

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



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur et de
Master en Sciences de la mer et du Diplôme Start-up**

Domaine : Science de la Nature et de la Vie
Filière : Hydrobiologie marine et continentale
Option : Aquaculture

Thème :

**Biosurveillance active de la moule *Mytilus galloprovincialis* pour
le suivi de la pollution d'une ferme conchylicole.**

Présenté par :

⌘ **BOUDJEDIENE Oussama**

⌘ **REMAL Amor Nadhid**

Soutenu le **10/07/2024** devant le jury suivant :

Mme Salem Cherif Yousra

Maître assistante B (ENSSMAL)

Présidente.

Mme Ouafi Leila

Maître de conférences B (ENSSMAL)

Examinatrice.

Mme Bedairia Assia

Maître de conférences B (ENSSMAL)

Encadrante.

Mme Mesbaiah Fatma Zohra

Maître de recherche A (CNRDPA)

Co-Encadrante.

Année universitaire : 2023-2024

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Madame Bedairia Assia et Madame Mesbaeih Fatma-Zohra pour leur encadrement et leur suivi.

Je tiens à remercier Madame Ouafi et Madame Salem Cherif pour avoir pris le temps d'évaluer notre mémoire fin d'étude. Vos conseils avisés et vos remarques constructives ont été d'une grande aide pour améliorer la qualité de ce travail.

Un remerciement sincère à Monsieur Belaidi Bilel et son équipe pour leur soutien et leur suivi pendant une grande partie de notre travail pratique.

Nous remercions le Directeur du Centre National de Recherche et du Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA) ainsi que tout le personnel.

Nos remerciements vont également au gérant de la ferme « Cult-Mare » de la wilaya de Tipaza pour avoir mis à notre disposition le matériel nécessaire afin d'effectuer notre échantillonnage.

Nous sommes infiniment reconnaissants à Monsieur Ait Kaci Abdelmalek pour le temps qu'il nous a accordé sur le plateau technique et pour ses explications.

Nous tenons à adresser nos remerciements les plus sincères à tous les membres du personnel et aux ingénieurs de laboratoire de l'ENSSMAL, en particulier Monsieur Matouk Youcef, Madame Refes, Monsieur Mustapha et l'ingénieure de laboratoire Aquaculture Amina pour leur précieuse collaboration.

Que cette reconnaissance témoigne de notre profonde gratitude envers chacun d'entre vous. Votre contribution a été essentielle à la réussite de ce mémoire de fin d'étude.



Dédicace

« Tout succès est le résultat d'efforts assidus et d'un soutien sans faille. Dans cette recherche de connaissances et d'excellence, je tiens à dédier ces mots à tous ceux qui ont été essentiels dans ma formation et dans l'accomplissement de ce projet de fin d'étude. »

A ma chère Maman, je tiens à exprimer ma gratitude infinie pour ton amour inconditionnel, ta bienveillance et ton soutien constant. Tes encouragements, ta douceur et tes sacrifices ont été les éléments clés qui m'ont permis de surmonter les obstacles et d'atteindre mes objectifs.

A mon chère Papa, ta présence bienveillante, ton caractère solide et ton dévouement constant ont été les fondations solides sur lesquelles j'ai forgé ma personnalité. Tu as été mon modèle, mon guide et mon inspiration, m'encourageant à toujours donner le meilleur de moi-même.

À ma très chère Sœur, mon allié indéfectible, je te remercie pour les bons moments partagés.

À mes amies, Sadoun Mohamed Nadir, Bensalah Mohamed, Mimoun, Blanca, Payza, Amer, Boudjediene Oussama, pour leurs soutiens indéfectibles et les souvenirs inoubliables que nous avons partagés.

Enfin, je souhaite exprimer ma gratitude envers Kacimo, Goubeh et Nino, qui ont apporté leur contribution précieuse à la réalisation de ce travail.

Que cette dédicace exprime toute ma profonde gratitude envers chacun de vous. Votre soutien, votre amour et votre amitié ont été des trésors inestimables qui ont illuminé mon parcours.

Avec toute ma reconnaissance

Remal Amor Nadhid

Dédicace

"Louange à Allah par le bienfait duquel les bonnes choses se concrétisent"

Je souhaite consacrer ce modeste travail à des personnes qui ont joué un rôle exceptionnel dans mon parcours académique et personnel. Leur soutien, leurs encouragements et leur amour inconditionnel ont été des sources de motivation et de force tout au long de ma vie.

Tout d'abord, à **mes précieux parents**, je suis profondément reconnaissant pour leur amour, leur dévouement et leurs prières incessantes. Ils ont été mes guides et mes piliers, m'encourageant à poursuivre mes rêves et à surmonter les obstacles.

Je tiens également à exprimer ma gratitude envers **mes frères**, Mehdi et Mouad, qui ont toujours été présents pour moi. Leur réussite personnelle m'a motivé à atteindre mes propres objectifs et à donner le meilleur de moi-même.

À **ma chère sœur**, qui a toujours été là pour moi, offrant une épaule sur laquelle je pouvais m'appuyer et des conseils précieux dans les moments difficiles.

Mes amis proches, Nabil, Mohamed sans oublier wahib, méritent également une mention spéciale. Nous avons traversé ensemble les hauts et les bas de notre parcours académique, en nous encourageant mutuellement et en partageant des moments précieux.

Je tiens également à remercier mes **collègues de spécialité en aquaculture**, avec qui j'ai partagé des moments de collaboration, d'apprentissage et d'entraide.

Enfin, je souhaite exprimer ma gratitude envers Amina, Yakout Nawel et Nesrine, qui ont apporté leur contribution précieuse à la réalisation de ce travail.

En terminant, je n'oublie pas de remercier chaleureusement **mon binôme** Nadhid pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet. Ta présence à mes cotes a été une force motrice et une source de soutien inestimable.

Boudjediene Oussama

Résumé

La moule méditerranéenne *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) est un mollusque bivalve bioindicateur. Dans ce travail de mémoire nous avons réalisé une série d'analyse biométriques, bactériologiques et physico-chimiques sur cette espèce élevée au niveau d'une ferme conchylicole situé à la wilaya de Tipaza au centre ouest de la côte Algérienne afin d'évaluer le niveau de pollution dans cette station.

Les mensurations biométriques ont été effectuées pour déterminer la croissance des moules, tandis que les tests bactériologiques ont permis de détecter la présence de pathogènes et de contaminants microbiens. Les études physicochimiques ont évalué des paramètres tels que la température, la salinité, et la concentration des métaux lourds dans la chaire des moules. Les résultats ont révélé des niveaux de contaminations très acceptables et sous les seuils tolérables que ce soit pour la bactériologie ou pour les teneurs en métaux lourds. Cette étude souligne l'importance de la biosurveillance pour assurer la sécurité alimentaire et la durabilité des pratiques conchylicoles.

ملخص المذكرة

يعد بلح البحر المتوسطي من الرخويات ذات الصدفتين وهي مؤشر بيولوجي. في هذا البحث، قمنا بإجراء سلسلة من التحاليل البيومترية، البكتريولوجية والفيزيوكيميائية على هذا النوع الذي يربى في مزرعة للرخويات تقع في ولاية تيبازة في وسط الساحل الجزائري من أجل تقييم مستوى التلوث في هذه المنطقة. لقد قامت التحاليل البيومترية بقياس نمو بلح البحر، بينما سمحت الاختبارات البكتريولوجية بالكشف عن وجود مسببات الأمراض والملوثات الميكروبية. وقيمت الدراسات الفيزيوكيميائية معايير مثل درجة الحرارة، الملوحة، وتركيز المعادن الثقيلة في لحم بلح البحر. وكشفت النتائج عن مستويات تلوث مقبولة للغاية وضمن الحدود المسموح بها سواء من حيث البكتريا الضارة أو محتويات المعادن الثقيلة. وتؤكد هذه الدراسة على أهمية المراقبة البيولوجية لضمان سلامة الغذاء واستدامة ممارسات تربية الرخويات.

Abstract

The Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* (Larmack, 1819) is a bioindicator bivalve mollusk. In this thesis, we conducted a series of biometric, bacteriological, and physicochemical analyses on this species cultivated at a shellfish farm located in the Tipaza province, in the central part of the Algerian coast, to assess the pollution levels in this area.

The biometric analyses measured the growth of the mussels, while the bacteriological tests detected the presence of pathogens and microbial contaminants. The physicochemical studies evaluated parameters such as temperature, salinity, and the concentration of heavy metals in the mussel flesh. The results revealed very acceptable levels of contamination within tolerable limits for both bacteriology and heavy metal content. This study highlights the importance of biomonitoring in ensuring food safety and the sustainability of shellfish farming practices.

Liste des figures

Figure 1 : Tendances de la production aquacole mondiale en présentant les principaux groupes d'espèces (FAO, 2020).....	4
Figure 2: l'évolution de la production aquacole en Algérie dans les 21 wilayas entre 2020 et 2021 (ONS, 2021).	5
Figure 3: Photographie montrant l'anatomie générale de la moule <i>M. galloprovincialis</i> (Charles, 2019).	11
Figure 4: Photographie montrant la nutrition des moules (Cahen, 2006).	13
Figure 5: Photographie montrant le système respiratoire et lamelles branchiales (Gosling, 1992).	14
Figure 6: Photographie montrant le système nerveux de la moule (Deconinck, 1971).....	14
Figure 7: Système circulatoire de la moule (Deconinck, 1971).	15
Figure 8: Carte géographique mondiale montrant la répartition du genre <i>Mytilus</i> (Gaitan-Espitia et al., 2016).....	17
Figure 9: Simulation des conditions météorologiques de la wilaya de Tipaza (Meteoblue, 2014).	21
Figure 10: Carte satellitaire montrant des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou-Ismaïl (Belkessa et al., 2008, AlSid ChiKh e tal., 2009).....	22
Figure 11: Photographies représentant la ferme de Cult-Mare et ses activités.	23
Figure 12: Photographie montrant le thermomètre utilisé.....	24
Figure 13: Photographie montrant le pH mètre utilisé.	25
Figure 14 : Photographie montrant le salinomètre utilisé.	25
Figure 15 : Photographie montrant l'oxymètre utilisé.	26
Figure 16: Microphotographies montrant les mesures biométriques effectuées sur la moule <i>M. galloprovincialis</i> des eaux de la ferme Cult-Mare.....	26
Figure 17: Photographie montrant la balance à précision utilisé.	27
Figure 18: Photographie montrant un lyophilisateur.....	28
Figure 19: Photographie montrant le broyage de l'échantillon lyophilisé.	29
Figure 20: Photographie montrant le micro-onde minéralisateur utilisé.....	29
Figure 21: Photographie montrant le traitement des moules au niveau du laboratoire.	33
Figure 22 : Photographie montrant les solutions mères.	33
Figure 23 : Photographie montrant 11 Tubes NPP (nombre le plus probable) pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux.....	34
Figure 24 : Photographie montrant douze (12) Tubes NPP (nombre le plus probable) pour la recherche des coliformes fécaux et <i>E. coli</i>	35
Figure 25 : Photographie montrant les 11 Tubes de dilutions pour la recherche des streptocoques fécaux.	36
Figure 26 : Photographie montrant les (02) tubes et le bouillon SFB pour l'Enrichissement des salmonelles.	37
Figure 27 : Galerie API 20E.....	39
Figure 28: Variations de la température des eaux de la ferme Cult-Mare durant la période d'étude (Mars- Mai 2024).	41
Figure 29: Variations de la salinité des eaux de la ferme Cult-Mare durant la période d'étude.	42
Figure 30: Variations de potentiel d'hydrogène (pH) des eaux de la ferme Cult-Mare durant la période d'étude.....	43

Figure 31: Variations Mensuelles de concentration de l’oxygène dissous des eaux de la ferme Cult-Mare durant la période d’étude (Mars – Mai 2024).	44
Figure 32: Variations mensuelles des paramètres linéaires: longueur, hauteur, épaisseur de M.galloprovincialis des eaux de la ferme Cult-Mare (w. Tipaza).....	45
Figure 33: Variation mensuelle des paramètres pondéraux de M. galloprovincialis des eaux de la ferme Cult-Mare durant la période d’étude.	46
Figure 34: Fluctuation de l’indice de condition durant la période d’étude.	48
Figure 35: Résultats des analyses bactériologiques durant la période d’étude.....	52
Figure 36: Photographie montrant le résultat d’isolement sur milieu Héктоène.....	54
Figure 37: Résultat d’ide	55
Figure 38: Résultat d’identification sur galerie (petites colonies).....	56

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification des métaux lourds (Miquel, 2001 et Chiffolleau, 1992).....	8
Tableau 2 : Classification systématique de l'espèce <i>M. galloprovincialis</i> (Lamarck, 1819).....	10
Tableau 3 : Grille de qualité pour interpréter les concentrations métalliques (en µg/g) observées chez les moules (Mersch, 1993).	51
Tableau 4 : Interprétation des résultats de la présente étude afin d'évaluer la qualité de la zone étudiée.	51
Tableau 5 : Caractères bactériologiques de <i>Pseudomonas oryzihabitans</i> CTCB (1973).	55
Tableau 6 : Caractères bactériologiques de <i>Grimontia hollisae</i>	56

Liste des abréviations

°C	Degré celcus.
µg	Micro gramme.
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique.
Cm	Centimètre.
CTCB	Centre toulousain pour le contrôle de la qualité en biologie clinique.
ε	Coefficient d'absorption atomique (constante).
L	Longueur du trajet optique (constante).
C	Concentration de l'élément absorbant (analyte).
FAO	Food and agriculture organization.
Fd	Facteur de dilution.
G	Grammes.
H	Heure.
I	Intensité de l'énergie lumineuse transmise (émergent).
I_o	Intensité de l'énergie lumineuse émise (incidente).
IC	Indices de condition.
km	Kilomètres.
L	Litres.
Mg	Milligrammes.
ml	Millilitres.
Mm	Millimètres.
Ng	Nanogrammes.

NPP	Nombre le plus probable.
Ph	Potentiel d'hydrogène.
PS	Poids sec.
PSU	Practical salinity unit.
SAA	Spectrométrie d'absorption atomique.
UFC	Unité formante colonies.
V	Volume.

Table des matières

Résumés.....	II
I	
Liste des figures.....	IIIIII
Liste des tableaux	V
Liste des abréviations	VI
Introduction	1
Généralités.....	4
1. Situation de la production aquacole mondiale.....	4
2. Situation de la production aquacole en Algérie.....	4
3. Présentation de la wilaya de Tipaza	20
3.1. Climatologie	20
3.2. Hydrographie.....	21
4. Les risques liés à l'aquaculture.....	6
4.1. Risques liés aux site	6
4.1.1. Risques climatiques	6
4.1.2. Risques de pollution	6
5. Biosurveillance.....	7
6. Bioindicateur	7
7. Métaux lourds.....	7
7.1. Classification biologique des métaux lourds	7
7.2.1. Origine naturelle.....	8
7.2.2. Origine anthropique.....	8
7.3. Toxicité de quelques métaux traces.....	9
7.3.1. Zinc.....	9
7.3.2. Cadmium	9
7.3.3. Cuivre.....	9
7.3.4. Manganèse	9
7.3.5. Chrome.....	9
7.3.6. Nickel	10
7.3.7. Cobalt	10
8. Présentation de l'espèce	10

8.1.	Systématique	10
8.2.	Anatomie de <i>M. galloprovincialis</i>	11
8.3.	Biologie de l'espèce	12
8.3.1.	Alimentation	12
8.3.2.	Reproduction	12
8.4.	Physiologie de l'espèce	13
8.4.1.	Système digestif	13
8.4.2.	Appareil respiratoire.....	13
8.4.3.	Système nerveux.....	14
8.4.4.	Appareil circulatoire.....	15
8.4.5.	Appareil excréteur	15
8.4.6.	Locomotion	16
8.5.	Ecologie.....	16
8.5.1.	Habitat	16
8.5.2.	Mortalité et prédation	16
8.5.3.	Adaptations aux facteurs écologiques	17
8.6.	Répartition géographique de l'espèce.....	17
9.	Choix des moules comme bioindicateurs	17
Matériel et méthodes		20
1.	Stratégie d'échantillonnage	20
2.	Mesure de paramètres physico-chimiques.....	24
2.1.	Température.....	24
2.2.	Potentiel d'hydrogène (Ph).....	25
2.3.	Salinité.....	25
2.4.	Oxygène dissous.....	26
3.	Paramètres biométriques	26
Indice de condition		27
4.	Analyse des métaux traces.....	27
4.1.	Préparation du matériel.....	27
4.1.1.	Nettoyage des instruments.....	27
4.1.2.	Prélèvement des moules	28
4.2.	Traitement des moules destinés aux analyses des métaux lourds.....	28
4.2.1.	Lyophilisation.....	28
4.2.2.	Broyage	29

4.2.3.	Digestion ou Minéralisation	29
4.3.	Extraction des métaux lourds	30
4.3.1.	Minéralisation à blanc	30
4.3.2.	Minéralisation du biote (moules).....	30
4.4.	La Spectrophotométrie d’Absorption Atomique	30
4.4.1.	Principe de la SAA	30
4.4.2.	Loi de Beer-Lambert	31
4.4.3.	Etalonnage	31
4.5.	Détermination des concentrations finales des métaux traces sur les échantillons	32
5.	Analyse bactériologique	32
5.1.	Prélèvements et traitement des moules.....	32
5.2.	Préparation des solutions mères	33
5.3.	Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et <i>E.coli</i>	34
5.4.	Recherche et dénombrement des entérocoques	36
5.5.	Recherche des salmonelles	37
	Résultats et discussion.....	41
1.	Les paramètres physico-chimiques	41
1.1.	Température.....	41
1.2.	Salinité.....	42
1.3.	Potentiel d’hydrogène.....	43
1.4.	Oxygène dissous	44
2.	Paramètres biométriques	45
2.1.	Croissance linéaire	45
2.2.	Croissance pondérale.....	46
2.3.	L’indice de condition	47
3.	Métaux traces	48
3.1.	Le Nickel	48
3.2.	Le zinc	49
3.3.	Le cuivre	49
3.4.	Le cadmium	49
3.5.	Le plomb.....	49
3.6.	Le manganèse.....	50
3.7.	Le chrome	50
4.	Qualité microbiologique	52

4.1. les coliformes totaux	52
4.2. Les coliformes fécaux.....	53
4.3. <i>Escherichia.coli</i>	53
4.4. Streptocoques fécaux	53
4.5. Salmonelles	54
Conclusion.....	58
Références bibliographiques	60
Annexes.....	70

Introduction

Introduction

En Algérie, l'activité mytilicole repose essentiellement sur l'élevage d'une seule espèce qui est la moule méditerranéenne *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819). Cette activité qui est actuellement peu étendue, semble attirer les investisseurs. La moule *M. galloprovincialis* est l'espèce choisie par les investisseurs Algériens, pour sa présence sur le littoral Algérien, sa résistance et sa rapidité de croissance (Brahimi *et al.*, 2021).

Dans un contexte où la préservation de l'environnement et la sécurité alimentaire sont des préoccupations majeures, la surveillance efficace de la qualité des eaux côtières et des produits de la mer semble indispensable. Les activités conchylicoles sont confrontées à des défis environnementaux croissants, notamment la pollution d'origine anthropique (Garrett J.A., 1995).

La mytiliculture est une branche de la conchyliculture qui désigne l'élevage des moules qui sont considérées comme étant le moyen le plus efficace de convertir la matière organique produite par les organismes marins autotrophes au premier niveau de la chaîne alimentaire (phytoplancton) en une nourriture humaine agréable et abondante. La mytiliculture semble plus prometteuse que l'ostréiculture ou que la pêche (croissance rapide en grande quantité, souplesse de culture) (Vianillo, 2018).

La moule *M. galloprovincialis*, en tant que bioindicateur de premier plan, offre une solution prometteuse pour la surveillance environnementale active. Ce bivalve présente une capacité unique à accumuler et à concentrer les contaminants présents dans son environnement, offrant ainsi une fenêtre précieuse sur l'état de santé des écosystèmes côtiers (Trottet, 2007). Cette espèce est largement étudiée aussi bien dans le milieu naturel qu'au niveau des fermes d'élevages, elle est bien étudiée par sa biologie, sa physiologie, sa reproduction, sa dynamique de population, son écologie, et son comportement vis-à-vis de la pollution (Guendouzi, 2015).

Les avantages potentiels à long terme de l'aquaculture ne doivent cependant pas être ignorés. En dehors des poissons, pour différents mollusques bivalves (moules notamment), la pratique de ce type d'aquaculture est très vraisemblablement appelée à se poursuivre indéfiniment, compte tenu du nombre considérable de gamètes libérées. A cet effet, il est essentiel de consacrer d'avantage de travaux de recherche et de développement dans le secteur privé pour surveiller la production de l'aquaculture.

C'est ainsi, que nous avons abordés les fondements théoriques et les applications pratiques de la biosurveillance de la moule *M.galloprovincialis* dans un contexte spécifique d'une ferme conchylicole (la ferme Cult-Mare de la wilaya de Tipaza).

Dans la 1^{ère} partie de cette étude nous avons décrit la situation de la production aquacole dans un contexte mondial et sous-régional (en Algérie). Ensuite nous avons exposé les connaissances récentes acquises en climatologie, géomorphologie et en hydrologie de la wilaya de Tipaza.

Nous nous sommes intéressés aux problèmes auxquels sont confrontés les aquaculteurs ainsi qu'à la biologie du genre *Mytilus* avant de présenter les méthodes de collecte, d'analyse et d'interprétation des données, ainsi que les implications pour la gestion environnementale et la durabilité des activités conchylicoles.

Ce travail de mémoire a pour objectifs, dans un premier temps d'évaluer le niveau de la pollution des eaux d'élevage de *M. galloprovincialis* à travers l'analyse des divers paramètres, tels que les paramètres physico-chimiques, les paramètres biométriques, la concentration des métaux lourds et la qualité bactériologique, nous avons pu évaluer de manière exhaustive l'état de la pollution dans la zone étudiée.

Dans un second temps de mettre en évidence l'intérêt de l'utilisation la moule *M.galloprovincialis* comme Bioindicateur afin de mieux cerner les réponses biologiques aux contaminations chimiques.

L'évaluation des paramètres environnementaux a dévoilé la présence de divers contaminants et a décrit l'importance de la biosurveillance active dans la gestion et la durabilité à long terme des écosystèmes aquatiques, tout en garantissant la sécurité et la qualité des productions conchylicoles.

En outre, en intégrant les avancées technologiques, les approches multidisciplinaires et les meilleures pratiques en matière de biosurveillance, cette étude vise à fournir des outils et des connaissances essentiels pour une gestion proactive des risques environnementaux dans les fermes conchylicoles, contribuant ainsi à la préservation des écosystèmes côtiers et à la sécurité alimentaire des populations ainsi qu'au développement de l'économie productive.

Généralités

Généralités

1. Situation de la production aquacole mondiale :

La production mondiale de l'aquaculture a fourni en 2018 environ 114.5 millions de tonnes de poisson destiné à l'alimentation, estimée à 263.6 millions de dollars (FAO, 2020).

En aquaculture, les mollusques sont le premier groupe le plus productif au monde représentaient 56,3 % de la production de l'aquaculture marine et côtière (FAO, 2020).

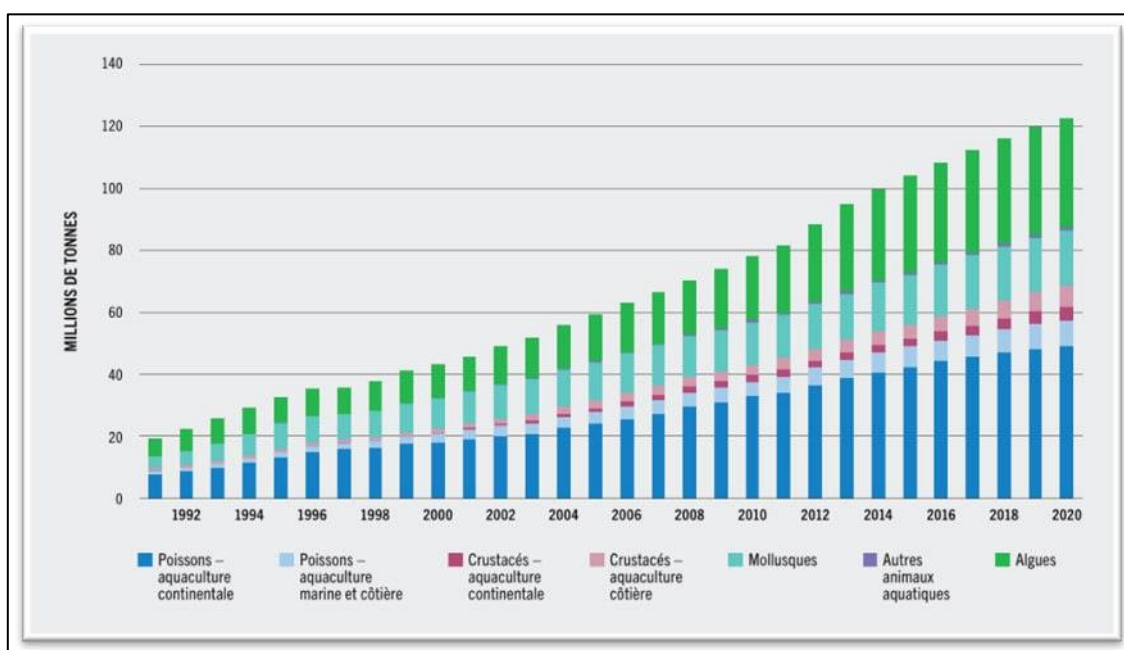


Figure 1 : Tendances de la production aquacole mondiale en présentant les principaux groupes d'espèces (FAO, 2020).

2. Situation de la production aquacole en Algérie

L'Algérie possède par son potentiel hydrique et sa situation géographique un milieu écologiquement riche et propice pour l'installation et le développement d'une conchyliculture et mytiliculture.

En 2021, la production aquacole nationale a atteint un volume de 4788 tonnes, représentant une diminution de 12,4 % par rapport à l'année précédente (ONS, 2021).

