

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER**

OPTION : AQUACULTURE

Thème :

Analyse microbiologique de la moule
Mytilus galloprovincialis

Présenté par :

- ❖ **BENBAHRIA Ibrahim**
- ❖ **NOUASRIA Zine El Abidine**

Soutenu le 28/06 /16 devant le jury suivant :

Mme AMAR I.	Maître assistante A	(ENSSMAL)	Président.
Mme CHAOU N.	Maître assistante A	(ENSSMAL)	Examineur.
Mr KADA M.	Maître assistant B	(ENSSMAL)	Examineur.
Mme ALOUACHE S.	Maître de conférences A	(ENSSMAL)	Promoteur.

Année universitaire : 2015-2016



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER**

OPTION : AQUACULTURE

Thème :

Analyse microbiologique de la moule
Mytilus galloprovincialis

Présenté par :

- ❖ **BENBAHRIA Ibrahim**
- ❖ **NOUASRIA Zine El Abidine**

Soutenu le 28/06 /16 devant le jury suivant :

Mme AMAR I.	Maître assistante A	(ENSSMAL)	Président.
Mme CHAOU N.	Maître assistante A	(ENSSMAL)	Examineur.
Mr KADA M.	Maître assistant B	(ENSSMAL)	Examineur.
Mme ALOUACHE S.	Maître de conférences A	(ENSSMAL)	Promoteur.

Année universitaire : 2015-2016

Remerciement

Au terme de ce modeste travail, nous tenons tout d'abord à remercier Allah « Hamdouleh » le tout puissant, de nous avoir accordé le courage, la patience et Surtout la santé pour réaliser et mener à terme notre travail.

Nous sommes très heureux de pouvoir exprimer ici nos plus vifs remerciements à

:

Melle Alouache S., maitre de conférence A à l'ENSSMAL, pour avoir accepté de diriger ce travail, nous la remercierons pour son soutien, sa patience, sa rigueur scientifique et sa disponibilité.

Mme Amar I., maitre assistante A à l'ENSSMAL, qui nous fait l'honneur de présider ce jury.

Mme Chaou N., maitre assistante A à l'ENSSMAL, et Mr Kada M., maitre assistante B à l'ENSSMAL, pour avoir accepté d'examiner ce travail ; c'est un honneur, que de vous avoir parmi les membres de ce jury.

Ce travail n'aurait pas été possible sans l'appui logistique et humain du laboratoire pédagogique de microbiologie. Que toute l'équipe trouve ici l'expression de nos profondes reconnaissances.

Nos sincères remerciements au personnel de la bibliothèque de l'ENSSMAL pour avoir toujours répondu avec célérité et compétence à nos multiples demandes de documentation.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes parents, A mon frère et mes sœurs, qui ont tous été dévoués pour que je puisse suivre mes études dans les meilleures conditions.

A tous mes ami(e)s de l'ENSSMAL,

Citation :

« Tout vous viendra en chemin, faite d'abord le premier pas »

Nisargadatta

I liste des figures**II liste des tableaux**

Introduction	11
Généralités	
1. Historique de l'aquaculture	13
1.1 La Mytiliculture.....	14
1.2 Situation de la conchyliculture dans le monde.....	16
1.3 Situation de la conchyliculture en Algérie.....	16
1.4. Importance de la mytiliculture.....	18
2. Présentation de l'espèce	19
2.1. Systématique.....	20
2.2. Ecologie.....	20
2.2.1. habitats.....	20
2.3. Anatomie.....	21
2.3.1. La coquille.....	21
2.3.2. Charnières et ligament.....	21
2.3.3. Le manteau.....	21
2.3.4. Les muscles adducteurs.....	22
2.3.5. Les branchies.....	22
2.3.6. Le pied et le byssus.....	22
2.4. Physiologie.....	23
2.4.1. L'alimentation.....	23
2.4.2. Systèmes digestifs.....	23
2.5. Systèmes respiratoires.....	24
2.6. Systèmes circulatoires.....	24
2.7. Systèmes nerveux.....	24
2.8. Systèmes excréteurs.....	24
2.9. La reproduction.....	24

3. Valeur nutritive.....	25
4. Les risques sanitaires liés à la consommation des coquillages.....	26
5. Les indicateurs de contamination fécale.....	26
5.1. Coliformes totaux (CT).....	27
5.2. Les coliformes fécaux (CF).....	28
5.3. Les Entérocoques.....	28
6. Classement des zones conchyloles.....	29
Matériel et méthodes	
1. Prélèvement et transport des échantillons.....	31
1.2. Présentation des sites.....	31
1.2.1. La ferme ‘ SARL ORCA marine’.....	31
1.2.2 La sirène.....	32
1.2.3 EL Kittani.....	32
1.2.4 Fouka marine.....	33
2. Préparation des moules (homogénat) (Delarras, 2003).....	34
3. Dénombrement des coliformes totaux, Thermotolérants et E. coli par la méthode du nombre le plus probable (NPP).....	35
3.1 Dénombrement des coliformes totaux par la méthode des NPP.....	35
3.2 Dénombrements des Coliformes thermo- tolérants et E. Coli.....	36
4. Recherche et dénombrement des Entérocoques par la méthode des NPP.....	37
4.1 Test présomptif : Recherche et dénombrement des Entérocoques totaux.....	38
4.2 Test confirmatif.....	39
5. Recherche de Salmonella.....	39
5.1 Pré-enrichissement (AFNOR 1973).....	39
5.2 Enrichissement.....	39
5.3 Isolement.....	39
5.4 Lecture.....	40

Résultats

1. Coliforme totaux.....	42
2. Coliformes thermotolérants.....	42
3. Escherichia coli.....	42
4. Enterococcus.....	43
5. Salmonella.....	43
6. présentation des résultats.....	43

Discussion.....	46
------------------------	-----------

Conclusion.....	49
------------------------	-----------

Références bibliographiques.....	51
---	-----------

Annexes.

Résumé.

Liste des figures

Figure 1 : Composition de la production aquacole mondiale par milieu de culture.....	14
Figure 2 : Évolution de la production mondiale de mollusques.....	15
Figure 3 : Production conchylicole mondiale par continents.....	16
Figure 4 : aspect intérieur et extérieur de la moule.....	19
Figure 5 : Répartition géographique de la moule (<i>Mytilus galloprovincialis</i>).....	21
Figure 6 : Anatomie de la moule.....	22
Figure 7 : système digestif.....	23
Figure 8 : localisation du site d'échantillonnage de la ferme ORCA marine.....	31
Figure 9 : localisation du site d'échantillonnage de la sirène.....	32
Figure 10 : localisation du site d'échantillonnage de kittani.....	33
Figure 11 : localisation du site d'échantillonnage de Fouka marine.....	33
Figure 12 : schéma représentatif de la dilution de la solution mère.....	34
Figure 13 : schéma représentatif du dénombrement des coliformes totaux.....	36
Figure 14: schéma représentatif du dénombrement d'E. Coli.....	37
Figure 15 : schéma représentatif sur la recherche et dénombrement des Entérocoques totaux.....	38
Figure 16 : schéma représentatif sur la recherche des salmonelles.....	40

Liste des tableaux

Tableau 1 : valeurs nutritive de 100g de la moule.....	25
Tableau 2 : Critères microbiologiques des zones de production conchylicole (Joradp,1997).....	29

Introduction

Introduction

Pendant longtemps, l'homme se préoccupe de son milieu naturel, et profite de lui sans compter, en rejetant des effluents et des déchets de toutes sortes.

La baie d'Alger connaît au même titre que le reste du littoral Algérien, les mêmes problèmes environnementaux, elle est exposée aux risques des différents types de pollutions d'origine anthropique qui ont un impact sur les organismes qui y vivent et sur l'homme.

Les poissons et les fruits de mer sont la deuxième source de protéines animales derrière le bovin-ovin. L'exploitation des statistiques sur les produits de la pêche dans le monde montre que les mollusques et les crustacés constituent la principale ressource d'invertébrés marins (Laubier, 1987).

Les bivalves filtrent l'eau de mer (de 100 à 650 l/heure /Kg d'animal vivant) pour en tirer les éléments nécessaires à leur survie (plancton), ils retiennent en même temps bactéries, virus, et les concentrent (Brissou et Denis, 1980). En raison de cette capacité de filtration et d'accumulation importante des particules et polluants du milieu, les bivalves ont été retenus comme Bio-indicateur de la contamination, par excellence (Jorgensen, 1960). De plus, la consommation des bivalves contaminés, expose le consommateur à un risque de toxi-infection : Fièvre typhoïde, Salmonellose, Shigellose, Choléra, Gastroentérites virale et Hépatite A (Smith De Waal et al ., 2001 ; Potassman et al., 2002, Hervé et al., 2003).

Mytilus galloprovincialis est l'espèce la plus répandue sur les côtes algériennes, elle se trouve soit en état sauvage, soit élevée en mer. La consommation de cette espèce est en évolution chaque année, mais la question à poser est es ce que le consommateur a une idée sur la qualité microbiologique de ces moules, ou plus précisément l'état de salubrité de ces moules ?

Pour préserver le consommateur, la directive européenne 91/492/EC (Communauté européenne, 1991) définit les critères microbiologiques pour les bivalves : les Coliformes fécaux (moins de 300 pour 100g) et *Escherichia coli* (230 pour 100g).

Dans cette ordre d'idées, L'objectif de ce travail est d'évaluer la salubrité de la moule *Mytilus galloprovincialis* prélevée de différents sites d'Alger et de Tipasa.

Généralités

1. Historique de l'aquaculture

L'idée d'élever des organismes aquatiques n'est pas nouvelle. C'est en Chine et en Inde qu'une pisciculture d'eau douce très simple s'est développée 1 500 ans avant notre ère. Le premier traité de pisciculture connu a été écrit par Fan-Li en 475 avant J.-C. Sur les rives de la Méditerranée, à peu près à la même époque, la pisciculture extensive en lagune est développée par les Étrusques et les Romains, pendant que le grossissement d'huîtres est entrepris en Grèce, puis en Italie. C'est de façon empirique, à partir de l'observation des animaux aquatiques conservés en viviers et avec des techniques de pêche archaïques, que les premières formes effectives d'élevage se sont développées. Ainsi, les juvéniles de nombreuses espèces nées en mer pénètrent naturellement dans les lagunes qui communiquent avec la mer. Leur capture, après une saison de grossissement en lagune, lors de leur retour en mer, est facile à l'aide de grilles, de claies ou de filets barrant les passes. Cette technique, à mi-chemin entre la pêche et l'élevage, a peu à peu évolué au cours de la Renaissance vers un véritable engraissement. Elle est alors à cette époque largement pratiquée en Asie (étangs côtiers aménagés d'Indonésie, dits *tambaks*), mais aussi en Europe (*valli* de la plaine du Pô, réservoirs à poissons de la région d'Arcachon, etc.).

En Europe centrale, la pisciculture d'eau douce de la carpe commune *Cyprinus carpio* prend naissance au Moyen Âge et la maîtrise complète du cycle biologique conduit rapidement à une véritable domestication de cette espèce. L'élevage de la moule remonte à la même époque, avec l'introduction en baie de l'Aiguillon (Vendée) des bouchots (gros pieux de bois enfoncés dans le sol permettant la fixation des jeunes moules et leur croissance).

En 2010, la composition de la production aquacole mondiale était la suivante: poissons d'eau douce (56,4 pour cent, 33,7 millions de tonnes), mollusques (23,6 pour cent, 14,2 millions de tonnes), crustacés (9,6 pour cent, 5,7 millions de tonnes), poissons diadromes (6,0 pour cent, 3,6 millions de tonnes), poissons marins (3,1 pour cent, 1,8 million de tonnes) et autres animaux aquatiques (1,4 pour cent, 814 300 tonnes) (figure. 1).

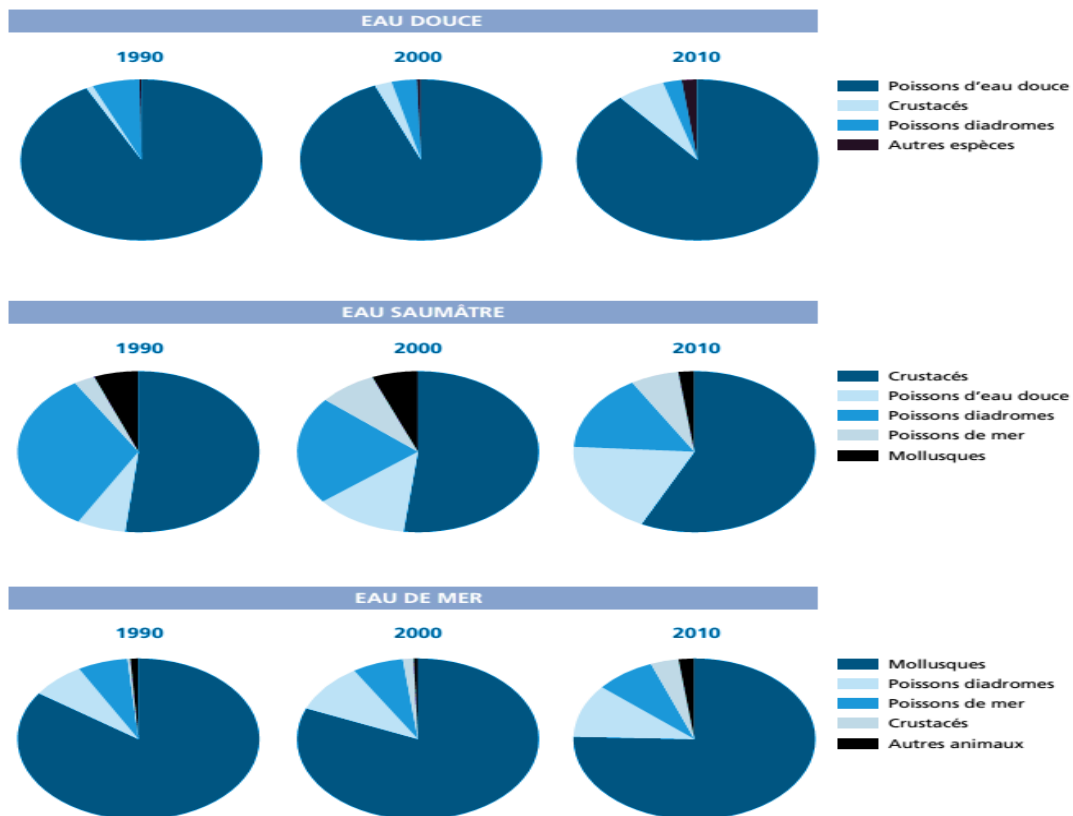


Figure 1 : Composition de la production aquacole mondiale par milieu de culture. (FAO, 2012)

1.1 La Mytiliculture

C'est une activité aquacole qui s'intéresse principalement aux moules de la famille des mytilidés, l'espèce la plus cultivée en Méditerranée est *Mytilus galloprovincialis*. la mytiliculture est pratiquée en mer, dans des filières mytilicoles, bouchots ou tables mytilicoles.

