



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem
Faculté des Sciences de la Nature & de la Vie

DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER & DE L'AQUACULTURE

*Laboratoire : Protection et Valorisation des Ressources & Marines
Littorales, et Systématique Moléculaire (PVRMLSM)*

THÈSE

Présentée par

Fatima Zohra BELKHAMSSA

Pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT (L.M.D)

Spécialité : Hydrobiologie Marine & Continentale

Option : Valorisation & Gestion des Ressources Marines et Littorales

Intitulée

**Caractérisation, Écosystèmes associés et Cadre
sédimentaire de la nacre
Pinna nobilis (Linné, 1758) –
Côte Ouest Algérienne**

Soutenue le : 19/10/2020

Devant le Jury :

Président :	Karim MEZALI	Professeur	Université de Mostaganem
Directeur de Thèse :	Nasr-Eddine TAIBI	Professeur	Université de Mostaganem
Co-Directrice :	Salud DEUDERO	Professeur	Centre Océanographique des Baléares/Espagne
Examinatrice :	Dina Lila SOUALILI	Professeur	Université de Mostaganem
Examinatrice :	Wacila BENGUEDDA	Maître de conférences	Université de Tlemcen

Année universitaire 2019 - 2020

Remerciement

Une thèse est toujours le résultat de plusieurs années de travail en collaboration avec différents scientifiques. Pour moi, peut être plus que tout autre « plusieurs années » riment avec nombreux «s», aussi de multiples personnes ont participé à la réalisation de ce document et je les prie, même si elles ne sont pas nommément citées et si des aléas nous ont éloigné, de croire que je ne les ai pas oubliées et que je les remercie pour tout ce qu'elles ont fait.

*Avant tout, je me dois commencer par rendre hommage à notre cher et regretté professeur **Zitouni Boutiba**, paix à son âme, qui a cru en moi, et qu'il demeure à tout jamais une référence pour nous et pour toutes les générations futures.*

*Mes plus humbles remerciements vont au Professeur **Nasr-Eddine TAIBI**, qui fut pour moi un directeur de thèse attentif et disponible malgré ses nombreuses charges. Sa compétence, sa rigueur scientifique et son expérience, ses conseils judicieux et la confiance qu'il m'a témoignée en assurant la direction de cette thèse, ont été un soutien constant tout au long de ce travail et m'ont beaucoup appris. Ils ont été des moteurs de mon travail de chercheur.*

Je le remercie également d'avoir consacré un temps précieux à la correction de ce manuscrit me permettant ainsi d'améliorer la qualité de ce document. Qu'il trouve ici toute ma sympathie.

*J'adresse de chaleureux remerciements à ma co-directrice Mme. **Salud DEUDERO** professeur à l'institut d'océanographique des Baléares, Espagne. Elle m'a accueilli gentiment chaque fois que je venais l'embêter pour lui poser des questions et ses réponses m'ont toujours éclairci les idées. J'admirerai toujours son savoir ainsi que sa capacité à l'exposer et à le partager. Elle a aussi dédié beaucoup de son temps à discuter avec moi à propos de mon avenir et je lui en suis très reconnaissante.*

*Je tiens à remercier tous les membres du Jury qui ont accepté d'examiner mon travail de thèse. Je remercie Prof. **Karim MEZALI** particulièrement d'avoir accepté de présider le Jury de ma soutenance.*

*J'exprimer toute ma reconnaissance au Prof. **Dina Lila SOUALILI** (Université de Mostaganem) au Dr. **Wacila BENGUEDDA** (Université de Tlemcen) pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Mes vifs remerciements vont aussi au Professeur **Mohamed GHAFfour**, Vice Doyen chargé de la post-graduation (Université de Mostaganem/ Faculté SNV) pour m'avoir octroyé un stage de perfectionnement en Espagne.*

Remerciement

*Je tiens à remercier particulièrement M. **Jose Rafael GARCIA MARCH** Professeur à l'université catholique de Valence, Espagne. Tout d'abord pour son accueil au sein de son Laboratoire, mais surtout pour les nombreuses discussions que nous avons eues sur mon projet "Première expérience en Algérie concernant le captage larvaire de la nacre" et pour son aide constante en ce qui concerne les supports techniques pour mes développements. Il m'a beaucoup aidé, sans qui cette thèse n'aurait sûrement jamais vu le jour. J'ai énormément apprécié son enthousiasme et sa sympathie.*

*Je remercie également Dr. **Maite VÁZQUEZ LUIS** et Dr. **Elvira ALVAREZ PEREZ** à l'institut d'océanographique des Baléares, Espagne, qui ont su me soutenir, me supporter, m'encourager.*

*Je remercie aussi Professeur. **BENAKRICH**, qui a cru en moi, et il m'a beaucoup aidé pendant mon cursus d'Ingénieur.*

*Je remercie tous mes enseignants qui ont, avec ma mère Mme. **Aicha BELKHAMSA** (enseignante de la langue française) participé à mon éducation et ont fait de moi **Docteur** aujourd'hui: Mme. **BELHAKEM**, Mme. **SOUALILI**, M. **TAIBI**, M. **MEZALI**, M. **BOUIDJRA**, M. **GHOMARI**, Mme. **BORSALI**, M. **BENGHALI**, M. **KHARAZ**, Mme. **BELAMI**, Mme. **DJAUSTI**, M. **BOUDERBALA**, M. **CHAHROUR**, M. **MOUFOK**, M. **ROUANE HASSAN**, Mme. **MAATALLA eps BOUTIBA**, Mme. **MERZOUG**, M. **MOHSEN**, M. **NEKROUF**, M. **DOURI**, M. **ABDALLAH**, M. **SAHRAOUI**, M. **BENKADA**, Mme. **KHOUAEDJIA (Paix à son ame)**,....et à mes instituteurs d'école primaire Mme. **Mahdjouba BADREDDINE**, Mme. **Zaza BORDJI**, M. **Houari NASRI**.*

Enfin, Je remercie tous les membres du Laboratoire Protection et Valorisation des Ressources Marines et Littorales, et Systématique Moléculaire (PVRMLSM), qui à moment ou à un autre, m'ont apporté leur aide. Je ne les citerai pas afin de n'oublier personne. Lui une partie de mon travail n'aurait pas pu être réalisée.

« Savoir comment ne pas faire quelque chose est l'accomplissement le plus haut ; ne pas savoir comment faire quelque chose est une maladie... » Lao Zi (environ 600 av. JC).

Fatima Zahra BELKHAMSSA

Dédicaces

*Toutes les lettres ne sauront trouver les mots qu'il
faut...*

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,
L'amour, le respect, la reconnaissance.*

*Aussi, c'est tout simplement que
Je dédie cette thèse...*

A ma très chère mère

Mme. Aicha

BELKHAMSA

*Tout l'encre du monde ne pourrait suffire pour
exprimer mes sentiments envers ma mère.*

*Aucune dédicace très chère maman, ne pourrait
exprimer la profondeur des sentiments que j'éprouve pour
vous, vos sacrifices innombrables et votre dévouement
firent pour moi un encouragement.*

*Vous avez toujours été mon école de patience, de
confiance et surtout d'espoir et d'amour.*

*Vous êtes et vous resterez pour moi ma référence, la
lumière qui illumine mon chemin.*

*Ce travail est le résultat de l'esprit de sacrifice dont
vous avez fait preuve, de l'encouragement et le soutien que
vous ne cessez de manifester, j'espère que vous y trouverez
les fruits de votre semence et le témoignage de ma grande
fierté de vous avoir comme*

*Vous avez guetté mes pas, et m'avez couvé de
tendresse, ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand
secours pour mener à bien mes études.*

*Vous m'avez aidé et soutenu pendant de nombreuses
années avec à chaque fois une attention renouvelée.*

*Puisse Dieu, tout puissant vous combler de santé, de
bonheur et vous procurer une longue vie et de vous accorder une longue vie.*

À

ma sœur Nassima, mon frère Nabil, ma petite nièce Aya et mon petit neveu Wassim

*En signe de l'affection et du grand amour que je vous
porte, les mots sont insuffisants pour exprimer ma
profonde estime.*

*Je vous dédie ce travail en témoignage de ma profonde
affection et de mon attachement indéfectible.*

Que Dieu vous accorde santé, succès et bonheur.

Que Dieu vous protège.

et

Aux personnes que j'aime.....

-FAZO-

Résumé

Le présent travail est une contribution à l'écologie de la grande nacre *Pinna nobilis* observée dans les eaux de la côte Ouest algérienne. L'étude était centrée sur la distribution spatiale, la structure de taille, l'âge, le cadre sédimentaire et la colonisation des valves par les épibiontes de ce bivalve. Par le biais de la plongée sous-marine avec scaphandre autonome, il était possible de réaliser les mesures biométriques pertinentes et les observations *in situ* (substrat, profils bathymétriques, faune et flore associée...). Au laboratoire, les coquilles de quelques spécimens morts ont fait l'objet d'une étude sclérochronologique afin de déterminer l'âge du bivalve. Au total, dix huit (18) sites ont été explorés dont huit (8) ont été retenus car ils abritaient l'espèce ciblée (*Pinna nobilis*). La population dans ces sites est représentée essentiellement par des individus de taille comprise entre 20 et 50 cm. Concernant le statut des populations, l'étude a mis en évidence des différences significatives variant de 0,08 à 0,28 individus/m² quant aux densités moyennes enregistrées entre les stations. L'analyse sclérochronologique a montré une variance remarquable entre les individus depuis le stade juvénile à celui de l'adulte dont l'âge varie entre trois et 29 ans. De même, un inventaire des épibiontes associées aux valves est représenté par des algues et des invertébrés. Ces derniers appartiennent aux Annélides, Arthropodes, Mollusques, Échinodermes, Cnidaires, Spongiaires et Bryozoaires. Les épibiontes identifiées sont caractérisées par l'abondance des nématodes sur la surface de la coquille, ainsi que par un développement modéré des copépodes et une forte présence des spongiaires. *Pinna nobilis* s'est adaptée à différents types de substrat, surtout à ceux propices à *Posidonia oceanica* ; par contre, les fonds meubles riches en fractions fines sont défavorables à son installation. Cette étude fournit de nouvelles informations sur les préférences d'habitat et des données permettant d'évaluer les populations locales de *Pinna nobilis*, qui sont utiles pour sa conservation et une meilleure connaissance de son écologie.

Mots clés : *Bivalve, Côte algérienne, Pinna nobilis, répartition géographique, cadre sédimentaire, écosystèmes associées, épibiontes associées.*

Abstract

The present work is a contribution to the ecology of the large pen shell *Pinna nobilis* observed in the Algerian West coast. The study focused on the spatial distribution, size structure, age, sedimentary setting and colonization of the valves by the epibionts of this bivalve. Our research was carried out by scuba diving, which allowed us to perform biometric measurements and the necessary observations in situ (substrate, bathymetric profiles, fauna and flora associated...). In the laboratory, some dead specimens were the subject of a sclerochronological study for the age determination. Eighteen (18) sites were explored, of which 08 were selected since *Pinna nobilis* was present. Individuals, whose size ranged from 20 to 50 cm, represented the most population of this species. Related to the status of *Pinna nobilis* populations, the study found significant differences ranging from 0.08 to 0.28 individuals/m² in mean densities recorded between stations. The sclerochronological analysis has shown significant variance between individuals from the juvenile to the adult stage, ranging in age from 3-4 to 29 years. Correspondingly, the epibionts found on the valves, are represented by algae and mainly invertebrates (annelids, arthropods, mollusks, echinoderms, cnidarians, sponges and bryozoans). The abundance of nematodes on the shell surface, as well as a moderate development of copepods and a strong presence of sponges characterize the identified spurs. Despite *Pinna nobilis* could grow on different substrates, it was more adapted to the *Posidonia* one; conversely, soft bottom composed of fine sediments was unfavorable to the establishment of the species. This study provides new information on habitat preferences and data to assess local populations of *Pinna nobilis*, which are useful for its conservation and better knowledge of its ecology.

Keywords: *Bivalve, Algerian coast, Pinna nobilis, geographical distribution, sedimentary framework, associated ecosystems, associated epibionts.*

ملخص

تتمثل هذه الدراسة في التعريف الإيكولوجي للمحار بينا نوبيليس على طول الساحل الغربي الجزائري وذلك بالتركيز على المحاور التالية التوزيع المكاني والجغرافي، قياسات بيومترية، والعمر و نوع البيئة وانواع الحيوانات التي تتعايش على الصدفة. خلال بحثنا هذا قمنا بأكثر من 20 غطسة باستخدام أجهزة الغطس والتي سمحت لنا بالقيام بالقياسات البيومترية واخذ جميع الملاحظات والبيانات الأخرى في مواقع تواجد بينا نوبيليس بعض الوحدات الميئة من بينا نوبيليس كانت موضوع دراسة سكليروكرونولوجية للتعرف على عمر المحار. من مجموع ثمانية عشر (18) موقعا تم إختيار ثمانية منها (08) والتي تتواجد بها بينا نوبيليس. المحار المتواجد في هاته المواقع يتراوح حجمهم بين 20 و50سم. فيما يتعلق بالكثافة التواجدية أبرزت الدراسة فروق ذات دلالة إحصائية تتراوح بين 0.08 إلى 0.28 وحدة/متر². التحليل السكليروكرونولوجي أظهر اختلافا ملحوظاً للأفراد من مرحلة الأجنة إلى مرحلة البلوغ الذين تتراوح أعمارهم بين 3-4 و 29 عاما. بالنسبة للحيوانات التي تتعايش على صدفة المحار بينا نوبيليس تتمثل بنسبة كبيرة في الطحالب والمفصليات. والتي تتمثل في الرخويات ونجد نسبة كبيرة من الاسفنجيات بينا نوبيليس تكيفت مع البيئة التي تعيش فيها وهي تفضل البيئة التي تحتوي على بوسيدونيا اوسيانكا و من ناحية أخرى هي لا تفضل البيئة الصخرية وهي غير ملائمة لنموها توفر هذه الدراسة معلومات جديدة عن ايكولوجية المحار بينا نوبيليس والبيئة المفضلة لها والعديد من المعطيات التي نستطيع من خلالها تقييم المحار وتواجده في المنطقة والتي تساعد على حفظها وفهم بيئتها.

الكلمات المفتاحية: رخوي، الساحل الغربي الجزائري ، بينا نوبيليس، التوزيع الجغرافي، الأنظمة البيئية المرتبطة بالمحار ، الحيوانات المتعايشة مع الصدفة.

Table des matières

Introduction Générale	01
-----------------------------	----

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

I.1 Généralités et caractéristique morphologique et anatomique de l'espèce <i>Pinna nobilis</i>	06
I.1.1. Description générale	06
I.1.2. Identification des pinnidés	08
I.1.3. Classification	10
I.1.3.1. Position systématique	10
I.1.3.2 Taxonomie	10
I.1.4. Caractéristiques de la famille des Pinnidés.....	11
I.1.4.1. Caractéristiques du genre <i>Pinna</i>	11
I.1.5. Morphologie et anatomie.....	12
I.1.5.1. Morphologie de l'espèce <i>Pinna nobilis</i>	12
I.1.5.2. Anatomie de l'espèce <i>Pinna nobilis</i>	12
I.2. L'écologie de l'espèce <i>Pinna nobilis</i>.....	16
I.2.1. L'habitat de l'espèce <i>Pinna nobilis</i>	16
I.2.2. Mode de vie de l'espèce <i>Pinna nobilis</i>	17
I.2.2.1. Description.....	17
I.2.2.2. Respiration	19
I.2.2.3. Rôle de la filtration et trajet de l'eau.....	20
I.2.2.4. Reproduction.....	20
I.2.2.5. Nutrition.....	22
I.2.2.6. Commensalisme	22
I.2.3. Répartition de l'espèce <i>Pinna nobilis</i> dans la mer méditerranéenne.....	22
I.2.4. Menaces et protection.....	23
I.2.4.1. Prédation de l'espèce <i>Pinna nobilis</i>	23
I.2.4.2. Protection de l'espèce <i>Pinna nobilis</i>	24
I.2.4.2.1. Convention et réglementation	24
I.2.4.2.2. Protection de la grande nacre <i>Pinna nobilis</i>	25
I.2.5. Utilisation de l'espèce comme indicateur de l'état de conservation de l'environnement	26
I.2.5.1. Menaces et pressions sur l'espèce	26

I.3. Cadre sédimentaire : sédiments littoraux	27
I.3.1. Origine des sédiments	28
I.3.2. Granulométrie	28
I.3.3. Composition.....	29
I.3.3.1. Eau interstitielle	29
I.3.3.2. Forme inorganique	29
I.3.3.3. Forme organique.....	30
I.3.4. Polluants (contaminants) sédimentaires	30
I.3.4.1. Métaux : sources, caractéristiques et répartition.....	30
I.3.4.2. Mobilité et biodisponibilité des contaminants dans un sédiment	33
I.3.4.3. Mobilité des métaux: salinité, pH, potentiel redox, carbone organique.....	33
I.3.4.4. Mobilité des HAP: granulométrie et carbone organique.....	34
I.3.4.5. Cas particulier des sédiments remis en suspension.....	35
I.3.5. Analyse granulométriques	36
I.4. Caractéristiques de la zone d'étude.....	39
I.4.1. Présentation de la Mer Méditerranéenne	39
I.4.2. Description et caractéristique de la méditerranée	39
I.4.2.1. Position géographique	39
I.4.2.2. Hydrodynamisme	40
I.4.2.2.1. Masses d'Eau de Surface	41
I.4.2.2.2. Masses d'Eau Levantines Intermédiaire- L.I.W	41
I.4.2.2.3. Masses d'Eau Profonde	41
I.4.3. Salinité.....	42
I.4.4. Température.....	43
I.4.5. Mouvement des eaux marines	43
I.4.6. Houles.....	43
I.4.7. Étagement de la bordure côtière	44
I.4.8. Biodiversité.....	46
I.4.8.1. Phytoplancton	46
I.4.8.2. Zooplancton	46
I.4.8.3. Algues marines.....	47
I.4.8.4. Macrofaune benthique des fonds meubles	47
I.5. Présentation du littoral algérien	47
I.6. Caractéristiques géographique de la zone d'étude	49
I.6.1. Le littoral Mostaganemois.....	50

I.6.2. Littoral Oranais	51
I.6.3. Littoral d’Ain Témouchent (Béni Saf)	52

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.1. Prospection de la zone d’étude	54
II.2. Choix de la zone d’étude	55
II.2.1 Description géographique des sites prospectés et retenus pour le diagnostic écologique.....	57
II.3. Méthodologie	58
II.3.1. Collecte d’informations.....	58
II.3.2. Technique d’inventaire	59
II.3.2.1. Plongée en suivant la lisière de la posidonie (a)	59
II.3.2.2. Plongée sur transect (b).....	59
II.3.2.3. Plongée sur carroyage (c).....	59
II.3.2.4. Plongée sur cercles concentriques (d).....	60
II.3.3. Stratégie d’inventaire	60
II.3.3.1. Exploration de la zone d’étude	61
II.3.4. Repérage et marquage.....	61
II.3.5. Mesures et prélèvement.....	62
II. 4. Analyses biométriques	62
II.4.1. Longueur totale de la valve (Lt)	63
II.4.2. Longueur de la valve au dessus du sédiment (Ls).....	64
II.4.3. Largeur maximale de la valve (lm).....	64
II.4.4. Largeur de la valve au dessus du sédiment (ls).....	65
II.4.5. Distance entre le sommet de la charnière et le sommet de la valve (D)	65
II.4.6. Calcul biométrique.....	65
II.4.7. Croissance et mortalité.....	66
II.5. Détermination de l’âge de <i>Pinna nobilis</i>	68
II.5.1. Estimation de l’âge de <i>Pinna nobilis</i>	69
II.5.2. Techniques d'analyses sclérochronologiques (détermination de l’âge)	70
II.5.3. Protocole à suivre	71
II.5.3.1. Préparation de l'échantillon	71
II.5.3.2. Technique sclérochronologique.....	73
II.5.3.3. Lecture des données	73
II.6. Cadre sédimentaire	74

II.6.1. Zone d'étude.....	74
II.6.2. Prélèvement et traitement des échantillons	76
II.6.2.1. Prélèvements des sédiments	76
II.6.2.2. Technique de prélèvements	76
II.6.3. Méthode d'analyse.....	76
II.6.3.1. Traitement d'échantillonnage.....	76
II.6.3.1.1. Observation à la loupe binoculaire.....	76
II.6.3.1.2. Sécher.....	77
II.6.3.1.3. Tamiser.....	77
II.6.3.1.4. Peser.....	78
II.6.3.2. Indice granulométrique	79
II.6.3.2.1. Mode	79
II.6.3.2.2. Médiane.....	79
II.6.3.2.3. Quartiles	79
II.6.3.2.4. Paramètre de dispersion ou Indice de classement (SO) « TRASK 1930 »	79
II.6.3.2.5. Paramètre de forme	80
II.6.3.3. Calcimétrie (détermination du taux de Carbonates de calcium).....	81
II.6.3.3.1. Préparation de l'échantillon	81
II.6.3.3.2. Mode opératoire.....	82
II.6.3.3.3. Détermination de la teneur en Carbonates (CaCO ₃).....	83
II.6.3.4. Matière Organique	83
II.6.3.4.1. Mode opératoire.....	84
II.6.3.4.2. Calcul de la teneur en matière organique (MO).....	84
II.7. Approche écologique et notion de biodiversité	85
II.7.1. Diagnostic écologique de la biodiversité	85
II.7.2. Aspects de faune et flore associée aux coquilles de <i>Pinna nobilis</i>	86
II.7.3. Échantillonnage et prélèvements	87
II.7.4. Épibiontes associée aux larves des <i>Pinna nobilis</i>	87
II.7.5. Identification des espèces.....	88
II.7.5.1. Traitement des échantillons au laboratoire.....	88
II.7.5.1.1. Méthode utilisée.....	88
II.7.5.1.2. Protocoles à suivre	88
II.7.5.2. Analyse statistique des données : Les indices écologiques utilisés pour le diagnostic faunistique.....	89
II.7.5.2.1. La richesse spécifique (S).....	89