À l'échelle des wilayas, Chlef a conservé sa position dominante avec 34,4 % de la production totale, bien que sa production a diminué de 24,2 %. Les autres principales wilayas productrices, Ain Defla et Oran, ont également enregistré des baisses de 32,7 % et 1,3 %

respectivement. En revanche, certaines wilayas ont affiché des augmentations significatives, notamment Béjaïa (105,9 %), Tizi Ouzou (138,8 %), Jijel (139,2 %) et Mostaganem (134,9 %) (ONS, 2021).

En ce qui concerne les activités, la pisciculture marine, qui représente 53,2 % de la production totale, a produit 2 549 tonnes. La pêche continentale professionnelle et la pêche continentale récréative ont respectivement atteint des productions de 1 113 tonnes et 775 tonnes (ONS, 2021).

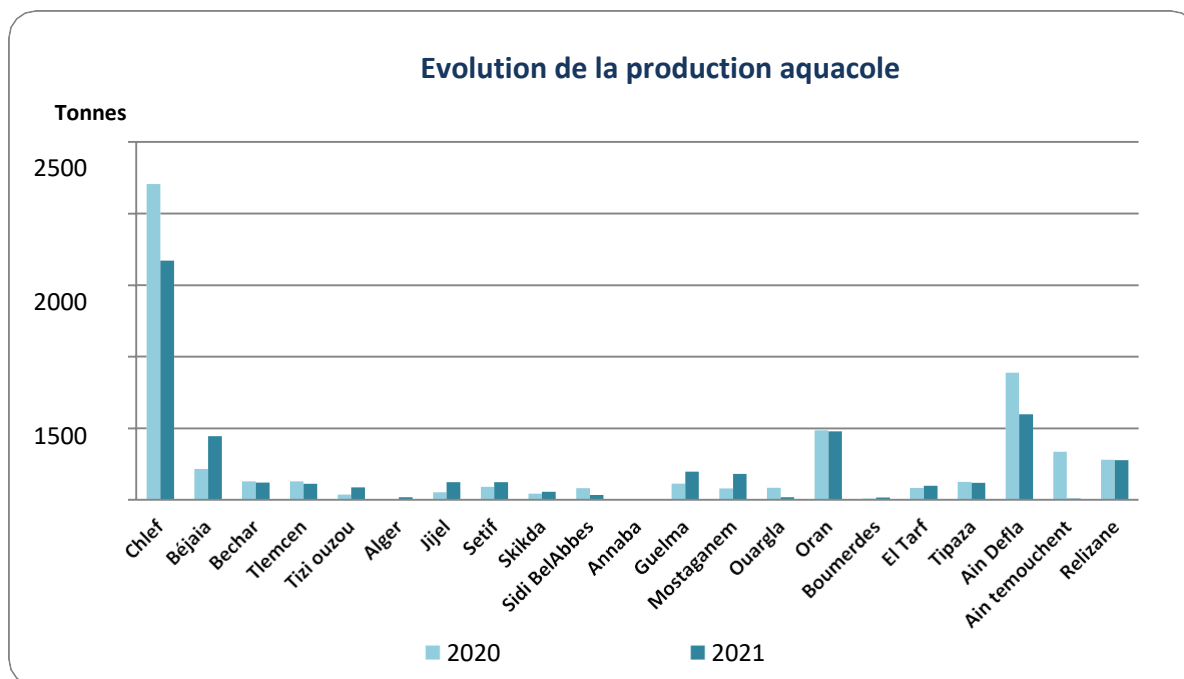


Figure 2: l'évolution de la production aquacole en Algérie dans les 21 wilayas entre 2020 et 2021 (ONS, 2021).

3. Potentiel aquacole de la wilaya de Tipaza

La wilaya de Tipaza, est une région propice au développement de l'aquaculture en raison de ses conditions naturelles favorables et de sa proximité avec la mer.

Au niveau du territoire de cette wilaya il existe neuf (09) projets dont trois (03) de conchyliculture et six (06) de pisciculture marine. Parmi ces fermes il y'a deux qui sont opérationnel et les autres sont en cours de réalisation.

La stratégie nationale fixe les objectifs de développement de l'aquaculture à 150 000tonnes/an à l'horizon 2035 (100 000 tonnes issues de l'aquaculture marine et 50 000 tonnes de l'aquaculture d'eau douce) (Bougerra, 2023).

L'extension rapide de l'aquaculture en Algérie impose la nécessité de mettre en place un système de surveillance sanitaire des élevages aquacoles. Pour ce faire, une prise en charge doit se faire dans les plus brefs délais, en matière de promulgation des textes réglementaires et d'encadrement technique et scientifique pour la prise en charge de ces aspects (Bougerra, 2023).

4. Les risques liés à l'aquaculture

En Algérie, la gestion du risque en aquaculture passe obligatoirement par la croissance approfondie et détaillée de ces risques. Ces derniers sont très divers et il est difficile de dresser une liste exhaustive des risques car chaque type d'exploitation a sa spécificité.

4.1. Risques liés au site

Certains risques apparaissent dès l'étude du site du projet d'installation (tels que l'exposition aux vents et aux vagues), tandis que d'autres ne se manifesteront qu'au cours de l'activité (comme la pollution). Ces risques peuvent résulter de la localisation géographique de l'exploitation ainsi que de son environnement immédiat (Boutouchent, 2005).

4.1.1. Risques climatiques

Selon Boutouchent en 2005, ces risques englobent toutes les modifications naturelles de l'environnement physique de l'exploitation susceptibles de se produire.

Modifications de température: Un excès de température de plus de 15°C ou une chute brutale de température peut représenter un risque pour le cheptel, comme c'est le cas pour le poisson Tilapia à +10°C.

Précipitations extrêmes: Les crues, orages, foudres, grêles et vents peuvent avoir des conséquences catastrophiques sur le cheptel.

4.1.2. Risques de pollution

Ces risques sont difficiles à définir car ils sont encore mal connus en Algérie.

- ✓ Pollution extrême : Elle peut être causée par des pollutions chimiques dues aux hydrocarbures, pesticides, détergents, ou par un déséquilibre écologique du milieu, comme les eaux colorées qui résultent de proliférations massives de micro-organismes dans le milieu d'élevage (Boutouchent, 2005).

- ✓ Pollution interne : Principalement due à une biomasse trop importante ou à un défaut d'entretien, ainsi qu'à des structures d'exploitation inadéquates. Par exemple, dans une pisciculture, la pollution peut résulter de la mauvaise qualité des peintures appliquées sur les bacs (Boutouchent, 2005).

5. Biosurveillance

La biosurveillance est un processus qui se base sur l'utilisation des organismes vivants afin de suivre les modifications, la stabilité ou les altérations de la qualité d'un milieu. En complément des méthodes de surveillance traditionnelles la biosurveillance fournit des informations sur les effets biologiques observés dans l'environnement (Triplet, 2017).

6. Bioindicateur

Les bioindicateurs sont des espèces ou des groupes d'espèces animales ou végétales qui servent comme outil d'évaluation de la qualité des milieux par l'étude de quelques paramètres observés tel que l'abondance, l'occurrence ou bien l'analyse de leurs qualités (Triplet, 2017).

7. Métaux lourds

Un métal est un élément chimique, caractérisé par un éclat distinctif appelé "éclat métallique", une bonne conductivité thermique et électrique, ainsi que des propriétés de dureté et de malléabilité. Ces éléments ont la capacité de former des alliages en combinaison avec d'autres éléments, une pratique qui remonte à l'Antiquité (Casas, 2005).

Les éléments traces métalliques sont souvent appelés "métaux lourds" en raison de leur masse atomique élevée, ou bien "métaux toxiques" en raison de leur potentiel toxique (Lamprea, 2009). Leur toxicité et leur capacité à s'accumuler dans les organismes vivants présentent des risques pour les écosystèmes (Coulibaly *et al.*, 2009).

7.1. Classification biologique des métaux lourds

Les métaux traces peuvent être classés en deux catégories : les métaux traces non essentiels et les métaux traces essentiels.

Tableau 1: Classification des métaux lourds (Miquel, 2001 et Chiffolleau, 1992).

Métaux traces essentiels	Métaux traces non essentiels
Zinc, Etain, Vanadium, Fer, Chrome, Molybdène, Nickel, Cuivre, Sélénium, Cobalt, Manganèse.	Plomb, Cadmium, Mercure

7.2. Les sources de contaminations

Les métaux lourds dans l'environnement marin peuvent provenir soit de processus naturels, soit d'activités humaines ou anthropiques (Stankovic, 2014).

7.2.1. Origine naturelle

Les métaux traces sont dispersés dans l'atmosphère par des processus naturels tels que l'érosion éolienne, les activités volcaniques, les embruns marins et les incendies de forêt (Amiard, 2011). Ils se trouvent à l'origine dans les roches de la croûte terrestre et dans les sols qui résultent de l'érosion de ces roches. Présents dans les cours d'eau, les rivières et les lacs sous forme de sels dissous et associés à des particules, ils sont également présents dans l'atmosphère sous forme de particules, d'aérosols et parfois sous forme volatile (Lamprea, 2009).

7.2.2. Origine anthropique

Les métaux sont libérés par des sources à la fois ponctuelles, comme les installations industrielles, et diffuses, comme le ruissellement des surfaces urbaines. Les sols et les sédiments représentent le principal lieu de dépôt dans l'environnement (Amiard, 2011).

Les activités humaines telles que la combustion de combustibles fossiles, l'incinération des déchets ménagers et industriels, l'exploitation minière, l'industrie métallurgique, la production de ciment, les fonderies, l'entretien des routes, le chauffage et le trafic automobile (avec la combustion de carburants), la corrosion des véhicules, l'usure des freins et des pneus, ainsi que la dégradation des catalyseurs ont entraîné une augmentation de la concentration de ces métaux dans les différents compartiments environnementaux (Lamprea, 2009).

7.3.Toxicité de quelques métaux traces

7.3.1. Zinc

Le zinc peut avoir des effets toxiques sur les animaux et les humains. Chez les poissons, la dose létale de zinc se situe entre 0,5 et 5 mg/L. Chez l'homme, le zinc est toxique, mais une dose inférieure à 6 g peut être mortelle (Miguel, 2008).

7.3.2. Cadmium

Le cadmium est extrêmement toxique sous toutes ses formes, que ce soit en tant que métal, vapeur, sels ou composés organiques. Il est l'un des rares éléments pour lesquels aucune fonction connue n'a été identifiée dans le corps humain ou chez les animaux. Chez l'homme, il est associé à des problèmes rénaux et à une augmentation de la pression artérielle. De plus, le cadmium a tendance à s'accumuler dans la chaîne alimentaire, avec des concentrations particulièrement élevées chez les mollusques bivalves, pouvant atteindre jusqu'à 300 000 fois les niveaux normaux (Ghali, 2008).

7.3.3. Cuivre

La toxicité du cuivre pour les organismes marins dépend de sa forme chimique et de son degré d'oxydation. Par exemple, il est rapporté qu'environ 50 % des larves d'huîtres plates présentent une concentration létale en 48 heures comprise entre 1 et 3 µg/L, tandis que des effets d'inhibition de la croissance du phytoplancton peuvent se produire à partir de 4 µg/L (Casas, 2005).

7.3.4. Manganèse

Un surplus de manganèse dans l'eau peut conduire à la cirrhose hépatique chez l'homme. Cependant, l'inhalation de manganèse présente un danger bien plus important, pouvant entraîner des pneumonies. En cas d'exposition chronique, des problèmes neurologiques peuvent survenir (Miguel, 2009).

7.3.5. Chrome

Le chrome est classé comme un élément trace essentiel, mais sa toxicité dépend de son état physico-chimique. Sous forme hexavalente, considérée comme la plus toxique, le chrome

présente un réel danger pour l'environnement en raison de ses effets mutagènes et carcinogènes sur les organismes vivants (Lafabrie, 2007).

7.3.6. Nickel

Un excès de nickel peut perturber certains processus biochimiques au sein des systèmes biologiques. Chez l'homme, cela peut entraîner des réactions allergiques au contact et conduire à l'apparition d'eczéma aux mains (Lafabrie, 2007).

7.3.7. Cobalt

Une fois introduit dans l'environnement, le cobalt n'est pas décomposé. Il peut interagir avec d'autres particules ou se fixer sur les particules du sol ou les sédiments dans l'eau, où la plupart du cobalt est transporté. Cependant, des concentrations élevées de cobalt peuvent présenter des risques pour la santé (Moumene, 2017).

8. Présentation de l'espèce :

8.1. Systématique :

Tableau 2 : Classification systématique de l'espèce *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819).

Embranchement	Mollusques
Classe	Bivalve (Lamellibranches)
Sous classe	Autobranche
Infraclasse	Ptériomorphe
Ordre	Mytiloidés
Famille	Mytilidés
Genre	<i>Mytilus</i>
Espèce	<i>Mytilus galloprovincialis</i>

8.2. Anatomie de *M. galloprovincialis*

La structure anatomique de la moule se caractérise par la présence de deux valves symétriques, unies par un ligament externe au niveau d'une charnière dépourvue de dents, et maintenues en place par deux muscles adducteurs. La composition de la coquille est principalement constituée de carbonate de calcium, représentant environ 95% de sa composition. Le corps de la moule est enveloppé par le manteau, formé de deux lobes fusionnés dorsalement et libres ventralement, sauf au niveau du siphon exhalant, délimitant ainsi la cavité palléale. Le rôle principal du manteau est d'assurer la formation de la coquille. Le pied de la moule est une excroissance musculaire hautement mobile qui abrite la glande byssogène. Le byssus, composé principalement de protéines, est constitué de nombreux filaments présentant une grande résistance (Ben Younes *et al.*, 2013). Le cœur de la moule est localisé dorsalement et se compose de deux oreillettes et d'un ventricule, entouré par une fine membrane appelée le péricarde. L'hémolymphe, le fluide circulatoire de la moule, renferme des amibocytes, des cellules dotées d'un pouvoir phagocytaire élevé, ainsi qu'une fonction digestive (Ben Younes *et al.*, 2013).

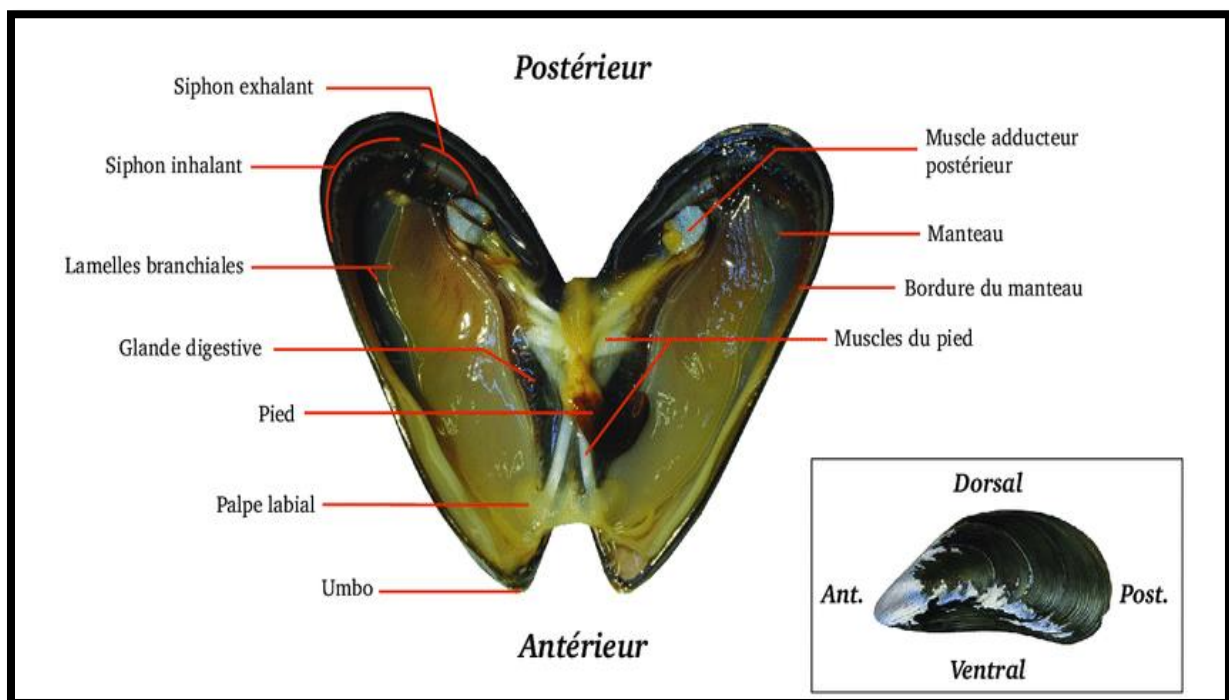


Figure 3: Photographie montrant l'anatomie générale de la moule *M. galloprovincialis* (Charles, 2019).

Les branchies, responsables de la respiration, sont constituées de filaments distincts au nombre de deux. Elles génèrent également un courant d'eau qui les traverse et ressort par le siphon exhalant, assurant ainsi la survie de la moule. De plus, les branchies captent les particules en suspension pour l'alimentation, qui sont ensuite dirigées vers les palpes branchiaux et la bouche, tandis que les particules non consommables sont rejetées (Ben Younes *et al.*, 2013).

La bouche de la moule est positionnée à l'avant du corps, avec des lèvres prolongées par deux paires de palpes labiaux. L'œsophage est très court et mène à l'estomac, d'où partent les diverticules digestifs (foie). L'intestin est relié à l'estomac et se termine par le rectum, qui traverse le ventricule cardiaque. Le système excréteur comprend deux reins qui communiquent à la fois avec la cavité péricardique et la cavité palléale, tandis que l'anus est situé près du siphon exhalant (Ben Younes *et al.*, 2013).

8.3. Biologie de l'espèce

8.3.1. Alimentation

La moule *M. galloprovincialis* est une espèce microphage, ce qui implique qu'elle se nourrit de minuscules particules en suspension dans l'eau de mer. Pour qu'elle s'alimente, la moule utilise un processus de filtration où elle pompe de l'eau de mer à travers ses branchies, capturant ainsi les particules alimentaires retenues dans ce flux. Ces particules se composent principalement d'algues microscopiques, de bactéries et de débris organiques, constituant ainsi la majeure partie de son régime alimentaire, notamment le phytoplancton (Bouchard, 2004).

8.3.2. Reproduction

La moule méditerranéenne est une espèce gonochorique qui ne présente pas un dimorphisme sexuel. Des occurrences extrêmement rares d'hermaphrodisme simultané ont été rapportées ; dans de tels cas, l'ovogenèse et la spermatogenèse se produisent dans des tubules gonadiques distincts, répartis en zones mâles et femelles, dont la localisation et l'ampleur varient d'un individu à l'autre (His et Cantin, 1995).

La période de maturation sexuelle chez *M. galloprovincialis* est considérablement prolongée, avec une période de ponte principalement observée pendant les saisons automnale, hivernale et printanière. Cependant, il convient de noter que la période de reproduction est fortement influencée par des facteurs environnementaux, en particulier les conditions thermiques (Lumare, 1978).

8.4. Physiologie de l'espèce

8.4.1. Système digestif

La bouche se trouve au-dessus du corps, dont les lèvres se prolongent par deux paires de palpes labiaux. L'œsophage est extrêmement court et se termine à l'estomac, où se trouvent les diverticules digestifs, également connus sous le nom de foie, où la digestion a lieu. L'intestin est connecté à l'estomac et s'achève par le rectum qui passe par le ventricule du cœur. Le siphon exhalant se trouve à proximité de l'anus (Bachelot, 2010).

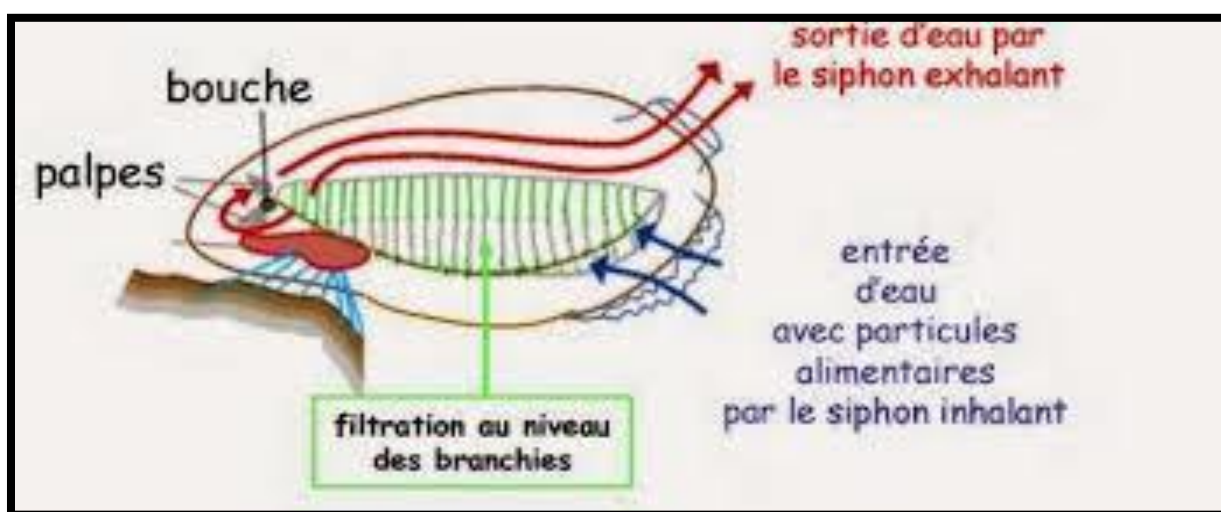


Figure 4: Photographie montrant la nutrition des moules (Cahen, 2006).

8.4.2. Appareil respiratoire

Les branchies sont utilisées pour les échanges d'oxygène. L'oxygène dissous dans l'eau entre dans la cavité palléale par le siphon inhalant. Les filaments des deux paires de branchies lamelleuses la filtrent puis l'évacuent par le courant exhalant.

L'oxygène ainsi absorbé entre dans l'hémolymphe afin d'être réparti dans tout le corps. Quand la moule est à l'air libre, sa coquille se referme et elle commence à respirer anaérobie (respiration réalisée par certains organismes sans oxygène) (Cahen, 2006).

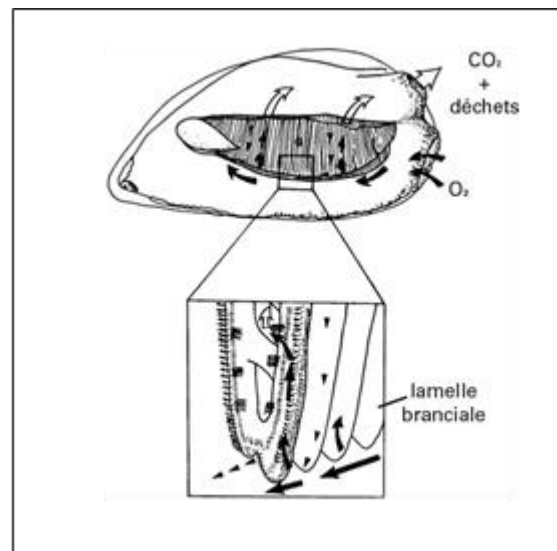


Figure 5: Photographie montrant le système respiratoire et lamelles branchiales (Gosling, 1992).

8.4.3. Système nerveux

La moule possède un système nerveux simple, composé de trois paires de ganglions. Les ganglions cérébroïdes sont situés près de la bouche. La partie antérieure de la base du pied est couverte d'une paire de ganglions pédieux. On peut observer une paire de ganglions viscéraux dans l'arrière du corps. Des filets nerveux ou connectifs rassemblent ces ganglions qui innervent les diverses parties du corps. Le tégument est couvert de cellules neuro-épithéliales qui sont très nombreuses au bord du manteau (His et Cantin, 1995).

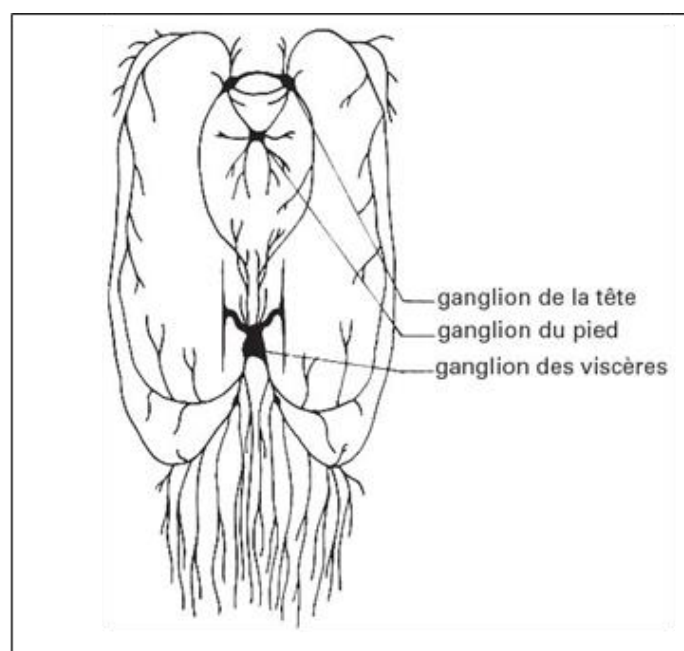


Figure 6: Photographie montrant le système nerveux de la moule (Deconinck, 1971).

8.4.4. Appareil circulatoire

Ce réseau d'artères conduit à des espaces vides sans murs qui couvrent les lacunes. L'hémocyanine est un pigment riche en cuivre qui donne au sang d'une moule une teinte bleutée. Tous les organes reçoivent le sang par les artères grâce au courant sanguin produit par le cœur (14 à 18 battements par minute). Les veines assurent la circulation sanguine à travers les glandes de Bojanus qui sont des reins. Le cœur est composé de deux poches (un ventricule grand et une oreillette petite) et se trouve près du muscle adducteur dans une substance appelée péricarde. Il persiste à frapper même lorsque la moule est ouverte (Gosling, 1992).

