

الْجُمْهُورِيَّةُ الْجَزَائِرِيَّةُ الدِّيمُقْرَاطِيَّةُ الشَّعْبِيَّةُ

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOÛT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Écotoxicologie Animale

Intitulé

L'impact de la pollution sur l'âge et la croissance des moules *Mytilus galloprovincialis*(Lamarck, 1819) sur les côtes de Skikda.

Présenté Par : - Ramdane Khawla

- Rechak Amina

-Toumi Roumaissa

- Safi Youssra

Membres de Jury:

Nadji Safia

MCA

Présidente

Université 20 août 1955- Skikda

Bouhali Fatma zohra

MCA

Directrice de mémoire

Université 20 août 1955- Skikda

Bougdah Mounira

MCB

Examinatrice

Université 20 août 1955- Skikda

Année universitaire 2024/2025

Remerciement

Avant tout, nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la force et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce mémoire de fin d'études.

Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude au Laboratoire d'Analyse des Eaux (Al-Raja) pour le soutien matériel et technique apporté à la réalisation de ce travail.

Nous remercions sincèrement les membres du jury, **Dr Nadji.S** et **Dr Bougdah.M**, d'avoir accepté d'évaluer ce mémoire et de contribuer, par leurs remarques et suggestions, à son enrichissement scientifique.

Nos remerciements les plus chaleureux vont à **Dr Bouhali** pour son accompagnement, ses conseils éclairés et son engagement constant. Sa disponibilité et son soutien indéfectible ont été essentiels à l'aboutissement de ce travail.

Nous tenons également à remercier l'ensemble des enseignants et collègues de la Faculté des Sciences, dont l'amitié, la bienveillance et le soutien moral nous ont été précieux tout au long de cette aventure académique.

À toutes et à tous, nous exprimons notre sincère reconnaissance.

Dédicace :

*Je remercie **Dieu** qui m'a accordé la persévérance et la réussite pour atteindre ce succès.*

À mon cher père, merci infiniment pour tous les sacrifices, le soutien moral et matériel, et ta présence constante à mes côtés tout au long de mes études. Sans toi, je n'aurais jamais pu arriver là où j'en suis aujourd'hui.

À ma précieuse mère, merci pour tes prières, ton amour, ta présence et ton encouragement. Je te dédie cette réussite en signe de reconnaissance et je prie de tout cœur pour que Dieu te protège aussi longtemps que je vivrai.

À ma grand-mère, tu as été comme une seconde mère pour moi. Tu as pris soin de moi et tu m'as soutenue dans les moments difficiles. Merci du fond du cœur.

À mes chers frères et sœur : Alla Eddine, Yasser, Zakaria et Lina, je vous remercie pour votre amour et votre présence.

À toute ma famille, chacun d'entre vous, merci.

À mes collègues et ami(e)s, merci à vous aussi pour votre soutien et vos encouragements.

Yusra

Dédicace :

*Je remercie **Dieu** qui m'a accordé la persévérance et la réussite pour atteindre ce succès.*

À mon cher père, (Rabie) merci infiniment pour tous les sacrifices, le soutien moral et matériel, et ta présence constante à mes côtés tout au long de mes études. Sans toi, je n'aurais jamais pu arriver là où j'en suis aujourd'hui.

À ma précieuse mère, (khachaba Chrifa) merci pour tes prières, ton amour, ta présence et ton encouragement. Je te dédie cette réussite en signe de reconnaissance et je prie de tout cœur pour que Dieu te protège aussi longtemps que je vivrai.

À mes chers frères et sœur : Rachida, Farida, Ammar, Aissa, hamza, Aissa, Abd-El-Ghani, Seif-Eddine, je vous remercie pour votre amour et votre présence et votre soutien dans les moments les plus difficiles.

À mes belles sœurs et les neveux et les nieces je vous remercie pour votre amour et votre présence.

À mes collègues et ami(e)s, merci à vous aussi pour votre soutien et vos encouragements.

Amina

Dédicace

*Je voudrais d'abord dire
merci à **Dieu** d' avoir eu le courage et la force de prendre cette tâche à bon port .*

Je dédie ce travail :

*À Mon cher Père, qui a donné un effort énorme pour moi tout au long de
mon trajet . Si tu n'étais pas là, je
n'aurais jamais disposé de la résilience nécessaire pour arriver à ce niveau . Ce
travail est la rémunération du sacrifice que tu as fait pour ma formation et
ma scolarité.*

Que Dieu te protège et te garde.

*À Ma chère Mère, qui m'a toujours soutenue et encouragée à poursuivre mes rêves, et
qui m'a aidée à persévérer pour atteindre mes objectifs. Je t'aime, ma merveilleuse
Maman.*

*À mon frère et ma sœur; pour leur soutien moral et leurs précieux conseils tout au
long de mes études.*

*Et enfin, à mes amies Yousra, Khawla, Amina, pour leur amour et leur soutien
constant.*

Roumaissa

Dédicace

Louange à Dieu, mon Seigneur, qui m'a guidé et facilité la réalisation de ce travail académique

. J'exprime ma sincère gratitude, A mes parents et ma famille.

Maman

J'offre mon amour le plus profond à ma mère, qui n'a jamais été avare de rien, que ce soit pour son soutien moral ou matériel, ses prières ou ses veillées tardives pour partager ma fatigue.

Papa

Et à mon père, qui m'a soutenu, qui est resté à mes côtés et qui a travaillé dur pour moi tout au long de ces années.

Mes grands parents

Je remercie mes grands-mères et mon grand-père pour leurs prières sincères et leur soutien à tout moment.

Mes frères

Je remercie mes frères pour leur soutien et leur bonheur. J'espère que Dieu les protégera.

Mes amis

Je remercie mes collègues et amis qui ont partagé avec nous la joie et la fatigue nécessaires pour mener à bien ce travail académique.

Louange à Dieu.

Khawla

Sommaire :

Remerciements	
Dédicace	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Résumé (Français, Anglais, Arab)	
Introduction.....	1

Chapitre 01 : Généralité

1.Présentation de l'espèce <i>Mytilus galloprovincialis</i>	4
2.La biologie de la moule <i>Mytilus galloprovincialis</i>	7
3.Nourriture.....	8
4.La physiologie.....	8
5.Contamination et intoxication.....	12
6.L'appareil byssogène.....	12
7.Les glandes	12
8.Le byssus.....	14
9.L'inérêt écologique de la moule <i>Mytilus galloprovincialis</i> comme un bioindicateur de pollution.....	15
10.Les statistiques de pêche.....	16

Chapitre 02 : Matériel et Méthodes

1.Présentation de la zone d'étude (ZE).....	20
2.Présentation des sites d'échantillonnage.....	20
3.Présentation de la ferme Royale Aqua.....	23
4.Technique et stratégie d'échantillonnage.....	26
4.1. Au niveau de Collo.....	26
4.2. Au niveau d'El Marsa.....	27
5.Prélevement d'eau.....	28
5.1.Echantillonnage et prélèvement	28

6. Traitement statistiques.....	32
6.1. Distribution de fréquence de taille.....	32
6.2. Relation biométrique.....	32
6.3. Relation taille poids.....	32
6.4. Croissance linéaire.....	33
6.5. Etude de l'âge.....	33
6.6. Sexe ration.....	34
6.7. Etude des performances de croissance de <i>Mytilus galloprovincialis</i> (ϕ)	34
6.8. Indice de conditions humide IC%.....	34
6.9. Indice de conestibilité (PE%).....	35

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

1. Résultats et discussion.....	36
1.1. Données descriptives individuelles de <i>M. galloprovincialis</i>	36
2.1. Relation biométrique.....	38
3.1. Relation taille -poids.....	40
2. Sexe-Ration.....	42
3. Performance de croissance de <i>M. galloprovincialis</i>	44
3.1. indice de conditions humides (IC%).....	44
3.2. Indice de conestibilité (Pe%).....	46
4. Modélisation de la croissance par FISAT.....	47
4.1. Site Collo.....	47
4.1.1. Estimation de l'âge.....	47
4.1.2. Croissance linéaire	48
4.2. Site El Marsa	49
4.2.1. Estimation de l'âge	49
4.2.2. Croissance linéaire	50
5. Interprétation (estimation de l'âge).....	51
5.1. Analyses des classes d'âge (méthode de Bhattacharya).....	51
5.2. Courbe de croissance de Von Bertalanffy (VBGF).....	52

5.3.La croissance pomnderale.....	52
6.Analyses des paramètres de qualité des eaux marines	53
6.1.Analyses physique-chimie53
6.2.Analyses microbiologique	54
Conclusion.....	58
Les références bibliographiques.....	.60

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 01	Anatomie général d'un bivalve.	05
Figure 02	La répartition géographique mondial de <i>Mytilus galloprovincialis</i> .	06
Figure 03	Anatomie de <i>Mytilus galloprovincialis</i> .	07
Figure 04	Le système nerveux chez la moule <i>Mytilus galloprovincialis</i> .	09
Figure 05	Le système digestif chez la moule <i>Mytilus galloprovincialis</i> .	10
Figure 06	Le système respiratoire et l'appareil branchial chez <i>M. galloprovincialis</i> .	11
Figure 07	L'appareil circulatoire chez la moule <i>Mytilus galloprovincialis</i> .	11
Figure 08	Disposition du byssus et fixation sur substrats.	15
Figure 09	Evolution de la production aquacole mondiale de 1990 à 2022.	17
Figure 10	Quantités (en tonnes) des moules d'élevage pêchées en Asie, l'Europe et l'Amérique du sud et la nouvelle Zélande.	18
Figure 11	Carte géographique de la wilaya de Skikda (Qgis) (présente étude, 2025).	20
Figure 12	Site 1 (Collo).	21
Figure 13	Site 2 (EL Marsa).	22
Figure 14	La ferme ROYALE AQUA.	23
Figure 15	Localisationdescages flottantesà la ferme Royale Aqua (Google Earth, 2025).	23
Figure 16	Cage flottante.	24
Figure 17	Les filets de cage flottante.	24
Figure 18	Filet et support anti-oiseux.	25
Figure 19	Bacs de transport.	25
Figure 20	Flotteur.	26
Figure 21	Technique d'échantillonnage (Site Collo).	27
Figure 22	Technique d'échantillonnage (Site El Marsa).	28
Figure 23	L'échantillon d'eau.	29
Figure 24	Préparation des échantillons au laboratoire.	30
Figure 25	Matériel des paramètres physiques et chimiques.	31
Figure 26	Paramètres bactériologiques.	31
Figure 27	Relation biométriques entre longueur totale et largeur totale (site Collo).	38
Figure 28	Relation biométriques entre longueur totale et largeur totale (site El marsa).	39
Figure 29	Relation taille-poids de <i>M. galloprovincialis</i> (site Collo).	40
Figure 30	Relation taille-poids de <i>M. galloprovincialis</i> (site El marsa).	41
Figure 31	Répartition de sex-ratio globale de <i>M. galloprovincialis</i> (site El marsa).	43
Figure 32	Répartition de sex-ratio globale de <i>M. galloprovincialis</i> (site Collo).	44
Figure 33	Indice de condition (IC%) de <i>M. galloprovincialis</i> (site Collo).	44
Figure 34	Indice de condition (IC%) de <i>M. galloprovincialis</i> (site El Marsa).	45
Figure 35	Indice d'épaisseur de structure (Pe%) de <i>M. galloprovincialis</i> (site Collo).	46
Figure 36	Indice d'épaisseur de structure (Pe%) de <i>M. galloprovincialis</i> (Site El Marsa).	46

Figure 37	Décomposition de la distribution de fréquences de tailles <i>M. galloprovincialis</i> en Cohortes par la méthode de Bhattacharya (1967) Fisat II (version 1.2.0)	48
Figure 38	Courbes de croissance de Von Bertalanffy (VBGF) de <i>Mytilus galloprovincialis</i> superposées aux histogrammes de fréquence de longueur restructurés (Données obtenues à l'aide du logiciel du logiciel FISAT II (version 1.2.0) la méthode ELEFAN-I (Site Collo).	48
Figure 39	Courbe de croissance linéaire standard de (P.t) de <i>M. galloprovincialis</i> .	49
Figure 40	Décomposition de la distribution de fréquences de tailles <i>M. galloprovincialis</i> en cohortes par la méthode de Bhattacharya (1967) (FISAT II, 2005). (El Marsa).	50
Figure 41	Courbes de croissance de Von Bertalanffy (VBGF) de <i>Mytilus galloprovincialis</i> superposées aux histogrammes de fréquence de longueur restructurés (Données obtenues à l'aide du logiciel du logiciel FISAT II (version 1.2.0) la méthode ELEFAN-I. (Site ELMarsa)	50
Figure 42	Courbe de croissance linéaire standard de (P.t) de <i>M. galloprovincialis</i> (El Marsa).	51

Listes des tableaux

N	Titre	Page
Tableau 01	les coordonnées du site d'échantillonnage Collo.	22
Tableau 02	Distribution des caractéristiques morpho métriques et pondéraux, caractéristiques du poids, et de sexe de 572 individus de l'espèce « <i>M. galloprovincialis</i> » dans eux 305 femelles et 267 males.	36
Tableau 03	Tableau descriptives des valeurs statistiques des tailles différentes d'une population de <i>M. galloprovincialis</i> (minimale, maximum, moyenne, écartype, coefficient de variation) en fonction des variables suivants : (longueur, largeur, poids totales, poids de la chaire, poids de la coquille).	37
Tableau 04	Les résultats de la relation biométrique.	39
Tableau 05	Les résultats de la relation taille –poids.	41
Tableau 06	Différentes relations dans différents fermes et leur coefficient de détermination avec le type d'allométrie.	42
Tableau 07	Sex-ratio globale de <i>M. galloprovincialis</i> : Site Elmarsa(a), Site Collo(b).	42
Tableau 08	Représentation des résultats de la clé âge-longueur de <i>M. galloprovincialis</i> .	47
Tableau 09	Résultats de paramètres de croissance.	48
Tableau 10	Représentation des résultats de la clé âge-longueur de <i>M. galloprovincialis</i> (El Marsa).	49
Tableau 11	Résultats de paramètres de croissance.	50
Tableau 12	Paramètres de croissance obtenus par différents auteurs pour <i>Mytilus galloprovincialis</i> .	53
Tableau 13	les analyses physicochimiques dans le site (El Marsa).	54
Tableau 14	Analyse Microbiologique (Mars 2025 – El Marsa et Collo).	55
Tableau 15	Analyses microbiologiques (Avril 2025_El Marsa et Collo).	55
Tableau 16	Résultats des analyses physicochimiques et microbiologique (El Marsa et Collo).	56

Liste d'abréviation :

Symboles	Définitions
Fao	Food and Agriculture Organisation
Tab	Tableau
Fig	Figure
m	mètre
Km	Kilomètre
ArcGIS	Arc Geographic Information System
N	Nord
E	Est
EGPP	Entreprise de Gestion des Ports et Abris de Pêche
DPRHS	Direction de la pêche et des ressources halieutiques de Skikda
cm	Centimètre
g	Gramme
Pt	Poids totale
Pch	Poids de la chaire
Pcq	Poids de la coquille
ADE	Algérienne des eaux
T	Température
DBO5	Demande Biochimique en Oxygène
MES	Matière en suspension

TDS	Totale des sels dissous
Cl	Chlorure
Mg	Magnésium
Ca	Calcium
TAC	Titre alcalimétrique complet
CT	Coliformes Totaux
CF	Coliformes Fécaux
FISAT	FAO-ICLARM Stock Assessment Tools
L_{∞}	Longueur asymptotique
L	Longueur
L_t	Longueur total
L_r	Largeur
K	Coefficient de croissance
L_t	Longueur à l'instant (t)
SR	Sex-ratio
ϕ	Indice de performance de croissance
IC	Indice de condition humide
PE	Indice de comestibilité
C°	Température en (Degrée Celsius)
HC	Hydrocarbures
TH	Dureté totale

Résumé :

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de la pollution sur les paramètres de croissance de la moule *Mytilus galloprovincialis*, à savoir les relations biométriques (longueur- largeur), la longueur asymptotique (L_{∞}), le coefficient de croissance (K) de l'équation de Von Bertalanffy, et d'établir la relation longueur-poids afin de déterminer le type d'allométrie. Pour atteindre ces objectifs, deux stations (Collo et El Marsa) ont été sélectionnées, la 1^{ère} en fonction de leur proximité aux portes de pêche. Un échantillonnage de moules (N = 224/station Collo, N = 348/station El Marsa) a été effectué mensuellement pendant 03 mois. Les paramètres biométriques mesurés sont le poids total, le poids de chair, la longueur, la largeur. Le traitement des données a été réalisé à l'aide du logiciel FiSAT version 1.2.2.

Les premiers résultats obtenus montrent que l'âge de la moule atteint 3 ans sur les deux sites ; les paramètres de croissance estimés chez les moules issues des lâchers de la station Collo sont significativement plus faibles ($L_{\infty} = 12,28\text{cm}$ et $K = 0,25\text{an}^{-1}$) par rapport à l'autre station El Marsa ($L_{\infty} = 18,34\text{cm}$ et $K = 0,19$). L'indice de performance de croissance (ϕ) est plus de 1 pour les moules des deux sites.

La détermination des différentes droites de régression révèle l'existence de bonnes corrélations ($r^2 > 0,77$ (Collo) et $r^2 > 0,74$ (El Marsa)) entre la longueur et le poids total. De plus, les moules collectées aux différentes stations présentent une allométrie majorante ($b > 3$). En effet, le poids total augmente proportionnellement, mais moins rapidement, que la longueur. Pour la relation biométrique (longueur- largeur) au niveau du site de Collo ($r^2 = 0,88$), ce qui montre une bonne cohérence avec les résultats de la littérature. En revanche, au niveau de la station de El Marsa, la corrélation était très faible ($r^2 = 0,08$), ce qui indique une absence de relation significative entre la longueur et la largeur ; Cette différence peut être expliquée par plusieurs facteurs environnementaux, notamment : La qualité et la disponibilité de la nourriture, la température, la salinité ; Ainsi que d'autres conditions écologiques propres à chaque site.

Mots-clés : *Mytilus Galloprovincialis*, paramètres de croissance, croissance, relation longueur-poids, pollution, les côtes de Skikda.

Abstract :

The objective of this study was to assess the impact of pollution on the growth parameters of the mussel *Mytilus galloprovincialis*, namely the biometric relationships (length-width), asymptotic length (L_{∞}), the growth coefficient (K) of the Von Bertalanffy equation, and to establish the length-weight relationship in order to determine the allometric type. To achieve these objectives, two stations (Collo and El Marsa) were selected, the first based on their proximity to the fishing ports. Mussel sampling (N = 224/station Collo, N = 348/station El Marsa) was carried out monthly for three months. The biometric parameters measured were total weight, flesh weight, length, and width. Data processing was performed using FiSAT software version 1.2.2. The first results obtained show that the age of the mussel reaches 3 years on both sites ; The estimated growth parameters of mussels released from the Collo station are significantly lower ($L_{\infty} = 12.28$ cm and $K = 0.25$ year⁻¹) compared to the other El Marsa station ($L_{\infty} = 18.34$ cm and $K = 0.19$). The growth performance index (ϕ') is greater than 1 for mussels from both sites.

The determination of the different regression lines reveals the existence of good correlations ($r^2 > 0.77$ (Collo) and $r^2 > 0.74$ (El Marsa) between length and total weight. In addition, the mussels collected at the different stations exhibit an allometry increase ($b > 3$). Indeed, total weight increases proportionally, but less rapidly, than length. For the biometric relationship (length-width) at the Collo site ($r^2 = 0.88$), this shows good consistency with the results in the literature. In contrast, at the El Marsa station, the correlation was very weak ($r^2 = 0.08$), indicating a lack of a significant relationship between length and width. This difference can be explained by several environmental factors, including: Food quality and availability, temperature, salinity; As well as other ecological conditions specific to each site.

Keywords : *Mytilus Galloprovincialis*, growth parameters, growth, length-weight relationship, pollution, Skikda coast.

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير التلوث على معايير نمو بلح البحر

Mytilus galloprovincialis ، من خلال حساب العلاقات البيومترية (الطول-العرض) ، والطول المقارب (L_{∞}) ، ومعامل النمو (K) لمعادلة Von Bertalanffy ، وتحديد علاقة الطول-الوزن لتحديد النوع المتغير. ولتحقيق هذه الأهداف، تم اختيار محطتين (القل والمرسى)، الأولى بناءً على قربها من موانئ الصيد. أُخذت عينات من بلح البحر (عدد = 224/محطة القل، عدد = 348/محطة المرسى) شهرياً لمدة ثلاثة أشهر. وشملت المعايير البيومترية المقاسة الوزن الكلي، ووزن اللحم، والطول، والعرض. عولجت البيانات باستخدام برنامج FiSAT الإصدار 1.2.2. وأظهرت النتائج الأولية أن عمر بلح البحر يصل إلى 3 سنوات في كلا الموقعين؛ كانت معلمات النمو المقدرة لبلح البحر المطلق من محطة القل أقل بكثير $L_{\infty} = 12.28$ سم و $K = 0.25$ سنة-1 مقارنةً بمحطة المرسى $L_{\infty} = 18.34$ سم و $K = 0.19$. مؤثر أداء النمو (θ) أكبر من 1 لبلح البحر من كلا الموقعين.