En Algérie, les principales actions dans le domaine de la mytiliculture ont été :

- En 1921, création de la station de Bou Ismail (Est d'Alger) avec des objectifs en matière d'aquaculture dont le but est de déterminer les meilleures méthodes et lieux pour la pratique de l'ostréiculture (*Crassostrea gigas*) et de la mytiliculture (*Mytilus galloprovincialis*).
- En 1940, début de l'exploitation des lacs de l'Est du pays (Mellah, Oubeira et Tonga) avec installation de bordigues, pêche et exploitation de mollusques (*Mytilus*

galloprovincialis, *Crassostrea gigas*, *Ruditapes decussatus*). (Boutouchnet et Milla, 2005).

1.2 Situation de la conchyliculture dans le monde

La production de mollusques a augmenté avec un rythme moyen de 3.7% par an entre 2000 et 2008 (figure 2). La conchyliculture mondiale produit 15.2 milliards de tonnes pour un chiffre d'affaires de 15.85 milliards d'US \$ en 2010 (Eurostat 2012).

Les pays asiatiques sont les leaders de la production conchylicole avec 91% de la production mondiale (figure. 3). La chine est considérée comme la première puissance mondiale dans la conchyliculture, avec 43% de la production mondiale (FAO, 2012).

Au moment où l'on assiste à une évolution de la production conchylicole en Asie, en Amérique et en Europe, l'Afrique reste peu développée dans ce domaine. Ce retard est dû notamment à la méconnaissance des techniques d'élevage ainsi qu'aux problèmes externes, malgré les efforts déployés pour le financement de ce secteur (FAO, 2012).

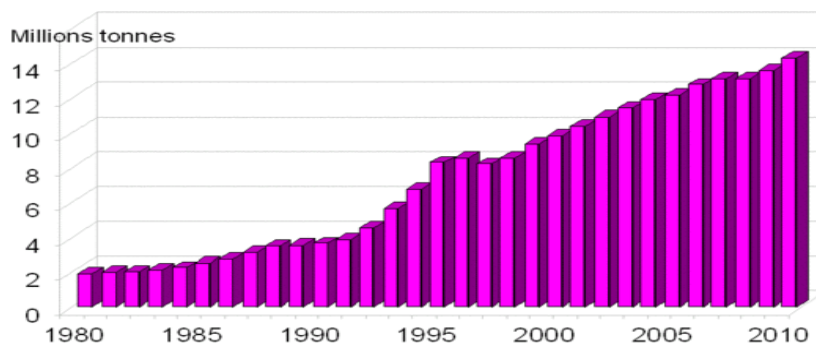


Figure 2 : Évolution de la production mondiale de mollusques.¹

¹ <http://aquaculture.ifremer.fr>

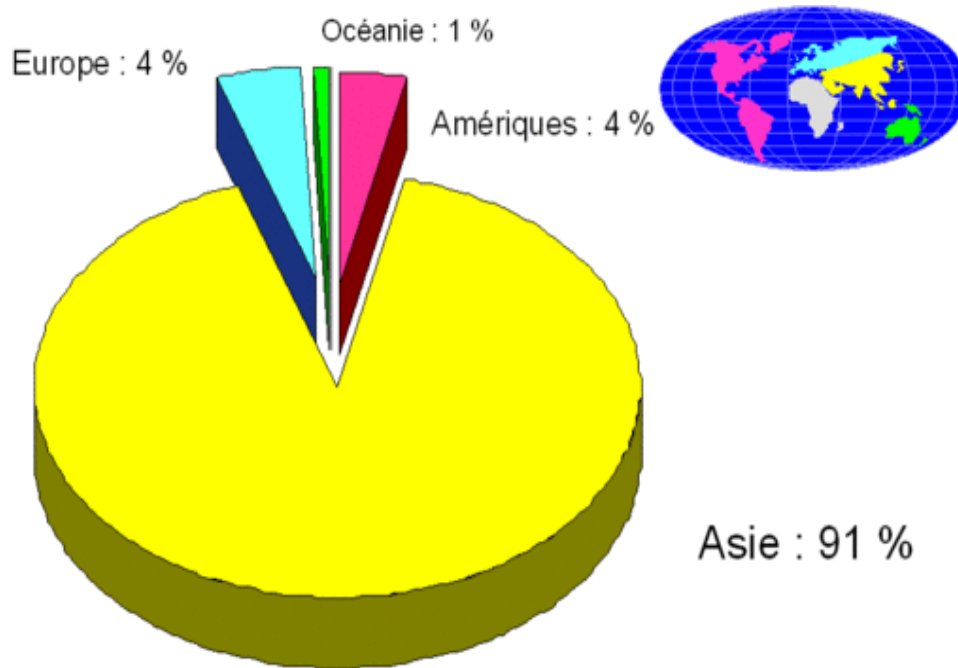


Figure 3: Production conchylicole mondiale par continents¹.

1.3 Situation de la conchyliculture en Algérie

En Algérie, l'histoire de la conchyliculture est résumée comme suit :

- ✓ 1880 : Premier essais d'ostréiculture à Marsa el kabir (Oran) et à oued sebao (Boumerdes) (Boutouchent et Mil 2005).
- ✓ 1894-1895 : Essai d'élevage de moules à Tizirt par Thomas (Hamiche et Tounsi, 2009).
- ✓ 1921 : Création de la station de Bou-Ismaïl pour la détermination des meilleurs méthodes et lieu pour la pratique de l'ostréiculture (*Crassostrea gigas*) et de la mytiliculture (*Mytilus galloprovincialis*) (Boutouchent et Milla, 2005).
- ✓ 1927 : Essai d'élevage d'huitres au port d'Alger (Hamiche et Tounsi, 2009)
- ✓ 1940 : Début d'exploitation des lacs de l'Est du pays (Elmellah, Oubeira et Tonga) avec installation de bordigue, pêche et exploitation de mollusques (*Mytilus galloprovincialis*, *Crassostrea gigas*, *Rupitapes decussatus*) (Benhania et al, 2014).
- ✓ A partir de 1969 : valorisation et exploitation des lacs el maleh, oubeira et tonga (W. El Kala) (Boutouchnet et Milla, 2005).

- ✓ Dans les années 70 : mise en valeur du lac El Malleh par l'installation des tables conchylicoles et mise en élevage de la moule (*Mytilus galloprovincialis*) et de l'huitre (*Crassostrea gigas*) dans le cadre d'un programme de coopération avec la FAO (Benhania et al, 2014 ; Boutouchnet et Milla ,2005).
- ✓ 1987 : installation de la première filière de Sub-Surface expérimentale de production de moules au niveau des Ilos Sandja (Alger) (Boutouchnet et Milla, 2005).
- ✓ 1988 : installation d'une seconde filière dans la baie de Bou Ismail et obtention de résultats très concluants après plus d'une année d'observation et de suivi (Boutouchnet et Milla ,2005).
- ✓ Dans les années 90 : Essais d'élevage de bivalves sur soucoups ballastables réalisés à El Kala (Boutouchnet et Milla ,2005).
- ✓ A partir de 1991 : lancement de la mytiliculture en mer ouverte par trois professionnels privés algériens (deux à Ain Taya et un à Bou Ismail) (Boutouchnet et Milla ,2005).
- ✓ En 1999 : Réintroduction, au lac El Malleh, de la moule et de l'huitre creuse ; provenant du Sud de la France, après leur décimation à cause du réchauffement des eaux du à des incendies (Boutouchnet et Milla ,2005).
- ✓ 2000 : création du Ministre de la pêche et des Ressources Halieutiques (MPRH).
- ✓ En 2004 : Afin de subvenir aux attentes des professionnels voulant se lancer dans l'activité conchylicole, le Ministère de la pêche et de Ressources Halieutiques et à travers le CNRDPA, projette de réaliser un Centre Pilote de Conchyliculture (Boutouchnet et Milla ,2005).
- ✓ En 2013 : Création du centre pilote conchylicole a Bou Ismail.
- ✓ Dans l'année 2014 : trois nouvelles fermes sont créé pour élevage pour élevage de moule et l'huitre.

1.4. Importance de la mytiliculture

1.4.1. Importance économique

Les moules peuvent constituer une source de protéines bon marché, elles sont de plus en plus consommées crues ou cuites, il est facile d'en faire des conserves et elles entrent dans la fabrication de plats cuisinés (Lubet et Dardignac, 1976 *in* Petersen et *al.*, 2010). ce qui fait de la moule l'espèce la plus largement cultivée en aquaculture, avec une production globale en 2006 de 1.8 millions de tonnes et évalué à plus de 1.2 milliards de Dollar US (FAO,2008, Petersen et *al.*,2010).

1.4.2. Importance écologique

L'élevage des bivalves joue un rôle crucial dans les écosystèmes côtiers, en raison des interactions écologiques entre les stocks cultivés et leur environnement, (Dowd, 2005 *in* Thomas et *al.*, 2006). La conchyliculture, un facteur de diminution de la matière organique en suspension contribue au maintien d'un équilibre trophique et à régler le développement des blooms phytoplanctoniques et d'éclaircissement des eaux (Berger, 2007).

Les moules ont déjà été largement utilisées lors de programmes de surveillance de la qualité des eaux littorales (le RNO, Réseau National d'Observation de l'IFREMER ; le Mussel Watch, le programme européen BIOMAR, "Biochemical Markers of Environmental Contamination in Marine Ecosystems"). (Devier, 2003).

2. Présentation de l'espèce

Mytilus galloprovincialis (Lamarck, 1819) est une moule qui vit surtout en méditerranée, les côtes algériennes, les côtes atlantiques du Maroc, du Portugal, et certains sites de la Manche (Ferra, 2008).

C'est un mollusque de la classe des bivalves, caractérisé par deux coquilles secrétées par les deux lobes du manteau, et de l'ordre des Filibranches à cause de la structure des branchies qui sont constituées de filaments réfléchies et unis par des touffes de cils (Abada-boudjema, 1983).

L'ordre des Filibranches englobe plusieurs familles, dont les Mytilidés est celle des moules, caractérisés par deux valves égales, un ligament externe, une charnière sans dents (et/ou avec des dents très réduites), un pied allongé et un byssus (Barnabé, 1989).

La famille des Mytilidés comporte le genre *Mytilus*, c'est le plus connu dans le monde qui renferme deux espèces *Mytilus edulis* et *Mytilus galloprovincialis*, la différence entre eux se trouve dans le muscle adducteur antérieur qui est gros à insertion peu latérale chez *Mytilus galloprovincialis* et petit à insertion latérale chez *Mytilus edulis* (chebab, 1996).

L'espèce galloprovincialis se caractérise par la coquille allongée très variable, un contour grossièrement triangulaire à su quadrangulaire, pointue et renflée en avant et arrondie et comprimée en arrière, des crochets terminaux aigus et incurvés (figure 4). La partie postéro-dorsale forme une expansion aplatie qui rend le bord ligamentaire saillant (Fisher et al, 1987).



Figure 4 : aspect intérieur et extérieur de la moule *Mytilus galloprovincialis*².

² www.histoiredelamoule.com

2.1. Systématique

Règne : Animal (Linnaeus, 1758).

Embranchement : Mollusque (Linnaeus, 1758).

Classe : Bivalves (Linnaeus, 1758).

Ordre : Filibranches.

Super famille : Mytiloidea.

Famille : Mytilidae (Rafinesque, 1815)

Genre : *Mytilus* (Linnaeus, 1758).

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

2.2. Ecologie

2.2.1. Habitats

C'est une espèce rencontrée sur des fonds très variés , des substrats durs (rocheux ou graveleux) , ou bien meubles (sableux, vaseux), elle est présente dans des régions soumises à des hivers rudes 7 à 8 °C de moyenne qu'à des étés chaudes 26 à 29 °C (Haouchine, 1995) , elle est capable aussi de vivre dans des zones de marées grâce à une série d'adaptations (Martoja, 1995). Elle vit fixée par son byssus aux substrats solides comme la roche ou d'autres supports, tels que les cordages, elle supporte de rester hors de l'eau un certain temps car elle garde une réserve d'eau entre ses deux valves. Elle occupe principalement la zone intertidale et sub-tidale relativement pas profonde, on peut la trouver jusqu'à des profondeurs de 15-20m.