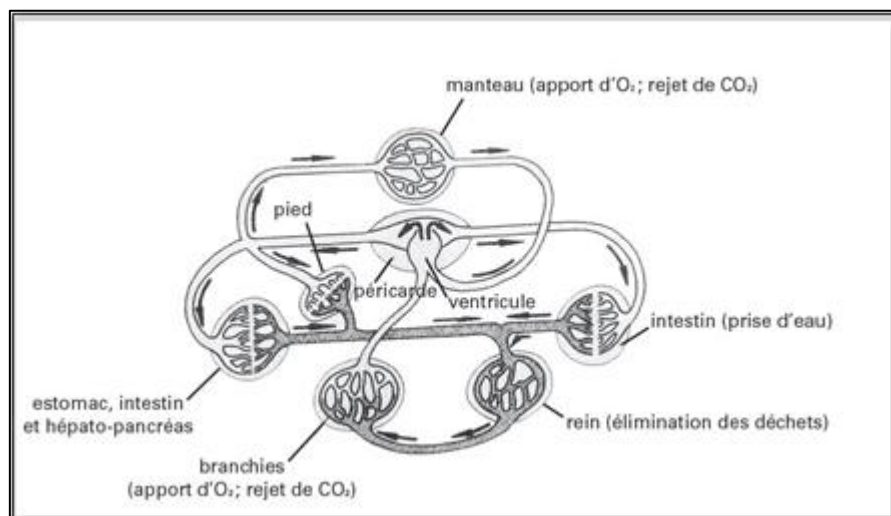


Figure 7: Système circulatoire de la moule (Deconinck, 1971).

8.4.5. Appareil excréteur

Deux reins communiquent avec la cavité péricardique et la cavité palléale dans le système excréteur. Chaque rein commence par un pavillon cilié, le néphrostome qui se déploie dans le péricarde, puis le tube néphridien se déploie en une poche avec un épithélium sécréteur. La paroi de cette poche abrite les sinus sanguins des reins.

Les cellules à guanine et les cellules ciliées constituent l'épithélium sécréteur qui entraîne l'urine vers la vessie, puis la cavité palléale au niveau de la papille urogénitale. En outre, la paroi interne du péricarde est tapissée par les glandes péricardiques. Les cellules de ces glandes attachent les déchets à la cavité péricardique afin qu'ils puissent être évacués vers les reins (His et Cantin, 1995).

Les bivalves sont dotés de deux néphridies en forme de U qui établissent une connexion avec le péricarde, facilitant ainsi l'élimination de l'acide hippurique (Beaumont et Cassier, 2004).

8.4.6. Locomotion

Les moules s'appuient sur le substrat à l'aide d'un pied, languette, musculéux. Il est également composé d'une glande byssogène, qui produit le byssus, des filaments avec une espèce de pastille adhésive à l'extrémité qui permet de fixer les moules sur un support. Après avoir été cachés, les filaments se figent en contact avec l'eau de mer (Bouchard, 2004).

8.5. Ecologie

8.5.1. Habitat

La moule est principalement présente dans les zones intertidales des mers tempérées des hémisphères nord et sud. Elle colonise l'estran, la région s'étendant de la ligne de flux maximum (vives eaux) à la ligne de reflux maximum (mortes eaux). Dans cet espace régulièrement découvert par la mer, les conditions de vie sont rigoureuses. Les organismes vivants sont alternativement immergés ou exposés à l'air en fonction des fluctuations quotidiennes des marées. Les parties les plus hautes ne sont submergées que lors des marées de vives eaux, tandis que les parties les plus basses ne sont découvertes qu'à marée basse de mortes eaux. Dans ces zones intertidales, les moules peuvent coloniser et recouvrir de vastes étendues, formant des bancs de moules (moulières) (Cahen, 2006).

8.5.2. Mortalité et prédation

Des éléments tels que la température, la salinité, le dessèchement, l'hydrodynamisme, les compétitions intra et interspécifiques et la prédation ont un impact sur la mortalité et la dispersion des populations de moules. La prédation joue un rôle crucial en raison de la mort des moules. Les plus grands prédateurs sont l'escargot pourpre. Ce prédateur est protégé par les moules qui le maintiennent dans les filaments du byssus.

Les moules de grande taille (7 cm) sont préférées par les étoiles de mer et peuvent entraîner la disparition d'une fraction considérable de la population de moules. Le plus puissant des prédateurs est le crabe (*Cancer pagurus*, *Xantho incisus*, *Carcinus maenas* et *Portinus puber*). Les moules sont également appréciées par les poissons plats tels que le flétan et la plie (Kitching *et al.*, 1959).

8.5.3. Adaptations aux facteurs écologiques

Le corps de *M.galloprovincialis* est enveloppé dans une coquille protectrice. Elle s'agrège à d'autres individus et s'attache fermement à un substrat, réduisant ainsi l'impact des vagues. À marée basse, elle conserve l'eau en fermant ses valves, se préservant du dessèchement, de l'exposition à l'air, à la lumière et à la prédation. En cas de faible teneur en oxygène dans l'eau retenue, la moule adopte un métabolisme anaérobie. Elle démontre une résistance remarquable à divers facteurs abiotiques, tels que la température et la salinité, ce qui lui permet de coloniser les zones les plus élevées de l'estran (Cahen, 2006).

8.6. Répartition géographique de l'espèce

La moule *M. galloprovincialis* est une espèce de la région méditerranéenne étendue. Cette espèce est répandue sur la côte atlantique depuis la baie d'Agadir (Maroc) jusqu'aux îles britanniques et dans tout le bassin méditerranéen, l'Afrique du Sud, la Nouvelle-Zélande et la Californie (McDonald *et al.*, 1991).

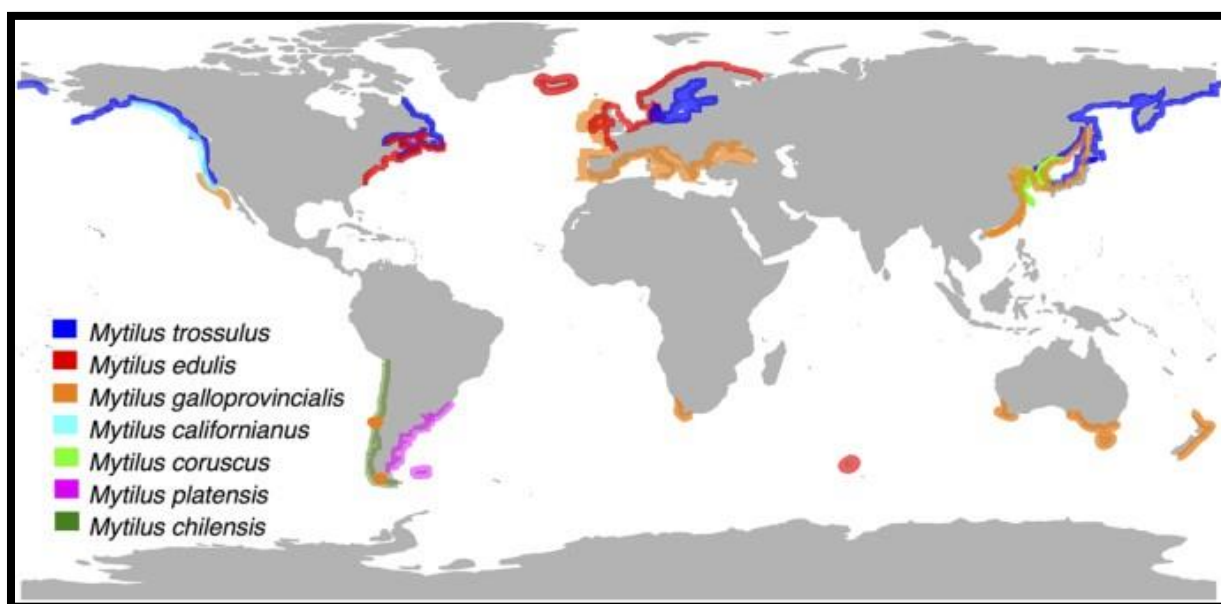


Figure 8: Carte géographique mondiale montrant la répartition du genre *Mytilus* (Gaitan-Espitia *et al.*, 2016).

9. Choix des moules comme bioindicateurs

Les démarches physico-chimiques jouent un rôle essentiel dans le suivi de l'évolution de la qualité des eaux marines, car elles permettent d'identifier la présence, la nature et la quantité des contaminants. Étant donné que les organismes aquatiques sont constamment en interaction physique, chimique et biologique avec leur écosystème, il est donc essentiel de choisir des organismes bioindicateurs pour étudier et évaluer une contamination, peu importe sa source (Pichaud, 2005).

Les bivalves sédentaires ou à mobilité réduite, accumulent des polluants à des concentrations supérieures à celles observées dans les eaux environnantes (Oliver *et al.*, 1999). En effet, les mollusques bivalves ont la capacité d'accumuler des concentrations très élevées de polluants, et grâce à leur longévité, ils sont extrêmement bénéfiques pour un suivi écotoxicologique. Par ailleurs, ils sont peu mobiles et représentent les contaminants présents sur un site. Ainsi, l'analyse des substances polluantes présentes dans les tissus des mollusques bivalves peut servir à évaluer le type et la proportion de ces substances polluantes dans la colonne d'eau (Bayne *et al.*, 1980, Phillips.,1986).

Selon Stellio (2005) ces bivalves ont des caractéristiques qui en font de bons bioindicateurs en raison de :

- leur vaste répartition géographique, allant des régions tempérées aux régions subarctiques
- leur mode de vie sessile et euryhalin
- leur capacité à accumuler des métaux présents dans l'environnement dans un facteur de concentration de 103 à 105 par rapport à l'eau environnante
- leur stabilité de population
- leur tolérance à divers stress
- leur capacité à être transplantés
- leur consommation par l'homme, ce qui en fait un vecteur de contamination.

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

1. Présentation de la wilaya de Tipaza :

La wilaya de Tipaza est située sur le littoral Nord-centre du pays, s'étendant sur 123 Kms de la côte Algérienne et s'éloigne, à 68 km à l'ouest d'Alger. Située au pied du mont Chenoua, à l'extrémité des collines du Sahel, elle est bordée par :

- Au nord : la mer Méditerranée
- À l'ouest : la wilaya de Chlef
- Au sud-ouest : la wilaya d'Aïn Defla
- Au sud-est : la wilaya de Blida
- À l'est : la wilaya d'Alger

1.1.Climatologie

Sur le plan climatique, la wilaya de Tipaza se situe dans un seul étage bioclimatique subdivisé en deux variantes : l'étage sub-humide caractérisé par un hiver doux dans la partie Nord; l'étage sub-humide caractérisé par un hiver chaud dans la partie Sud; Les gelées sont fortement influencées par l'altitude.

Les vents ont des fréquences différentes durant l'année; les plus dominants sont de direction sud et ouest; quant au sirocco, il est rarement enregistré au cours de l'hiver. Par contre les gelées sont fortement influencées par l'altitude.

Les précipitations moyennes enregistrées par une simulation pendant 30 ans font ressortir une pluviométrie moyenne annuelle entre 26 et 67mm durant la période 1978-2004. Les températures varient entre 18 °C pour les mois les plus froids (décembre à février), à 36 °C pour les mois chauds de l'été (juillet, août) (Meteoblue, 2014).

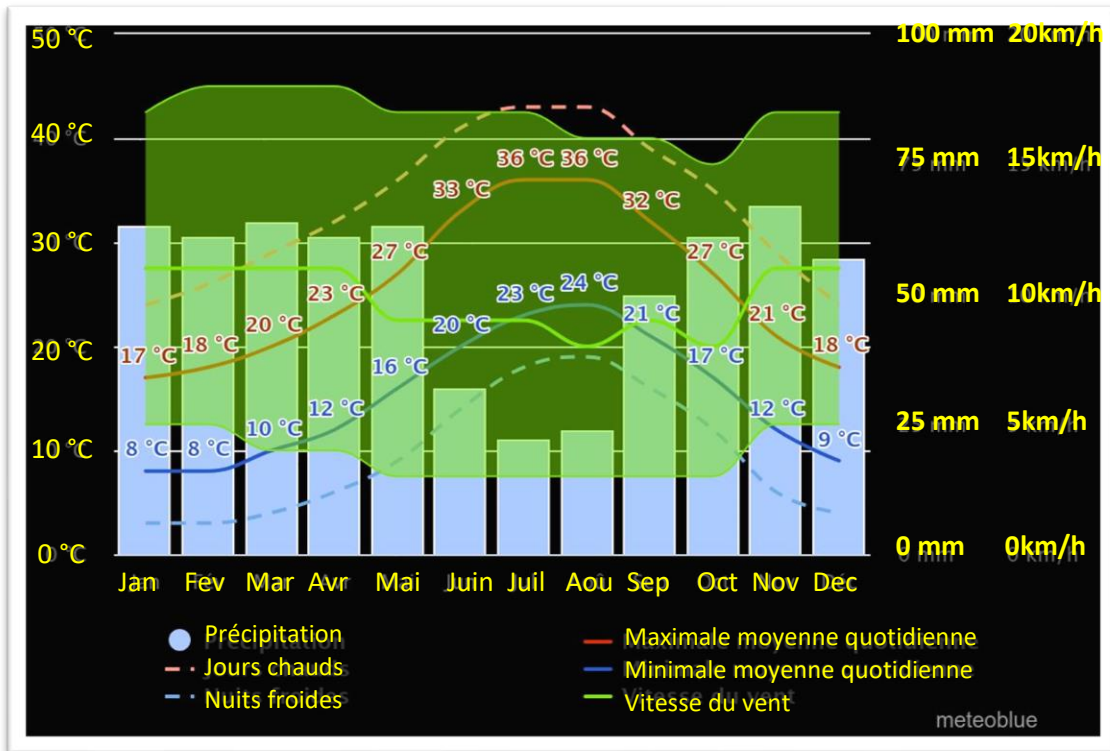


Figure 9: Simulation des conditions météorologiques de la wilaya de Tipaza (Meteoblue, 2014).

1.2. Hydrographie :

La wilaya de Tipaza dispose d'un réseau hydraulique important de l'Est en Ouest: Oued Mazafran ; Oued El Hachem ; Oued Djer ; Oued Damous.

La région de Bou-Ismaïl, à vocation touristique et agricole, subit une pression environnementale considérable. Sa zone côtière est principalement affectée par les rejets domestiques des villes et des complexes touristiques, lesquels sont souvent déversés directement dans l'environnement naturel sans traitement préalable, phénomène qui s'accroît durant la période estivale. De plus, les oueds qui traversent les centres urbains transportent des eaux usées vers la mer, charriant les eaux de ruissellement des terres agricoles ainsi que des effluents urbains et industriels. À cela s'ajoute la pollution engendrée par les activités de pêche (Bachari, 2009).

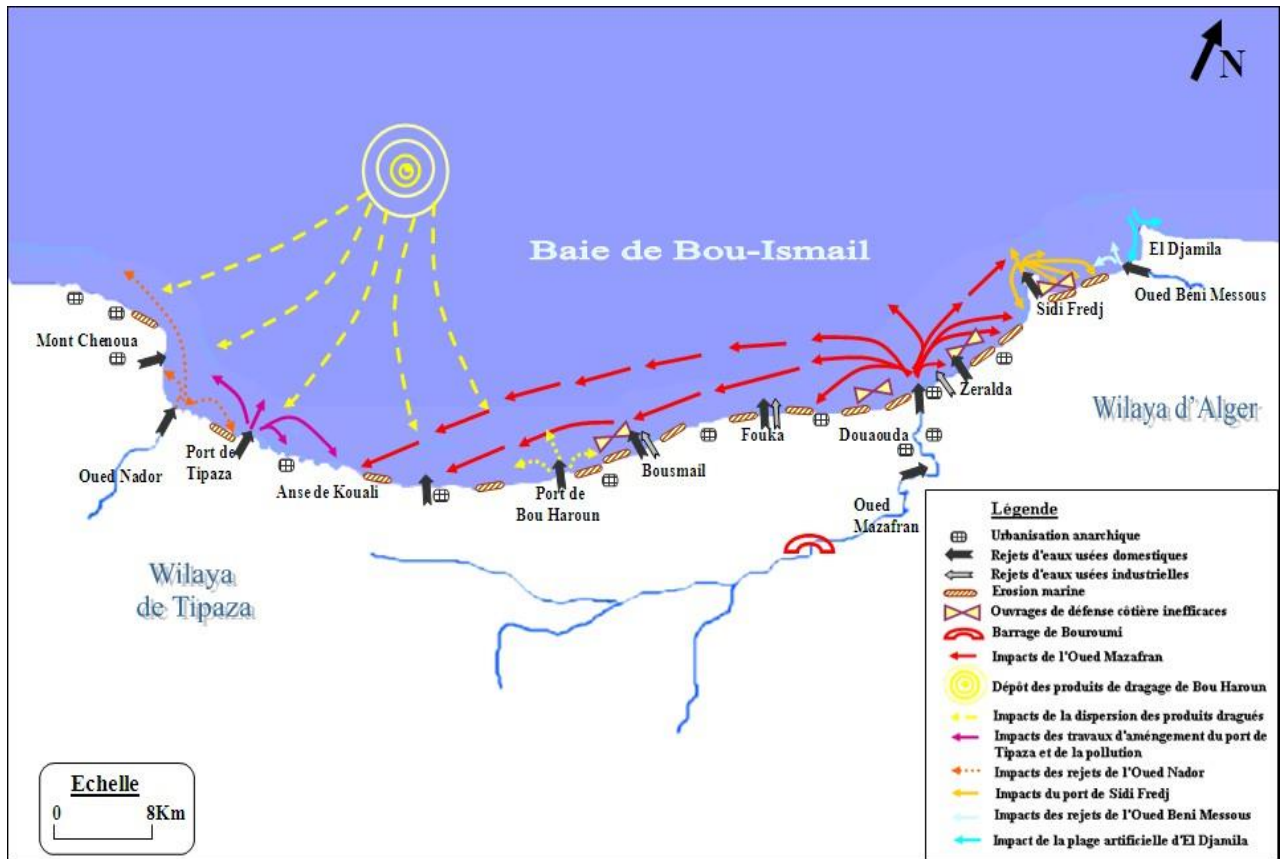


Figure 10: Carte satellitaire montrant des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou-Ismaïl (Belkessa et al., 2008, AlSid ChiKh e tal., 2009).

1.3. Présentation de la ferme Cult-Mare

La ferme conchylicole « Cult-Mare » est une entreprise Algérienne spécialisée dans l'élevage des moules et des huîtres géré par Ghrib Mohamed située dans le site maritime Kouali 3, à 16 Km de la ville de Bou Ismaïl à l'Est de Tipaza. Elle dispose d'un terreplein de 2000 m² et d'une concession maritime de 36 hectares dans laquelle sont installées, 20 filières conchylicoles dont 16 pour les moules et 04 pour les huîtres en sub-surface de 300 mètres chacune (Cult-Mare, 2019).

Cette entreprise est une société à responsabilité limitée, une 1^{ère} production enregistré en 2018 avec une capacité de 340 tonnes et visent une production de 400 tonnes par an de moules.

La stratégie de la ferme « Cult-Mare » consiste à assurer un approvisionnement continu en naissain de moules durant toutes les phases de production. Une tâche qui s'avère difficile sans la connaissance du cycle sexuel de la moule. Pour cela, un suivi de la maturité des moules issues de la production de la ferme a été réalisée auparavant durant deux années afin de déterminer les périodes de ponte massive. (Brahimi *et al.*, 2021)

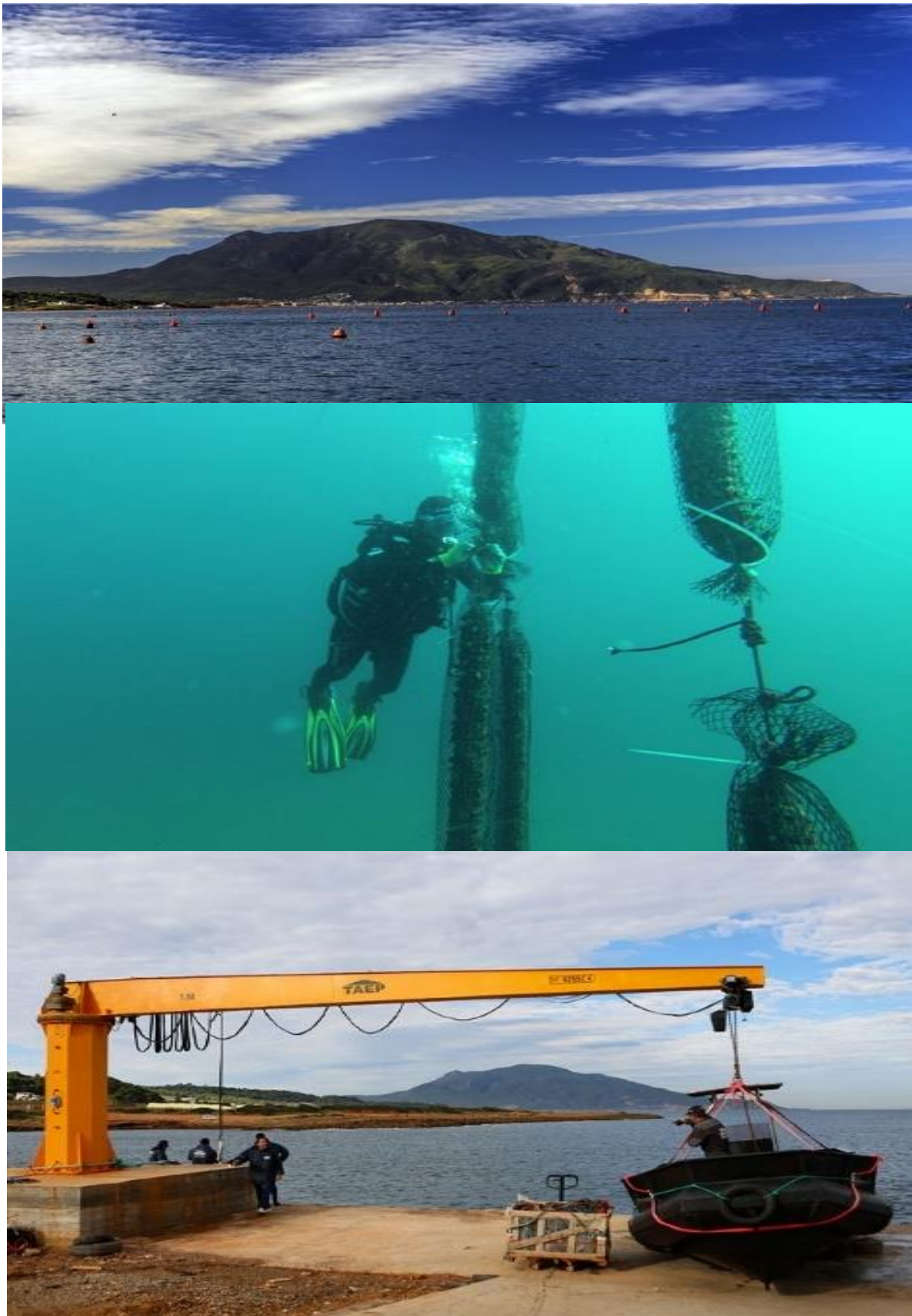


Figure 11: Photographies représentant la ferme de Cult-Mare et ses activités.

2. Stratégie d'échantillonnage

Au niveau de la ferme mytilicole « Cult-Mare » situé à Tipaza, un prélèvement s'est effectué durant le mois de Mars, Avril et Mai 2024, respectivement.

Quarante (40) individus de l'espèce *M. galloprovincialis* d'une taille commerciale ont été échantillonnés. Chaque spécimen a fait l'objet des mesures biométriques et relevés suivants:

- La longueur (L)
- La hauteur (H)
- L'épaisseur (E)

Les mesures des paramètres biologiques et les analyses des métaux lourds sont effectuées dans le laboratoire de l'ENSSMAL.

L'activité microbiologique a été réalisée au niveau de laboratoire du CNRDPA (Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture).

Notons un seul prélèvement a été effectué durant le mois d'avril dans la même station.

3. Mesure de paramètres physico-chimiques

3.1. Température

La température est calculée à l'aide d'un thermomètre.

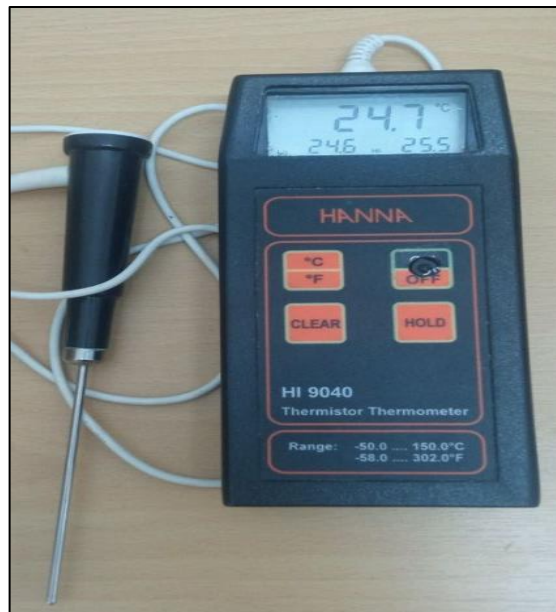


Figure 12: Photographie montrant le thermomètre utilisé.

3.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est calculé à l'aide d'un pH mètre.



Figure 13: Photographie montrant le pH mètre utilisé.

3.3. Salinité

La salinité est calculée à l'aide d'un salinomètre.



Figure 14 : Photographie montrant le salinomètre utilisé.

3.4. Oxygène dissous

L'oxygène dissous est calculé à l'aide d'un oxymètre.



Figure 15 : Photographie montrant l'oxymètre utilisé.

4. Paramètres biométriques

Les moules ont été nettoyées et débarrassées de leurs épibiontes juste après avoir ramené les échantillons au laboratoire.

Les paramètres biométriques mesurés sont la longueur, la largeur et l'épaisseur à l'aide d'un pied à coulisse.



Figure 16: Microphotographies montrant les mesures biométriques effectuées sur la moule *M. galloprovincialis* des eaux de la ferme Cult-Mare.

Les paramètres pondéraux (poids total et poids des tissus mous) sont mesurés à l'aide d'une balance à précision.



Figure 17: Photographie montrant la balance à précision utilisé.

❖ **Indice de condition**

L'indice de condition (IC) est un paramètre biométrique qui nous permet de savoir le degré de remplissage des bivalves afin de connaître l'état de santé des individus.