II.7.5.2.2. Abondance (A).....	90
II.7.5.2.3. Indice de Shannon (H')	90
II.7.5.2.4. Indice de régularité de Piélou	92

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

III.1. Approche écologique pour l'évaluation de l'espèce <i>Pinna nobilis</i> identifiée dans les eaux de la côte ouest algérienne	93
III.1.1. Présentation des résultats de la prospection.....	93
III.1.1.1. Caractéristiques des sites prospectés	93
III.1.1.2. Transect des sites retenus pour l'étude	94
III.1.1.2.1. Site d'Arzew.....	94
III.1.1.2.2. Site de Kristel.....	95
III.1.1.2.3. Site de Bomo	96
III.1.1.2.4. Site de La Madrague.....	97
III.1.1.2.5. Site de Cap Blanc.....	97
III.1.1.2.6. Site de Deux Rochers.....	98
III.1.1.2.7. Site de Madagh « Zero ».....	99
III.1.1.2.8. Site des Îles Habibas.....	99
III.2. Présentation des résultats de la distribution de <i>Pinna nobilis</i> dans la côte Ouest Algérienne	100
III.2.1. Inventaire des individus de <i>Pinna nobilis</i> dans la zone d'étude	101
III.2.2. Structure démographique et densité de <i>Pinna nobilis</i>	102
III.2.3. Proportions des spécimens juvéniles et adultes	102
III.2.4. Répartition des individus de <i>Pinna nobilis</i> par secteur	102
III.2.5. Répartition des individus de <i>Pinna nobilis</i> selon la nature du fond.....	103
III.2.6. Répartition des Pinnidés selon la profondeur	104
III.2.7. Densité et nature du substrat	105
III.2.7.1. Résultats.....	105
III.2.7.2. Discussion	109
III.3. Analyses biométriques.....	112
III.3.1. Résultats de l'analyse biométrique.....	112
III.3.2. Discussion (Biométrie).....	117
III.4. Détermination de l'âge de <i>Pinna nobilis</i>.....	121
III.4.1. Résultats de la détermination de l'âge de <i>Pinna nobilis</i>	123
III.4.2. Estimation de l'âge à partir des cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP)	124
III.4.3. Cicatrices du muscle adducteur postérieur et registre	124

III.4.4. Discussion (Sclérochronologie)	128
III.4.4.1. Formation et périodicité du registre interne.....	128
III.4.4.2. Estimation de l'âge et ajustement des courbes de croissance	129
III.5. Sédimentologie.....	130
III.5.1. Description du sédiment	130
III.5.2. Observation à la loupe binoculaire.....	131
III.5.3. Traitement des données	131
III.5.4. Granulométrie	131
III.5.4.1. Opération de tamissage.....	131
III.5.4.1. Indice granulométriques	132
III.5.4.1.1. Îles Habibas.....	132
III.5.4.1.2. Arzew.....	132
III.5.4.1.3. Cap Blanc.....	133
III.5.4.1.4. Madagh Zéro	134
III.5.4.1.5. La Madrague	135
III.5.4.1.6. Deux Rochers	136
III.5.4.1.7. Bomo	136
III.5.4.1.8. Kristel	137
III.5.4.2. Taux de matière organique dans le sédiment.....	138
III.5.4.3. Taux de CaCO ₃ (carbonates de calcium)	139
III.5.5. Discussion.....	140
III.5.5.1. Granulométrie	140
III.5.5.2. Matière organique	141
III.5.5.3. Calcimétrie.....	141
III.6. Biodiversité associée aux valves des <i>Pinna nobilis</i>.....	142
III.6.1. Épibiontes associés aux valves des <i>Pinna nobilis</i>	143
III.6.1.1. Épiflore	144
III.6.1.2. Épifaune	145
III.6.1.2.1. Spongiaires.....	146
III.6.1.2.2. Mollusques	146
III.6.1.2.3. Échinodermes.....	147
III.6.1.2.4. Annélides	147
III.6.1.2.5. Crustacés.....	148
III.6.1.2.6. Ascidies.....	148
III.6.1.2.7. Bryozoaires	149

III.6.2. Indices de biodiversité.....	149
III.6.2.1. Abondance relative.....	149
III.6.2.2. Fréquence (F) dans l'échantillon	150
III.6.2.3. Indice de Shannon-Weiner (H').....	152
III.6.2.4. Indice d'Équitabilité (E) de Pielou	152
III.6.3. Communauté associée: répartition spatiale et relation avec la taille de <i>Pinna nobilis</i> et son habitat	153
III.6.3.1. Résultat	153
III.6.3.2. Discussion.....	154
CHAPITRE IV : CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	156
Références bibliographiques	159

Annexes

Glossaire

Anisomyaria Un groupe de mollusques pélécytopodes, ou Acéphales, occupant une position intermédiaire entre le Monomyaria, ou ceux avec un seul muscle adducteur, et le Dimyaria, ou ceux ayant deux, le nombre normal.

Bioindicateur est un indicateur constitué par une espèce végétale, fongique ou animal ou par un groupe d'espèces (groupe éco-sociologique) ou groupement végétal dont la présence ou l'état renseigne sur certaines caractéristiques écologiques.

Bisofilaments : Le biso est un type de soie naturelle marine obtenue à partir d'un filament qui sépare certains mollusques comme *Pinna nobilis* dont l'élaboration a été développée dans la région méditerranéenne.

Cathodoluminescence : est le phénomène optique et électrique que l'on observe lorsqu'un faisceau d'électrons produit par un canon à électrons (par exemple un tube à rayons cathodiques) bombarde un échantillon en phosphore (par exemple), conduisant à l'émission de lumière visible.

Chambrage : Pour les malacologues, le chambrage désigne chez certains bivalves (huîtres) une anomalie de la formation et calcification des coquilles. Cette anomalie est constituée par l'apparition de vides dits « chambres » qui s'emplissent d'une substance gélatineuse translucide

Colloïdales : Ces particules ont donc la taille d'une nanoparticule, même si elles ne sont pas spécifiquement considérées en tant que telles. On parle de « suspension » pour un colloïde et non de « solution ». Les colles et les gels sont des colloïdes et forment des suspensions dites **colloïdales**.

Conglomérat est une roche détritique (issue de la dégradation mécanique d'autres roches) composée de morceaux discernables liés entre eux par un ciment naturel.

Cymodocée est une plante à fleurs marine submergée. Ses feuilles rubanées vert clair sont étroites (3 à 4 mm de largeur, 7 à 9 nervures longitudinales parallèles), allongées (jusqu'à 40 cm), avec une base dépourvue d'écaille. L'extrémité présente des bords dentelés, visibles à la loupe.

Écomorphose est une morphose écologique avec la variation de la forme d'un organisme en fonction de certains facteurs écologiques et facteurs environnementaux comme la lumière

(photomorphose), la température, le vent (anémomorphose, aéromorphose). Elle concerne la relation entre le rôle écologique d'un individu et ses adaptations morphologiques.

Écosystème : c'est une unité écologique en équilibre dynamique et autonome, constituée d'un environnement physico-chimique (ou biotope) en constante interaction avec un groupement de différentes espèces animales et végétales (ou biocénose). Un écosystème est issu de la coévolution entre les différents êtres vivants et leurs habitats. Il est difficile de délimiter un écosystème car il ne possède pas de frontière physique mais il peut être défini à de nombreuses échelles spatiales.

Estran : zone de marnage ou zone intertidale ou replat de marée est la partie du littoral située entre les limites extrêmes des plus hautes et des plus basses marées. Il constitue un biotope spécifique, qui peut abriter de nombreux sous-habitats naturels.

Étage circalittoral appelé également étage sublittoral, correspond à la partie basse de la zone photique, la partie du littoral la plus profonde, presque totalement sombre. Cet étage commence là où les algues photophiles (qui aiment la lumière) se font rares, jusqu'à la profondeur où les algues sciaphiles (qui ont besoin de très peu de lumière) disparaissent. Il se caractérise par la présence des algues brunes de la famille des fuciales.

Macrophyte : plantes aquatiques vascularisées possédant des structures internes (xylème et trachéide) permettant le transport de l'eau et des nutriments à travers l'organisme et ayant de véritables racines.

Mistral est un vent régional froid (surtout en température ressentie) et généralement sec, soufflant le jour à une vitesse moyenne de 50km/h avec des rafales supérieures à 100km/h. La tramontane est un vent violent et froid (surtout en termes de ressenti car comme il s'accompagne souvent d'un effet de foehn, c'est sur ces régions qu'il fait le plus chaud), de secteur ouest à nord-ouest

Naissain : larve métamorphosée des mollusques.

Palpes Labiaux : Les palpes, petits appendices des pièces buccales, portant souvent les organes sensoriels du toucher, du goût et de l'odorat, grâce à la présence de sensilles : le palpe labial et le palpe maxillaire.

Protoconque : est souvent la coquille larvaire et parfois embryonnaire de certains mollusques. Elle disparaît au cours du développement ou devient la loge initiale de la coquille des mollusques à coquille. L'étude de la protoconque permet de déterminer si la larve est planctotrophe, se nourrissant dans la colonne d'eau, ou non-planctotrophe, utilisant ses

réserves vitellines pour sa croissance jusqu'à sa métamorphose : la taille de celle-ci étant positivement corrélée au temps de survie de celle-ci dans le plancton, les larves planctotrophes ont une protoconque de deux tours de spirale, les secondes des protoconques comptant 0,5 à 1,5 tours.

Ptériomorphes ou Pteriomorpha (Beurlen, 1944) sont une sous-classe de mollusques bivalves.

Umbo : est l'extrémité saillante des valves d'un mollusque bivalve ou univalve. Cette protubérance souvent noueuse et arrondie se forme lorsque l'animal est jeune (prodissoconque), et la coquille de celui-ci s'agrandit radialement autour de cet umbo. Ce dernier est situé à proximité de la charnière. Il est généralement apparent car proéminent sur la valve. Lorsque ce n'est pas le cas, comme chez certaines moules, on le repère car il est situé au centre des lignes concentriques visibles sur la valve.

Sclérochronologie : est l'étude des variations physiques et chimiques du squelette des organismes, et le contexte temporel dans lequel il se forme. Cette discipline, analogue à la dendrochronologie permet de reconstituer l'histoire individuelle des organismes vivants et fossiles. Ainsi, l'analyse sclérochronologique livre des informations permettant de mieux connaître l'écologie des espèces calcifiantes (des variations de vitesses de croissance,...) mais aussi d'utiliser ces pièces calcifiées comme archive des conditions environnementales et climatiques, dans le temps et dans l'espace.

Suspensivore : La microphagie suspensivore est un mode d'alimentation qui consiste à se nourrir d'organismes de très petite taille (phytoplancton, zooplancton) ou de particules organiques alimentaires (microphagie) en les filtrant du milieu aquatique dans lesquelles ils sont en suspension.

Véligère : est une larve correspond à un stade larvaire des mollusques issu de la larve trochophore, La larve véligère présente une hypertrophie de la zone pré-orale qui forme deux lobes ciliés : le velum ou voile. Les cils ont un rôle locomoteur et un rôle dans l'alimentation. En région postérieure, la larve présente une ébauche de pied et de coquille uni ou bivalve. Elle est entourée d'une coquille fine et transparente

Zone photique, aussi nommée zone euphotique ou zone épipelagique, est la zone aquatique comprise entre la surface et la profondeur maximale d'un lac ou d'un océan, exposée à une lumière suffisante pour que la photosynthèse se produise.

Zostères : sont des plantes aquatiques marines appartenant au genre *Zostera* (famille des Zostéracées) qui se développent dans les sédiments sableux et sablo-vaseux intertidaux et infralittoraux. Ce genre largement répandu dans le monde comprend entre 5 et 13 espèces selon les sources.

Liste des Figures

Figure 1	Morphologie externe de <i>Pinna nobilis</i>	07
Figure 2	Des épibiontes couvrent la partie postérieure de la nacre <i>Pinna nobilis</i>	07
Figure 3	Illustration des deux espèces <i>Pinna nobilis</i> (en haut) et <i>Pinna rudis</i> (en bas).....	09
Figure 4	<i>Pinna nobilis</i> adulte (Photographie prise ©BELKHAMSSA,2019).....	10
Figure 5	<i>Pinna nobilis</i> adulte. Les individus vivent avec l'extrémité antérieure pointue enfouie dans les sédiments Échelle graphique 20 mm.....	11
Figure 6	Morphologie et anatomie de <i>Pinna nobilis</i>	13
Figure 7a	Vue générale du corps du <i>Pinna nobilis</i>	14
Figure 7b	Anatomie de <i>Pinna nobilis</i>	15
Figure 8 (a. b. c)	le mécanisme de filtration de la grande nacre.....	18
Figure 9	Filtration et trajet de l'eau chez <i>Pinna nobilis</i>	19
Figure 10 (a,b)	Développement larvaire d'un <i>Pinna nobilis</i>	20
Figure 11	A. Une larve de bivalve, comme celle de la grande nacre, vue au microscope. / B. Une jeune grande nacre.....	21
Figure 12 (a, b)	Quelques espèces vivaient dans les valves de <i>Pinna nobilis</i>	22
Figure 13	Répartition géographique en mer méditerranéenne de <i>Pinna nobilis</i>	23
Figure 14	La daurade royale est l'un des prédateurs des jeunes nacres.....	24
Figure 15	Méditerranée, localisation des principaux bassins, détroits et mers marginales.....	40
Figure 16(a.b.c)	Structure hydrodynamique de la Méditerranée.....	42
Figure 17	L'étagement de la bordure côtière.....	45
Figure 18	Principaux groupes de Zooplancton en Algérie.....	46
Figure 19	Principaux groupes d'algues de la zone néritique en Algérie.....	47
Figure 20	Diversité zoologique de la macrofaune benthique des fonds meubles des côtes algériennes.....	47
Figure 21	Le littoral algérien.....	48

Figure 22 Carte du bassin algérien. Légende : A : Région Ouest ; Région centre ; C : région Est.....	49
Figure 23 A - Plage de Salamandre / B- Plage de Stidia	50
Figure 24 A- : Plage Madagh Zero / B- : site d’Ile Plane / C: Plage d’Arzew	52
Figure 25 (a-b) Plage Oued Draa (Ain Temouchent).....	53
Figure 26 Situation géographique des stations étudiées. Stations d'échantillonnage de la zone d'étude (1. Îles Habibas, 2. Île Plane, 3. Bouzedjar, 4. Oued Draa, 5.Madagh Zero, 6. Deux rochets, 7. Cap Blanc, 8. Marathon, 9. Bomo, 10. La Madrague, 11. Cap Falcon, 12.Kristel, 13. Ain franin, 14. Mon reve, 15.Arzew, 16. Phare, 17. Stidia, 18. Salamandre). (BELKHAMSSA: MapMyIndia 2019).....	54
Figure 27 (a-h) Les sites prospectés et retenus pour l'échantillonnage.....	56
Figure 28 (a-b) Réalisation du transect.....	56
Figure 29 Affiche de repérage.....	58
Figure 30 (a-d) Méthodes d'inventaire utilisées lors de la prospection	60
Figure 31 Prospection et marquage d'information <i>in situ</i>	61
Figure 32 Schéma du principe de la triangulation.....	62
Figure 33 Instruments de mesures utilisés pour la biométrie (Réglet, Compas à pointes sèches, Pied à coulisse).....	63
Figure 34 Différentes mesures prises sur <i>Pinna nobilis</i>	63
Figure 35 Mesure de la longueur séparant la surface du sédiment et la limite supérieure de la coquille.....	64
Figure 36 (a-e) Méthodologie de mesures sur <i>Pinna nobilis</i>	65
Figure 37 Lobe de nacre dorsale de la valve droite de <i>Pinna nobilis</i> montrant des cicatrices postérieures du muscle adducteur (MAP). Les flèches noires indiquent la position des lignes droites (SL), les flèches blanches indiquent la position des anneaux (R). Notez que dans la partie la plus postérieure du lobe de la nacre dorsale, il est difficile de faire la distinction entre le R et le SL. Barre d'échelle 20 mm.....	69
Figure 38 (a-b) Coupes de nacre (<i>Pinna nobilis</i>), à l'aide d'un Scie à ruban Proxxon Micromot MBS 240 / E	71
Figure 39 (a-b) Préparation des coupes avec du résine	71
Figure 40 (a-b) Nomination des parties dorsales et ventrales des coupes de <i>Pinna nobilis</i>	71

Figure 41 (a-b)	Découpage des coupes de <i>Pinna nobilis</i> à l'aide d'une scie à ruban.....	72
Figure 42 (a-b)	Polissage toutes les coupes ventrales de <i>Pinna nobilis</i>	72
Figure 43 (a-b)	Coller les coupes polisher du <i>Pinna nobilis</i> et sécher dans un four à moufle	72
Figure 44 (a-b)	Découpe des sections fines à l'aide d'une microscie.....	73
Figure 45	Lames préparé et détermination d'âge	73
Figure 46	Étuve de marque <i>Memmert, modèle IN55plus</i>	77
Figure 47	Tamiseuse de marque <i>Retsch, modèle AS200</i> et colonne de tamis.....	78
Figure 48	Balance de précision de marque <i>Kern_{KB}</i>	78
Figure 49	Calcimètre Bernard.....	81
Figure 50	Opérations d'une calcimétrie	82
Figure 51 (a-b)	Échantillon calciner dans un four à moufle de marque <i>Nabertherm, modèle L3/11</i>	84
Figure 52 (a-b)	Identification des épibiontes associées aux valves de <i>Pinna nobilis</i>	89
Figure 53	Transect (1000 m) réalisé à Arzew et orienté du trait de côte vers le Nord.....	95
Figure 54	Transect (500 m) réalisé à Kristel en allant du trait de côte vers le Nord.....	96
Figure 55	Transect (1500 m) réalisé à Bomo en allant du trait de côte vers le Nord.....	96
Figure 56	Transect (1000 m) réalisé à La Madrague en allant du trait de côte vers le Nord.....	97
Figure 57	Transect (1000 m) réalisé à Cap Blanc en allant du trait de côte vers le Nord	98
Figure 58	Transect (500 m) réalisé aux Deux Rochers en allant du trait de côte vers le Nord.....	98
Figure 59	Transect (500 m) réalisé à Madagh « Zero » en allant du trait de côte vers le Nord.....	99
Figure 60	Transect (500 m) dans les eaux des Îles Habibas en allant du trait de côte vers le Nord.....	100
Figure 61	Inventaire des Pinnidés dans la Côte Ouest Algérienne selon le substrat.....	101
Figure 62	Structure démographique de la population de <i>Pinna nobilis</i>	102
Figure 63	Répartition des Pinnas par secteur.....	103
Figure 64	Répartition des Pinnas selon la nature fond	104
Figure 65	Répartition bathymétrique de <i>Pinna nobilis</i> et <i>Pinna rudis</i>	104
Figure 66 (A, B)	Répartition des densités dans la zone d'étude (absence; densité faible; densité moyenne; densité élevée; densité très élevée). (1.Îles Habibas , 2. Plane Island, 3.	