يكشف تحديد خطوط الانحدار المختلفة عن وجود ارتباطات جيدة

$r^2 > 0.77$ للقل (و) $r^2 > 0.74$ المرسى (بين الطول والوزن الإجمالي. بالإضافة إلى ذلك، تُظهر بلح البحر من المحطات المختلفة زيادة في القياس ($b > 3$) في الواقع، يزداد الوزن الإجمالي بشكل متناسب، ولكن بسرعة أقل، من الطول.

بالنسبة للعلاقة البيومترية (الطول والعرض) في موقع (قل) ($r^2 = 0.88$)، يُظهر هذا اتساقاً جيداً مع النتائج الواردة في المراجع. على النقيض من ذلك، في محطة المرسى، كان الارتباط ضعيفاً جداً ($r^2 = 0.08$) ، مما يشير إلى عدم وجود علاقة مهمة بين الطول والعرض. يمكن تفسير هذا الاختلاف من خلال العديد من العوامل البيئية، بما في ذلك: جودة الغذاء وتوافره، ودرجة الحرارة، والملوحة؛ بالإضافة إلى الظروف البيئية الأخرى الخاصة بكل موقع.

الكلمات المفتاحية:

Mytilus Galloprovincialis، معلمات النمو، النمو، علاقة الطول بالوزن، التلوث، ساحل سكيكدة.

Introduction

Introduction

Introduction :

Les bivalves sont parmi les organismes les plus appropriés pour la biosurveillance du milieu marin (**Casas et Bacher 2006 ; Sasikumar *et al.*, 2006 ; Pan et Wang, 2012**). Ils présentent une forte capacité de bioaccumulation des différents contaminants chimiques, les polychlorobiphényles (PCB), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les éléments traces métalliques (**Sasikumar *et al.*, 2006 ; Pan et Wang, 2012**).

La moule méditerranéenne «*Mytilus galloprovincialis*» est une espèce marine invasive cultivée dans le monde entier. Les moules constituent une ressource appréciée des entreprises aquacoles locales en raison de leur production robuste et de leur résilience, qui se traduisent par une valeur économique fiable. Jusqu'à présent, aucune mortalité massive n'a été signalée chez les populations naturelles ou d'élevage de cette espèce (**Figueras *et al.*, 2019**).

Ces dernières années, les connaissances sur son système immunitaire ont considérablement progressé, mais de nombreuses questions restent sans réponse. L'une d'elles est de savoir pourquoi les moules, grâce à leur forte activité filtrante, peuvent être exposées à un grand nombre d'agents pathogènes potentiels sans être infectées et sans développer de réponse inflammatoire importante (**Figueras *et al.*, 2019**).

M. galloprovincialis a été largement utilisée dans les projets de biosurveillance grâce à l'application d'une batterie de marqueurs physiologiques et cellulaires qui ont mis en évidence un syndrome de stress et démontré le risque biologique associé aux environnements pollués (**Banni *et al.*, 2011**).

Les moules sont particulièrement utiles dans ce contexte car elles habitent des régions à statut de pollution différentiel, accumulent des xénobiotiques et sont sessiles. Cependant, dans l'environnement naturel, le cycle saisonnier est un déterminant important de la physiologie des invertébrés (croissance, reproduction, immunité) (**Banni *et al.*, 2011**).

Introduction

Le premier producteur mondial de moule d'élevage est la Chine (771 230 tonnes produites en 2022, soit 40 % de la production mondiale), suivi par le Chili.

Près de 45 % de la production mytilicole européenne a lieu en Espagne (192 203 tonnes produites en 2022). L'Espagne produit principalement la moule méditerranéenne (*Mytilus galloprovincialis*) (web.1, 2024).

En Algérie *Mytilus galloprovincialis* est exploitée à partir de moulière naturelle parsemées tout au long des côtes. L'espèce est aussi exploitée à partir d'élevage mytilicole en mer ouvert (Merbeh, 2009).

Les études consacrées aux moules sont assez nombreux et concernent divers aspects de la biologie. Notamment (Peharda *et al.*, 2007) qui se sont intéressés à l'impact d'une pisciculture sur la croissance de *Mytilus galloprovincialis*. Tandis que d'autres auteurs telle que (Bhaby *et al.*, 2014) ont également axé leur recherche sur le phénomène de la reproduction et la structure du manteau chez *Mytilus galloprovincialis* dans une zone de l'Atlantique nord-ouest.

Notre travail est visé principalement à évaluer via des méthodes d'analyse statistique, l'impact de la pollution sur la croissance de *Mytilus galloprovincialis*. Cette démarche nous permettra de valider ou annuler la corrélation postulée entre la pollution et le développement de cette espèce.

A notre connaissance, l'âge et la croissance de *Mytilus galloprovincialis* sur les côtes de Skikda n'ont jamais été abordées. Seules quelques informations biologiques et écologiques sont publiées par (Guendouzi *et al.*, 2021) dans leur travail intitulé « **Effet des condition physiologiques et des facteurs biochimiques des moules *Mytilus galloprovincialis* dans les programmes de surveillances de la radioactivité le long des côtes algériennes** », l'étude a été réaliser pour évaluer l'impact des paramètres biologiques et des niveaux de contaminants sur les moules «*Mytilus galloprovincialis*», les échantillons ont été prélevées de 03 zones de la côte algérienne: Kristel (Oran), Surcouf (Alger) et Collo (Skikda).

Introduction

Le tapuscrit est organisé en trois chapitres. Le premier chapitre est une synthèse bibliographique sur les moules où divers aspects ont été abordés, Nous avons commencé par les caractéristiques d'espèce, la taxonomie, la morphologie, la répartition géographique, l'habitat, le régime alimentaire, la reproduction, ainsi que la production Mondiale et nationale.

Le deuxième chapitre comporte diverses parties. Nous y présentons d'abord la zone d'étude (Wilaya de Skikda), ainsi que les deux sites d'échantillonnage à savoir : Le premier site «la ferme aquacole royal-El Marsa » et le deuxième site « Collo ».

D'autres parties concernent l'échantillonnage de et *M. galloprovincialis* et les différentes méthodes d'étude la croissance. Ainsi que les analyses effectuées sur les échantillons d'eau prélevés sur les deux sites.

La troisième et dernière partie présente les résultats obtenus analysés à des méthodes statistiques appropriées, et inclut l'interprétation des paramètres physicochimiques et bactériologiques de l'eau pour chacun des sites étudiés. L'interprétation avec un ensemble d'hypothèses et des comparaisons avec des études antérieurs.

Après, nous finalisons notre travail par une conclusion et quelques perspectives.

Chapitre 01 :

Généralités

1. Présentation d'espèce *Mytilus galloprovincialis* :

1.1. Identification :

Les mollusques sont des animaux invertébrés à corps mou. Certains possèdent une coquille dure pour les protéger. Bien que la plupart des espèces vivent dans des environnements aquatiques, il existe également des espèces qui prospèrent en eau douce, ainsi que d'autres, comme les escargots et les limaces, qui vivent sur terre (**Cuvier, 1837**).

La plupart des lamellibranches et des pélecypodes sont des organismes benthiques. Certains, comme les huîtres, sont fixés à une surface solide, tandis que d'autres, comme les moules, peuvent se déplacer légèrement. Des espèces comme les palourdes et les coquilles vivent enterrées dans les sédiments. Leur mode de vie influence leur comportement alimentaire, notamment en permettant une circulation constante de l'eau dans leur cavité palléale, ce qui facilite l'absorption des nutriments, les échanges gazeux et l'élimination des déchets (**Behloul et Farhi, 2021**).

Les bivalves, un groupe de mollusques, possèdent une coquille calcaire qui protège leur corps. Ces organismes sont principalement des filtres, comme les moules et les huîtres, ou des fouisseurs comme ceux de la famille des Donacidae. Ils n'ont pas de parties buccales spécialisées pour broyer les aliments, se nourrissant principalement de microphages et de plancton. Le fonctionnement de leurs systèmes physiologiques, en particulier en ce qui concerne la nutrition, la respiration et l'excrétion, est fortement influencé par les courants d'eau qui les traversent (**Fischer, 1887**) (Fig.1).

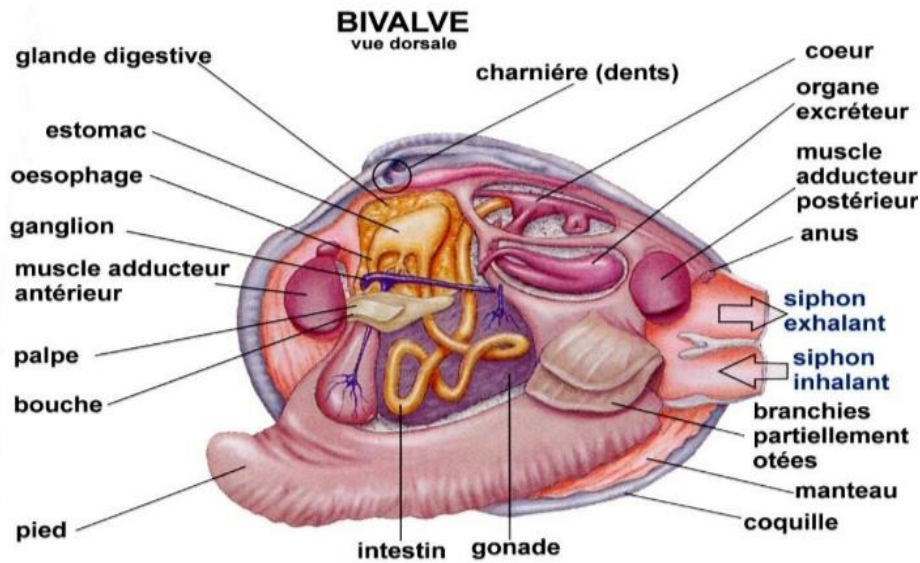


Figure 01. Anatomie générale d'un bivalve (Ounis et Rabet, 2021).

2.1. Description de l'espèce : La moule (*Mytilus galloprovincialis*) :

Les moules : Mollusques bivalves de la famille des Mytilidés. Dans cette étude, les moules, membres de la classe des Bivalves, sont décrites comme appartenant à la famille des Mytilidés. Ces mollusques se distinguent par des valves égales, un ligament externe presque constant, une charnière sans dents ou avec des dents très réduites, des branchies à filaments séparés, deux muscles adducteurs (l'antérieur étant rarement absent), un pied allongé, ainsi qu'un byssus. Le genre *Mytilus*, largement répandu à travers le monde, comprend plusieurs espèces, notamment *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819).

3.1. Systématique :

Règne : Animal

Sous-règne : Métazoaires

Phylum : Mollusques

Classe : Bivalves

Sous-classe : Ptériomorphes

Ordre : Mytiloidés

Famille : Mytilidés

Genre : *Mytilus*

L'espèce : *Galloprovincialis* (Lamarck, 1819).

4.1. La Répartition géographique :

Mytilus Galloprovincialis est largement présente en Méditerranée et le long des côtes atlantiques jusqu'à la Manche occidentale (Bodin, 2001) (Fig.2).



Figure 02. La répartition géographique mondiale de *Mytilus galloprovincialis* (En couleur rouge) (Guendouzi, 2015).

2. Biologie de *Mytilus galloprovincialis* :

2.1. Anatomie :

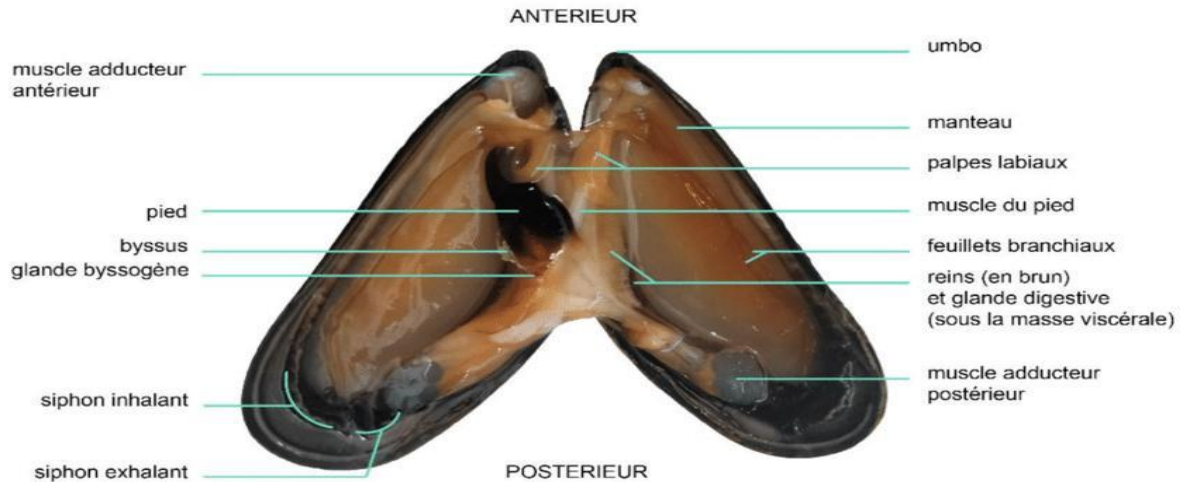


Figure 03. Anatomie de *Mytilus galloprovincialis* (Gerard, 2002)

2.2. Reproduction :

2.2.1. Sexualité :

Les sexes chez les Mytilidés sont gonochoriques, sans dimorphisme sexuel observable. Des cas extrêmement rares d’hermaphrodisme ont été rapportés dans cette famille, selon (Boutan, 1900).

2.2.2. Maturité :

L’âge auquel les animaux atteignent leur première maturité sexuelle varie en fonction de la saison de fixation du naissain et des facteurs environnementaux influençant la croissance et le métabolisme, tels que la nutrition, la température, la salinité et la zonation. Selon nos observations en Méditerranée et en Adriatique, cet âge se situe entre 5 et 8 mois après la fixation, les animaux atteignant des tailles comprises entre 15 et 35 mm de longueur. Les individus fixés en automne peuvent atteindre la maturité à la fin de l’hiver ou au printemps suivant (6 à 8 mois), tandis que ceux fixés au printemps y parviennent au début de l’automne (5 à 6 mois) (Behloul et Farhi, 2021).

2.2.3. La fécondation :

La fécondation chez *Mytilus galloprovincialis* se produit de manière externe dans la colonne d'eau, après la libération des gamètes. Aux premiers stades de sa vie, la larve de moule — appelée véligère — mène une existence méroplanctonique, dérivant avec les courants. Cette phase dure environ 2 à 4 semaines, après quoi la larve entre dans le stade pédivéligère et utilise son pied pour s'attacher à un substrat végétal, généralement une algue. À ce stade, sa taille est comprise entre 300 et 400 μm . Une seconde phase pélagique a lieu lorsque la moule atteint une taille de 1 à 2 mm et commence à sécréter de longs filaments byssaux, lui permettant de se fixer définitivement à un substrat au sein d'un banc de moules. La croissance des moules est fortement influencée par la température, mais aussi, et surtout, par les conditions environnementales et le patrimoine génétique de l'individu. La plage de température optimale pour la croissance de *Mytilus galloprovincialis* se situe entre 15,5 °C et 19 °C (Gosling, 1992).

3. Nourriture :

Les moules se nourrissent principalement de phytoplancton et de matières organiques en suspension (Desgouilles, 1969).

4. La physiologie :

4.1. Le système nerveux :

Le système nerveux de la moule est peu développé, avec des organes sensoriels rudimentaires. Il comprend des ganglions près de la bouche, du pied et des viscères, ainsi que des statocystes qui aident à localiser la moule. Les organes palléaux et l'osphradium renseignent l'animal sur la qualité de l'eau entrant et sortant de la cavité palléale (Jourdan, 1889) (Fig.4).

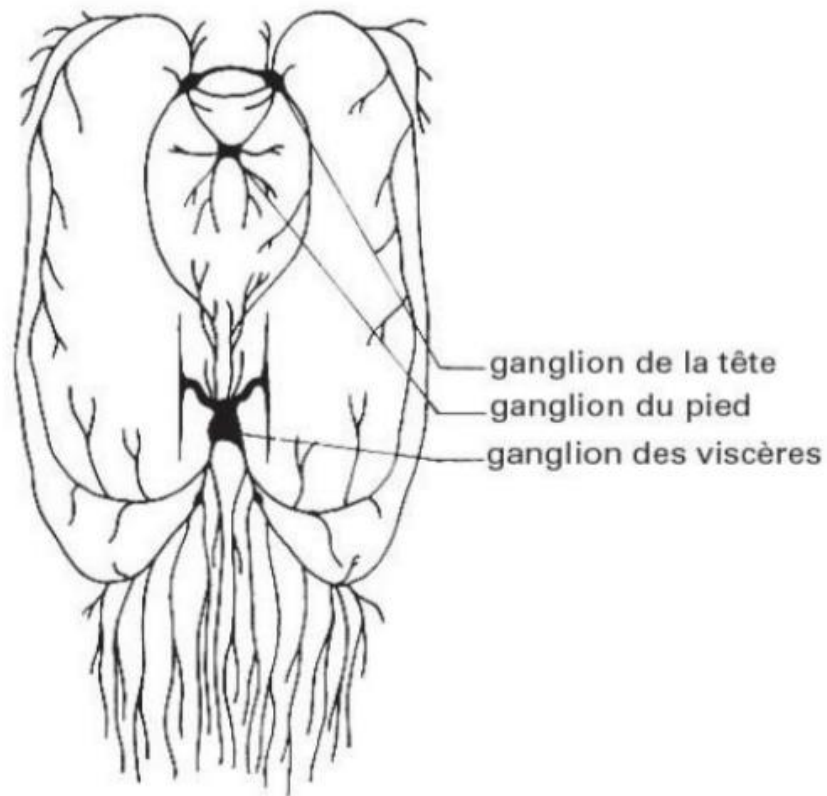


Figure 04. Le système nerveux chez la moule *Mytilus galloprovincialis* (Deconinck, 1971 in Zemani et Bourdim, 2021).

4.2. L'appareil digestif :

L'appareil digestif de la moule comprend un œsophage court qui mène à l'estomac, entouré de l'hépatopancréas. L'estomac contient un caecum pylorique avec un stylet cristallin, qui entre en contact avec le bouclier gastrique.

L'intestin, qui se courbe autour du stylet cristallin, traverse le cœur et se termine par le rectum. Ce dernier longe le muscle adducteur postérieur et se termine par l'anus qui s'ouvre dans la cavité palléale près de la boutonnière (Gosling, 1992) (Fig.5).

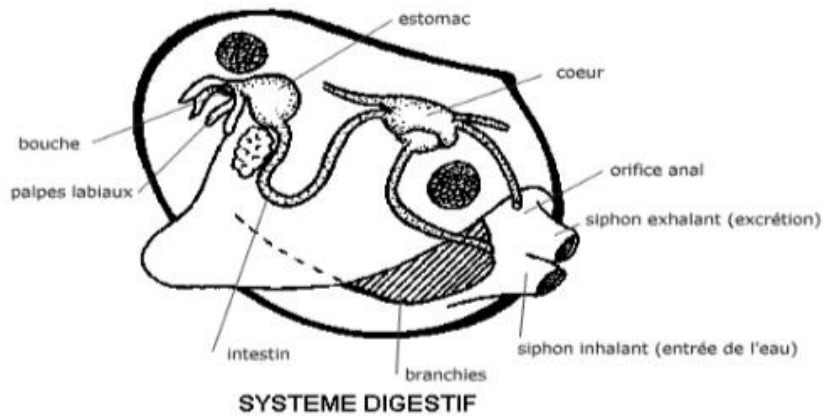


Figure 05. Le système digestif chez la moule *Mytilus galloprovincialis* (Web 2).

4.3. L'appareil branchial :

Les branchies de la moule flottent dans la cavité palléale, reliées à la masse viscérale par l'axe branchial. Chaque feuillet, formé de filaments unis par des cils, permet la circulation de l'eau à travers la cavité palléale, facilitant les échanges gazeux et la capture des particules alimentaires. Les mouvements des cils assurent un renouvellement constant de l'eau. L'intérieur des filaments est occupé par un sinus sanguin, où se produisent les échanges entre le sang et l'eau (Behloul et Farhi, 2021) (Fig.6).

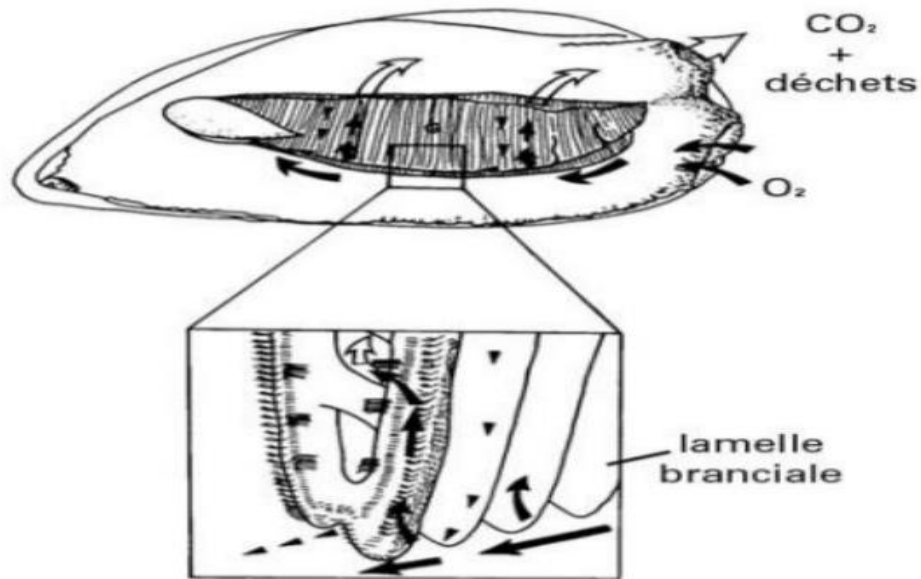


Figure 06. Le système respiratoire et l'appareil branchial chez *M. galloprovincialis* (Gosling, 2003).