Il est calculé selon la norme AFNOR NF V 45056 par la relation suivante :

$$IC = \frac{\text{Poids des tissus mous}}{\text{Poids total}} \times 100$$

5. Analyse des métaux traces

L'analyse des métaux traces a été effectuée selon le protocole décrit par l'AIEA (2001).

5.1. Préparation du matériel

5.1.1. Nettoyage des instruments

Pour prévenir toute contamination potentielle, le matériel utilisé pour l'échantillonnage, le prétraitement et le traitement doit subir un nettoyage minutieux conformément aux étapes suivantes :

- Nettoyage avec des détergents disponibles dans le commerce.
- Rinçage à l'eau courante.
- Rinçage avec une solution diluée d'acide chlorhydrique (HCL à 5 %).
- Rinçage à l'eau distillée.
- Séchage dans une étuve à 70°C.

5.1.2. Prélèvement des moules

Une dizaine d'individus de *M. galloprovincialis*, de taille commerciale entre 4 et 7 cm ont été prélevées. Afin d'éliminer les impuretés, les coquilles des moules détachées sont nettoyées avec une brosse en nylon et rincées avec de l'eau de mer de la station.

Les spécimens de moules sont placés dans des sachets en polyéthylène étiquetés et transportés par une glacière de 4°C au laboratoire, pour un prétraitement ultérieure.

5.2. Traitement des moules destinés aux analyses des métaux lourds

Les moules ont été décortiquées à l'aide d'un scalpel en acier inoxydable. Les parties molles ont été conservées dans des sachets en plastiques à une température de -20 °C pendant 24h avant d'être soumises à la lyophilisation.

5.2.1. Lyophilisation

La lyophilisation est une méthode qui implique la déshydratation de l'échantillon congelé par sublimation à une température basse de -55°C et sous vide à 0,1 bar pendant une période de 48 heures. Elle est privilégiée par rapport à la déshydratation à l'étuve car cette dernière peut entraîner une perte des éléments-traces métalliques les plus volatils, notamment le mercure (Charlou et Joanny ,1983).



Figure 18: Photographie montrant un lyophilisateur.

5.2.2. Broyage

Après la lyophilisation, les échantillons de sédiment sont réduits en poudre à l'aide d'un mortier en porcelaine. Ensuite, la poudre de sédiment obtenue est récupérée et conservée dans des piluliers en plastique dans un environnement sec, tel qu'un dessiccateur contenant du gel de silice activé.



Figure 19: Photographie montrant le broyage de l'échantillon lyophilisé.

5.2.3. Digestion ou Minéralisation

La minéralisation des métaux lourds consiste à dissoudre les échantillons afin de libérer les métaux lourds qu'ils contiennent. Cette procédure implique l'ajout d'acides adaptés à la nature des échantillons, qu'il s'agisse de biote ou de sédiment (AIEA, 2001).

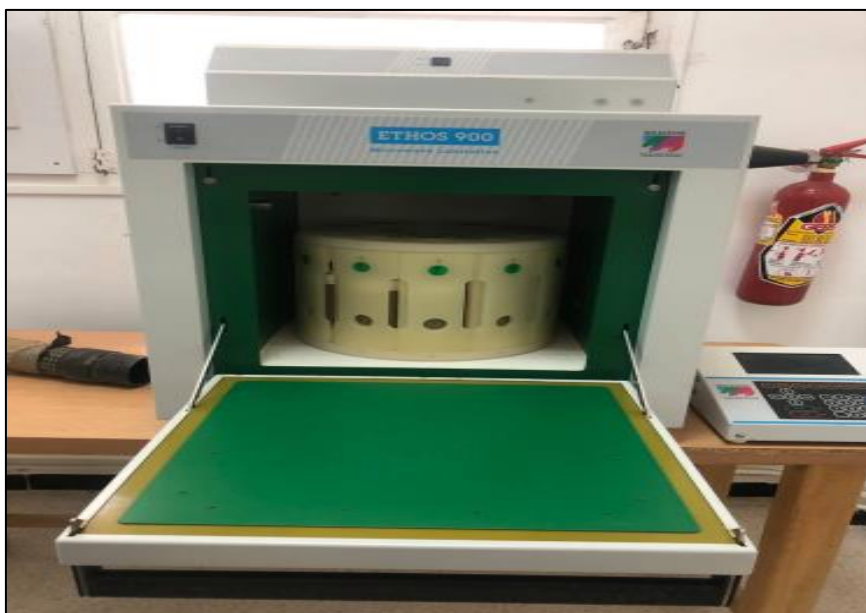


Figure 20: Photographie montrant le micro-onde minéralisateur utilisé.

5.3. Extraction des métaux lourds

5.3.1. Minéralisation à blanc

Avant d'utiliser les godets, une minéralisation à blanc est effectuée. Pour cela, un volume de 6 ml d'acide nitrique (HNO₃) à 69 % est ajouté à chaque godet en téflon, qui est ensuite hermétiquement fermé. Les godets sont ensuite placés sur une micro-onde minéralisateur à 120°C pendant 2 heures et 30 minutes. Après refroidissement des échantillons, la soupape de sécurité est délicatement ouverte, les godets sont rincés trois fois à l'eau distillée, puis séchés à l'étuve.

5.3.2. Minéralisation du biote (moules)

La minéralisation a été réalisée conformément au protocole établi par l'AIEA (2001), dans un environnement sous hotte aspirante, en utilisant des godets en téflon. Une quantité de 0,5 g de chair sèche a été pesée et placée dans chaque godet à téflon, suivi de l'ajout de 6 ml d'acide nitrique concentré à 69 %. Les godets ont ensuite été hermétiquement fermés.

5.4. La Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA)

La Spectroscopie d'Absorption Atomique (SAA) est une méthode employée pour l'analyse des échantillons liquides et solides. Cette technique quantitative est hautement sensible, capable de détecter des concentrations à l'ordre du ppb (ng/ml ou ng/g) (Harlyk *et al.*, 1997). Son fonctionnement repose sur l'absorption de radiations lumineuses par des atomes libres (Laurence, 2010).

5.4.1. Principe de la SAA

Le processus de transition d'une forme ionique (métal en solution) vers une forme atomique se réalise grâce à une source thermique, appelée source d'atomisation. Les atomes ainsi générés passent d'un état énergétique fondamental (état initial) à un état excité plus élevé lorsqu'ils sont exposés à un faisceau lumineux d'une certaine longueur d'onde et d'intensité initiale I_0 . L'absorbance, mesurée comme la différence entre l'intensité lumineuse incidente (I_0) et l'intensité lumineuse transmise (I), est ensuite détectée par un photomultiplicateur, qui la convertit en un signal électrique mesurable.

Cette absorbance est proportionnelle à la concentration de l'échantillon, ce qui permet de calculer précisément les concentrations des échantillons selon les principes énoncés (Michelot, 2001).

5.4.2. Loi de Beer-Lambert

La loi de Beer-Lambert montre que l'intensité d'absorption de la lumière est directement liée au nombre de particules qui absorbent la lumière. Selon cette loi, la densité optique d'une solution contenant une substance absorbante dans un solvant transparent est proportionnelle à l'épaisseur de la solution traversée et à la concentration de la substance absorbante présente dans la solution, comme indiqué (Audigie *et al.*, 1985).

$$I = I_0 \times e^{-K \times L \times C}$$

La lecture peut être réalisée en absorbance (A) ou en densité optique (DO):

$$A = DO = \log I_0 / I = \epsilon \times L \times C$$

Où:

I: Intensité de l'énergie lumineuse transmise (émergent).

I₀ : Intensité de l'énergie lumineuse émise (incidente).

ε: Coefficient d'absorption atomique (constante).

L : Longueur du trajet optique (constante).

C : Concentration de l'élément absorbant (analyte).

5.4.3. Etalonnage

Pour chaque métal, il est crucial d'effectuer un étalonnage méticuleux. On prépare une série d'étalons à partir d'une solution mère ayant une concentration connue de l'élément à analyser. Les standards sont préparés juste avant l'analyse.

Les absorbances de ces solutions standards sont mesurées, permettant ainsi de tracer la courbe d'étalonnage (Absorbance = f (Concentration)). Pour les faibles concentrations, c'est-à-dire pour de faibles absorbances, la courbe est presque linéaire, adoptant la forme.

$$Y = ax + b$$

Avec :

Y : Densité Optique (DO)

X : Concentration de métal à analyser

a : Pente de la courbe

b : Ordonnée à l'origine

En se référant à la droite d'étalonnage, il est possible d'évaluer les concentrations inconnues en métaux des échantillons de sédiments marins à analyser.

5.5. Détermination des concentrations finales des métaux traces sur les échantillons

La concentration du métal dans l'échantillon minéralisé est déduite de la droite d'étalonnage, permettant le calcul de la concentration finale des échantillons en utilisant la relation suivante:

$$\text{Cps} = (\text{Ca} \times \text{V})/\text{Pc}$$

Cps : Concentration du métal en poids sec ($\mu\text{g/g}$).

Ca : Concentration du métal présent dans l'analyte ($\mu\text{g/l}$).

Pc : Poids sec corrigé de l'échantillon biologique minéralisé (g).

V : Volume de la solution finale après minéralisation (50 ml).

6. Analyse bactériologique

Dans cette étude, nous avons recherché les bactéries indicatrices de pollution (Coliformes totaux, fécaux et *Escherichia coli*, Streptocoques fécaux et salmonelles).

6.1. Prélèvements et traitement des moules

Le prélèvement a été effectué en manière aléatoire, le choix s'est porté sur des individus matures ayant atteint la taille de commercialisation. Après le prélèvement, les échantillons ont été immédiatement transportés au laboratoire dans une glacière (4–8°C).

L'analyse des échantillons des moules s'est faite dans les heures qui ont suivies leurs récolte. Une fois au laboratoire, les moules sont débarrassées des byssus et des épizoaires présents sur leurs coquilles, puis brossées sous l'eau du robinet.



Figure 21: Photographie montrant le traitement des moules au niveau du laboratoire.

6.2. Préparation des solutions mères

Après ouverture aseptique, le contenu entier : chair et liquide inter-valvaire est recueilli stérilement, puis dilué, et soumis au broyage par un broyeur homogénéisateur pendant 60 secondes.

- 100 g de l'échantillon est ajouté à 200 ml de bouillon TSE pour les germes fécaux afin d'obtenir une solution mère (dilution 1/3).
- Pour les germes pathogènes 25g de l'échantillon est ajoutée à 75 ml de l'eau peptonée tamponnée et incubé à 37°C pendant 24 h.



Figure 22 : Photographie montrant les solutions mères.

6.3. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et E. Coli

Pour la recherche des coliformes totaux, fécaux et *E.coli*, nous avons procédé à un dénombrement par la méthode de colimétrie. Celle-ci désigne « la technique de numération en tubes multiples » avec détermination du nombre de germes le plus probable (NPP) à partir de la table de Mac Grady extraite de la norme NF T90-413.

➤ **Test présomptif : Recherche et dénombrement des coliformes totaux**

Nous avons préparé trois tube de chaque dilution qui contient le milieu VBL et la cloche de Durham :

- Trois tubes du milieu VBLensemencé par 1 ml de la solution mère (dilution 1/3).
- Trois tubes du milieu VBLensemencé par 1 ml de la dilution 1/30.
- Trois tubes du milieu VBLensemencé par 1 ml de la dilution 1/300.

Les tubes ont été incubés à 37°C pendant 24 à 48h.



Figure 23 : Photographie montrant 11 Tubes NPP (nombre le plus probable) pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux.

Lecture :

La présence des coliformes totaux se traduit par un virage de couleur dans les tubes et libération du gaz dans la cloche de Durham résultant de la fermentation du lactose.

A partir du nombre formé on obtient le nombre le plus probable après lecture sur la table de Mack-Grady, cela va nous permis de calculer le nombre de coliformes totaux présent dans notre échantillon par l'application de la relation suivante :

$$N = \frac{NPP}{V_{ensemencé}} \times Fd$$

➤ **Test confirmatif : Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et E.coli**

Pour confirmer la présence des coliformes fécaux 1ml a été ensemencé de ces tubes positifs. Ensuite, dans des tubes contenant le milieu VBL, ce prélèvement de 1 ml a été injecté dans des tubes contenant de l'eau peptonée exempt d'indole pour la recherche d'E.coli, l'ensemble de ces tubes a été incubé à 44°C pendant 24h.



Figure 24 : Photographie montrant douze (12) Tubes NPP (nombre le plus probable) pour la recherche des coliformes fécaux et E. coli.

Lecture :

Pour les tubes contenant le milieu VBL la présence des coliformes fécaux se traduit par un virage de couleur et dégagement de gaz dans la cloche de Durham.

La présence d'E.coli se traduit par l'apparition d'un anneau rouge dans les tubes contenant l'eau physiologique exempt d'indole après l'ajout du réactif de Kovacs. Selon la table de Mack-Grady, nous avons obtenu le nombre le plus probable et estimer la quantité des coliformes fécaux obtenu dans notre échantillon.

6.4. Recherche et dénombrement des entérocoques

➤ **Test présomptif :**

Selon la norme NF T 90-411, nous avons ensemencé 3 séries de 3 tubes de 9 ml contenant le milieu Roth.

- Une série de trois (03) tubes double concentration ensemencé par 10 ml de broyat.
- Une série de trois (03) tubes simple concentration ensemencé par 1 ml de broyat.
- Une série de trois (03) tubes dilués à 10^{-1} ensemencé par 1 ml de broyat.

Nous avons passé les tubes par un agitateur et l'ensemble est incubé à 37°C pendant 24 à 48h.



Figure 25 : Photographie montrant les 11 Tubes de dilutions pour la recherche des streptocoques fécaux.

Lecture :

Les tubes positifs sont présentés par un trouble et soumis à un test confirmatif.

➤ **Test confirmatif :**

A partir de chaque tube positif nous avons prélevé 1 ml de l'échantillon et l'ensemencer ensuite dans des tubes contenant le milieu Eva-Litsky. L'ensemble est incubé à 37°C pendant 24 à 48 h.

Lecture :

Les résultats positifs se traduisent par l'apparition d'un anneau blanc dans la base de tube.

Noter le nombre des tubes positifs et selon la table de Mac-Grady définir le nombre le plus probable afin de calculer la concentration bactérienne.

6.5. Recherche des salmonelles

Enrichissement

L'enrichissement se fait à partir de la solution mère préalablement préparé sur le milieu SFB.

- Un tube de milieu SFB double concentrationensemencé par 10 ml de solution mère et deux gouttes d'additif SFB incubé 37°C pendant 24h.
- Un tube de milieu SFB simple concentrationensemencé par 1 ml de tube SFB double concentration et une goutte de l'additif SFB incubé à 37°C pendant 24 h.



Figure 26 : Photographie montrant les (02) tubes et le bouillon SFB pour l'Enrichissement des salmonelles.

Isolement :

L'isolement est effectué sur des boîtes du milieu gélosé Hektoène à partir de chaque tube du milieu SFB double et simple concentration. Les deux boîtes ont été incubé 37°C pendant 24 h.

Lecture :

La présence des salmonelles se traduit par l'apparition des colonies transparentes à centre noire.

Identification par galerie API 20E

Principe

Plusieurs types de tests sont utilisés dans les galeries Api : étude de la fermentation de différents glucides, aux anogramme, recherche directe d'une enzyme. Chaque tubule est équipé d'un substrat distinct sur lequel le micro-organisme en question va réagir. Ils contiennent une suspension bactérienne préalablement calibrée. Pendant la période d'incubation, les réactions se manifestent par des changements de couleur spontanés ou révélés par l'ajout de réactifs.

Mode opératoire

À l'aide d'une pipette, une suspension de la souche à étudier est préparée à partir d'une colonie isolée sur un milieu gélosé, en utilisant 5 ml d'eau distillée stérile ou d'eau physiologique. Ensuite, les cupules de la galerie sont remplies en veillant à éviter la formation de bulles d'air.

Pour les substrats dont le sigle est encadré, il est nécessaire de remplir les cupules de manière à créer un ménisque. En ce qui concerne les substrats dont le sigle est souligné, les cupules doivent être remplies d'huile de vaseline pour créer une anaérobiose (absence d'oxygène) ou pour maintenir en solution les ions volatils produits par la réaction, garantissant ainsi le changement de couleur de l'indicateur de pH.

Les creux du support de la galerie doivent être remplis d'eau afin de former une chambre humide. La galerie est ensuite placée dans le support, avec le couvercle par-dessus. L'ensemble est incubé à une température appropriée pendant 24 à 48 h.

Lecture :

La lecture est réalisée après incubation selon le guide API 20E.



Figure 27 : Galerie API 20E.

Résultats et discussion

Résultats et discussion

1. Les paramètres physico-chimiques

Pour l'étude de la croissance des moules, le suivi des paramètres physico-chimiques du milieu d'élevage est nécessaire. La température, la salinité, le pH et l'oxygène dissous agissent sur le comportement des moules. Ces facteurs sont indispensables et élémentaires pour une bonne croissance.

1.1.Température (T)

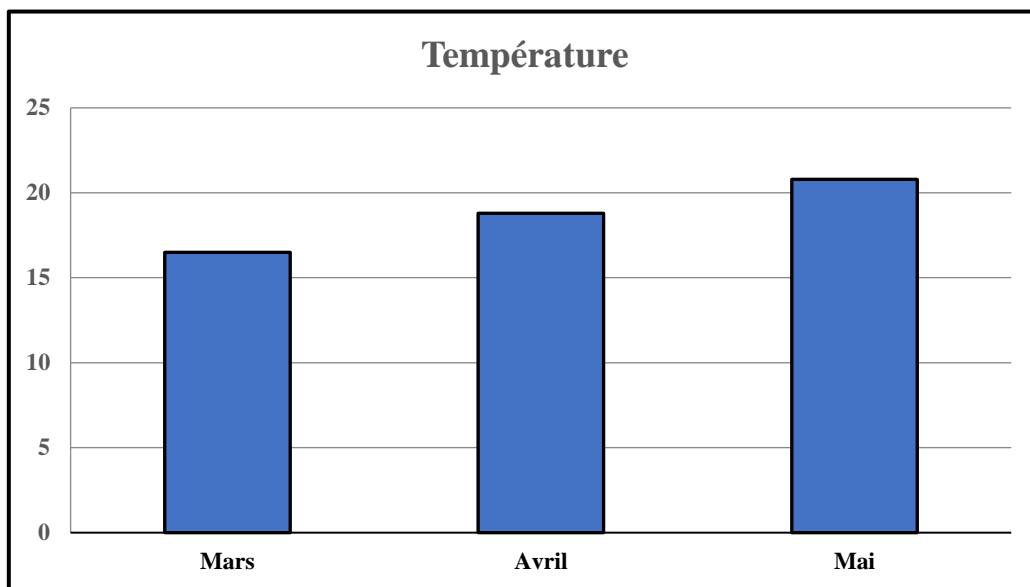


Figure 28: Variations de la température des eaux de la ferme Cult-Mare durant la période d'étude (Mars- Mai 2024).

Pendant les trois mois d'étude (mars, avril, mai), la température de l'eau dans l'environnement d'élevage varie entre 16,5°C et 20,8°C avec une moyenne de 18,7 et un écart type de 1,47. La courbe de température montre une légère augmentation de mars à mai, atteignant 21°C.

Les températures moyennes de l'eau observées sur le site d'étude pendant la période de l'expérimentation sont similaires avec celles documentées par Benantar (2020) pour la culture marine à Tipaza, avec une moyenne de 18°C, et par Haoui *et al.*, (2017) à Ain Tagourait (Tipaza) et par Mahi (2021) pour la ferme ORCA marine (Ain Taya), avec une moyenne de 18,2°C. Les relevés de température enregistrés pendant cette période à la ferme Cult-Mare sont propices à la croissance de la moule méditerranéenne *M. galloprovincialis*, car ils se situent en dessous de la limite écologique critique pour cette espèce, établie à 28°C (Riva et Masse, 1983).

1.2.Salinité

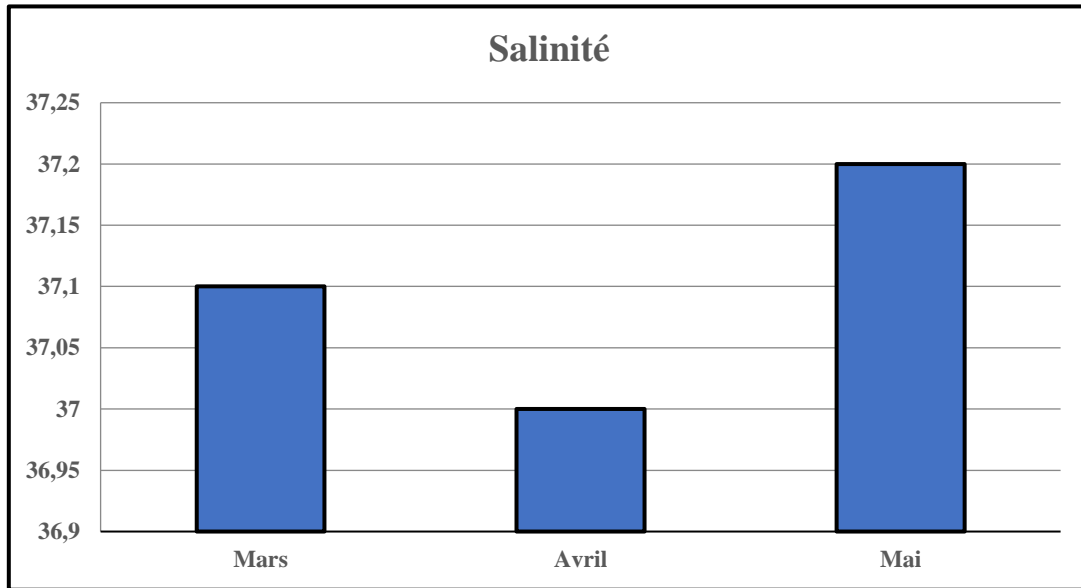


Figure 29: Variations de la salinité des eaux de la ferme Cult-Mare durant la période d'étude.

Les mesures de salinité enregistrées pendant la période d'étude sont cohérentes, variant entre un minimum de 37 (PSU) en mars 2024 et un maximum de 37,2 (PSU) en mai 2024 avec une moyenne de 37,1 (PSU) et un écart type de 0,07. La courbe de salinité montre une légère augmentation au fil du temps.

La salinité a un impact sur le taux de filtration, la respiration et l'alimentation des bivalves. Selon les observations de Lubet (1973) à une température de 15°C, le pompage est optimal lorsque la salinité se situe entre 19 et 43 PSU, avec une plage optimale entre 28 et 34 PSU.

Les relevés de salinité effectués à la ferme Cult-Mare pendant la période d'étude affichent une moyenne de 37,1 PSU. Ces valeurs sont similaires à celles relevées par Benantar (2020) pour la Culture Marine (36 PSU) à Tipaza, ainsi que par Haoui *et al.*, (2017) à Ain Tagourait (entre 36,4 et 36,8 PSU) et par Mahi (2021) pour la ferme ORCA marine (Ain Taya) avec une moyenne de 37,28 PSU.

1.3.Potentiel d'hydrogène (pH)

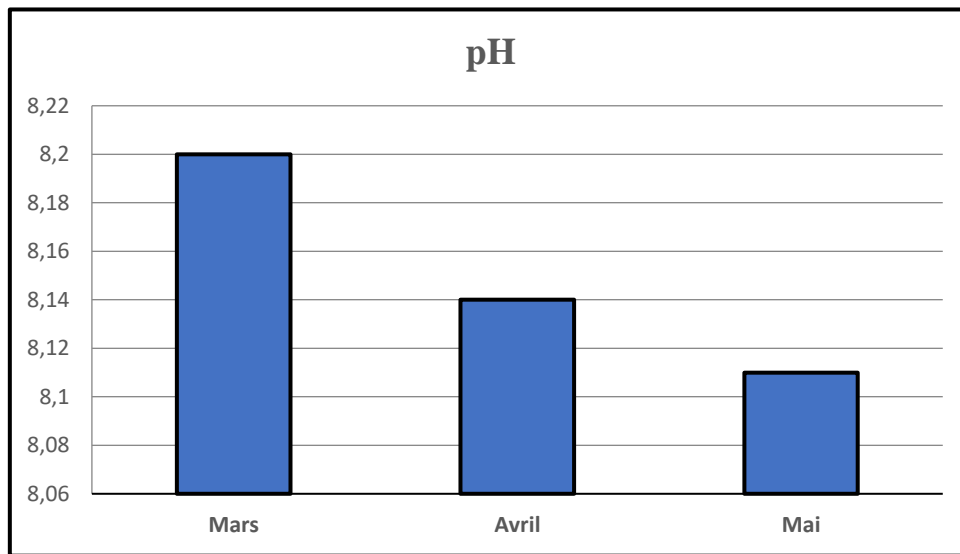


Figure 30: Variations de potentiel d'hydrogène (pH) des eaux de la ferme Cult-Mare durant la période d'étude.

Les mesures de pH enregistrées pendant la période d'étude varient entre un minimum de 8,11 en Mars 2024 et un maximum de 8,2 en Mai 2024, avec une moyenne de 8,15 et un écart type de 0,03.

La valeur de pH enregistrée en Mars est presque identique à celle observée en Avril et en Mai. Ces valeurs observées sont cohérentes et correspondent à celles documentées par Mahi (2021) pour la ferme ORCA marine (Ain Taya) avec des valeurs entre 8,02 et 8,2.

Nous pouvons ainsi estimer que l'environnement d'élevage à la ferme Cult-Mare se caractérise par une eau alcaline, présentant une stabilité chimique qui favorise une croissance optimale des moules.