2.2.2. Répartition géographique

Mytilus galloprovincialis s'étend sur une vaste aire géographique, elle était signalée par (Iubet, 1959) en méditerranée occidentale, depuis la Mer Noire jusqu'à celle du Portugal, adriatique, Manche occidentale et sur les côtes Atlantiques Espagnoles et Françaises (Iubet, 1973). Cette espèce a été identifiée sur la côte Ouest de l'Afrique du sud (Chebab, 1996) et

présente aussi en Australie occidentale, Nouvelle Zélande, Corée du sud, la Californie ainsi en Chili et au Japon (Gérard et *al*, in Borsa, 2012), (figure 5).

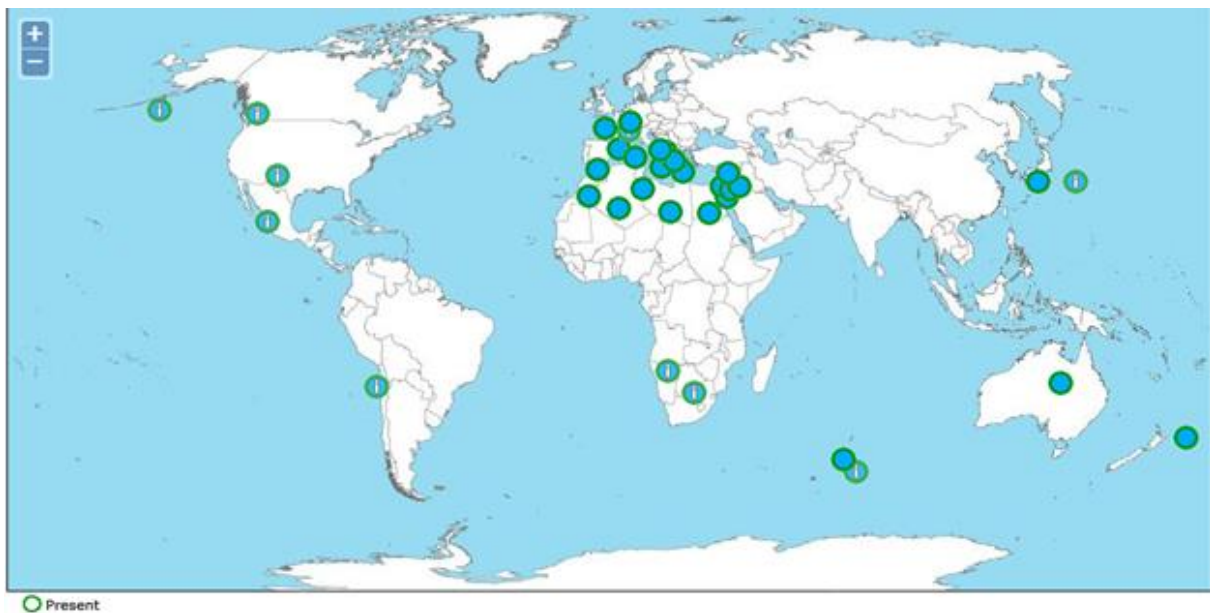


Figure 5 : répartition géographique de la moule (*Mytilus galloprovincialis*)².

2.3. Anatomie

2.3.1. La coquille

Elle a une forme oblongue, pointue en avant et élargie à l'arrière, d'une couleur noir ou bleu parfois brun très foncé, des cotes fines, et deux valves symétriques, elles s'appliquent l'une sur l'autre par contraction de muscles adducteurs.

Le crochet est légèrement replié vers le bas, à l'extérieur on observe des fines stries concentriques à partir du crochet qui représentent les étapes de la croissance de l'animal (Martiel, 1976).

2.3.2. Charnières et ligament

La charnière est réduite et l'union des valves est assurée à peu près exclusivement par le ligament. Ce dernier offre l'aspect d'une bande brunâtre qui court le long de la charnière.

2.3.3. Le manteau

Il Secrète la coquille, de couleur blanche à jaune plus ou moins foncé. Les deux lobes du manteau enveloppent le corps de l'animal et forment une cavité, contenant les branchies, dans

² [http://www.aquamaps.org/receive.php\(modifie\)](http://www.aquamaps.org/receive.php(modifie))

laquelle l'eau circule (Delemarre, 2009). Ces deux lobes sont généralement soudés en avant et dorsalement, ventralement ils sont séparés et laissent sortir un pied et le byssus.

2.3.4. Les muscles adducteurs

Deux muscles adducteurs dont l'antérieur est réduit, s'oppose à l'action mécanique du ligament par leur contraction ils ferment la coquille. Chez la plupart des bivalves, ces muscles sont composés de deux parties distinctes : une partie vitreuse, translucide, faite de fibres striées à contraction rapides mais de courte durée et une partie nacrée, plus opaque, faite de fibre lisses à contraction lente et durable.

2.3.5. Les branchies

Elles sont au nombre de deux, reliées à la masse viscérale par l'intermédiaire de l'axe branchial, chaque lame branchiale est formée de filaments disposés parallèlement et pourvus sur leur bord libre de cils vibratiles qui créent un courant entrant l'eau. Les branchies jouent un double rôle chez *Mytilus galloprovincialis*, elles serrent à la fois pour la respiration et la rétention des particules alimentaires. Ce sont elles qui créent les courants de l'eau sans lequel le mollusque ne peut vivre (Marteil, 1976).

2.3.6. Le pied et le byssus

Le pied permet le déplacement, il peut se replier sous l'action de deux muscles rétracteurs. A la base se trouve la glande du byssus, qui synthétise des filaments qui fixent la moule à son substrat. Une fois sont sécrétés, les filaments se solidifient au contact de l'eau de mer (D.cahen, 2006).

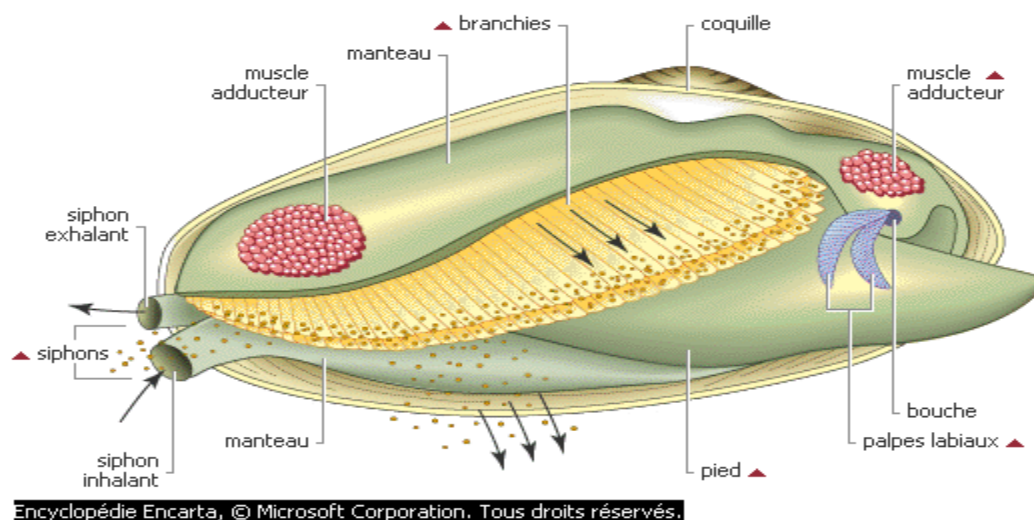


Figure 6 : Anatomie de la moule (Encarta, 2010).

2.4. Physiologie

2.4.1. L'alimentation

C'est un mollusque filtreur qui se nourrit principalement de phytoplancton et d'autres matières organiques. Les particules sont aspirées par le siphon inhalant et filtrées par les filaments branchiaux, les très grosses particules qui ne peuvent être ingérées sont rejetées par le siphon exhalant (L.Canvier, 2005). La moule filtre jusqu'à 100 litres d'eau par jour, elle est capable d'opérer un tri concernant la nature et la taille des particules qui pénètrent dans la cavité palléale dont le diamètre est compris entre 3 et 13 micromètre.

2.4.2. Systèmes digestifs

La bouche située à la partie antérieure du corps, est une ouverture transversale dont les lèvres se continuent de part et d'autre par deux paires de palpes labiaux. L'œsophage très court, débouche dans l'estomac. Le coecum du stylet qui contient le stylet cristallin, mince baguette transparente dont l'extrémité s'appuie sur bouclier gastrique, partie de la paroi stomacale particulièrement dure. Les cils qui garnissent la paroi du coecum font tourner continuellement le stylet sur lui-même. De l'estomac partent des canaux qui vont en se ramifiant et se terminent en une infinité de tubes aveugles. L'intestin fusionne dans sa partie antérieure avec le coecum du stylet et se termine par le rectum qui traverse le ventricule du cœur. L'anus est situé près du siphon exhalant, sous le muscle adducteur postérieur (figure 7).

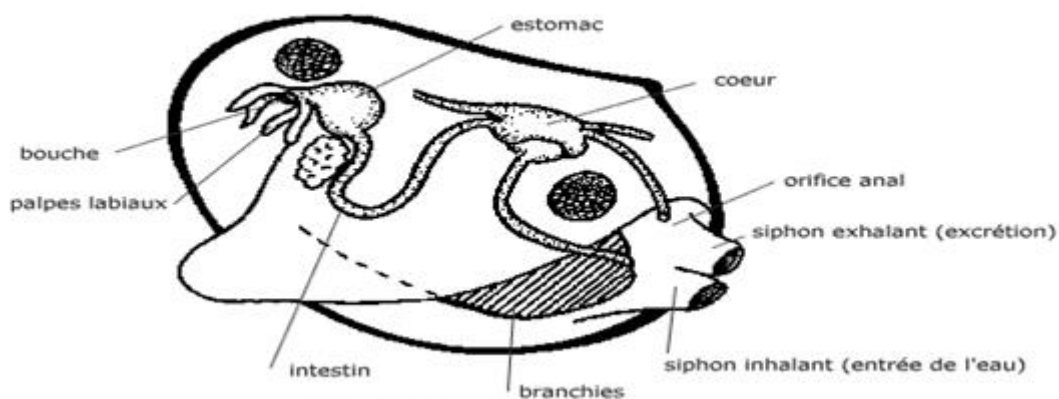


Figure 7: système digestif³.

³ www.mytiliculture.com

2.5. Systèmes respiratoires

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 (Fabbri, 2009).

2.6. Systèmes circulatoires

Un système semi-ouvert, les tissus de l'organisme sont continuellement baignés par l'hémolymphe. Les cellules sanguines, appelées hémocytes, peuvent se déplacer par des mouvements amiboïdes (Chengi, 1981). Moore et Lowe (1977) reconnaissent trois types d'hémocytes chez *Mytilus galloprovincialis* : les lymphocytes, les granulocytes et les macrophages. Ces derniers de 7 à 8 micromètre de diamètre. Les hémocytes jouent un rôle dans la cicatrisation des tissus (Bubel, 1973).

2.7. Systèmes nerveux

Le bord du manteau est tapissé de cellules nerveuses sensibles à la température, aux substances chimiques et à la lumière. Le système nerveux est réduit à trois paires de ganglions nerveux situés sur la tête, le pied et les viscères (Laurent, 1989).

2.8. Systèmes excréteurs

L'excrétion est réalisée par une paire de reins qui acheminent les déchets de l'hémolymphe vers la cavité palléale, ceux-ci sont ensuite rejetés dans l'environnement de l'animal par le courant d'eau exhalant (Fabbri, 2009).

2.9. La reproduction

Mytilus galloprovincialis sont des individus dites gonochoriques. Elle est dépourvue de caractères sexuels secondaires sauf en période de maturité, ou le sexe peut être déterminé par la couleur de la gonade. La gonade femelle aura des teintes allant du jaune-orange au rose-saumon, tandis que la gonade male sera blanc-jaunâtre (Bensam, 2009).

Le cycle peut varier de manière importante selon les individus, le lieu et l'année et peut comporter une ou deux ponte(s) massive(s) et des pontes secondaires étalées dans le temps (Devauchelle et *al.* 1997). La fécondation a lieu en plein eau, l'œuf fécondé est pélagique, après 24 heures il donne une larve Trochophore. 2 à 14 jours, cette larve trochophore se transforme en larve Véligère, elle se maintient près de la surface, là où la nourriture est plus abondante et la température de l'eau est plus élevée jusqu'à atteindre le stade Pédiveligère. La métamorphose de la larve Pédiveligère en larve Plantigrade qui est benthique est caractérisée par des changements morphologiques importants.

A partir de ce moment, les jeunes moules sont désignées par le terme de naissain (Barnabé, 1989).

3. Valeur nutritive

Comme tous les fruits de mer, la moule est particulièrement riche en protéines. Elle renferme également des acides gras polyinsaturés bénéfiques à la santé, ainsi que d'importantes quantités de vitamines, minéraux et oligo-éléments (tableau 1). Pour 100g de moule on trouve essentiellement :

Tableau 1 : valeurs nutritive de 100g de la moule⁴.