Bouzedjar, 4. Oued Draa, 5. Madagh Zero, 6. Deux rochets, 7. Cap Blanc, 8. Marathon, 9. Bomo, 10. La Madrague, 11. Cap Falcon, 12. Kristel, 13. Ain franin, 14. Mon reve, 15. Arzew, 16. Phare, 17. Stidia, 18. Salamandre). (BELKHAMSSA: MapMyIndia).....	108
Figure 67 Variations spatiales des densités de <i>Pinna nobilis</i> le long des côtes Ouest Algériennes.....	108
Figure 68 Densités des populations de <i>Pinna nobilis</i> dans le Bassin méditerranéen	110
Figure 69 Distribution par groupe de taille de <i>Pinna nobilis</i>	115
Figure 70 Relation Largeur-Longueur des Individus adultes de <i>Pinna nobilis</i>	116
Figure 71 Diagramme de dispersion de la position des cicatrices les plus anciennes du muscle adducteur postérieur (MAP) et de la longueur totale (Lt).....	123
Figure 72 Feuille mince du registre interne (IR) de <i>Pinna nobilis</i> au niveau des cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP). Les flèches signalent les lignes de nacre. c : calcite. n : nacre. s : rayures de calcite sombres et lumineuses. Les lignes de nacre sont déposées les unes sous les autres. Les deux dernières lignes de nacre sont derrière la précédente, ce qui signifie qu'un léger retrait de la couche de nacre a eu lieu. Barre d'échelle 636.94 µm	124
Figure 73 Surface polie d'une coupe à travers des cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP) montrant le registre interne (IR) et la couche myostracale enfouie sous des dépôts nacrés. c : calcite; m : myostracum; n : nacre; nt : ligne de nacre; s1 et s2 : rayures calcitiques...	127
Figure 74 Feuille mince du registre interne (IR) des cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP) à la partie antérieure de la coque. Il n'y a pas de ligne de nacre, mais on distingue encore les rayures calcitiques. L1, L2 et L3 rayures de calcite.....	129
Figure 75 Courbe cumulative de distribution des grains sableux des Îles Habibas.....	132
Figure 76 Courbe cumulative de distribution des grains sableux d'Arzew	133
Figure 77 Courbe cumulative de distribution des grains sableux de Cap Blanc	133
Figure 78 Courbe cumulative de distribution des grains sableux de Madagh Zéro	134
Figure 79 Courbe cumulative de distribution des grains sableux de La Madrague.....	135
Figure 80 Courbe cumulative de distribution des grains sableux de Deux Rochers	136
Figure 81 Courbe cumulative de distribution des grains sableux de Bomo	137
Figure 82 Courbe cumulative de distribution des grains de sable de Kristel.....	137
Figure 83 Fréquences des différents groupes d'épifaunaux sur les valves de <i>Pinna nobilis</i>	143

Figure 84	Fréquences des différents groupes d'épiflores florales sur les valves de <i>Pinna nobilis</i>	143
Figure 85	Fréquences des épiflores sur les valves de <i>Pinna nobilis</i>	144
Figure 86	Répartition et identification des spongiaires au niveau de la zone d'étude.....	146
Figure 87	Répartition et identification des mollusques au niveau de la zone d'étude.....	146
Figure 88	Répartition et identification des échinodermes au niveau de la zone d'étude.....	147
Figure 89	Répartition et identification des annélides au niveau de la zone d'étude.....	147
Figure 90	Répartition et identification des crustacés au niveau de la zone d'étude	148
Figure 91	Répartition et identification des ascidies au niveau de la zone d'étude	148
Figure 92	Répartition et identification des bryozoaires au niveau de la zone d'étude	149

Liste des tableaux

Tableau 1	Position systématique donnée par LINDNER (1976)	10
Tableau 2	Définitions granulométriques selon Bellair et Pomerol	37
Tableau 3	Définitions granulométriques selon Bonnot-Courtois et Fournier	37
Tableau 4	Définitions granulométriques selon Migniot	37
Tableau 5	Définitions granulométriques pour les graviers, galets et blocs	37
Tableau 6	: Classes de tailles selon Udden (1914), Wentworth (1922), Friedman et Sanders (1978) et Blott et Pye (2001).....	38
Tableau 7	Caractérisation sédimentaire d'après Larssonneur (1977).....	38
Tableau 8	Les caractéristiques générales de la Méditerranée (Ifremer, 2007).....	39
Tableau 9	Richesse spécifique planctonique des eaux algériennes	46
Tableau 10	les sites prospectés	57
Tableau 11	Principales caractéristiques sédimentologiques du secteur Ouest algérien	75
Tableau 12	Valeurs du SO représentant les types de classement.....	80
Tableau 13	Différentes types d'indice d'asymétrie.....	80
Tableau 14	Calcul du taux de carbonates (CaCO ₃).....	83
Tableau 15	Exemple de classification de la pollution au niveau des substrats meuble à partir de la valeur de H'	91
Tableau 16	Caractéristiques et coordonnées géographiques des sites prospectés.....	93
Tableau 17	Caractéristiques et coordonnées géographiques des sites retenus pour notre étude..	94
Tableau 18	Représentation de <i>Pinna nobilis</i> et description de divers types de substrats Densité: densité <3 ind. 100 m ² : faible; 3 <densité <6 ind. 100 m ² : moyenne; 6 < densité <9 par 100 m ² : haut; densité> 9 po 100 m ² : très haut.....	106
Tableau 19	Variabilité des valeurs minimale (Min), maximale (Max), moyenne, mode et écart type (SD) de la longueur de la coquille (SL) au sein des huit populations examinées (N: nombre de spécimens mesurés).....	115

Tableau 20 Positions (en cm) des anneaux des cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP) sur l'umbo de 11 coquilles vides collectées de <i>Pinna nobilis</i> et à la même profondeur	121
Tableau 21 Identification, longueur totale (Lt en cm) et nombre d'anneaux (R) des cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP) de sept (07) coquilles de <i>Pinna nobilis</i> qui ont été coupées le long du MAP pour étudier les coupes internes	122
Tableau 22 Positions (en cm) des anneaux (R) et du registre interne (IR) des sept individus du tableau21.....	125
Tableau 23 Masse de refus en gramme des échantillons selon le diamètre des mailles des tamis.....	131
Tableau 24 Masse des refus et refus cumulés en % des Île HABIBAS	132
Tableau 25 Les paramètres de position du site des Îles Habibas.....	132
Tableau 26 Masse des refus et refus cumulés en % d'Arzew	132
Tableau 27 Les paramètres de position du site d'Arzew	133
Tableau 28 Masse des refus et refus cumulés en % de Cap Blanc	134
Tableau 29 Les paramètres de position du site de Cap Blanc	134
Tableau 30 Masse des refus et refus cumulés en % de Madagh Zero	134
Tableau 31 Les paramètres de position du site de Madagh Zéro	134
Tableau 32 Masse des refus et refus cumulés en % La Madrague.....	135
Tableau 33 Les paramètres de position du site de La Madrague	135
Tableau 34 Masse des refus et refus cumulés en % Deux Rochers.....	136
Tableau 35 Les paramètres de position du site de Deux Rochers	136
Tableau 36 Masse des refus et refus cumulés en % Bomo.....	136
Tableau 37 Les paramètres de position du site de Bomo.....	137
Tableau 38 Masse des refus et refus cumulés en % Kristel.....	137
Tableau 39 Les paramètres de position du site de Kristel	138
Tableau 40 Taux de matière organique dans les échantillons (%); (P1 : poids avant l'incinération, P2 : poids après l'incinération, P= P1 – P2.....	138

Tableau 41 Concentration de carbonates de calcium dans les échantillons (D1 : Volume initial ; D2 : Volume après réaction avec HCL).....	139
Tableau 42 Abondance relative.....	150
Tableau 43 Fréquence (F) dans l'échantillon.....	152
Tableau 44 Indice de Shannon par site.....	152
Tableau 45 Indices de Pielou par site.....	152

Introduction générale

Introduction générale

Les mers et les océans présentent des habitats qui sont, du point de vue biologique, riches et extrêmement variés, allant des eaux côtières peu profondes aux fosses abyssales, représentant la biodiversité soit directement comme ressources renouvelables à valeur marchande, soit indirectement pour maintenir le fonctionnement et la viabilité des écosystèmes marins.

Les zones côtières et les estuaires ont longtemps joué un rôle important pour l'humanité. Ils constituent des zones à forts enjeux stratégiques pour l'environnement fournissant un large éventail de biens et services. D'un point de vue socio-économique, ils constituent des espaces privilégiés pour le développement de nombreuses activités, sources d'emplois : activités portuaires et industrielles ; agglomérations urbaines et touristiques (Allain *et al.* 2006). Les écosystèmes sont parmi les plus riches et les plus productifs assurant de nombreuses fonctions biologiques et écologiques : habitats essentiels pour divers organismes (flore, ichtyo-faune, avifaune), zones de stockage et d'épuration et de transformation des apports de dépôts. La forte productivité primaire des zones côtières se répercute le long des chaînes trophiques jusqu'aux niveaux trophiques supérieurs, particulièrement ciblés par la pêche.

Ce sont des zones où se reproduit, grandit ou transite un très grand nombre d'espèces marines, lesquelles font le plus souvent l'objet d'une exploitation halieutique. De par ces différents rôles, ils sont qualifiés d'habitat halieutique essentiel (*Essential Fish Habitat*). Pour de nombreuses espèces de poissons, les écosystèmes côtiers servent de refuge contre la prédation tout en offrant d'importantes quantités de nourriture. Ils jouent le rôle d'un endroit où les conditions environnementales favorisent la croissance des juvéniles avant qu'ils ne soient recrutés dans la population adulte. Ces endroits assurent donc une fonction clé dans le cycle biologique des espèces et constituent donc un maillon essentiel du renouvellement des stocks exploitables et de leur pérennisation. Cette fonction est l'une des composantes écologiques essentielles des écosystèmes côtiers.

Le littoral, écosystème sensible et complexe a subi, et continue encore de subir, le plus de pressions et de dégradations induites par une planification insoucieuse de l'environnement (localisation de projets de développement lourds et pollueurs, consommation du foncier agricole, renforcement de la concentration humaine, tourisme) ; dont les conséquences ne sont pas sans incidence sur le milieu marin en général, et sur la biodiversité marine et côtière en particulier. Le danger provient essentiellement de la terre, aussi bien que des risques d'autant

plus importants épient à partir du large, en raison du trafic maritime intense encore en expansion.

La Mer Méditerranée est riche en ressources marines. Son écosystème marin unique aux eaux tempérées chaudes se caractérise par une biodiversité exceptionnelle. Depuis des millénaires, ses espèces marines constituent, d'une part, un moyen de subsistance pour l'homme et, d'autre part, le moteur des économies nationales de la région. Cependant, la croissance démographique et la demande accrue en ressources marines font craindre le déclin des espèces ichtyologiques et l'appauvrissement de la diversité marine locale dans son ensemble. Outre la surexploitation potentielle des ressources marines, la pollution, l'eutrophisation, le développement urbain et la dégradation de l'habitat sont quelques-unes des menaces anthropogéniques auxquelles les espèces marines méditerranéennes sont confrontées (Caddy 1993).

La Mer Méditerranée se caractérise par sa grande biodiversité. Elle concentre un grand nombre d'espèces marines dans un volume d'eau relativement petit. Entre 8 et 9% des espèces marines mondiales se trouvent dans un volume seulement compris entre 0,2 et 0,3 % du total des eaux océaniques. Ce fait transforme la Mer Méditerranée en un oasis fragile de biodiversité, dont la préservation est d'une grande importance à la fois d'un point de vue pratique et écologique (Vicente, 2003).

Les Pinnidés de Méditerranée sont représentés essentiellement par trois espèces du genre *Pinna*, *Pinna nobilis* (LINNE, 1758), *Pinna rudis* (Linne, 1758) et *Pinna fragilis* (Pennant, 1777) (fig. I à VI, annexe). *Pinna nobilis* est considéré comme le plus grand mollusque bivalve méditerranéen après le bivalve indopacifique *Tridacna maxima* (Röding, 1798) dont les valves peuvent atteindre une longueur totale de 130 cm ; alors que celles de *Pinna nobilis* n'excèdent guère les 100 cm de longueur (Lozet et Dejean-Arrecgros , 1977; Chaumeton, 1979; Beaufort, 1987; Fischer *et al.*, 1987; D'Angelo & Gargiullo , 1991; Weinberg, 1992 ; Zadovnik *et al.*, 1991). En Méditerranée, notamment en zone ouverte, les grands champs de nacres inféodés aux herbiers de posidonie qui ont été soumis aux différentes nuisances humaines, ne sont plus que des reliques confinées à des endroits très limités (Beaufort, 1987; Vincente, 1990; Loques et Obolensky , 1992; Maurin *et al.*, 1994). En effet, leurs effectifs ont connu une chute spectaculaire depuis l'avènement de la plongée sous-marine dans les années 1950. La nacre

est toujours recherchée par les plongeurs et les chasseurs sous-marins à des fins commerciales ou de décoration.

En mer méditerranéenne, les études sur la nacre par observation visuels sont nombreux, aussi bien en zone ouverte qu'au sein des réserves marines (Vicente *et al.*, 1980; Moreteau et Vicente, 1982; Combelles *et al.*, 1986; Giacobbe, 1987; Butler *et al.*, 1993; Vicente et De Gaulejac, 1993; Tlig Zouari, 1993; Charrier, 1999; Siletic et Peharda, 2003; Rabaoui *et al.*, 2006). De part son euryhalinité, ce bivalve a pu même s'installer dans les milieux lagunaires, où des densités assez élevées ont été trouvées, comme c'est le cas dans le lac de Vouliagmeni en Grèce (Katsanevakis, 2005) et dans la lagune de Bizerte en Tunisie (Rabaoui *et al.*, 2005). En raison de sa raréfaction dans les eaux méditerranéennes, des essais de transplantation de *Pinna nobilis* ont été même réalisés en milieu contrôlé (De Gaulejac et Vicente, 1990).

Sur les côtes algériennes, la situation est différente puisque nous ne disposons d'aucune information sur les aires de répartition et les biotopes de prédilection des Pinnidés en général et de *Pinna nobilis* en particulier. A notre connaissance, aucune donnée sur son écologie et sa biologie n'est disponible. La littérature traitant de ce sujet est disparate, seuls quelques signalements ponctuels sont donnés par certains auteurs dans le cadre de projets de création de réserves marines (Anonyme, 2004, 2005; Grimes *et al.*, 2005). Le long du littoral Est algérien, la présence des *Pinna* a déjà été signalée par Derbal et Kara (2005) dans le golfe d'Annaba et par Pergent *et al.*, (1991) et Semroud *et al.*, (2005) sur les côtes d'El-Kala. Toutefois, les études portant sur sa biologie et son écologie sont absentes.

La grande nacre de Méditerranée *Pinna nobilis* est le plus grand coquillage au monde avec le bénitier tropical. Endémique de la Méditerranée, elle vit inféodée à l'herbier de Posidonies (*Posidonia oceanica*). Jadis abondante sur nos côtes, elle s'est raréfiée à cause des diverses agressions du littoral : rejets d'eaux usées, restructuration des rivages, chalutages, prélèvements abusifs par les plongeurs. Dans les zones protégées, les populations récupèrent progressivement. L'espèce est elle-même protégée depuis 1992, en France. *Pinna nobilis* est un bon bio- indicateur de la qualité du littoral méditerranéen.

C'est dans cette optique que se situe notre travail. Il s'agit d'évaluer l'état écologique de la nacre *Pinna nobilis* dans la côte Ouest Algérienne et les premiers éléments sur l'écologie de la grande nacre *Pinna nobilis* dans la côte Ouest Algérienne. Elle vise la connaissance par le

biais de la plongée sous-marine de la présence des nacres géantes et la diversité de la faune et de la flore et les écosystèmes associées. Les informations recueillies permettront, de mesurer à travers cette espèce bioindicateur de la qualité des eaux côtières, l'impact des perturbations humaines sur les populations invertébrées résidentes d'intérêt écologique et économique.

L'objectif de notre étude est donc d'établir une série de caractéristiques biologiques liées à la dynamique de la population, à la structure de la population et aux facteurs de causalité de celle-ci, ainsi que d'autres aspects pertinents de la biologie et de l'écologie de *Pinna nobilis*, a été proposée. En outre, conformément aux objectifs précédents, l'élaboration de nouvelles méthodes de travail in situ et en laboratoire a été étudiée afin d'accroître la précision des résultats des campagnes d'échantillonnage et d'accélérer leur mise en œuvre. À ce propos, on a effectué un recensement et un inventaire des individus dans des populations vivant dans les eaux de la côte Ouest Algérienne et des échantillons ont été testés et d'autres spécimens inventoriés dans plusieurs populations situées à différentes profondeurs ont été suivis. Les variables suivantes ont été prises en compte pour le développement de l'étude :

1. Étude de l'abondance des spécimens, un aspect qui permet de connaître le stock de population et d'établir les différences de densité d'individus entre les populations.
2. Étude de la distribution spatiale, afin d'établir les degrés possibles d'agrégation ou de dispersion parmi les individus au sein de chaque population inventoriée et de contrôler leurs changements en fonction de leurs déplacements possibles.
3. Étude de la structure de taille afin de mettre en évidence les différences d'abondance des juvéniles et des adultes, ainsi que de se faire une idée de la structure d'âge des populations.
4. Caractérisation des taux de croissance, dont les connaissances permettent d'établir une relation plus précise entre la taille de la coquille et l'âge, ainsi que d'évaluer leur influence sur les éventuelles différences de taille moyenne des individus entre les populations.
5. Études biométriques on appliquant des équations et des méthodes de mesure et mise au point d'une nouvelle méthodologie si nécessaire.
6. Évaluation d'âge de *Pinna nobilis* à partir d'une étude de croissance in vitro (sclérochronologie).
7. Étude et évaluation du cadre sédimentaire ou la *Pinna nobilis* vivait.

8. Évaluation de l'activité de captage des *Pinna nobilis* pendant une période suffisamment longue et offrant des garanties d'autonomie et de précision dans l'enregistrement des données.
9. Réalisation d'un inventaire des espèces associées avec les valves de *Pinna nobilis*.

Le manuscrit est scindé en quatre chapitres divisés chacun en différentes parties :

Le premier chapitre, représente une synthèse bibliographique qui est divisée en trois parties : la première concerne des généralités sur l'espèce étudié et caractéristique morphologique et anatomique, description du modèle biologique *Pinna nobilis*. Le deuxième comprend l'habitat et l'écologie de l'espèce, et dans la troisième partie, sont présentées les caractéristiques de la zone d'étude.

Le second chapitre, matériel et méthodes, décrit la stratégie expérimentale pour laquelle nous avons opté, compte tenu des objectifs de l'étude. Les techniques d'échantillonnage et d'analyse sont présentées dans des sections distinctes concernant la stratégie d'inventaire, les résultats des analyses biométriques (rapport longueur/largeur, âge, densité) et l'analyse granulométrique du substrat des sites étudiés (habitat de *Pinna nobilis*).

Le troisième chapitre, regroupe l'ensemble des résultats et leurs interprétations. Les différents résultats des analyses biométriques, d'autres paramètres tels que la densité variant de 0,08 à 0,28 individus/m² et l'âge qui varie entre 3 et 29 ans, déterminé à l'aide de la taille totale ainsi que le nombre et la position des cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP) après traitement *in vitro* (analyses sclérochronologiques). Les différents indices écologiques se basant sur la méiifaune et la méïflore (épibiontes) sont également présentés. Dans ce chapitre figurent aussi les résultats de l'analyse granulométrique, du taux de matière organique et de la concentration des carbonates de calcium.

Le quatrième et dernier chapitre comporte une conclusion générale suivie des recommandations et des perspectives.

CHAPITRE I
Synthèse Bibliographique

I.1. Généralités et caractéristique morphologique et anatomique de l'espèce *Pinna nobilis*

Pinna nobilis est un mollusque bivalve Ptériomorphe qui a élu domicile dans la Mer Méditerranée depuis la fin du Miocène (Gómez-Alba, 1988). L'espèce se trouve fréquemment dans des herbiers de Posidonies, où elle vit avec le tiers antérieur pointu de la coquille enfoui dans le substrat. Elle se fixe, comme pour beaucoup d'autres Ptériomorphes, par les filaments du byssus, qui sont collés à des galets, maërl, sable, petits morceaux de conglomérats biodétritiques solides, des racines et des rhizomes de Posidonies (García-March, 2006). La coquille et les tissus mous du pinnidé montrent des caractéristiques distinctives qui ont permis de classer le groupe dans une superfamille unique avec seulement une famille et trois genres : superfamille Pinnacea, famille Pinnidae, genre *Pinna*, *Atrina* et *Streptopinna*. D'après (Templado *et al.*, 2004), les individus *Pinna nobilis* peuvent être rencontrés jusqu'à -60 m.

Pinna nobilis, est le plus grand coquillage au monde avec le bénitier tropical. Jadis abondante sur le littoral méditerranéen où elle était exploitée en certains endroits : Calabre, Sicile, Malte, pour son byssus et sa coquille.

I.1.1 Description générale

La coquille de *Pinna nobilis* est triangulaire, avec la petite partie antérieure pointue et la partie postérieure très développée avec une forme large et arrondie (Figure 1) (Vicente *et al.*, 1980). La forme de la coquille de cette espèce est fortement influencée par une série d'adaptations liées à son mode de vie. La réduction de la partie antérieure et muscle adducteur antérieur est lié à l'attachement au byssus, comme cela se produit dans d'autres mollusques Anisomyaria. Cependant, les grandes extensions postérieures du manteau et, par conséquent, de la coquille, sont liées aux habitudes semi-faunaires et à la fixation des biso-filaments dans un substrat mou, comme chez *P. carnea* (Yonge, 1953). Il vit à moitié enfoui dans des substrats mous, cloué dans sa partie antérieure et fixé aux racines et rhizomes de phanérogames, de graviers, de vestiges biodétritiques et de grains de sable (Vicente, 1990; Butler *et al.*, 1993; García-March, 2000, 2003).



Fig. 1 : Morphologie externe de *Pinna nobilis*. (©Belkhamssa. 2019)

La coquille peut dépasser un mètre de longueur antéro-postérieur (Zavodnik *et al.*, 1991), devenant ainsi le plus grand bivalve de la Méditerranée. Tous les spécimens ont une fente étroite dans la partie antéro-ventrale, ce qui permet la sortie des filaments du byssus qui prennent une position antérieure parallèle à l'axe antéro-postérieur de la coquille. De plus, les individus juvéniles ont des épines sur la face externe des coquilles qui constituent leur seule protection contre les prédateurs (daurades, poulpes), et qui s'érodent pendant l'ontogenèse.

Au cours de la croissance, la coquille s'épaissit, et les écailles disparaissent sauf dans la partie postérieure (la plus large) où elles persistent car c'est la zone de croissance. Ces écailles sont remplacées par de nombreux épibiontes qui colonisent la coquille pour constituer un véritable microcosme (Figure.2) (Moreteau & Vicente, 1988).



Fig. 2 : Épibiontes couvrant la partie postérieure de la nacre *Pinna nobilis*. (©BELKHAMSSA.2019).

Pinna nobilis se nourrit de plancton qu'elle filtre entre ses valves entrebâillées qui laissent apercevoir les branchies sous forme d'une sorte de treillis. Elle peut fouir aussi dans la vase pour en récupérer la matière organique.

Entre ses valves on peut quelquefois apercevoir un petit crabe aveugle, le pinnothère (ou garde-pinne) qui la protège contre les prédateurs, en pinçant les branchies ce qui provoque la fermeture brusque de la coquille. D'autres fois le crabe est remplacé par un couple de crevettes de couleur rose-beige (*Pontonia pinnofilax*) qui passe toute sa vie entre les valves.

Pinna nobilis s'implante dans le sédiment par sa pointe antérieure sur le tiers de sa hauteur environ, mais cela dépend de l'hydrodynamisme. Lorsque celui-ci est fort, elle peut être plantée de moitié et elle s'incline alors vers le courant, les valves entr'ouvertes de manière à capter les particules nutritives, vivantes (plancton), ou mortes (matière organique) (Combelles *et al.*, 1986). C'est donc un filtreur comme les autres coquillages bivalves, mais elle peut aussi se nourrir de particules déposées sur le fond.

Les jeunes individus se camouflent à l'abri dans les herbiers. Leur partie supérieure est garnie d'épines calcaires. La partie à l'abri de l'herbier est lisse. Lorsqu'ils sont à découvert, les excroissances calcaires couvrent l'ensemble de la coquille jusqu'au sédiment. Longtemps prélevée par les pêcheurs et les plongeurs qui en consommaient le muscle adducteur des valves, et qui faisaient des appliques avec la coquille, négligeant sa valeur écologique au seul profit d'un souvenir, elle est aujourd'hui protégée au niveau européen depuis 1992 (Vicente et Moreteau, 1989).