4.4. L'appareil circulatoire :

Le système circulatoire de la moule comprend des artères qui distribuent le sang, riche en hémocyanine, un pigment cuivrique, à tous les organes. Le cœur, situé près du muscle adducteur, est formé de deux poches (ventricule et oreillette) et bat à une fréquence de 14 à 18 battements par minute. Les veines transportent le sang vers les glandes de Bojanus, qui jouent le rôle de reins (Gosling, 1992) (Fig

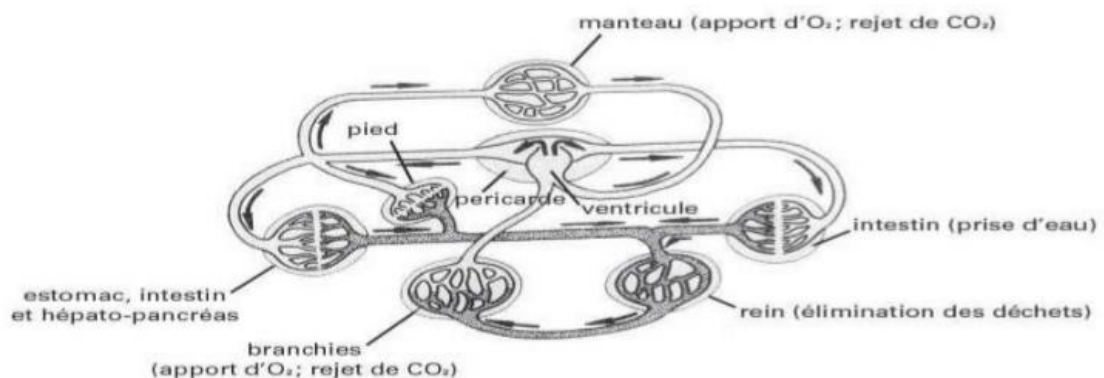


Figure 07. L'appareil circulatoire chez la moule *Mytilus galloprovincialis* (Deconinck, 1971 in Zemani et Bourdim, 2021).

4.5. L'appareil locomoteur :

Les moules se déplacent grâce à un pied musculaire, accompagné d'une glande byssogène qui produit le byssus, des filaments adhésifs permettant leur fixation sur un support. Ces filaments se solidifient au contact de l'eau de mer (**Bouchard, 2004 in Behloul et Farhi, 2021**).

4.6. L'appareil reproducteur :

Les moules ont des sexes séparés, avec des gonades paires et symétriquement disposées. Ces gonades, situées dans la bosse de Polichinelle, se développent et envahissent le manteau lors de la maturité sexuelle. Les gamètes sont libérés dans la cavité palléale, puis dans l'environnement pour le développement larvaire (**Behloul et Farhi, 2021**).

5. Contamination et intoxication :

En raison de son mode de filtration, la moule peut concentrer des substances chimiques toxiques, des bactéries pathogènes et des toxines algales dans ses tissus, surtout dans des zones polluées. Bien que ces toxines n'affectent pas directement la moule, leur consommation peut être dangereuse et même mortelle pour les humains et les mammifères (**Behloul et Farhi, 2021**).

6. L'appareil byssogène :

L'appareil byssogène occupe une petite partie de la masse pédieuse et est situé ventralement dans la région médiane et antérieure du pied, sous la masse viscérale. Il est constitué de deux glande (**Mahéo, 1969**).

7. Les glandes :

7.1. La glande byssus primaire :

La glande principale du byssus, une structure musculaire proéminente entourant les lamelles du canal byssal, est responsable de la sécrétion de substances dans les cryptes situées à l'intersection des lamelles et de la paroi du sac. Ces sécrétions, caractérisées par des granules riches en réticulum endoplasmique rugueux, sont libérées par rupture de la membrane cellulaire (**Gruffydd, 1978 ; Gruffydd et al., 1979**).

7.2. La glande byssus secondaire :

La glande byssale secondaire, située au centre du pied, est la plus grande glande de cette région. Elle produit des granules plus grands et de forme plus elliptique que celles sécrétées par la glande primaire. Ces granules sont composés de protéines et de mucopolysaccharides sulfatés. Bien qu'elle soit peu développée, la glande réagit faiblement aux tests spécifiques aux protéines (**Pujol, 1967 ; Gruffydd, 1978 ; Gruffydd *et al.*, 1979**).

7.3. La glande muqueuse ventrale :

Les cellules muqueuses sont réparties le long de la plante du pied, s'étendant du talon vers l'avant, entourant le canal et le sillon entre la glande byssale secondaire et l'épithélium. Ces cellules sont classées en deux types : le premier type sécrète un mucopolysaccharide acide dans le sillon près du conduit, tandis que le second type, situé sur la surface ventrale, sécrète un mucopolysaccharide acide sulfaté dépourvu de protéines dans la région entourant le canal byssal (**Gruffydd, 1978**).

7.4. Glandes d'attache de l'extrémité :

Les glandes muqueuses situées dans la fissure distale sont constituées de cellules sécrétoires différentes de celles de la glande ventrale. Ces glandes s'ouvrent vers l'extérieur par des cols allongés et libèrent une sécrétion composée à la fois de protéines et de mucopolysaccharides (**Gruffydd, 1978**).

7.5. Glande enzymatique :

Une glande enzymatique située à l'extrémité de la glande byssale secondaire produit une petite quantité d'enzyme dans le pied, comme cela a été observé dans le genre *Mytilus* (**Smyth, 1954 ; Gruffydd, 1978**).

7.6. Glandes phénoliques :

La glande phénolique primaire, située à l'extrémité antérieure du sillon pédieux, s'ouvre dans une dépression du pied. Chez les genres *Ostrea* et *Mytilus*, les cellules de la glande prennent naissance dans la région postérieure du pied et possèdent des cols allongés (**Gruffydd *et al.*, 1975**).

La glande phénolique secondaire, située à proximité de la glande primaire chez *Mytilus* et *Pecten*, s'ouvre dans la dépression pédieuse et présente une coloration similaire. Bien qu'elle diffère par sa structure fine et ses caractéristiques histochimiques, la présence de protéines phénoliques chez les huîtres suggère une homologie morphologique possible (**Gruffydd *et al.*, 1975**).

Il n'est pas possible d'établir une homologie précise entre les glandes phénoliques des larves et celles des moules adultes. Chez la larve d'huître, les glandes phénoliques sécrètent le ciment qui fixe la valve gauche au substrat, tandis que chez *Mytilus*, elles produisent le crampon qui attache le byssus au substrat (**Cranfield, 1973 ; Lane et Nott, 1975**).

8. Le byssus :

Le byssus est un assemblage de filaments protéiques extracellulaires, agissant comme une colle puissante qui durcit en filaments élastiques résistants à l'eau, aux rayons ultraviolets et au sel, permettant l'attachement à diverses surfaces solides (**Behloul et Farhi, 2021**).

8.1. Description du byssus :

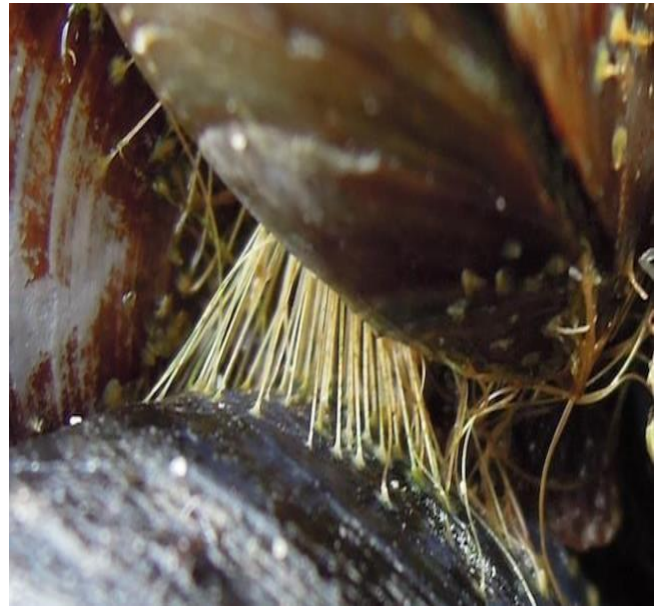
La moule sécrète un mélange de protéines dans le pied rétractile, formant des fibres de byssus qui adhèrent à une surface solide pendant 2 à 5 minutes. Ce processus est répété pour produire environ 20-60 fibres de 3 cm de long et 100 µm de diamètre, disposées en éventail pour une fixation stable malgré les courants marins (**waite, 2002; Tamarin et al., 1972 ; Waite et al., 1998 ; Silverman et Roberto, 2010 ; Qin et Buehler, 2013**).

8.2. Les parties de byssus :

- a. Une partie proximale synthétique souple,
- b. Une partie distale rigide,
- c. Des plaques adhésives spatulées (**Brown, 1952**).



a



b

Figure 08. Disposition du byssus et fixation sur substrats (Web 3).

9.L'intérêt écologique de la moule comme bioindicateure de pollution :

Les moules sont considérées comme d'excellents bio-indicateurs pour plusieurs raisons :

Leur capacité à filtrer l'eau et à absorber les polluants. Leur portabilité, leur abondance et leur facilité de collecte (Casas, 2005).

Elles concentrent les polluants présents dans l'eau de mer sous trois formes :

1. La forme dissoute dans l'eau filtrée,
2. La forme organique présente dans la nourriture ingérée,
3. La forme inorganique particulaire en suspension dans la colonne d'eau (Huang *et al.*, 2007).

Elles sont capables d'accumuler et de contenir de fortes concentrations de polluants, tout en résistant aux variations physiques et chimiques de l'environnement **(Cossa, 1985 ; Goldberg, 1986 ; Lopez-Barea et Pueyo, 1998)**.

Elles ont été utilisées dans plusieurs programmes de surveillance de la qualité et de la pollution biologique dans différentes régions du monde **(Nicholson et Lam, 2005)**.

Puisque Les moules sont consommées par les humains, ce qui peut représenter un risque pour la santé humaine, car elles peuvent constituer une source de contamination **(Cossa, 1989)**.

10. Les statistiques de pêche

10.1. A échelle mondiale :

Les moules marines constituent une source essentielle de fruits de mer dans le monde entier, fournissant une source importante de protéines pour la consommation humaine **(Culha *et al.*, 2008 ; Sahin *et al.*, 2011)**.

Les normes de qualité des mollusques bivalves dépendent en grande partie de l'état de l'environnement aquatique, garantissant ainsi un produit sain et sûr à consommer **(Karakoltsidis *et al.*, 1995 ; Orban *et al.*, 2002)**.

Les moules présentent également une valeur commerciale significative dans plusieurs pays, étant utilisées pour la production de perles et comme source de calcium dans l'alimentation animale. De plus, les mollusques bivalves jouent un rôle écologique essentiel en stabilisant les fonds marins et en augmentant la biodiversité benthique. Le succès de l'aquaculture des bivalves dans les pays développés est en grande partie dû à des recherches approfondies sur leur bioécologie, notamment des études sur leur répartition spatiale, leur biologie et leur écologie **(Fulgence *et al.*, 2015)**.

Depuis 2022, la production aquacole mondiale, en particulier celle des moules, a connu un essor remarquable.

La production mondiale de moules a atteint 1 million de tonnes sur un total de 6,7 millions de tonnes d'autres animaux aquatiques, représentant une valeur de 15,6 % **(FAO, 2024)** (Fig.9).

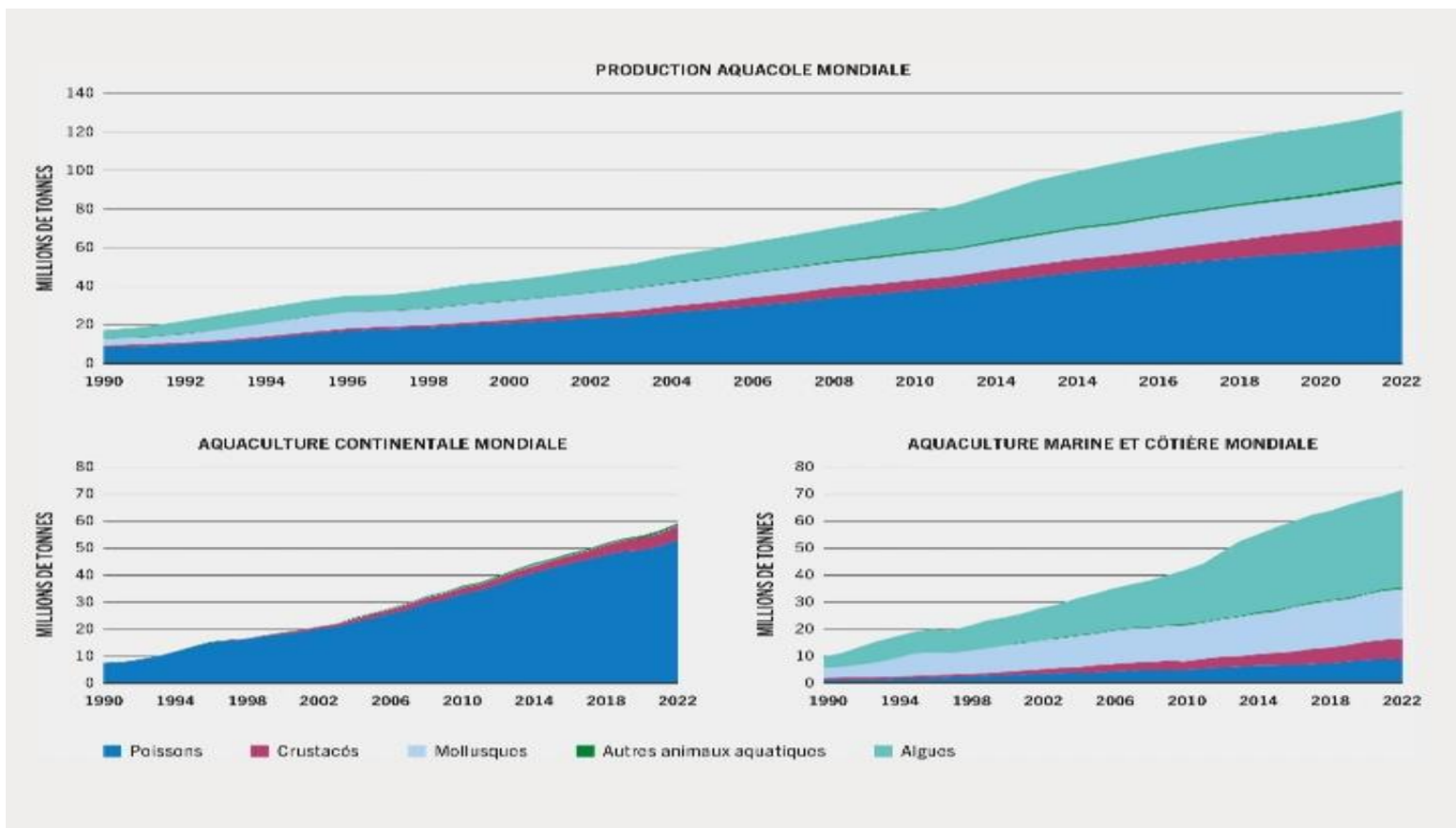


Figure 09. Evolution de la production aquacole mondiale de 1990 à 2022 (FAO 2024).

On remarque que la proportion mondiale de la mytiliculture en l'aquaculture continentale est très faible par rapport à l'aquaculture marine.

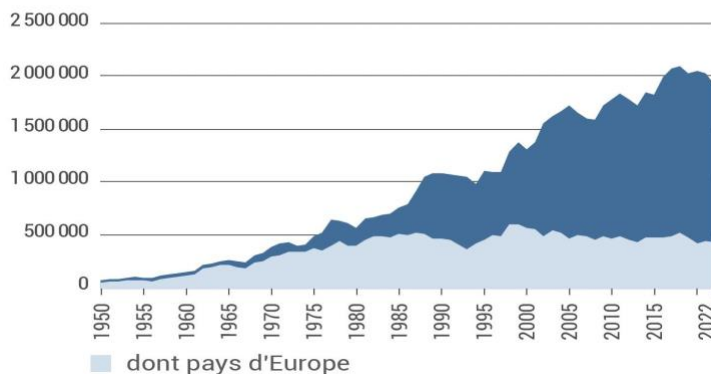
Cela est dû à plusieurs obstacles qui freinent le développement de l'élevage de mollusques en aquaculture continentale, notamment celui des moules. Ces obstacles sont liés à l'impact de l'environnement sur les organismes marins, notamment la qualité de l'eau, l'espace limité et la capacité d'adaptation des espèces marines. De plus, l'aquaculture marine bénéficie de vastes étendues d'eau et de la disponibilité de ressources alimentaires naturelles, ce qui contribue à la croissance rapide de plusieurs espèces marines comme les moules. De plus, la demande pour les espèces marines aquatiques est plus forte, ce qui en fait une option plus adaptée et plus attractive pour les grandes fermes commerciales, car elles offrent une valeur marchande plus élevée selon le rapport de *Worldwide Aquaculture (2025)*.

Parmi les grands pays producteurs et consommateurs de moules :

- En Asie : la Chine est le premier producteur de moules,
- En Europe : les pays qui contribuent le plus à la production sont l'Espagne, et la France,
- En Amérique du Sud : Chili,
- La nouvelle Zélande (FAO 2024) (Fig.10).

PRODUCTION MONDIALE DE MOULE D'ÉLEVAGE (toutes espèces confondues) (en tonnes)

Source FAO 2024



PRINCIPAUX PAYS PRODUCTEURS DE MOULE D'ÉLEVAGE (toutes espèces confondues) EN 2022 (en tonnes)

Source FAO 2024

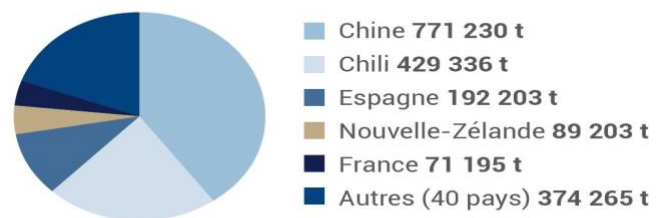


Figure 10. Quantités (en tonnes) des moules d'élevage pêchées en Asie, l'Europe et l'Amérique du sud et la nouvelle Zélande (Web 4).

10.2. A échelle nationale :

L'Algérie est l'un des pays bordant la mer Méditerranée sur toute sa côte, riche de sa diversité en ressources marines.

Cependant, l'exploitation des ressources maritimes et aquatiques reste limitée, ce qui constitue pourtant une opportunité positive pour la prospérité et la relance de l'économie, notamment à travers la valorisation de la moule, présente tout au long du littoral algérien, en particulier l'espèce *Mytilus galloprovincialis*.

Malgré sa présence abondante, la consommation de la moule n'est pas profondément ancrée dans la culture algérienne. Elle reste limitée à une consommation restreinte dans les restaurants, sous forme de plats comme la paella, ou par les pêcheurs et les habitants vivant près de la mer.

Ainsi, la culture de la production et de la consommation des moules en Algérie demeure confinée et peu développée. Sur le plan de la culture de la production, l'Algérie contribue à l'augmentation et à l'exploitation de la production en lançant des projets d'élevage de coquillages, dont le nombre a atteint 42 projets, parmi lesquels 3 ont été réalisés en 2023 **Selon le quotidien El Nasr du 21/02/2024.**

Alors il est très important d'étudier la biologie de l'espèce *Mytilus galloprovincialis* pour mieux connaître et comprendre leur dynamique dans les écosystèmes côtiers marins, et le plus important que cela est d'étudier l'âge et la croissance. Les données acquises contribuent à une meilleure connaissance de ces bivalves et aider à l'établir d'un modèle d'évaluation des stocks pour permettre leur exploitation durable.

CHAPTER 02 :
MATERIELS ET METHODES

1. Présentation de la zone d'étude (ZE) :

1. 1. Géographie de la wilaya de Skikda :

La wilaya de Skikda se situe dans le Nord-Est de l'Algérie, elle est limitée au Nord par La mer Méditerranée, à l'Est par la wilaya de Annaba, à l'Ouest par la wilaya de Jijel, au sud Par Constantine et Guelma, et par Mila au Sud-Ouest. Elle couvre une superficie totale de 4137,68 km² avec une frange littorale de 142 Km de long, représentant ainsi 12% du littoral Algérien.

Le littoral comprend les plages sous forme d'une bande étroite, dont la largeur varie entre 20 et 200 m et d'une longueur de 10 Km. Il s'étend du nouveau port jusqu'à l'embouchure d'Oued Righa à l'Est, alors que du coté Ouest sa longueur est de 3km, entre le port mixte et le port de Stora avec une largeur variant entre 20et50m (**Bouhayene, 2015**) (Fig. 11).