Éléments	Valeur nutritive
Énergie	172 kcals
Protéines	23,8 g
Lipides	4,48 g
Glucides	7,39 g
Eau	61,15 g
Vitamine C	13,6 mg
Vitamine D	0,28 µg
Potassium	268 mg
Phosphore	285 mg
Sodium	369 mg

⁴ www.santé.lefigaro.fr

4. Les risques sanitaires liés à la consommation des coquillages

Les bivalves dans le milieu marin jouent un rôle de « piègeur » de bactéries en raison de leur capacité de filtration importante. Cette accumulation de bactéries dépend de la nature des germes et de l'état physiologique des bivalves (Guillaud et Romania, 1996).

Les germes de contamination se concentrent non seulement dans le liquide intervalvaire, mais aussi dans les différents segments du corps, à savoir l'hépatopancréas, les branchies, les muscles adducteurs des valves et le manteau (Brisou et *al.* 1962).

L'ingestion des moules peut représenter un danger pour la santé de l'homme. Ces accidents d'origines bactériennes ou virales résultent soit par la contamination directe des moules due aux eaux polluées dans lesquelles elles vivent (causé par les rejets des eaux usées, les réseaux d'égouts, les déchets des hôpitaux et des usines sans traitement préalable), soit lors du transport, de la manutention ou de la préparation des fruits de mer en vue de la consommation. Elles peuvent provoquer des diarrhées et des hépatites, d'autres troubles peuvent affecter l'appareil respiratoire et circulatoire, le système nerveux ou le squelette⁵.

Les premiers cas d'intoxication ont été signalés en 1793 en Colombie anglaise, où plusieurs membres d'un équipage ayant consommé des moules cueillies dans un port furent pris quelque heures après des troubles, entraînant la mort de certains d'entre eux (Cerbom, 1964). Ce n'est qu'en 1890 que Cameron avait pour la première fois soupçonné les moules comme un vecteur des maladies, dans la région du Languedoc-Roussillon, plus de deux mille cas d'intoxication (Vivares, 1991).

En 1990, plus de deux cent cas ont été enregistrés en France à la suite de consommation de moules importées du Danemark (Vivares, 1991).

5. Les indicateurs de contamination fécale

Les indicateurs de contamination fécale sont des micro-organismes dont la présence dans une eau ou un aliment est le signe d'une contamination par des matières fécales. Quatre flores bactériennes sont habituellement recherchées au laboratoire : les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les *Escherichia coli* et les entérocoques. Leur dénombrement, effectué selon des méthodes normalisées simples et sensibles, se substitue à la recherche des microorganismes pathogènes, souvent fastidieuse. Les connaissances acquises récemment

⁵ www.santefigaro.fr

dans le domaine de l'écologie des coliformes et des entérocoques conduisent cependant à interpréter avec prudence les résultats d'analyses : l'origine fécale des indicateurs usuels n'est pas toujours certaine. Pour assurer plus efficacement la protection de la santé publique, il est impératif de disposer d'indicateurs plus fiables.

Le choix de ces indicateurs microbiens doit répondre à certaines exigences (Leclerc, 1978; Papadakis, 1982) :

- Etre toujours présent et à plus grandes concentrations que les germes pathogènes à surveiller.
- Ne doit pas être capable de se multiplier dans le milieu aquatique.
- Etre plus résistants que les germes pathogènes dans l'environnement aquatique et aux désinfectants.
- Etre mis en évidence, dénombrés et identifiés à l'aide de techniques simples.

5.1. Coliformes totaux (CT)

Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau). Ce groupe bactérien est utilisé comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau parce qu'il contient notamment des bactéries d'origine fécale, comme *Escherichia coli* (CEAEQ, 2009). Ce sont des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, fermentent le lactose, possédant l'enzyme β -galactosidase qui permet de libérer un agent chromogène utilisé dans des milieux de culture servant à les identifier (Santé Canada, 2012).

Les principaux genres bactériens inclus dans le groupe sont : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia* (Santé Canada, 2012). La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé (Edberg *et al.*, 2000; WHO, 2011), à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes.

Les coliformes sont très intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de la première importance. (RODIER *et al.*, 2009). Ils sont présents en très grand nombre dans l'intestin de l'homme (Goujaus, 1995). De nombreux coliformes ne sont pas dangereux du point de vue sanitaire sauf en cas de prolifération extrêmement abondante ou de réceptivité particulière de consommateur. (Goujaus, 1998).

5.2. Les coliformes fécaux (CF)

Les coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants, sont un sous - groupe des coliformes totaux, capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* et, dans un moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* (Santé Canada,1991 ;Edberg et al.,2000).

La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermotolérants détectés (Barthe et al., 1998 ; Edberg et al., 2000). Bien que la présence de Coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire (Barthe et al., 1998 ;OMS ,2000).C'est pourquoi, il serait plus approprié d'utiliser le terme générique « Coliformes thermotolérants » plutôt que celui de « coliformes fécaux » (OMS,1994 ; Robertson,1995).

L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de la pollution produite par les matières fécales (CEAEQ, 2000).

5.3. Les Entérocoques

Ces bactéries appartiennent anciennement, à la famille de Streptococcaceae, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D de LanceField (Sharpe, 1979). Elles sont définies comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, Gram positifs. Elles se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et elles possèdent le caractère fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz (Manuel de Bergey, 1984).

Les streptocoques du groupe D ou streptocoques fécaux font partie de la flore intestinale de l'homme et des animaux ; leur nombre varie de 10^5 à 10^{10} par g de matière fécale. Ces germes sont par ailleurs abondamment répandus dans la nature (végétaux etc.) et de ce fait leur présence dans un aliment n'indiquera pas forcément une contamination d'origine fécale.

Buttiaux (1958) a souligné l'intérêt de l'association « *Escherichia coli-Enterococcus faecalis* » dans la recherche des contaminations alimentaires, ces germes, hôtes habituels de l'intestin de l'homme et des animaux, constituent un excellent indice de souillure fécale.

6. Classement des zones conchyloles

La réglementation algérienne a classé les zones d'élevage conchyloles en trois zones selon les critères microbiologiques (JORADP, 1997), (Tableau 2).

Tableau 2 : Critères microbiologiques des zones de production conchylole (JORADP, 1997).

Classes	Critères microbiologiques	Conditions et modalités
Zone A Salubre	90% des valeurs <300 C.F.>. ou <230 E.coli/100g* et jamais >1000	Les coquillages vivants sont récoltés et consommés directement sans passage par un centre de purification
Zone B Peu Contaminée	90% des valeurs <6000 C.F. ou 4600 E.coli/100g* et jamais >60000 ou 46000 E.coli	Les coquillages vivants doivent subir un passage dans une zone salubre pendant 1 à 2 mois ou bien on les mets dans un centre de purification pendant 24 à 48h
Zone C Fortement Contaminée	90% des valeurs > 60000 C.F. Ou 46000 E.coli/100g*	Les coquillages vivant sont mis au centre de purification pendant plus de 48h ou bien dans une zone salubre pendant 2 mois
Zone D Interdite	Zones de production ne satisfaisant pas aux conditions exigibles pour un classement A, B ou C, ou n'ayant pas fait l'objet d'une étude de zone : zone portuaires, zone de rejet d'effluents.	Les coquillages ne doivent pas être récoltés ni consommés (exploitation interdite)

Matériel et méthodes

1. Prélèvement et transport des échantillons

Les moules ont été prélevées et récoltées dans une période de 15 jours entre le 20 mars 2016 et le 5 avril 2016 dans différents endroits d'Alger-Tipaza. Le transport vers le laboratoire a été effectué dans une glacière afin de maintenir les moules vivantes.

1.2. Présentation des sites

1.2.1. La ferme 'SARL ORCA marine'

La ferme est délimitée par Alger plage à l'ouest (figure 8), Réghaia à l'est, la mer Méditerranée au nord, Rouïba au sud, elle est située en dehors de la baie d'Alger à environ 1000m de la plage de Ain taya dont la zone conchylicole a un fond composé de sable grossier et de fin granit, située en mer ouverte soumise à des renouvellements d'eau et à des hydrodynamismes sans aucune protection. Les coordonnées géographiques de positionnement du site sont : 36°47'30'' Nord, 3°18'23'' Est.



Figure 8 : localisation du site d'échantillonnage de la ferme ORCA marine⁶.

⁶www.googlemap.com

1.2.2 La sirène

Cette plage (figure 9), est située dans la commune de Bordj el kiffan dans une zone urbaine où la baignade est autorisée, qui s'étend sur une superficie de 325 km² et à environ 20 km à l'Est d'Alger. Elle est délimitée au nord par la mer méditerranéenne, au sud par les communes de Bab Ezzouar et Dar el Beida, à l'Est par la commune de Bordj El Bahri, et par la commune de Mohammedia à l'Ouest. Les coordonnées géographiques sont :

Latitude : Ouest : entre 3°10'05'' et 3°14'49'' longitude : Nord : entre 36°46'53'' et 36°44'22''.



Figure 9 : localisation du site d'échantillonnage de la sirène⁶

1.2.3 EL Kittani

Situé sur le littoral algérois (figure 10), le site est localisé à 2 km à l'ouest d'Alger centre dans une zone urbaine, près de plusieurs rejets d'égout des constructions voisines ce qui rend la plage polluée. Il est limité par la mer méditerranéenne au nord Est, la commune de Bouloghine au nord-Ouest, la casbah au sud-Est, la commune de oued- koriche au sud –Ouest, et par la commune de bouzeréah à l'Ouest. Les coordonnées géographiques du site de prélèvement sont : 36°47'40.91''N 3°30'18.40''E.



Figure 10 : localisation du site d'échantillonnage de kettani⁶

1.2.4 Fouka marine

Le territoire de la commune de Fouka (figure 11), est situé au nord-est de la wilaya de Tipaza, c'est une plage rocheuse à côté d'une zone urbaine et agricole, la présence des signes de pollution (rejets, déchets) est remarqué au niveau de cette plage, on retrouve au nord la mer méditerranée, au sud chaiba-koléa, à l'est Douaouda et à l'ouest Bou Ismail. Les coordonnées géographiques de positionnement sont : 36°67'15.36'' Nord, 2°73'72.24'' Est.



Figure 11 : localisation du site d'échantillonnage de Fouka marine⁶.

2. Préparation des moules (homogénat) (Delarras, 2003)

1-Sélectionner des moules encore vivante, non endommagées, dont les coquilles sont bien fermées.

2-éliminer les souillures externes déposées sur la coquille avec la brosse et de l'eau.

3-désinfecter la moule par l'eau de javel, puis par l'alcool puis on la flambe sur le bec bunsen pour éliminer toute forme de contamination externe.

4-ouvrir la moule par un scalpel après l'avoir stérilisé, pour cela on suit la méthode de (OMS, 1995) : introduire la lame dans l'ouverture par où sort le byssus et couper le muscle adducteur postérieur, puis retourner la lame, couper en direction opposée le muscle et ouvrir la moule avec des pinces stériles.

5- Recueillir la chaire de la moule et le liquide inter-valvaire et préparer des solutions mères au 1/3 :

- 100g pour les germes fécaux dans 200ml d'eau physiologique.
- 25g pour les germes pathogènes (Salmonella...) dans 50ml d'eau physiologique.

6- broyer le contenu puis laisser la solution mère préparée reposer pendant 10-15min.

7- A partir de la solution mère, deux dilutions d'ordre (1/10 et 1/100) ont été préparées dans des flacons d'eau physiologique de 45ml de volume (figure 12).

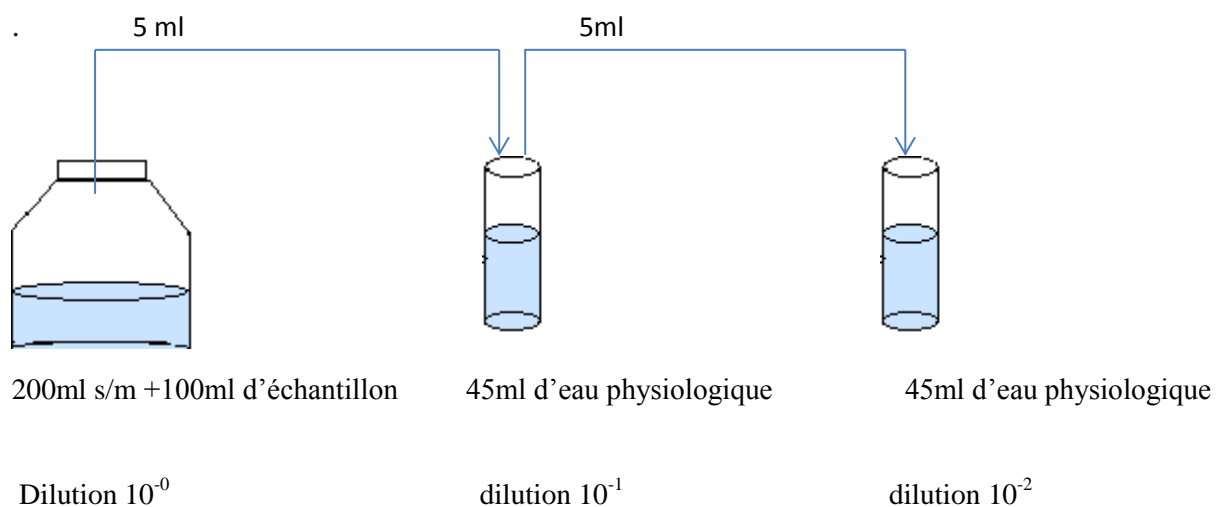


Figure 12 : schéma représentatif de la dilution de la solution mère.