I.1.2. Identification des pinnidés

À l'aide du guide d'identification de la FAO la forme des valves nous montre le genre d'espèce des Pinnidés (Fischer *et al.*, 1987). Les mesures d'identification de *Pinna nobilis* et *Pinna rudis* se résument comme suit ;

L'espèce *Pinna rudis* peut facilement être confondue avec la jeune *Pinna nobilis* épineuse. La *Pinna rudis* ne dépasse habituellement pas 40 cm. La coquille est plus épaisse et possède entre 5 et 10 nervures radiales avec de grandes épines. La *Pinna nobilis* jeune n'a pas de nervure et possède de nombreuses épines sur la surface de la coquille (Figure. 3). Le bord du manteau est habituellement blanc et iridescent chez la *P. rudis* et rose chez la *Pinna nobilis*. Les lobes de nacre dans la face interne des valves sont de taille similaire chez la *P. rudis*.

Il est également important d'indiquer que la *Pinna rudis* se trouve fréquemment dans des blocs ou des fissures et moins souvent sur des sédiments meubles. Dans les blocs ou les fissures la *Pinna nobilis* devient plus rare. Les proportions de *Pinna nobilis* / *P. rudis* sur ces substrats sont inconnues.



Caractères morphologiques :

Forme arrondie vers l'extérieur et en coin vers l'avant. Coquille assez fragile, comportant des épines assez denses, implantées sur la partie visible.

Coloration :

Gris à gris brun à l'extérieur et brun rouge nacré à l'intérieur.

Taille :

- Maximale : 100 cm
- moyenne : 20 à 40cm



Caractères morphologiques :

Forme en triangle isocèle avec arrondi au sommet. épines plus grandes, plus fortes et moins abondantes.

Coloration :

Marron clair, intérieur orange clair.

Taille :

- Maximale : 30 à 40 cm.

Fig. 3 : Illustration des deux espèces *Pinna nobilis* (en haut) et *Pinna rudis* (en bas).

I.1.3. Classification

I.1.3.1. Position systématique

Tab. 1 : La position systématique donnée par LINDNER (1976).

	TERMES SCIENTIFIQUES	TERMES EN FRANÇAIS	DESCRIPTIF
Embranchement	Mollusca	Mollusques	Organismes non segmentés à symétrie bilatérale possédant un pied musculeux, une radula, un manteau sécrétant des formations calcaires (spicules, plaques, coquille) et délimitant une cavité ouverte sur l'extérieur contenant les branchies.
Classe	Bivalvia/ Lamellibranchia/ Pelecypoda	Bivalves/ Lamellibranches / Pélécy-podes	Mollusques aquatiques, filtreurs, au corps comprimé latéralement. Coquille composée de 2 valves articulées disposées de part et d'autre du plan de symétrie. Absence de tête, de pharynx, de radula et de glande salivaire
Sous-classe	Pteriomorphia	Ptériomorphes	Muscle adducteur postérieur développé, antérieur réduit.
Ordre	Pterioida	Ptérioïdes	Animaux à coquille en forme d'ailes, souvent inéquivalves. Charnière sans dents. Animaux fixés ou libres.
Famille	Pinnidae	Pinnidés	Coquille enfoncée verticalement par l'extrémité pointue dans le sable ou la vase, et fixée par un byssus.
Genre	<i>Pinna</i>		
Espèce	<i>nobilis</i>		

I.1.3.2 Taxonomie

- Embranchement : Mollusques
- Classe : Bivalves
- Sous classe : Ptériomorphes
- Ordre : Mytiloïdes
- Super famille : Pinnacés
- Famille : Pinnidés
- Genre : *Pinna*
- Espèce : **nobilis** (Linne, 1758)



Fig. 4 : *Pinna nobilis* adulte Photo prise par (©BELKHAMSSA.2019)

D'autres noms d'espèces ont été attribués à *Pinna nobilis* :

Pinna squamosa (Linnaeus, 1758) ; (Gmelin, 1791), (individus jeunes),

Pinna rotundata (Reeve).

Pinna marina (Chemnitz).

Pinna incurvata (Born, 1780).

Pinna angustana (Lamarck, 1819).

Pinna squamosa (Réquien, 1848).

Pinna cornuformis (Brusina, 1870).

Pinna ensiformis (Monterosato, 1884).

Pinna nigella (de Gregorio, 1885).

Les noms vernaculaires étrangers donnés à *Pinna nobilis* varient d'un pays à un autre. Noble pen shell, Fan mussel, Fan shell, Razor fish (Angleterre), Nacar, Nacra (Espagne), Astura, Nacchera (Italie), Periska (Serbie et Croatie), Pinna (Turquie). En Algérie, cette espèce est peu connue de la population. Elle est communément appelée jambonneau ou grande moule.

I.1.4. Caractéristiques de la famille des Pinnidés

Les Pinnidés comptent plusieurs espèces à travers le monde, notamment dans les mers relativement chaudes. Ils se caractérisent par une forme triangulaire et effilée vers le bas. Leurs couleurs varient entre la couleur jaune pâle, le marron clair et le gris ardoise. Certaines sont hérissées d'épines, surtout au stade juvénile. Leurs tailles varient d'une espèce à une autre entre 17 et 90 cm en moyenne.

I.1.4.1. Caractéristiques du genre *Pinna*

Les espèces du genre *Pinna* sont caractérisées par une forme approximativement triangulaire avec un sommet relativement arrondi. Les trois espèces méditerranéennes portent des épines sur la partie exposée du corps. Elles se fixent grâce à un byssus et se nourrissent par filtration de l'eau. Les deux espèces *Pinna rudis* et *Pinna fragilis* sont relativement de petite taille (environ 30 cm) par rapport à *Pinna nobilis* qui peut atteindre 90 cm (Figure.5).



Fig. 5 : *Pinna nobilis* adulte. Les individus vivent avec l'extrémité antérieure pointue enfouie dans les sédiments. Échelle graphique 20 mm.

I.1.5. Morphologie et anatomie

I.1.5.1. Morphologie de l'espèce *Pinna nobilis*

Pinna nobilis est recouverte, chez les jeunes individus, d'excroissances calcaires (écailles, épines). A la partie inférieure, la pointe de la coquille est très effilée. La coquille de l'adulte est plus épaisse et présente des stries de croissance. Le byssus est de grande taille (jusqu'à 20 cm), de nature soyeuse et de couleur brune. Il fixe la coquille dans le sédiment et permet le déplacement de l'animal. Le bord ventral présente une courte fente pour le passage du byssus. Les lignes d'accroissement de la coquille sont ondulées et relevées d'écailles imbriquées et alignées. La coquille du bivalve a un bord arrondi. Elle est de forme approximativement triangulaire avec une pointe très effilée (Vicente *et al.*, 1980). Les valves sont bâillantes dans la partie supérieure. L'intérieur est fortement nacré, de couleur jaune orangé jusqu'à rouge. Elle possède un ligament parallèle au bord de la charnière qui est édenté. L'impression musculaire antérieure est assez petite, la postérieure est située presque au milieu des valves, elle est plus grande et l'on peut suivre le déplacement du muscle lors de la croissance de l'animal, aux stries laissées sur la nacre de couleur irisée à cet emplacement (Figure.6). Les jeunes individus possèdent des épines formées par les écailles, surtout dans la région antérieure.

I.1.5.2. Anatomie de l'espèce *Pinna nobilis*

L'anatomie de *Pinna nobilis* est assez comparable à celle d'une moule (www.pinnanobilis.free.fr). Une *Pinna* ouverte vue par sa face ventrale montre les détails suivants (Figure.7a).

- Des muscles adducteurs, dont le postérieur est plus développé que l'antérieur, sont insérés perpendiculairement aux valves. Ils ferment la coquille en s'opposant à l'action mécanique du ligament.
- Un manteau enveloppant tout le corps de l'animal.
- Une bouche, représentée par une fente transversale limitée par une lèvre antérieure et une lèvre postérieure.
- Un tube digestif, formé par un œsophage court, débouche dans un estomac assez vaste et se termine en cæcum.
- Un byssus, constitué de nombreux filaments partant d'un orifice sous forme de faisceau. Ces derniers sont durs, bruns, plus ou moins brillants et peuvent atteindre une vingtaine de centimètres. Leur extrémité est élargie en lentille et les aide à se coller à tout support.

-Le pied et le byssus permettent à l'animal de se déplacer en rampant (Moreteau et Vicente, 1982 ; Besnard, 1984). L'anus s'ouvre au dessous du muscle adducteur postérieur dans le plan médian.

- Le cœur, de couleur brunâtre, comprend un ventricule situé entre deux oreillettes et entouré d'un péricarde. Le sang est poussé vers les différents organes par une aorte antérieure et une aorte postérieure, et revient au cœur par les veines branchiales efférentes.

- L'appareil respiratoire est composé de plusieurs branchies. Entre chaque lobe du manteau s'insère une branchie formée de deux feuillets branchiaux plissés. Ces derniers sont revêtus d'un épithélium puissamment cilié, favorisant la circulation de l'eau et des particules jusqu'à la bouche (Figure.7b).

- Le système nerveux comprend trois paires de ganglions.

- Le complexe cœlomique est formé par les organes génitaux et excréteurs qui communiquent avec le péricarde.

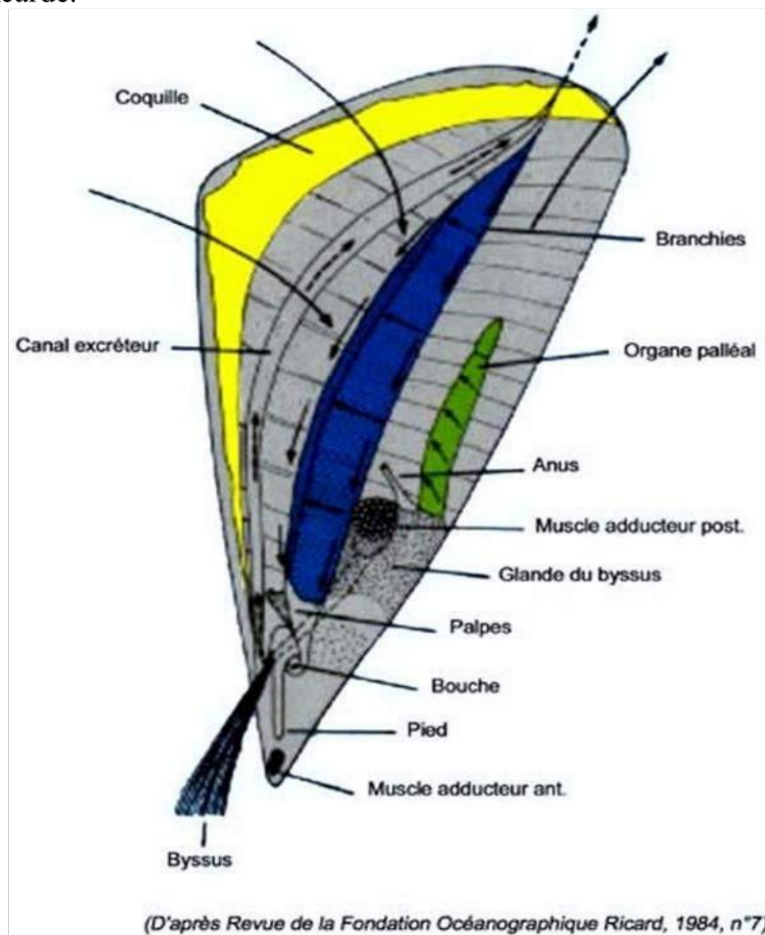


Fig. 6 : Morphologie et anatomie de *Pinna nobilis* (d'après Vicente, 1986)

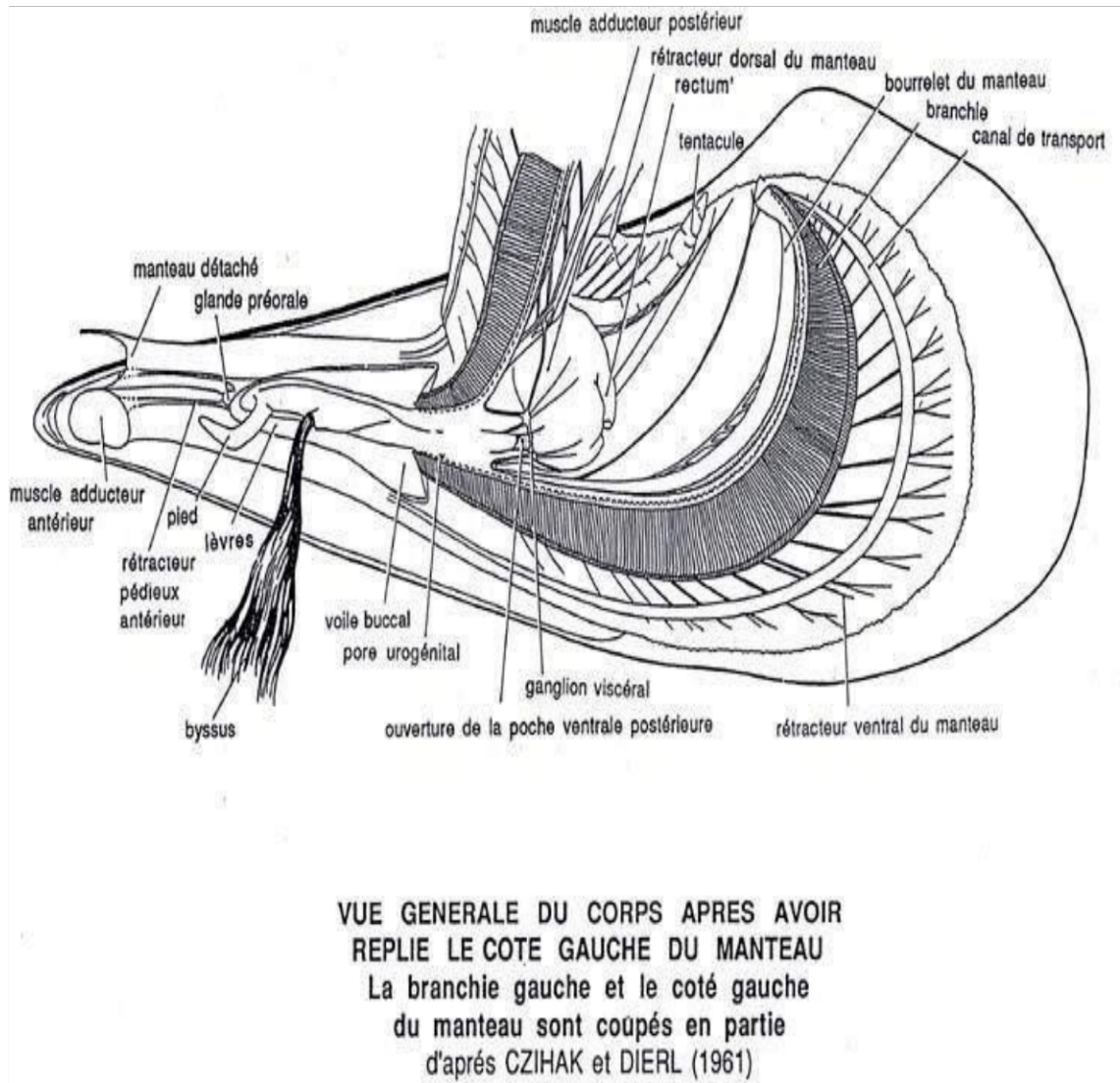
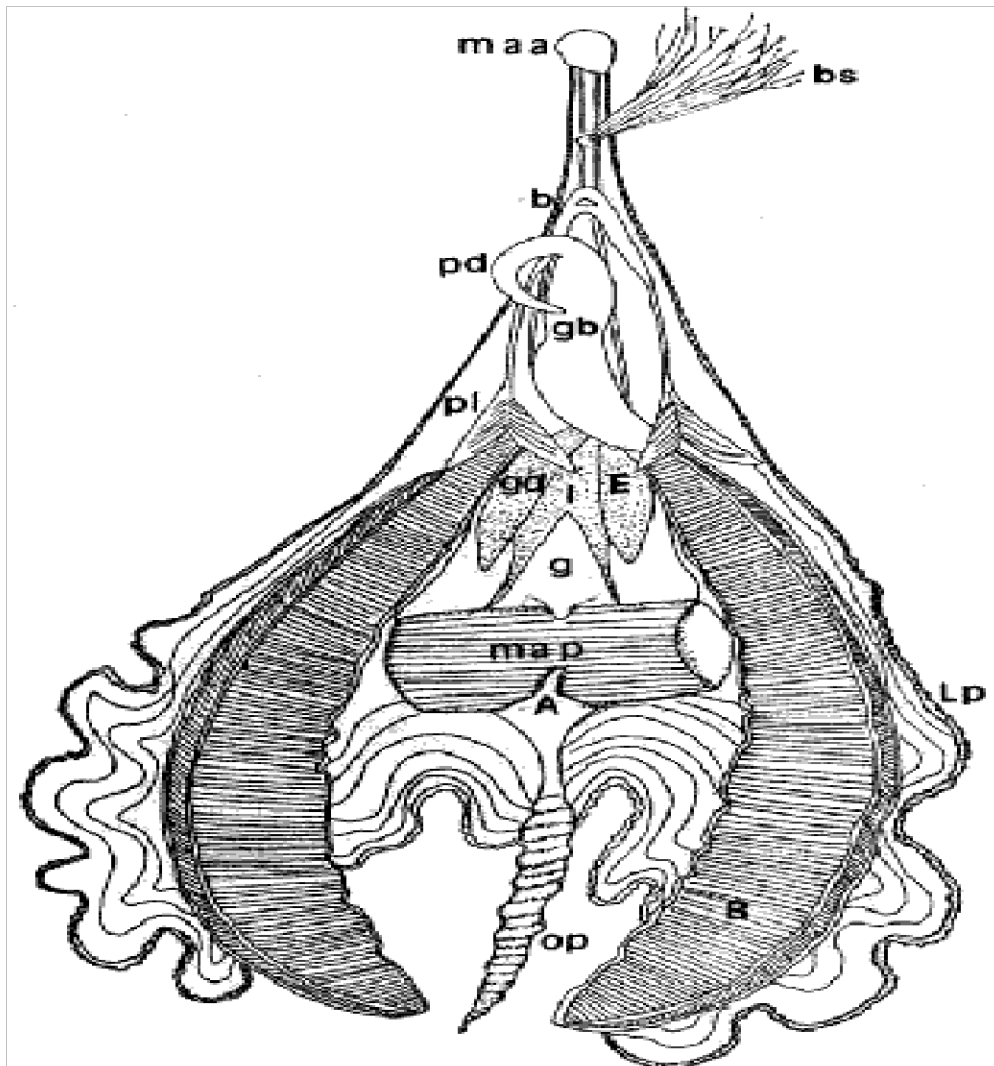


Fig. 7a : Vue générale du corps du *Pinna nobilis* (Czihak et Diel, 1961).



**Anatomie de *Pinna nobilis*
les lobes palléaux écartés (vue ventrale)**

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| maa : muscle adducteur antérieur | I : intestin |
| bs : byssus | gd : glande digestive |
| b : bouche | map : muscle adducteur postérieur |
| pd : pied | A : anus |
| gb : glande byssogène | Lp : lobe palléal |
| pl : palpes labiaux | B : branchies |
| E : estomac | op : organe palléal |

(d'après BESNARD, 1948)

Fig. 7b : Anatomie de *Pinna nobilis* (d'après Besnard, 1948)

I.2. L'écologie de l'espèce *Pinna nobilis*

I.2.1. L'habitat de l'espèce *Pinna nobilis*

Les *Pinna nobilis* se trouvent dans de nombreux environnements, les herbiers de Posidonies étant les plus fréquents. Sur les sédiments nus tels que les lits de maërl, les spécimens sont facilement localisables, mais dans les herbiers de Posidonie ou Cymodocée, ils sont totalement ou partiellement cachés. Les grands spécimens sont, au moins, assez volumineux pour être trouvés relativement facilement, mais les petits individus sont difficiles à détecter, spécialement les nouvelles recrues de l'année. Pour cette raison, la vitesse d'exploration sera habituellement déterminée par la densité des faisceaux de l'herbier. Une stratégie pour améliorer la vitesse de recherche est de faire ces recherches en automne, après que les Posidonies aient commencé à changer de feuilles sénescences, et après que les tempêtes aient retiré la majorité des feuilles mortes. Des populations ont également été trouvées dans les entrées des cavernes et mêmes dans les épaves. Chez les populations en bonne santé, quelques spécimens peuvent également être trouvés parmi les blocs, et lors du déroulement du relevé exploratoire, un échantillonnage de ces types de fonds est également conseillé.

L'espèce *Pinna nobilis* (L., 1758), est une espèce endémique de la Méditerranée. Elle fut jadis présente dans les deux bassins de la Méditerranée, dans tout l'infra littoral, depuis les petits fonds jusqu'à la limite d'extension de l'herbier de *Posidonia oceanica* (Vicente et De Gaulejac, 1990). Les nacres sont implantées dans le sédiment, grâce à leur byssus. Le tiers inférieur de la coquille est enfoncé par la pointe dans le sable ou dans la matre des herbiers de posidonie. *Pinna nobilis* peut s'implanter selon un plan incliné à des degrés variables par rapport au sédiment ou complètement couchée sur celui-ci (Degaulejac et Vicente, 1990). Souvent, elle s'oriente dans le sens du courant pour faciliter la filtration de l'eau.

Les jeunes individus se camouflent dans l'herbier de posidonie à l'abri des prédateurs. Leur partie supérieure est garnie d'épines. Chez les individus plus âgés, la coquille à découvert présente des excroissances calcaires sur toute sa surface. Cette écomorphose lui permet de se protéger de ses prédateurs naturels représentés surtout par les poissons sparidés et les poulpes (Combelles *et al.*, 1986).

Pinna nobilis est un animal benthique sédentaire, mais capable d'effectuer des déplacements dans le sédiment de l'herbier de posidonie, ou dans le détritique côtier circalittoral. Les jeunes individus se trouvent à des profondeurs d'une dizaine de mètres. Sa coquille sert souvent de

support à divers épibiontes: algues, vers tubicoles, spongiaires, bryozoaires, ascidies, hydrozoaires, etc. Elle abrite aussi de nombreux organismes commensaux comme le petit crabe Pinnothère ou des crevettes du genre *Pontonia* qui se nourrissent des déchets rejetés par cette dernière ou de débris divers.

L'animal vit planté dans le sédiment par la pointe où le byssus extrêmement développé se fixe sur les grains de sable, ce qui permet au mollusque d'effectuer des déplacements assez importants dans le sédiment (Vicente *et al.*, 1980). Les individus les plus âgés ont une vingtaine d'années.