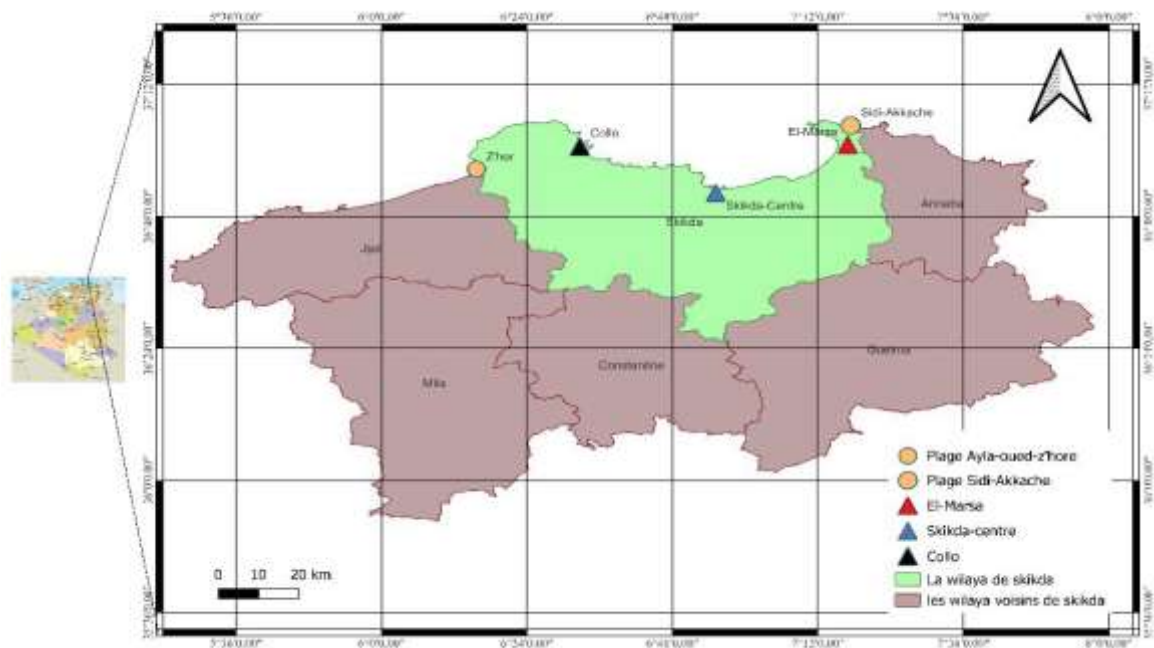


Figure 11. Carte géographique de la wilaya de Skikda (ArcGIS, 2025)

(Présente étude, 2025).

2.Présentation des sites d'échantillonnage :

Site 1 : Collo.

Collo est une ville de l'Atlas tellien oriental d'Algérie, située au milieu de chaînes de montagnes et des côtes méditerranéennes (37°00'17N6°33'02 'E) comprend un port de pêche. La longueur du littoral est de 31 kilomètres. Le point le plus au sud de la région de Collo est Taleza, tandis que le point le plus au nord est Ras elkebir, qui se situe entre Oued Guebli et Oued Cherka. A l'ouest du port se trouve une haute presqu'île (El Jarda), d'environ 3 km de circonférence à l'entrée de la ville après quelques détours où vous pourrez admirer la Plage de Benzouite et le cimetière de Kssir El Bez (EGPP, 2025) (Fig.12) (Tab.1).



Figure a

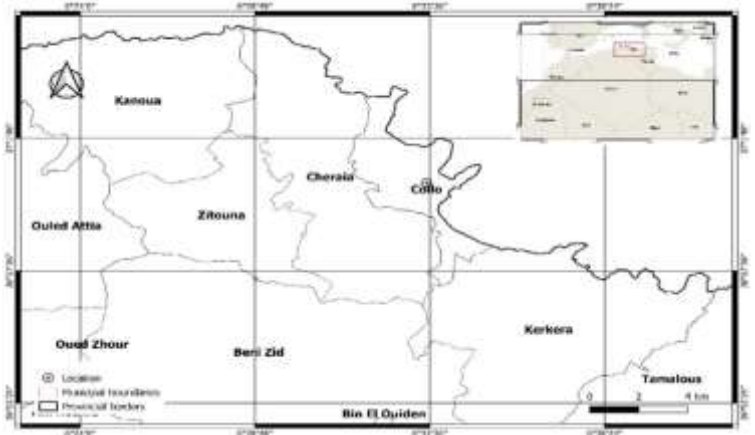


Figure b



Figure c

Figure 12. Site 1 (Collo).

a : Le port de Collo.

b : Carte géographique de Collo (Arcgis) (présente étude, 2025).

c : Localisation du site d'échantillonnage Collo (présente étude, 2025).

Tableau 01 : Les coordonnées du site d'échantillonnage Collo.

<u>SITE</u>	<u>LES COORDONNES</u>
<u>1</u>	<u>(37,0041722N6,5706297 E)</u>
<u>2</u>	<u>(37,0042263 N 6,5707641E)</u>
<u>3</u>	<u>(37,0043484 N 6,5711726 E)</u>
<u>4</u>	<u>(37,0036997 N6,570683 E)</u>
<u>5</u>	<u>(37,00 37515 N6,5710980 E)</u>
<u>6</u>	<u>(37,0040343N6,5715868E)</u>

Site 2 : El Marsa

EL Marsa est une petite localité située au nord de l'Algérie, à l'est de Skikda (37°01'46'N7°14'20'E) On y trouve un petit port de pêche et une plage de sable parsemée de criques rocheuses. Cet endroit était autrefois sauvage, mais a subi une urbanisation considérable au cours de la dernière décennie. La région se distingue par une vaste plaine côtière dénommée la plaine Gharbes, qui est flanquée à l'ouest par les collines côtières de Skikda et à l'est par les hauts plateaux de cap de fer. Cette municipalité se trouve à l'extrémité nord de l'Algérie, précisément à la pointe nord de cap de fer (EGPP,2025) (Fig.13).



Figure a

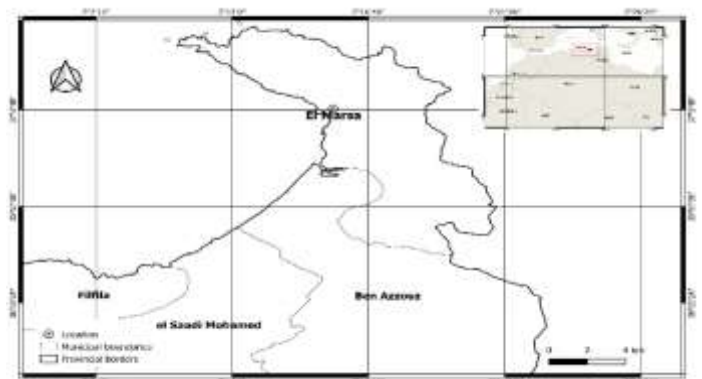


Figure b

Figure13. Site 2 (EL Marsa).

a : Site de El Marsa.

b : Carte géographique d'El marsa (Arcgis) (Présente étude, 2025).

3.Présentation de la ferme ROYALE AQUA :

Une ferme marine algérienne située dans la localité d'El Marsa, province de Skikda, établie en juillet 2021. Elle se spécialise dans l'élevage de poissons marins(Dorade) sur la côte est de l'Algérie, Elle se trouve à 4 kilomètres du port de pêche de EL Marsa .La ferme marine utilise un système des cages flottantes, appelé « la cage » Elle dispose de 8 cages flottantes chacune composée d'un flotteur de 30 mètres de diamètre (avec un rayon de 15 mètres), d'un filet résistant aux vagues et d'un système d'ancrage constitué des cordes de 50 mètres attachées à des poids la profondeur de chaque cage, du fond marin jusqu'à la surface, varie entre 35et 40 mètres. Les moules (*Mytilus galloprovincialis*) se fixent naturellement sur Ces cages. Les moules produisent des fils basaux pour s'attacher aux cages super flottantes qui contribue à empêcher leur dérive (DPRHS, 2025) (Fig.14 et15).



Figure. 14



Figure. 15

Figure 14 : La ferme ROYALE AQUA.

Figure 15 : Localisation des cages flottantes à la ferme Royale Aqua
(Google Earth, 2025).

3.1. Cages flottantes :

Les cages flottantes sont des structures relativement simples constituées de matériaux légers et résistants, qui sont maintenues à la surface de l'eau grâce à des flotteurs ou à des dispositifs de flottaison. Elles permettent de créer des enclos dans lesquels des organismes aquatiques peuvent être élevés. Elle comprend des tubes en polyéthylène « PEHD » avec des diamètres variant (Sheltz,1986) aussi des chandeliers, ils permettant l'accrochage d'une partie de la poche en filet qui contient des poissons (Danioux, 1976) (Fig.16).



Figure 16. Cage flottante.

3.2. Filets :

Le filet est la partie sous la surface de l'eau en forme cylindro-conique (cylindrique 10 m, Cône 3 à 4 m) attachée par des cordes au cadre de la cage flottante, le millage du filet varie selon la taille de poisson (Sahraoui, 2019) (Fig.17).



a



b

Figure 17 (a ; b) : Les filets de cage flottante.

3.3. Anti-oiseaux :

Chaque cage flottante possède un autre type de filet « anti-oiseaux » qui permet d'offrir une protection des poissons contre les oiseaux, avec au centre de la cage pour soutenir le filet anti-Oiseaux (Sahraoui, 2019) (Fig.18).



Figure 18. Filet et support anti-oiseaux.

3.4. Bacs de transport :

Après la pêche, le poisson est stocké dans des bacs isothermes remplis de glace Pour ajuster la température de conservation. Ces bacs fabriqués en matériau résistance aux chocs et facile à transporter à l'espace de stockage (<https://www.fao.org/4/i1139f/i1139f02.pdf>) (Fig.19).



Figure 19. Bacs de transport.

3.5. Flotteurs :

Flotteur est un élément de la structure flottante qui permet de maintenir la cage ou l'installation en équilibre et en position stable à la surface de l'eau, même en Cas de variations de poids ou de conditions environnementales (Sheltz, 1986) (Fig.20).



Figure 20. Flotteur.

4. Technique et Stratégie d'échantillonnage :

Dans le cadre de cette étude, des moules (*Mytilus galloprovincialis*) ont été collectées à partir de deux sites distincts dans la région d'El Marsa et Collo. Le premier site d'échantillonnage est une ferme aquacole commerciale, Royal Aqua (El Marsa), située sur la plage d'El Marsa. Le second site est le port de Collo.

L'échantillon a été effectué sur des moules de différentes tailles afin d'assurer une représentativité de la population. La période d'échantillonnage s'est étendue sur trois mois consécutifs : février, mars et avril 2025.

4.1. Au niveau de Collo :

Le port de pêche de Collo a été spécifiquement choisi en tant que site d'étude en raison de la **pollution anthropique de ses eaux**. Ce choix permet d'évaluer l'impact des contaminants sur les moules, en contraste avec le site de la ferme aquacole réputé moins affecté par ces pressions.

Les échantillons ont été prélevés par un plongeur sur des rochers et des plateformes marines à une profondeur de 2 à 3 mètres. 29 échantillons ont été collectés au cours du mois de Février dans différentes tailles allant de la longueur (3 à 7,8 cm), de la largeur (1,6 à 4,2 cm) et du poids (1,63 g à 29,51 g). Mars. 43 échantillons de *mytilus galloprovincialis* ont été collectés avec une longueur allant de (2,1 cm à 4,6 cm), une largeur (1,1 cm à 2,4 cm) et un poids (1,34 g à 8,87 g). En avril, 152 grains de beauté d'une longueur allant de 2,4 cm à 6,8 cm ont été collectés. Largeur (1,3 cm à 3,6 cm) et poids (1,06 g à 32,86 g) (Fig.21).

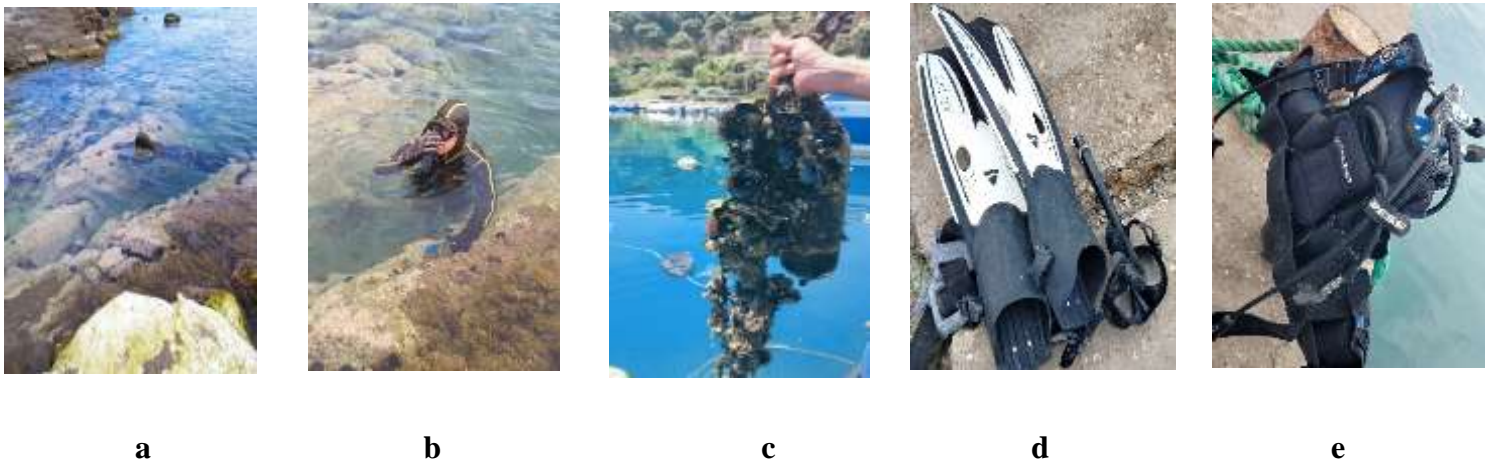


Figure 21. Technique d'échantillonnage (Site Collo).

a : les roches. **b** : plongeur Dans l'eau **c** : corde avec des moules (*Mytilus galloprovincialis*)

d : Palmes **e** : Gilet stabilisateur

4.2. Au niveau de El marsa :

Des échantillons de *Mytilus galloprovincialis* ont été prélevés dans la zone de El marsa, plus précisément dans le cadre du projet Royale Aqua, manuellement à partir de cages flottantes numéro C6(36°59'45.77''N 7°12'37.10''E) à une profondeur de 7 à 10 mètres par un plongeur spécialisé. 58 échantillons de *Mytilus galloprovincialis* ont été collectés, avec une longueur de (3,1 cm à 5 cm) et une largeur de (1,7 cm à 2,7 cm) et un poids de (2,31 g à 7,53 g). En mars, 116 *Mytilus galloprovincialis* ont été collectés, mesurant de (3,1 cm à 10,7 cm) de longueur, de (1,7 cm à 4,7 cm) de largeur et pesant de (2,66 g à 58,44 g). En avril, 174 spécimens ont été collectés, dont la longueur variait de (1,6 cm à 10,7 cm), la largeur de (1 cm à 5,8 cm) et le poids de (0,7 g à 34,3 g) (Fig.22).

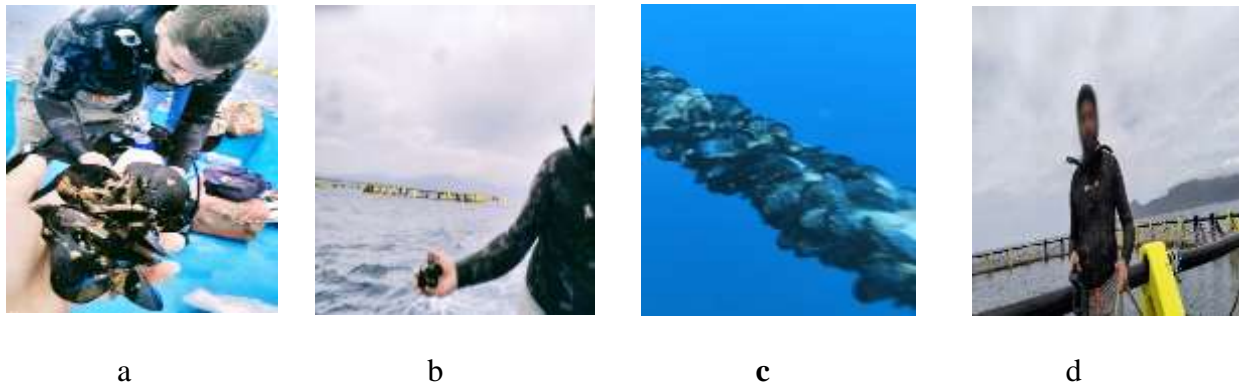


Figure 22. Technique d'échantillonnage (Site El Marsa).

a : *Mytilus galloprovincialis* **b :** Les cages flottantes à l'extérieur **c :** Corde avec des moules sous l'eau **d :** Prés des cages flottantes.

5. Prélèvement de d'eau :

5.1. Echantillonnage et prélèvement :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle, Le plus grand soin doit être apporté il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimique (Gaz dissous, matières en suspensions) et bactériologique de l'eau. Avant de commencer le prélèvement, il convient de nettoyer le matériel avec l'eau et du détergent puis le rincer à l'eau. On peut avant utilisation rincer le matériel d'échantillonnage dans l'eau laquelle sera effectué le prélèvement, afin de réduire au minimum le risque de contamination Pour assurer une bonne conservation des échantillons, il est recommandé de maintenir les prélèvements à 4°C pendant toute la durée des prélèvements (**Boumalek, 2020**) (Fig.23).



a



b

Figure 23. L'échantillon d'eau.

5.2. Au niveau du laboratoire de l'université :

1. Nettoyez et séparez l'échantillon (Fig.24 a).
2. Mesurez la longueur et la largeur de l'échantillon du haut de la coquille jusqu'au bord inférieur à l'aide d'un pied à coulisse (Stainless Hardened de 150mm) (Fig.24 b).
3. Chaque individu a été pesé à l'aide d'une balance analytique de marque KAREN/ PNJ600-3M pour déterminer les paramètres pondéraux : poids total (Pt), poids de la chair (Pch), poids de coquille (Pcq) en gramme (g) (Fig.24 c).
4. Ouverture de *Mytilus galloprovincialis* et détermination de son sexe (Fig.24 d).

5.2.1 Matériels et instruments utilisés

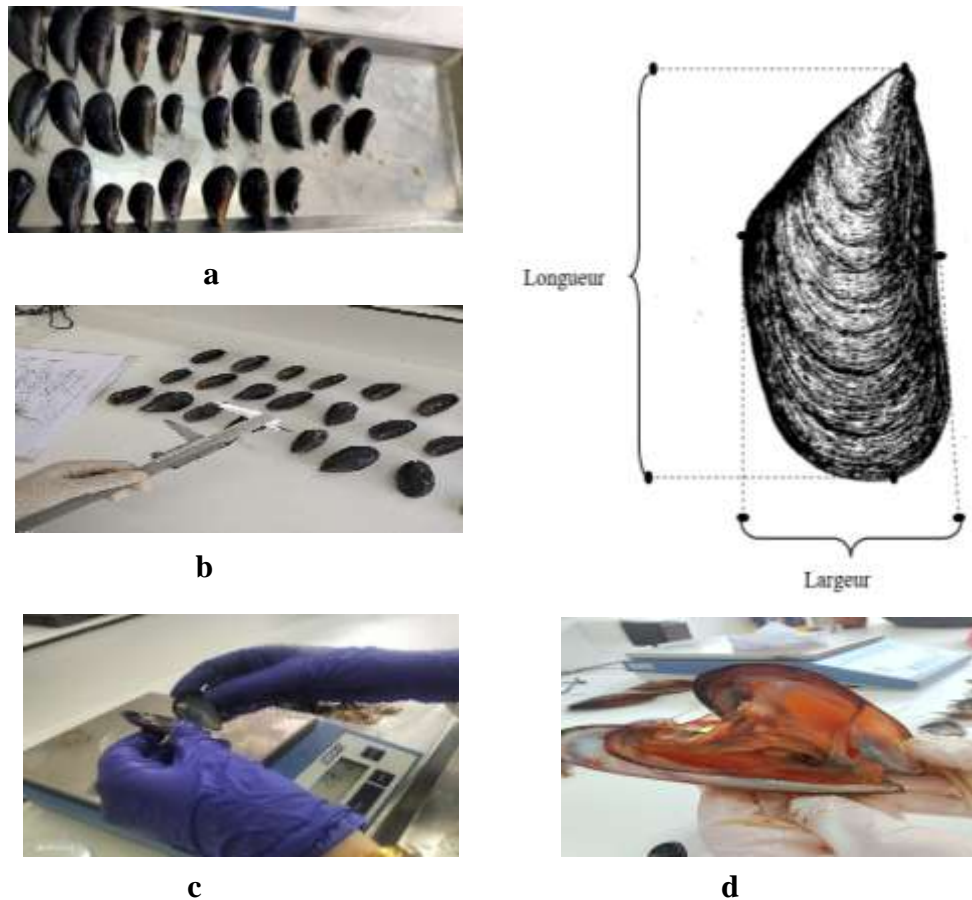


Figure 24. Préparation des échantillons au laboratoire.

5.3. Au niveau de laboratoire de La ADE et Drique (Sonatrach) Méthodes d'analyse :

Les échantillons d'eau ont été prélevés dans deux zones (Collo et El Marsa) et transférés au laboratoire Drique (Sonatrach) et ADE à Zramna pour effectuer diverses analyses (Paramètres physiques et chimiques et bactériologique).