1.4. Oxygène dissous

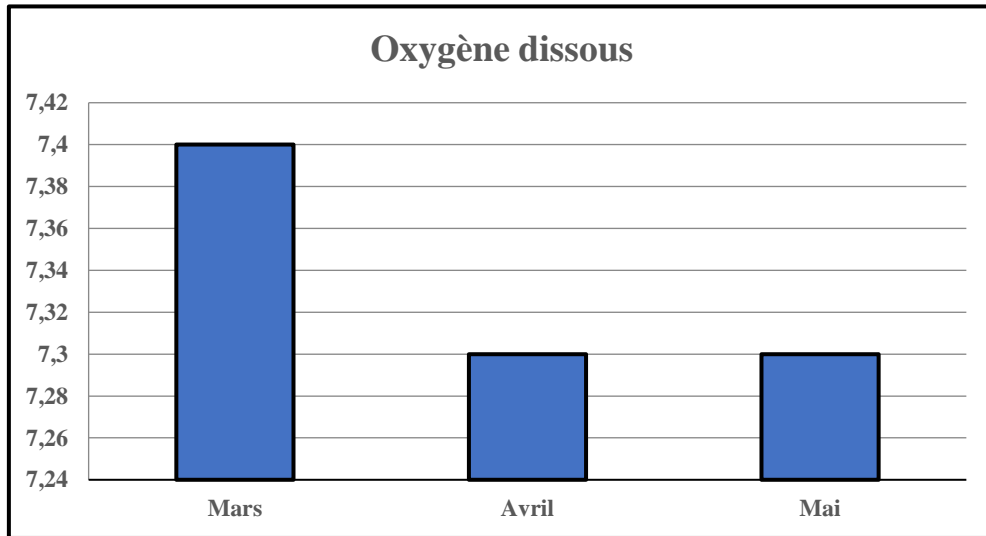


Figure 31: Variations Mensuelles de concentration de l’oxygène dissous des eaux de la ferme Cult-Mare durant la période d’étude (Mars – Mai 2024).

Pendant les trois (03) mois d'étude, des variations ont été notées dans le taux d'oxygène dissous. Les relevés enregistrés oscillent entre 7,3 mg/l et 7,4 mg/l, atteignant respectivement leur valeur minimale en Mai 2024 et leur valeur maximale en Mars 2024. En moyenne, le taux d'oxygène dissous est de 7,33 mg/l, avec un écart type de 0,03.

La tendance de la courbe de l'oxygène dissous montre une évolution parallèle. L'oxygène dissous exerce également une influence sur le processus de filtration. Selon les observations de Lubet (1973) à une température de 15°C la filtration cesse lorsque la concentration en oxygène dissous tombe en dessous de 3 mg/l.

Nos résultats sont similaires à ceux de Haoui *et al.* (2017) à Ain Tagourait, qui ont relevé une concentration en oxygène dissous de 7,4 mg/l. Plusieurs éléments, tels que la température, la salinité, les matières organiques en suspension et la présence d'algues, interviennent dans la détermination de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau.

2. Paramètres biométriques

2.1. Croissance linéaire

Les paramètres linéaires chez la moule font référence à des mesures biométriques qui sont directement proportionnelles à la taille (la longueur, la hauteur et l'épaisseur). Ces mesures sont généralement utilisées dans l'étude de la croissance des espèces.

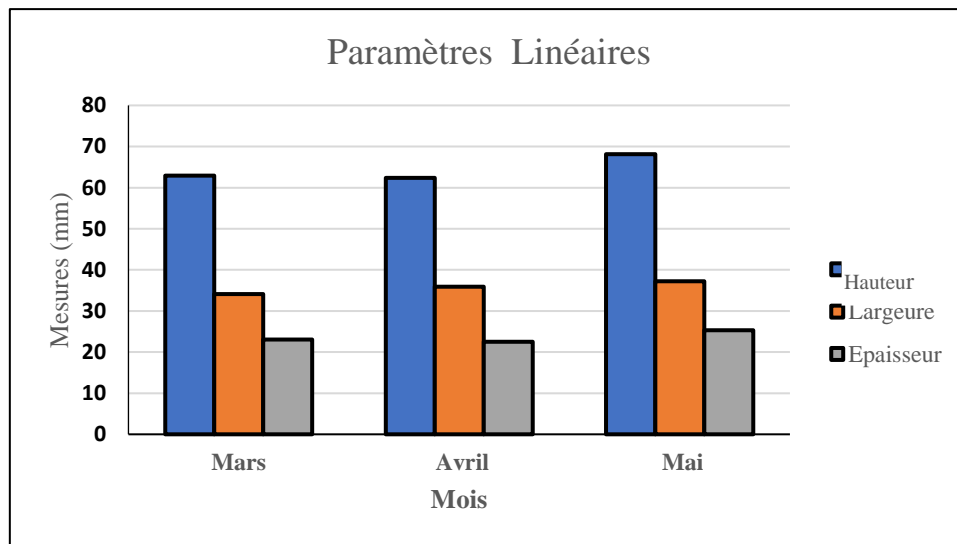


Figure 32: Variations mensuelles des paramètres linéaires: longueur, hauteur, épaisseur de *M. galloprovincialis* des eaux de la ferme Cult-Mare (w. Tipaza).

Dans notre étude, nous avons constaté que durant le mois de mars 2024, les moules présentaient une longueur moyenne de $62,9 \pm 11,34$ mm, une largeur moyenne de $34,13 \pm 5,23$ mm et une épaisseur moyenne de $23,08 \pm 5,66$ mm

Durant le mois d'Avril 2024, ces mesures ont montré une légère variation, avec une longueur moyenne de $62,32 \pm 9,78$ mm, une largeur moyenne de $35,86 \pm 4,94$ mm et une épaisseur moyenne de $22,51 \pm 3,04$ mm. Cependant, au mois de mai 2024, nous avons observé une augmentation de la taille des moules, avec une longueur moyenne de $68,14 \pm 10,47$ mm, une largeur moyenne de $37,21 \pm 5,12$ mm et une épaisseur moyenne de $25,33 \pm 18,78$ mm

Nos observations indiquent un ralentissement de la croissance linéaire (longueur, épaisseur) des moules au cours des deux premiers mois de l'expérimentation à savoir Mars et Avril, où la croissance est presque stable.

Tandis que pour le mois de Mai, nous avons observé une augmentation de la croissance, qui s'est maintenue de manière constante jusqu'à la fin de l'étude, montrant une croissance plus importante par rapport aux deux (02) mois précédents (Mars et Avril).

Concernant le rapport hauteur, une augmentation de manière constante est observée chez *M. galloprovincialis* pendant les trois mois.

2.2.Croissance pondérale

Les paramètres pondéraux (poids humide, poids total), font référence aux mesures de poids ou de masse corporelle de la moule. Dans le contexte de la biométrie, ces mesures peuvent être utilisées comme caractéristiques pour suivre la croissance et le développement de la moule *M. galloprovincialis* des eaux de la ferme Culte-Mare. Par conséquent, la connaissance de ces paramètres est indispensable pour donner une idée sur la qualité des conditions de vie des spécimens composant la biomasse des géniteurs. En effet selon Brahimi *et al.*,(2021), la croissance pondérale des individus contribue également à accroître leur biomasse. Cette dernière pourrait être retardée par les mauvaises conditions du milieu en ressources alimentaires et / ou par les pressions de pêche.

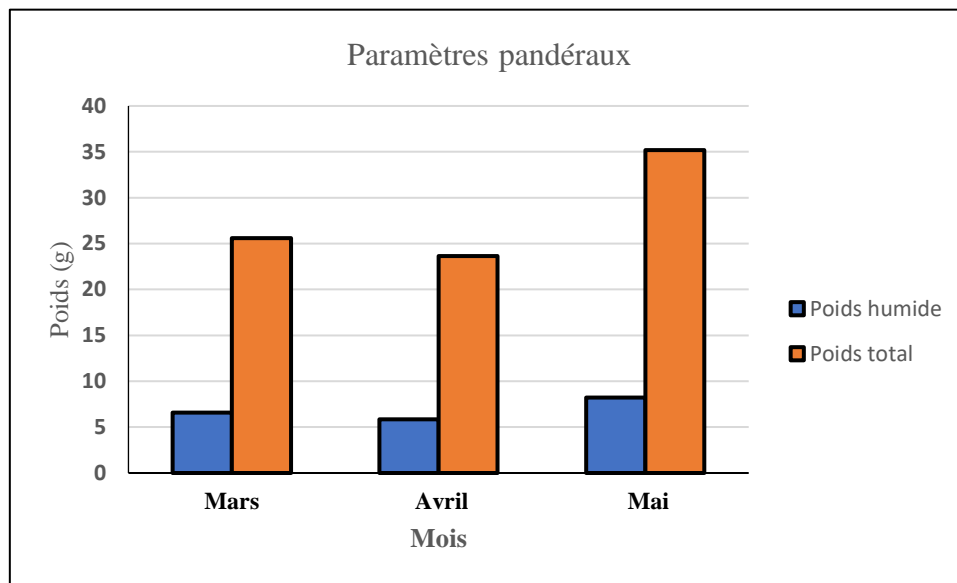


Figure 33: Variation mensuelle des paramètres pondéraux de *M. galloprovincialis* des eaux de la ferme Cult-Mare durant la période d'étude.

A partir des résultats de la variation des paramètres pondéraux nous avons observé que les moules passent d'un poids total de moyenne de $25,61 \pm 14,42$ g avec un poids humide de moyenne de $6,57 \pm 3,70$ g durant le mois de Mars.

Pour le mois d'Avril on observe un poids total de moyenne de $23,62 \pm 10,36$ g avec un poids humide de moyenne de $5,86 \pm 2,46$ g.

En outre, le résultat du mois mai montre un poids total à une moyenne de $35,17 \pm 18.78g$, et un poids humide à une moyenne de $8,22 \pm 3.65g$.

Les variations de poids chez les bivalves peuvent être attribuables à divers facteurs biologiques, tels que la croissance de la chair et de la coquille, la production et la libération de gamètes, l'utilisation des réserves pendant certaines phases du cycle biologique, ou encore la disponibilité de la nourriture dans l'environnement (Hamon, 1983).

Selon Bhabay *et al.*, (2013), la diminution de poids observée chez les moules cultivées entre le mois de Mars et Avril est fortement liée à leur cycle de reproduction. Avant la reproduction, les gonades se dispersent dans le manteau et la masse viscérale, et lors de la maturité, notamment lors de la ponte, il y a une libération des gamètes. La principale période de ponte se situe entre Mars et Juin.

Nous constatons que notre prélèvement a été effectué peu de temps après le début de la ponte. Chebab (1996) démontre également que la reproduction de *M. galloprovincialis* s'étend d'Avril à Mai dans la zone (ORCA Marine). Cette baisse de poids peut également être attribuée à la perte d'eau interstitielle pendant le transport et la manipulation des moules.

Tout au long de cette étude nous ne cesserons de mettre en relation les diverses observations faites avec les facteurs d'ordre physique et chimique d'une part et des facteurs d'ordre biologique d'autre part.

2.3. L'indice de condition

L'indice de condition, utilisé comme un indicateur de l'état physiologique des animaux (Margus 1985, Hariati 1986 et Cossa et Sanjuan, 2002), fluctue en fonction de plusieurs paramètres, notamment l'état de reproduction et de nutrition (Cossa 1980, Langston et Spence, 1995).

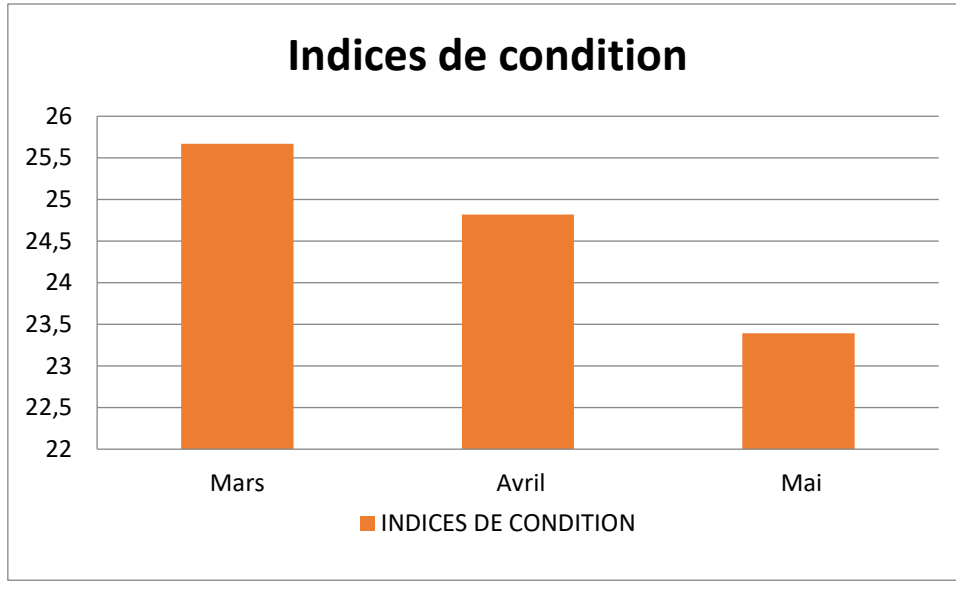


Figure 34: Fluctuation de l'indice de condition durant la période d'étude.

Il ressort de ces résultats que chez *M. galloprovincialis* de la ferme Culte-Mare, l'indice de condition montre une amplitude, passant d'un maximum de 25,6 en Mars à un minimum de 23,4 en Mai. Cette variation temporelle est très irrégulière et instable d'un mois à l'autre, principalement due à des facteurs saisonniers tels que la température, la disponibilité de la nourriture et le cycle de reproduction.

3. Métaux traces

3.1.Le Nickel

La teneur en Nickel dans l'échantillon analysé a atteint 3,8 $\mu\text{g/g}$ PS, cette valeur est relativement faible par rapport à d'autres études. Bouadi (2016) a signalé des teneurs comprises entre 6,02 et 6,93 $\mu\text{g/g}$ dans des différentes stations de sa zone d'étude, les valeurs les plus élevées ont été remarquées au niveau de la baie de Bou-Ismaïl et le port d'Alger cela peut être dû aux apports par les deux oueds (Mazafran et Beni Messous).

Par contre Kerboub (2014) a montré des teneurs différentes au niveau de six (06) stations dans son étude, la plus faible valeur a été remarquée dans le site d'ORCA marine avec une teneur de 0,59 $\mu\text{g/g}$ PS. Cette dernière est beaucoup inférieure à celle trouvée dans notre étude.

3.2.Le zinc

La concentration de zinc est de 66,2 $\mu\text{g/g}$ PS, cette teneur est relativement faible par rapport à celle trouvée par Guendouzi *et al.*, (2020) qui est de 246,30 $\mu\text{g/g}$ PS et Kerboub (2014) qui a trouvé des valeurs qui tendent de 95,6 $\mu\text{g/g}$ PS à 239,52 $\mu\text{g/g}$ PS dans les différentes stations. Des teneurs élevées ont été mentionnées par Bouadi (2016) dans la région de Surcouf et Boudouaou, ils ont suspecté que ces valeurs sont dues aux activités agricoles dans cette région ou bien aux apports fluviaux par oued Reghaia.

3.3.Le cuivre

Pour ce qui concerne la concentration du cuivre la valeur obtenue est de 6,6 $\mu\text{g/g}$ PS qui est plus basse que celle trouvée par Guendouzi *et al* (2020) dans les deux zones Kristel (Oran) et Collo (Skikda) par contre elle est supérieure par rapport à la zone de Surcouf (Alger) cela peut être expliqué par l'érosion des roches vu que notre site de prélèvement est de nature rocheuse contrairement à cette dernière qui est une zone à substrat meubles. Les teneurs en ce métal trouvées dans les différentes études montrent une différence qui peut être relative aux sites de prélèvements et la saison d'échantillonnage.

3.4.Le cadmium

Les résultats montrent une teneur en cadmium de 0,15 $\mu\text{g/g}$ PS. Guendouzi *et al* (2020) à mentionner des valeurs proches que celle trouvée dans cette étude, des résultats similaires ont été trouvés par Laib et Halilou (2018). En revanche Beladjine et Guerfi (2015) ont trouvé des valeurs assez élevées qui peuvent être dû à plusieurs paramètres notamment les stations d'études qui se différencient l'une à l'autre par la présence des rejets industriels, elles peuvent aussi être expliquées par des fautes de manipulation ou l'appareil n'est pas bien calibré pour ce métal.

3.5.Le plomb

La concentration en plomb détectée est de 1,018 $\mu\text{g/g}$ PS similaire avec celle de Guendouzi *et al.*, (2020) dans les trois zones d'études (Alger, Oran, et Skikda) par contre elles sont assez inférieures que celle de Beladjine et Guerfi (2015), les teneurs élevées de ce métal peuvent être traduites par les rejets industriels des usines de peinture, batteries et de pesticides présentes dans les zones d'études de ces derniers (Zéralda, Bateau cassé, Figuirer).

3.6.Le manganèse

L'analyse met en évidence une teneur en manganèse de 7,2 µg/g PS qui fait partie du même intervalle de valeurs détectées par d'autres études antérieures, Bouadi (2016) a trouvé des valeurs comprises entre 5.91 µg/g PS et 15.7 µg/g PS à Bou-Ismaïl. Par contre Rebhi (2013) a trouvé des résultats beaucoup plus importantes dans la majorité des zones étudiées, Guendouzi *et al.*, (2020) ont trouvés des résultats beaucoup plus proches que celle trouvée dans notre étude.

3.7.Le chrome

La concentration en chrome révélée dans notre étude se rapproche de celle trouvée par Rebhi (2013) dans les deux (02) stations Surcouf et Boudouaou par contre les autres stations ont montré des concentrations plus élevées, Guendouzi *et al.*, (2020) ont trouvé des teneurs beaucoup plus acceptables comprises entre 2,79 µg/g PS et 4,47 µg/g PS.

3.8.Evaluation de niveau de pollution

Un métal est considéré comme contaminant lorsque sa concentration dans l'environnement naturel dépasse un seuil spécifique.

Diverses méthodes ont été développées et proposées pour classer les niveaux de pollution des milieux étudiés en fonction des normes en vigueur. Ainsi, la classification proposée par Mersh (1993), présentée ci-dessous, permet de catégoriser les milieux naturels en quatre classes ou états de pollution. Ce tableau sera utilisé dans les discussions relatives aux niveaux de pollution par les métaux traces.

Tableau 3 : Grille de qualité pour interpréter les concentrations métalliques (en µg/g) observées chez les moules (Mersch, 1993).

Métaux	Classe de qualité			
	Absence de pollution	Situation intermédiaire	Pollution certaine	Pollution importante
Cd	≤ 1	1 - 2,5	2,5 - 8	> 8
Cr	≤ 1	1 - 3,5	3,5 - 10	> 10
Cu	≤ 12	12 – 45	45 - 80	> 80
Ni	≤ 12	12 – 45	45 - 100	> 100
Pb	≤ 0,5	0,5 – 4	4 - 14	> 14
Zn	≤ 110	110 – 220	220 - 400	> 400

Tableau 4 : Interprétation des résultats de la présente étude afin d'évaluer la qualité de la zone étudié.

Métal	Cf (µg/g)	Classe de qualité
Ni	3.8	Absence de pollution
Mn	7.2	/
Cr	4.1	Pollution certaine
Pb	1.018	Situation intermédiaire
Cd	0.15	Absence de pollution
Zn	66.2	Absence de pollution
Cu	6.6	Absence de pollution

La majorité des concentrations des métaux enregistrées ont indiqués une absence de pollution sauf que pour le cas du chrome sa teneur nous permet de mettre en évidence une pollution certaine dans cette zone étudié (Tableau 4).

Concernant le plomb, les résultats ont révélé que notre zone et en situation intermédiaire. Les deux dernières conclusions peuvent être expliquées par la courantologies qui transfère les apports fluviales des deux oueds (Mazafron et Nador), elles peuvent aussi être dû aux différentes sources de rejets industriels et agricoles situé toutes au long de la façade de la côte dans la baie de BouIsmaïl.

4. Qualité microbiologique

Les résultats obtenus montrent des variations dans les concentrations des bactéries indicatrices au cours de la période étudiée, ils sont résumés dans la figure ci-dessous.

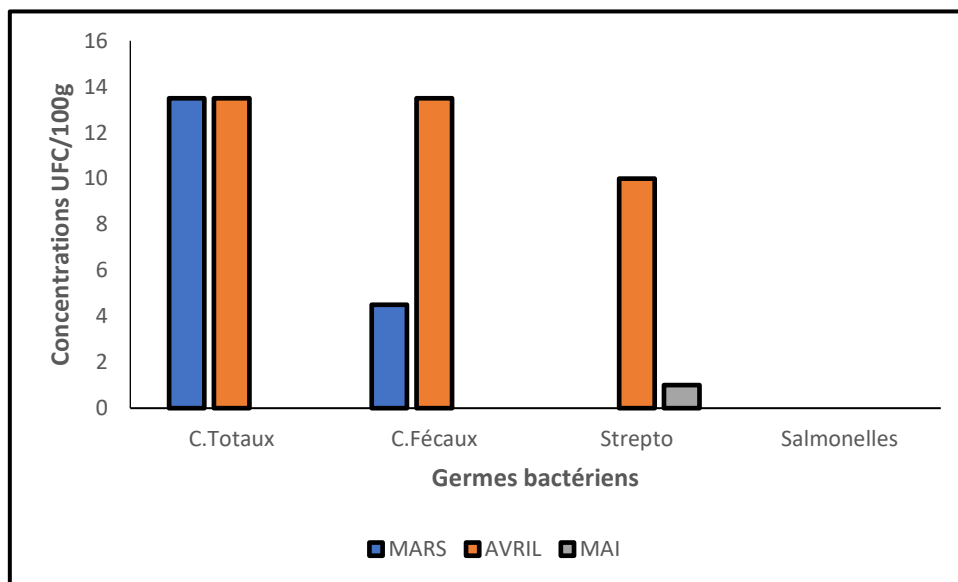


Figure 35: Résultats des analyses bactériologiques durant la période d'étude.

4.1. Les coliformes totaux

Les concentrations les plus élevées de coliformes totaux ont été observées au cours du premier et deuxième mois (13 UFC/100 g), tandis que le troisième mois a présenté une absence totale de ces derniers. Ces valeurs sont inférieures à la norme fixée par la législation algérienne qui est de 300 UFC/100g (JORA, 2017). Cette variation pourrait être attribuée à des facteurs environnementaux comme les précipitations, la température de l'eau, ou des apports de pollution ponctuels. Djahnit *et al.*, (2023) ont présenté des valeurs supérieures à la norme qui sont de 920 UFC/100g dans la même zone d'étude similaires à celles trouvées par Ben Abd El

Moutaleb et Chamma (2021). Kerboub (2014) a trouvé des valeurs assez importantes dans les deux stations (ORCA marine et Boudouaou el bahri).

4.2. Les coliformes fécaux

Les niveaux de coliformes fécaux ont suivi une tendance similaire, avec un pic enregistré dans le mois d'Avril (13 UFC/100 g) et une absence totale durant le mois de Mai. Même cas des coliformes totaux, ces valeurs restent toujours inférieures à la norme fixée par la législation algérienne qui est de 300 UFC/100g (JORA, 2017). L'étude de Djahnit *et al.*, (2023) a révélé des concentrations supérieures à la norme qui sont de 436 UFC/100g, Bouich et Radja (2012) ont mentionnés une valeur de 2250 UFC/100g au niveau de la ferme de ORCA marine, Ben Abd El Moutaleb et Chamma (2021) ont trouvé une teneur de 436 UFC/100g similaire à celle de Djahnit *et al.*, (2023). Ces différences de résultats peuvent être expliquées par le changement des paramètres physico-chimiques de l'eau ainsi que les rejets industriels et agricoles introduites dans ces zones par apports fluviaux.

4.3. *Escherichia.coli*

La présence d'E.coli est particulièrement préoccupante car elle indique une contamination fécale directe, potentiellement liée à des sources d'eaux usées ou des ruissellements agricoles.

Notre étude a montré la présence d'E. coli dans l'échantillon durant le mois Avril et une absence totale durant le reste de la période d'étude. Kerboub (2014) a aussi mentionné une absence de cette bactérie par contre d'autre études notamment Benbahria et Nouasria (2016), Bouich et Radja (2012) ont indiqué une présence d'E. coli avec des concentrations faibles.

4.4. Streptocoques fécaux

Les concentrations de streptocoques fécaux ont également atteint un maximum au mois d'Avril (10 UFC/100 g) avant de diminuer au mois de Mai. Djahnit *et al.*, (2023) a signalé une absence de ce germe ainsi que Ben Abd El Moutaleb et Chamma (2021) et Bouich et Radja (2012) au niveau de la ferme d'ORCA marine mais il faut mentionner qu'ils ont signalé la présence de streptocoques fécaux dans les échantillons de la moule sauvage au niveau de plusieurs site de la côte algéroise avec des concentrations assez importantes.

4.5.Salmonelles

Après isolement sur milieu Héktoène on a observé l'apparition des colonies orange donc il ne s'agit pas de salmonelles. Afin d'identifier les colonies apparus nous avons utilisé la galerie API 20E.

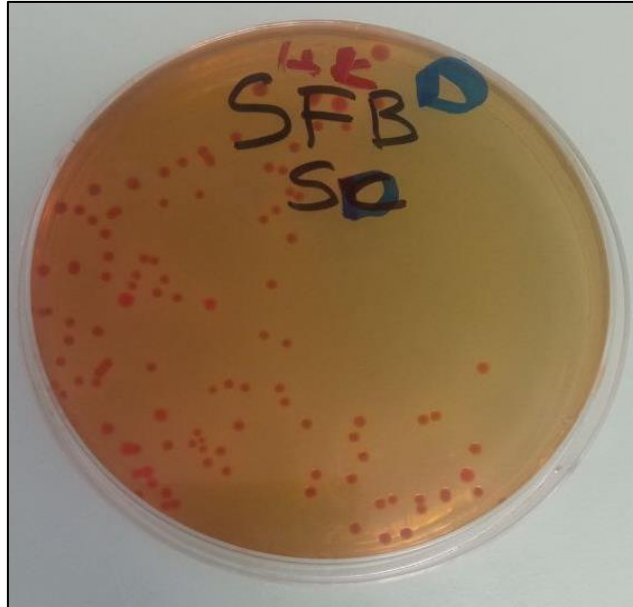


Figure 36: Photographie montrant le résultat d'isolement sur milieu Héktoène.

Les résultats d'identification par galerie ont montré la présence de deux germes de bactéries *Pseudomonas oryzihabitans* et *Grimontia hollisae*.