En effet, *Pinna nobilis* bouge d'abord verticalement, on peut la trouver à demi découverte, soit n'en distinguer que les deux tiers supérieurs. En effet son implantation varie principalement en fonction de la force des courants. Pour ses déplacements horizontaux, ils sont imperceptibles mais bien réels, ce qui explique peut être que l'on rencontre principalement les jeunes individus vers les dix mètres de profondeur, les plus âgés résident plus bas (Lombard, 1995).

I.2.2. Mode de vie de l'espèce *Pinna nobilis*

I.2.2.1. Description

La nacre a une coquille en forme de triangle allongé, et arrondi sur les bords. Quand elle est jeune, les bords de sa coquille sont couverts de petites épines, qui s'estompent avec l'âge. Cependant, avec le temps, de nombreux petits animaux et autres êtres vivants minuscules poussent sur le bord de sa coquille, et lui donnent un aspect hérissé : c'est ce que l'on appelle des épibiontes.

De nombreux autres êtres vivants vivent avec la grande nacre, comme les petits animaux et algues qui poussent sur sa coquille, ou les posidonies parmi lesquelles elle vit. De nombreux êtres vivants vivent et poussent en effet directement sur la coquille de la grande nacre, que l'on appelle des épibiontes. Le nombre et le type de ces épibiontes dépendent du milieu de vie de la nacre; un très grand nombre d'espèces peuvent ainsi vivre sur sa coquille, comme des algues (l'acétabulaire, la padine queue-de-paon, la coralline et d'autres algues rouges...), des bryozoaires, comme la dentelle de Neptune, des ascidies, comme l'ascidie rouge, et d'autres animaux, comme l'huître plate, l'oursin comestible, ou encore le murex. Mais le plus original d'entre eux est le petit crustacé appelé pinnothère qui vit à l'intérieur de sa coquille.

La coquille est de couleur brun-rouge, et l'intérieur en est recouvert de nacre, ce qui lui a d'ailleurs valu son nom. On la nomme aussi « jambonneau de mer » vue sa taille, sa forme et sa couleur rougeâtre. C'est une cousine de l'huître perlière, et, comme elle, elle peut parfois produire à l'intérieur de sa coquille de petites perles, roses ou rougeâtres, souvent de forme irrégulière. Ces perles n'ont aujourd'hui aucune valeur commerciale, mais ont été très prisées durant l'Antiquité.

La nacre se trouve en Méditerranée, près de la posidonie : sa coquille plantée dans le sable par la pointe, sa partie supérieure entrouvre les valves dont elles laissent passer de l'eau de mer. Grâce à ses branchies, la grande nacre récupère le dioxygène de l'eau de mer, ce qui lui permet de respirer, mais pas seulement car le plancton, les phytoplanctons, et de petites suspensions de matière organique sont aussi filtrés par la nacre, parcequ'elle suit un régime alimentaire filtreur (Figure. 8 (a.b.c)). La grande nacre filtre près de 200 litres d'eau de mer par 24 heures (Moreteau et Vicente, 1982).



8. a. Une grande nacre, entrouverte, pour faire entrer l'eau de mer et se nourrir. Des algues acétabulaires et padines queue-de-paon ont poussé sur sa coquille.



8. b. De la dentelle de Neptune a poussé sur la coquille de cette grande nacre



8. c. Gros plan sur l'ouverture de la coquille d'une grande nacre, laissant voir le manteau ondulé qui dépasse, et les branchies en arrière.

Fig. 8(a. b. c) : le mécanisme de filtration de la grande nacre

I.2.2.2. Respiration

Comme chez tous les bivalves, la respiration est branchiale: le courant d'eau amène aussi l'oxygène nécessaire. Ce dernier, provoqué par les battements ciliaires des cellules du manteau, s'oriente vers l'intérieur sur la gouttière, tandis que celui engendré par les battements ciliaires des cellules branchiales est dirigé vers l'extérieur (Figure.9). La filtration est un phénomène mécanique sous la dépendance étroite du système nerveux de l'animal. *Pinna nobilis* est un bivalve au métabolisme très lent qui peut filtrer en moyenne 6,5 l / 24h (par comparaison, une moule filtre 100 l d'eau par jour et une huître environ 40 litres) (García-March *et al.*,2007).

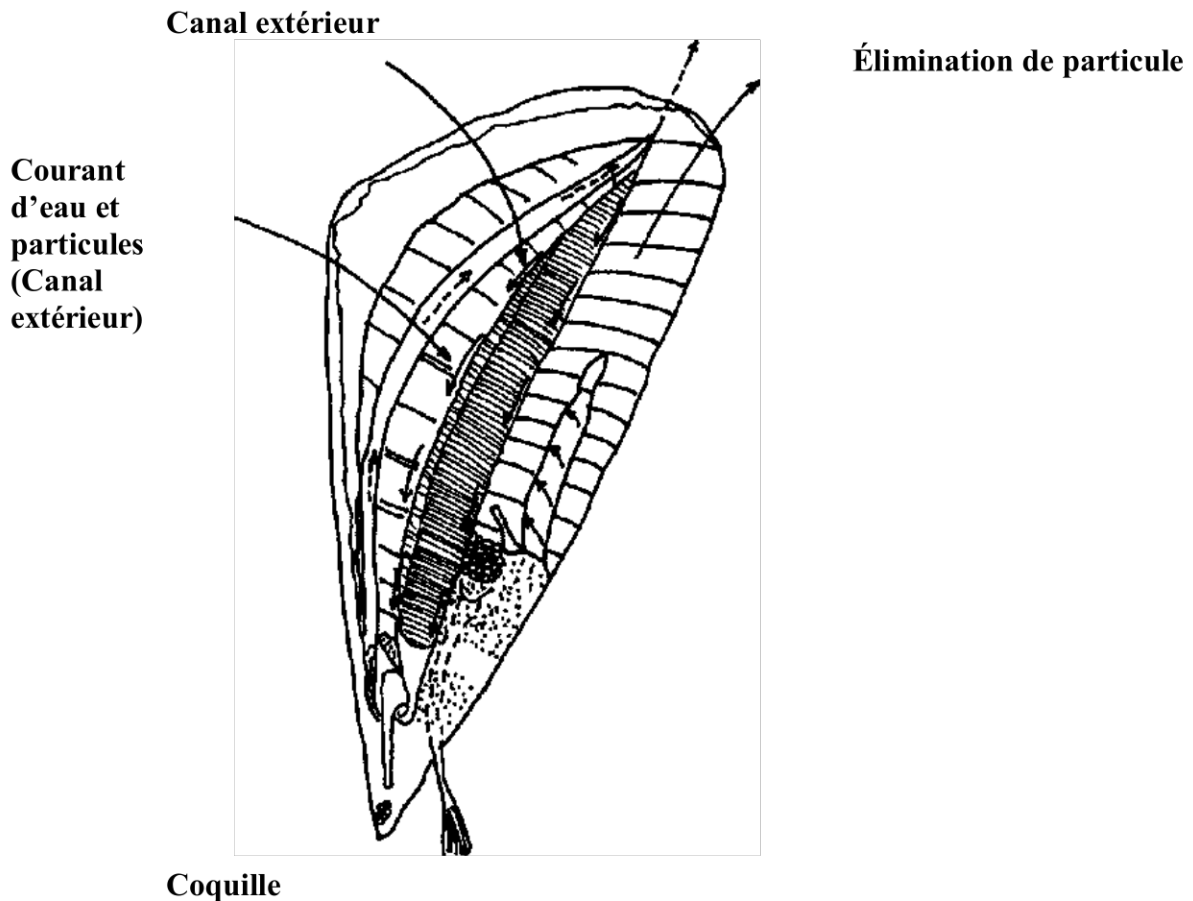


Fig.9 : Filtration et trajet de l'eau chez *Pinna nobilis*
(d'après Vicente, 1986)

I.2.2.3. Rôle de la filtration et trajet de l'eau

Le courant d'eau pénètre librement entre les deux valves de la coquille, par la cavité palléale et en ressort épurée, en un point qu'on dénomme : la boutonnière. Une partie de l'eau est attirée vers la bouche par le battement des cils qui tapissent les pales labiaux, l'autre partie est filtrée à travers les branchies. Le plancton retenu par les branchies est alors acheminé vers l'estomac grâce à l'ondulation des cils du tube digestif.

I.2.2.4. Reproduction

La grande nacre est hermaphrodite : elle est à la fois mâle et femelle. Cependant, elle n'est pas mâle et femelle en même temps : au début du printemps, elle se comporte comme un mâle, et libère dans l'eau une laitance qui contient de nombreux spermatozoïdes ; au début de l'été, cette fois, elle se comporte comme une femelle, et rejette dans l'eau un grand nombre d'ovules (Figure.10).

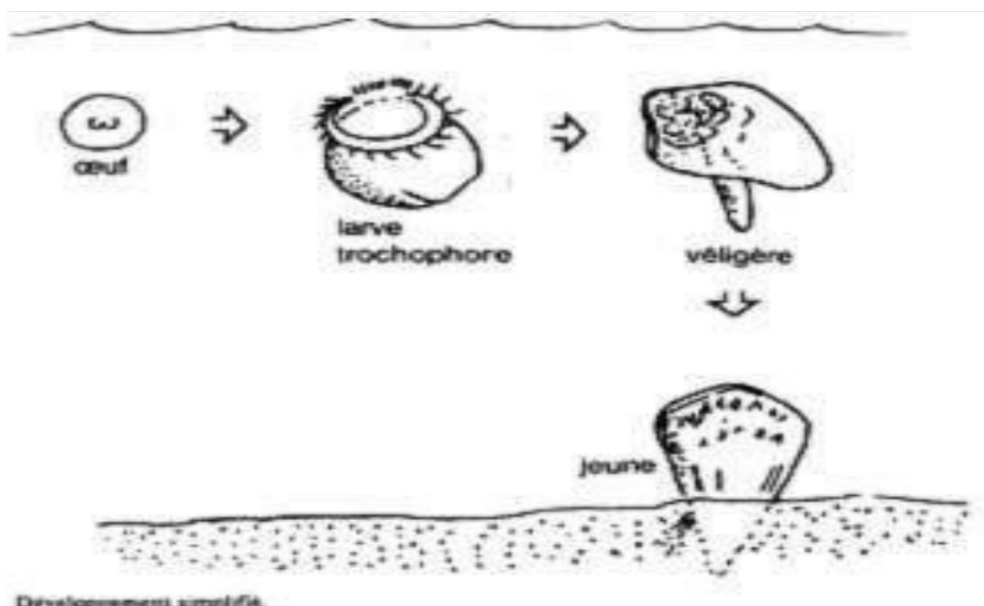


Fig.10 : Développement larvaire d'un *Pinna nobilis*

Ces ovules vont pouvoir rencontrer au hasard des spermatozoïdes d'autres grandes nacres, et, ainsi, en pleine eau, aura lieu la fécondation. Toujours dans l'eau de mer, la cellule-œuf issue de cette fécondation va se développer pour devenir un embryon, puis une petite larve appelée véligère, qui va vivre pendant quinze jours parmi le plancton. La larve possède une sorte de voile (d'où son nom de véligère, qui signifie : « qui porte un voile ») qui lui permet de « nager »

à peu près, ou, en tous cas, de se déplacer dans le plancton. Elle ne peut pas nager contre les courants, et se laisse ainsi porter, avec les autres animaux et êtres vivants minuscules qui forment le plancton, parfois sur une longue distance ; elle peut se retrouver très loin de ses parents, à travers la Méditerranée. Durant tout ce temps, la petite larve se nourrit de particules microscopiques de nourriture qu'elle trouve dans le plancton.

Au bout de quinze jours, la larve subit une sorte de métamorphose : une minuscule coquille, la protoconque, se forme. La protoconque est bien trop petite pour servir encore de protection à l'animal, mais bien trop lourde pour lui permettre encore de nager : elle tombe sur le fond. C'est là qu'elle va finir son développement, et que la protoconque va grandir lentement pour devenir la coquille qui va enfermer complètement la nacre, et lui donner l'aspect que nous connaissons (Figure. 11 'A,B').

Lorsqu'elle est jeune, la grande nacre présente des sortes d'épines sur sa coquille : avec le temps, ces épines s'usent et tendent à disparaître, au fur et à mesure que différents êtres vivants s'installent et poussent dessus. Autrefois, certains scientifiques ont cru que les jeunes grandes nacres faisaient en fait partie d'une espèce différente, à part, et lui ont donné un nom : *Pinna squamosa*, c'est-à-dire la « nacre squameuse », en référence aux sortes de petites écailles épineuses qui recouvrent sa coquille. On sait aujourd'hui qu'il s'agit en fait de la même espèce, à différents moments de sa vie, et ce nom a été abandonné. Jeune, la grande nacre ressemble plus à sa cousine, la nacre épineuse, plus petite, et qui vit également en Méditerranée, qu'aux adultes de son espèce.

C'est une espèce qui grandit lentement : il faut près de 20 ans à une grande nacre pour mesurer la taille moyenne de 80 cm à 1 m, et seules les plus vieilles nacres, âgées d'environ 40 ans, atteignent la taille de 1,20 m.



.A.



.B.

Fig. 11 : A. Une larve de bivalve, comme celle de la grande nacre, vue au microscope.
B. Une jeune grande nacre.

I.2.2.5. Nutrition

Pinna nobilis, comme l'huître ou la moule, se nourrit de plancton et de particules organiques et minérales qu'elle trie à l'aide de ses palpes labiaux. Un courant d'eau, provoqué par les battements ciliaires des bords du manteau, orienté vers l'intérieur, passe entre ses valves toujours bâillantes, et est filtré entre les filaments branchiaux et dirigé vers la bouche: c'est un suspensivore. Les battements ciliaires des branchies provoquent aussi un courant, qui va être vers l'extérieur, rejette de mucus, de l'urine les fèces ou les gamètes. On considère la nacre comme un consommateur planctophage.

I.2.2.6. Commensalisme

Pinna nobilis héberge entre ses valves un symbiote, le crustacé décapode *Pinnotheres pinnotheres*. Il semble qu'elle lui fournit des particules nutritives en échange d'être prévenue de tout danger (Figure.12 a, b). L'espèce *Pontonia pinnophylax* peut remplacer *Pinnotheres* et être hébergée dans les branchies de **Pinna**.



12.a. *Pinnotheres pinnotheres*



12. b. *Pontonia pinnophylax*

Fig. 12 (a, b) : Quelques espèces vivaient dans les valves de *Pinna nobilis* (©Belkhamssa.2019)

I.2.3. Répartition de l'espèce *Pinna nobilis* dans la mer méditerranéenne

La grande nacre est endémique de Méditerranée, c'est-à-dire qu'on ne la trouve que là, et nulle part ailleurs dans le monde (Figure.13). Elle est présente dans toute la Méditerranée et certaines mers qui en dépendent, comme par exemple la mer Adriatique, et même dans un lac d'eau de mer, près de la côte, en Grèce, dans le golfe de Corinthe. Il n'y en a en revanche pas en mer Noire.

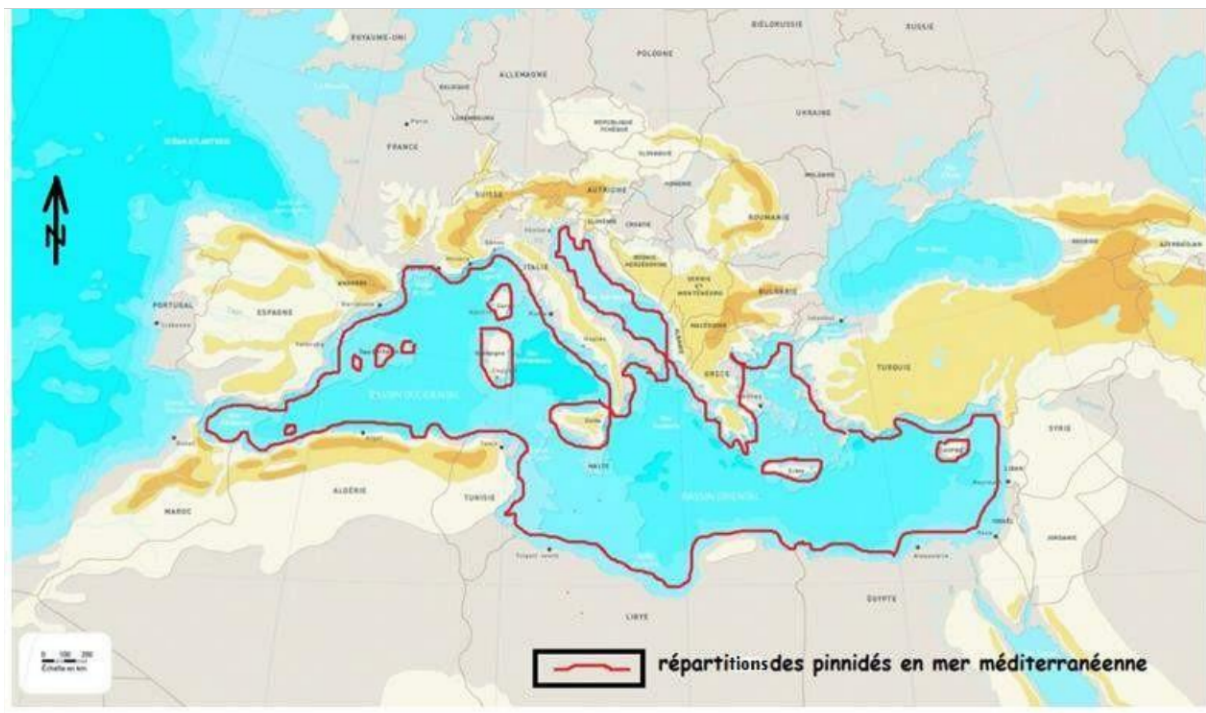


Fig. 13 : Répartition géographique en Mer Méditerranéenne de *Pinna nobilis*. (google map.2018).

On la trouve sur les fonds sableux, jamais sur les rochers, où elle ne pourrait pas s'accrocher, et surtout dans les herbiers sous marins de posidonies, ou d'autres plantes marines comme les zostères et les cymodocées : les herbes protègent les nacres de l'action des vagues, et les empêchent d'être arrachées ou brisées par la houle.

Elle vit dans la zone photique, c'est-à-dire en milieu marin peu profond, là où la lumière du Soleil peut encore pénétrer, et faire pousser les plantes parmi lesquelles elle vit, mais aussi les minuscules algues du plancton dont elle se nourrit. On la trouve entre 2 et 40 m de profondeur, selon les zones, au maximum (Baghdiguian *et al.*, 1987).

I.2.4. Menaces et protection

I.2.4.1. Prédation de l'espèce *Pinna nobilis*

Un effort de pêche très remarquable depuis longtemps, la grande nacre qui grandit très lentement et vit plusieurs années, est devenu rare dans notre mer. Le chalutage, les ancre l'abime et l'arrache u la casse. *Pinna nobilis* a une coquille très fragile, se casse facilement.

De plus, comme il s'agit d'un très grand coquillage, les plongeurs les ramassent, comme

souvenir, ou pour les collections de coquillages. Malheureusement, la coquille se conserve très mal : sortie de l'eau, elle se fissure et se casse, et finit la plupart du temps à la poubelle. La grande nacre est une espèce de l'herbier de posidonies : elle fait partie de ce milieu naturel, et ne peut vivre que là. Actuellement l'herbier de Posidonie est en régression en mer Méditerranéenne due à la forte pollution et l'ancrage des bateaux qui explique la rareté de la nacre, un milieu pas stable défavorise et condamne l'espèce. Sans posidonies, plus d'herbier, et les autres espèces qui y habitent disparaissent également (Figure.14). La grande nacre est également victime directement de la pollution : comme elle filtre l'eau pour se nourrir, les polluants qui obscurcissent l'eau tuent les algues microscopiques que la nacre mange, et elle finit par mourir de faim.



Fig. 14 : La daurade royale est l'un des prédateurs des jeunes nacres. (<http://www-espace-sciences.org/archives/dorade-royal>).

I.2.4.2. Protection de l'espèce *Pinna nobilis*

I.2.4.2.1. Convention et réglementation

En France, la grande nacre est protégée depuis 1992 ; un arrêté préfectoral interdit de la capturer ou de la blesser, mais aussi de la transporter ou de la vendre, qu'elle soit vivante ou morte : cela inclut donc également les coquilles !

Au niveau international, elle est également protégée en Europe par la directive habitats, depuis 1992 (ratifiée par la France en 1994), et par la Convention de Barcelone, qui vise à protéger le milieu marin méditerranéen. Elle ne figure pas à la Convention de Washington, ni sur la liste rouge de l'UICN.

En France et dans le reste de la Méditerranée, il est donc interdit de la pêcher, de la ramasser,

de la blesser ou de la détruire, et, si l'on possède une coquille de grande nacre, même si on l'a trouvé déjà mort, il est interdit de la transporter ou de la vendre. Comme la grande nacre ne figure pas sur la liste des espèces concernées par la Convention de Washington, il reste en

théorie possible d'en acheter ou d'en vendre, en dehors de l'Europe et de la Méditerranée... Cependant, comme on ne trouve la grande nacre qu'en Méditerranée, cela ne devrait pas poser de problèmes particuliers.

Les nacres sont ainsi répertoriées, on mesure leur emplacement, et leur croissance : il faut près de 20 ans à une nacre pour atteindre une taille de 80 cm à 1 m, et seules les très vieilles nacres d'une quarantaine d'années peuvent atteindre la longueur maximale de 1,20 m.

En novembre 2012, lors des travaux de renflouage de l'épave du paquebot Costa Concordia, au large de l'Italie, des centaines de grandes nacres ont été découvertes sous le bateau : l'ombre de l'épave avait empêché le soleil de passer, et avait tué toutes les posidonies, rendant visibles les grandes nacres. Pour ne pas les blesser durant les travaux, elles ont été récupérées et déplacées, en attendant de pouvoir les remettre à leur place.

