>Mytilus galloprovincialis</i>	
1. Généralité sur l'espèce	17
2. Taxonomie	17
3. Répartition géographique.....	18
4. Morphologie	19
4.1 Morphologie externe	19
4.1 Morphologie interne	19
5. Physiologie	21
5.1 Nutrition.....	21
5.2 Croissance	22
5.3 Excrétion	22
5.4 Reproduction	22
5.5 Respiration	23
6. Habitat.....	23

7. Les bio-indicateur	24
Chapitre 3 : Nutrition et respiration	
1. Histologique des branchies	26
2. Fonction des branchies	32
2.1 Nutrition	32
2.2 Respiration	35
2.2.1 les facteurs influençant sur la respiration	37
Conclusion	
Références bibliographiques	
Français	
Anglais	
Arabe	

Introduction

1. INTRODUCTION

La pollution présente un danger énorme sur les écosystèmes, elle touche l'air, le sol et l'eau. La contamination de ces milieux affecte directement la santé de l'homme et d'autres êtres vivants à la fois et effectivement provoque le déséquilibre écologique.

Le terme de contaminants est réservé pour désigner les polluants qui ont un effet nocif sur les organismes vivants. Ces agents qui sont à l'origine d'une altération des qualités du milieu, même s'ils y sont présents à des niveaux inférieurs au seuil de nocivité.

La pollution des écosystèmes marins et littoraux est un problème environnemental, ces milieux sont affectés d'une façon ou une d'autre par le développement technologique des villes, les rejets agricoles, urbains et industriels qui conduisent à une pollution agressive. Aujourd'hui, les milieux aquatiques drainent et recueillent la majorité de contamination à cause de ces rejets, la mer méditerranée est classée parmi les sept mers les plus menacées **(Boudouresque, 1996)**.

Egalement, les substances persistantes aux individus qui sont exposés et en fonction des voies de pénétration subissent un transfert au niveau de divers compartiments. En particulier, les substances chimiques susceptibles de constituer un danger pour la vie aquatique, les hydrocarbures, les pesticides, les détergents, de divers composés de synthèse et les métaux lourds...etc, ces derniers sont très toxiques du fait, qu'ils ne sont pas biodégradables **(Wingfors et al., 2006)**. En conséquence, ils affectent les organismes en s'accumulant dans leurs corps ou par leur transfert à travers la chaîne alimentaire.

Des programmes de recherche et de surveillance ont été mis en œuvre permettant de détecter la présence des contaminants dans le milieu naturel, ainsi que de déterminer la réponse biologique des êtres vivants aquatiques aux polluants **(Moore et al., 2004)** tel que, le Mussel Watch Projet aux Etats-Unis **(Wade et al., 1998)**. Ces programmes visent l'influence des polluants sur des espèces bio-indicateurs, par des modifications comportementales modifieront leurs capacités à s'alimenter, à se reproduire et certainement par une surmortalité, qui conduise à des perturbations au niveau des chaînes trophiques.

En effet, les organismes aquatiques en particulier les mollusques bivalves tels que les moules, sont des modèles d'intérêt pour étudier les effets biologiques des polluants. Les bivalves filtreurs constituent d'excellents bio-accumulateurs car ils sont capables d'accumuler et de concentrer des niveaux élevés d'éléments métalliques et de composés organiques présents

dans leur environnement avec des réponses physiologiques observables. La physiologie des bivalves est relativement bien étudiée et répondent aux critères d'espèce cible pour des applications de surveillance. Ils ont tendance à s'établir dans des régions où des espèces moins robustes ne peuvent pas survivre (**Cossa, 1985 ; Lopez-Barea et Pueyo, 1998**).

Le présent travail consiste à étudier la fonction respiratoire de la moule méditerranéenne *Mytilus galloprovincialis* et s'intéresser spécialement à l'étude histologie des branchies, en tant qu'organe privilégié par l'accumulation des contaminants. Afin, de se renseigner sur l'état de santé de ces espèces, pour une meilleure protection des consommateurs et un développement économique à travers un renforcement de la commercialisation de produits de la pêche sains et de qualité.

Chapitre 1 : la pollution environnementale

1. La pollution

La pollution n'est pas un phénomène moderne, elle est présentée sous forme des modifications du milieu naturel, qui peut être causé par une mauvaise gestion des déchets ou par les effluents des activités humain. Des villes ont été pendant très longtemps souillées par les ruisseaux d'écoulement des eaux usées et les ordures ménagères, les eaux superficielles, voire les nappes phréatiques pouvaient alors être contaminées. Ce phénomène peut nuire directement l'homme et environnement proche par la perturbation de l'écosystème et peuvent aller jusqu'à la migration ou l'extinction de certaines espèces incapable de s'adapter au changement ou indirectement à travers la chaînes alimentaires ou l'environnement plus lointain (*Christian et al., 2012*). Il existe de nombreux types de pollution dans l'environnement parmi lesquelles on peut citez : la pollution de l'air, du sol, et de l'eau.

1.1 La pollution atmosphérique

C'est la forme la plus importante et la plus dangereuse. La dégradation de la qualité de l'aire est causée par l'émission des polluants chimiques, biologiques ou physiques présents dans ce milieu comme les acides d'azotes (NO et NO₂), le dioxyde de soufre SO₂ et les composé organiques volatiles (COV)...etc. Ce type de pollution peut entraîner un réchauffement de la planète et des pluies acides qui à leur tour ont augmenté les températures et la sécheresse dans le monde entier (**fig.01**).



Figure 01 : Pollution atmosphérique ¹

1.2 La pollution du sol

La contamination du sol est due à l'activité agricole, aux épandages des boues d'épuration et aux déchets d'origine industrielle devient aujourd'hui un problème préoccupant (empêche la croissance naturelle et l'équilibre de cette dernière) (**Rainelli, 1996**).

On dit qu'un sol est pollué lorsqu'il contient des concentrations anormales des composés chimiques ou biologiques affect négativement la santé humaine, les plantes ou les animaux (**fig.02**).



Figure 02 : Pollution du sol ²

1.3 La pollution de l'eau

Ce type de contamination causé par l'introduction de substance chimique, particulaire, bactérienne ou solvants universel véhiculés par les rejets ménagers par les eaux usées et les stations d'épuration. Il est presque inévitable. Les conséquences de cette introduction conduisent à des mortalités massives des d'espèces, mais elles ont aussi des effets moins visibles, tel qu'une eutrophisation des milieux, des effets toxiques à plus ou moins long terme, des maladies ou des perturbations endocriniennes (**fig.03**).



Figure 03 : Pollution de l'eau ³

2. Les polluants

Un polluant est un altéragène biologique, physique ou chimique, qui au-delà d'un seuil, et parfois dans certaines conditions, développe des impacts négatifs sur l'homme, les animaux, les végétaux ou les matériaux de construction (**Lave et coll, 1990**).

Il existe deux grandes classes de polluants :

- Les polluants primaires comme les composés carbonés et les composés azotés.
- Les polluants secondaires produits dans l'atmosphère par l'interaction entre les polluants primaires ou entre les polluants primaires et les composés naturels de l'atmosphère.

2.1 Les polluants dans l'eau de mer

La pollution de l'eau est sans doute aussi ancienne que la sédentarisation de l'humanité et sa première industrie. Au temps de polluants, montrent la responsabilité énorme des produits utilisés dans l'agriculture et l'industrie, le fait que rejeté dans les milieux marins, la plupart de ces déchets se sédimentent dans les fonds océaniques et une autre partie la méthanisation des boues de stations d'épuration des eaux usées. Ces sédiments peuvent être fortement pollués et conserver les traces de polluants anciennes. Souhaitons que le nombre des supporters des solutions écologiques aient augmenté face aux problèmes posés par les sociétés prédatrices de l'eau.

On distingue quatre types de polluants chargés par les eaux marines :

2.2 Les hydrocarbures

Les hydrocarbures sont des molécules formées d'une association d'atomes de carbone et d'hydrogène ayant une formule générale C_nH_{2n} . Les hydrocarbures sont groupés selon leur composition chimique en trois grandes classes : les hydrocarbures non aromatiques saturés et insaturés, les hydrocarbures aromatiques et les hydrocarbures lourds.

▪ Les hydrocarbures non aromatiques saturés et insaturés

Les hydrocarbures saturés ne sont formés que de carbone et d'hydrogène. Leur nom issu de préfixe correspondant au nombre de carbones de la chaîne + la terminaison ane, ex : méthane composé d'un seul atome de carbone. Un hydrocarbure non aromatique insaturé comportant une double liaison est appelé alcène. S'il comporte plusieurs doubles liaisons, il est appelé alcadiène, alcatriène..., selon qu'il comporte 2,3,...doubles liaisons. Un hydrocarbure non aromatique insaturé comportant une triple liaison est appelé alcyne. S'il comporte plusieurs triples liaisons, il est appelé alcadiyne, alcatriyne..., selon qu'il comporte 2,3,...triples liaisons.

▪ Les hydrocarbures aromatiques

Ce sont des hydrocarbures dont la structure moléculaire comprend un cycle possédant une alternance formelle de liaison simple et double, ces molécules ont une odeur douce en général. Ils possèdent un cycle, dénommés mono-cycliques et regroupent ce que l'on appelle les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène). Les autres qui possèdent plusieurs cycles sont appelés hydrocarbures aromatiques poly-cycliques ou HAP. Ces deux catégories sont bien connues car elles représentent une forte toxicité.

▪ Les hydrocarbures lourds

Les hydrocarbures lourds (fuels, huiles) présentent à l'inverse un mélange de molécules présentant un poids moléculaire élevé, avec un nombre de carbone plus élevé. Ils présentent les composants principaux des gaz de combustion (gaz naturel et gaz de pétrole liquéfié), essence et huile de moteur.

2.3 Les pesticides

Substances répandues sur une culture pour lutter contre des organismes nuisibles. C'est un terme générique qui rassemble les insecticides, les fongicides, les herbicides, les parasitocides. Il s'attaque respectivement aux insectes ravageurs, aux champignons, aux

mauvaises herbes et aux vers parasites. Les pesticides comprennent des substances sanitaires aussi des substances d'usage domestique (**Mamane, 2015**).

▪ **Les insecticides**

Sont des substances actives ou des préparations phytosanitaires lutter contre les insectes, leurs larves, et/ou leurs œufs. Ils font partie des pesticides. Ces produits capables aussi de tuer les arthropodes sont souvent les plus toxiques (**Christine, 2008**). Il y'a trois grandes familles

- Les organochlorés : sont des insecticides qui contiennent du carbone, de l'hydrogène et des atomes de chlore.
- Les organophosphorés : ce sont des esters de l'acide phosphorique dont les noms de substances actives sont le plus souvent identifiables par leur terminaison en « phos »ou en « thion».
- Les carbamates : sont des insecticides dérivés de l'acide carbamique. Le carbonyl est le carbamate le plus utilisé en raison de son spectre d'action très étendu pour les contrôles des insectes et en raison de sa faible toxicité chez les mammifères.

▪ **Les fongicides**

Appelées aussi produits phytosanitaires ou pesticides, conçue pour éliminer ou limiter le développement des champignons parasites des végétaux. On distingue deux grands groupes de fongicides : les fongicides minéraux et les fongicides organiques.

▪ **Les herbicides**

Ou désherbants sont des substances employées en décence des cultures, ayants la propriété de lutter contre les mauvaises herbes qui concurrencent les plantes cultivées. Les herbicides seront traités en fonction de leur mode d'application et de leur mode d'action.

- Les herbicides appliqués au niveau foliaire.
- Les herbicides appliqués au niveau du sol.

2.4 Les détergents

Les molécules de détergents possèdent deux partie une chaîne hydrophobe induit une toxicité plus grande dans les organismes aquatique, et une chaine hydrophile liée à une chaîne hydrocarbonée lipophile. Cette structure chimique est à l'origine de leur aptitude à abaisser la

tension superficielle des liquides dans lesquels ils sont en solution. La nature chimique du groupement hydrophile de la molécule permet de classer ces composés en quatre groupes : anioniques, cationiques, ampholytes et non-ioniques (**Maggi et Cossa, 1973 ; Marchetti, 1965**).

- **Les anioniques**

Les détergents dont la longue chaîne d'hydrocarbure possède une charge négative dits 'anioniques'. Comprennent les sulfates et les sulfonates utilisés principalement dans les lessives et produits de nettoyages (*Melnick et al., 1973*).

- **Les cationiques**

S'ionisant positivement, ils comportent les composés substitués de l'ammonium et les **composés** cycliques d'un ammonium quaternaire utilisés principalement dans les milieux industriels et hospitaliers, en raison de leur propriété désinfectante (*Melnick et al., 1973*).

- **Les ampholytes**

Les détergents ampholytes s'ionisent négativement (anions) ou positivement (cations), selon les conditions du milieu.

- **Les non-ioniques**

Sont obtenus par polyaddition d'oxyde d'éthylène ou de propylène sur les molécules à hydrogène mobiles. On trouve parmi eux : les thers, des adjuvants etc.

2.5 Les métaux lourds

Les métaux sont les constituants normaux de la biosphère, à l'état de traces sont tous toxiques au-dessus d'un certain seuil. Les éléments métalliques se trouvent dans notre environnement quotidien sous des formes chimiques très diverses et en faible concentration.