Pseudomonas oryzihabitans

Pathologie de l'espèce

Pseudomonas oryzihabitans, une bactérie environnementale, est un pathogène opportuniste. Elle est présente dans les bactériémies chez les patients immunodéprimés porteurs de cathéters centraux, dans les liquides de péritonite chez les patients sous dialyse, dans les méningites post-chirurgicales, et plus rarement dans divers types de pus tels que ceux des cellulites et des abcès (CTCB, 1973).

Caractères bactériologiques

Tableau 5 : Caractères bactériologiques de *Pseudomonas oryzae* CTCB (1973).

Forme	Catalase	Oxydase	Gram	Mobilité
Bacille	+	-	-	Mobile



Pathologie de l'espèce *Grimontia hollisae*

Figure 37 : Résultat d'identification sur galerie (grande colonies).

et se retrouve dans les sables, les boues marines, les coraux, et les algues. Comme les vibrions halophiles, *Grimontia hollisae* est un hôte normal de la faune marine, incluant les mollusques, les crustacés, et les poissons.

C'est un agent de gastro-entérites chez l'homme, pouvant entraîner des bactériémies. La plupart des cas observés sont associés à la consommation de coquillages. Son rôle dans les

gastro-entérites d'étiologie inconnue est probablement sous-estimé en raison de la méconnaissance de ses caractéristiques (CTCB, 1973).

Caractères bactériologiques

Selon CTCB (1973) :

Tableau 6 : Caractères bactériologiques de *Grimontia hollisae*.

Forme	Catalase	Oxydase	Gram	Mobilité
Bacille	+	+	-	Mobile à 22°C et immobiles à 37°C.



Figure 38: Résultat d'identification sur galerie (petites colonies).

Conclusion

Conclusion

A cours des résultats obtenus, il ressort que les paramètres physicochimiques mesurés semblent être satisfaisants permettant ainsi un développement normal de la moule méditerranéenne *M. galloprovincialis* des eaux de la ferme conchylicole « Cult-Mare ».

Les variations de la température des eaux de la ferme Cult-Mare se situent en dessous de la limite écologique critique pour cette espèce, établie à 28°C, le pH de l'eau est alcalin, présentant une stabilité chimique qui favorise une croissance optimale des moules. Quant à l'oxygène dissous, il exerce également une influence sur le processus de filtration. La forte oxygénation est notée le mois de Mars bien que le taux d'oxygène dissous baisse le mois de Mai et la salinité est plus moins stable avec une légère augmentation observée. Notons que la salinité a un impact sur le taux de filtration, la respiration et l'alimentation des moules.

Les résultats de l'évaluation des paramètres environnementaux montrent la présence de divers contaminants à des concentrations négligeables, bien en deçà des limites réglementaires qui interfèrent de façon non complexe, en ce qui concerne les niveaux de polluants détectés se situent largement en dessous des seuils critiques, suggérant une qualité environnementale favorable pour le développement et la production des moules.

Toutefois, les paramètres physico-chimiques et l'analyse de quelques polluants tels que les éléments métaux lourds se sont révélés plus au moins conformes aux normes environnementales, tandis que les analyses biométriques ont montré une croissance et un développement sains des moules *M. galloprovincialis* de la zone étudiée. Il est, par ailleurs, noté qu'une étude de l'action concomitante des facteurs « densité » et « richesse du milieu en nutriments » est nécessaire pour évaluer au mieux les potentialités de croissance en longueur des moules dans les stations d'élevage.

Enfin, l'évaluation de la qualité bactériologique a révélé un faible niveau de contamination microbienne, renforçant ainsi la sécurité sanitaire des produits conchylicoles issus de la ferme étudiée.

L'ensemble des résultats obtenus au cours de ce travail mettent clairement en évidence l'utilité de l'utilisation de la moule *M.galloprovincialis* comme bioindicateur pour la surveillance de la qualité de l'environnement. Cette étude reste à un stade préliminaire, mais sera approfondie au courant des recherches ultérieures dans la même direction.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- **A.I.E.A. (2001).** Training workshop on the analysis of trace metals in biological and sedimentsamples. Laboratory Procedure Book. 45 p.
- **AFNOR. (1985).** Essais des eaux - Recherche et dénombrement des coliformes et des coliformes thermotolérants - Méthode générale par ensemencement en milieu liquide (NPP) (NF T90-413). Paris : AFNOR.
- **AFNOR. (1985).** Indice de condition (NF V 45056). Paris : AFNOR.
- **AFNOR. (1989).** Essais des eaux - Recherche et dénombrement des streptocoques du groupe D - Méthode générale par ensemencement en milieu liquide (NPP). Paris.
- **Al Sid Chikh S, Belkessa R, Houma F et Amrouche L. (2009).** Diagnostic du littoral Ouest algérois pour une gestion intégrée; The 5th International Symposium on Sandy beaches, which will be held in Rabat, Morocco 19-23 October 2009.
- **Amiard J-C. (2011).** Les risques chimiques environnementaux, méthodes d'évaluation et impacts sur les organismes. 2° Ed. France: Lavoisier. 65 p.
- **AssoA. (1982).** Contribution à l'étude des polluants métalliques chez la moule Perna (L), dans la région d'Alger. Mémoire de Magister. Spécialité : Océanologie Biologique. France : Université d'Aix-Marseille II, 138 p.
- **Audigie, C, Dupont, G, Zonszain, F. (1985).** Principes des méthodes d'analyse biochimique. France : université de Lorraine .[en ligne]. [consulté le 15/04/2024] Disponible sur le Web: Principes des méthodes d'analyse biochimique / Cl. Audigie,... G. Dupont,... F. Zonszain,... - Université de Lorraine (univ-lorraine.fr)
- **Bachari F. (2009).** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. .[en ligne]. [consulté le 15/05/2024] Disponible sur le Web: <https://theses.fr/2009PEST0065>.
- **Bachelot M. (2010).** contamination de moules (*Mytilus* sp.) en milieu marin par des substances pharmaceutiques et produits de soin, thèse de doctorat. France : université de Montpellier1, Unité de formation et de formation de Recherche des sciences pharmaceutiques et Biologique. 61p.
- **Bayne L. Brown D. Harrison F. Yevich P D. Varela G. Webber D. (1980).** Mussel Health. In the International Mussel Watch. National Academy of Sciences, Washington, DC, p.p. 163-165.
- **Beaumont A. Et Truchot, J. (2004).** Biologie et physiologie animal. Dunod. (2^{ème} éd).Paris. 493: p.p.84-86. 512p.

Références bibliographiques

- **Beladjine S, Guerfi H. (2015).** Evolution des teneurs en métaux lourds dans l'environnement marin du littoral Algérois chez *Patella* sp et les moules. Mémoire d'ingénieur. Spécialité : environnement. Dely-Brahim. ENSSMAL.
- **Belkessa R, Houma F, Ciortan R, and Mezouar K. (2008).** Protection Works Of The Sea Coast In Algéria. Copedec VII.Dubai, UAE. Paper No: S-26.
- **Ben Abd El Moutaleb A Y, Chamma N. (2021).** Contribution à l'évaluation de la qualité environnemental d'une ferme aquacole. Mémoire d'ingénieur. Spécialité : environnement. Dely-Brahim. ENSSMAL.
- **Ben Younes R, Bouallagui Y, Oueslati M, Oueslati R. (2013).** Immunité des organismes aquatiques. Mémoire de master. Tunisie :Université de Carthage. Faculté des sciences de BIZERTE. Département des sciences de la vie.
- **Benantar M.(2020).** Etude des performances de croissance de l'huitre *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) triploïde de l'élevage Culture marines (Tipaza). Mémoire d'ingénieur. Spécialité : aquaculture. Dely-Brahim : ENSSMAL.
- **Benbahria I, Nouasria Z. (2016).** Analyse microbiologique de la moule *Mytilus galloprovincialis*. Mémoire d'ingénieur. Spécialité : environnement. Dely-Brahim. ENSSMAL.
- **Bhaby S, Belhsen O K, et Errhif A. (2013).** *Mytilus galloprovincialis*: Gametogenesis of a Colony of Mussels in a Fish Breeding Environment (Alboran Sea, M'diq,Morocco). Journal of Fisheries and Aquaculture, Volume 4, Issue 2. p.p.110-114.
- **Bouadi M C. (2016).** Etude des métaux traces chez les moules de la cote algéroise (*Mytilus galloprovincialis* et *Perna*). Mémoire d'ingénieur. Spécialité : environnement. Dely-Brahim. ENSSMAL.
- **Bouchard J M. (2004).** Les organismes pluricellulaires : la moule
- **Bougerra F. (2023).** Etat des lieux de l'aquaculture en Algérie. .[en ligne] [consulté le 15/05/2024]disponible sur le Web: ETAT DES LIEUX DE L'AQUACULTURE EN ALGERIE (woah.org)
- **Bouich D, Radja M. (2012).** Contrôle de la qualité microbiologique et toxicologique de la moule *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) de Bordj El Kiffan Bateau cassé et de la ferme ORCA marine (Ain Chrob). Mémoire d'ingénieur. Spécialité : environnement. Dely-Brahim. ENSSMAL.

- **Boutouchent T. (2005).** Management et gestion des risques en aquaculture pour une contribution et une application au développement d'une aquaculture durable en Algérie. p.p. 21-22.
- **Brahimi S, Bouyakoub I., Taounza. I, M. Boudjenah.Morsli. H. (2021).** Essai de captage des naissains de moules dans la baie de Bou-Ismaïl. Beb-Ezzouar : USTHB.
- **Cahen D. (2006).** Dossier didactique, moules natures, musé des sciences naturelle.
- **Cantin C. (1995).** Biologie et physiologie des coquillages. R.INT.DEL/95.06/ARCACHON. [en ligne] [consulté le 20/03/2024]. Disponible sur le Web: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00095/20628/>
- **Casas S. (2005).** Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis* en milieu méditerranéen. Thèse de doctorat, France : Université du Sud Toulon Var, Toulon.
- **Charles M. (2019).** Etude des organismes pathogènes, des conditions physiologiques et pathologiques impliqués dans les mortalités anormales de moules. France : Université de Caen Normandie. [en ligne] [consulté le 20/03/2024]. Disponible sur le Web: Etude des pathogènes, des conditions physiologiques et pathologiques impliqués dans les mortalités anormales de moules (*Mytilus* sp.) - TEL - Thèses en ligne (hal.science)
- **Charlou J. Joanny M. (1983).** Dosage du mercure et d'autres métaux (Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Cr, Mn) dans les sédiments marins par absorption atomique in Aminot A et Chaussepied, M. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, Brest, p.p.285-295.
- **Chebab B. (1996).** Influence sur la reproduction de l'immersion permanente de *Mytilus galloprovincialis* placée en élevage. Contribution à l'amélioration des techniques de captage en milieu naturel. Mémoire de Magister.Dely-Ibrahim : ISMAL:185 p.
- **Chiffolleau JF. (1992).** La Pb dans les poissons et les mollusques marins: Aspect analytique du Plomb dans l'environnement. Paris : Lavoisier, sec et doc. 308 p.
- **Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (avec annexes, acte final et procès-verbaux de rectification de l'acte final en date des 3 mars 1986 et 26 juillet 1993).** Conclue à Montego Bay le 10 décembre 1982. Partie 1. Premier article P.4 https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_f.pdf
- **Cossa D et Sanjuan J.(2002).** Bioaccumulation de Hg chez *Mytilus galloprovincialis*. Analyse de la covariance entre le facteur de concentration et l'indice de condition selon

les caractéristiques physicochimiques et trophiques des milieux. France, Nantes : Ifremer.

- **Cossa D. (1980).** Utilisation de la moule bleue comme indicateur du niveau de pollution par les métaux lourds et les hydrocarbures dans l'estuaire et le golfe du St Laurent. Rapport INRS Océanologie. Canada : Université de Québec. 74p.
- **Coulibaly A S, Monde S, Wognin V A et Aka K. (2009).** Analyse des éléments traces métalliques (ETM) dans les baies estuariennes d'Abidjan en Côte d'Ivoire. In: Afrique Sciences 05(3). [en ligne] [consulté le 15/05/2024]. Disponible sur le Web: [ps://www.semanticscholar.org/paper/Analyse-des-éléments-traces-métalliques-\(ETM\)-dans-Coulibaly-Monde/baf0b4cd62f4a44e79c4a77d96ca76e9ebdd740c](https://www.semanticscholar.org/paper/Analyse-des-éléments-traces-métalliques-(ETM)-dans-Coulibaly-Monde/baf0b4cd62f4a44e79c4a77d96ca76e9ebdd740c).
- **Cultmare. (2019).** Presentation.[en ligne] [consulté le 15/05/2024].disponible sur le Web: <http://cultmare.com/presentation/>
- **Deconick. J.F. (1971).** Moule nature. (dossier pédagogiques). cahen-rue vautier 29 1000 bruxelles. 15p.
- **Djahnit N, Otmani H, Lounas R, Ben Abd El Motalab A Y, Chamma N, Djerrai N, Berkani M. (2023).** Évaluation de la qualité microbienne de l'eau de mer et des moules d'une ferme conchylicole algérienne.View of Évaluation de la qualité microbienne de l'eau de mer et des moules d'une ferme conchylicole algérienne (geoecomar.ro). [en ligne] [consulté le 14/05/2024]. Disponible sur le Web: [235-1-551-2-10-20231220.pdf \(geoecomar.ro\)](https://www.geoecomar.ro/235-1-551-2-10-20231220.pdf)
- **FAO. (2020).** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2020. La durabilité en action. Rome. 247 p.
- **Gaitan-Espitia J D, Quintero-Galvis J F, Mesas A et D'elia G. (2016).** Mitogenomics of southern hemisphere blue mussels (Bivalvia: Pteriomorphia): Insights into the evolutionary characteristics of the Mytilus edulis complex. Scientific Reports, 6(26853).[en ligne] [consulté le 15/06/2024]. Disponible sur le Web: [Mitogenomics of southern hemisphere blue mussels \(Bivalvia: Pteriomorphia\): Insights into the evolutionary characteristics of the Mytilus edulis complex | Scientific Reports \(nature.com\)](https://www.nature.com/articles/s41598-016-06853-2)
- **Garrett J.A. (1995).** Vision for food, agriculture and environment in Latin America. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington.).[en ligne] [consulté le 15/03/2024]. Disponible sur le Web: [PCAAA565.pdf \(usaid.gov\)](https://www.usaid.gov/pcaaa565.pdf)

- **Ghali S. (2008).** Etude de la carbonisation d'un précurseur végétal, Les noyaux d'olives: Utilisation dans le traitement des eaux. Mémoire de Magister. Pollution chimique et environnement. Faculté des sciences et sciences de l'ingénieur.
- **Gosling E. (1992).** Systematics and geographic distribution of *Mytilus*: in the mussel *Mytilus*: ecology, physiology, genetic and culture, Développement in Aquaculture and Fisheries Science Ed Amsterdam, Elsevier, Amsterdam. p.p: 1-20.
- **Gravez V et Bernard G. (2006) .** Pollution marine : Les définitions. [en ligne] [consulté le 20/03/2024]. Disponible sur le Web: www.com.univ-mrs.fr.
- **Guendouzi Y, Soualili D L, Fowler S W, Boulahdid M. (2020).** Environmental and human health risk assessment of trace metals in the mussel ecosystem from the Southwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin.*).[en ligne] [consulté le 25/04/2024]disponible sur le Web: Environmental and human health risk assessment of trace metals in the mussel ecosystem from the Southwestern Mediterranean - ScienceDirect
- **Guendouzi Y.(2015).** Étude de la qualité de l'eau de mer de la région littorale de Mostaganem à travers deux bioindicateurs *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) et *Paracentrotus lividus* (Lmk). Thèse de Magister en Science de la mer. Dely-Brahim : ENSSMAL 81p.
- **Halilou N, Laib M. (2018).** Biosurveillance des métaux traces chez deux espèces de moules *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) et *Perna* (Linne, 1758) dans le littoral algérois. Mémoire d'ingénieur. Spécialité : environnement. Dely-Brahim. ENSSMAL.
- **Hamon P Y. (1983).** Croissance de la moules *Mytilus galloprovincialis* dans l'étang de Thau. Estimation des stocks de mollusques en élevage. Thèse de doctorat : mentionsciences. France. Université de sciences et technique du Languedoc.
- **Haoui N, Chavez.Villalba J. (2017).** Growth, condition and gametogenic activity of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas* in Algeria. *Cahier de biologie Marine* 58(2).
- **Harlyk C. (1997).** Determination of Copper, Zinc and Iron in Broncho-Alveolar lavages by Atomic Absorption Spectroscopy. LEUVEN, Belgium.
- **JORA (Journal Officiel de la République Algérienne) (2004).** Les tailles minimales marchandes des espèces biologiques.
- **Kankou M. (2004).** Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie. Thèse de doctorat. Microbiologie. France : université de limoges, 159p.

- **Kerboub L. (2014).** Biosurveillance des eaux côtières de la région Algéroise par les moules: métaux traces et qualité bactériologique. Mémoire d'ingénieur. Spécialité : environnement. Dely-Brahim. ENSSMAL.
- **Kitching J A, Sloane J F. et Ebling F J. (1959).** The mussels and their predators. The journal of animal ecology. British Ecological Society. Ecology of Lough Ine: VIII. 28(2).
- **Lacaze J.C. (1996).** La pollution des mers. France : Dominos Flammarion. 128p.
- **Lafabrie C. (2007).** Utilisation de *Posidonia oceanica* : Delile comme bioindicateur de la contamination métallique. Thèse de Doctorat. Ecologie marine. France : Université de Corse.
- **Lamprea K. (2009).** Caractérisation et origine des métaux traces, hydrocarbures aromatiques polycycliques et pesticides transportés par les retombées atmosphériques et les eaux de ruissellement dans les bassins versants séparatifs péri-urbains. Thèse de Doctorat. Ingénierie de l'environnement. France : Ecole Centrale de Nantes (ECN). [en ligne] [consulté le 26/5/2024] Disponible sur le web: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01002809>.
- **Langston W J et Spence S K. (1995).** Biological factors involved in metal concentrations observed in aquatic organisms. Science Technology. [en ligne] [consulté le 04/04/2024] Disponible sur le web: Langston, W.J. and Spence, S.K. (1995) Biological Factors Involved in Metal Concentrations Observed in Aquatic Organisms. In Tessier, A. and Turner, D.R., Eds., Metal Speciation and Bioavailability in Aquatic Systems, John Wiley & Sons, London, 407-478. - References - Scientific Research Publishing (scirp.org)
- **Laurence L. (2010).** La préparation des matrices biologiques pour l'analyse des métaux. p.81-88. [en ligne] [consulté le 28/04/2024] Disponible sur le web: www.ata-journal.org.
- **Lubet P. (1973).** Exposé synoptique des données biologiques sur la moule *Mytilus galloprovincialis*. Synopsis FAO. [en ligne] [consulté le 17/04/2024] Disponible sur le web: Exposé synoptique des données biologiques sur la moule *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck 1819) (fao.org)
- **Lumare F. (1978).** Etat actuel des connaissances sur les espèces cultivables en méditerranée. [en ligne] [consulté le 5/03/2024] Disponible sur le web: ETUDE DU POTENTIEL AQUACOLE ET PROPOSITIONS POUR UNE POLITIQUE DE

DEVELOPPEMENT DE L'AQUACULTURE EN TUNISIE - Rapport d'une mission multidisciplinaire TCP/ADCP en Tunisie Mars – Juin 1982 (fao.org)

- **Mahi C. (2021).** Etude des performance de croissance d'un élevage mytilicole *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) Ain Taya. Mémoire d'ingénierats. Spécialité :environnement. Dely-brahim : ENSSMAL.
- **Margus D. (1985).** Comparative methods for calculation of index of condition in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) Acta Biologica Jugosl. p.p.59-67.
- **Mersch J. (1993).** Modalités d'utilisation de la moule Zèbre en tant qu'indicateur biologique de la contamination des écosystèmes d'eau douce par les métaux lourds. Toxicologie de l'Environnement. France : Université de Metz. [en ligne] [consulté le 13/05/2024]. Disponible sur le web : <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01775469/document>.
- **Meteoblue. (2014).** Simulation de données climatiques et météorologiques historiques pour Tipaza. [en ligne] [consulté le 9/04/2024]. Disponible sur le web :Simulation de données climatiques et météorologiques historiques pour Tipaza - meteoblue
- **Michelot S. (2001).** La spectrométrie d'absorption atomique. Paris. [en ligne] [consulté le 05/04/2024]. Disponible sur le web : Analyse physico-chimique des catalyseurs industriels: manuel pratique de ... - John Lynch - Google Livres
- **Miguel SA. (2008).** Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Mil uni (Andes Boliviennes) par ces déchets miniers Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique. Sciences de la Terre et Environnement. France : Université Paul Sabatier - Toulouse III. [en ligne] [consulté le 02/04/2024]. Disponible sur le web : <https://tel.archives-ouvertes.fr/el-00277431>.
- **Miquel G. (2001).** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé.Rapport.France: Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. [en ligne] [consulté le 25/04/2024]. Disponible sur le web: <https://www.senat.fr/rap/100-261/100-261mono.html>.
- **Moumene I. (2017).** Bioaccumulation des métaux traces chez les moules de la côte algéroise. Mémoire d'ingénierats. Spécialité :environnement. Dely-brahim : ENSSMAL.
- **Oliver L. Fisher W. (1999).** Appraisal of prospective bivalve immunomarkers. Biomarkers. [en ligne] [consulté le 25/03/2024]. Disponible sur le web : Appraisal of prospective bivalve immunomarkers: Biomarkers: Vol 4, No 6 (tandfonline.com)

- **ONS. (2021).** Les principaux indicateurs du secteur de la pêche.N°1015. Disponible sur le web:https://www.ons.dz/IMG/pdf/indicateurs_peche2021.pdf.
- **Phillips D. (1986).** Use of bio-indicators in monitoring conservative contaminants: Program design imperatives. Marine Pollution Bulletin. [en ligne] [consulté le 25/04/2024]. Disponible sur le web : Use of bio-indicators in monitoring conservative contaminants: Programme design imperatives - ScienceDirect
- **Pichaud N. (2005).** Effets biologiques d'une exposition par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sur une espèce bioindicatrice, *Mya arenaria*. Thèse de Doctorat. Québec : Université de Québec.
- **Ramade F. (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. France : science international. 710 p.
- **Rebhi S. (2013).** Les métaux traces dans deux espèces de moules *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) et *Perna* (Linne, 1758) du littoral algérois. Mémoire d'ingéniorats. Spécialité :environnement. Dely-brahim : ENSSMAL.
- **Riva A, Masse H. (1983).** Bases biologiques de l'aquaculture.Ifremer. Actes de colloques. [en ligne] [consulté le 10/02/2024]. Disponible sur le web : archimer.ifremer.fr/doc/00716/82798/87620.pdf
- **Songy P. et Avezard J. (1963).** Documents pour l'étude des invertébrés (non Arthropodes). Cours de sciences naturelles. Classique Hachette. . [en ligne] [consulté le 10/03/2024]. Disponible sur le web : Cours De Sciences Naturelles - Documents Pour L'etude Des Invertebres (Non Arthropodes) Classe De 1ere M' Fiches Et Planches. | Rakuten
- **Stellio C. (2005).** Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. France : Université de Toulon. . [en ligne] [consulté le 19/04/2024]. Disponible sur le web : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/356/>.
- **Triplet P. (2017).** Dictionnaire encyclopédique de la diversité biologique et de la conservation de la nature. 3e édition. [en ligne] [consulté le 29/03/2024]. Disponible sur le web : [Dictionnaire-diversite_conservation-P-Triplet-2017.pdf](https://www.medwet.org/dictionnaire-diversite_conservation-P-Triplet-2017.pdf) (medwet.org)
- **Trottet A. (2007).** Impact de la mytiliculture sur les communautés planctoniques dans la lagune de Grande-Entrée aux Iles de la Madeleine (Québec, Canada). Thèse de doctorat. Rimouski, Québec : Université du Québec à Rimouski, Institut des sciences de la mer de Rimouski. 237p.

Références bibliographiques

- **Valéry K. (2015).** Dénombrement des bactéries en milieu liquide - ppt video online télécharger. Consulté le: 24 juin 2024.
- **Vianello R. (2013).** Le savoir des mytiliculteurs de la lagune de Venise et du littoral breton : étude d'anthropologie comparative. Anthropologie sociale et ethnologie. France : Université de Bretagne occidentale – Brest. Italie : Université de venise. [en ligne] [consulté le 28/02/2024]. Disponible sur le web : https://theses.hal.science/tel-01674161/file/These-2013-SHS-Ethnologie-VIANELLO_Rita.pdf.

Annexes

Annexes :

Annexe 1 : Les paramètres biométriques de l'échantillon de mois de mars.