1.2.4.2.2. Protection de la grande nacre *Pinna nobilis*

Pinna nobilis est protégée par la loi : quelques consignes pour la préserver

- En plongée sous-marine, il est interdit de ramasser la grande nacre. De risque d'endommager les coquilles de la nacre il est préférable de ne pas la toucher ni d'arracher la posidonie qui l'entoure. Par contre, on peut l'observer et l'admirer de loin !
- Il faut faire bien attention à jeter l'ancre dans le sable, car, non seulement cela ne sert à rien de jeter l'ancre dans les posidonies (les plantes ne parviennent pas à arrêter le bateau, s'il est entraîné par les vagues !), mais encore, cela risque d'arracher les posidonies, et de casser les coquilles des grandes nacres, s'il y en a. Ce genre de pratique blesse fortement la grande nacre, et détruit son habitat (ainsi que celui de nombreuses autres espèces !) : il faut donc l'éviter à tout prix.

I.2.5. Utilisation de l'espèce comme indicateur de l'état de conservation de l'environnement

La réaction rapide des populations de *Pinna nobilis* aux altérations de leur environnement naturel a motivé leur proposition en tant qu'espèce bioindicatrice de cet état (Vicente, 1990; Vicente et Moreteau, 1991; García-March et Ferrer, 1995, Vicente, 2003). Cependant, il est nécessaire de réaliser préalablement des études écologiques permettant d'établir les paramètres de population dans des conditions optimales, afin de les comparer à ceux de populations dégradées. Il sera alors possible d'évaluer plus précisément sa valeur en tant qu'espèce bioindicatrice de l'état de l'environnement. L'espèce est un bon indicateur de contamination par les métaux lourds, car elle les stocke dans ses tissus mous, comme c'est le cas du chrome dans le manteau (Catsiki et Katsilieri, 1992), dans l'hépatopancréas, le manteau et les branchies (Catsiki *et al.*, 1994) et de manganèse (Calapaj et Ongaro, 1971), en particulier dans les reins, où il s'accumule dans les gros sphéroïdes cristallins d'oxalate et de phosphate de calcium, atteignant jusqu'à un gramme de manganèse par animal (Hignette, 1984). *Pinna nobilis* est également un outil utile pour obtenir des informations sur les caractéristiques de l'environnement. Cuif *et al.* (1982; 1983; 1985) ont montré que dans la microstructure, les traces des variations physico-chimiques du biotope sont conservées, ce qui peut être utilisé pour établir un calendrier de la micro-évolution du buisson de *Posidonia oceanica* (Vicente et Moreteau, 1991). En outre, il a été utilisé pour étudier la biodégradation des structures squelettiques dans les environnements marins aérobies et anaérobies (Simon y, 1990; Simon *et al.*, 1990). Récemment, les profils d'isotopes stables d'oxygène et de carbone de la coquille ont été utilisés pour reconstituer les températures de surface sur les côtes du sud-est de l'Espagne et de l'Adriatique croate (Kennedy *et al.*, 2003; Richardson *et al.*, 2004).

I.2.5.1. Menaces et pressions sur l'espèce

La longévité des adultes qui peuvent vivre plus de trente ans (Moreteau et Vicente 1982) et leur vie sédentaire, font de cette espèce de bivalve un enregistreur des variations des paramètres du milieu beaucoup plus fiable qu'une moule qui vit moins longtemps et qui se développe bien en milieu pollué essentiellement sur substrat dur. Sa présence n'est pas un indice de bonne qualité du milieu contrairement à la nacre.

1. Les nuisances humaines sur le touffu ou clairsemé où a lieu le recrutement le plus important. L'aménagement inconsidéré du littoral provençal avec des méthodes archaïques mettant en jeu le remblayage, et le tourisme croissant ont provoqué la

disparition de nombreuses nurseries, et de la sorte la régression des populations.

2. Les rejets polluants :

Les eaux usées peu ou mal épurées, rejetées en zone littorale par les égouts urbains, directement à la côte, charriées par les petits fleuves côtiers, le lessivage des sols agricoles ont également entraîné la régression des herbiers. Les produits chimiques, les pesticides, les nitrates sont nocifs, ils tuent et détruisent les œufs de plusieurs animaux marins (Vicente, 1983), ainsi les larves de *Pinna nobilis*. Les embryons et les œufs des invertébrés marins sont vulnérable aux produits chimiques notamment les métaux lourds (Deslou-Paoli, 1982).

Durant l'été, des *Pinna nobilis* en cours d'expérimentation dans des bassins alimentés avec l'eau des aquariums de l'Institut Océanographique Paul Ricard, n'ont pas émis leurs produits génitaux durant toute la période de reproduction. Des observations d'ovocytes obtenus par biopsies, montrent un blocage de ceux-ci en début de phase de maturation. Par ailleurs, la coquille de nombreux individus est déformée dans la partie antérieure, et ne se referme plus, et enfin celle d'un individu mort présente un phénomène de chambrage très net.

3- les ancrs des navires:

Les bateaux de plaisance utilisant des ancrs charruent, provoquent des dégâts considérables dans les herbiers de Posidonies, notamment dans les rades abris. Elles brisent les coquilles des *Pinna nobilis* qui dépassent du sédiment. Lorsqu'une valve est brisée à mi-hauteur, la mort de l'animal suit immédiatement. Il est d'ailleurs souvent dévoré par des prédateurs (daurades, poulpes).

4- Prédation humaine :

La grande nacre a été exploitée pour sa coquille et son byssus, prélevée de façon abusive par les plongeurs, comme objet de souvenir. De même les pêcheurs la remonte dans leurs filets de pêche après l'utiliser comme décoration domestique ou l'abimer.

I.3. Cadre sédimentaire : sédiments littoraux

Le sédiment, un compartiment important de l'évolution écosystème sert d'habitat et de source de nourriture pour de nombreuses espèces écologiquement et économiquement importantes. Les dépôts sédimentaires marins et littoraux qui font l'objet de la présente étude se forment à

l'interface des zones continentale et marines. Ils constituent un filtre pour les polluant et devienne ainsi les réservoirs ultime pour de nombre composées chimiques connue ou inconnu (Chapman & Long, 1983). Il contient donc des xéno biotique persistant qui peuvent avoir des effets laiteux immédiats ou a long terme. Les contaminants chimiques sont d'origine très diverse (contamination atmosphérique, effluents urbains, rejets en mer, naufrage) résultant d'activités anthropiques présentes ou passées.

les apport du sédiment porte toujours une source de contamination et l'effet sur les organisme vivant est très important (Power & Chapman, 1992 Luoma et Ho 1993), Le degré de la contamination des sédiments est expliquer par des analyses chimiques qui montre sa « qualité biologique ». L'évaluation de la toxicité de l'ensemble des contaminants sédimentaires biodisponibles nécessite donc l'utilisation de tests réalisés à l'aide d'organismes vivants (Stebbing *et al*, 1980, Chapman & Long, 1983). La fraction disponible des contaminants est représentée par les composants qui peuvent rentrer directement en contact avec les organismes et être absorbés. La biodisponibilité d'un xéno biotique dépend des caractères du sédiment (granulométrie, teneur en matière organique, potentiel redox, etc.), des propriétés physico-chimiques du composé (spéciation) et de l'organisme lui-même (habitat, mode alimentaire) (Forstner & Wittman 1979 Landrum & Robbins, 1990).

Pour évaluer la qualité d'un milieu et les organismes biologiques qui vivent dedans, il est nécessaire de faire des analyse biologique et chimique (Chapman *et a.,l* 1987 Woodhead *et al.*, 1999).

I.3.1. Origine des sédiments

Les sédiments se construites de couche des petites parties en suspension dans l'eau qui précipite elle mêmes des roches et des sols et d'éléments colloïdaux. Ces particules parviennent au milieu aquatique par les cours d'eau et par voie atmosphérique.

Deux types d'éléments existants celle qui est d'origine allochtone : suite à une érosion du bassin versant par des facteurs actifs externes comme l'eau ou le vent et des éléments d'origine autochtone dus à de composants minéraux et organiques (Ramade, 1998). Les sédiments sont essentiellement caractérisés par leur granulométrie et leur composition.

I.3.2. Granulométrie

Les sédiments sont classés en fonction de la taille de leurs particules (Bellair & Pomerol,

1977) :

_ Les particules d'un diamètre supérieur à 63 μm caractérisent les sédiments grossiers qui sont principalement constitués de sable et de matériel inorganique silicaté. Ces sédiments présentent une faible cohésion. Les surfaces de contact des différentes particules sont peu importantes et donc sont peu associées aux contaminants. On distingue généralement les graviers (diamètre supérieur à 2 mm) et les sables (diamètre compris entre 63 μm et 2 μm).

Les particules d'une taille inférieure à 63 μm sont constituées de minéraux argileux ayant un diamètre compris entre 0,2 et 2 μm et de silt ayant un diamètre compris entre 2 μm et 63 μm . Elles sont chargées négativement et leur surface de contact est importante ; ces caractéristiques leur donnent un grand pouvoir adsorbant vis-à-vis des contaminants métalliques. La matière organique sédimentaire, caractérisée par le carbone organique, est constituée de macromolécules polymérisées hétérogène : elle possède des sites hydrophiles qui lui permettent de s'adsorber à la surface des particules argileuses et de complexer nombreux contaminants, organiques notamment (**Burton, 1992 Bonnet 2000**).

I.3.3. Composition

Le sédiment est une forme très disparate, de composés clastiques et organiques (Power et Chapman, 1992). Il contient 3 composants : Eau interstitielle, Forme inorganique, Forme organique.

I.3.3.1. Eau interstitielle

Elle correspond à l'eau qui occupe l'espace entre les particules sédimentaires et représente une fraction importante de sédiment avec généralement plus de 50 % de son volume (Förstner, 1987).

I.3.3.2. Forme inorganique

Elle est formée de minéraux provenant de l'érosion de l'écorce terrestre et de débris coquilliers. Ses composés sont principalement, les argiles, carbonates et les silicates. Les particules inorganiques sont généralement enrobées d'hydroxyde de fer et de manganèse et de substances organiques qui leur confèrent une grande capacité d'absorption vis-à-vis des contaminants.

I.3.3.3. Forme organique

Il n'occupe qu'un faible volume de sédiment (quelques %), mais joue un rôle primordial puisque elle régule la mobilité et donc la biodisponibilité d'un grand nombre de contaminants, en particulier les composés organiques non ioniques (Power et Chapman, 1992). Selon sa taille, la matière organique peut être classée en carbone organique dissous (COD < 1 kDa), colloïdal (1 kDa < COC < 0,22 µm) et particulaire (COP > 0,22 µm ; (Bonnet, 2000)).

Le pH, le potentiel redox, la salinité et la teneur en oxygène et en sulfures caractérisent aussi les sédiments. Ces paramètres gèrent la répartition des contaminants entre les différentes phases d'un sédiment, ainsi que leur biodisponibilité.

I.3.4 Polluants (contaminants) sédimentaires

I.3.4.1. Métaux : sources, caractéristiques et répartition

Les métaux proviennent principalement de l'érosion des roches, les sols et des sédiments où ils sont présents à l'état naturel et aussi majoritairement des activités humaines.

Les métaux tels le cadmium (Cd), le zinc (Zn) et le plomb (Pb) sont généralement utilisés pour les études liées à l'environnement. Ils ont été choisis car ils sont les plus représentés et les plus problématiques dans l'environnement (Haynes & Johnson, 2000 ; McPherson & Chapman, 2000 ; Hagopian-Schick *et al.*, 2001). De plus ce sont les métaux qui ont été utilisés pour développer les différents modèles de biodisponibilité et de toxicité que nous présenterons ultérieurement (Ankley *et al.*, 1994).

Les métaux rencontrés dans l'environnement peuvent être classés selon leur caractère essentiel ou non. Un métal est considéré comme essentiel si des symptômes pathologiques apparaissent lorsque sa teneur diminue ou qu'il est absent et disparaissent lorsqu'il est rajouté. Il faut aussi que les symptômes soient associés à une déficience biochimique (Förstner y Wittmann, 1979). Cependant, un élément essentiel peut également être toxique lorsqu'il est présent à de trop fortes concentrations. Suivant ces critères, 17 métaux sont considérés comme essentiels, les Na, K, Ca et Mg on les trouvent en grandes quantités > 1 µ mole kg⁻¹ de poids frais), par contre les As, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Si, Sn, V et Zn on les trouvent à de très peu de quantité de 0,001 à 1 µ mole kg⁻¹ de poids frais, (Mason & Jenkins, 1995).

Les Métaux non essentiels n'ont, à l'inverse des précédents, aucun rôle biologique

actuellement connu. C'est le cas du Hg, Ag, Cd et Pb (Mason et Jenkins, 1995). Ils sont considérés comme néfastes dès qu'ils sont présents dans la milieu est entraînent des effets biologiques délétères à de très faibles concentrations.

La toxicité des métaux dépend de nombreux facteurs (Wood 1974 : Förstner & Wittmann, 1979) a classé différents métaux et métalloïdes en fonction de leur toxicité (action chez l'organisme vivant) et leur disponibilité dans l'environnement.

Les métaux sont répartis dans les diverses fractions des sédiments et sous différentes formes physico-chimique : c'est la spéciation.

Dans la phase aqueuse, ils peuvent être sous forme d'ions libres hydratés, complexés avec des ligands inorganiques comme les carbonates ou organiques dissous (COD) comme des peptides protéines et des acides fulvique. Ils peuvent également être associés à une phase colloïdale inorganique (Fe_2O_3) ou organique colloïdal (COC) comme les acides humiques. Dans la phase particulaire, ils peuvent être adsorbés sur l'argile, complexés avec la matière organique adsorbés et/ou coprécipités avec les hydroxydes de fer et de manganèse, précipités les ions sulfures (dans la partie anoxique du sédiment): ils peuvent enfin être liés à la matrice cristalline des particules (Morisson, 1989 Burgess & Scott, 1992 Burton. 1992a forstner & Whitmann, 1979; Rybicka *et al.*, 1995; Chapman *et al.*, 1998).

La dégradation bactérienne de la matière organique en milieu anoxique ou de la réduction des sulfates permet le piégeage des métaux dont (Cd. Ni. Zn. Cu. Pb) (Di Toro *et al.*. 1990: Ankley *et al.* 1994 ; Hansen *et al.* 1996 ; Sibley *et al.* 1996 ; De Witt *et al.* 1996)

Les principaux sulfures sont le mono sulfure de fer (FeS), appelé greigite et le bisulfure de la pyrale ; (Di Toro *et al.* 1990).

Les sulfures des sédiments se divisent en 3 catégories, en fonction des techniques utilisées pour les quantifier:

1. Les plus volatiles, « acide volatil sulfide » (AVS), sont les mono sulfure de fer et de manganèse qui sont extraits par attaque acide à froid (Allen *et al.*, 1993).
2. La plus résistante, la pyrite de fer qui n'est pas soluble lors de l'extraction des AVS.
3. enfin, les sulfures organiques associés à la matière organique.

Lorsque les métaux (Cd, Zn, Ni, etc...) sont présents dans place par un sédiment, le sulfure de fer est déplacé par un des ions métalliques pour former du fer soluble et un nouveau sulfure métallique selon l'équation suivante:



Malgré sa prédominance dans les sédiments, le fer a une affinité pour les ions sulfures beaucoup plus faible que les autres métaux. L'affinité des métaux traces pour les ions sulfures peut être classée de façon croissante de la manière suivante : Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} et Hg^{2+} (Di Toro *et al.* 1990). La forme physico-chimique des métaux (spéciation) conditionne leur mobilité et par suite leur disponibilité. En général, la forme libre ou ionique est la plus bio disponible et toxique. Afin de pouvoir identifier et déterminer les nombreuses espèces concourant à la concentration totale d'un élément trace, plusieurs techniques de spéciation ont été développées.

b) Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) : sources, caractéristiques et répartition .

Les alcanes, les Polychlorobiphényles (PCB), les pesticides, les dioxines et les hydrocarbures aromatiques polycycliques représentent les composés organiques. Ils sont stables, lipophiles et possèdent au moins un noyau aromatique.

Les HAP sont des hydrocarbures formés de cycles benzéniques condensés sous forme linéaire ou angulaire. De plus, en comparaison aux PCB et dioxines, peu de normes environnementales ont été établies pour ces contaminants, alors qu'ils sont encore actuellement générés et déversés dans l'environnement.

Les trois origines des HAP sont; la source pyrolytique, le second est pétrogénique, elle correspond à tous les déversements de pétrole dans l'environnement (naturels ou anthropiques). Enfin la dernière, moins importante, est la diagenèse précoce, processus qui transforme les dépôts sédimentaires et les roches en pétrole (Neft, 1979 Mc. Elroy *et al.* 1989)

Les apports en HAP dans l'environnement résultent de phénomènes naturels (feux de forêts, éruption volcaniques ou fuites de réserves naturelles de pétrole), mais surtout d'activités humaines, comme la combustion du pétrole, charbon, gaz naturel ou du bois (sources pyrolytiques) ou encore le déversement de pétrole lors de son exploitation, de son transport ou lors des opérations de dégazage (sources pétrogénique).

Les divers processus de formation des HAP génèrent des distributions différentes pouvant être utilisées comme empreinte moléculaire. Plusieurs indices (rapport de la concentration entre deux HAP) ont été développés afin de pouvoir identifier la source des HAP présents dans une matrice sédimentaire. Certains de ces indices correspondant aux rapports de concentration entre isomères. Les HAP peuvent avoir un caractère toxique aigu ou chronique, mais également un effet ne (génétoxicité). Une des caractéristiques en ce qui concerne la toxicité des HAP est la différence d'effets biologiques que l'on peut observer entre deux isomères (Ex. le BeP et le BaP). La génétoxicité de ces composés est affectée par leur transformation au sein des organismes.

I.3.4.2. Mobilité et biodisponibilité des contaminants dans un sédiment

La forme physico-chimique d'un composé détermine sa mobilité, biodisponibilité et toxicité vis à vis des organismes vivants. Plusieurs échanges existent dans sédiment, comme la phase particulaire vers la phase dissoute, qui déduit à une contamination (Wen *et al.*, 1999). Ces échanges sont complexes et influencés par de nombreux facteurs physiques, chimiques et biologiques (Forstner & Whittmann, 1979 Burgess & Scott, 1992; Lau & Chu. 1999).

I.3.4.3. Mobilité des métaux: salinité, pH, potentiel redox, carbone organique

Les variations de mobilité des métaux se traduisent par le passage de la forme colloïdale et particulaire à la forme dissoute (ionique ou adsorbé) et vice-versa. Ces échanges sont influencés par la salinité. Le pH, le potentiel redox et la teneur en carbone organique du sédiment (Forstner & Whittmann, 1979; Burgess & Scott, 1992).

Le sédiment est remobilisé par la salinité trop élevée par le cumule des ions magnésium et calcium par rapport à d'autres métaux sur les points de fixation (Forstner & Whitmann, 1979 ; Lau et Chu, 1999 Rasmussen & Andersen 1999). L'observation a été faite pour le Cd et le Mg, les désorptions sont principalement associés à la matière organique. Les métaux libérés (mobiles) présentent une toxicité plus ou moins marquée car ils vont former des beaucoup plus faibles car ils sont chloro-complexes qui sont moins biodisponibles que les ions libres (Förstner & Whitmann, 1979 ; Enajani, 1994). La réduction des sulfates (SO_4^{2-}) en sulfure (S^{2-}) entraîne une augmentation du pH alors que la dénitrification (réduction des nitrates (NO_3) en azote (N_2)) entraîne sa réduction. Dans ce dernier cas, on observe une dissolution des carbonates et une augmentation de la compétition entre les métaux et les ions hydrogène vis à

vis des sites d'adsorption.

Le potentiel redox est un des facteurs les plus importants pour la mobilité des métaux. Sa faible augmentation entraîne une oxydation des sulfures, et la libération de métaux dans l'eau interstitielle et l'eau surnageante (Chapman et al., 1998 Peterson et al. 1996 ; Zoumis et al., 2001).

L'augmentation du potentiel redox peut être due à différents processus

1) la modification du taux de sédimentation des particules ou la réduction des sulfates par les bactéries qui entraînent des variations spatiales et saisonnières de la quantité d' AVS dans les sédiments (Ankley *et al.*, 1994 Hansen *et al.*, 1996: Chapman et al 1998)

2) La sécrétion et la fabrication des tube par les organisme tels que les Holothuries contribuent à la bioturbation et l'irrigation du sédiment (Tessier *et al.*, 1994 Peterson *et al.*, 1996 ; Carelli *et al.*, 1999, 2000).

3) les fortes marées et les tempêtes déduit à un dépôt du sédiment (Chapman *et al.*, 1998).

Le carbone organique est également un composant important dans l'adsorption des métaux, aussi bien dans la partie oxygénée du sédiment que dans la partie anoxique lorsque les métaux sont en quantité supérieure aux ions sulfures (Blasco et al. 2000) ont montré que dans l'eau interstitielle. Les profils de concentration sont différents selon les métaux. Le Cu et le Cr sont enrichis dans l'eau interstitielle de la partie oxique du sédiment car ils sont principalement pris en charge par la matière organique.

I.3.4.4. Mobilité des HAP: granulométrie et carbone organique

Les HAP faiblement solubles dans l'eau, s'associent très facilement aux particules ainsi qu'à la matière organique. Cependant, des échanges existent entre la phase particulaire et la phase dissoute: ils sont influencés par la teneur en matière organique (exprimée en teneur de carbone organique, CO) (Di Toro et al. 1991: Ankley et al. 1994) et la granulométrie des sédiments. Les HAP pétroliers, présents sous forme d'émulsion avec l'eau sont plus facilement disponibles en comparaison des HAP d'origine pyrolytique fortement adsorbée sur et dans les particules (Mc Groddy & Farrington, 1995).