3. Dénombrement des coliformes totaux, Thermotolérants et E. coli par la méthode du nombre le plus probable (NPP).

Conformément à la norme NF T90- 413, la numération des coliformes par la méthode des NPP, la colimétrie se base sur la propriété commune des coliformes pour fermenter le lactose tout en produisant du gaz dans une période de 24-48h, dans des tubes munis de cloches de Durham. La présence des germes recherchés se traduit par : un trouble dans toute la masse liquide, un dégagement de gaz dans les cloches et virage de couleur s'il y a présence d'indicateur de pH.

3.1 Dénombrement des coliformes totaux par la méthode des NPP

On prépare 3 séries de 3 tubes chacun contenant 9 ml de bouillon lactosé bilié au vert brillant (BVBL) munis de cloches de Durham. Chacun des 3 tubes de la première série reçoit 1 ml de la dilution 10^0 (solution mère). Les tubes de la deuxième et troisième série reçoivent respectivement 1 ml de la dilution 10^{-1} et 1 ml de la dilution 10^{-2} . L'ensemble des tubes ainsi préparé est incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures (figure 13).

Le nombre caractéristique formé à partir des tubes de BVBL (trouble + gaz) sera lu dans la table des NPP spéciale coquillage (Delarras, 2003).

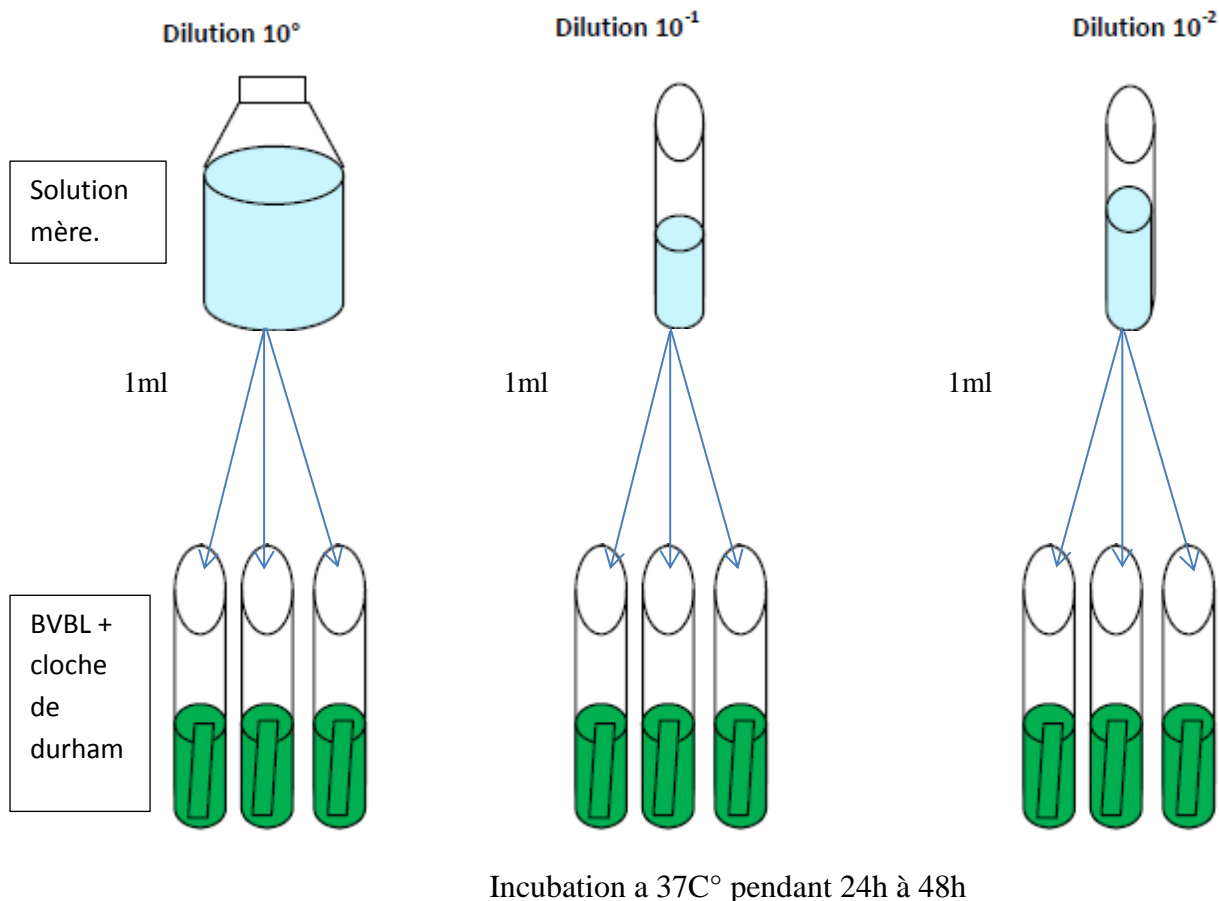


Figure 13 : schéma représentatif du dénombrement des coliformes totaux.

3.2 Dénombrements des Coliformes thermo- tolérants et E. Coli

-prendre les tubes positifs du BVBL (trouble + gaz) incubés à 37C°.

-Ensemencer ces tubes dans des tubes de Schubert.

-Incuber les tubes ensemencés à 44c° pendant 24h à 48h (figure 14).

Lecture :

- Apparition de trouble + gaz indique la présence de coliformes fécaux.
- apparition d'anneau rouge après l'ajout du réactif Kovacs indique la présence d'*E. coli*.

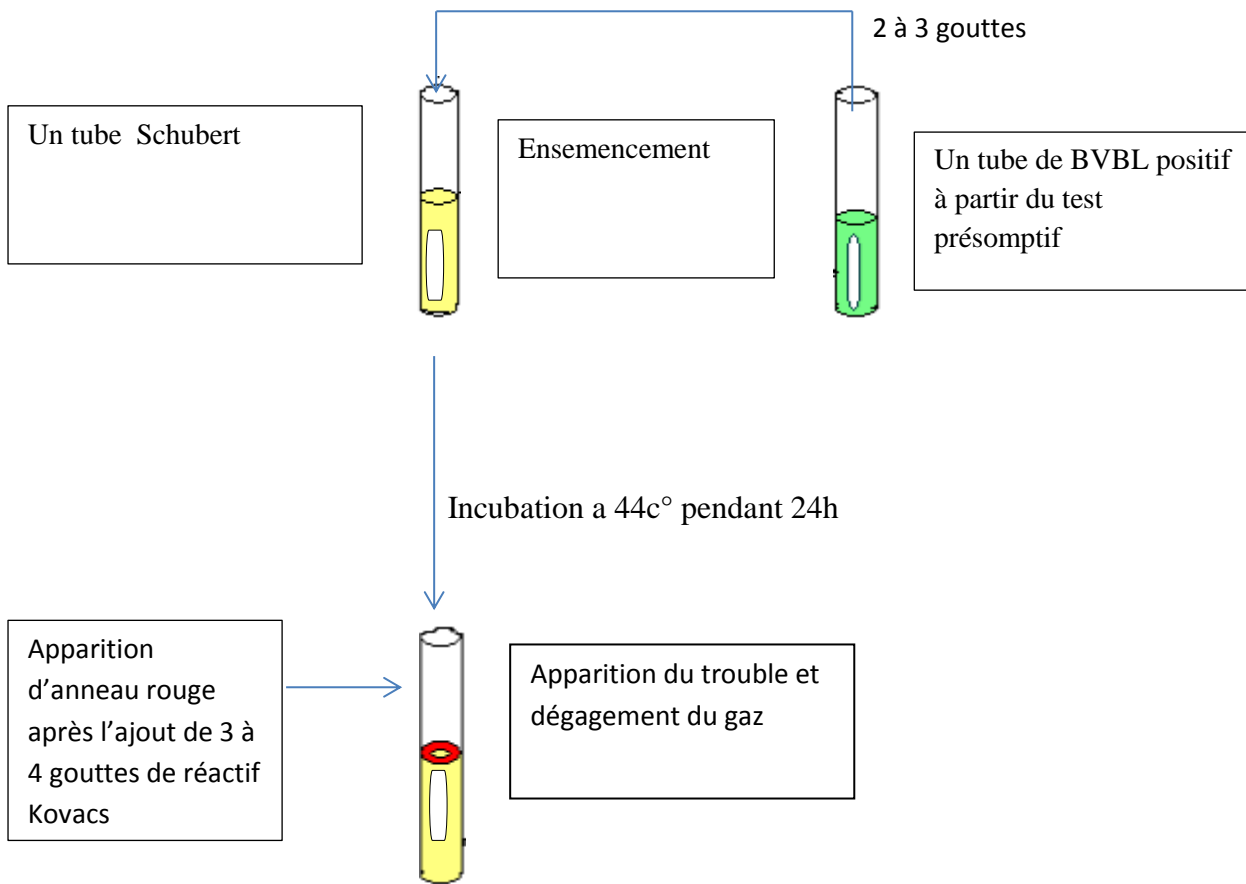


Figure 14: schéma représentatif du dénombrement *d'E coli*.

4. Recherche et dénombrement des Entérocoques par la méthode des NPP

Conformément à la norme NF T 90-411, le principe se résume à la recherche et au dénombrement des Streptocoques en milieu liquide (Rothe et Litsky). Le milieu de ROTHE contient de l'azide de sodium (NaN_3) qui inhibe la plupart des microorganismes. Ce milieu est moins favorable à la croissance des Streptocoques fécaux et la plupart des autres bactéries n'y cultivent pas. Le milieu de ROTHE est cependant moins sélectif que le milieu de LITSKY, ce qui le fait utiliser d'abord, les germes "adaptés" à l'effet inhibiteur de l'azide étant ensuite à même de s'adapter à la présence d'éthyle violet.

4.1 Test présomptif : Recherche et dénombrement des Entérocoques totaux

Conformément à la norme NF T 90-411. Nous avons ensemencé 3 séries de 3 tubes contenant de bouillon de Rothe.

- Une première série de 3 tubes avec 1ml de la solution mère 10^0 .
- Une deuxième série de 3 tubes avec 1ml de la deuxième dilution (10^{-1}).
- Une troisième série de 3 tubes avec 1ml de la troisième dilution (10^{-2}).
- Incubation pendant 24 à 48h à 37°C (figure 15).

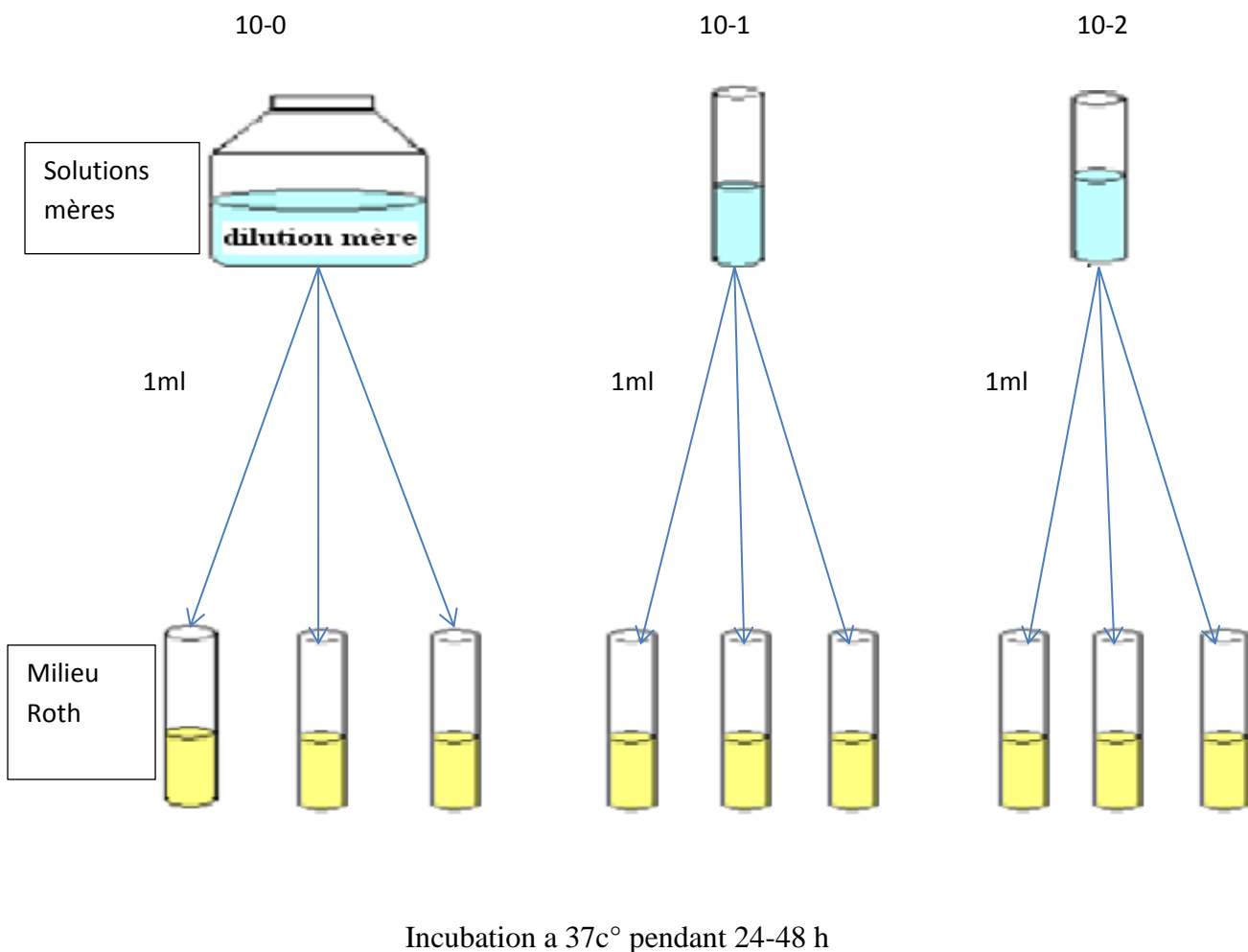


Figure 15 : schéma représentatif sur la recherche et dénombrement des Entérocoques totaux.