Ils forment des cations en solution. Ces éléments sont caractérisés par une forte masse volumique supérieure à 5 g.cm³ (**Adriano, 2001**). Ils sont représentés dans le corps humain, la plupart sont concentrés dans les squelettes. Ils peuvent former des liaisons métalliques et perdre des électrons pour former des cations avec des précipités non solubles (**Lacoue-Labarthe, 2007**).

Les principaux métaux lourds sont : l'arsenic(As), le cadmium (cd), le chrome (Cr), le mercure(Hg), le nickel(Ni), le plomb(Pb), le sélénium(Se), et le zinc(Zn). Mais ces éléments sont présents dans tous les compartiments de l'environnement en quantités faibles.

Cependant, d'autres comme le cuivre, le zinc sont essentiels à la majorité des organismes vivants (**Bryan, 1984**). Lorsque ces métaux dépassent la quantité normale, ils entraînent la perturbation des systèmes et surtout la pollution des ressources en eau (**Thomazeau, 1981**).

2.5.1 Origine des métaux lourds

Les métaux lourds existant dans l'environnement aquatique proviennent des sources naturelles et des sources anthropogènes. Les déversements effectués directement dans les écosystèmes marins et dans les eaux douces ou le cheminement indirect comme dans le cas des décharges sèches et humides et du ruissellement agricole causent l'entrer des métaux lourds dans l'environnement aquatique (**Borsali, 2015**).

▪ Origine naturelle

Les métaux lourds sont des composés naturels, ils sont donc présents naturellement dans le compartiment continental (sols, eaux), dans le compartiment marin (eaux et sédiments), et dans l'atmosphère. L'activité volcanique, l'altération des continents, les feux de biomasse et les sources thermales sont parmi les origines naturelles importantes des métaux lourds (**Rocher, 2003**). Les formations géologiques et les cycles biogéochimiques (**Krupka, 1999**), le sol, les océans et l'atmosphère peuvent également constituer des sources pour ces éléments.

▪ Origine anthropique

En réalité l'activité humaine n'a apporté aucun changement dans les volumes de métaux lourds. Elle a surtout changé la répartition des métaux lourds dans les formes chimiques et les concentrations par l'introduction de nouveaux modes de dispersion (fumées, voitures...etc) (**Dietrich, 1998**). Les origines anthropiques des métaux lourds sont diverses :

La plupart des industries font des efforts d'épuration des eaux et des gaz. Il est capable de modifier les procédés de fabrication pour les rendre moins polluants (**Zabat, 2000**). Sur les routes, des dépôts de métaux agglutinés avec les huiles de carter (usure des moteurs) ainsi que des dépôts provenant de l'usure des pneus ; on peut observer une contamination en Pb et Cd de 10 à 20 m le long de l'axe routier (**Kozlowski et Gaabowska, 2003**).

Pour l'agriculture, l'étain et l'arsenic peuvent également entrer dans la formulation de certains pesticides.

Ainsi que pour les décharges de déchets ménagers, les métaux lourds sont régulièrement présents dans ces derniers. Des études ont montré qu'il restait 99,9% du stock des métaux dans la décharge au bout de 30 ans (*Singh et al., 2001*).

2.5.2 Eléments essentiels et non essentiels métalliques

Les éléments traces métalliques essentiels ont un rôle important dans les processus biologiques le fer par exemple, est un composant indispensable de l'hémoglobine. Aussi, le cuivre et le zinc sont des oligo-éléments très importants, de même que le sélénium à faible dose. Ils peuvent aussi devenir toxiques au-delà d'un certain seuil. Néanmoins d'autres n'ont pas de rôle positif connu dans l'activité biologique mais qui peuvent, au contraire, provoquer des intoxications et des maladies graves. Il s'agit en particulier du mercure, du plomb et du cadmium (*Chiffolleau et al., 2001*). L'absorption du plomb peut provoquer le saturnisme, le cadmium détruit les reins et dégrade le foie, et le mercure est un puissant neurotoxique. Ces effets provoquer lorsque la concentration de ces éléments dépasse un certain seuil d'acceptabilité Selon (*Chiffolleau et al., 2003 ; Miquel, 2001 ; Turkmen et al., 2005 ; Lafabrie et al., 2007*) .

3. Bioaccumulation

La bioaccumulation est le processus par lequel un organisme vivant, absorbe une substance issue à partir d'un aliment, médicaments, composés synthétiques ou pesticides par des voies multiples : peau, muqueuse, tractus gastro-intestinal ou poumon à une vitesse plus grande que celle avec laquelle il l'excrète ou la métabolise par les espèces animales aquatiques ou terrestres (**Ramade, 1992**). Ce phénomène peut provoquer des dangers sur la santé. À cette raison, les organismes vivantes développent des mécanismes de défense contre ces Xénobiotiques pour être expulsés hors des cellules, ces mécanismes impliquent des réactions enzymatiques dit les métabolismes réalisés au niveau des organes.

4. Les effets des polluants

Les polluants en générales présentent des effets néfastes sur l'environnement ainsi que sur la santé humaine.

La majorité de ces polluants qui existe dans l'environnement peuvent agir sur les écosystèmes et conduisent à des effets graves, sous l'effet des oxydes d'azote (NO) et du dioxyde de soufre (SO₂) les pluies, les neiges, brouillard deviennent plus acides et altèrent les sols et les cours d'eau.

▪ **Effets des hydrocarbures**

Les hydrocarbures causent des perturbations des croissances, des effets mutagènes et cancérigènes, des perturbations fonctionnelles notamment au niveau de la reproduction et plus progressivement des nécroses. Egalement, ces effets sont survenus selon la complexité de l'organisme et sa capacité de dégrader ou d'accumuler les polluants.

Les mollusques sont des espèces filtreurs, ils filtrent une grande quantité de matières et substances véhiculés dans l'eau, alors que les poissons disposent un équipement enzymatique susceptible d'oxyder les éléments indiscernables dans les organismes (**Bocard, 2006**).

▪ **Effets des pesticides**

En réalité, les pesticides ont des avantages concernant la protection des cultures et l'augmentation de la production mais aussi présente des risques et des effets indésirables parce que ces éléments contaminent presque toutes les parties de notre environnement (**Aktar et al., 2009**).

Le traitement du sol par les pesticides à des influence sur la santé des organismes (**Calvet et al., 2005**). Notamment la diminution de la population de microorganismes bénéfiques présentant dans le sol selon les chercheurs qui suggèrent que, si nous perdons les bactéries et les champignons le sol se dégradent.

Les pesticides peuvent aussi contaminer l'atmosphère par leur présence dans les pluies, un grand nombre d'insecticides et quelques herbicides et fongicides. Ces derniers empoisonnent les organismes aquatiques. Ils peuvent entrainer aussi des effets nuisibles sur le milieu naturel et également sur la santé humaine, en causant des maladies graves tel que, le cancer et les maladies génétiques héréditaires.

▪ **Effets des détergents**

Après l'utilisation des détergents, ces derniers sont rejetés dans la mer par les eaux usées, cela peut causer des dommages tels que les intoxications des poissons et des autres organismes aquatiques.

En favorisant la solubilité et la pénétration de certaines substances toxiques comme les HAP dans le système digestif d'autre sont de puissants cancérogènes.

▪ **Effets des métaux lourds**

La contamination de l'environnement par les métaux lourds peut avoir des effets néfastes surtout au niveau marin, ces effets toxiques aigus ou chroniques affectent les systèmes biologiques du fait qu'ils sont non dégradables avec le temps et sont toxiques à de très faibles quantités.

La toxicité de ces éléments est identifiée par des tests éco-toxicologiques terrestre et aquatiques, ces essais réalisés sur différentes espèces pour estimer l'inhibition de la germination (**Rouibi, 1992 ; Xiong, 1997**), la croissance des plantes (**Woolhouse, 1983**) ou de la reproduction des animaux (**Alabaster et lioyd, 1982 ; Howells, 1994**). Ces effets atteignent l'homme à travers la chaîne alimentaire (**Berthelin et Bourrelier, 1998**).

Les métaux lourds capables de s'accumuler dans les tissus (**George et al., 1978**) et les organes des bivalves (**Coombs et George, 1978 ; Robinson et al., 1985 ; Hemelraad et al., 1986 ; Hietanen et al., 1988**) et donc perturber son organisation interne. Certains ont des effets néfastes sur le système respiratoire et d'autres peuvent entraîner des troubles de la fécondité. La toxicité des métaux varie selon la nature de contaminant, la dose et la durée d'exposition. une exposition de courte durée même à des concentrations élevées cause des syndromes aigus par contre une exposition à long terme à des faibles concentrations capable de provoquer des maladies très graves ou chronique (**Maynaud, 2012**), parce que ces métaux se stockent principalement dans les os, le foie, les reins et le cerveau et peuvent agir en se liant à divers ligands contenant des groupements thiols ce qui peut conduire au blocage des enzymes (**Kakkar et al., 2005**), et peut provoquer aussi les tissus osseux (**Hemdan et al., 2006**), nerveux, hépatique (**Li et Lim, 2007**), rénal (**Cai et al., 2001**) et respiratoire.

▪ **Effet des polluants sur les bivalves**

Les bivalves sont des bio-indicateurs qui absorbent les contaminants marins et les accumuler ensuite dans leurs tissus (**Stewart, 1999**). Si ces organismes sont incapables d'éliminer les substances toxiques de leurs corps, les toxines passent alors à la chaîne alimentaire par bioamplification. Ces effets néfastes touchent l'homme à travers la chaîne trophique mais aussi affectent la moule lui-même par l'altération des gonades, des organes reproducteurs et les branchies principalement aux sites d'absorption d'oxygène (**Pinto et al., 2019**).

*Chapitre 2 : Présentation de
l'espèce *Mytilus galloprovincialis**

1. Généralité sur l'espèce

La moule méditerranéenne *Mytilus galloprovincialis* (**Lamarck, 1819**) est une espèce sessile et sédentaire, qui vit fixée sur les substrats durs dans la zone médiolittorale (zone intertidale), elle colonise les habitats rocheux à des fonds atteints de 60 cm jusqu'à plus de 2m. L'espèce résiste aux courants, aux chocs des vagues et à l'arrachement grâce aux solides filaments du byssus qui sont soudés aux rochers (**Songy et Avezard, 1963**). Le corps est protégé par deux valves symétriques et son mode de nutrition est suspensivore et filtreux, la nutrition est un paramètre important dans la répartition des moules qui prolifèrent généralement dans les zones riches en phytoplancton, en matières organiques dissoutes en suspension et en bactéries (**Lubet, 1973**) (**fig.04**).

Ainsi, l'espèce est très consommée par la population et utilisée en tant qu'un excellent bio-indicateur de pollution, elle accumule des niveaux élevés de contaminants dans leur tissu, leur utilisation a été proposée pour la première fois par **Goldberg en 1975** sous le vocable de « Mussel Watch ».



Figure 04 : L'espèce *Mytilus galloprovincialis* ⁴

2. Taxonomie

Embranchement : Mollusca (Mollusques)

Classe : Lamellibranchia (Lamellibranches, Bivalves)

Sous classe : Pteriomorphia (Ptériomorphes)

Ordre : Mytilida (Mytiloïdés)

Famille : Mytilidae (Mytilidés)

Genre : *Mytilus*

Espèce : *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819)

3. Répartition géographique de l'espèce

La distribution de *M. galloprovincialis* se propage sur la côte atlantique depuis la baie d'Agadir (Maroc) passant par le long du Portugal et de l'Espagne jusqu'aux îles Britanniques et englobe aussi l'ensemble du bassin méditerranéen (la France jusqu'en Bretagne), la Nouvelle-Zélande et la Californie (McDonald et al., 1991). Elle est aussi signalée aux Pays-Bas, en Wadden Sea.

La colonisation de la côte atlantique de l'Afrique du Sud (1980), des côtes pacifique et atlantique de l'Amérique du Nord par cette espèce a été faite volontairement ou non (transportée par les eaux de ballast et coques des bateaux) (fig.05).



Figure 05 : Répartition géographique de *M. galloprovincialis* (FAO, 2002)

4. Morphologie

4.1 Morphologie externe

La moule contient une coquille extérieure protectrice, composée de deux valves lisses, sous forme subconique, de couleur noire brunâtre. Ces dernières sont sécrétées par le manteau et maintenues ensemble par une petite charnière droite. Sa coquille est ouverte et fermée à l'aide de deux muscles adducteurs.

La moule possède une substance fibrillaire sous forme de filaments appelés byssus, secrétées par la glande byssogène (**fig.06**). Cet organe est responsable de sa fixation à son substrat, en général la taille moyenne de la moule est entre 5 à 8 cm (*Fischer et al., 1987*).

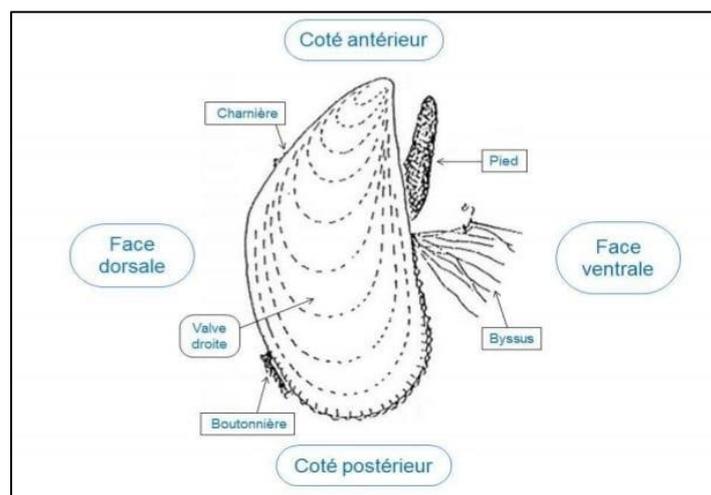


Figure 06 : Vue externe de la moule *M. galloprovincialis* (**His et Cantin, 1995**).