Le passage des composés organiques de la phase particulaire à la phase dissoute est principalement géré par le caractère hydrophobe de ces molécules, ainsi que par la quantité et

la qualité de la matière organique. Plus un composé est hydrophobe. Plus il est fortement adsorbé sur les particules (Woodhead *et al.*, 1999). De la même façon plus la teneur en matière organique est élevée, moins les HAP sont mobiles (Karickhoff, 1980, dans Meador *et al.*, 1990). Plusieurs phénomènes tels que l'activité bactérienne, qui utilise la matière organique comme source d'énergie peuvent entraîner la libération d' HAP sous forme dissoute. La quantité de colloïdes dans l'eau interstitielle joue également un rôle important dans la mobilité des composés organiques, (Brownawell & Farrington, 1986) ont montré e la concentration en PCB dans l'eau interstitielle est corrélée à la teneur en colloïdes. De la même façon (Landrum *et al.*, 1987) ont observe des teneurs en BaP dans l'eau interstitielle supérieures à son seuil et solubilité, ceci grâce à la présence de matière organique sous forme colloïdale. Les HAP de poids moléculaire élevé (peu hydrosolubles) sont préférentiellement associés aux particules fines en comparaison aux composés plus hydrosolubles ; leur mobilité et leur biodisponibilité diminuent donc lorsque les particules fines augmente (Raoux & Garrigues, 1993).

I.3.4.5. Cas particulier des sédiments remis en suspension

La remise en suspension des sédiments, par des phénomènes naturels (marée. tempêtes, ou par des activités humaines (dragage) se traduit par un apport en particules sédimentaires et en eau interstitielle ce qui peut entraîner le relargage de contaminants (totaux et/ou dissous) dans la colonne d'eau et en détériorer la qualité.

La remise en suspension d'un sédiment provoque principalement l'oxygénation des sulfures, et le passage des métaux sous forme dissoute. Néanmoins (Van Den Berg *et al* 2001) ont montré lors d'une étude en milieu naturel, que le rejet de boues de dragages entraine une augmentation de la teneur totale en métaux dans la colonne d'eau, résultant de l'augmentation de la turbidité ; par contre, les teneurs en métaux sous la forme dissoute ne sont pas modifiées. Des observations similaires ont été faites par (Zhuang *et al.*, 1994) et (Slotten & Reuter 1995). Ces phénomènes résultent de l'action de deux processus simultanés : la faible vitesse d'oxygénation des sulfures métalliques et la formation de nouveaux sites d'adsorption comme les hydroxydes de fer (Saulnier & Mucci. 2000). Ainsi, la remobilisation maximale du Cd n'est observée qu'un mois après les rejets (Kerstern & Förstner, 1987), De la même façon. (Winh *et al.*, 1996) ont montré une contamination de l'eau en As après des rejets de boues de dragage. Cependant, ces études concernent uniquement la remise en suspension de sédiments anoxiques en ce qui concerne les sédiments oxiques, régulièrement remis en suspension lors

des marées (milieux côtiers et estuariens), la remobilisation des métaux est différente (Saulnier & Mucci, 2000)

La mobilisation des contaminants organiques (HAP en particulier) par la remise en suspension des sédiments est d' autant plus faible que leur caractère hydrophobe et leur affinité pour la matière organique est élevée (Landrum, 1988; Di Toro *et al.*, 1991). Le temps de contact entre le composé et le sédiment joue aussi un rôle important sur leur relargage. Les HAP résultant d'une contamination ancienne (temps de contact important avec les particules) sont plus fortement fixés, incrustés dans les particules et plus difficiles à désorber (Harkey *et al.*, 1995; Lamourcux & Bronawell, 1999, Leppänen & Kukkonen 2000).

I.3.5. Analyse granulométriques

La granulométrie mesure la taille de particules sédimentaires ou de grains. Les méthodes utilisées suivent des normes strictes. Ces méthodes sont le tamisage, les méthodes optiques, le tri par fluide ou les méthodes électriques.

- le tamisage à sec ($> 100 \mu\text{m}$)
- le tamisage sous eau ($> 30 \mu\text{m}$)
- la sédimentométrie (1 à $100 \mu\text{m}$)
- la centrifugation (0:1 à $20 \mu\text{m}$)
- la diffraction laser (0:02 à 2 mm)
- la microscopie optique ($> 50 \mu\text{m}$ à 2 mm)

La granulométrie consiste aussi en l'analyse de la distribution statistique des classes de tailles d'une collection de grains. Le diamètre d'une particule se mesure à l'aide du diamètre de Feret qui mesure une taille dans une direction a donnée. On définit l'exo-diamètre comme étant la position de D pour laquelle Df est maximal et le méso-diamètre avec Df minimal.

La forme du grain peut être dénie par un indice qui mesurerait la surface de l'aire projetée par le grain à la surface du cercle ayant un diamètre égal à l'exo-diamètre. Le diamètre équivalent correspond au diamètre de la sphère qui se comporterait de manière identique lors d'une analyse granulométrique. La granulométrie par diffraction laser ou la granulométrie par colonne de tamis par exemple peut définir la particule d'origine bioclastique 1.

Tab. 2 : Définitions granulométriques selon Bellair et Pomerol (1977)

Classe	Rudites	Blocs (anguleux) Galets (arrondies)	20 mm
		Graviers	2 mm
	Arénites	Sables Sablons	0.063 ou 0.050 mm
		Lutites	Silts
Argiles	<0.002		

Tab. 3 : Définitions granulométriques selon Bonnot-Courtois et Fournier

	Taille	Dénomination
2 mm	> 20 mm	Galets
	5 à 20 mm	Graviers
	2 à 5 mm	Granules
200 µm	1 à 2 mm	Sable grossier
	0.5 à 1 mm	Sable moyen
	200 à 500 µm	Sable fin
63 µm	100 à 200 µm	Sablon grossier
	63 à 100 µm	Sablon fin
	40 à 63 µm	Silt
	2 à 40 µm	Vase
	< 2 µm	Argiles

Tab.4 : Définitions granulométriques selon Migniot

Rudites	Blocs Galets Graviers	> 200 mm 20 à 200 mm > 2 à 20 mm
Arénites	Sable très grossier	1 à 2 mm
	Sable grossier	0.5 à 1 mm
	Sable moyen	0.25 à 0.5 mm
	Sable fin	125 à 250 µm
	Sable très fin	63 à 125 µm
Lutites ou Pélites	Silt Précolloïdes Colloïdes	4 à 63 µm 0.12 à 4 µm < 0.12 µm

Tab. 5 : Définitions granulométriques pour les graviers, galets et blocs (modifié de Blair et McPherson, 1999).

Classe	Taille (mm)
Sable	< 2
Gravier très fin	2_4
Gravier fin	4_8
Gravier moyen	8_16
Gravier grossier	16_32
Gravier très grossier	32_64
Petit galet	64_90
Galet moyen	90_128
Gros galet	128_180
Très gros galet	180_256
Petit bloc	256_512
Bloc moyen	512_1024
Gros bloc	1024_2048
Très gros bloc	2048_4096
Mégabloc	> 4096

Tab. 6 : Classes de tailles selon Udden (1914), Wentworth (1922), Friedman et Sanders (1978) et Blott et Pye (2001)

Taille de grain		Terminologie			
Ø	mm=µm	Udden (1914) Wentworth(1922)	Friedman & Sanders (1978)	Blott & Pye (2001)	
-11	2048 mm		Very large boulders		
-10	1024	Cobbles	Large boulders	Very large Large Medium Small Very small	Boulders
-9	512		Medium boulders		
-8	256		Small boulders		
-7	128		Large cobbles		
-6	64		Small cobbles		
-5	32	Pebbles	Very coarse pebbles	Very coarse	
-4	16		Coarse pebbles	Coarse	
-3	8	Granules	Medium pebbles	Medium	Gravel
-2	4		Fine pebbles	Fine	
-1	2		Very fine pebbles	Very fine	
0	1	Very coarse sand	Very coarse sand	Very coarse	
1	500 µm	Coarse sand	Coarse sand	Coarse	
2	250	Medium sand Fine sand	Medium sand Fine sand	Medium Fine	Sand
3	125	Very fine sand	Very fine sand	Very fine	
4	63				
5	31		Very coarse silt	Very coarse	
6	16	Silt	Coarse silt	Coarse	
7	8		Medium Silt	Medium	Silt
8	4		Fine silt	Fine	
9	2	Clay	Very fine silt	Very fine	
			Clay	Clay	Clay

Tab.7 : Caractérisation sédimentaire d'après Larsonneur (1977)

Type de dépôt	Caractérisation
Cailloutis	> 50 % de galets
Graviers	> 50 % galets et de graviers
Sables	> 50 % de fraction < 2 mm; < 5 % de lutites
sables graveleux	> 15 % de graviers
sables grossiers	fraction 0.5_2 mm dominante
sables fins	fraction 0.2_0.5 mm dominante
sables vaseux	fraction 0.05_0.2 mm dominant
sablons	de 5 % à 25 % de lutites
vases	plus de 75 % de lutites
	de 25 % à 75 % de lutites

I.4. Caractéristiques de la zone d'étude

Dans cette partie, sont présentées les caractéristiques de la Méditerranée et du littoral occidental algérien dont les sites étudiés englobent trois wilayas s'étendent d'Est en Ouest plus précisément de Salamandre (Mostaganem) à Bouzedjar (Ain Témouchent).

I.4.1. Présentation de la Mer Méditerranéenne

La Mer méditerranée est un bassin semi-fermé relié à l'océan atlantique par le seuil étroit du détroit de Gibraltar large de 14km et profond de 300m. Elle couvre une superficie d'environ 2,5 millions de km² en s'étendant d'est en Ouest sur approximativement 3800 km et la distance nord-sud maximale entre la France et l'Algérie est d'environ 900 km (**Tableau.08**).

Elle est reliée à la mer Noire par le détroit des Dardanelles dont la largeur maximal en l'est que de 7km avec une profondeur moyenne de 55m. Le lien avec la mer Rouge se fait par le canal de Suez. La Méditerranée est divisée en deux bassins principaux, occidentaux et orientaux, séparés par le canal de Sicile d'environ 150km de large avec une profondeur maximale de 400m. La mer Adriatique peut être également considérée comme une zone séparée située au Nord du détroit d'Otrante (Fredj et Menardi ,2001).

Tab. 8 : Les caractéristiques générales de la Méditerranée (Ifremer, 2007).

Superficie	3 millions de km ² (mer Noire comprise)
Volume	3,7 millions km ³
Profondeur	-Moyenne 1370m -Maximum 5121m (fosse de Matapan en Grèce)
Marée	0.40 m en moyenne
Température	La température de l'eau en surface variable suivant la saison (entre 21 et 30° l'été et entre 10 et 15° l'hiver) -elle augmente d'Ouest en Est -à partir de 100 à 200 m la température devient constante (plus ou moins 13°)
Salinité	-en moyenne 38‰ -elle augmente d'Est en Ouest (de 37‰ à 39‰)

I.4.2. Description et caractéristique de la méditerranée

I.4.2.1. Position géographique

La mer Méditerranée occidentale s'étend sur environ 2000 Km d'Est en Ouest entre le détroit de Gibraltar à 5° W et le détroit de Sicile situé au-delà de 10°E du Sud au Nord (Figure.15),

elle est comprise entre 35 et 45°N, soit une largeur maximale de 900 Km entre la France et l'Algérie. Ce bassin est couramment subdivisé en 5 sous bassins : à l'ouest la mer d'Alboran puis bassin algérien avec plus au nord la mer des Baléares et le bassin nord, composé lui-même de la mer Ligure, du golfe du Lion et de la mer catalane. Enfin, à l'Est de la Corse et de Sardaigne, se trouve la mer Tyrrhénienne (Obaton, 1998) et elle comporte 3 secteurs :

- Le secteur septentrional au Nord d'une ligne joignant le delta de l'Èbre à Piombino en Italie. Ce secteur comprend la mer Catalane, le Golfe du Lion, les côtes de Provence et la mer Ligure;
- Le secteur central comprenant, d'une part, la côte espagnole de Motril au delta de l'Èbre, les îles Baléares, la Corse, la Sardaigne à Sicile et la côte italienne de Piombino au golfe de Tarente;
- Le secteur méridional qui comporte les côtes Nord-africaines de la frontière algéro-marocaine au cap Bon.

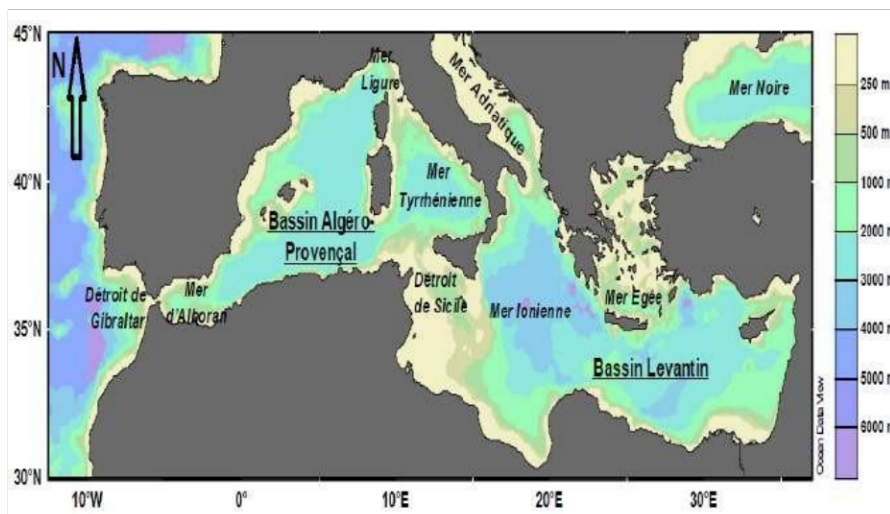


Fig. 15 : Méditerranée, localisation des principaux bassins, détroits et mers marginales (PAM/PNUE-CAR/PB, 2009).

I.4.2.2. L'hydrodynamisme

La circulation générale de la Mer méditerranée est soumise sous l'influence de plusieurs courants, jets et méandres (Figure.15) ; Ainsi que des tourbillons qui sont des courants circulaires fermés ou quasi fermés à de différents diamètres (Lascartos, 1998).

Les masses d'eau du bassin occidental sont bien spécifiques, 83% d'eau d'origine Atlantique passe par le Déroit de Gibraltar et 27% provient des apports des grands fleuves.

Les travaux de Millot (1985-1987) ont signalé l'existence de trois masses d'eau qui se superposent :

I.4.2.2.1. Masses d'Eau de Surface

C'est une couche superficielle d'une épaisseur de 50 à 200m, dont l'origine est l'eau atlantique pénétrant par le détroit de Gibraltar quittant les côtes espagnoles pour rejoindre les côtes algérienne, où il prend le nom de « courant algérien » (Millot, 1985) et dont les propriétés physique évoluent au fur et à mesure de son parcours cyclonique dans le bassin. De 36,18 P.S.U à Gibraltar, la salinité est croissante pour atteindre 38.04 PSU à Gibraltar, la salinité est croissante pour atteindre 38,04 p.s.u au large de Nice. La quantité de ce flux est estimé à environ 1 S.V (Sverdrup = 1 million de m³/seconde) (Lascartos, 1998).

Ce courant coule le long des côtes, mais des 1-2 E°, son caractères instable se manifeste en forment un puissant Gyre anticyclonique : des anticyclones jusqu'aux côtes françaises et espagnoles ou il prend la dénomination du courant liguro provençal (Lascartos, 1998).

Ces masses d'eau provoquent des résurgences d'eau côtières ou upwelling (Figure.16a), ils quittent la côte vers le bassin algérien qui devient alors réservoir d'eau atlantique et reviennent parfois vers la côte pour interagir avec le courant (Taupier- Letage et Millot, 1988).

I.4.2.2.2. Masses d'Eau Levantines Intermédiaire- L.I.W

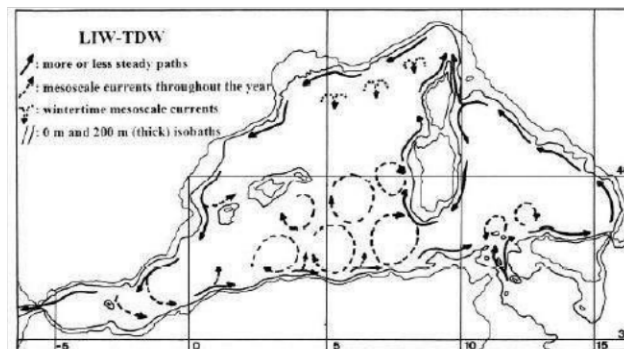
C'est une couche intermédiaire relativement chaude, 14.22C° à son origine et de salinité très élevée 38.74 p.s.u ou détroit de Sicile, elle s'écoule par ce dernier et remonte le long des côtes de Sardaigne, ainsi cette eau se refroidit et s'adoucit au fur et à mesure de son parcours vers le nord 38,55 PSU et 13,4C°, elle occupe normalement la strate de 200m à 500m de profondeurs. Cette couche se trouve riche en sels nutritifs (Figure.16b).

D'après Millot (1987), les poches de L.I.W rencontrée dans le bassin algérien ont sans doute été entraînées la depuis les côtes de Sardaigne par les tourbillons de moyenne échelle. Il n'existe pas de circulation propre d'est en ouest de l'eau intermédiaire dans le bassin algérien (Taupier- Letage et Millot, 1988).

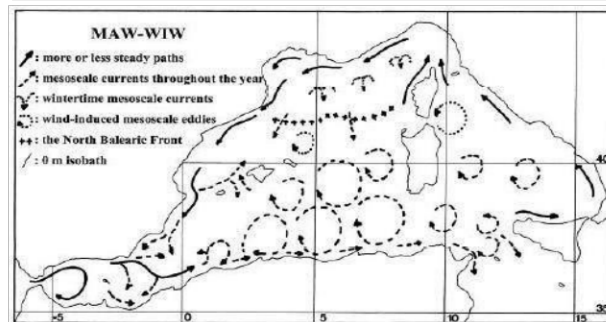
I.4.2.2.3. Masses d'Eau Profonde

Elle se forme en hiver, dans le nord du bassin occidental (Golfe de lion et bassin liguro provençal) ; elle résulte des plongées d'eau superficielle et intermédiaires refroidies sous l'action des phénomènes atmosphériques (vent mistraux et tramontanes) qui sévissent pendant la saison d'hiver (Figure.16c). C'est pendant cette dernière saison, quel 'augmentation de sa densité lui permet de plonger et d'occuper ainsi le fond (Millot, 1987). Les eaux présentent une homogénéisation extrême dans tous le bassin méditerranéen riches en sels nutritifs, assez

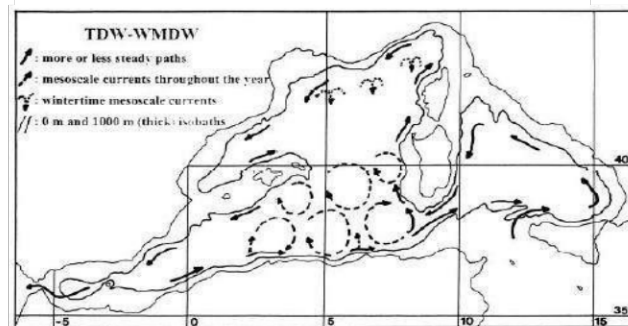
salées 38,40‰, de température 12,7 °C et de densité 29,11 (Taupier-Letage et Millot, 1988). Selon ces derniers auteurs, cette couche occupe la totalité du volume restant : au-delà de 500m dans le bassin occidental et de 700m dans le bassin oriental.



16. a : Circulation d'eau d'origine atlantique



16. b : Circulation d'eau levantine



16. c : Circulation d'eau profonde

Fig. 16 (a, b, c) : Structure hydrodynamique de la Méditerranée (Millot, 1999)

I.4.3. Salinité

La Méditerranée est une mer à bilan négatif due à la baisse de son niveau de 1 m par an, sa salinité est de 36,2‰ (Benzohra, 1993). Les données de Millot (1985) ont montré d'importantes variations de la salinité entre les différentes masses d'eau qui superpose. Mais, selon Berenger (1955), elle augmente du détroit de Gibraltar au bassin oriental.

À 20 m, le taux de salinité de cette eau diminue nettement et atteint une valeur de 36,42‰

Les eaux de surface des côtes algériennes se caractérisent par une salinité avoisinant les (37‰) ; à 20 m cette salinité diminue et atteint son seuil plus bas au niveau des côtes oranaises (36,42‰), la salinité décroît entre 50 et 100m car le courant algérien s'éloigne des côtes (36,38‰). Et à 200m la salinité se caractérise par une légère baisse. Entre 300 et 500m la salinité est sous l'influence de l'eau levantine intermédiaire qui donne un taux de sel compris entre 38,3 et 38,6‰ (Boutiba, 1992).

I.4.4. Température

La température de l'eau de surface est liée étroitement à la température atmosphérique, et varie en fonction des raisons que qu'elle résulte des antagonistes, les uns d'échauffement, d'autres de refroidissement. Les eaux de la Méditerranée sont relativement chaudes, selon (Berenger, 1955) au-dessus des 400 m, la température ne décroît plus et reste inchangée 12,5 C°, A partir de ce constat, la Méditerranée se retrouve être un véritable réservoir de chaleur (Pagney, 1994).

I.4.5. Mouvement des eaux marines

Le courant à l'origine entre par le détroit de Gibraltar et longe le bassin occidental formant un circuit complet : des côtes algériennes, il continue le long de la côte nord de Sicile pour remonter vers le Nord-Ouest en suivant les côtes italiennes, se dirige ensuite vers l'ouest dans le golfe de Gênes pour finir vers le Sud-Ouest sur les côtes espagnoles.

A ce mouvement d'eau d'importants impacts sur la distribution de nombreux organismes marins que sa grande richesse en sels nutritifs.

I.4.6. Les Houles

En Méditerranée, les houles existent au large et au niveau des côtes agissent parfois jusqu'à 200 m de profondeur. Leurs mouvements sont de petite amplitude ; cependant, parfois très violente dans certains cas extrêmes. Elles peuvent atteindre 9 mètres (1934 dans le port d'Alger), ou encore 14 mètres et dévaster le littoral (1931, sur la côte de Bizerte, Tunisie).

Leclaire (1972) a étudié les effets des houles le long du littoral algérien, et arriva à caractériser le régime saisonnier de ces houles avec deux directions principales :

- ✓ Une direction W.N.W (300°) dont 80% se produisent pendant l'été et durent en

moyenne de 8 à 10 secondes.

✓ Une direction N.N.E (20 – 40 °) dont la majorité se produit pendant l'hiver Leclaire (1972).