5.4. Paramètres physique et chimiques :

Température (T°C), Conductivité électrique (CE), PH, demande biochimique en oxygène (DBO5), matière en suspension (MES), total des Sels dissous (TDS), chlore (CL), Magnésium (Mg), Calcium (Ca), Titre alcalimétrique complet (TAC).

5.4.1. Matériel de paramètres physique et chimique :

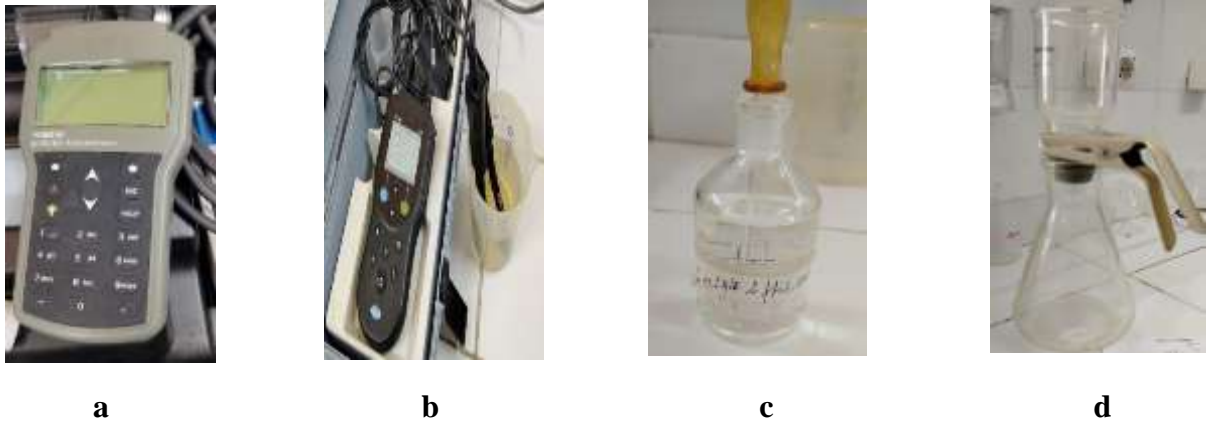


Figure 25. Matériel des paramètres physiques et chimiques.

a : Multi paramètres **b :** HQ40d multi **c :** Allyle **d :** filtration suvide

5.5. Paramètres bactériologiques :

Coliforme totaux (CT), coliforme fécaux (CF) et streptocoques fécaux et Escherichia coli.

5.5.1 Matériel de paramètres bactériologiques :

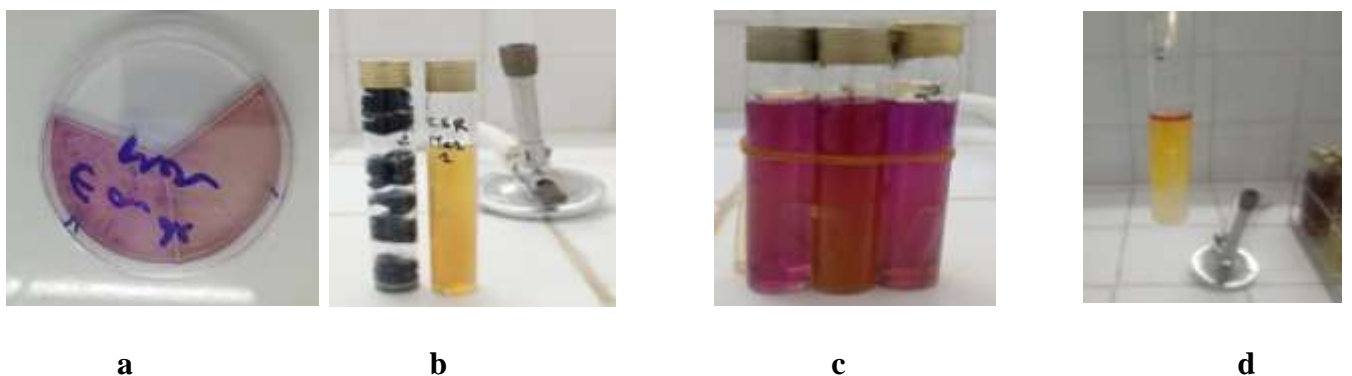


Figure 26. Paramètres bactériologiques.

a : Escherichia coli sur gélose VRBL **b** : les clostridium sulfite reducteur dans gelose viande de foie **c** : les coliformes totaux par méthode colimétrie **d** : confirmation d E. coli dans bouillon shubert et réactif KOVACS.

6. Traitements statistiques :

6.1. Distribution de fréquence de taille :

Afin de déterminer la distribution des fréquences de taille, les moules collectées et mesurées sont regroupées par classe de taille de 0.4 mm d'intervalle ; ceci a permis de déterminer le nombre d'individu dans chaque classe de taille. Cette distribution est également utilisée pour étudier les paramètres de croissance selon le modèle de Von Bertalanfy (**Benchikhi, 2009**).

6.2. Relation biométrique :

La relation entre la longueur totale et les autres dimensions de corps de moule, nous avons utilisé un ajustement de type moindres carrés (**Sokal, 1995**).

Longueur totale et la largeur, le coefficient b de la relation :

$$Y = bx + a$$

Détermine le type de relation.

Si : $b=1$: Isométrie $b>1$: allométrie majorant $b<1$: allométrie minorant

6.3. Relation Taille poids :

Cette relation est donnée par l'expression suivante (**Benchikh, 2009**) :

$$Wt = a L^b$$

Avec :

W : poids du moule.

L : longueur du moule.

a : l'interception avec l'axe des ordonnées (constant).

b : Coefficient d'allométrie.

Par une transformation logarithmique, l'équation linéaire se présente sous la forme :

$$\ln W_t = b \ln L_T + \ln a$$

Pour la valeur de b, trois cas se présentent :

- Si $b = 3$, la croissance est dite isométrique ; les deux variables W_t et L_T ont le même taux de croissance.
- Si $b < 3$, l'allométrie est dite minorant ; ça veut dire que le poids croît relativement moins vite que la longueur.
- Si $b > 3$, l'allométrie est dite majorante ; ça veut dire que le poids croît plus vite que la taille de l'individu.

6.4. Croissance linéaire :

La croissance linéaire a été déterminée en analysant les distributions des tailles et en les décomposant en différents modes. Ces modes représentent des pseudo cohortes de différents âges (**Kerdoussi, 2010**). Nous avons utilisé le logiciel FISAT qui en exploitant la méthode de Bhattacharya 1967, permet d'estimer les paramètres de la croissance La longueur asymptotique L_∞ et le coefficient de croissance K de l'équation de Von Bertalanffy (1938) ont été estimés par le biais d'ELEFEN 1 (**Pauly et David, 1981**).

Il s'agit du paramètre qui décrit la croissance linéaire au fil du temps, avec une formule qui s'ajuste à la majorité des données de croissance observées. La formule utilisée est la suivante (**Kerdoussi, 2010**) :

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-K(t - t_0)})$$

L_t : longueur à l'instant t (mm)

L_∞ : longueur asymptotique (mm)

K : coefficient de croissance de croissance (an^{-1})

T_0 : âge que la moule aurait eu à la taille 0 (mm).

6.5. Etude de l'âge :

L'âge est une information essentielle pour analyser la démographie et la dynamique d'une population étudiée. Il peut être estimé de deux manières différentes (Alaoui, 1998) à savoir :

- La méthode directe : elle est basée sur la lecture des structures squelettiques (Otolithes, écailles, vertèbres et os operculaires).

- La méthode indirecte : elle consiste soit à analyser les résultats de marquage des poissons et leurs recaptures, soit par la décomposition des fréquences de tailles, telles que la méthode de Bhattacharya (1967), Petersen (1891), Harding (1949). Dans cette étude pour déterminer l'âge de *Mytilus galloprovincialis* nous avons opté pour la méthode indirecte ou méthode de Bhattacharya (1967). Selon (Kerdoussi, 2010), l'équation de Bhattacharya 1967 :

$$\Delta \log Z = \log Z(x + h) - \log Z(x)$$

6.6. Sexe ration :

La distinction des sexes est plutôt facile, surtout pendant la gamétogenèse avancée, car elle repose sur la couleur du manteau : blanchâtre pour les mâles et rose-saumon à orangé pour les femelles. Ainsi, les moules sont nettoyées, ouvertes et sexuées en observant simplement la couleur de leur manteau (Benchikh, 2009).

Le Sexe ration est défini par la relation suivante :

$$SR = (\text{nombre de mâle} / \text{nombre de femelle}).$$

6.7 Etude des performances de croissance de *Mytilus galloprovincialis* (Φ) :

L'indice de performance de croissance (Φ) est calculé pour comparer nos résultats avec ceux obtenus dans différentes régions. Il a été déterminé par la formule de (Pauly et Munro, 1984).

$$\Phi = \log k + 2 \log L_{\infty}.$$

6.8 Indice de condition humide (IC%) :

$$\frac{\text{Poids de chaire}}{\text{Poids de coquille}} \times 100$$

L'indice de condition (IC) est déterminé pour évaluer l'état physiologique et la santé globale d'un organisme. Cet indice permet d'évaluer si l'organisme est en bonne condition physique en fonction de sa taille et de son poids. Il est souvent utilisé pour étudier la croissance.

Nous avons utilisé la formule suivante (**Afnor, 1985 ; Mohite, 2008**).

6.9 Indice de comestibilité (PE%) :

Indice de comestibilité (PE) est déterminé pour évaluer la qualité comestible des bivalves. Cet indice est basé sur différents critères tels que la taille, la forme, de la coquille, la texture de la chair, etc. Il permet de classer les individus selon leur aptitude à être consommés, en fonction des normes de qualité (Taille, forme de la coquille, texture de la chair, etc.) et de sécurité alimentaire établies, Nous avons utilisé la formule citée dans l'étude de (**Mohite, 2008**) :

$$\frac{\text{Poids de la chaire}}{\text{Poids total}} \times 100$$

Chapitre 03 :

Résultats Et Discussion

1. Résultats et discussions

Les résultats de notre étude sur l'âge et la croissance de *Mytilus galloprovincialis* sur les sites Collo et d'E marsa (la ferme aquacole Royale) (côte est Algérienne) sont présentés dans ce chapitre.

1.1. Données descriptives individuelles de *M. galloprovincialis* :

Tableau 02 : Distribution des caractéristiques morpho métriques et pondérales, caractéristiques du poids, et de sexe de 572 individus de l'espèce « *M. galloprovincialis* » dans eux 305 femelles et 267 males.

Mois variables	EL MARSА			COLLO		
	Février	Mars	Avril	Février	Mars	Avril
nbr de la Population total	58	116	174	29	43	152
Longueur MAX (cm)	5	10,7	10,7	7,8	4,6	6,8
Longueur MIN (cm)	3,1	3,1	1,6	3	2,1	2,4
Largeur MAX (cm)	2,7	4,7	5,8	4,2	2,4	3,6
Largeur MIN (cm)	1,7	1,7	1	1,6	1,1	1,3
Poids total Max (g)	7,53	58,44	45,3	29,51	8,87	32,86
Poids total MIN (g)	2,31	2,66	1,1	1,63	1,34	1,06
Poids de la coquille MAX (g)	5,61	39,88	34,3	21,46	5,98	25,3
Poids de la chaire MAX (g)	2,2	15,31	15,5	8,13	2,6	6,6
Poids de la chaire MIN (g)	0,46	0,7	0,2	0,35	0,3	0,29

Les effectifs échantillonnés à « **El Marsa** » montrent une augmentation constante et progressive au cours des trois mois : **58** individus en février, **116** en mars et **174** en Avril. Cette augmentation régulière pourrait indiquer une croissance continue de la population sur le site, soit par recrutement constant, soit par accrue d'individus, ou encore par une meilleure efficacité d'échantillonnage au fil du temps.

Le site de Collo présente une dynamique d'effectifs différente. Un nombre initialement faible en Février (**29** individus) est suivi d'une légère hausse en Mars (**43** individus), puis d'une augmentation très significative en Avril (**152** individus). Accroissement spectaculaire en Avril suggère un événement majeur de recrutement de juvéniles ou une agrégation massive d'individus sur le site à cette période.

À El Marsa, la longueur varie entre 1,6 cm et 10,7 cm, tandis qu'à Collo, elle varie entre 2,1 cm et 7,8 cm.

Les valeurs de largeur, de poids total, de poids de la coquille et de poids de la chair sont toutes plus élevées à El Marsa.

Les tailles et poids plus importants à El Marsa indiquent des conditions environnementales et alimentaires plus favorables, favorisant un développement morphologique et musculaire optimal.

Le poids plus élevé de la coquille suggère une meilleure calcification, probablement due à une plus forte concentration de calcium dans l'eau.

Globalement, le site d'El Marsa offre un milieu plus favorable à la croissance et à la reproduction de *Mytilus galloprovincialis* par rapport à celui de Collo.

Tableau 03 : Tableau descriptives des valeurs statistiques des tailles différentes d'une population de *M. galloprovincialis* (minimale, maximum, moyenne, écartype, coefficient de variation) en fonction des variables suivants : (longueur, largeur, poids totales, poids de la chaire, poids de la coquille).

	Lg (Cm)	Lr(Cm)	Pt (g)	Pcq (g)	Pch (g)
Min	1,6	1	1,06	0,3	0,2
Max	10,7	5,8	58,44	39,88	15,5
Moyenne	4,81	2,75	10,51	7,21	2,36
Ecart type	1,52	0,84	7,64	5,28	1,91
Coefficient de variation	0,31	0,30	0,72	0,73	0,80

Le coefficient de variation de la longueur est de 0,31, et celui de la largeur est de 0,30. Les coefficients de variation des poids sont élevés ($> 0,70$), notamment 0,80 pour le poids de la chair. Le poids total moyen est de 10,51 g, réparti en 7,21 g pour la coquille et 2,36 g pour la chair. Les faibles coefficients de variation en longueur et largeur indiquent une taille relativement homogène entre les individus, reflétant une croissance régulière au sein de la population.

Les coefficients de variation élevés pour les poids traduisent une forte variabilité de la masse corporelle, possiblement liée à des différences nutritionnelles, de stade de développement ou de conditions environnementales. La prédominance du poids de la coquille par rapport à celui de la chair montre que l'organisme est majoritairement constitué de coquille, ce qui est typique des mollusques bivalves.

2.1. Relation biométrique :

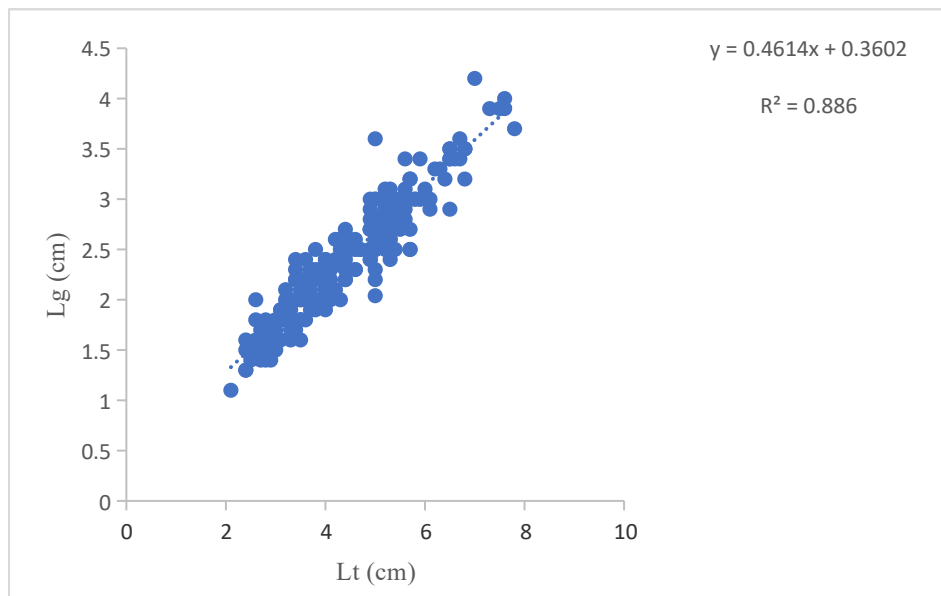


Figure 27. Relation biométriques entre longueur totale et largeur totale (site Collo).

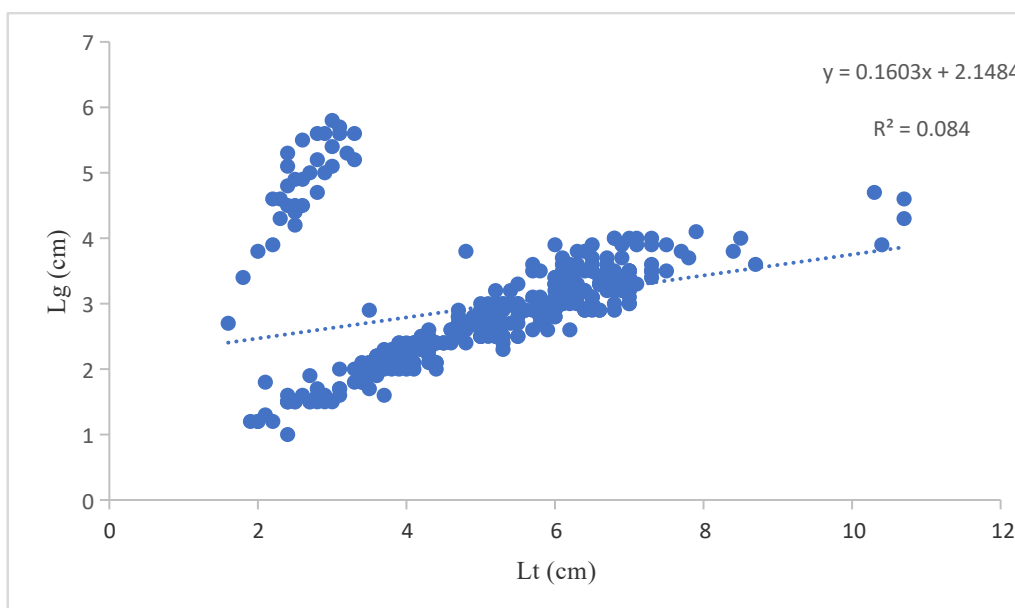


Figure 28. Relations biométriques entre longueur totale et largeur totale (site El marsa).

Tableau 04 : les résultats de la relation biométrique.

Site	R ²	a	b	Type d'Allométrie
Collo	0,88	0,46	0,36	Allométrie Minirante
El Marsa	0,08	0,16	2.14	Pas de corrélation entre Lt et Lg

À partir de (**fig.28 et tab.04**) on observe que le coefficient de détermination égale 0,08, indique qu'il n'y a pas de corrélation entre les deux variables Lt et Lg au niveau de site El Marsa. Cela signifie que l'augmentation de la longueur n'est pas systématiquement accompagnée d'une augmentation proportionnelle de la largeur. La valeur de $R^2 = 0,88$, proche de 1, indique une corrélation forte et harmonieuse entre les deux variables au niveau site Collo (**fig.27 et tab.04**) ce qui reflète une croissance morphologique régulière chez les individus étudiés. Selon

(Dellali et al, 2024) ; au niveau de la lagune de Bizerte – Tunisie, les auteurs ont observé une forte corrélation entre la longueur et la largeur de la coquille chez *Mytilus galloprovincialis*, avec une valeur de $R^2 = 0,92$, indiquant une relation très significative et presque isométrique. Cette valeur est proche de celle obtenue dans notre étude au niveau du site de Collo ($R^2 = 0,88$), ce qui montre une bonne cohérence avec les résultats de la littérature.

En revanche, au niveau de la station de El Marsa, la corrélation était très faible ($R^2 = 0,08$), ce qui indique une absence de relation significative entre la longueur et la largeur, contrairement à ce qui a été rapporté dans l'article.

Cette différence peut être expliquée par plusieurs facteurs environnementaux, notamment : La qualité et la disponibilité de la nourriture, la température, la salinité ; Ainsi que d'autres conditions écologiques propres à chaque site.

3.1. Relation Taille poids :

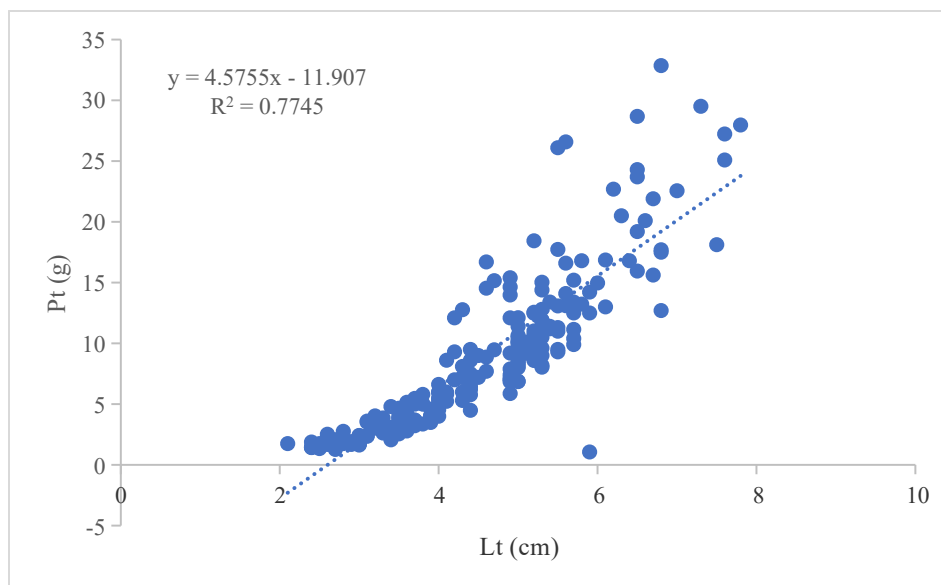


Figure 29. Relation taille-poids de *M. galloprovincialis* (site Collo).