MOIS DE MARS						
individu	longeure	largeure	epaisseur	Poids total	Poids humide	IC 1
1	76	42	32	34.1957	14.6944	42.9714847
2	80.5	43	34	68.7512	9.5997	13.9629563
3	82	44	29	58.8979	16.0203	27.2001209
4	73.5	37.5	33	37.7584	8.6157	22.817969
5	79	44	31	37.6533	10.1233	26.8855585
6	78	41	30	31.7262	10.633	33.5148867
7	79	37	28.5	31.6332	11.5693	36.5732838
8	73	39	27	32.138	9.5016	29.5650009
9	73	36	28	43.543	10.1283	23.2604552
10	72	39.5	29	45.9166	10.2559	22.3359308
11	69	36	22	25.8358	4.5633	17.6627006
12	51.5	30	17.5	14.0268	3.7815	26.9591069
13	63	33.5	24	20.6587	6.8115	32.971581
14	63	33.5	23	25.3992	7.2313	28.4705818
15	66	35	24.5	27.2548	5.0318	18.4620691
16	63	33	21.5	22.228	6.3234	28.4479035
17	59	35	20.5	21.3692	5.6254	26.3248039
18	58.5	33	20.5	17.0038	5.1492	30.2826427
19	61	32	19.5	15.5153	3.0522	19.6721945
20	53	31	21.5	18.0297	4.5323	25.1379668
21	54.5	29	18.5	17.175	4.0602	23.6401747
22	55	29.5	19	14.3844	2.5425	17.6753983
23	48	28	18	13.652	3.1465	23.0479051
24	50	28.5	20	14.1689	4.3815	30.9233603
25	56	33	17	14.998	2.2978	15.3207094
26	53	28	17	12.5625	3.6561	29.1032836
27	53.5	29	18	17.4416	4.3639	25.020067
28	48.5	28	14	10.977	2.6868	24.476633
29	49	29	17	10.0219	3.5731	35.6529201
30	46.5	27	18	13.364	3.2714	24.4791978

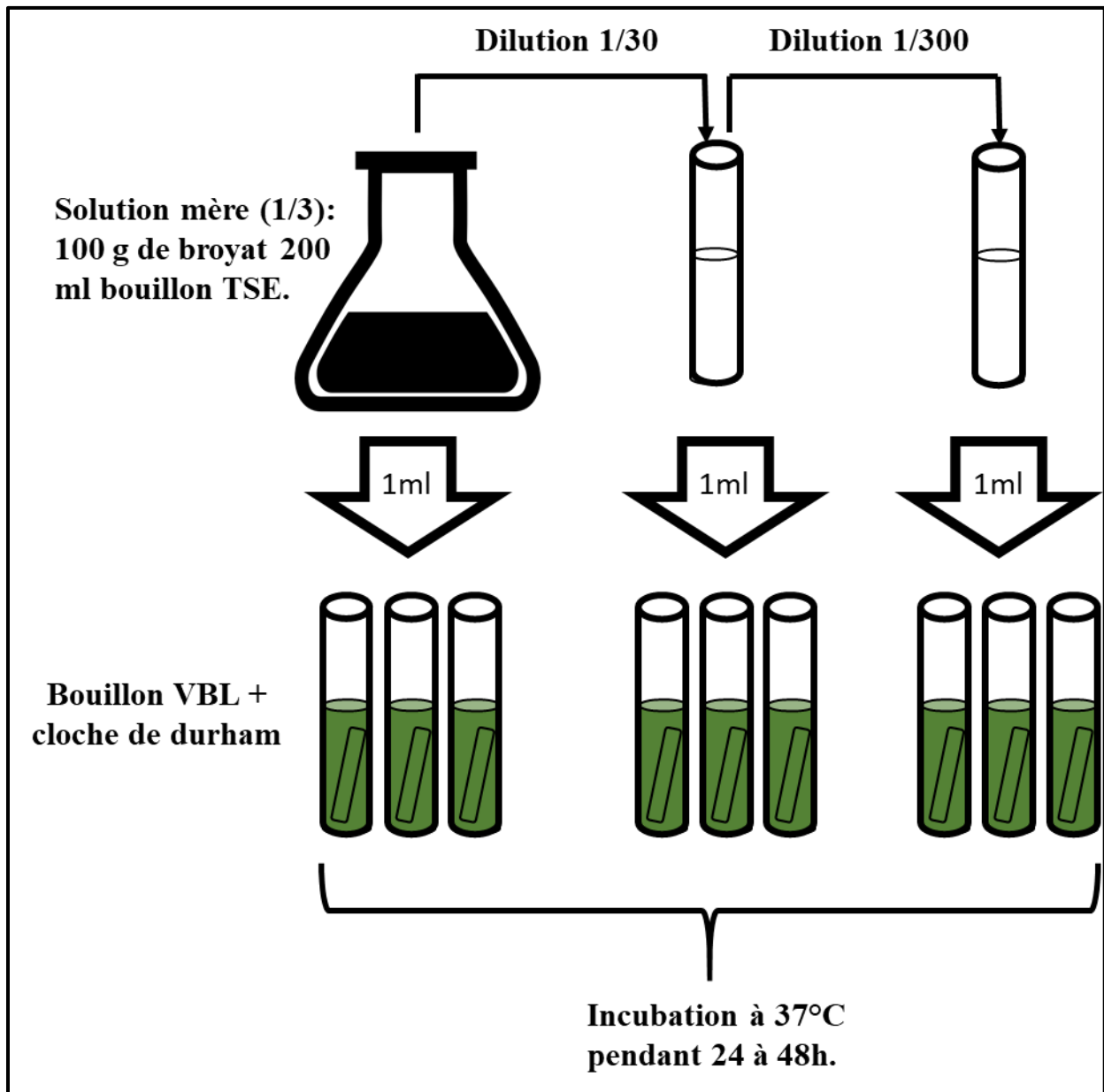
Annexe 2: Les paramètres biométriques de l'échantillon de mois d'avril.

MOIS D'AVRIL						
individu	longueur	largeur	épaisseur	Poids total	Poids humide	IC 2
1	68	37.5	25	32.4793	10.2578	31.5825772
2	64	34	23.5	27.8723	5.37	19.2664402
3	63	39	21.5	18.3131	4.3153	23.5640061
4	57	35	23.5	16.3627	5.2677	32.1933422
5	81	45	27.5	50.2993	10.8966	21.6635222
6	62.5	35	26	28.2995	5.3711	18.9794873
7	61.5	35	20	14.6919	5.783	39.3618252
8	65	36.5	25	29.2616	4.8965	16.7335347
9	83.5	46	29	45.0294	10.0982	22.4257929
10	72	38	23.5	27.9378	6.4714	23.1635991
11	65	37.5	24	30.3003	5.7285	18.9057534
12	71	41.5	20	25.9345	10.2554	39.5434653
13	71	45	26	26.334	8.6251	32.7527151
14	55	29.5	22.5	14.6223	3.0868	21.1102221
15	59	35.5	24	14.8481	3.9327	26.4862171
16	50	27	20	9.3058	2.9201	31.3793548
17	45.5	30.5	19.5	13.1661	2.5013	18.9980328
18	61	36	21.5	25.0599	6.9803	27.8544607
19	50	27	18.5	10.4147	3.232	31.033059
20	70	38.5	23	32.547	5.6848	17.4664332
21	73	41	22.5	35.3766	7.6661	21.6699739
22	70	37.5	25	34.9295	6.0433	17.3014214
23	57	33	22	15.2787	5.5583	36.379404
24	45	30	19	9.4758	2.5356	26.7586906
25	62	35.5	20.5	21.2012	6.1578	29.0445824
26	66	37.5	24	30.2732	9.2044	30.4044501
27	43	27.5	15	11.2729	1.9717	17.4906191
28	62	36	19.5	16.3793	5.7765	35.2670749
29	63	35	25.5	24.408	5.8545	23.9859882
30	55	34	19	17.2002	3.4887	20.2829037

Annexe 3 :Les paramètres biométriques de l'échantillon de mois de mai.

MOIS DE MAI						
individu	longeure	largeure	epaisseur	Poids total	Poids humide	IC 3
1	95	49	39	98.9408	16.3081	16.4826846
2	63.5	31	23	28.7768	8.7768	30.4995691
3	63	32.5	23	25.6795	8.4737	32.9979166
4	69	35.5	27.5	25.3133	11.2344	44.3814121
5	68.9	38	25	34.112	7.2349	21.2092519
6	55	34.5	20	19.4408	3.4343	17.6654253
7	52	29	16	13.631	2.4947	18.3016653
8	52	28.5	20	17.9825	3.9698	22.0759071
9	57.5	33	21	19.5076	3.7349	19.1458714
10	72	38.5	27	40.6158	9.5034	23.3982834
11	70	39.5	23	32.6077	9.5625	29.3258954
12	73	39.5	25	35.3555	7.975	22.5566036
13	60	36	24	26.3794	7.718	29.2576783
14	70	42	29	47.1237	9.1562	19.4301381
15	57	29	20	14.895	4.3993	29.5354146
16	84.5	46.5	34	63.7547	14.2404	22.3362356
17	75	38.5	27.5	44.6757	11.1006	24.8470645
18	92	45	36.5	78.5034	15.7025	20.0023184
19	63	35	19	23.0426	4.0927	17.7614505
20	65	39	27	35.2238	8.6412	24.5322765
21	65	32.5	21	29.0494	8.3327	28.6845856
22	67	37	25	32.0515	8.545	26.6602187
23	79	43	27	44.2217	8.9463	20.2305655
24	72	36	27	28.5091	5.9754	20.9596234
25	60.5	33.5	22	20.3202	5.0429	24.817177
26	79	43	33	54.4625	15.0082	27.5569429
27	64	34	24.5	28.1582	7.9924	28.3839166
28	58.5	39.5	19	19.0109	4.2917	22.5749438
29	71	40	29	36.6277	8.3168	22.7063124
30	71	38.5	26	37.1532	6.6027	17.7715513

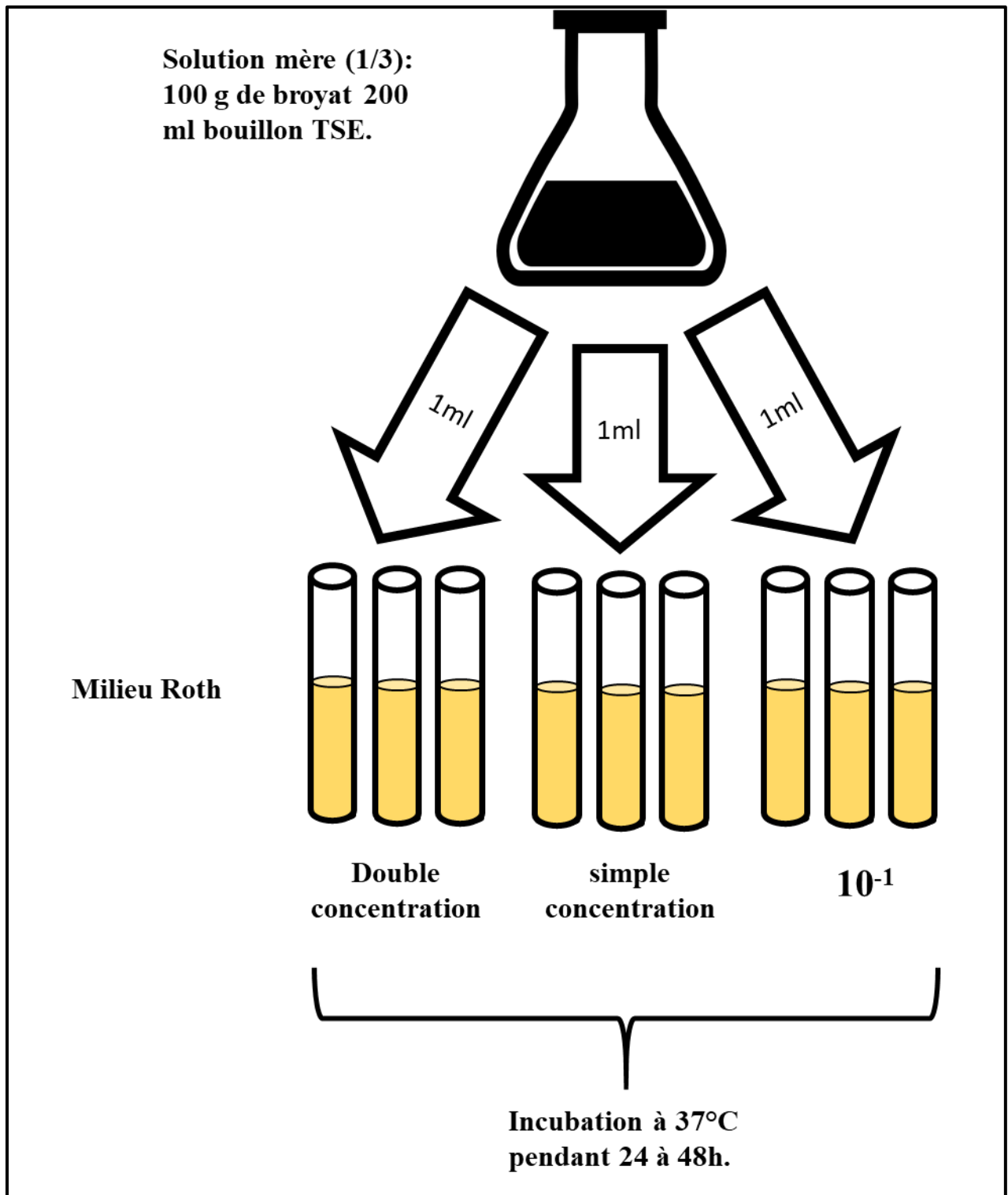
Annexe 4 : Protocole suivi pour la recherche des coliformes



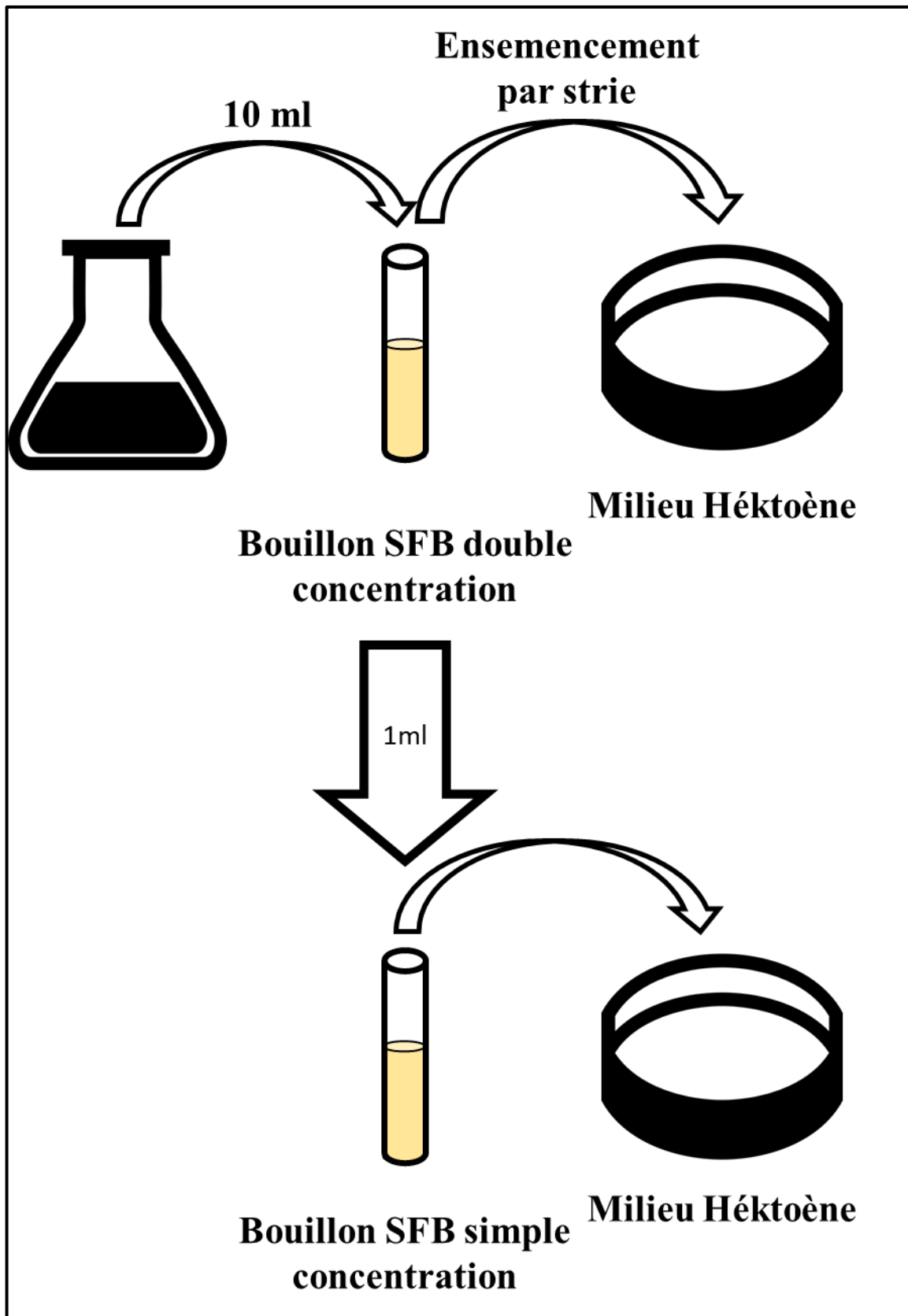
Annexe 5 : la table de Mac Grady pour déduire la concentration des bactéries dans l'échantillon (Valéry, 2015).

Nombre de tubes positifs au niveau des 3 taux de dilution retenus	NPP	Nombre de tubes positifs au niveau des 3 taux de dilution retenus	NPP
000	< 0,3	230	2,9
001	0,3	300	2,3
010	0,3	301	4
020	0,6	302	6
100	0,4	310	4
101	0,7	311	7
110	0,7	322	12
111	1,1	320	9
120	1,1	321	15
121	1,5	322	21
200	0,9	323	29
201	1,4	330	20
210	1,5	331	50
211	2,0	332	110
220	2,1	333	>110
221	2,8		

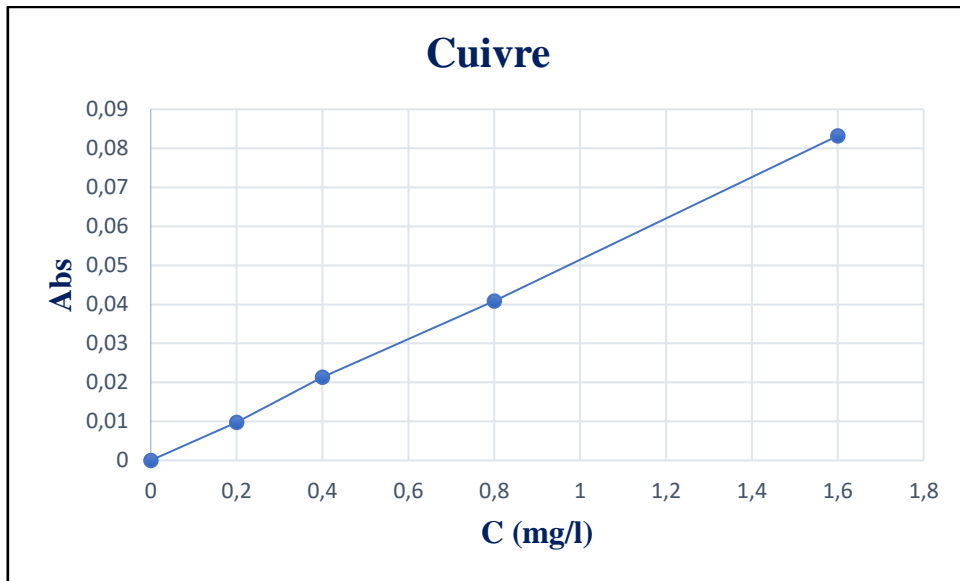
Annexe 6 : Protocole suivie pour la recherche des streptocoques



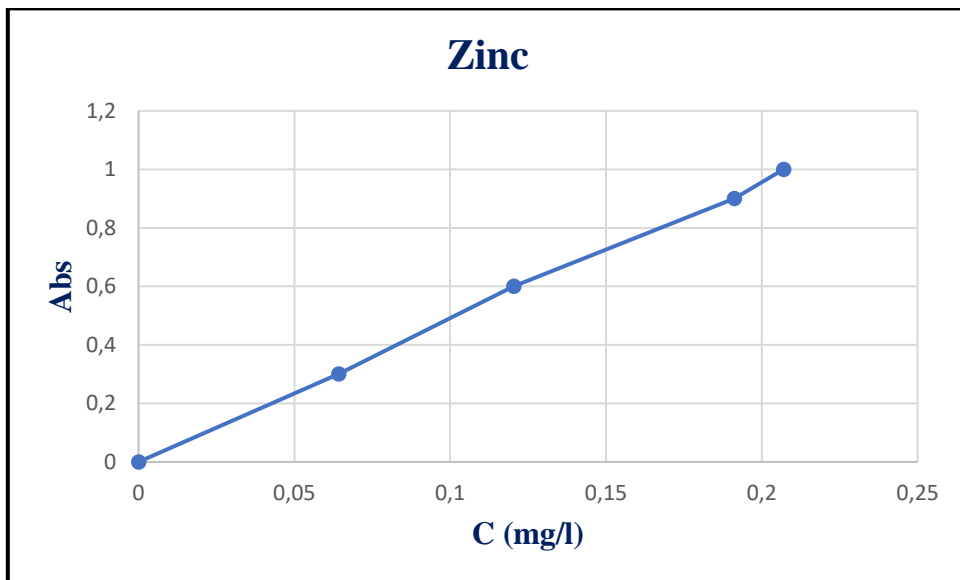
Annexe 7 : protocole suivie pour la recherche des salmonelles



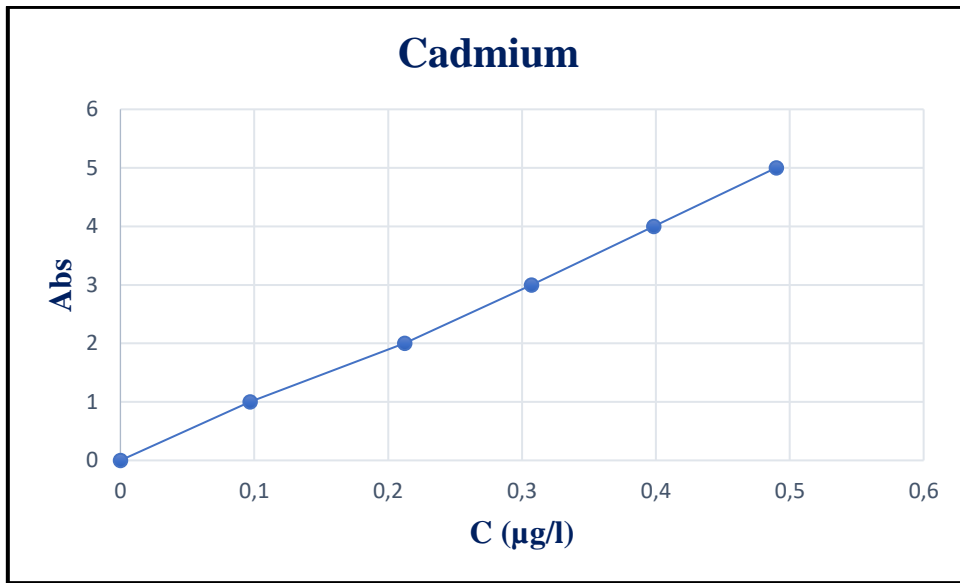
Annexe 8 : gamme d'étalonnage de cuivre.



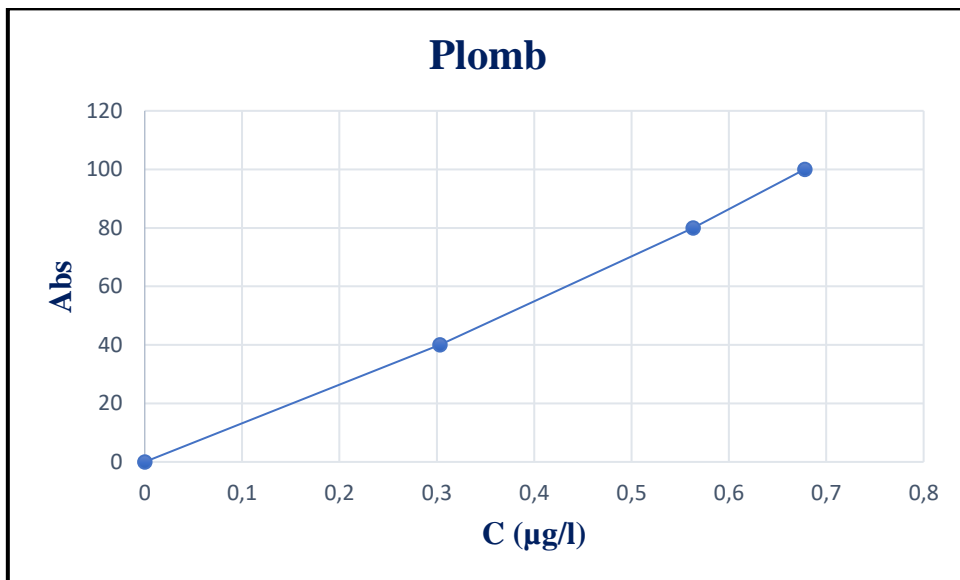
Annexe 9 : gamme d'étalonnage de zinc.



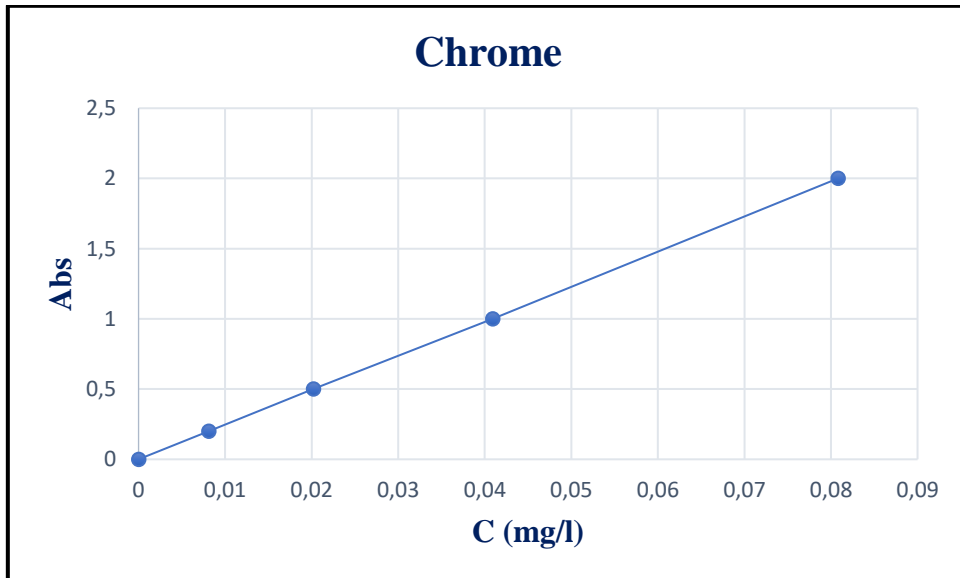
Annexe 10: gamme d'étalonnage de cadmium.