4.2 Morphologie interne

Le corps de l'espèce est mou et forme une masse viscérale globuleuse (**Gauroy, 1972**), la tête est réduite, d'où le nom d'Acéphale recouvert par le manteau. Ce dernier est composé de deux lobes palléaux, il se prolonge et forme un compartiment rempli d'eau, appelé cavité palléale, dans lequel baignent les branchies. Le pied est un organe musculueux situé à la base de la masse viscérale. Il peut servir au déplacement chez le jeune.

Les principaux muscles des bivalves sont les muscles adducteurs, qui sont généralement au nombre de deux, comme chez les moules et les palourdes qui ont un muscle antérieur et un

muscle postérieur. Éventuellement, l'anus et les pores excréteurs débouchent à la fin du rectum (**Boué et Chanton, 1957**).

La fonction des deux tubes nommés les siphons inhalant et exhalant, est aspirer et expulser l'eau lui autorisant de circuler dans la cavité palléale. Elles ont deux paires de branchies, assurant la double fonction respiration et nutrition, les branchies sont lamellaires et constituées de filaments ciliés (**fig.07**).

Les moules possèdent un système circulaire ouvert, et les organes baignent dans l'hémolymphe, le système comprend un cœur dorsal. Il est formé de deux oreillettes et d'un ventricule. Le cœur est situé dans un péricarde, sa fonction primaire est une pompe musculaire pour le transport de l'hémolymphe (**Nicholson, 2002**).

Le système digestif est composé de la bouche, l'œsophage, l'estomac, la glande digestive, l'intestin, le rectum et l'anus. L'estomac contient un caecum postérieur long, où se trouve une tige cristalline qui tourne sur elle-même grâce à des cils, elle a pour rôle de dissociation physique et digestion enzymatique (**Jurd, 2000**), la glande digestive est encore appelée hépatopancréas car elle joue chez cet invertébré un rôle analogue au foie des Vertébrés, elle assure la digestion et l'absorption des aliments captés par les branchies (**Pagliassoti et al., 1994**).

Un système nerveux simple, formé de trois ganglions, une paire de ganglion cérébroïdes, une paire de ganglion viscérale et une autre pédieuse. Ces ganglions sont réunis par des filets nerveux ou connectifs et innervent les différentes parties du corps (**Villeneuve et Désire, 1962**).

De plus, Le système reproducteur est constitué de deux gonades situées dans la bosse du polichinelle. Chez la moule il y a gonochorisme d'où les gonades sont jaunâtre chez les mâles et jaune orangés chez les femelles.

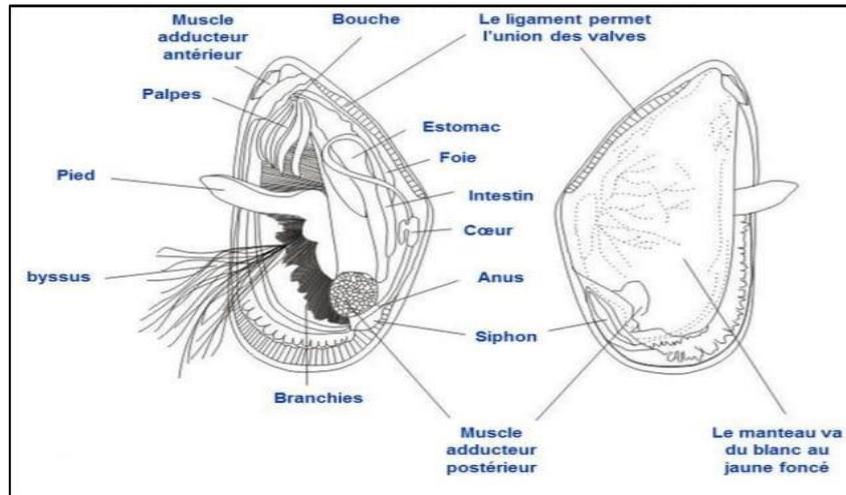


Figure 07 : Vue interne de la moule *M. galloprovincialis*.⁵

5. Physiologie

5.1 Nutrition

Le genre *Mytilus galloprovincialis* est un consommateur microphage omnivore (**Utting et Millican, 1997**), filtreur non sélectif. Elle se nourrit de phytobenthos (diatomées) et de débris organique. La moule filtre jusqu'à 100 litres d'eau par jours à travers ses branchies et récupère les particules alimentaires de sa nourriture.

Sous l'eau, la moule s'ouvre très peu et un courant d'eau pénètre via le siphon inhalant dans la cavité palléale. Le siphon exhalant évacue ensuite l'eau hors de la cavité palléale. Les cils latéraux des branchies entretiennent le courant d'eau. L'épithélium branchial secrète un film de mucus dans lequel collent les particules tenues en suspension dans l'eau, arrivé au niveau des palpes labiaux, les matières non alimentaires sont éliminées avec le mucus. Le film muqueux tombe sur le fond, dans certaines régions, il contribue à la formation d'argile (**Grassé et Doumenc, 1998**).

Les microparticules consommables sont alors transportées jusqu'à les palpes labiaux de la bouche puis atteignent ensuite l'estomac ou elles sont broyées, entourées de mucus et pénètrent dans la glande digestif (hépatopancréas). Les particules non consommables sont alors rejetées à l'extérieur en forme de pseudofèces (**Daguzan, 1992**) ainsi que les fèces sont rejetés par l'anus dans le courant d'eau sortant de la cavité palléale par la boutonnière, tandis

que les branchies peuvent, par pinocytose, absorber directement des particules organiques de petite taille et jouent, de ce fait, un rôle non négligeable dans la nutrition (**Beaumont et Cassier, 2004**).

5.2 Croissance

La croissance est définie comme la mesure de l'augmentation de taille et de poids d'un individu, en fonction du temps et des variables environnementales.

La croissance de la moule *M. galloprovincialis* varie selon le biotope et les conditions physico-chimiques du milieu, et selon la densité de la population qui augmente beaucoup dans les zones soumises aux influences océaniques (**Lubet, 1973**), elle dépend aussi de la richesse de l'eau en aliments particuliers et dissous, de la durée de prise de nourriture, de la température et d'autres facteurs.

Elle est perturbée par les processus liés à la reproduction (**Le Pennec, 1981**). L'accumulation temporaire de réserves qui sont ensuite converties en gamètes puis expulsés dans le milieu naturel pour assurer la fécondation, occasionne une perte brutale du poids et un ralentissement ou un arrêt de la croissance (**Barillé, 1996**).

5.3 Excrétion

L'excrétion est réalisée par une paire de reins (néphridies) en forme U qui communiquent à la fois avec la cavité péricardique et la cavité palléale. Les déchets viennent directement du l'hémolymphe par passage de la paroi du cœur, elle tombe dans la cavité péricardique avec les produits d'excrétion des glandes péricardiques. Le liquide de cette cavité passe ensuite dans les reins qui ajoutent leur propre sécrétion, puis le rejettent dans la cavité palléale. Ceux-ci sont ensuite rejetés dans l'environnement par le courant d'eau exhalant (**Gosling, 1992**). Au niveau de l'anus la pseudo-fèces sont rejetées par une violente contraction musculaire. Elles sont constituées de particules inorganiques indigestes, mais aussi de particules organiques ne peuvent être absorbées.

5.4 Reproduction

La moule *Mytilus galloprovincialis* est une espèce gonochorique (à sexe séparé) sans dimorphisme sexuel. Mais, il existe de très rares cas d'hermaphrodisme (à la fois mâle et femelle) simultanés (**Coe, 1943 ; Lubet, 1959 ; Lucas, 1965**). La reproduction de cette espèce est continue durant toute l'année (**Naciri, 1998**), avec une période de repos sexuel très réduite.

Quatre étapes principales de développement des gonades ont été différenciées : Repos sexuel, reprise d'activité génétique, gamétogenèse, maturation génitale et émission des gamètes. Le déclenchement et la durée de la gamétogenèse sont sous l'influence de la température qui doit être entre 4°C et 17°C (**Bayne, 1976**).

Au moment de la reproduction, Les gonades génitale pénètrent dans les feuillets du manteau, celui-ci apparait jaunâtre pour les mâles et orangé pour les femelles (**Lubet et Aloui, 1987**), ces gonades sont composées de plusieurs conduits, ciliés et ramifiés et un nombre de follicules.

Pendant la période de reproduction, les ovules sont libérés dans la cavité palléale où ils sont fécondés par les spermatozoïdes. Ces derniers, déversés dans l'eau par les individus mâles, sont entraînés dans la cavité de la femelle par la circulation d'eau entrante, la fécondation est donc externe dans l'eau de mer. Les cycles sexuels sont sous l'influence des facteurs internes, génétiques, endocriniens, métaboliques et des facteurs externes tels que les facteurs climatiques, hydrologiques et nutritionnels, qui peuvent influence le bon déroulement de la gamétogenèse (**Seed, 1969 ; Suarez et al., 2005**).

5.5 Respiration

Les échanges d'oxygène se font par l'intermédiaire des branchies. L'eau chargée en oxygène dissous pénètre dans la cavité palléale via le siphon inhalant. Elle est filtrée par les filaments des deux paires de branchies lamelleuses avant d'être évacuée par le courant exhalant. L'oxygène ainsi capté pénètre dans l'hémolymphe pour être distribué dans tout l'organisme. Lorsque la moule se retrouve à l'air libre, elle ferme sa coquille et passe à une respiration anaérobie (**Cahen, 2006**).

6. Habitat

L'espèce fixée par son byssus sur des fonds très variés des étages médiolittoral et infralittoral, soit durs (rocheux, graveleux), soit meubles (sableux, vaseux), elles pénètrent largement dans les eaux saumâtres des lagunes côtières (**Fischer et al., 1987**). Dans les zones de marées, les moules recouvrent les roches battues par les vagues ; mais peuvent proliférer dans les estuaires où l'eau est moins salée moins claire et moins agité (**Songey et Avezard, 1963**).

7. Les bio-indicateurs

La moule méditerranéenne est très connue comme un excellent indicateur de contamination. Cette espèce concentre les polluants présents dans l'eau de mer à partir de trois formes différentes : la forme dissoute contenue dans l'eau filtrée, la forme organique contenue dans la nourriture ingérée et la forme inorganique particulaire en suspension dans la colonne d'eau (*Huang et al., 2007*). Elle est un organisme très approprié pour étudier les effets biologiques des polluants.

Donc la moule est très utilisée en éco-toxicologie aquatique. Elle est transportable, capable d'accumuler et de tolérer de fortes concentrations de polluants et fluctuation physico-chimique de l'environnement (température, salinité, contaminants chimiques, ...etc) (**Cossa, 1985 ; Goldberg, 1986 ; Lopez-Barea et Pueyo, 1998**). Alors, elle a été déployée dans des programmes de bio-surveillance de la pollution dans plusieurs régions du monde (**Nicholson et Lam, 2005**).

Les moules sont utilisées pour la consommation humaine. Donc elles présentent une menace pour la santé des humains car elles sont une source de contamination pour l'homme (**Cossa, 1989**), vu que l'accumulation des polluants dans les coquillages relèvent bien plus des phénomènes chroniques que d'accidents passagers (**Claisse, 1992**).

Malgré que l'utilisation des moules comme bio-indicateur est beaucoup d'avantage, il existe des limitations internes à cette approche. Les changements saisonniers dans la charge des corps des contaminations, peuvent compliquer l'interprétation des résultats analytique. D'autre part, les paramètres biologiques, comprenant (l'âge, le sexe, la physiologie et le statut de santé) peuvent différer de manière significative et entre les individus. De nombreuses études de (**Boyden, 1977 ; Cossa et al., 1979 ; Cossa et al., 1980**) ont montré une relation nette entre les concentrations de différents contaminants métalliques et le poids des moules . De sorte que les individus de petite taille, présentent des concentrations plus élevées que les grandes.

Chapitre 3 : Nutrition et respiration

1. Histologique des branchies

L'organe branchial est constitué de deux lames, externe et interne, qui figurent classiquement un W en section transversale.

Chaque lame présente deux feuillets un feuillet descendant (ou interne, ou direct) en regard du pied et d'un feuillet ascendant (ou externe ou réfléchi) situé du côté du manteau (Yonge, 1926 ; Owen, 1973 ; Sunila, 1987 ; Gosling, 2003). Les feuillets descendants sont directement soudés à la masse viscérale par toute leur base membraneuse ou axe branchial, tandis que les feuillets ascendants sont reliés à cet axe par d'étroits ponts membraneux. C'est dans l'axe branchial que se trouvent les troncs vasculaires afférent et efférent et les principaux muscles assurant les mouvements branchiaux.

Les feuillets ascendants et descendant de chaque lame sont sensiblement d'égale longueur, mais il y a des variations selon les individus. Le volume d'un même feuillet diminue progressivement en gagnant les régions antérieure et postérieure du corps.

Les deux feuillets de chaque lame sont séparés l'un de l'autre par une étroite cavité interfoliaire qui s'étend sur la moitié environ de la hauteur des feuillets. Un septum interfoliaire occupe la région terminale. Sur le bord marginal des lames, existe une gouttière alimentaire qui parcourt toute la longueur de la branchie. A la base, un profond sillon alimentaire parcourt aussi toute la longueur des lames branchiales (fig.08).