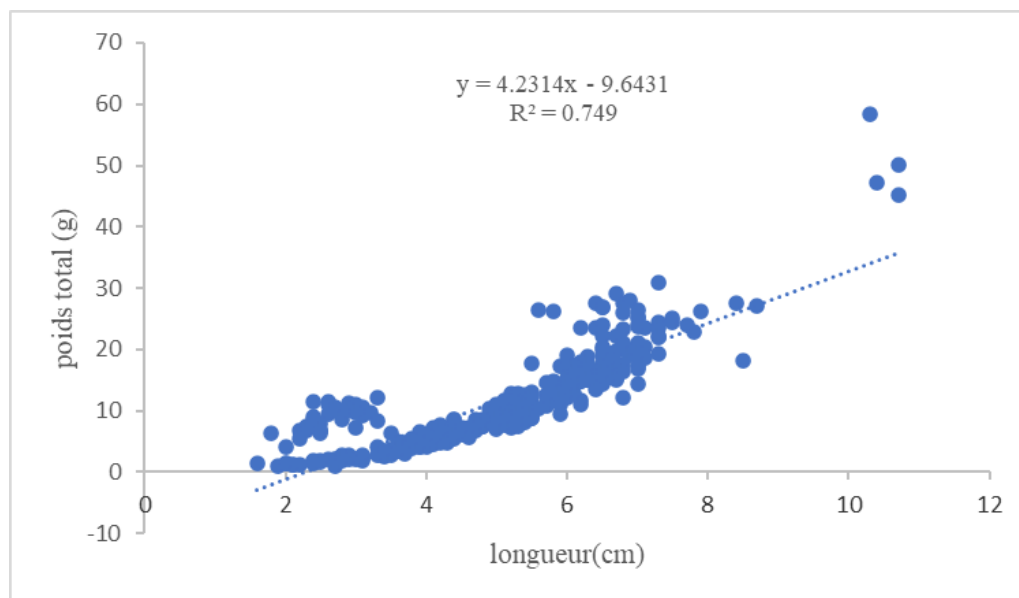


Figure 30. Relation taille-poids de *M. galloprovincialis* (site Elmarsa).

Tableau 05 : les résultats de la relation taille -poids.

Site	R ²	a	b	Type d'Allométrie
Collo	0,77	4,57	11,90	Allométrie Majorante
El Marsa	0,74	4,23	9,64	Allométrie Majorante

La relation entre la longueur et le poids est légèrement plus forte à Collo ($R^2 = 0,77$) qu'à El Marsa ($R^2 = 0,74$). La relation taille poids de *Mytilus galloprovincialis* révèle une allométrie Majorante, car le coefficient d'allométrie (b) est égal à 11,90 à Collo et 9,94 à El marsa ($b > 3$). Cela signifie que le poids total augmente plus rapidement que la taille. On distingue que la valeur de **Selon Latreche (2020)**, *M. galloprovincialis* à zone de Ain Taya (Alger) possède une allométrie Minorante avec un coefficient de détermination R^2 de 96.62%.

Et dans les résultats de (tab.06) montre les différentes relations dans différentes fermes et leur coefficient de détermination avec le type d'allométrie.

Tableau 06 : différentes relations dans différentes fermes et leur coefficient de détermination avec le type d'allométrie.

Relation taille –poids	Type d'allométrie	Région	Référence
$\ln(Pt) = 2.7132 \ln(Lt) - 8.3767$ $R^2 = 0.858$	Minorante	la ferme aquacole EL Mokretar Baie de Souahlia Chlef	(Bouzina et Dellal,2024)
$Y=0.0003x^{2.536}$ $R^2=0.996$	Minorante	la ferme de kouali	(LATRECHE, 2020)
$\ln(Pt)=1,088\ln(Lt) -1,720$ $R^2 =0,668$	Minorante	Ain Taya (Alger)	(MAHI ,2021)

2.Sexe-Ratio :

Tableau 07 : Sex-ratio globale de *M. galloprovincialis* : Site El marsa(a), Site Collo(b).

Site Elmarsa(a)				
Sexe	Femelles	Mâles	Total	Sex-ratio
Nombre	194	154	348	0,79
Fréquence	55.74	44.25	100%	

Site Collo(b)				
Sexe	Femelles	Mâles	Total	Sex-ratio
Nombre	111	113	224	0,01
Fréquence	49.55	50.44	100%	

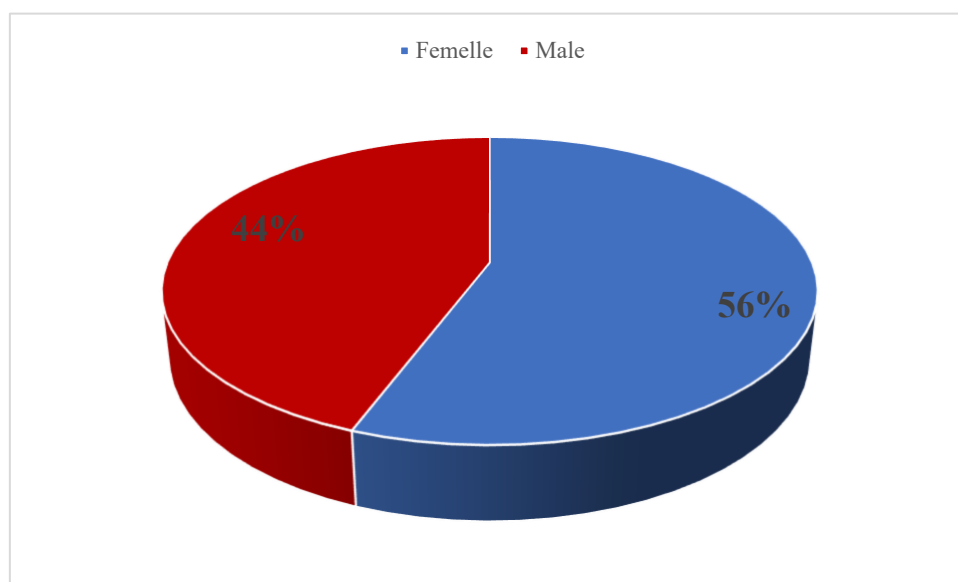


Figure 31. Répartition de sex-ratio globale de *M. galloprovincialis* (site El marsa).

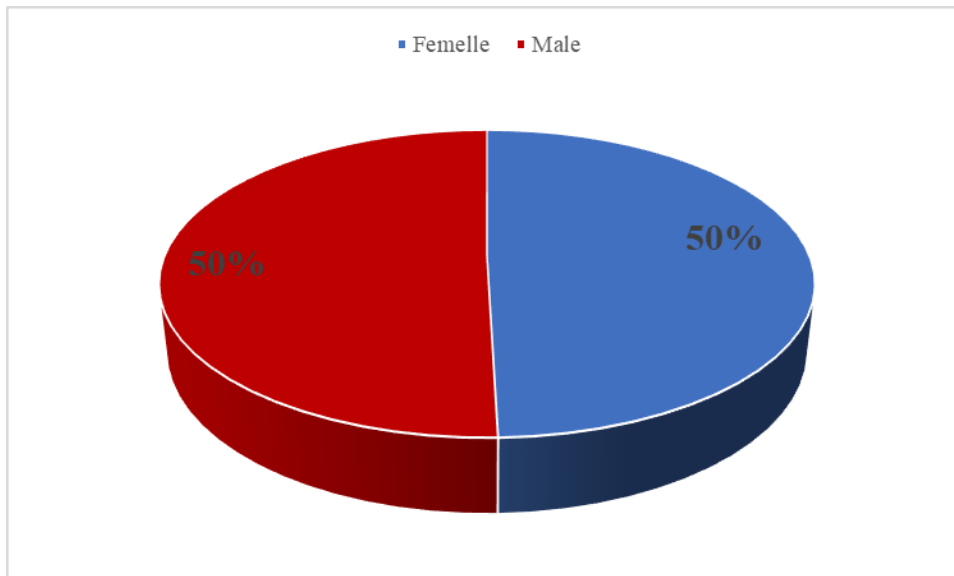


Figure 32. Répartition de sex-ratio globale de *M. galloprovincialis* (site Collo).

On remarque que la répartition des femelles est plus élevée à El Marsa par rapport à Collo, où le nombre de femelles et de mâles est pratiquement équilibré. Cela peut s'expliquer par le fait que la présence d'un plus grand nombre de femelles à El Marsa pourrait favoriser un taux de reproduction plus élevé, car plus la proportion de femelles est importante, plus le potentiel reproductif de la population augmente (**Fig.31,32 et Tab.07**).

3. Performance de croissance de *M. galloprovincialis* :

3.1. Indice de condition humide (IC%) :

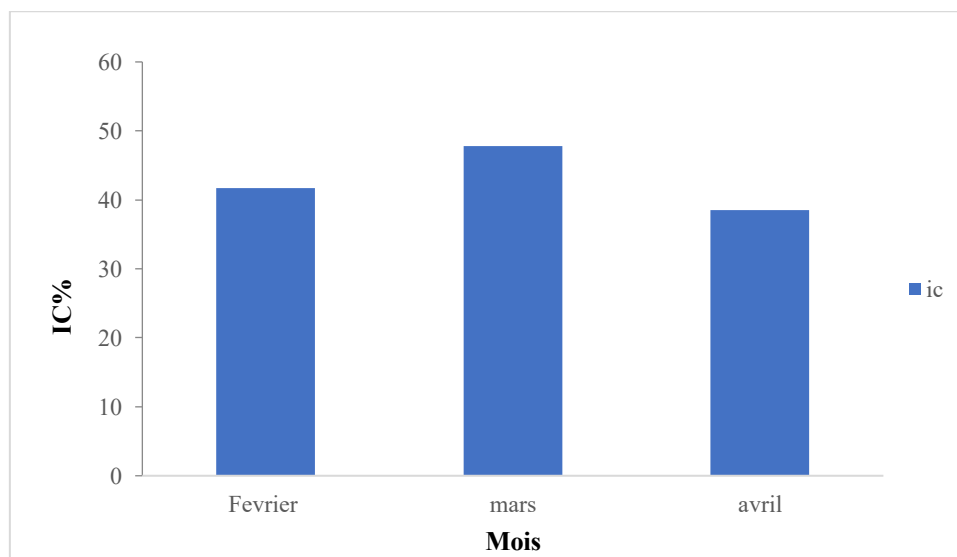


Figure 33. Indice de condition (IC%) de *M. galloprovincialis* (site Collo).

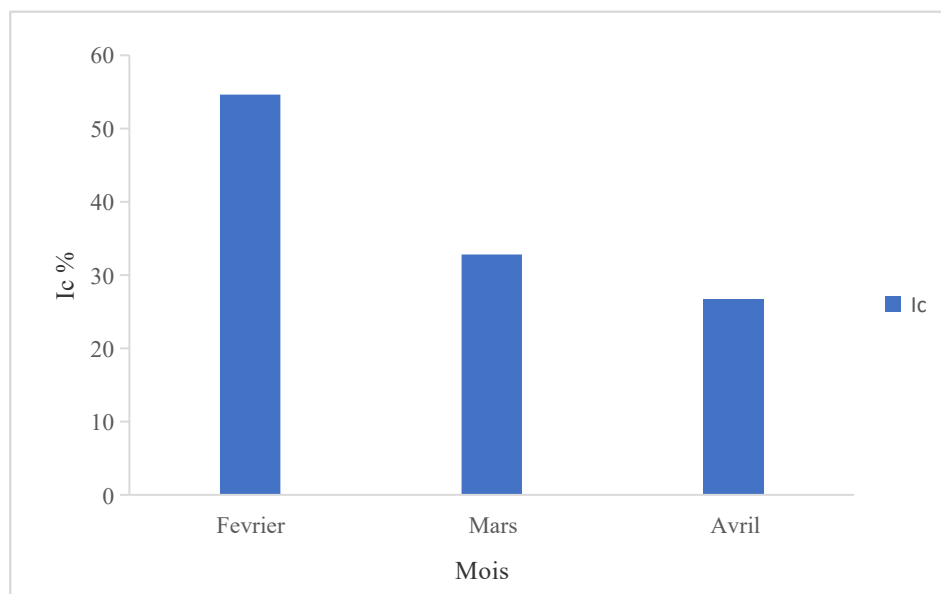


Figure 34. Indice de condition (IC%) de *M. galloprovincialis* (site El Marsa).

La (fig.33,34) illustre les valeurs de l'indice de condition pour trois mois (Février, mars et avril), ce qui permet de décrire l'état physiologique et le développement de *M. galloprovincialis* au niveau les deux sites (Collo et EL Marsa respectivement). En février, l'indice de condition est de 41,67 et 54,11 %, en mars de 47,80 et 33,21 % et en avril de 35,50 et 25,89 %. Dans notre résultat le pourcentage de l'indice de condition est très élevé. à Collo par rapport à El Marsa, notamment durant les mois de mars et avril. Ce qui démontre que l'état physiologique et le développement la moule *M. galloprovincialis* est en bonne santé. L'indice de condition, qui reflète l'état physiologique des organismes, est fréquemment utilisé pour évaluer la qualité des mollusques en vue de leur exploitation et de leur consommation (Cruz et Villabos, 1993 ; Filgueira *et al.*, 2013). *M. galloprovincialis* sont des espèces benthiques qui doivent s'adapter à divers facteurs de stress environnementaux, comprenant des éléments abiotiques tels que la salinité, la température, le pH et les métaux lourds (Pourmozaffar *et al.*, 2019).

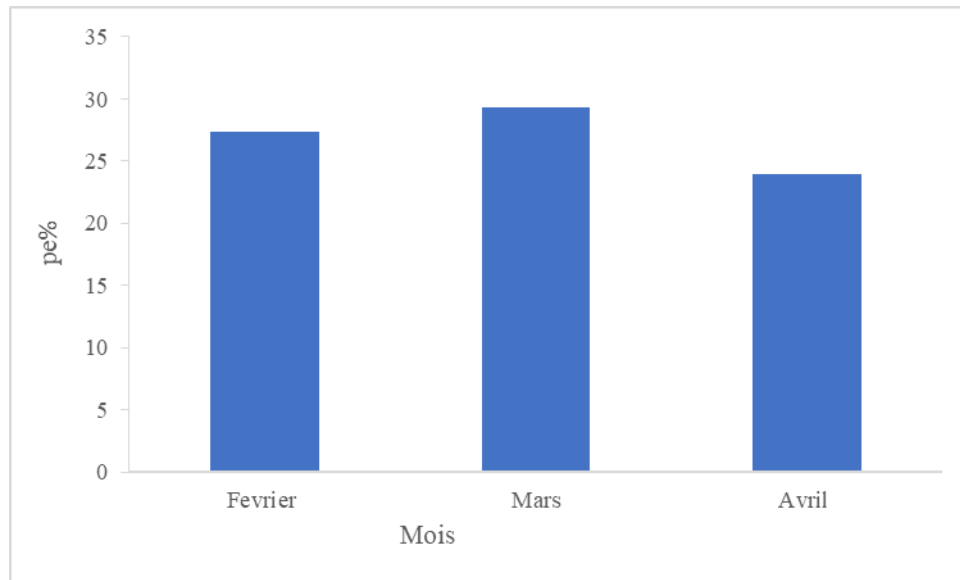
3.2. Indice de comestibilité (PE%) :

Figure 35. Indice d'épaisseur de structure (Pe%) de *M. galloprovincialis* (site Collo).

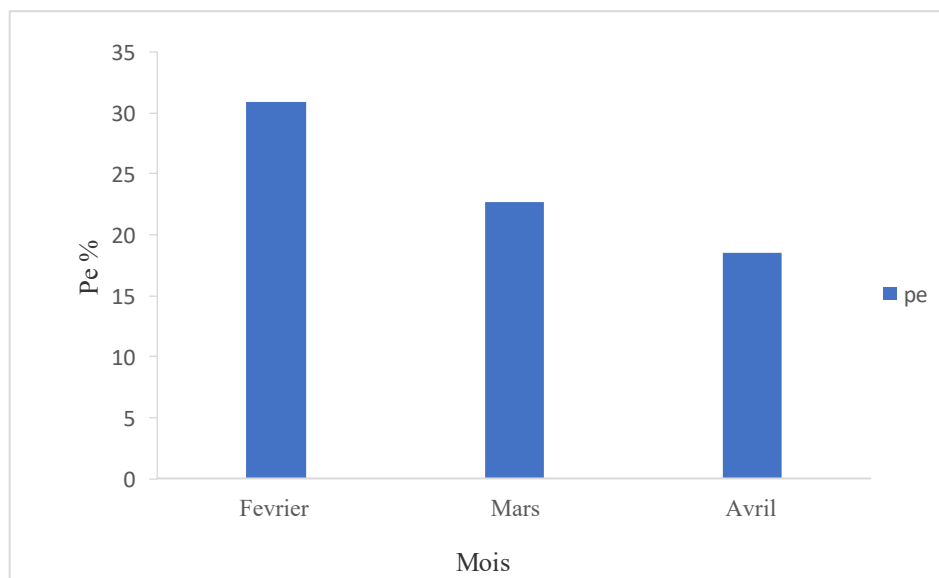


Figure 36. Indice d'épaisseur de structure (Pe%) de *M. galloprovincialis* (Site El Marsa).

Les (fig.35,36) montrent les valeurs d'Indice de comestibilité dans 3 mois (avril, mai et juin), qui permet d'évaluer la qualité comestible des bivalves de *M. galloprovincialis*.

Au site de Collo, le PE était élevé au mois de mars. Tandis qu'à El Marsa, elle était plus élevée au mois de février. Il varie autour de (18%. à 30%). Car Ceci s'explique par la convergence de certains facteurs survenus au cours Présence de toxines naturelles des trois mois comme (contamination microbiologique, contamination chimique, qualité de l'eau.).

4.Modélisation de la croissance par FISAT

Le choix de l'intervalle de classe constitue une étape essentielle pour révéler les différents modes qui structurent la distribution des fréquences de tailles. Plusieurs intervalles de classe ont ainsi été testés, et un intervalle de 0.4 cm a finalement été retenu. Ce choix permet d'homogénéiser les distributions de fréquences de tailles et de mettre en évidence les cohortes sous-jacentes.

4.1. Site Collo

4.1.1. Estimation de l'âge :

La méthode de Bhattacharya (1967) nous a permis de décomposer l'échantillon de *M. galloprovincialis* en 3 cohortes qui se regroupent respectivement autour des longueurs et à chacune d'elle nous avons associé une taille moyenne en cm correspondante et un indice de séparation (S.I) (fig.37 et tab.08).

Tableau 08 : Représentation des résultats de la clé âge-longueur de *M. galloprovincialis*.

Age	Taille moyenne(cm)	Ecart-Type	Indice de séparation (SI)
1	2.59	0.240	Non affiché
2	4.99	0.510	3.170
3	6.54	0.200	2.310

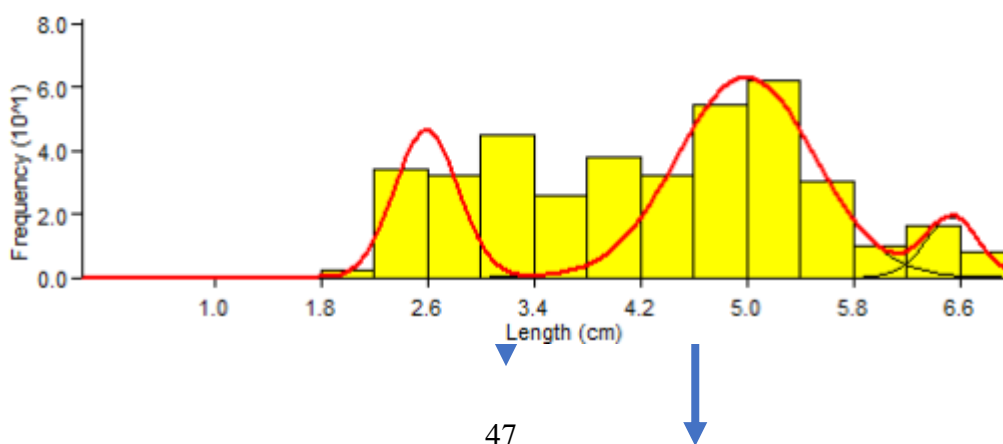


Figure 37. Décomposition de la distribution de fréquences de tailles *M. galloprovincialis* en cohortes par la méthode de Bhattacharya (1967) Fisat II(version 1.2.0)

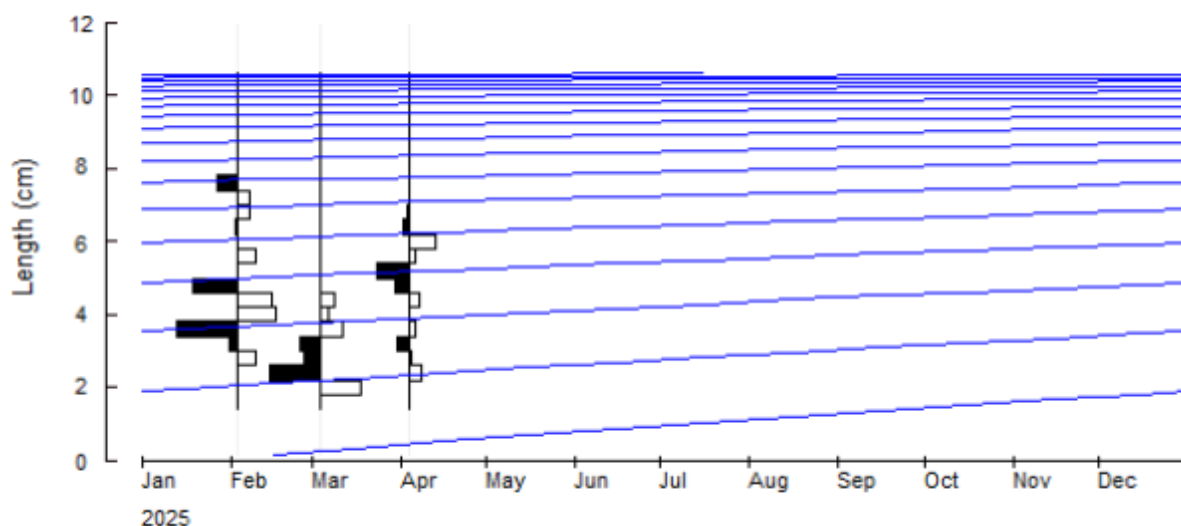


Figure 38 : Courbes de croissance de Von Bertalanffy (VBGF) de *Mytilus galloprovincialis* superposées aux histogrammes de fréquence de longueur restructurés (Données obtenues à l'aide du logiciel du logiciel FISAT II (version 1.2.0) la méthode ELEFAN-I.(Site Collo).