4.2 Test confirmatif

Les tubes présentant un trouble bactérien sont présumés contenir des streptocoques et sont soumis à un test confirmatif. Il s'agit d'ensemencer chaque tube positif dans un tube contenant du milieu Litsky. Après une incubation à 37°C pendant 24, les tubes positifs présentent un trouble et pastille violette ou blanchâtre au fond du tube.

5. Recherche de Salmonella

La mise en évidence de *Salmonella* nécessite plusieurs phases:

- un pré-enrichissement (revivification) qui est facultatif pour les produits non soumis à certains types de traitements technologiques susceptibles de “stresser” les bactéries.
- un enrichissement sélectif (obligatoire).
- un isolement sélectif

5.1 Pré-enrichissement (AFNOR 1973)

Conformément à la norme NF EN ISO 6579 et à la norme AFNOR V 08 013 :

La recherche des salmonelles se fait dans 25g de chair et de liquide inter-valvaire. La solution mère (1/3) préalablement préparée est mise en contact avec 75 ml d'eau peptonée tamponnée. L'incubation a été réalisée pendant 16 h au moins et 24 h au plus à 37°C.

5.2 Enrichissement

L'enrichissement a été effectué à partir de la solution obtenue précédemment par un ensemencement sur le bouillon au sélénite-cystine (SFB) simple et double concentré :

- 10 ml de la solution de pré-enrichissement est placée dans 10 ml de bouillon SFB double concentré additionné de deux disques d'additifs SFB.
- 1 ml de la solution de pré-enrichissement est placé dans 10 ml de bouillon SFB simple concentré additionné d'un disque d'additif SFB.

Les deux tubes ont été incubés à 37°C pendant 18 heures.

5.3 Isolement

L'isolement a été fait à partir de chaque tube SFB (double et simple concentré) sur la surface de la gélose Hektoene additionnée de l'additif Hektoene. Les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 18 à 24 heures (figure 16).

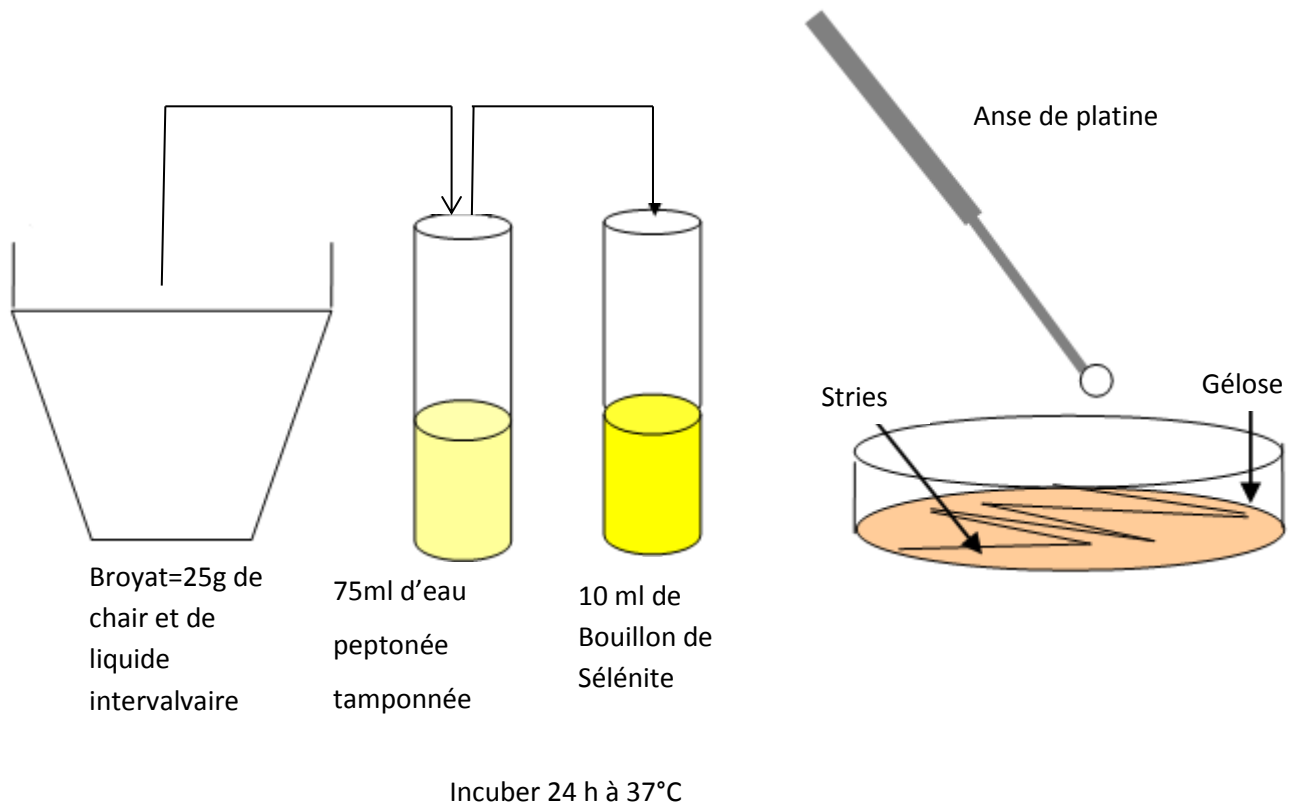


Figure 16 : schéma représentatif sur la recherche des salmonelles.

5.4 Lecture

Les salmonelles ne fermentent pas le lactose, donc les colonies suspects ont une couleur vertes avec ou sans centre noir indicateur de la production de H_2S . La confirmation de la présence des Salmonelles se fait comme suit :

- Coloration de Gram (bacille Gram négatif).
- Test d'oxydase (négatif).
- Test sur milieu TSI afin de confirmer la non fermentation du lactose avec une production d' H_2S .

Résultats et discussion

Résultats

Les résultats des échantillons prélevés dépendent de la situation microbienne et du classement de la zone de récolte. Les échantillons prélevés ne devraient pas dépasser 230 *E.coli*(300 coliformes fécaux) par 100 grammes de chair et de liquide intervalvaire.

1. Coliforme totaux

Les résultats positifs obtenus après une incubation du milieu BVBL ensemencé pendant 48h nous a donné un nombre supérieur à 72000cellules/100g de chair et de liquide inter-valvaire pour les moules de Fouka, et de 33000cellules/100g de chair et de liquide inter-valvaire pour les moules sauvages de kittani, et de 13800cellules/100g de chair et de liquide inter-valvaire pour les moules de la sirène, et un nombre inférieur à 90cellules/100g de chair et de liquide inter-valvaire pour les moules d'élevage de Surcouf.

2. Coliformes thermotolérants

Vu que le risque sanitaire lié aux coliformes totaux (CT) est généralement faible (chevalier, 2003.), il est important de rechercher les coliformes thermotolérants et spécialement *E. coli*. En effet cette dernière est considérée comme le meilleur indicateur de contamination fécale (Rodier et *al.*, 2009).

Dans la zone de Kittani, les résultats des analyses ont montré que les moules représentent une teneur en coliformes fécaux de 6300 cellules/100g de chair de liquide intervalvaire et dans la zone de la Sirène une valeur de 13800 cellules/100g et une valeur de plus de >72000 cellules/100g de chair et de liquide intervalvaire dans la zone de Fouka marine, alors que la charge en coliformes fécaux des moules d'élevage de Surcouf a été <90 cellules/100g de chair et de liquide intervalvaire.

3. *Escherichia coli*

La recherche et le dénombrement d'*Escherichia coli* a montré la présence d'une concentration égale à 186 cellules/100g de chair et de liquide inter valvaire pour l'échantillon de Fouka, 90cellule/100g de chair et de liquide inter valvaire pour l'échantillon de kittani, et une concentration inferieur a 90 cellules/100g de chair et de liquide inter valvaire pour l'échantillon de la sirène et celui de Surcouf. Ces résultats restent loin de la valeur guide de 230cellules/100g de chair et de liquide inter valvaire (Delarras, 2003).

4. *Enterococcus*

La recherche du genre *Enterococcus* dans 100g de chair et de liquide intervalvaire a donné un résultat de 276 cellules dans la zone de Kittani et 1290 cellules dans la zone de la Sirène et une valeur de 13800 cellules dans la zone Fouka marine alors que les résultats ont montré une absence des *Enterococcus* dans les moules d'élevage de Surcouf.

5. *Salmonella*

L'absence des colonies vertes sur le milieu Hektoene confirme une absence de l'agent pathogène *Salmonella* dans 25 g de chair et de liquide intervalvaire.

6. Présentation des résultats :

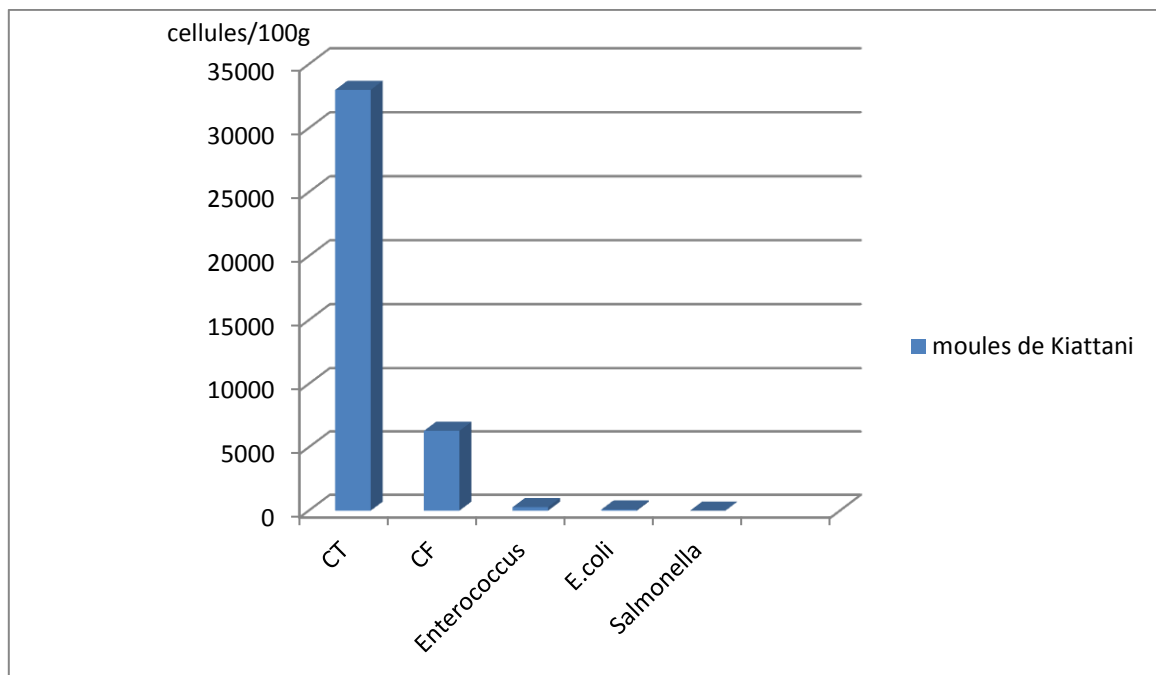


Figure 13 : Résultat des analyses microbiologiques de la moule sauvage récoltée du site Kittani.

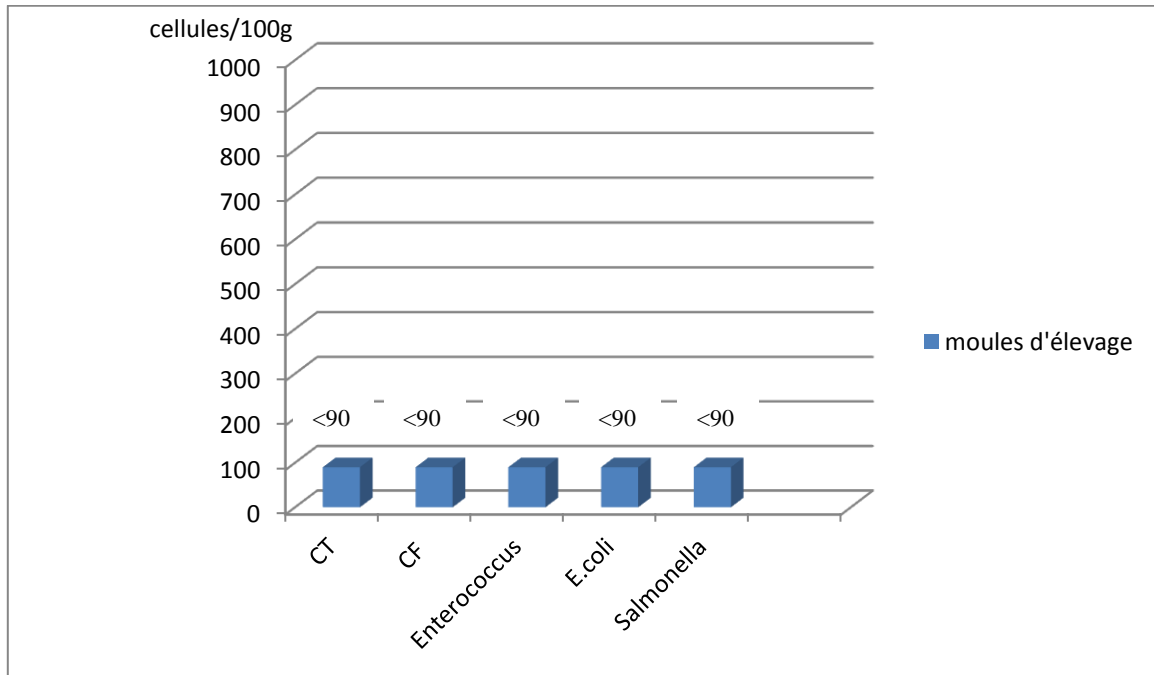


Figure 14 : Résultat des analyses microbiologiques de la moule d'élevage de la ferme Orca marine-Surcouf.