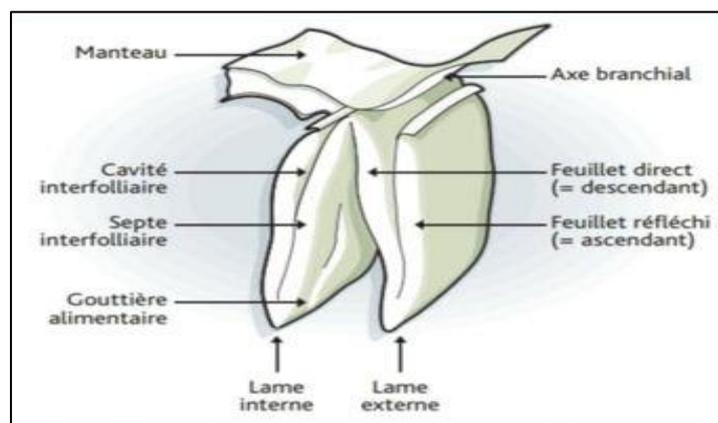


Figure 08 : Présentation schématique d'une partie de la lamelle branchiale (Le Pennec et Hily, 1984)

L'élément de base de la branchie est le filament. Tous les filaments sont disposés en séries, parallèles entre eux. Ils sont tous bâtis sur le même type. Seules leurs dimensions sont différentes. Les filaments peuvent être semblables ou différents. Lorsque tous les filaments sont semblables ils caractérisent une branchie de type homorhabdique et hétérorhabdique lorsqu'ils sont différents (Ridewood, 1903 ; Yonge, 1926 ; Elsey, 1935 ; Galtsoff, 1964 ; Le Pennec et Hily, 1984 ; Le Pennec et al., 1988). Les filaments adjacents sont unis entre eux par des brosses ciliaires qui s'imbriquent étroitement (fig.09).

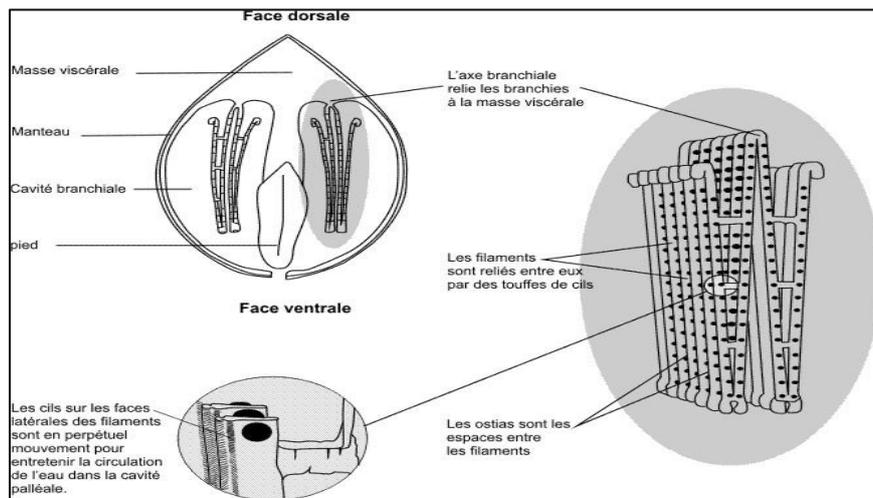


Figure 09: Présentation schématique des branchies et filaments de *M. galloprovincialis*.⁶

Des coupes transversales de deux plis d'un feuillet montrant les filaments ordinaires avec les trois types de ciliatures : les cils frontaux simples, les cils latéro-frontaux pennés et de cils latéraux simples très longs (Fiala-Médioni et Métivier, 1985 ; Fiala et al., 1986 b). L'eau circule dans le tissu branchial grâce aux ostiums qui permettent la régulation du débit. A la base des plis se trouvent les filaments de transition et entre les plis, les filaments principaux soutenus par des structures chitineuses et un tissu conjonctif avec de nombreuses fibres musculaires (fig.10).

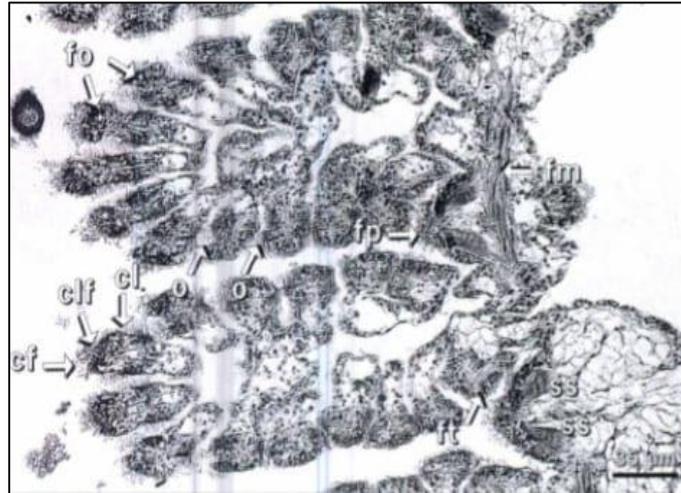


Figure 10: Aspect histologique de deux plis d'un feuillet (*Auffret et al., 2003*).

(fo : filament ordinaire ; cf : cil frontal ; clf : cil latéro-frontal ; cl : cil latéral ; o : ostiums ; ft : filaments de transition ; fp : filament principal ; ss : structure chitineuse ; fm : fibre musculaire).

Après des coupes semi fine des filaments ordinaires, chaque filament est formé de deux régions : frontale et abfrontale, bordés d'un épithélium polymorphe. La partie centrale des filaments est constituée d'un tissu conjonctif fibreux ou vésiculeux ou circulent des hémocytes, des fibres musculaires et de structures chitineuses de soutien (**fig.11**).

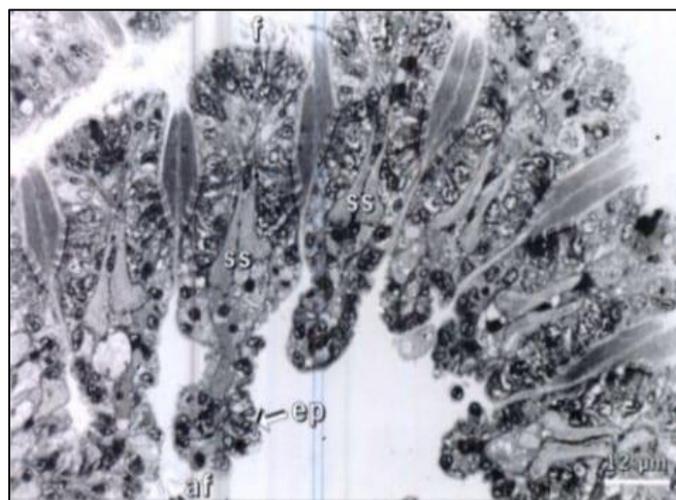


Figure 11 : Aspect histologique de deux régions : frontale et abfrontale des filaments ordinaires (*Auffret et al., 2003*).

(f : frontale ; af : abfrontale ; ep : épithélium polymorphe ; ss : structure chitineuse de soutien).

Une coupe semi-fine transversale d'une portion frontale d'un filament ordinaire de la branchie montrant les cellules cylindriques frontales, latéro-frontales et latérales. Elles sont toutes bordées de microvillosités baignant dans un glycocalyx. Les mitochondries sont surtout présentes dans la région apicale et sont beaucoup plus nombreuses dans les cellules latérales à cils très longs (**fig.12**).

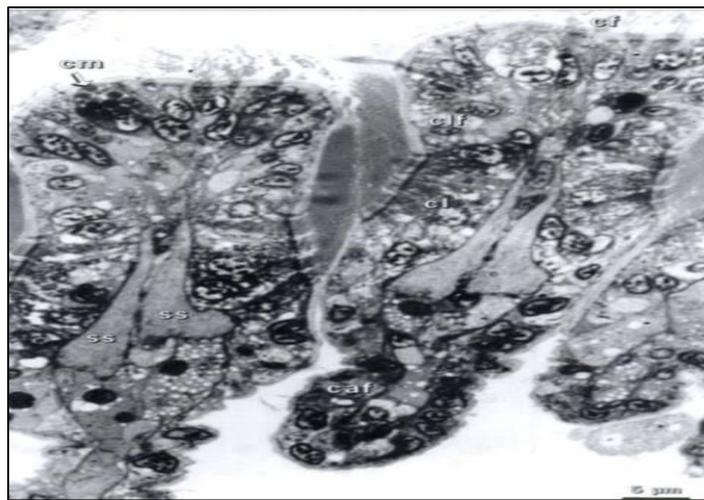


Figure 12: Aspect histologique de filament ordinaire (*Auffret et al., 2003*).

(cf : cellule frontale ; cm : mucocyte ; clf : cellule latéro-frontale ; cl : cellule latérale ; caf : microvillosité ; ss : structure chitineuse).

- Les cellules frontales : cellules muqueuse caliciformes, ou mucocytes, intercalées entre les cellules épithéliales frontales à microvillosité et cils. Leur noyau ovoïde est situé généralement dans la partie basale. Leur cytoplasme est granuleux et vacuolisé. L'abondante sécrétion produit un film de mucus qui englué les particules, formant des amas acheminés par les battements des cils frontaux vers la gouttière alimentaire (**fig.13**).

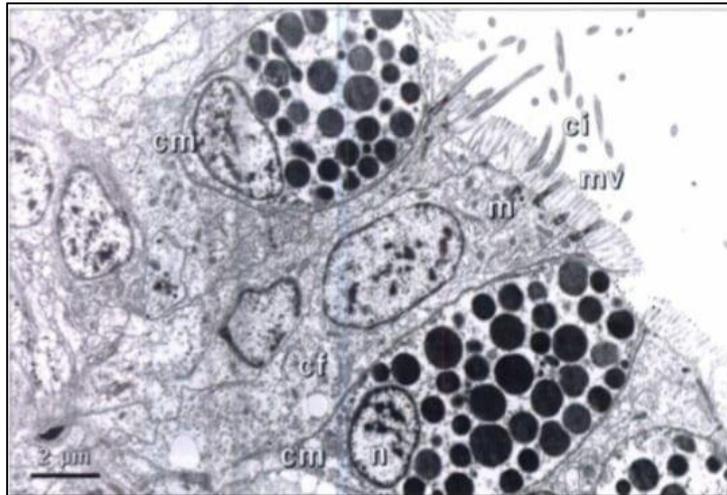


Figure 13: Aspect histologique d'une cellule frontale (*Auffret et al., 2003*).

(cm : cellules muqueuse caliciformes ; cf : cellules épithéliale frontale ; mv : microvillosité, ci : cil ; n : noyau).

- Les cellules latéro-frontales ciliées à noyau volumineux. La bordure de microvillosités est imprégnée de glycocalyx. Les cils latérofrontaux interceptent à leur contact, les particules et les dirigent vers la surface frontale des filaments. Présence de nombreuses mitochondries dans la partie apicale (**fig.14**).

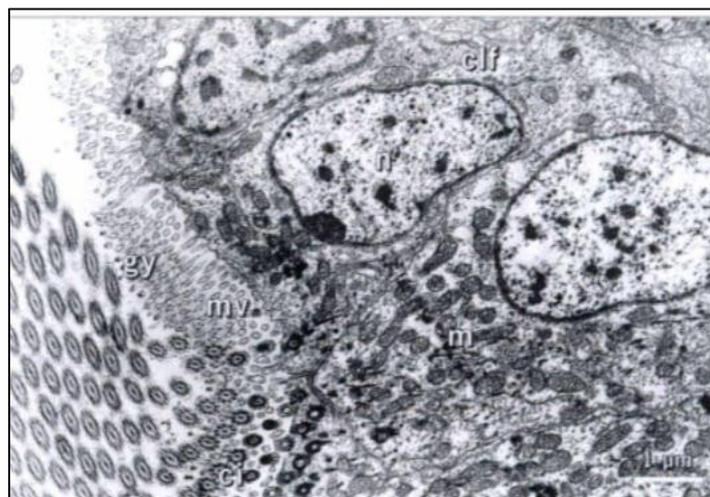


Figure 14 : Aspect histologique de la cellule latéro-frontale (*Auffret et al., 2003*).

(clf : cellule latéro-frontale ; ci : cil ; n : noyau ; mv : microvillosité ; gy : glycocalyx ; m : mitochondrie).

- Les cellules latérales caractérisées par de très longs et nombreux cils avec corpuscules basaux et racines ciliaires. Le noyau sphérique est en position basale et le cytoplasme est riche en mitochondries (**fig.15**).

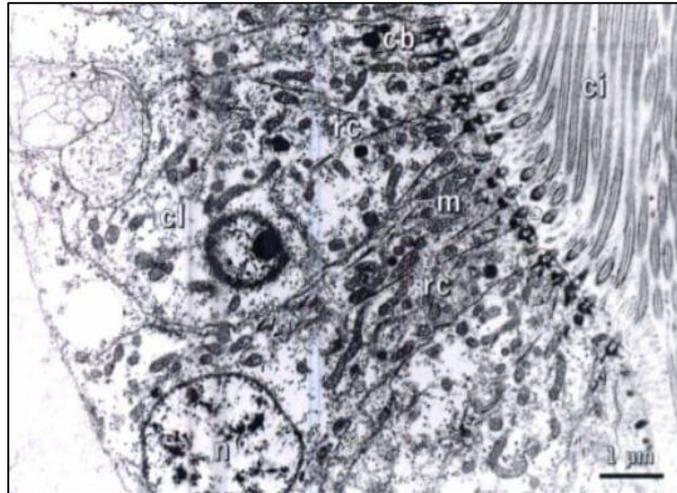


Figure 15 : Aspect histologique de la cellule latérale (*Auffret et al., 2003*).