4.1.2. Croissance linéaire :

Par l'utilisation de la méthode BATHACHARIA du logiciel FISAT II (version 1.2.0), il a été possible d'estimer les paramètres de croissance absolue de l'équation de Von Bertalanffy (L_{∞} , K et t_0) et nous permis d'aboutir aux résultats suivants :

Tableau 09 : Résultats de paramètres de croissance (site Collo).

de croissance	L_{∞} (cm)	K (ans-1)	T_0 (ans)	\emptyset	Equation:
Les valeurs	12.28	0.25	0	1.576	$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t - t_0)}]$ $L_t = 12.28 [1 - e^{-0.25t}]$

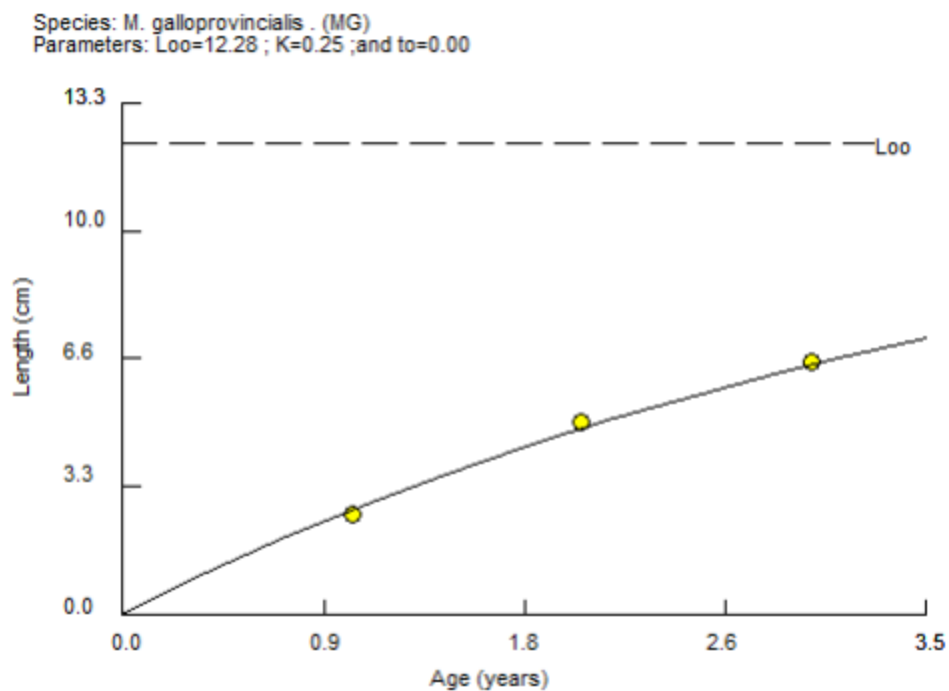


Figure 39. Courbe de croissance linéaire standard de (P.t) de *M. galloprovincialis*

4.2. Site El Marsa

4.2.1. Estimation de l'âge :

Après attribution d'un âge à chaque moyenne modale, trois clés âge-longueur ont été établies en la méthode de Bhattacharya (**fig.41 et tab.10**).

Tableau10 : Représentation des résultats de la clé âge-longueur de *M. galloprovincialis* (El Marsa).

Age	Taille moyenne(cm)	Ecart-Type	Indice de séparation (SI)
1	2.58	0.490	n.a
2	4.72	0.890	2.500
3	9.17	0.670	3.030

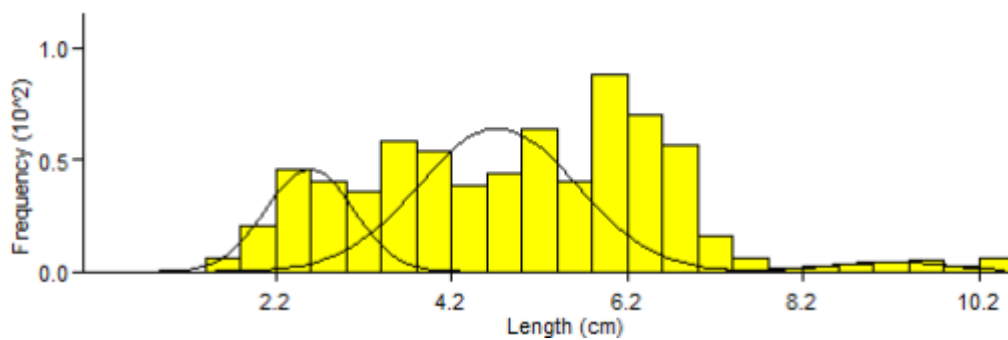


Figure40. Décomposition de la distribution de fréquences de tailles *M. galloprovincialis* en cohortes par la méthode de Bhattacharya (1967) (FISAT II, 2005) (El Marsa).

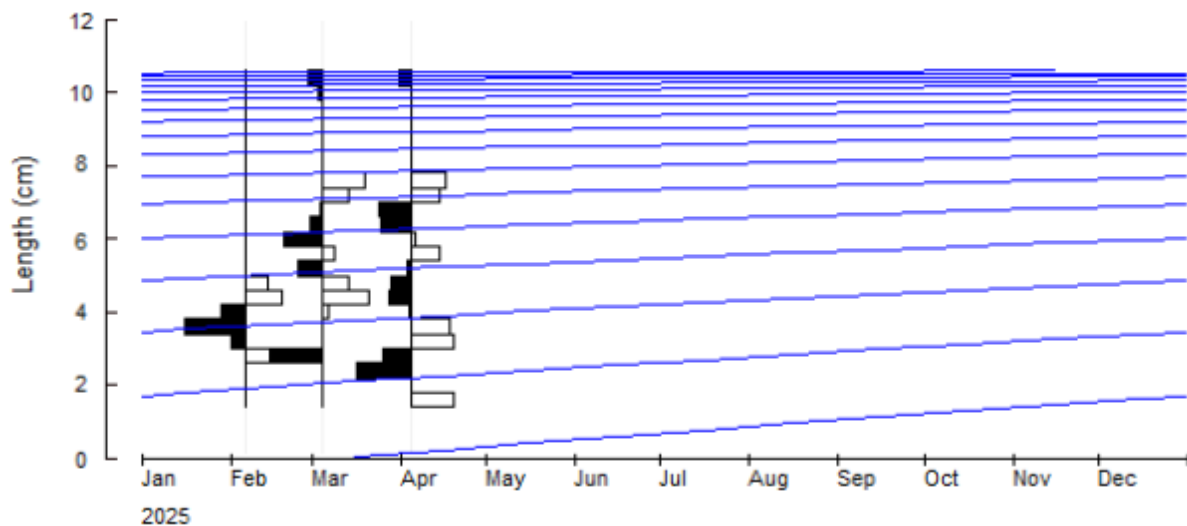


Figure41. Courbes de croissance de Von Bertalanffy (VBGF) de *Mytilus galloprovincialis* superposées aux histogrammes de fréquence de longueur restructurés (Données obtenues à l'aide du logiciel du logiciel FISAT II (version 1.2.0) la méthode ELEFAN-I. (Site ELMarsa

4.2.2.Croissance linéaire :

Par l'utilisation de la méthode BATHACHARIA du logiciel FISAT II (version 1.2.0), il a été possible d'estimer les paramètres de croissance absolue de l'équation de Von Bertalanffy (L_{∞} , K et t_0) et nous permis d'aboutir aux résultats suivants :

Tableau 11 : Résultats de paramètres de croissance.

Paramètres de croissance	L_{∞} (cm)	K (ans-1)	T_0 (ans)	\emptyset	
Les valeurs	18.34	0.19	0	1,806	$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t - t_0)}]$ $L_t = 18.34 [1 - e^{-0.19t}]$

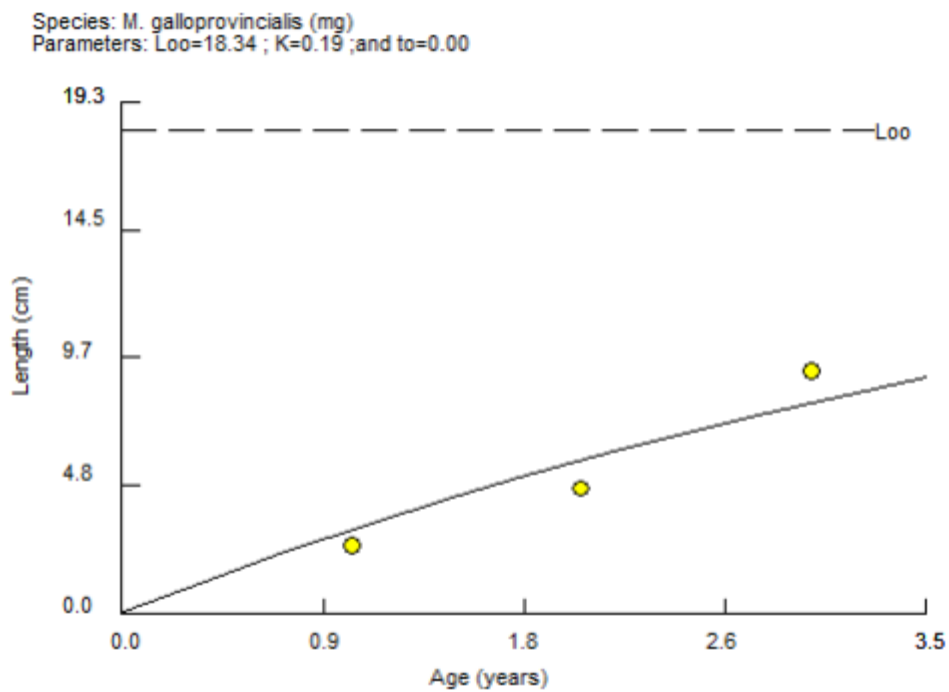


Figure42. Courbe de croissance linéaire standard de (P.t) de *M. galloprovincialis*(El Marsa).

5. Interprétation (Estimation de l'âge) :

5.1. Analyse des classes d'âge (méthode de Bhattacharya) :

Cette méthode a permis d'identifier trois classes d'âge distinctes dans les deux sites (Collo et El Marsa), à partir des distributions de taille.

Cela reflète une population bien structurée, avec un recrutement régulier au fil du temps, indiquant une croissance naturelle et progressive des individus nos sont résultats en accord avec les résultats obtenus par (Bouzina et Dellal, 2024) au niveau la ferme El Mokretar Aqua(Chlef).

5.2. Courbe de croissance de Von Bertalanffy (VBGF) :

Ce modèle mathématique décrit la croissance en longueur au cours du temps :

- **À El Marsa :**

$L_{\infty} = 18,34$ cm (taille maximale théorique plus grande) $K = 0,19$ (croissance plus lente)

- **À Collo :**

$L_{\infty} = 12,28$ cm (taille maximale plus petite)

$K = 0,25$ (croissance plus rapide)

Indice de performance est plus élevée au niveau de site El Marsa $\phi' = 1.806$

Cela signifie que les individus à El Marsa atteignent de plus grandes tailles, mais à un rythme plus lent, tandis que ceux de Collo grandissent plus vite mais atteignent des tailles finales plus modestes. Ces différences traduisent probablement des conditions environnementales variables entre les deux sites (température, alimentation, densité, etc.).

5.3. La croissance pondérale :

Les courbes obtenues montrent une relation positive claire entre la longueur et le poids total, particulièrement forte à Collo ($R^2 = 0,77$) et aussi notable à El Marsa ($R^2 = 0,74$).

Cela reflète une croissance pondérale régulière, où l'augmentation de la taille est accompagnée d'un gain de masse corporelle, témoignant d'un bon état nutritionnel des individus durant la période d'étude.

Les courbes révèlent une croissance naturelle harmonieuse chez *Mytilus galloprovincialis*, avec des différences entre les deux sites :

El Marsa favorise une croissance vers de plus grandes tailles, mais à un rythme plus lent.

Collo favorise une croissance plus rapide, mais vers des tailles finales plus réduites.

Dans les deux cas, la relation entre taille et poids suggère une bonne disponibilité alimentaire et des conditions favorables à la croissance.

A l'état naturel *Mytilus galloprovincialis* subie de fortes périodes d'exondation, comme le signale (Djediati, 1993), dans ses travaux sur la jetée centrale du port d'Alger, où la taille de la moule est relativement petite. Cet auteur signale également que la concentration des moules en moulière naturelle peut constituer un des facteurs limitants la croissance de l'espèce. (Ceccherelli et Barboni 1983) ont démontré, dans leurs travaux, que la croissance des moules cultivées est meilleure que celle de leurs homologues sauvages. Au niveau des structures d'élevages, les conditions du milieu sont plus stables, le courant d'eau se renouvelle constamment offrant plus d'accessibilité à la nourriture. Les pochons sont conçus de sorte à éviter l'entassement et l'étouffement des moules entre elle par leur byssus, la moule ne subit pas de grand stress étant immergée durant toute la période d'élevage. Une étude comparative des paramètres de croissance sont illustrées dans le (tab.12).

Tableau 12. Paramètres de croissance obtenus par différents auteurs pour *Mytilus galloprovincialis*.

L_{∞}	k	T_0	\emptyset'	Région	Référence
183.4	0.19	0	1.80	EL Marsa (Skikda)	Présente étude
122,8	0.25	0	1.57	Collo (Skikda)	Présente étude
102.2	0.58	0	3.92	La ferme El Mokretar Aqua (Chlef)	Bouzina&Dellal(2024)
105	0,58	-0,09	3,81	Algérie (Bou-Ismaïl)	Merbeh (2009)
85	0,83	0,42	3,74	Espagne (Masnou)	Ramón & al. (2006)
64,02	0,30	-0,12	2,64	Boudouaou(Alger, Méditerranée)	Abada Boujema (1996)

6. Analyse des paramètres de qualité des eaux marines :

6.1. Analyse Physico-chimique

a. Février 2025 – Site El Marsa uniquement (pas de données pour Collo) :

- **pH** : 8,74 – eau légèrement basique.
- **Conductivité** : 49,6 mS/cm – très élevée, suggère une forte minéralisation.
- **TDS** : 33 200 mg/L – concentration élevée en sels dissous.
- **TH (dureté totale)** : 9 000 mg/L – eau extrêmement dure.
- **Chlorures** : 22 700 mg/L – niveaux très supérieurs à la norme pour l'eau potable, peut indiquer une contamination marine ou anthropique.

Ces valeurs indiquent une **minéralisation importante**, typique des zones côtières ou exposées à une forte salinité.

b. Avril 2025 – Comparaison El Marsa vs. Collo :

Tableau 13 : les analyses physicochimiques dans le site (El Marsa).

Paramètre	El Marsa	Collo	Remarques
pH	7,88	7,81	Normaux, légèrement neutres
Conductivité (mS/cm)	55,3	54,5	Très élevées pour les deux sites
TDS (mg/L)	35 100	34 800	Eau très chargée en minéraux
Salinité (%)	36,7	36,4	Fort taux de salinité, typique d'une influence marine
Turbidité (NTU)	2,34	6,4	Collo présente une turbidité plus élevée, signe de particules en suspension
Oxygène dissous (mg/L)	22,7	18,9	Bonne oxygénation, légèrement meilleure à El Marsa
MES (mg/L)	19,2	12,5	Matières en suspension plus importantes à El Marsa

Les deux sites présentent une **eau fortement minéralisée et saline**, suggérant des influences marines ou des intrusions salines. La **turbidité** plus marquée à Collo pourrait être liée à des apports allochtones ou des effluents. L'**oxygénation** reste correcte.

6.2. Analyse Microbiologique :

a. Mars 2025 – El Marsa vs. Collo :

Tableau 14 : Analyse Microbiologique. (Mars 2025 – El Marsa et Collo).

Paramètre	El Marsa	Collo
Coliformes totaux	90 colonies	Non détectés
Coliformes fécaux	Présents (+)	Absents
Streptocoques	> 100 colonies	> 100 colonies
E. coli	Présents (+)	Présents (+)

La présence de coliformes totaux et fécaux à El Marsa **indique une pollution fécale plus marquée**, contrairement à Collo, qui présente une meilleure qualité bactériologique, hormis E. coli.

b. Avril 2025 – Comparaison détaillée :

Tableau 15 : Analyses microbiologiques (Avril 2025_El Marsa et Collo).

Paramètre	El Marsa	Collo	Remarques
Coliformes totaux (100 ml)	18	210	Collo montre une charge bactérienne plus élevée
Coliformes fécaux (100 ml)	7	100	Collo présente une contamination fécale plus importante
Entérocoques (100 ml)	9	1 000	Taux préoccupant à Collo
Bactéries sulfito-réductrices (/20 ml)	Absentes	3	Présentes uniquement à Collo

Conclusion microbiologique : En avril, Collo affiche une nette détérioration microbiologique avec des niveaux élevés d'indicateurs fécaux, ce qui peut représenter un risque sanitaire élevé.

Tableau 16 : Résultats des analyses physicochimiques et microbiologique (El Marsa et Collo).

Aspect	El Marsa	Collo
Physico-chimique	Eau très dure, minéralisée, bonne oxygénation	Eau saline, plus turbide, moins oxygénée
Microbiologique	Pollution modérée en mars, plus faible en avril	Peu de pollution en mars, forte contamination en avril

Sur le plan scientifique, El Marsa semble **plus stable et moins contaminé sur le plan microbiologique**, tandis que Collo présente des **fluctuations importantes** et une **détérioration significative de la qualité microbienne** en avril.

Plusieurs facteurs influencent le taux de croissance, notamment des facteurs physiques tels que l'espace disponible et le degré d'agrégation toléré par l'espèce. De plus, des facteurs environnementaux tels que la température, l'abondance de nourriture, la densité des colonies, le temps d'immersion, les courants et la pollution ont été identifiés (Vakylı, 1989 ; Cheung, 1993 ; Hicks *et al.*, 2001).

Ces performances biologiques supérieures en termes de croissance et de taille pourraient être attribuées à des facteurs physiologiques et hormonaux sous-jacents, comme le suggèrent (Kouassi *et al.*, 2012). Les variations des paramètres de croissance peuvent être attribuées aux conditions environnementales et à la période expérimentale, comme le souligne (Sidibé, 2003). Les disparités observées dans les taux de croissance en taille semblent être influencées par le régime alimentaire des espèces aussi (Lorenzoni *et al.*, 2007). D'autre part (Reichert, 2003) a noté que les taux de croissance optimaux semblent être associés à la qualité des nutriments consommés et à l'assimilation des protéines qu'ils contiennent (Audic, 2006). (Cas site d'El Marsa).

La croissance des moules est généralement évaluée par la taille, qui est généralement corrélée à l'âge, mais est également influencée par les conditions environnementales (**Seed, 1976**).

Selon Peharda *et al.*, (2007), *M. galloprovincialis* connaît une croissance lente à des températures supérieures à 21 °C et inférieures à 10 °C.

Conclusion

Conclusion

Conclusion :

Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'impact de la pollution sur la performance de la croissance de la moule méditerranéenne *Mytilus galloprovincialis* sur les côtes de skikda. Pour cela, des échantillons des moules et de l'eau ont été prélevés sur deux sites le 1^{er} site (La ferme royale aquacole ; El Marsa), et le 2^{ème} site (Collo).

La caractérisation de la croissance de *M.galloprovincialis* a été réalisée en se basant sur les relations biométriques, notamment la relation longueur largeur-taille-poids, ainsi que sur les indicateurs de performance de croissance et à travers des analyses des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau, nous avons pu d'établir un diagnostic préliminaire de l'influence de la pollution sur le développement de cette espèce dans ces écosystème côtières.

Au terme de ce travail, on peut dire que la croissance, la morphologie et l'état physiologique de cette espèce sont clairement infectées par la qualité de leur environnement.