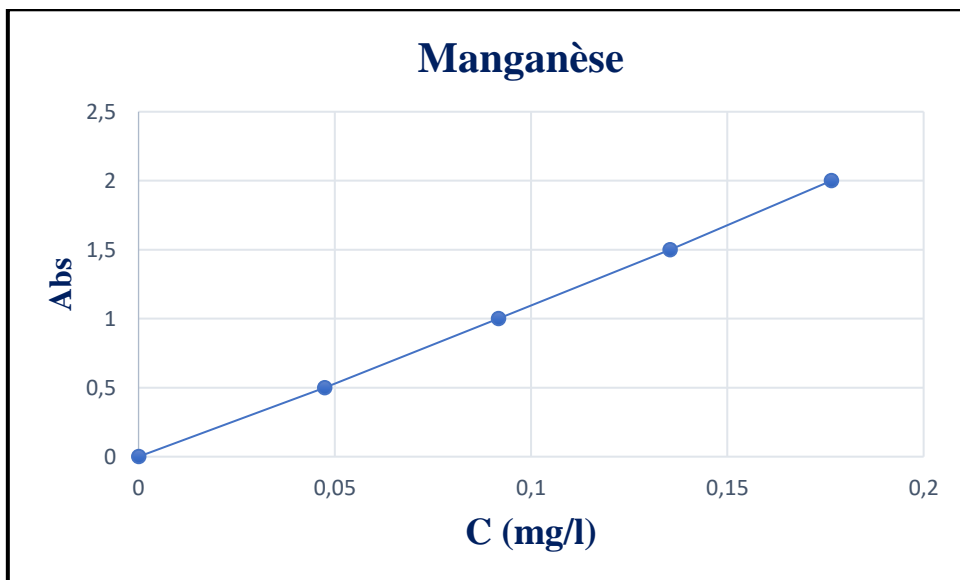
Annexe 11 : gamme d'étalonnage de plomb.



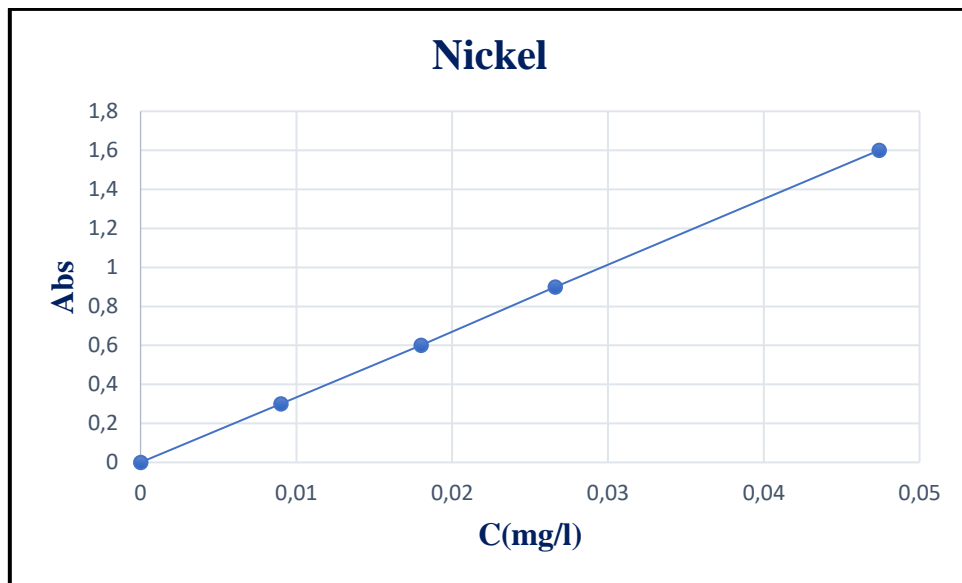
Annexe 12 : gamme d'étalonnage de chrome.



Annexe 13 : gamme d'étalonnage de manganèse.



Annexe 14 : gamme d'étalonnage de nickel.



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



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du
diplôme d'ingénieur en sciences de la mer et du diplôme start-up**

**Domaine : Science de la Nature et de la Vie
Filière : Hydrobiologie marine et continentale
Option : Aquaculture**

Thème :

**Conception d'une éclosérie de bivalve
« SARL AquaPerle »**

Présenté par :

⊗ BOUDJEDIENE Oussama & REMAL Amor Nadhid

⊗ DJABALI Radouane & KACIMI Amina

Soutenu le 11/07/2024

Année universitaire : 2023-2024

Introduction

Le projet de création d'une éclosérie de bivalves vise à répondre à la demande croissante de produits de la mer durables et de haute qualité. Les bivalves, tels que les moules, les huîtres et les palourdes, sont des sources importantes de protéines et jouent un rôle crucial dans l'écosystème marin en filtrant l'eau et en contribuant à la biodiversité.

L'éclosérie proposera une solution innovante et écologique pour la production de naissains de bivalves, en utilisant des techniques avancées de reproduction et de culture. Elle permettra d'améliorer la gestion des ressources marines, de réduire la pression sur les populations sauvages et de soutenir l'industrie conchylicole locale en fournissant des semences de haute qualité et à haut rendement.

Le Business Model Canvas ci-dessous présente les différents éléments clés de ce projet, en détaillant les segments de clientèle visés, la proposition de valeur unique, les canaux de distribution, les relations avec les clients, les sources de revenus, les ressources clés, les activités essentielles, les partenariats stratégiques et la structure des coûts. L'objectif est de créer une entreprise viable et durable qui contribue à la fois à la prospérité économique et à la préservation de l'environnement marin.

I. Premier axe : Présentation du projet

1. Idée de projet

Notre projet porte sur la création d'une écloserie de bivalves en Algérie afin de produire 50 tonnes de naissains de bivalves par an. Nous avons pensée à cette idée vue les difficultés rencontrées par les fermes conchylicoles en approvisionnement des naissains qui viennent de captage du milieu naturel ou d'importation.

Cela se fait par la construction d'une unité de production équipés par un matériel sophistiqué a base des dernières technologies que ce soit dans le pompage, la filtration de l'eau ou bien dans les systèmes de maintien et d'alimentations.

L'implantation de notre projet va être près de la cote dans une zone accessible de bonne qualité écologique afin d'assurer une bonne alimentation en eau de mer.

2. Valeurs proposées

✓ Qualité Supérieure des Naissains :

- Production de naissains de bivalves (moules, huîtres, palourdes) de haute qualité, garantissant une meilleure survie et une croissance rapide.
- Utilisation de techniques avancées de reproduction et de culture pour assurer des naissains vigoureux et résistants aux maladies.

✓ Durabilité Environnementale :

- Contribution à la préservation des populations sauvages en fournissant des naissains de qualité élevée, réduisant ainsi la pression sur les stocks naturels.

✓ Innovation Technologique :

- Adoption des dernières technologies en aquaculture pour optimiser les conditions de croissance des naissains.
- Mise en œuvre de pratiques de gestion durable et de systèmes de surveillance avancés pour garantir une production efficace et respectueuse de l'environnement.

✓ **Disponibilité et Fiabilité :**

- Fourniture régulière et fiable de naissains, assurant une disponibilité constante pour les conchyliculteurs.
- Capacité à répondre rapidement aux besoins du marché et à ajuster la production en fonction de la demande.

✓ **Support Technique et Formation :**

- Offre de services de soutien technique et de formation pour les conchyliculteurs, aidant à optimiser les pratiques de culture et à améliorer les rendements.
- Partenariats avec des instituts de recherche et des experts en aquaculture pour offrir des conseils et des innovations continues.

✓ **Contribution à l'Économie Locale :**

- Création d'emplois locaux et soutien à l'économie régionale par le développement d'une industrie conchylicole florissante.
- Renforcement des communautés locales grâce à des opportunités de formation et de développement professionnel.

3. Equipe de travail

Ce projet va être dirigé par Oussama BOUDJEDIENE, Nadhid REMAL, Amina KACIMI et Redouane DJABALI étudiants de l'école nationale supérieure des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral spécialistes en aquaculture.

Les porteurs de ce projet ont suivi une formation de cinq ans dans le domaine des sciences de la mer dans lesquels trois ans d'études sur l'élevage et la culture des espèces aquatiques, diagnostics et traitement des différentes pathologies rencontrés chez les espèces à intérêt aquacole ainsi que les techniques d'amélioration génétiques, les différents systèmes d'alimentations et les aliments utilisés en élevage aquacole. Au bout de cette formation il y'avait des sorties sur terrain et des stages pratiques au niveau des fermes aquacoles et des établissements spécialistes dans les domaines qui ont permis de se familiariser avec le travail sur terrain et se

rencontrer avec des gens du domaine afin d'échanger les informations et se bénéficier de leurs expériences.

4. Objectifs du projet :

Notre objectif est de devenir le premier producteur de naissains de bivalves en Algérie est couvrir la demande des ferme conchylicoles algériennes.

A court terme on va cibler une part de marché entre 5 et 10% en se basant sur la stratégie suivante :

- ✓ **Demande Locale** : Concentration sur les conchyliculteurs locaux et les marchés régionaux, en particulier les zones côtières de l'Algérie.
- ✓ **Capacité de Production Initiale** : Début modeste avec une production pilote pour tester le marché et affiner les processus.
- ✓ **Marketing et Sensibilisation** : Campagnes de marketing ciblées pour informer les conchyliculteurs des avantages des naissains produits localement.

Nos objectifs à moyen termes visent à dominer 15 à 20% du marché local selon les démarches suivantes :

- ✓ **Expansion de la Production** : Augmentation de la capacité de production en fonction de la demande croissante et de l'optimisation des processus.
- ✓ **Développement de Nouveaux Marchés** : Exploration de nouveaux marchés nationaux et potentiellement des marchés régionaux (Maghreb, Méditerranée).
- ✓ **Partenariats Stratégiques** : Établissement de partenariats avec des institutions de recherche, des agences gouvernementales et des associations de producteurs pour renforcer la crédibilité et l'innovation.
- ✓ **Amélioration de la Qualité et de la Fiabilité** : Renforcement de la qualité des produits et de la fiabilité des livraisons pour fidéliser la clientèle et attirer de nouveaux clients.

A long termes on espère d'avoir un part de 25 à 30% du marché par :

- ✓ **Domination du Marché National** : Établissement en tant que leader sur le marché national avec une forte présence dans les principales régions de production de bivalves en Algérie.
- ✓ **Expansion Internationale** : Exploration des marchés d'exportation, vers les régions où la demande de produits de la mer est élevée.
- ✓ **Innovation Continue** : Investissements continus en recherche et développement pour améliorer les techniques de reproduction et de culture, augmentant ainsi la compétitivité.
- ✓ **Diversification des Produits** : Introduction de nouvelles espèces de bivalves ou de produits dérivés pour répondre à une demande diversifiée.

- ✓ **Engagement Environnemental et Qualité** : Maintien de standards élevés en matière de durabilité environnementale et de qualité, consolidant la réputation de l'écloserie sur le long terme.

5. Calendrier du projet :

- Mois 1-2 : Étude de site

Sélection du site idéal pour l'installation de l'écloserie (qualité de l'eau, accès, etc.).

- Mois 3-4 : Mise en place des infrastructures

Construction des bâtiments et des infrastructures nécessaires.

- Mois 5-6 : Mise en place des équipements

1. **Achat d'équipement** : Acquisition de tout l'équipement nécessaire (systèmes de filtration, bassins, etc.).
2. **Installation des équipements** : Installation et test des équipements.

- Mois 7 : Obtention des autorisations

1. **Permis environnementaux** : Obtention des permis nécessaires pour l'exploitation.
2. **Inspections et certifications** : Passage des inspections et obtention des certifications nécessaires.

- Mois 8 : Recrutement et formation du personnel

1. **Recrutement** : Embauche du personnel nécessaire (techniciens, gestionnaires).
2. **Formation** : Formation du personnel sur les techniques de production et sur l'utilisation des équipements.

- Mois 9-10 : Production pilote

1. **Production pilote** : Lancement d'une production à petite échelle pour tester les processus.
2. **Ajustements** : Ajustements nécessaires basés sur les résultats de la production pilote.

- Mois 11-12 : Début de la production commerciale

1. **Lancement de la production** : Début de la production à grande échelle.

2. **Marketing et ventes** : Mise en œuvre des stratégies de marketing et de vente pour atteindre les clients cibles.

II. Deuxième axe : Aspect innovant

1. Nature des innovations

L'écloserie de bivalves intégrera plusieurs technologies avancées pour optimiser les conditions de culture et assurer une production de haute qualité. Les innovations technologiques incluront :

- ✓ **Systèmes de contrôle de la température** : Utilisation de capteurs précis et de systèmes de régulation automatisés pour maintenir la température de l'eau à des niveaux optimaux pour la croissance et la reproduction des bivalves. Cela permet de reproduire les conditions naturelles et de maximiser la survie et la croissance des larves.
- ✓ **Gestion des nutriments** : Développement de régimes alimentaires spécialisés et utilisation de systèmes de distribution automatisés pour fournir aux bivalves les nutriments essentiels à chaque stade de leur développement. Cela inclut l'utilisation de microalgues cultivées sur place, garantissant une alimentation fraîche et nutritive.
- ✓ **Surveillance et gestion de la qualité de l'eau** : Intégration de systèmes de monitoring en temps réel pour surveiller la qualité de l'eau, incluant des paramètres tels que l'oxygène dissous, le pH, et la turbidité. Ces données seront utilisées pour ajuster les conditions environnementales de manière proactive et prévenir les problèmes potentiels avant qu'ils n'affectent la production.
- ✓ **Mise en œuvre de pratiques durables pour minimiser l'impact environnemental** : Le projet mettra un accent particulier sur la durabilité et le respect de l'environnement par la mise en place de stratégies de gestion des déchets pour traiter et valoriser les sous-produits de l'écloserie. Par exemple, les coquilles de bivalves peuvent être utilisées comme matériaux de construction ou amendement agricole, créant ainsi une économie circulaire.

2. Domaines d'innovation

- ✓ **Biotechnologie aquacole** : Application de techniques biotechnologiques pour améliorer la résilience et la croissance des bivalves. Cela pourrait inclure la sélection génétique pour des traits favorables comme la résistance aux maladies et la tolérance aux variations environnementales.
- ✓ **Gestion durable des ressources marines** : Adoption d'une approche holistique qui considère l'ensemble de l'écosystème marin. L'écloserie travaillera en collaboration avec

des chercheurs et des autorités locales pour surveiller l'impact de ses activités et ajuster ses pratiques afin de protéger la biodiversité marine.

III. Troisième axe : Analyse stratégique du marché

1. Segment du marché

L'analyse du marché révèle une demande croissante pour les fruits de mer sur le plan local. Cette tendance est alimentée par une prise de conscience accrue des bienfaits pour la santé des produits de la mer et par une demande croissante pour des sources de protéines durables et de haute qualité.

En Algérie, la consommation de fruits de mer est en hausse, notamment dans les régions côtières où la tradition culinaire inclut largement les produits de la mer. Le développement de l'écloserie de bivalves répondra à la demande des fermes conchylicoles de grossissement afin de couvrir le manque de ces produits au marché.

2. Intensité de la concurrence

Analyse des concurrents existants et de leur part de marché

- ❖ **Concurrence locale** : En Algérie, il n'existe pas une production des naissains de bivalves, ce qui offre une opportunité unique de se positionner comme leader du marché.
- ❖ **Concurrence internationale** : À l'échelle mondiale, les producteurs de bivalves établis dans des pays comme la France, l'Espagne, et les Pays-Bas sont des concurrents notables. Ces pays disposent d'infrastructures bien développées et de techniques de production avancées.

3. Stratégies pour se différencier

Pour se faire la différence dans nos produits et services on va viser les points suivants :

- ✓ **Qualité** : La qualité des produits sera le principal facteur de différenciation. En garantissant des bivalves de haute qualité, cultivés dans des conditions optimales, l'écloserie pourra se distinguer de ses concurrents.

- ✓ **Prix** : Offrir des produits à des prix compétitifs grâce à l'optimisation des processus de production et à l'utilisation des ressources locales permettra de capter une part importante du marché.
- ✓ **Durabilité** : La mise en œuvre de pratiques durables et la certification de l'écloserie selon des standards internationaux renforceront la réputation de l'entreprise et attireront les consommateurs soucieux de l'environnement.

4. Stratégie marketing

Afin d'attirer le maximum de clientèle on se soit basé sur la stratégie suivante :

- ✓ **Éducation des consommateurs** : Mettre en place des campagnes d'information pour sensibiliser le public aux avantages nutritionnels et environnementaux des bivalves. Utiliser les médias sociaux, les sites web, et les événements locaux pour diffuser ces informations.
- ✓ **Stories et transparence** : Utiliser des narrations visuelles (photos, vidéos) pour montrer le processus de production, mettant en lumière les pratiques durables et les technologies innovantes utilisées. La transparence dans les opérations renforcera la confiance des consommateurs.
- ✓ **Événements** : participer à des foires et salons professionnels pour présenter les bivalves aux acheteurs potentiels et au grand public. Cela permettra de créer une connexion directe avec les consommateurs et de recueillir des retours précieux.

IV. Quatrième axe : Plan de production et organisation

1. Processus de production :

Le processus de production des bivalves dans l'écloserie suit une série d'étapes bien définies pour garantir une croissance optimale et une qualité supérieure des produits finaux :

- ❖ **Sélection et préparation des géniteurs** : Les géniteurs (bivalves adultes) sont sélectionnés pour leurs caractéristiques désirables (taille, santé, croissance rapide) et sont préparés dans des conditions contrôlées pour induire la ponte.
- ❖ **Induction de ponte** : Les géniteurs sont exposés à des stimuli environnementaux (changements de température, de salinité) pour encourager la ponte. Les œufs et le sperme sont collectés et fécondés in vitro.
- ❖ **Incubation des œufs** : Les œufs fécondés sont placés dans des récipients d'incubation où les conditions (température, salinité, oxygène) sont strictement contrôlées pour favoriser le développement des larves.
- ❖ **Culture des larves** : Les larves passent par plusieurs stades de développement avant de devenir des post-larves. Elles sont nourries avec des microalgues spécialement cultivées pour assurer une croissance saine.
- ❖ **Fixation et métamorphose** : Les post-larves se fixent sur des substrats appropriés et subissent une métamorphose pour devenir de jeunes bivalves. À ce stade, elles sont transférées dans des bassins de croissance.
- ❖ **Croissance et engraissement** : Les jeunes bivalves sont élevés jusqu'à atteindre une taille commerciale. Cette phase inclut un contrôle constant de la qualité de l'eau et de l'alimentation.
- ❖ **Récolte** : Une fois les bivalves atteints de la taille désirée, ils sont récoltés, triés et préparés pour la vente.

2. Approvisionnement

- ✓ **Géniteurs de bivalves** : les géniteurs peuvent être obtenues soit par cueillettes du milieu naturels, soit en les achetant auprès de fournisseurs spécialisés. Pour garantir une qualité supérieure, l'écloserie maintiendra une banque de géniteurs.

- ✓ **Nutriments** : Les bivalves sont principalement nourris de microalgues. L'écloserie développera ses propres cultures de microalgues pour assurer une alimentation fraîche et nutritive. Les milieux de culture nécessaires à la culture des microalgues ainsi que les souches seront obtenues auprès de fournisseurs certifiés.

3. Main d'œuvre

- ✓ **Techniciens en aquaculture** : Responsables des opérations quotidiennes de l'écloserie, incluant le soin des géniteurs, la gestion des larves, et la surveillance des conditions de l'eau. Ils doivent avoir une formation en biologie marine ou aquaculture.
- ✓ **Gestionnaires de projets** : Supervisent l'ensemble du projet, assurent la coordination entre les différentes équipes, et gèrent les relations avec les partenaires et les clients. Une expérience en gestion de projets et une connaissance du secteur aquacole sont nécessaires.

4. Principaux partenaires

Collaborations avec des instituts de recherche, des organisations gouvernementales et des entreprises privées

- ✓ **Instituts de recherche** : Collaboration avec des universités et des centres de recherche en biologie marine et aquaculture pour bénéficier de leur expertise scientifique, participer à des projets de recherche, et rester à la pointe des innovations technologiques.
- ✓ **Organisations gouvernementales** : Travailler avec les ministères de l'Agriculture et de la Pêche pour obtenir les autorisations nécessaires, accéder aux subventions et aux programmes de soutien, et aligner les pratiques de l'écloserie avec les politiques nationales de développement durable.
- ✓ **Entreprises privées** : Partenariats avec des fournisseurs d'équipements et de nutriments pour garantir un approvisionnement fiable et de qualité. Collaboration avec des distributeurs et exportateurs pour accéder aux marchés locaux et internationaux.

V. Cinquième axe : Plan financier

1. Coûts d'Installation

Catégorie	Détail	Coût (DZD)
Infrastructure	Chambre d'élevage, laboratoire, phytoplancton	10,000,000
Matériel Chimique et Thermique	Produits chimiques, systèmes de contrôle de température	2,000,000
Équipements de Laboratoire	Microscopes, équipements de mesure de qualité de l'eau	3,000,000
Filtres et Systèmes de Filtration	Filtration mécanique, biologique, chimique	2,000,000
Tuyauterie et Réservoirs	Distribution de l'eau, réservoirs pour larves et géniteurs	3,000,000
Total des Coûts d'Installation		20,000,000

2. Coûts Annuels d'Exploitation

Catégorie	Détail	Coût (DZD)
Main d'œuvre	Salaires du personnel (techniciens, gestionnaires)	10,000,000
Nourriture pour Phytoplancton	Nutriments spécifiques	1,000,000
Entretien et Réparation	Matériel de laboratoire, filtres, systèmes de contrôle	1,500,000
Énergie	Électricité pour systèmes de chauffage, éclairage	1,500,000
Total des Coûts Annuels		14,000,000

3. Revenus

Source de Revenus	Détail	Revenu Estimé (DZD)
Vente de Naissains	50 tonnes à 500,000 DZD/tonne	25,000,000
Services de Consultation	Formation et support personnalisé	3,000,000
Partenariats et Subventions	Financement supplémentaire	2,000,000
Total des Revenus		30,000,000

4. Résultats Financiers

Élément	Montant (DZD)
Chiffre d'Affaires	30,000,000
Coûts Annuels	14,000,000
Bénéfice net	16,000,000

VI. Sixième Axe : Prototype expérimental



« Schéma général de l'écloserie AquaPerle »

Légende :

- | | |
|---|---|
| 1. Administration | 9. Salle d'incubation des larves |
| 2. Salle de réunion | 10. Salle de croissance et stockage des naissains |
| 3. Vestiaire | 11. Bureau d'accueil |
| 4. Culture des microalgues | 12. Laboratoire |
| 5. Stockage de produits chimique | 13. Dépôt de distribution |
| 6. Stockage de matériels | 14. Camions |
| 7. Poste police | 15. Parking |
| 8. Salle de conditionnement des géniteurs | |

<p align="center">Partenaires Clés</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instituts de recherche marine. • Universités. • Fournisseurs d'équipements aquacoles. • Entreprises de biotechnologie. • Organisations Non Gouvernementales : environnementales. • Investisseurs et Institutions Financières. • Partenaires Techniques et Consultants. 	<p align="center">Activités Clés</p> <ul style="list-style-type: none"> • Études de faisabilité. • Conception de l'écloserie. • Permis environnementaux, autorisation de construction et d'exploitation. • Construction de l'infrastructure et Installation des équipements. • Acquisition des Géniteurs et Production de Larves. • Culture et Élevage des Naissains. • Gestion de la Qualité de l'Eau. • Commercialisation et Distribution. • Recherche et Développement. 	<p align="center">Proposition de valeur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Qualité Supérieure des Produits • Réponse aux Besoins du Marché • Soutien au Développement Durable • Stabilité et Sécurité de l'Approvisionnement • Contribution à l'Économie Locale • Innovation et Expertise • Éducation et Formation • Partenariats Stratégiques • Engagement envers la Sécurité Alimentaire • Support Technique et Conseils 	<p align="center">Relation Client</p> <ul style="list-style-type: none"> • Service Personnalisé • Support Technique et Assistance • Formation et Éducation • Communication Régulière • Feedback et Amélioration Continue • Programmes de Fidélisation • Flexibilité et Adaptabilité • Satisfaction Client • Partenariats Long Terme 	<p align="center">Segments Clients</p> <ul style="list-style-type: none"> • Producteurs de Bivalves : Aquaculteurs, Petits et moyens producteurs, Grands producteurs industriels. • Distributeurs et Commerçants : Grossistes en fruits de mer, Marchés locaux et régionaux. • Institutions de Recherche et Universités : Centres de recherche aquacole, Universités et écoles maritimes. • Organisations Non Gouvernementales (ONG) et Programmes de Conservation : ONG environnementales, Programmes de conservation des habitats.
	<p align="center">Ressources Clés</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ressources Humaines : Personnel technique, administratif et la main-d'œuvre. • Infrastructure et Installations : Bâtiments et structures, bassins et réservoirs et les systèmes de pompage et de filtration. • Équipements de laboratoire et culture. • Technologie de suivi et de gestion. • Ressources Financières : Capital de départ, Financement continu. • Ressources Naturelles : Eau de mer. 		<p align="center">Canaux</p> <ul style="list-style-type: none"> • Canaux de Communication : Site Web, Réseaux Sociaux, Newsletter par Email, Publicité en Ligne, Salons et Conférences, Relations Publiques. • Canaux de Distribution : Vente Directe, Distributeurs et Grossistes, Marchés Locaux et Régionaux, Plateformes de Commerce en ligne. 	
<p align="center">Structure de Coûts</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coûts d'installation et d'infrastructure : 10,000,000. • Salaires du personnel : 10,000,000. • Coûts des équipements et consommables : 11,000,000. • Coûts d'entretien et de réparation : 1,500,000. • Coûts d'énergie : 1,500,000. • Coûts de marketing : 1,000,000 • Total des Coûts : 35,000,000. 		<p align="center">Flux de revenus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vente de Naissains : Naissains de Bivalves, Vente en gros, Vente au détail. • Services de Formation et de Consultation : Formation Professionnelle, Consultation Technique. • Activités Touristiques et Éducatives : Visites Guidées, Ateliers et Événements. • Commercialisation de Sous-produits de bivalves • Modèle de Tarification : Tarification Basée sur le Volume, Tarification Premium, Abonnements et Contrats à Long Terme. 		