(cl : cellules latérales ; ci : cil ; cb : corpuscule basal ; rc : racines ciliaires ; n : noyau ; m : mitochondrie)

- Les cellules abrofrontales surtout microvillosités, rarement ciliés et à cytoplasme clair. Le noyau allongé est volumineux (*Beninger et al., 1992 ; Barillé, 1994*) (**fig.16**).

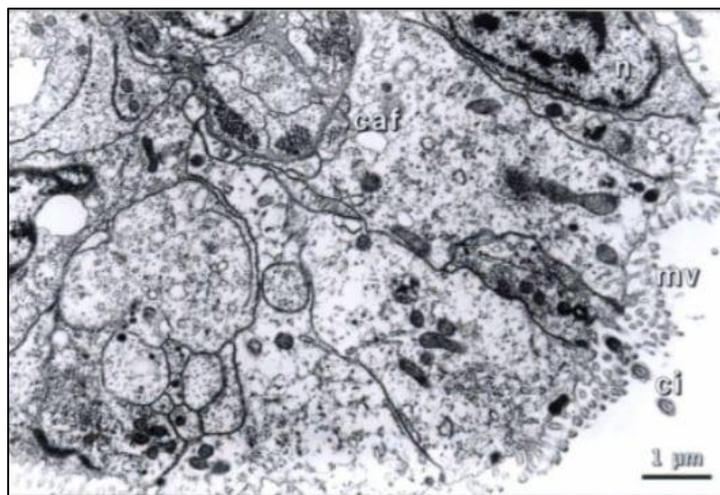


Figure 16 : Aspect histologique de la cellule abrofrontale (*Auffret et al., 2003*)

(caf : cellules abrofrontale ; mv : microvillosité ; ci : cil ; n : noyau).

La majorité des cellules épithéliales sont caractérisées par la présence de vacuoles remplies de bactéries Gram négatif de 0,3 à 0,5 μm de long (**Le Pennec et Hily, 1984**). Ces organismes procaryotes sont rassemblés par petits groupes pouvant atteindre une dizaine d'unités. Les vacuoles à bactéries occupent près de la moitié du volume cellulaire. Constamment disposées au pôle apical, elles provoquent une boursouffure qui donne à ces cellules un aspect en dôme caractéristique. D'autres vacuoles, remplies d'un matériel dense aux électrons, sont visibles à proximité du noyau.

2. Fonction des branchies

Les branchies remplissent plusieurs fonctions :

L'hématose du sang, la capture des éléments alimentaires (**Nelson, 1960 ; Barillé, 1994**), l'absorption de particules nutritives et de matière organiques dissoutes (**Manahan et al., 1982 ; Newell et Jordan, 1983 ; Wright, 1987**), et la symbiose bactérienne (**Southward, 1986**). Le rôle respiratoire était considéré comme principal et le rôle alimentaire comme secondaire (**Ghiretti, 1966 ; Bayne et al., 1976**). La structure de la branchie était considérée comme étant bien adaptée aux échanges gazeux puisque la surface d'échange est grande et bien fournie en milieu intérieur (**Bayne et al., 1976**).

2.1 Nutrition

La ciliature latérale entretient un courant d'eau dans la cavité branchiale, les particules de diverses natures parviennent au contact des filaments. Elles sont alors enrobées par les sécrétions de nombreux mucocytes de l'épithélium branchial, et sont progressivement conduites vers l'apex des lames où existe une gouttière alimentaire de faible dimension et surtout vers la base des lames qui est parcourue par un profond sillon nourricier.

Des particules organiques aussi diverses que des bactéries, des pelotes fécales de copépodes, des débris non identifiables et des particules minérales, engorgent le sillon nourricier, les particules minérales, dont la taille est comprise entre 1 et 40 μm , sont essentiellement composées de sulfures mixtes de zinc et de fer, un seul sulfure de plomb. Les sulfates sont rares, ce sont des cristaux de gypse en rosettes et de barytine en éventail. Des globules de silice, de 1 à 4 μm , parsèment les différents cristaux de sulfures (**Fournier et al., 1986**).

Progressivement, par le jeu des battements ciliaires et des mouvements des lames branchiales, les particules organiques et inorganiques ainsi captées sont organisées en un cordon qui est dirigé vers les palpes labiaux.

Le cordon alimentaire formé par les branchies est pris en charge par les palpes labiaux qui, d'une part, éliminent les particules de grande dimension, d'autre part font pénétrer les particules de plus petites tailles, organiques et minérales, dans la cavité buccale.

Les nutriments de petites tailles peuvent être absorbés directement par les cellules épithéliales grâce à des phénomènes de pinocytose. Ce sont vraisemblablement les cellules à microvillosités qui interviennent dans ce mode nutritionnel, la présence de microorganismes associés à l'épithélium branchial permet d'envisager l'existence de relations trophiques entre bactéries et cellules épithéliales. De telles associations sont connues chez les invertébrés marins, et notamment chez les éponges. En revanche, elles sont rares chez les Mollusques Bivalves (*Henry et al., 1981*).

De nouvelles études enzymatiques devraient permettre d'établir les degrés des relations hétérospécifiques qui existent au sein de l'épithélium branchial. Dans l'immédiat, il est cependant possible d'affirmer que ces microorganismes constituent une source trophique pour ce Bivalve.

Une observation de la région stomacale au microscope électronique à balayage montre que le contenu est particulièrement riche en bactéries, en frustules de diatomées, en foraminifères benthiques et en divers débris, organique et minéral non identifiables.

La présence de ces particules nutritives dans l'estomac avait été révélée par (**Le Pennec et Prieur, 1984 et Le Pennec et al., 1984 b**). L'analyse ultra structurale permet de conclure au fonctionnement du tractus digestif. En effet, l'estomac est pourvu d'un bouclier gastrique et d'un stylet cristallin. De même, les diverticules digestifs assurent par leurs deux types cellulaires leur rôle digestif (**fig.17**).

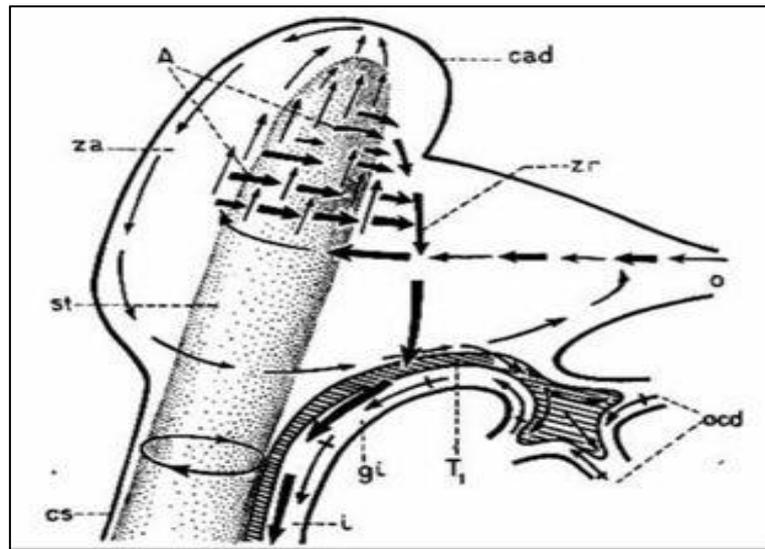


Figure 17 : Représentation schématique de la circulation des particules ingérées dans l'estomac et fonctionnement du stilet (st) (Grassé, 1960).

(Les flèches noires fines et épaisses représentent respectivement le trajet des fines et grosses particules. Les flèches barrées correspondent aux courants de rejets des particules. (A) aire de triage postérieure ; (cad) capuchon dorsal ; (cs) caecum du stilet ; (gi) gouttière menant à l'intestin ; (i) intestin, (o) œsophage ; (ocd) orifice des conduits des diverticules digestifs, (T1) typhlosolis majeur ; (za) zone d'admission des particules ; (zr) zone de rejet des particules).

Bien que, le trajet de l'intestin soit sans circonvolution dans la masse viscérale, il semble que son rôle ne se limite pas à celui d'un simple conduit des particules dégradées. Les expansions cytoplasmiques observées dans la lumière intestinale pourraient contenir des enzymes digestives. Dans ce cas, l'intestin renforcerait l'action des cellules des diverticules en utilisant secondairement du matériel en partie dégradé par ces dernières.

D'après (Zacks, 1955 ; Reid, 1966 ; Payne *et al.*, 1972 ; Purchon, 1971 ; Mathers, 1973 et Teo et Sabapathy, 1990), il existe une digestion extra et (ou) intracellulaire dans l'intestin des Bivalves grâce à des analyses enzymologiques et histoenzymologiques. Cependant, cette digestion pourrait être due aux enzymes présentes dans les cellules épithéliales ou libérées par ces dernières ou par des bactéries présentes dans la lumière intestinale.

Ces tests histo-enzymologiques mettent en évidence de nombreuses enzymes réparties tout au long du tractus digestif. Ils confirment la présence de la N-acétyl-glucosaminidase et de la P-glucuronidase dans la glande digestive, la lipase seulement dans l'estomac, des phosphatases acide et alcaline et des estérases non spécifiques dans la glande digestive et l'intestin. L' α -mannosidase, l' α -glucosidase, la phosphatase alcaline et la phosphoamidase sont surtout présentes dans la glande digestive et l'estomac. En revanche l' α -fucosidase, l' β -galactosidase, l' β -glucuronidase, la leucine arylamidase, la valine, l'estérase, l'estérase lipase et la phosphatase acide sont fortement révélées dans toutes les composantes du tractus digestif.

Les phosphatases acides, marqueurs cytochimiques des lysosomes, sont toujours associées aux tissus impliqués dans un transfert actif (Lawrence, 1982 ; Hily, 1983 ; Lubet *et al.*, 1987) et assurent une digestion intracellulaire. Néanmoins, les phosphatases alcalines, impliquées dans les processus actifs de transport membranaire (Posen, 1967) reflètent d'importants phénomènes d'absorption dans la glande digestive, l'estomac et l'intestin.

La β -glucuronidase de la glande digestive permettrait le passage du glucose dans le métabolisme cellulaire. De la même façon, l' α -glucosidase, active dans l'estomac et la glande digestive, rendrait possible l'utilisation du glycogène de réserve par le Bivalve hydrothermal.

L'activité cellulolytique observée confère au Bivalve l'aptitude de dégrader les parois squelettiques de certaines algues. La cellulase est également capable d'hydrolyser la laminarine des algues.

Les chitinases permettent la dégradation de la chitine des crustacés toujours abondants sur les sites hydrothermaux actifs. La N-acétyl-glucuronidase jouerait le même rôle, tout en hydrolysant les parois des bactéries également nombreuses dans l'environnement de la modiole.

2.2 Respiration

La respiration est l'ensemble des phénomènes permettant l'absorption de l'oxygène et le rejet du gaz carbonique par les êtres vivants, les besoins en oxygène chez les Bivalves comprennent les demandes métaboliques pour l'activité ciliaire, pour l'assimilation de la nourriture, pour la croissance, la reproduction, la locomotion (réduite chez les Bivalves) et les mouvements valvaires (Bayne *et al.*, 1976).

La respiration est branchiale, l'appareil respiratoire chez les moules comprend une paire de branchies. L'eau chargée en oxygène dissout pénètre dans la cavité palléale via le siphon inhalant grâce aux battements des cils latéraux des filaments ordinaires. Elle est filtrée par les filaments avant d'être évacuée par le courant exhalant, la circulation de l'hémolymphe assure le transport d'une partie mineure de l'O₂ consommé. Chez la plupart des organismes, l'oxygène est fixé sur des molécules servant de transporteur. Si les pigments respiratoires des vertébrés et de certains invertébrés comme les arthropodes et les polychaètes sont connus, il n'en va pas de même chez les Bivalves. Aucune molécule transporteuse d'oxygène n'a encore été formellement identifiée.

Pour le métabolisme *M. galloprovincialis* utilise l'oxygène dissous dans l'eau de mer. Cet oxygène sert à la respiration aérobie pour l'oxydation des métabolites, avec production de CO₂ et libération d'énergie. Quand la respiration aérobie est insuffisante, cette espèce utilise l'énergie obtenue par dégradation des substances de réserve comme le glycogène c'est le phénomène de glycolyse anaérobie permet d'assurer les besoins énergétique set de survivre pendant des périodes plus ou moins longues hors de l'eau (**His et Cantin, 1995**).

Cependant, l'efficacité d'extraction de l'O₂ n'excède pas 12% de l'oxygène dissous présent dans le milieu (**Bayne et al., 1976**). Les faibles taux d'utilisation de l'O₂ conduisent à remettre en cause la prédominance du rôle respiratoire de la branchie chez les Bivalves.

Le taux de consommation d'O₂, n'est pas affecté quand les branchies sont sectionnées ; alors (**Famme et Kofoed, 1980**) ont suggéré que l'échange gazeux se fait au niveau de toute la surface intérieure indifférenciée et que la branchie a surtout un rôle alimentaire. Selon (**Jorgensen et al., 1986**) la branchie des Bivalves présente une structure adaptée à la prise de nourriture tandis que la fonction respiratoire est dévolue à la surface générale de la cavité du manteau.