D'après les résultats obtenus, le site d'El Marsa présente des conditions plus favorables à la croissance des individus de *Mytilus galloprovincialis*, montrées par des tailles maximales plus significatives, des tailles de la coquille plus importante, une bonne homogénéité morphométrique, des classes d'âge distribuées d'une façon cohérente et une croissance stable et progressive. Les valeurs de taille sont élevées ($L_{\infty} = 18,34$ mm "taille maximale théorique plus grande"). Tandis qu'à Collo, la croissance des moules s'effectue à un rythme rapide mais la taille maximal reste inférieure par rapport le site d'El Marsa ($L_{\infty} = 12,28$ mm), des variations dans le poids et une hétérogénéité morphométriques lié à une faible corrélation entre la longueur et la largeur.

Ces résultats, sont probablement due à la nature différente de l'eau des deux sites. Selon les analyses de l'eau, le site d'El Marsa révèle une faible intensité de contamination par rapport le site de Collo, qui présente une contamination plus importante, ce qu'explique la différence existante dans les paramètres morphométriques et pondérales des moules entre le site El Marsa et Collo.

Cette première étude de la croissance de *Mytilus galloprovincialis* au niveau d'une exploitation mytilicole installée en pleine mer nous a permis de voir comment cette espèce répond aux

Conclusion

conditions du milieu aquatique, où nous avons constaté une croissance supérieure à celle des populations naturelles.

Une étude multidisciplinaire à l'échelle régionale aurait permis d'envisager une approche écologique intégrant les différentes activités existantes dans la zone et la conchyliculture comme nouvelle activité complémentaire dans le cadre d'un développement durable du littoral de Skikda.

Perceptives:

Cette étude peut servir de référence pour les futures recherches en conchyliculture.

Comparent pas les autres études

Pour améliorer cette étude, nous proposons quelques suggestions:

- Inclure une analyse approfondie des conditions environnementales (température, salinité, qualité de l'eau) et leur impact sur la croissance et la santé des moules.
- Collecter et analyser les retours d'expérience des praticiens de la conchyliculture pour identifier les défis courants et les solutions efficaces.
- Ces résultats suggèrent une possible adaptation aux conditions environnementales. Une étude complémentaire sur les biomarqueurs de pollution (métallothionéines, catalase, peroxyde dismutase, acétylcholèneestérase) chez la moule *Mytilus galloprovincialis* est nécessaire pour compléter cette étude.

Références bibliographiques

A

1. **Aloui-Bejaoui , N. (1998).** La croissance absolue de *Mytilus galloprovincialis* dans le lac de Bizerte : relation Taille/âge dans les stations d'élevage. Bull. Inst. Nat. Sci. Techn. Mer. (25) P 5,66.
2. **Audic M. (2006).** Etude de la nutrition des saumons et contribution à la création d'une filière de Production de saumons label rouge. Thèse de l'Université Paul-Sabatier de Toulouse, P161.
3. **Afnor, A. (1985).** Aliments des animaux. Paris, France.

B

4. **Bouhayene, S. (2015).** Evaluation bactériologique des zones de baignade de la baie de Skikda (N.E. Algérien). Thèse de Doctorat Université Badji Mokhtar –Annaba, P5,6.
5. **Boumalek, W.(2020).** Etudes des possibilités de valorisation agricole des sous-produits d'épuration et l'amélioration de la gestion des processus épuratoires d'une station d'épuration, Thèse de Doctoral dissertation, Ecole Nationale Polytechnique (Peciser la wilaya) , P82.
6. **Behlul, C et Farhi, I. (2021).** Mécanisme l'adhérence chez la moule *Mytilus Galloprovincialis*. Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945. Guelma, P15, 16, 17,18.
7. **Bodin, N. (2001).** Comparaison des variations saisonnières de la maturation des gonades et de biomarqueurs chez la moule (*Mytilus galloprovincialis*), P9.
8. **Benchikh, N. (2009).** Etude de la croissance et du cycle de reproduction de la moule *Perna perna* dans le golfe d'Annaba et le littoral d'El Kala. Mémoire de Magister. Université Baji-Mokhtar – Annaba.
9. **Boutan, M. (1900).** Zoologie descriptive. Paris, Boum, P 2.
10. **Bertalanffy Von L. (1938).** A quantitative theory of organic growth. Hum boil.10(2) P 181, 213.

11. Biological Association of the United Kingdom, 55(2), P463, 476.

12. **Brown, C. H. (1952).** Some structural proteins of *Mytilus edulis*. Journal of Cell Science, 3(24), P487, 502.

13. **Bélanger, D. (2009).** Utilisation de la faune macrobenthique comme bioindicateur de la qualité de l'environnement marin côtier

14. **Banni MetNegri, A et Mignone, F et Boussetta, Het Viarengo, A et Dondero, F. (2011).** Gene expression rhythms in the mussel *Mytilus galloprovincialis* (Lam.) across an annual cycle. PLoS One, 6(5), P 18904.

15. **Bhaby, S et Belhsen, O. KErrhif, A. (2014).** *Mytilus galloprovincialis* ; reproduction activity and mantle structure in a zone located in the Northwest of the Atlantic Ocean (Imessouane, Morocco). J Mar Biol Oceanogr P1, 2,3.

C

16. **Cuvier, G. (1837).** Leçons d'anatomie comparée. Crochard et Cie., Libraires.

17. **Cranfield, HJ. (1973).** Observations sur la fonction des glandes du pied du pédivéligère *Ostrea edulis* pendant la fixation. Biologie marine, P 22 , 211 ,223.

18. **Casas, S. (2005).** Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen (Doctoral dissertation Université du Sud Toulon Var).

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

20. **Cossa, D. (1989).** Revue d'utilisation de *Mytilus* spp comme indicateurs quantitatifs de la contamination par le cadmium et le mercure dans les eaux côtières. Oceanologica acta , 12 (4), P417,432 .

21. Casas, S. (2005). Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen (Doctoral dissertation, Université du Sud Toulon Var).

22. Culha, ST ; Çelik, MY ; Culha, M ; Karayücel, İ ; Gündoğdu, A. (2008). Les oligo-éléments dans les moules (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) élevées sur radeau dans la péninsule de Sinop, au sud de la mer Noire.

23. Cheung, S.G. (1993). Population dynamics and energy budgets of green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) in a polluted harbour. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 168: P 1 ,24.

24. Ceccherelli VU, Rossi R. (1983). Settlement, growth and production of the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Marine ecology progress series*. Oldendorf 16(1), P173 ,184.

25. Cruz, R.A. and C.R. Villalobos .(1993). Shell length at sexual maturity and spawning cycle of *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) from Costa Rica. *Rev. BioI. Trop.* 41(1) P 89,92.

D

26. Danioux, C. (1976). Cages Flottants en Rade Brest. Service Études et Développement.P27.

27. Desgouille, A. (1969). Les moules du Lazaret (Rade de Toulon) (suite)-La reproduction des moules après les larves recueillies dans le plancton. *Science et Pêche*, P 185, 1 ,8.

28. Djediat, C. (1993). Aspect histologique de la gonade femelle de *Mytilus galloprovincialis* (LmK) en période de reproduction. *D. E. S., U. S. T. H. B.*, P56. 92. Direction de la pêche et des ressources halieutiques de Skikda. (2025).

E

29. El Nasr,2024 « Intérêt croissant pour l'investissement dans le secteur : l'aquaculture a atteint

Une production de 5500 tonnes de poissons », quotidien algérien, [en ligne], 21 février 2024. Disponible sur : <https://www.annasronline.com/2-5500-233696/الحدث/أخبار-وطنية/>

(consulté le 27 mai 2025).

30. Essalhi, Set Moussaoui, Kh et Boukredine, S. (2023). Contamination d'un bivalve marin (*Mytilus galloprovincialis*) colonisant le golfe d'Annaba : Effets sur la reproduction. Thèse de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma. 20p.

31. Entreprise de gestion des ports de pêche. (2025).

F

32. Fischer, P. (1887). Manuel de conchyliologie et de paléontologie conchyliologique ou histoire naturelle des mollusques vivants ou fossiles (Vol. 1). Savy.

33. Fulgence, K. ; Mamadou, K. ; Siaka, OAtcho, O, (2015). Contribution à la Connaissance de la Faune Malacologique des Bivalves Marins de la Zone Économique Exclusive de Côte D'ivoire.

34. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). Aquaculture Production. In The State of World Fisheries and Aquaculture 2024.

35. Filgueira, R., Comeau, L. A., Landry, T., Grant, J., Guyondet, T., Mallet, (2013). Bivalve condition index as an indicator of aquaculture intensity: a meta- analysis. Ecological indicators, P25, 215 ,229.

36. Figueras, A et Moreira, R et Sendra, M et Novoa, B. (2019). Genomics and immunity Of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* in a changing environment. Fish Shellfish Immunology, P 90, 440,445.

G

- 37. Guendouzi, Y. (2015).** Étude de la qualité de l'eau de mer de la région littorale de Mostaganem à travers deux bio indicateurs *Mytilus galloprovincialis*(Lmk) et *Paracentrotus lividus* (Lmk). (Doctoral dissertation, Thèse de Magister en Science de la mer).
- 38. Gérard, D. (2002).** Estimation du stock de moules sur bouchots en baie du Mont Saint- Michel.
- 39. Gosling, E. (1992).** Systématique et répartition géographique de *Mytilus*. Développements en aquaculture et sciences halieutiques P 25, 1 ,20.
- 40. Gosling, E. (2003).** Bivalve Molluscs : Biology, Ecology and Culture. Fishing New Books, Blackwell Publishing, P443 : <http://dx.doi.org/10.1002/9780470995532>
- 41. Gosling, E. (Ed.). (2003).** Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture, 454 pp. Fishing News Books, Oxford.
- 42. Gosling, E. (Ed.). (1992).** The mussel *Mytilus* : écologie, physiology, genetics and culture (pp. xiii+-589).
- 43. Gruffydd, LD. (1978).** Le byssus et les glandes de byssus de *Chlamys islandica* et Autres pétoncles (Lamellibranchia). *Zoologica Scripta*, 7 (1-4), P 277 ,285.
- 44. Gruffydd, LD, Budiman, A., et Nott, JA. (1979).** Ultrastructure du byssus et des glandes byssus chez *Chlamys varia* L. (Lamellibranchia). *Journal de Association de biologie marine Du Royaume-Uni* , 59 (3),P 597-603 .
- 45. Gruffydd, LD. (1978).** Le byssus et les glandes de byssus de *Chlamys islandica* et autres pétoncles (Lamellibranchia). *Zoologica Scripta*, 7 (1-4), P 277 ,285.
- 46. Gruffydd, LD, Budiman, A., et Nott, JA . (1979).** Ultrastructure du byssus et des glandes Byssus chez *Chlamys varia* L. (Lamellibranchia). *Journal de Association de biologie marine Du Royaume-Uni*, 59 (3),P 597.
- 47. Gruffydd, LD, Lane, DJW et Beaumont, AR . (1975).** Glandes du pied larvaire de *Pecten*

maximus L. et homologues possibles chez autres bivalves. Journal de Association de biologie marine du Royaume-Uni, 55 (2), P 463,476 ,603.

48. Goldberg, ED. (1986). Le concept de surveillance des moules. Surveillance et évaluation environnementales, P 7, 91,103.

49. Gulland J. A. (1977). Fish population.

50. Guendouzi, Y ; ,Soualili, D. L ;Boulahdid, M ;Eddalia, N ;Boudjenoun, M. (2021). Effect of physiological conditions and biochemical factors of mussels *Mytilus galloprovincialis* in radioactivity monitoring programs along the Algerian coast. Environmental Science and Pollution Research, 28(34), P46448 ,46457.

H

51. Huang, H., Wu, JY et Wu, JH. (2007). Surveillance des métaux lourds à aide de coquillages bivalves des eaux côtières du Zhejiang, mer de Chine orientale. Surveillance et évaluation environnementales, P 129 , 315-320 .

52. Hicks, D.W ; Tunnell, J.W. Jr ;McMahon, R.F. (2001). Population dynamics of the non indigenous brown mussel, *Perna perna* (Linnaeus 1758), in the Gulf of Mexico compared to other world-wide populations. Marine Ecology Progress Series, 211 : P181,192.

J

53. Jourdan, É. (1889). Les sens chez les animaux inférieurs. Baillière.

K

54. Kerdoussi, A. (2010). La moule *perna perna* peuplant le gofle Annaba-croissance, reproduction et qualité bactériologique : synécologie fonctionnelle des communautés et parasitisme en milieu aquatique (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar).

55. Karakoltsidis, PA ; Zotos, A. ; Constantinoises, SM (1995). Composition des poissons, crustacés et mollusques méditerranéens importance commerciale. Journal of food Composition and analysis, 8 (3), P,258,273 .

56. Kouassi, K.S. ; Diaby, M. ; Agnissan, A.J.P. ; Koné, A.; N'Da, K. (2012). Croissance et Âge des poissons capitaines : *Polydactylus quadrifilis* (Cuvier, 1829), *Galeoides decadactylus* (Bloch, 1795) et *Pentanemus quinquarius* (Linné, 1758) de la pêche artisanale maritime de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire). Int. J. Biol. Chem. Sci., 6(3) P 1112 ,1127.

L

57. Lamarck, J. B.D. (1819). Histoire naturelle des animaux sans vertèbres. Belin, Paris, P 6 , 343.

58. Lane, DJW et Nott, JA. (1975). Étude de la morphologie, de la structure fine et de histochimie du pied du pédivéligère *de Mytilus edulis* L. Journal of the Marine Biological. Association of the United Kingdom, 55 (2),P, 477,495 .

59. López-Barea, J. et Pueyo, C. (1998). Teneur mutagène et activation métabolique des promutagènes par les mollusques comme biomarqueurs de la pollution marine. Recherche sur les mutations/Mécanismes fondamentaux et moléculaires de la mutagenèse , 399 (1),P 3 ,15.

60. Lorenzoni, M.; Carosi, A.; Pedicillo, G.; Trusso, A. (2007). A comparative study on the feeding competition of the European Perch *Perca fluviatilis* (L.) and the ruffe *Gymnocephalus cernuus* (L.) in Lake Piediluco, Italy. Umbria, 1 P 35 ,57, 20.

61. Latreche.H. (2020). Contribution à la mesure du stress chez *Mytilus galloprovincialis* Thèse majestere. École nationale supérieure des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral. p30,40.

M

62. Mohite, S. (2008). On condition index and percentage edibility of the shortneck clam *Paphia malabarica* (Chemnitz) from estuarine regions of Ratnagiri, west coast of India. Aquaculture Research, 40(1), P69,73.

63. Mahéo, R. (1969). Observations sur l'appareil byssogène de *Venerupis pullastra*. Mon. Cahiers de biologie marine, P 10, 181.

64. Mohamed, B .A et Dellali.C (2024), Contribution à l'étude de croissance de *Mytilus galloprovincialis* au niveau de la ferme piscicole El Makretar Aqua (Baie Souhila).Mémoire de Mastère.Université Hassiba benbouali de Chlef.

65. Merbah, S. (2009). Contribution à l'étude de la dynamique de population de la moule *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck,1819) et de sa faune associée, sur filières mytilicoles wilaya de Tipaza. Thèse de Magister, Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene,93p.

66.Moule. (2024). Guidedesespeces.org. <https://guidedesespeces.org/fr/moule>.

N

67.Naciri, M. (1998). Dynamique population de moules, *Mytilus galloprovincialis* (Lmk.), vivant sur la côte atlantique marocaine. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, 1997(21), P 43 ,50.

68. Nicholson, S., et Lam, PKS. (2005). Surveillance de la pollution en Asie du Sud-Est à aide de biomarqueurs chez la moule mytilide *Perna viridis* (Mytilidae : Bivalvia). Environment International, 31 (1), P121 ,132.

O

69. Ounis, S. et Rabet, F. (2021). Etude des organismes marins causant la mortalité dans un élevage mytilicole dans une ferme de l'est d'Alger. (Doctoral dissertation, École Nationale Supérieure Vétérinaire), P3.

70.Orban, E ;Di Lena, G. ;Nevigato, T ; Casini, I. ; Marzetti, A., ; Caproni, R. (2002).

Variations saisonnières de la teneur en chair, de de condition et de la composition chimique des moules (*Mytilus galloprovincialis*) cultivées dans deux sites italiens différents. Chimie alimentaire, 77 (1), P 57,65.

P

71. Pauly et Devid. (1981). ELEFEN-1 BASIC program for the objective extraction of growth paramètres from length-frequency data *Mecresforschung*. 28(4), P205-211.

72. Pauly et Munro (1984). Dynamique des populations de poissons dans les eaux tropicales : A Manual for Use with Programmable Calculator. ICLARM, Manille.

73. Pujol, J. P. (1967). Formation of the byssus in the common mussel (*Mytilus edulis*L.). Nature, 214(5084), P204 ,205.

74. Peharda, M.; Zupan, I; Bavevié, L.; Frankié, A.; Klanjsfleck, T. (2007). Growth and Condition index of mussel *Mytilus galloprovincialis* in experimental integrated aquaculture. Aquaculture Research 38, P1714 ,1720.

75. Peharda, Met Župan, I ; Bavčević, L et Frankić, A et Klanjšček, T. (2007). Indice décroissance et de condition de la moule *Mytilus galloprovincialis* en aquaculture expérimentale intégrée. Aquaculture Research, 38 (16), P1714,1720.

Q

76. Qin, Z., et Buehler, MJ (2013). Tolérance aux impacts dans les réseaux de filaments de Moules par distribution hétérogène des matériaux. Nature communications, 4 (1), P , 2187 .

S

77. Sahraoui, S (2019). Les besoins nationaux en termes de maîtrise de la reproduction artificielle des holothuries à intérêt commercial. Thèse de Master. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.

78. Sheltz, J. (1986). Conception des installations d'élevage. In : Techniques d'élevage intensif et d'alimentation de poissons et de crustacés. Vol. II. FAO. Italie.

79. Sokal, R et Rohlf, F. J. (1995). Biometry. Macmillan.

80. Smyth, JD .(1954). Technique de démonstration histochimique de la polyphénol oxydase et Son application à la formation de la coquille œuf chez les helminthes et au byssus chez *Mytilus*. Journal of Cell Science, 3 (30), P139,152.

81. Silverman H. G.et Roberto F. F. (2010).In Biol. Adhes. Syst. (Eds: von Byern, J.

Grunwald I.), Springer Vienna, Vienna, 273- 283 p.

82. Sahin, SA, Sahin, A., et Okumus, I. (2011). Établissement et croissance du naissain de moule méditerranéenne (*Mytilus galloprovincialis*) dans les élevages en cages de la côte sud-est de la mer Noire.

83. Seed, R. (1976). Ecology. In : Bayne, B.L. (Ed.), Marine Mussels, their Ecology and Physiology. Cambridge Univ. Press, Cambridge, p13 ,65.

84. Sidibé, A. (2003). Les ressources halieutiques démersales côtières de la Guinée: exploitation, biologie et dynamique des Principales espèces de la communauté à sciaénidés.

Thèse de doctorat halieutique ENSA1Rennes, P 320.

T

85. Tamarin, A., et Keller, PJ. (1972). Étude ultrastructurale du système filiforme byssal chez *Mytilus*. Journal of ultrastructure research , 40 (3-4),P 401,416 .

V

86. Vakily, J.M. (1989). The biology and culture of mussels of the genus *Perna*. ICLARM Stud. Rev., Vol. P17, 63.

W

87. Waite, JH. (2002). Adhésion à la moule. Biologie intégrative et comparative, 42 (6), P1172,1180.

88. Waite, JH, Qin, XX et Coyne, KJ. (1998). Les collagènes particuliers du byssus de moule. Biologie matricielle, 17 (2), P93,106.88. Worldwide Aquaculture. (March 25, (2025). Freshwater Aquaculture vs. Marine.Aquaculture : Which One Suits You Best ? (Consulté le 25 mai 2025), [lhttps://worldwideaquaculture.com/freshwater-vs-marine-aquaculture-w-hichis-right-for-you](https://worldwideaquaculture.com/freshwater-vs-marine-aquaculture-w-hichis-right-for-you)

Z

89. Zemani, A et Bourdim, A. (2021). Etude technique pour la réalisation d'une ferme mytilicole en mer ouverte système de filières. Mémoire du Master Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEM, P24 ,25.

Sites web:

- [1] <http://users.cybernet.be/Isojic/Faune/Fiches/Moule.htm>. (Consulté le : 25.06.2021).
- [2] https://dspace.univguelma.dz/jspui/bitstream/123456789/15214/1/MOUSSAOUI_KHADIDAF4.pdf
- [3] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S105046481930302X>
- [4] <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0018904>
- [5] <https://guidedesespeces.org/fr/moule>
- [6] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2109.2007.01840.x>.
- [7] https://www.researchgate.net/publication/271098319_Mytilus_galloprovincialis_Reproduction_Activity_and_Mantle_Structure_in_a_Zone_Located_in_the_Northwest_of_the_Atlanti_Ocean_Im_essouane_Morocco.
- [8] <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-09775-0>.
- [9] <http://users.cybernet.be/Isojic/Faune/Fiches/Moule.htm>. (Consulté le : 25.06.2021).
- [10] <https://doi.org/10.1017/S0025315400016064.A>
- [11] <https://doris.ffessm.fr/Glossaire/Byssus>.
- [12] <https://nanoqam.ca/wp/tag/isabelle-marcotte/> consulter le (26/5/2025).
- [13] <https://www.guidedesespeces.org/fr/moule>(Consulter le 15 Mai 2025).
- [14] <https://www.fao.org/4/i1139f/i1139f02.pdf>.