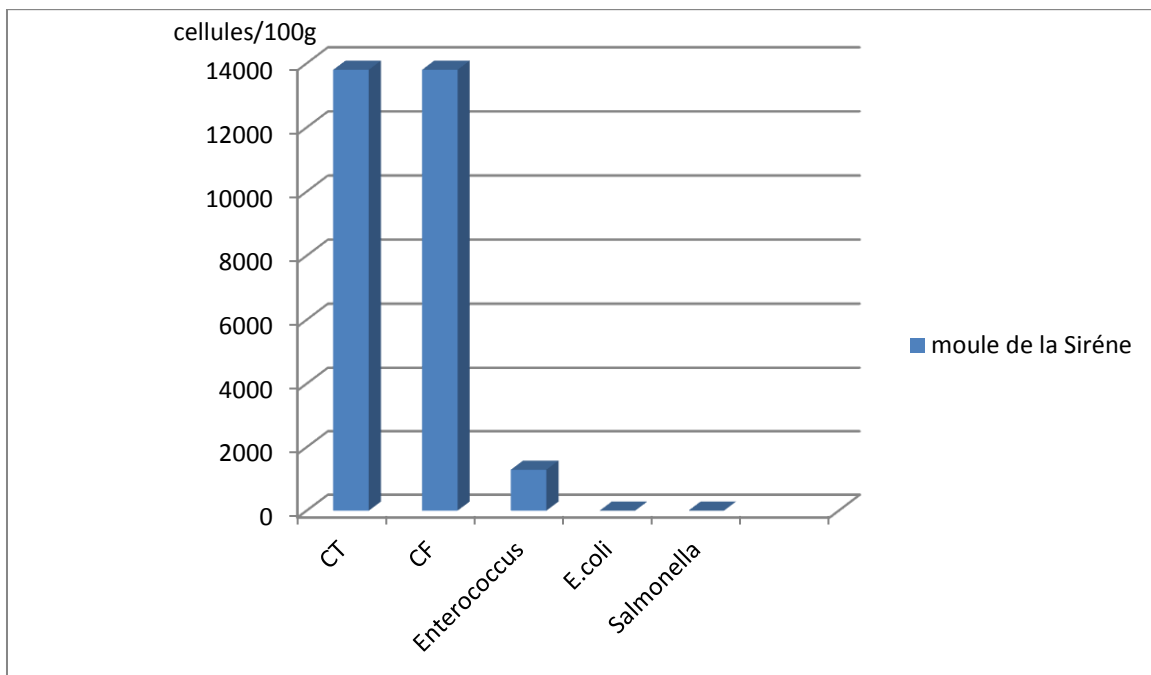


Figure 15 : Résultat des analyses microbiologiques de la moule sauvage récoltée du site la Sirène.

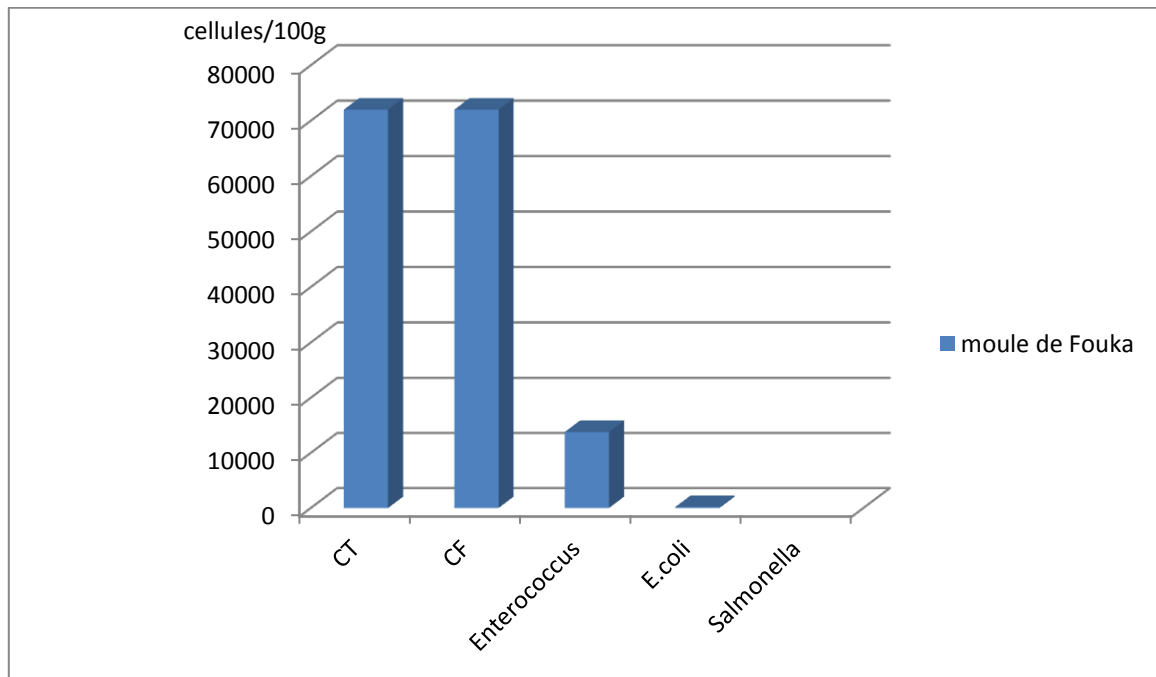


Figure 16 : Résultat des analyses microbiologiques de la moule sauvage récoltée de Fouka.

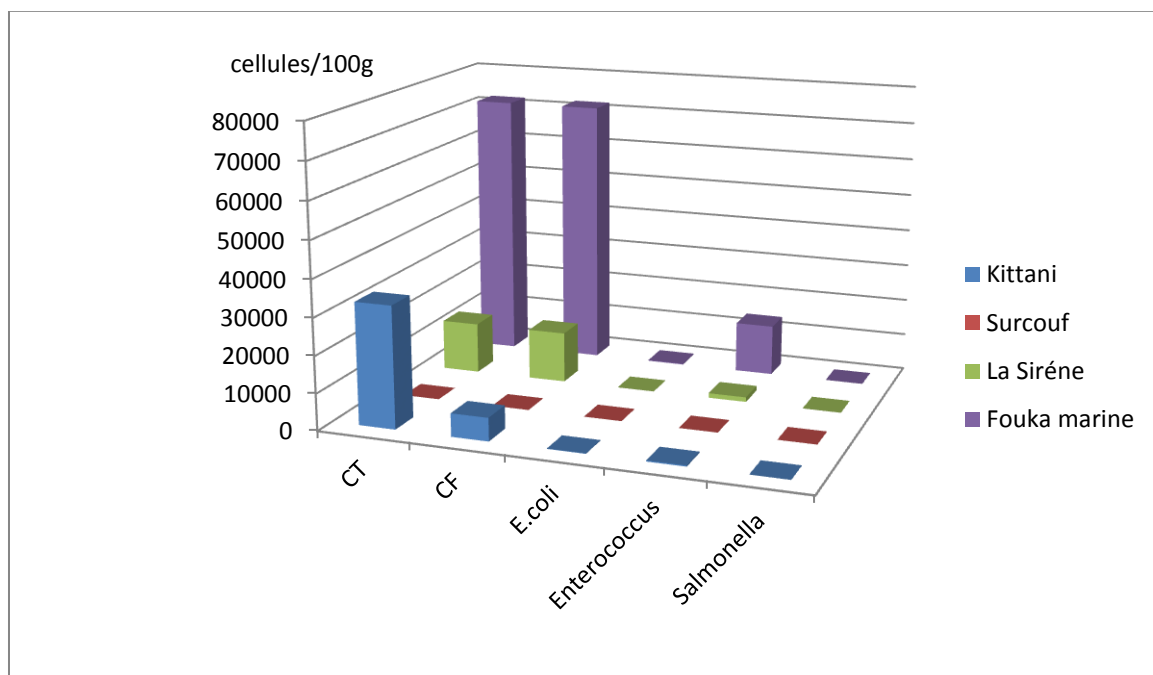


Figure 17 : Comparaison entre les résultats de la qualité microbiologique des moules récoltées des différents sites.

Discussion

Les moules sont des filtreurs qui concentrent les différents agents infectieux. La salubrité de ces moules est liée à la qualité du milieu dans lequel elles ont évolué. Dans notre étude, nous avons analysé la salubrité de quatre échantillons de moules collectées dans différents sites : La sirène, Surcouf, Kittani et Fouka.

Les résultats obtenus pour les coliformes totaux montrent un nombre élevé de germes présents dans les moules sauvages avec des teneurs maximales pouvant atteindre 72000cellules/100g d'homogénat dans l'échantillon de Fouka. Ce dernier est collecté à partir d'une zone non salubre, il est exposé à la vente sans le respect d'hygiène ce qui peut entraîner la prolifération des germes. La deuxième charge observée était au niveau des échantillons du site de Kittani qui serait dû à la proximité de ce site d'une plage très polluée, et suivi par les moules collectées du site la sirène qui se trouve entre deux embouchures essentielles à Alger oued el Hamiz à l'est et oued el Harrach à l'ouest. Cependant les moules d'élevage de Sarl Orca marine montrent des résultats satisfaisants voir un nombre <90cellules/100g d'homogénat ce qui explique la bonne qualité du milieu et l'application des bonnes pratiques d'élevage par le propriétaire. Des taux plus élevés ont été enregistrés à la même période en 2008 (Chikh, 2008) et en 2009 (Loumachi, 2009) à savoir : 2270cellules/100g et 276cellules/100g respectivement.

Bien qu'il existe une charge importante de coliformes dans les différents échantillons, la consommation de ces moules dépend de la charge en coliformes thermotolérants et particulièrement *E.coli*.

A l'exception des moules d'élevage de Surcouf, où les coliformes fécaux ont été <90 cellules/100g, une charge très importante a été observée pour les coliformes thermotolérants dans les sites sauvages : Kittani (6300 cellules/100g), Sirène (13800 cellules/100g) et Fouka (>72000 cellules/100g), alors que la norme est <300 coliforme fécaux/100g.

Pour *E.coli* on a constaté que les valeurs obtenus sont inférieurs à la norme qui est de 230cellules/100g, donc selon la réglementation les moules de Surcouf, Kittani et Fouka et la sirène peuvent être consommées sans risque sanitaire à la base de la charge d'*E.coli* et d'absence de pathogènes tel que Salmonella.

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que la qualité microbiologique des moules d'élevage est meilleure à celle obtenue pour les moules sauvages qui proviennent des différents sites Kittani, la Sirène et Fouka marine. On a remarqué que leurs concentrations bactériennes ne dépassent pas la norme. En effet, le site d'élevage a été bien choisi selon les critères de la conchyliculture pour assurer une bonne croissance et bonne qualité de la chair ainsi pour éviter les risques sanitaires pour le consommateur. Les résultats obtenus depuis le site d'élevage d'après (Chikh, 2008) et en 2009 (Loumachi, 2009) ont connu des améliorations au niveau de la qualité microbiologique des moules par rapport aux années précédentes.

Pour les moules sauvages, les résultats obtenus nous ont donné une idée sur la qualité microbiologique des moules prélevées, où on a conclu que les moules sauvages ont une forte concentration bactériennes qui dépassent parfois les normes de réglementation, ces moules prélevées à partir des zones non surveillées, sont consommées directement par les riverains sans aucun contrôle ou purification. Effectivement, la norme est respectée pour la salubrité de ces moules, mais les fortes charges des indicateurs fécaux peuvent engendrer des risques infectieux.

Un contrôle périodique de ces sites est recommandé afin d'éviter tout risque lié à la consommation de ces moules, quant au publique, la sensibilisation aux conséquences de la consommation incontrôlée de ces moules est la bonne solution pour éliminer les risques et les imprévus.

Conclusion

Conclusion

La consommation des moules en Algérie est en progression ces dernières années d'où l'importance d'effectuer des contrôles périodiques sur les moules ainsi que sur les différents sites d'élevage ou bien les sites sauvages, afin d'assurer la bonne santé des consommateurs.

Le présent travail avait pour objectif d'évaluer la salubrité microbiologique de la moule *Mytilus galloprovincialis* destinée à la consommation humaine, prélevés de différents sites : site d'élevage (ex Surcouf), la sirène, El kittani et Fouka.