Le taux de filtration des Mollusques Bivalves dépend des conditions environnementales (température, salinité, quantité et qualité des matières en suspension) et du poids sec de l'animal (**Barillé et al., 1997, Morono et al., 2001**) et dans le cas particulier des phycotoxines, de la nature de la toxine et de sa concentration (**Bricelj et Shumway, 1998**). La capacité de filtration de la moule peut aller jusqu'à 3 à 5 litres d'eau par heure (**ky et al., 2003**).

La consommation d'oxygène est régulée par de nombreux facteurs. Elle est principalement associée à l'alimentation. De nombreux autres facteurs déterminent le besoin en oxygène dont

la température, la salinité, le rythme tidal et des facteurs endogènes parmi lesquels la croissance, le statut reproductif, l'état immunitaire (McMahon, 1988 ; Burnett, 1997).

2.2.1 Les facteurs influençant sur la respiration

Les facteurs environnementaux jouent un rôle important sur la respiration de l'espèce et des Mollusques en générales (McMahon et Wilson, 1981 ; Shumway et Koehn, 1982).

- **La température**

Ce facteur agit à deux niveaux. En modifiant la solubilité de l'O₂ dans l'eau (lorsque la température est augment l'O₂ dissous ce diminue). D'autre part il agisse directement sur la consommation de l'O₂ par l'animale.

En hiver, lorsque la température est basse, la consommation d'oxygène est aussi la plus faible et inversement c'est en été que la consommation d'oxygène est la plus élevée (Huang et Newell, 2002). Des approches expérimentales ont permis de confirmer chez de nombreux Bivalves que la consommation d'oxygène augmente simultanément avec la température (Aldridge *et al.*, 1995 ; Marsden et Weatherhead, 1998 ; Haure *et al.*, 1998 ; Hicks et McMahon, 2002).

- **La salinité**

Chez la *M. galloprovincialis* l'influence de salinité sur la respiration ne se fait sentir de façon significativement qu'à 20 C°, la consommation de l'oxygène à ce niveau est augmentée en fonction de l'abaissement de salinité (Lubet, 1973).

- **Matières en suspension**

La Moule *M. galloprovincialis* absorbe l'oxygène nécessaire aux métabolismes des particules et les aliments dissous dans l'eau de la mer. La richesse de l'environnement trophique est un facteur important qui régule le besoin en oxygène, lorsque la moule est bien nourrie elle consomme beaucoup d'oxygène.

- **La maturation sexuelle**

La consommation de l'oxygène est en relation direct avec la maturation de la moule (gamétogénèse). La période de reproduction et s'effectue de mois d'Avril, les moules dans cette période est consommer l'oxygène jusqu'à $\frac{3}{4}$ la consommation hivernal (His et Cantin, 1995).

Conclusion

CONCLUSION

Dans le monde entier, les habitats marins sont contaminés par des débris d'origine humaine.

Néanmoins que, l'eau est indispensable à la vie et au maintien des écosystèmes, elle peut constituer une source d'exposition à différents contaminants potentiellement néfastes pour la santé et la biodiversité.

Les Mollusques Bivalves (*M. galloprovincialis*) sont des aliments consommés souvent crus ou peu cuits. L'emploi de ces espèces en tant que bioindicateurs filtreurs et accumulateurs des particules, des toxines et des microorganismes, cela en fait, d'eux des aliments à risque du point de vue des toxi-infections alimentaires.

Dans ce travail, on a essayé d'envisager le problème de cette contamination et faire sensibiliser les dangers prévenus. Il convient bien de tester l'échantillonnage (sites et prélèvement) avant de consommer et devoir classer en « zones de production » l'échantillonnage de ces espèces.

Références Bibliographiques

A

Adriano, D.C. (2001). Trace Element in Terrestrial Environment Biogeochemistry Bioavailability and Risk of Metals. Second edition. Springer-velag. New-York.

Aktar, M.W. ; Dwaipayan, S. et Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture their benefits and hasards. Toxicol Interdiscip, Slovak Toxicologie Society Setox. 2(1) : 1-12 p.

Alabaster, J.S. et lioyd, R. (1982). Water qualiy criteria for frechwater fish. 2eme ed. Butterworth. London. 361p.

Aldridge, D.W. ; Payne, B.S. et Miller, A.C. (1995). Oxygen consumption, nitrogenous excretion, and filtration rates of Dreissena polymorpha at acclimatation temperatures between 20 and 32°C. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52(8): 1761-1767 p.

Atkins, D. (1937). On the ciliary mechanisms and interrelationships of lamellibranches. III : Types of lamellibranch gills and their food currents. Q. J. Micros. Sci. 79 :375-421 p.

Atkins, D. (1938a). On the ciliary mechanisms and interrelationships of lamellibranches. VI : Pattern of the lateral ciliated cells of gill filaments. Q. J. Micros. Sci. 80 : 331-344 p.

Atkins, D. (1938b). On the ciliary mechanisms and interrelationships of lamellibranches. VII : Latero-frontal cilia of the gills filaments and thier phylogenic value. Q. J. Micros. Sci. 80 : 345-436 p.

Auffret, M.; Barillé, L.; Besnard-Cochennec, N.; Blanc, F.; Baucaud-Camou, E.; Chollet, B.; Henry, M.; Jabbour-Zahab, R.; Le Pennec, M.; Lubet, P.; Mathieu, M. et Thielley, M. (2003). Atlas d'histologie et de cytologie des Mollusques Bivalves marins. Ifremer. France.201p.

B

Barillé, L. (1994). Observation des éléments structuraux intervenant dans les mécanismes de nutrition préingestif chez l'huitre japonaise, Crassostrea gigas. Haliotis. 23 : 125-137 p.

Barillé, L. (1996). Contribution à l'étude des potentialités conchylicoles de Pertuis Breton. Thèse de doctorat. Université d'Aix-Marseille II. 243 p.

Barillé, L. ; Heral, M. et Barille-Boyer, A.L. (1997). Ecophysiological deterministic model for *Crassostrea gigas* in an estuarine environment. *Aquatic Living Resources*. 10 : 31-48 p.

Bayne, B.L. (1976). Marine mussels : their ecology and physiology. Cambridge university Press. 506p.

Bayne, B.L. ; Thompson, R.J. et WiddowS, J. (1976). Physiology: I. In "Marine mussels: their ecology and physiology". Cambridge University Press, Cambridge. Ed. Bayne, B.L. 121-207 p.

Beaumont, A. et Cassier, P. (2004). Biologie animale : des protozoaires aux Métazoaires épithélioneuriens. Tome I. 3ème édition. Ed. Dunod. 459 p.

Beninger, P.G.P. ; Ward, J.E. ; Mac Donald B.A. et Thompson, R.J. (1992). Gill function and particle transport in *Placopecten magellanicus* (Mollusca : Bivalvia) as revealed using video endoscopy. *Mar. Biol.* 114 : 281-288 p.

Bertheline, J.P. et Bourrelier, H. (1998). Contamination des sols par les éléments en traces : les risques et leur gestion. Académie des sciences. Rappel n°42. Technique et documentation.

Borsali, S. (2015). Evaluation de la contamination métallique dans trois organes (foie, gonades et muscle) du rouget de roche (*MullusSurmuletus* L, 1758). Par quatre métaux lourds (Zn, Cu, Cd, Pb). pêché dans la baie d'Oran. Thèse Doctorat. Université d'Oran. Alger. 202 p.

Bocard, C. (2006). Marées noires et sols pollués par des hydrocarbures : enjeux environnementaux et traitement des pollutions. Ed. Technip. 1 : 294 p.

Boudouresque, C.F. (1996). Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. 2°édition. GIS Posidonie publ. Fr. 1-243 p.

Boué, H. et Chanton, R. (1957). Zoologie -1- invertébrés. Ed. Doin, G et cie. Parie. 1 : 510 p.

Boyden, C. R. (1977). "Effect of size upon metal content of shellfish." *J. Mar. Biol. Ass. UK* 57 : 675- 714 p.

Bricelj, V.M. et Shumway, S.E. (1998). Paralytic shellfish toxins in bivalve molluscs: occurrence, transfert kinetics and biotransformation. *Fisheries Science*. 6 :315-383 p.

Bryan, G.W. (1984). Pollution due to heavy metals and their compounds. In : Marine Ecology. Kinne O. 5ème ed. chp3. John Willy et Son. Ltd. New-York. Paris.205p.

Burnett, L.E. (1997). The challenges of living in hypoxic and hypercapnic aquatic environments. Am. Zool. 37 : 633-640 p.

C

Cahen, D. (2006). Dossier didactique, Moules natures, Muséum des Sciences naturelles 31 p.

Cai, Y. ; Aoshima, K.; Katoh, T.; Teranishi, H. et Kasuya, M. (2001). Renal tubular dysfunction in male inhabitants of a cadmium-polluted area in Toyama. Japanan. eleven-year follow-up study. J. Epidemiol. 11 : 180-189 p.

Calvet, R. ; Barriuso, E. ; Bedos, C. ; Benoit, P. ; Charnay, M.P. et Coquet, Y. (2005). Les pesticides dans le sol conséquences agronomique. Edition France agricole. 637 p.

Camboulive, M. (1880). Manuel pratique de thérapeutique de matière médicale de pharmacologie et de l'art de formuler. 77édition. Librairie F Savy. Paris. 959 p.

Chiffolleau, J.F. ; Auger, D. ;Boutier, B. ; Rozuel, E. et Truquet, I.(2003). Dosage de certains métaux dans les sédiments et la matière en suspension par absorption atomique. Ifremer. 45 p.

Chiffolleau, J.F. ; Claisse, D. ; Cossa, D. ; Ficht, A. ; Ganzalez, J.L. ; Guyot, T. ; Michel, P. ; Miramand, P. ; Oger, C. et Petit, F. (2001). La contamination métallique. Ifremer. 39 p.

Christian, C. (2008). Les pesticides encore appelée produits phytosanitaires. Institut français de l'éducation. 4 p.

Christian, N. et Alain, R. (2012). Déchet et pollution. Impact sur l'environnement et la santé. 3ème édition. Dunod. 216 p.

Coe, W. (1943). Sexual differentiation in mollusks. 1. Pelecypodes, Q. Rev. Biol. 18(2):154.-164 p.

Coombs, T.L. et George, S.C. (1978). Mechanisms of immobilization and detoxication of metals in marine organisms. In: "Physiology and Behaviour of Marine Organisms". Mc Lusky, D.S. et Berry, A.I. (eds). Pergamon Press. Oxford.179-189 p.

Cossa, D. (1985). Le cadmium et le mercure en milieu côtier : biogéochimie et utilisation du genre *Mytilus galloprovincialis* comme indicateur quantitatif. Thèse de Doctorat d'état, Université de Bretagne Occidentale. Brest. 387 p.

Cossa, D. (1989). A review of the use of *Mytilus* spp as quantitative indicators of cadmium and mercury contamination in coastal waters. *Oceanologica Acta*. 12(4) : 417-432 p.

Cossa, D. ; Bourget, E. et Piuze, J. (1979). "Sexual maturation as a source of variation in the relationship between cadmium concentration and body weight of *Mytilus edulis*." *Mar. Pollut. Bull.* 10 : 174-176 p.

Cossa, D. ; Bourget, E. ; Pouliot, D. ; Piuze, J. et Chanut, J.P. (1980). "Geographical and seasonal variations in the relationship between trace metal content and body weight in *Mytilus edulis*." *Mar. Biol* 58 : 7-14 p.

Claisse, D. (1992). Accumulation des métaux lourds et polluants organiques par les coquillages. In *Coquillages et santé publique, du risque à la prévention* (Editions Ecole Nationale de la Santé Publique). Deuxième partie, chapitre VI. 99-111 p.

D

Daguzan, J. (1992). Biologie des mollusques bivalves marins et conchyliculture. In *Coquillages et santé publique, du risque à la prévention*. Rennes: ENSP Editeur, chapitre 1. 128 p.

Dietrich, M. (1998). Les métaux lourds et leur effet sur la santé. Conférence. L'école polytechnique de Zurich.

E

Elsley, C.R. (1935). On the structure and function of the mantle and gill of *Ostrea gigas* (Thunberg) and *Ostrea lurida* (Carpenter). *Trans. R. Soc. Canada*. 29(5) : 131-160 p.

F

Famme, P. et kofoed, L.H. (1980). The ventilatory current and ctenidial function related to oxygen uptake in declining oxygen tension by the mussel *Mytilus edulis* L. *Comp. biochem. Physiol.* 66 : 161-171 p.

Fiala-Médioni, A. et Métivier, C. (1985). Ultrastructure of the gill of the hydrothermal vent bivalve *Calyptogena magnifica* with a discussion on its nutrition. *Mar. Biol.* 90 : 215-222 p.

Fiala-Médioni, A. ; Métivier, C. ; Herry, A. et Le Pennee M. (1986 b). Ultrastructure of the gill filament of an hydrothermal vent Mytilidae. *Mar. Biol.* 92 : 65-72 p.

Fischer, W. ; Bauchot, M.L. et Schneider, M. (1987). Espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Ed. F.A.O. Rome. 2 : 761-1530 p.

Fournier, B. ; Le Pennec, M. et Hoffert, M. (1986). Des pièges naturels de phases hydrothermales : les moules *Bathymodiolus thermophilus* sur la dorsale du Pasific est. *Bull. Soc. Géol. Fr.* 8(3) : 457-460 p.

Furfari, S.A. (1966). Depuration plant design. U.S Department of health education and welfare. Public health service. Publication n°999. 110 p.

G

Galtsoff, P.S. (1964). The American oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Fish. Bull.* 64 : 480 p.

Gauroy, P. (1972). Le monde animal au laboratoire. Manuel de travaux pratiques de sciences naturelles. Pierron-editeur. 217 p.

George, S.G. ; Pirie, B.J.S. ; Cheyne, A.R. ; Coombs, T.L. et Grant, P.T. (1978). Deoxygenation of metals by marine bivalves : an ultrastructural study of the compartmentation of copper and zinc in the oyster *Ostrea edulis*. *Mar. Biol.* 45 : 147-156 p.

Ghiretti, F. (1966). Respiration. In : "Physiology of mollusca". Ed. Wilbur, ICM. et Yonge, C.M. Academic press. New York. 2 : 175-233 p.

Goldberg, E.D. (1986). The mussel watch concept. *Environ. Monit. Assess.* 7 : 91-103 p.

Gosling, E. (1992). Systematics and geographic distribution of *Mytilus* : in the mussel *Mytilus*: ecologie, physiologie, genetic and culture, Development in Aquaculture and Fisheries. Science Ed Amsterdam, Elsevier, Amsterdam. 25 : 1-20 p.

Gosling, E. (2003). Bivalve molluscs –Biology, Ecology and Culture. Blackwell, United Kingdom.

Grassé, P.P. (1960). Traité de Zoologie. V. (2) Mollusques lamellibranches.

Grassé, P.P. et Doumenc, D. (1998). Zoologie : invertébrés. 6ème édition de l'Abrégé zoologie invertébrés. Edt. Masson et C éditeurs. 919 p.

Guengerich, F.P. ; Bell, L.C. et Okasaki, O. (1995). Interpretations of cytochrome P450 mechanisms from Kinetic studies. *Biochimie.* 77 : 573-580 p.

H

Haure, J. ; Penisson, C. ; Bougrier, S. et Baud, JP. (1998). Influence of temperature on clearance and oxygen consumption rates of the flat oyster *Ostrea edulis*: determination of allometric coefficients. *Aquaculture.* 169 : 211-224 p.

Hawkins, A.J.S. ; Bayne, B.L. ; Bougrier, S. ; Heral, M. ; Iglesias, J.I.P. ; Navarro, E. ; Smith, RFM. et Urrutia, MB. (1998). Some general relationships in comparing the feeding physiology of suspension-feeding bivalve molluscs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 219 :87-103 p.

Hayes, J.D. et Pulford, D.J. (1995). The glutathione S- transferasesupergenefamily. Regulation of GST and the contribution of the isoenzymes to cancer chemoprotection and drugresistance, Review in *Biochem. Mol. Bio.* 30 : 791-799 p.

Hemdan, N.Y.A.; Emmrich, F.; Sack, U.; Wichmann, G.; Lehmann, J.; Adham, K. et Lehmann, I. (2006). The in vitro immune modulation by cadmium depends on the way of cell activation. *Toxicol.* 222(1-2) : 37- 45 p.

Hemelraad, J. ; Holwerda, D.A. et Zandee, D.I. (1986). Cadmium kinetics in freshwater clams. I. The pattern of cadmium accumulation in *Anodonta cygnea*. *Arch. Environ Contam. Toxicol.* 15 : 1-7 p.

Henry, M. ; Vicente, N. et Cornet, C. (1981). Analyse ultrastructure du fillament branchial d'un mollusque bivalve *Cerastoderma glaucum* Poiret, 1789. Associaùn parèuèulière avec des microorganismes. *Haliotis.* 11 :101-114 p.

Hicks, D.W. et McMahon, R.F. (2002). Respiratory responses to temperature and hypoxia in the nonindigenous Brown Mussel, *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae), from the Gulf of Mexico. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 277 : 61-78 p.

Hietanen, B. ; Sunila, L. et Kristoffersson, R. (1988). Toxic effects of zinc on the common mussel *Mytilus edulis* L. (Bivalvia) in brackish water. I. Physiological and histopathological studies. *Ann. Zool Fennici*. 25 : 341-347 p.

Hily, A. (1983). Etude histoenzymologique de la digestion chez *Ruditapes philippinarum*. *Actes Coll. Ifremer*. 1 : 97- 108 p.

His, E. et Cantin, C. (1995). Biologie et physiologie des coquillages. Rapport. R ; INT. DEL/95.06/ARCACHON.

Howells, G. (1994). Water quality for freshwater fish; further advisory criteria. Reading. U.K. Gordon and breach. 222p.

Huang, H. ; Wu, J.Y. et Wu, J.H. (2007). Heavy metal monitoring using bivalved shellfish from Zhejiang coastal waters, East China Sea. *Environmental monitoring and assessment*. 129 : 315-320 p.

Huang, S.C. et Newell, R.I.E. (2002). Seasonal variations in the rates of aquatic and aerial respiration and ammonium excretion of the ribbed mussel, *Geukensia demissa* (Dillwyn). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 270 : 241-255 p.

J

Jurd, R.D. (2000). *Instant notes in animal biology*. Scientific Publishers. 294p.

Jorgensen, C.B. ; Mohlenberg, F. et Sten-Knudsen, O. (1986). Nature of relation between Ventilation and oxygen consumption in filter feeders. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 29 : 73-88 p.

K

Kakkar, P. Jaffery, F.N. (2005). *Environmental. Toxicology and Pharmacology*. 19 : 335-349.

Kozlowski, R. et Gabowska, L. (2003). Métaux lourds dans l'environnement, menaces et possibilités de riposte. www.chanvre-info.ch. le 08/10/2003.

Krupka, K.M. (1999). Understanding variation in partition coefficient, K_d , values. Environmental protection agency.

Ky, T. ; Guilbert, J-M. et Didou-Manent, M. (2003). *Petite encyclopédie des fruits de mer*. Editions la vague verte. 212 p.

L

Lacoue-Labarthe, T. (2007). Incorporation des métaux dans les œufs de la seiche commune *Sepia officinalis* et effets potentiel sur les fonctions digestives et immunitaires. Université de la Rochelle. 200 p.

Lafabrie, C. ; Pergent, G. ; Kantin, R. ; Pergent-Martini, C. et Gonzalez, J.L. (2007). Trace metals assessment in water, sediment, mussel and seagrass species. Validation of the use of *Posidonia oceanica* as a metal biomonitor. *Chemosphere*. 68(11): 2033-2039 p.

Lamarck, J. (1819). Histoire naturelle des animaux sans vertèbres. Présentant les caractères généraux et particuliers de ces animaux ... précédée d'une introduction. Verdier. Paris. 343. 8(2) : 462p.

Lave, L.B. et Coll. (1990). Controlling emissions from motor vehicles. *E.S et T*. 24 : 1128-1135 p.

Lawrence, J. M. (1982). Digestion. In "Echinoderm Nutrition". Ed. Jangoux, M. ; Lawrence, J. M. et Balkema, A. A. Rotterdam. 283-316 p.

Le Pennec, M. (1981). Les méthodes expérimentales induisant la ponte chez les mollusques bivalves marins. *Haliotis*. 11 : 139-155p.

Le Pennec, M. ; Beninger, P.G. et Herry, A. (1988). New observation of gills of *Placopecten magellanicus* (Mollusca : Bivalvia) and implication for nutrition. II : Internal anatomy and microanatomy. *Mar. Biol*. 98(1) : 229-237 p.

Le Pennec, M. et Hily, A. (1984). Anatomie, structure et ultrastructure de la branchie d'un Mytilidae des sites hydrothermaux du Pacifique oriental. *Oceanol. Acta*. 7 : 517- 523 p.

Le Pennec, M. et Prieur, D. (1984). Observations sur la nutrition d'un mytilidae d'un site hydrothermal actif de la dorsale du Pacifique oriental. *CR. Acad. Sei. Paris*. 17 : 493-498 p.

Le Pennec, M. ; Prieur, D. ; Lucas, A. (1984 b). Studies on in situ feeding of a hydrothermal vent mytilid from the east Pacific rise, Proc. 19 th European Marine Biology Symposium, Plymouth. 159-166 p.

Li, Y. et Lim, S.C. (2007). Cadmium-induced apoptosis of hepatocytes is not associated with death receptor-related caspase-dependent pathways in the rat. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 24(3): 231- 238 p.

Lopez-Barea, J. et Pueyo, C. (1998). Mutagen content and métabolic activation of promutagens by molluscs as biomarkers of marine pollution. *Mutat. Res-Fund. Mol. M.* **399** : 3-15 p.

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) : 389-548 p.

Lubet, P. (1973). Exposé synoptique des données biologiques sur la moule *Mytilus galloprovincialis* (Lmk., 1819). *Synop. F.A.O. pêche.* 88 : 1-125.

Lubet, P. et Aloui, N. (1987). Limites létales thermiques et action de la température sur la gamétogenèse et l'activité neurosécrétoire chez la moule (*M. edulis* et *M. galloprovincialis*), mollusque bivalve. *Haliotis.* 16 : 309-316 p.

Lubet, P. ; Besnard, J. Y. ; Faveris, R. et Robbins, I. (1987). Physiologie de la reproduction de la coquille St-Jacques (*Pecten mavirus* L.). *Oceanis.* 13 : 265-290 p.

Lucas, A. (1965). Recherches sur la sexualité des Mollusques Lamellibranches. *Bull. Biol. Fr. Belg.* 99(2) : 115-249 p.

M

Maggi, P. et Cossa, D. (1973). Nocivité relative de cinq détergents anioniques en milieu marin. Toxicité aigüe à l'égard de quinze organismes. *Revue Trav. Inst. Pêches marit.* 37(3) : 411-417.

Mamane, A. (2015). Effet sanitaire aigue de l'exposition aux pesticides en milieu rural. Etude dans un pays du nord. Thèse présentée pour obtenir le grade de docteur. Université de bardeau. France. 17 p.

Manahan, D.T. ; Wright, S.H. ; Stevens, G.C. et Rice, M.A. (1982). Transport of dissolved amino acids by the mussel, *Mytilus edulis* : demonstration of net uptake from natural seawater. *Science.* 215 :1253-1255 p.

Marchetti, R. (1965). Revue critique des effets des détergents synthétiques sur la vie aquatiques. Stud. Rev. Gen. Fish. Coun. Médit. 26 : 35 p.

Marsden, ID. ; Weatherhead, MA. (1998). Effects of aerial exposure on oxygen consumption by the New Zealand mussel *Perna canaliculus* (Gmelin, 1791) from an intertidal habitat. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 230 : 15-29.

Mathers, N. F. (1973). A comparative histochemical survey of enzymes associated with the processes of digestion in *Ostrea edulis* and *Crassostrea angulata* (Mollusca: Bivalvia). J. Zool. (London). 169(2) : 169-179 p.

McDoneld, J. H. ; Seed, R. et Koehn, R. K. (1991). Allozymes and morphometric characters of three species of *Mytilus* in the Northern and Southern Hemispheres. Mar. Biol. 111 : 323-333 p.

McMahon, R.F. (1988). Respiratory response to periodic emergence in intertidal mollusc. Am Zool. 28 : 97-114 p.

McMahon, R.F. et Wilson, J.G. (1981). Seasonal respiratory to temperature and hypoxia in relation to burrowing depth in three intertidal bivalves. J. therm. Biol. 6 :267-277 p.

Melnick, J.L. et Adeeborg, E.A. (1973). Microbiologie médicale. 4^{ème} édition. Librairie Malonie S A. Paris. 619 p.

Miquel, G. (2001). Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport n°261 .office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. 365 p.

Moore, M. N. ; Depledge, M. H. ; Readman, J. W., et Leonard, P. D. R. (2004). An integrated biomarker-based strategy for ecotoxicological evaluation of risk in environmental management. *Mutat. Res.* 18 : 247-268.

Morono, A. ; Franco, J. ; Miranda, M. ; Reyero, MI. et Blanco, J. (2001). The effect of mussel size, temperature, seston volume, food quality and volume-specific toxin concentration on the uptake rate of PSP toxins by mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lmk). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 257 :117-132 p.

Maynaud, G. (2012). Adaptation aux métaux lourds de populations de rhizobia impliquées dans la phytostabilisation de déblais miniers : Identification des mécanismes d'adaptation au

Zn et au Cd, et structuration des populations de rhizobia adaptées au site miniers, thèse Doctorat. Microbiologie/Parasitologie. Univ de Montpellier. 230p.

N

Naciri, M. (1998). Dynamique d'une population de moules, *Mytilus galloprovincialis* (Lmk), vivant sur la cote atlantique marocaine. Bulletin de l'Institut Scientifique. Rabat. 21 : 43-50 p.

Nelson, T.C. (1960). The feeding mechanism of the oyster. II. On the gills and palps of *Ostrea edulis*, *Crassostrea virginica* and *Crassostrea angulata*. J. Morphol. 107 : 163-191 p.

Newell, R.J. et Jordan, S.I. (1983). Preferential ingestion of organic matter by the American oyster *Crassostrea virginica*. Mar. Ecol. Progr. Ser. 12 : 47-53 p.

Nicholson, S. (2002). Ecophysiological aspects of cardiac activity in the subtropical mussel *Perna viridis* (L.) (Bivalvia:Mytilidae). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 267 : p. 22-207 p.