Il ressort de cette étude que sur la base de l'indicateur *E.coli*, les moules peuplant les sites d'étude, seraient propres à la consommation directe, du fait que les taux de contamination mesurés sont nettement inférieures aux valeurs admises en Algérie, préconisant moins de 230 *E.coli* / 100 g de chair et de liquide intervalvaire.

Cependant, des charges très importantes en coliformes fécaux ont été retrouvées dans les sites de la sirène et de Fouka qui dépassent le seuil préconisé et peuvent entraîner des risques sanitaires.

En perspective, il serait intéressant :

- De poursuivre ce genre d'étude pour mieux suivre la qualité des moules destinées à la consommation.
- Mise en place d'un suivi et une surveillance de l'hygiène des zones de développement des moules sauvages, et en particulier la zone conchylicole durant toute l'année.
- Réglementer et suivre la vente des moules sauvages

Références bibliographiques

Références bibliographiques

AMEUR, Z., AMARA, M. (2011). *Contribution à la maîtrise de l'élevage larvaire du mollusque bivalve Mytilus galloprovincialis (Lamarck, 1819)*. Mémoire d'ingénieur en science de la mer. Aquaculture. Alger : ENSSMAL , 34 p.

ABADA-BOUDJEMA, Y. (1983). *Etude dynamique de deux populations de moule Mytilus galloprovincialis (Lmk) et Perna perna (l) de Bordj El Kiffan (baie d'Alger)*. Thèse de doctorat. Biologie marine. Alger : U.S.T.H.B , 45 p.

ABADA-BOUDJEMA, Y. (1996). *Cinétique, croissance, production et composition biochimique de deux bivalves Mytilidés, Perna perna (Linnaeus) et Mytilus galloprovincialis (lmk) du littoral algérois*. Thèse de doctorat. Ecosystème marin. Paris : Muséum national d'histoire, 108 p.

BARILLE, A. (1996). *Contribution à l'étude des potentialités conchylicoles de Prthuis Breton*. Thèse de doctorat. Biologie marine. Marseille : Université d'Aix-Marseille II , 85 p.

BARNABE, G. (1991). *Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture*. Paris : Lavoisier. 142 p.

BARNABE, G. (1989). *Aquaculture*. Paris : Lavoisier. 198 p.

BENSAM, H., BEHLOUL, M. (2009). *Étude physico-chimique et biologique d'un site Conchylicole : cas de la ferme ' Orca marine' Ain taya avec essai de reproduction artificielle des espèces en élevage*. Mémoire d'ingénieur. Aquaculture. Alger : ENSSMAL, 85 p.

BHABY, S. BELHSEN, O. ERRHIF, A. (2011). *Conférence Méditerranéenne côtière et maritime cycle de reproduction de la moule Mytilus galloprovincialis Lamarck 1819*. Tanger : Belhsen, 4 p.

BIOMERIEUX, (2006). *Système d'identification des Entérobacteriaceae et autres bacillus à Gram négative non fastidieux*. Réf 20100/20160, 622 p.

BOUHAIMI, A. (2006). *Etude de la biologie des moules Mytilus galloprovincialis et Perna perna et validation de certains biomarqueurs (acétylcholinestérase et peroxydation lipidique) pour l'évaluation de l'état de santé de la baie d'Agadir*. Biologie marine. Thèse de doctorat. Biologie. Agadir : Université Ibn Zohr, Faculté des sciences, 187 p.

BOUTOUCHENT, T. (1988). *Contribution à l'étude de la pollution par quatre métaux lourds (zinc, plomb, cadmium, cuivre) chez deux espèces de moules Mytilus galloprovincialis (Lmk) et Perna perna (L.), et mise en évidence de l'auto-épuration dans l'intérêt d'une mytiliculture en mer ouverte*. Mémoire de TS. Aquaculture. Alger : ISMAL, 83 p.

BOURCART, C., LUBET, P. (1965). Cycle sexuel et évolution des réserves chez *Mytilus galloprovincialis* LmK. Rapport de la commission internationale pour l'exploration scientifique de la mer méditerranée. France : Science et vie, 28 p.

BOUZIANI, S., HOCINI, S. (2010). *Contribution à l'étude de l'influence des paramètres du milieu sur la croissance de Mytilus galloprovincialis (Lamarck, 1819) en élevage extensif à Ain chorb (Surcouf)*. Mémoire d'ingénieur. Aquaculture. Alger : ENSSMAL, 32 p.

CEAEQ (2000). Recherche et dénombrement des coliformes fécaux méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale. Québec : CEAEQ, 28 p.

CHEBAB, B. (1996). *Influence sur la reproduction de l'immersion permanente de Mytilus galloprovincialis (Lamarck, 1819) placé en élevage. Contribution à l'amélioration des techniques de captage en milieu naturel*. Mémoire de magister. Aquaculture. Alger : ISMAL, 55 p.

DAHIEL, B. (2009). *Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral nord-est algérien à travers un bioindicateur la moule Perna perna*. Mémoire de magister. Biologie marine. Annaba : Université Badji Mokhtar, 111p.

DEVAUCHELLE, N, BARRET, J. SALAUM, G. (1995). *La reproduction naturelle et contrôlée des bivalves cultivés en France*. Rapport. Biologie. France : Ifremer, 48 p.

DJEDIAT, C. (1993). *Etude histo-physiologique et ultra structurale de la gonade femelle de Mytilus galloprovincialis LMK, Mollusque bivalve lamelibranche. Estimation de la maturité sexuelle de la population*. Mémoire de magister histo-cytologie. Biologie marine. Alger : USTHB, 32 p.

GREL, L. (1989). *Approche écologique de la conchyliculture dans le bassin de Marennes*. N°5 . France : Science et vie. 42 p.

GOUNNI, S. HABLAL, M. (2004). *Pollution microbiologique, analyse bactériologique des produits de la mer : 'moule'*. Mémoire d'ingénieur. Environnement. Alger: ISMAL, 86 p.

HAOUCHINE, M, (1995). *Ecologie et biologie de la reproduction de la moule (LMK) au sein d'un système lagunaire saumâtre lac El Melah*. Mémoire de magister. Ecologie. Alger : USTHB, 105 p.

HAMON, P. (1983). *Croissance de la moule Mytilus galloprovincialis (Lmk) dans l'étang de Thau et estimation des stocks de mollusques en élevage*. Thèse de doctorat. Ecologie marine, France : Université Science et Technique, 142 p.

JAUREGUY, F (2009). *Détermination cliniques et bactériennes au cours des infections extra-intestinales dues à Escherichia Coli*. N°3. Paris : Delachaux et Niestel. 25 p.

LAFURIE M., NARBONNE J-F, GALGANIE F, (1992). Indication biochimique et contamination de l'environnement marin. *Analmag*. Vol 20, n°6, 14 p.

LINDER, G. (1989). *Coquillages et Bivalves d'Europe*. N°6. Bruxelles : Bauchot. 95 p.

MARTEIL, L. (1979). La conchyliculture française l'ostréiculture et la mytiliculture. Les revues des travaux de l'institut des pêches maritimes. Vol 2, n°3 , 79 p.

MERBAH, S. (2009). *Contribution à l'étude de la dynamique de population de la moule Mytilus galloprovincialis (Lamarck, 1819) et de sa faune associée, sur filières mytilicoles (wilaya de Tipaza)*. Mémoire de magister. Biologie marine. Alger : USTHB, 22 p.

MEZIANE, H. SEFASFA, F. (2008). *Conception et mise en place de collecteurs pour naissains de bivalves au niveau de la station conchylicole d'Ain Tagourait (w. Tipaza)*. Mémoire d'ingénieur. Aquaculture. Alger : ISMAL, 62 p.

NACIRI, M. (1990). *Etude bioécologique et démographique d'une population de moule, Mytilus galloprovincialis (Lmk), sur la côte atlantique marocaine (Temara)*. Thèse doctorat de 3ème cycle. Biologie marine. Rabat : Université Mohammed V, 84 p.

NACIRI, M. (1998). *Dynamique d'une population de moule, Mytilus galloprovincialis (LMK), vivant sur la côte atlantique marocaine*. Thèse de doctorat. Biologie marine. Rabat : Université Mohammed V, 48 p.

AFNOR (2008). *Règles générales pour la préparation des dilutions en vue de l'examen microbiologique*. NF T08-010, 14 p.

AFNOR (2008). *Suspension mère et dilutions décimales*, NF EN ISO 6887-1, 13 p.

AFNOR (2008). *Recherche et dénombrement des streptocoques du groupe D. Méthode générale par ensemencement en milieu liquide*. NF T90- 411, 12 p.

AFNOR (2008). *Recherche et dénombrement des coliformes thermo tolérants .Méthode générale par ensemencement en milieu liquide (NPP)*. NF T90-413, 10 p.

OMS, (1983). Détermination des coliformes fécaux dans les bivalves par le test des tubes multiples. Vol 1, N° 5, 3 p.

PLUSQUELLEC, A., BEUCHER, M., LEGAL, Y. (1986). Bivalves : indicateurs de pollution microbienne des eaux littorales. Bruxelles : Roblin.86 p.

RACHEF, H., BEACHERIF, L. (2010). *Quelques indices biologiques de Mytilus galloprovincialis. Mollusque bivalve à potentialité mytilicole*. Mémoire d'ingénieur. Ecosystème marin. Alger : USTHB, 92 p.

SCHURINK E, GRIFFITHS, (1990). Moules marines de l'Afrique Australe- leur modèle de distribution, stocks, exploitation, et culture. *Revue de la recherche de mollusques et crustacés*. Vol 9, n°1, 85 p.

YAMINA, M., ABADA, B. (1981). *Etude dynamique de deux populations de moules Mytilus galloprovincialis (Lmk) et Perna perna (Lmk) de Bordj El Kiffan (baie d'Alger)*. Mémoire d'ingénieur. Biologie marine. Alger : U.S.T.H.B , 45 p.

ZEGMOUT, M., TALIB, A, (2011). *Bioaccumulation des terres rares par des moules Mytilus galloprovincialis (LMK) récoltées sur la côte méditerranéenne de Saidia (est du Maroc) et contamination expérimentale*. Maroc : Mersenne, 68 p.

Site web

Ifremer (2010). *Situation de la conchyliculture dans le monde* [en ligne]. France : Ifremer.[consulté le 09 04 2016]. Disponible sur le web : <www.ifremer.fr>.

Histoire de la moule (2012). *Aspect intérieur et extérieur de la moule* [en ligne].France : Histoire de la moule. [Consulté le 16 03 2016]. Disponible sur le web :<www.histoiredelamoule.com>.

Aquamaps (2000). *Répartition géographique de la moule (Mytilus galloprovincialis)*[en ligne].France : Aquamaps.[consulté le 10 05 2016]. Disponible sur le web : <www.aquamaps.org/receive.php>.

Mytiliculture (2000). *Système digestif* [en ligne]. France : Mytiliculture. [consulté le 15 03 2016]. Disponible sur le web : < www.mytiliculture.com >.

Santé le figaro (2013). *Valeurs nutritives de 100g de la moule* [en ligne]. Belgique : santé le figaro. [Consulté le 18 03 2016]. Disponible sur le web : < www.santé.lefigaro.fr >.

FAO (2012). *Composition de la production aquacole mondiale par milieu de culture*. (FAO, 2012) [En ligne]. Union européenne : FAO. [Consulté le 24 04 2016]. Disponible sur le web : < www.fao.org >.

Analyse microbiologique de la moule *Mytilus galloprovincialis*

Résumé

Mytilus galloprovincialis est l'espèce la plus répandue sur les côtes algériennes, elle se trouve soit en état sauvage, soit élevée en mer, la consommation de cette espèce est en évolution chaque année, mais la question à poser est es ce que le consommateur a une idée sur la qualité microbiologique de ces moules, ou plus précisément l'état de salubrité de ces moules ? L'objectif de ce travail est d'évaluer la salubrité de la moule *Mytilus galloprovincialis* prélevée de différents sites d'Alger et de Tipasa.

Mots clés: Salubrité, moule, *Mytilus galloprovincialis*, consommation, qualité microbiologique, contrôle, analyse.

Abstract

Mytilus galloprovincialis is one of the most common species in the Algerian coast, it is located either in the wild, or in the high sea, the consumption of this species is changing every year, and the question is: does the consumer have an idea about the microbiological quality of these molds, or more precisely the state of salubriousness of these molds ? The objective of this study was to evaluate the salubriousness of the mussel *Mytilus galloprovincialis* collected from different sites of Algiers and Tipasa.

Keywords: Safety, mussel, *Mytilus galloprovincialis*, consumption, microbiological quality control analysis.

ملخص

ميتيلاس غالوبروفانسياليس هو النوع الأكثر شيوعاً على الساحل الجزائري، فهو إما في البرية أو في أعالي البحار، واستهلاك هذه الأنواع تتغير كل عام، ولكن السؤال هو ما هي فكرة المستهلك عن الجودة الميكروبيولوجية لبلح البحر، أو بتعبير أدق الحالة الصحية لبلح البحر؟ وكان الهدف من هذه الدراسة لتقييم سلامة بلح البحر ميتيلاس غالوبروفانسياليس التي تم جمعها من مواقع مختلفة من العاصمة وتيبازة.

الكلمات الدالة: سلامة، بلح البحر، ميتيلاس غالوبروفانسياليس، الاستهلاك، تحليل الميكروبيولوجي، مراقبة الجودة.