Nicholson, S. et Lam, P.K.S. (2005). Pollution monitoring in Southeast Asia using biomarkers in the Mytilidé mussel *Perna viridis* (Mytilidae: Bivalvia). Elsevier Environment International. 31 :121-132 p.

O

Owen, G. (1973). The fine structure and histochemistry of the digestive diverticula of the protobranchiate bivalve *Nucula sulcata*. Proc. R. Soc. Lond. 183 B : 249–264 p.

Owen, G. (1974). Studies on the gill of *Mytilus edulis* : the eulatero-forntal cirri. Proc. R. Soc. London. 187 B: 83-91 p.

Owen, G. et McCare, J. M. (1976). Further studies on the latero-frontal tracts of bivalves. Proc. R. Soc. London. 194 B : 527-544 p.

P

Pagliassotti, M. J. ; Davis, S. N. et Cherrington, A. D. (1994). The role of the liver in maintaining glucose homeostasis : AustinR.G. Landes Company.

Payne, D. W. ; Thorpe, N. A. et Donaldson, E. (1972). Cellulolytic activity and a study of the bacterial population in the digestive tract of *Scrobicularia plana* (Da Costa). Proc. Malacol. Soc. Lond. 40 : 147- 160 p.

Pinto, J. ; Costa, M. ; Leite, C. ; Borges, C. ; Coppola, F. ; Henriques, B. ; Monteiro, R. ; Russo, T. ; Di Cosmo, A. ; Soares, A.M.V.M. ; Polese, G. ; Pereira, E. et Freitas, R. (2019). Ecotoxicological effects of lanthanum in *Mytilus galloprovincialis*: Biochemical and histopathological impacts. Aquatic Toxicology. 211 : 181-192 p.

Posen, S. (1967). Alkaline phosphatase. Ann. Intern. Med. 67 : 183-203 p.

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

R

Rainelli, P. (1996). Pollution des sols. Revue étude et gestion des sols. 3(4) : 229-244 p.

Ramade, F. (1992). Précis d'écotoxicologie. Ed. Masson. France. 300 p.

Reid, R. C. B. (1966). Digestive tract enzymes in the bivalves *Lima hians* Gmelin and *Mya arenaria* L. Comp. Biochem. Physiol. 17 : 417-433 p.

Ridewood, W.G. (1903). On the structure of the gills of the Lamellibranchia. Phil. Trans. R. Soc. London. 195 B : 147-284 p.

Robinson, W.E. ; Morse, M.P. ; Penney, B.A. ; Kakareka, T.P. et Meyhofer, E.U. (1985). The eulamellibranch *Mercenaria mercenaria* (L.) : a review and current data on metals accumulation and the internal transport of cadmium. In : "Marine pollution and physiology. Recent advances". Vernberg, F.J., Thurberg, F.P., Calabrese, A, et Vernberg, W.B. (eds). Univ of South Carolina Press, Columbia. 83-106 p.

Rocher, V. (2003). Introduction et stockage des hydrocarbures et des éléments métalliques dans le réseau d'assainissement unitaire parisien. Thèse de Doctorat. Université Paris XII Val de Marne. France.

Rouibi, A. (1992). Etude des effets du nitrate du plomb sur la germination et la reproductivité primaire nette chez *Phaseolus vulgaris*. Thème de Magister en Ecotoxicologie. Université d'Annaba Algérie.

S

Seed, R. (1969). The ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores - I. Breeding and settlement. *Oecologia*. 3(3-4) : 277–316 p.

Shumway et Koehn, S.E. (1982). Oxygen consumption in the american oyster *Crassostrea virginica*. *Marine Ecology prog. Ser.* 9 :59- 69 p.

Singh, SP. ; Ma, LQ. et Harris, WG. (2001). Heavy Metal Interactions with Phosphatic Clay : Sorption and Desorption Behavior. *J. Environ. Qual.* 30 : 1961-1968 p.

Songy, P. et Avezard, J. (1963). Documents pour l'étude des invertébrés (non Arthropodes). Cours de sciences naturelles. Classique Hachette. 84 p.

Southward, E.C. (1986). Gill symbionts in thyasirids and other bivalve molluscs. *Mar. Biol.* 92 : 889-914 p.

Stewart, A.R. (1999). Accumulation of Cd by a freshwater mussel *Pyganodon grandis* is reduced in the presence of Cu, Zn, Pb, and Ni. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 56 : 467-478p.

Suarez, M. P. ; Alvarez, C. ; Molist, P. et Juan, F. S. (2005). Particular aspects of gonadal cycle and seasonal distribution of gametogenic stages of *Mytilus galloprovincialis* cultured in the estuary of Vigo. *Journal of Shellfish Research*. 24(2) : 531-540 p.

Sunila, I. (1987). Histopathology of mussels (*Mytilus edulis* L.) from the Tvarminne area, the Gulf of Finland (Baltic Sea). *Ann. Zool. Fenn.* 24 : 55-69 p.

T

Teo, L. H. et Sabapathy, U. (1990). Preliminary report on the digestive enzymes present in the digestive gland of *Perna viridis*. *Mar. Biol. (Berlin)*. 106 : 403 -407 p.

Thomazeau, R. (1981). Station d'épuration eaux potables eaux usées. Précis théorique et technologique. Technique et documentation. Paris. 435 p.

Türkmen, A. ; Türkmen, M. ; Tepe, Y. et Akyurt, İ. (2005). Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean sea. *Food Chemistry*. 91 :167-172 p.

U

Utting, S.D. et Millican, P.F. (1997). Technique for the hatchery conditioning of bivalve brood stocks and the subsequent effect on egg quality and larval viability. *Aquaculture*.155 : 45-55 p.

V

Villeneuve, F. et Desire, CH. (1962). ZOOLOGIE, Classe de 1re M. Collection de sciences naturelles. Coll. Désiré. 335 p.

W

Wade, T.L. ; Sericano, J.L. ; Gardinali, P.R. ; Wolff, G. et Chambers, L. (1998). NOAA's 'Mussel Watch' project : current use organic compounds in bivalves. *Marine Pollution Bulletin*. 37 : 20-26 p.

Wingfors, H. ; Seldén, AI. ; Nilsson, C. et Haglund, P. (2006). Markers for PCB exposure in plasma from Swedish construction workers. *Ann Occup. Hyg.* 50 :65-73

Woolhouse, H.W. (1983). Toxicity and Tolerance in the Responses of Plants to Metals. In: Long, O.L. Nobel P.S. Osmond,C.B.and Ziegler. *Physiologica plantecology III*. Encyclopedia of plant physiology III, New series VII. 12C Springer, Berlin, Heidelberg, New york. 245-300 p.

Wright, S.H. (1987). Alanine and taurine transport by the gill epithelium of a marine bivalve : effect of sodium on influx. *J. Member. Biol.* 95 : 37-46 p.

X

Xiong, Z. T. (1997). Lead uptake and effects on seed germination and plant growth in a Pb hyperaccumulator *Brassica pekinensis* Rupr. Departement of Environmental Science, Wuhan University, Wuhan, Hubei 430072. People's Republic of china. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 60 : 285-291 p.

Y

Yonge, C.M. (1926). Structure and physiology of the organs of feeding and digestion in *Ostrea edulis*. J. Mar. Biol. Assoc. UK. 14 :295-387 p.

Yonge, C.M. (1926). The digestive diverticula in the lamellibranchs. Trans. R. Soc. Edinb. 54 : 703–718 p.

Z

Zabat, N. (2000). Etude de l'adsorption de composés organiques aromatiques sur des alumino-silicates naturelles traités. Thèse de magister. Université d'Annaba.

Zacks, S. I. (1955). The cytochemistry of the amoebocytes and intestinal epithelium of *Venus mercenaria* (Lamellibranchiata), with remarks on a pigment resembling ceroid. Q. J. Microsc. Sci. 96 : 57-71 p.

[https://www.gettyimages.fr/detail/photo/air-pollution-image-libre-droits/157524090?fbclid=IwAR1YM-
jTyGBrhtzAsXIzgssAZQXo5TnYNXvJMe6EeCb8k649KVBdJPYRXMg](https://www.gettyimages.fr/detail/photo/air-pollution-image-libre-droits/157524090?fbclid=IwAR1YM-
jTyGBrhtzAsXIzgssAZQXo5TnYNXvJMe6EeCb8k649KVBdJPYRXMg)

[https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Canjuers_poubelles_2521.jpg?fbclid=IwAR2pju
emu7vQTy7X-7btQiRIT-W9odvq8zJ61PR6405YxTWTTHOEj6WmR1uw](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Canjuers_poubelles_2521.jpg?fbclid=IwAR2pju
emu7vQTy7X-7btQiRIT-W9odvq8zJ61PR6405YxTWTTHOEj6WmR1uw)

[https://www.istockphoto.com/fr/photo/canalisation-industrielle-rejeter-des-
d%C3%A9chets-liquides-gm497747722-
79290539?fbclid=IwAR29W57hAUEHVAb47ANMNzvr9tgoYW2DFdKXXdFA_6CZ5N
Z-vlHmoM13t-Y](https://www.istockphoto.com/fr/photo/canalisation-industrielle-rejeter-des-
d%C3%A9chets-liquides-gm497747722-
79290539?fbclid=IwAR29W57hAUEHVAb47ANMNzvr9tgoYW2DFdKXXdFA_6CZ5N
Z-vlHmoM13t-Y)

[https://www.shutterstock.com/image-photo/microplastics-mussels-mytilus-
galloprovincialis-1103558159](https://www.shutterstock.com/image-photo/microplastics-mussels-mytilus-
galloprovincialis-1103558159)

FAO Fishery statistics, (2002). www.fao.org/culturedspecies/Mytilus / galloprovincialis.
State of world fisheries and aquaculture.

[https://wwz.ifremer.fr/peche_eng/Le-monde-de-la-peche/Les-
ressources/comment/Respiration](https://wwz.ifremer.fr/peche_eng/Le-monde-de-la-peche/Les-
ressources/comment/Respiration) © Ifremer/Le Gall d'après un dessin de JJ Vayne

Résumés

Résumé

La pollution de l'environnement de toutes sortes est un problème mondial car elle affecte négativement la santé et la vie des organismes vivants. L'homme est considéré comme le principal responsable de l'émergence et de l'exacerbation de ce phénomène en raison des polluants qui restent dans la nature et du fait que les organismes vivants dépendent des composants de la terre que sont l'air, le sol et l'eau. La pollution de cette dernière met sa vie en danger.

Le travail présenté s'inscrit dans le cadre de l'utilisation d'un outil biologique (*Mytilus galloprovincialis*), en tant qu'espèce permettant la surveillance de la qualité du milieu côtier Algérien « golfe d'Annaba », cette région qui a connu une contamination excessive ces dernières années. Afin de, développer et mettre en œuvre des programmes de gestion pour protéger ces zones côtières, notre recherche bibliographique aborde le sujet de la pollution environnementale marine par une présentation de l'espèce et une description de la structure fonctionnelle branchiale.

Mots clés : pollution marine, bivalves, *M. galloprovincialis*, respiration, branchie.

Abstract

Environmental pollution of all kinds is a global problem because it negatively affects the health and life of living organisms. Man is considered to be primarily responsible for the emergence and exacerbation of this phenomenon due to the pollutants that remain in nature and the fact that living organisms depend on the components of the earth which are air, soil and water. The pollution of the latter puts his life in danger.

The work presented is part of the use of a biological tool (*Mytilus galloprovincialis*), as a species allowing the monitoring of the quality of the Algerian coastal environment "Gulf of Annaba", this region which has experienced excessive contamination in recent years. In order to develop and implement management programs to protect these coastal areas, our bibliographic research addresses the subject of marine environmental pollution through a presentation of the species and a description of the gill functional structure.

Key words: marine pollution, Bivalves, *M. galloprovincialis*, breathing, Gills.

التلخيص

يعد التلوث البيئي بجميع أنواعه مشكلة عالمية لأنه يؤثر سلباً على صحة وحياة الكائنات الحية. إذ يعتبر الإنسان هو المتسبب الرئيسي في ظهور هذه الظاهرة وتفاقمها بسبب الملوثات التي تبقى في الطبيعة، وبما أن الكائنات الحية تعتمد على مكونات الأرض من هواء، تراب وماء فإنّ تلوث هذه الأخيرة يعرض حياتها للخطر. يُقصد بالتلوث البحري إدخال نفايات أو مواد أو طاقة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، بما في ذلك المصادر السليمة تحت الماء من أصل بشري، والتي تسبب أو من المحتمل أن تسبب آثاراً ضارة على الحياة البحرية، الموارد الحية والنظم الإيكولوجية البحرية، مما يؤدي إلى إفقار التنوع البيولوجي، ومخاطر على صحة الإنسان .

في هذا العمل قمنا بشرح استخدام أداة بيولوجية، (*Mytilus galloprovincialis*) كنوع يسمح بمراقبة جودة البيئة الساحلية الجزائرية "خليج عنابة"، هذه المنطقة التي شهدت تلوث مفرط في السنوات الأخيرة. من أجل تطوير وتنفيذ برامج لحماية هذه المناطق الساحلية، يبدأ بحثنا بموضوع تلوث البيئة البحرية، ثم عرض تقديمي للنوع المراد دراسته وأخيراً وصف البنية الوظيفية للخياشيم

الكلمات المفتاحية: التلوث البحري، ثنائية الصدفة، *galloprovincialis.M* ، التنفس، خياشيم.