I.4.7. L'étagement de la bordure côtière

Les biologistes définissent plusieurs étages (ou plusieurs zones) successifs sur le littoral en raison des différentes conditions de vie qui déterminent la répartition des organismes vivants sur le littoral (Biolit, 2017) :

- L'étage **supra-littoral** est le premier étage marin, extrêmement humidifié par la brume, et même à marée haute cet étage n'est pas immergé. L'importance de cet étage dépend fortement de la force des vagues : plus elles sont nombreuses et puissantes, plus l'étage est détendu. On peut y retrouver les lichens, mais également des cyanobactéries qui vont être broutés par des petits mollusques marins appelés « littorine », des crustacés etc (Biolit, 2017).
- L'étage **médio-littoral** est submergé à chaque marée haute et découvert lors des marées basses (Biolit, 2017). Il est surplombé par l'étage supra-littoral et surmonte lui-même l'étage infra-littoral. Cet étage est soumis à la contrainte des vagues et des marées. Cet étage est peuplé par des organismes plus polyvalents qui supportent des périodes prolongées d'immersion et de sécheresse. On parle alors d'espèces résistantes, à forte capacité d'adaptation, mais aussi d'espèces compétitrices. De façon générale la limite de cet étage est sous influence de facteurs physico-chimique tandis que la limite inférieure est contrainte par des facteurs de compétition pour l'espace entre les espèces (Biolit, 2017). Cette zone est beaucoup plus réduite en Méditerranée que le long des côtes Atlantiques, de par la faible amplitude des marées. On y retrouve des espèces adaptées aux effets de l'impact des vagues : systèmes d'ancrage, capacité à vivre dans les fissures de la roche. Des adaptations à des périodes d'émersion sont aussi notables : capacité de certains organismes à vivre temporairement en anaérobiose par exemple. On distingue le médiolittoral supérieur (horizon des cirripèdes et des patelles) du médiolittoral inférieur (horizon des algues rouges calcifiées) (UVED, 2017).

L'étage médiolittoral comporte deux horizons :

- **Le médio-littoral supérieur** : les patelles « *Patella rustica* » ainsi que les gastéropodes

comme les troques « *Monodonta turbinata* » vivent en forte dominance. Ces derniers sont des herbivores d'environ 2 cm de diamètre qui usent de leur radula pour gratter la roche et y prélever des végétaux. On remarque aussi la présence des balanes telles que les « *Chthamalus depressus* », et comme végétation, on note la présence des algues vertes telles « *Ulva rigida* » et « *Enteromorpha compressa* ».

➤ **Le médio-littoral inférieur** : Exposée au battement des vagues, c'est une zone généralement très marquée par l'érosion. Cet étage se forme sur les roches (le visor), des algues rouges encrustantes tels que « *Lithophyllum lihenoides* » vivent au dessus de cette dernière. Il y a aussi, des moulières à corallines faites par d'autre algue rouge comme « *Corallina elongata* » ou « *Corallina mediterranea* » et de mollusque tels que « *Mytilus galloprovincialis* » qui nécessitent pour assurer leur développement d'un brassage d'eau de mer important et d'une grande quantité de matière organique à filtrer (Cote bleue, 2017).

• **L'infralittoral** : Cette zone est immergée en alternance. Elle peut atteindre les 50 mètre de profondeur d'une limite inférieure où la présence de la Posidonie. C'est une zone éclairée qui aide le développement des macro-algues et des invertébrés. La posidonie « *Posidonia oceanica* » est une phanérogame marine, (plante à fleur), qui fleurit en automne et donne des fruits nommés « olives de mer ». produisant de l'oxygène à raison d'une moyenne de 14 litres par jour et par m², c'est une véritable 'source de vie' (Cotebleue, 2017).

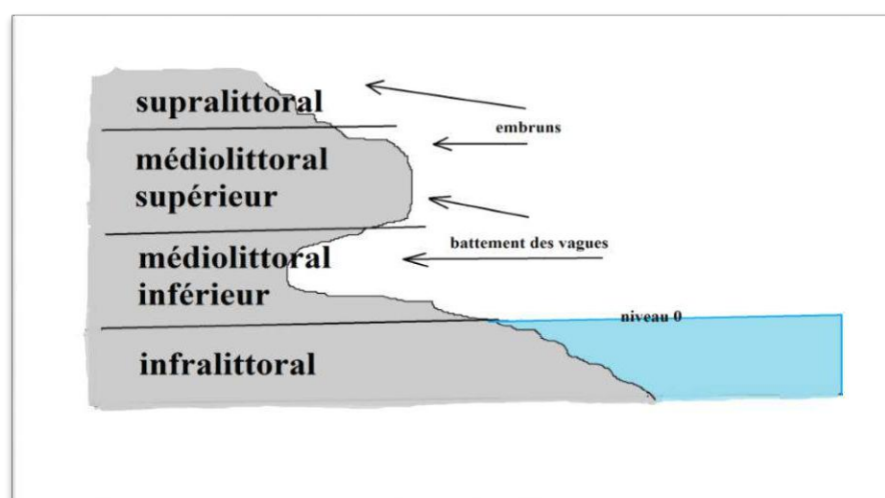


Fig. 17 : l'étagement de la bordure côtières (Cotebleue, 2017)

I.4.8. Biodiversité

En Algérie, on a très peu de connaissances concernant la biodiversité côtière, le littoral algérien représente un atout pour la mer méditerranéenne dont la conservation de la biodiversité marine et côtière (Boutiba (1998) ; Rahmani (2004) ; Saint Martin (2008).

I.4.8.1. Phytoplancton

L'inventaire du Phytoplancton des côtes algériennes révèle la présence de 215 espèces réparties entre les différents groupes phyto-planctoniques (Tableau.3) (Grimes *et al.*, 2004).

Tab. 9 : Richesse spécifique planctonique des eaux algériennes (Grimes *et al.*,2004).

Groupe	Famille	Genre	Espèce
Diatomés	13	27	72
Dinoflagellés	20	30	117
Silicoflagellés	1	3	5
Coccolithporidés	3	8	21
Total	37	68	215

I.4.8.2. Zooplancton

En Algérie, le Zooplancton est de type océanique en raison de l'étroitesse du plateau continental et de l'influence des courants d'origine atlantique, source de diversité méditerranéenne. La compilation des différents travaux sur le Zooplancton a permis de dénombrer 374 taxa planctoniques ainsi que 14 espèces indéterminées (Figure.18) (Chalabi *et al.*, 2002).

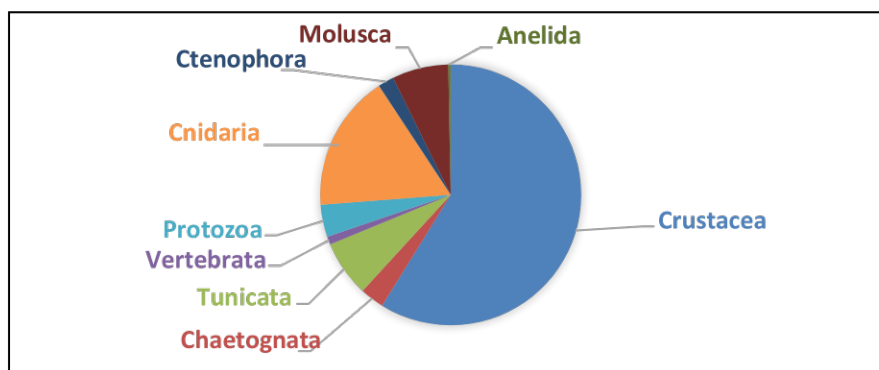


Fig.18 : Principaux groupes de Zooplancton en Algérie (Chalabi *et al.*, 2002).

I.4.8.3. Algues marines

En Méditerranée existe près de 1000 espèces de végétaux macrophyte, et dans le littoral algérien, les algues marines représente 495 taxa au total. (Figure.19) (Chalabi et *al*, 2002).

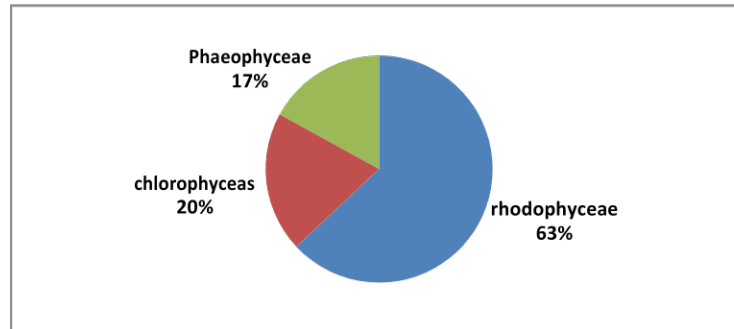


Fig. 19 : Principaux groupes d'algues de la zone néritique en Algérie (Chalabi et *al.*, 2002).

I.4.8.4. Macrofaune benthique des fonds meubles

Pour les fonds meubles compris entre 0 et 200m de profondeur de la côte algérienne, il a été dénombré 1700 espèces macro-benthiques. La répartition de ces espèces entre les différents groupes zoologiques est très inégale (Figure.20) (Grimes et *al.*, 2004).

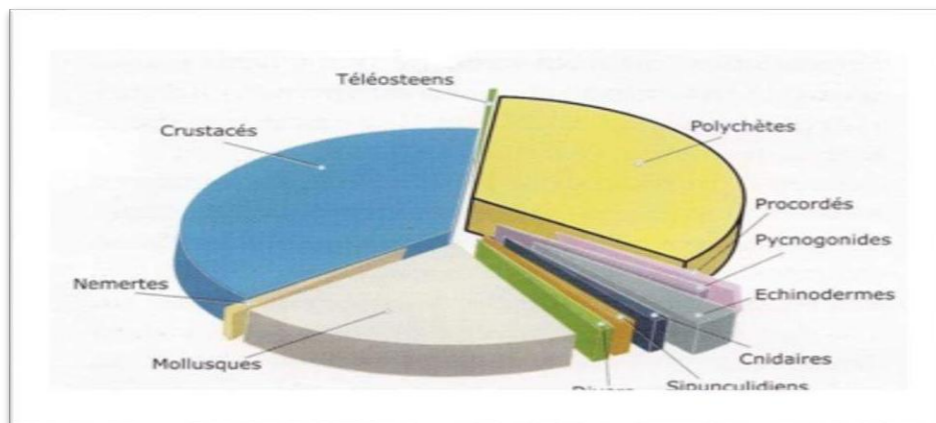


Fig. 20 : Diversité zoologique de la macrofaune benthique des fonds meubles des côtes algériennes (Grimes et *al.*, 2004).

I.5. Présentation du littoral algérien

La côte algérienne s'étend sur près de 1622 km (Figure.20) (Matet, 2000), de 2° Ouest jusqu'à 9° Est. La superficie maritime sous juridiction nationale offre environ 10 millions d'hectares aux activités de pêche (Lalami, 1979).

Le littoral est un espace qui revêt des caractéristiques physiques, environnementales, 2013 ; Knight et Goff, 2016 ; Kono et *al.*, 2016). Cet écosystème riche est aujourd'hui de plus en plus désiré, voire convoité et partagé (Mitsova et Esnard, 2012). Les zones littorales, particulièrement méditerranéennes, représentent à la fois un terrain essentiel d'activité humaine et économique (Malm, 2013), mais aussi un potentiel vital de ressources naturelles, renouvelables ou non (Butler et al., 2016).

Le littoral algérien est subdivisé en trois zones : l'Est qui va d'El Kala (wilayad'El Taref) à Bejaia, le Centre de Bejaia à Ténès (wilaya de Chlef) et l'Ouest de Ténès à Tlemcen (Boutiba, 1992). Ce littoral est caractérisé par un plateau continental réduit à l'exception de la région de Ghazouet (wilaya de Tlemce) à l'extrême Ouest et la région d'El Kala (wilaya d'El Taref) à l'extrême Est (Zeghdoudi, 2006).

Le littoral est caractérisé par les côtes rocheuses, des côtes sableuses et quelques lagunes. Il est également caractérisé par la rareté des îles tout en étant riche en zones humides (Grimes, 2004).



Fig. 21 : Le littoral algérien (Image Google Earth, 2017).

Le réseau hydrographique qui se situe au bord de la mer compte environ 31 oueds, dont les plus importants sont les oueds : Chélif, Soummam, El Harrach, Tafna, El Melah, El Kébir, El Hamiz et Safsaf. Ces réseaux et ces oueds déversent dans la mer et remportent tous les déchets à l'origine terrigènes et les polluants (agricoles, industrielles, urbaines) (Akli, 2007).

I.6. Caractéristiques géographiques de la zone d'étude

La zone concernée par l'étude se situe sur une frange côtière du littoral occidental (région Ouest algérienne) (Figure.22) nous avons choisis trois wilayas parmi les cinq wilayas maritimes : Mostaganem, Oran, Ain Témouchent. Ce littoral est baigné par des eaux d'origine atlantique. La circulation apparaît très turbulente le long de cette côte. Ces turbulences permettent un développement relativement important de toute la chaîne alimentaire mais favoriseraient également la dispersion d'éventuelles sources de pollution (Maillot, 1989). En raison du développement des différentes activités portuaire, industrielles, urbaines et agricoles, les zones côtières d'Oran et de Mostaganem se trouvent exposées à de multiples pollutions et perturbations environnementales (Kacemi, 2006).

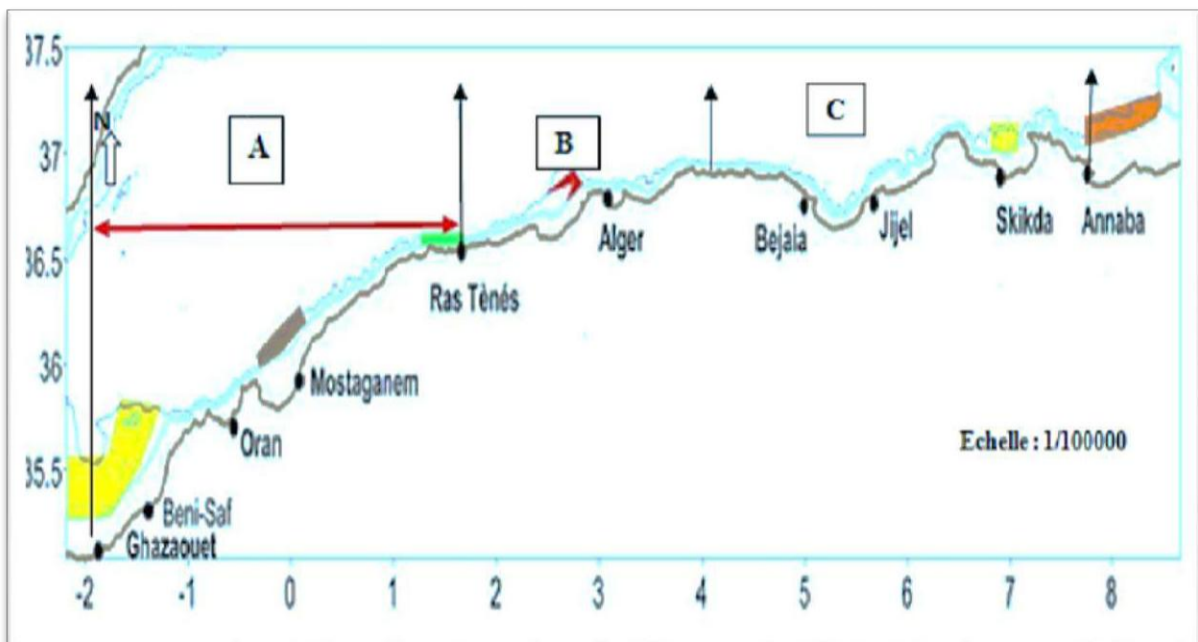


Fig.22 : Carte du bassin algérien (Hemida, 2005).

Légende : A : Région Ouest ; B : Région centre ; C : région Est.

I.6.1. Littoral mostaganemois

Mostaganem est une wilaya côtière située au Nord-Ouest du territoire national, à environ 360 Km à l'Ouest d'Alger et à 80 Km à l'Est d'Oran. Elle couvre une superficie de 2.269 Km² et est limitée : à l'Est par les wilayas de Chlef et Relizane ; au Sud par les Wilayas de Mascara et Relizane ; à l'Ouest par les Wilayas d'Oran et Mascara ; au Nord par la Mer Méditerranée ; Son littoral s'étend sur une longueur de 124 Km et traverse huit (08) communes. Par l'étendue de son littoral et la diversité de ses ressources biologiques marines et continentales (Figure.23.'A, B'), la wilaya possède un véritable potentiel de production varié pouvant faire du secteur de la pêche un maillant primordial de développement économique et social (DPRH, 2017). Elle se caractérise par un climat semi-aride en été et tempéré en hiver, marquée en plus de son littoral envoutant, par un paysage où se succèdent les reliefs montagneux, les cours d'eau, les plaines et les forêts. Son littoral jalonné de plages et de criques. Mostaganem détient plus de 33% de la côte Ouest (DTA, 2017). De plus, de nombreux cours d'eau ont été déviés de leur cours (Macta, Arzew, Kristel) et ne se jettent donc plus dans la mer près de Mostaganem, ce qui s'est traduit par une augmentation de la salinité des eaux côtières dans ce secteur (Delaby *et al.*, 2009).

Son climat local est saisonnier à étage bioclimatique, semi-aride à hivers doux allant du subhumide sur les hauteurs de plus de 500 m. La pluviométrie est irrégulière et varie entre 250 et 700mm/an. La région « Est » est plus arrosée par rapport à la région « ouest » (500 à 700 mm/an sur les piémonts nord du Dahra).

La température moyenne est de 18°C à l'intérieur. Le Siroco dans les diverses zones entre 10 et 25 jours pendant les mois de juillet et août (Belkhamssa, 2014).



Fig. 23.A : Plage de Salamandre
(©Belkhamssa, 2019)



Fig. 23.B : Plage de Stidia
(©Belkhamssa, 2019)

I.6.2. Le littoral Oranais

Le littoral oranais est constitué d'une alternance de falaise et de plages : 70% de falaises abruptes entrecoupées de promontoires rocheux avec des saillies et des caps, et 30% de plages sablonneuses bordées de cordons dunaires. Il est impacté par plusieurs sources de pollution (présence de rejets industriels et domestiques le long des côtes), activités portuaires (port d'Oran et port d'Arzew). Quant au littoral meuble, il a largement reculé en raison des aménagements effectués (Mactaa, Kristel, Ain El türk) qui ont affaibli, voire brisé, l'apport en alluvions des différents cours d'eaux, en particulier au niveau de la région de la Macta. Par ailleurs, l'augmentation des besoins en sable et en gravier pour les projets d'aménagement, l'industrie et les différentes constructions entraînent une surexploitation des sédiments dans le lit des cours d'eau et sur la côte. De même, des travaux tels que l'ouverture de routes ou la construction d'habitations ont aggravé les glissements de terrain (Canastel, Kristel). Signalons enfin l'intensité des travaux de construction sur des espaces pourtant non constructibles (Oran, Cap Falcon...), engendrant des risques pour les hommes et une déstabilisation et dégradation des reliefs et de l'écosystème (Delaby et *al.*, 2009) (Figure.24.'A,B'C').

La sédimentation marine est très modeste dans le Golfe d'Oran, cela se traduit au niveau des fonds du Golfe par une couverture sédimentaire tout à fait particulière. Les études bio-sédimentaires sur la Baie d'Oran ont permis d'identifier six faciès sédimentaires (Grimes et al, 2004) :

- Les graviers sableux,
- Les sables graveleux envasés,
- Les sables graveleux,
- Les sables graviers légèrement envasés,
- Les sables envasés graveleux,
- Les vases pures réduites.

Son climat est Typiquement méditerranéen se caractérise par des hivers doux et humides, des printemps et automnes souvent humides et des étés secs. C'est un climat de transition entre un climat tempéré au nord et un climat subtropical ou désertique au sud (Kadir, 1987).

Concernant les pluies en Algérie sont, en général des pluies longues de faible intensité, irrégulières dans le temps et dans l'espace et de type frontal. La pluviométrie moyenne annuelle sur l'ensemble du littoral algérien s'élève à 6776 mm. A Oran elle varie entre 350 et

400 mm et peut ne pas dépasser 200 à 250 mm en certaines années sèches, ou plus du 60% du total annuel est enregistré pendant la seule saison hivernale (Belhouari, 2008). La pluviométrie de cette région reste une des faibles de l'Algérie du Nord. Ce phénomène étant dû à l'assèchement des masses d'air suite à la traversée des montagnes espagnoles (Benkabouche, 2007).

Les vents de la baie d'Oran soufflent d'Ouest, Sud-Ouest, au mois de décembre ; les vents Ouest et Sud au mois de janvier, novembre, mars, avril et mai. Pour les trois derniers mois, on enregistre des vents Nord-Est (Ghodbani, 2001). Il existe par ailleurs des vents chauds (Sirocco) provenant du Sud et Sud-Ouest, ce sont des vents chauds et secs de 9 à 16 jours par an.



Fig. 24. A : Plage Madagh
(©Belkhamssa, 2019)



Fig. 24. B : site d' Ile Plane
(©Belkhamssa, 2019)



Fig. 24. C: Plage d'Arzew (©Belkhamssa, 2019)

I.6.3. Littoral D'Ain Témouchent (Béni Saf)

Ain Temouchent étant doté d'une surface de 2377 m² avec une population de 405116 habitants et de 170 hab/ M², cette ville dispose d'une façade maritime de 80km qui représente 7% du littoral national. La wilaya dispose d'une superficie agricole utile de 180,184 Ha, et est

considérée comme le premier pôle viticole à l'échelle nationale (Benmesmoudi A & Bendimerad I ; 2017).

Béni Saf est située sur la sur la côte Nord-Ouest de l'Algérie : latitude 35° 16' Nord – longitude 1° 28' Ouest. Elle est distance de 33 Km du chef-lieu de la Wilaya d'Ain Témouchent dont elle dépend. La daïra de Béni-Saf s'étend sur une superficie de 17414 Ha (Figure.25). L'espace littoral est jalonné par des plages qui drainent un flux considérable d'estivants. Le port de Béni-Saf est l'un des premiers ports de pêche avec une production moyenne de 5000 tonnes/an. La zone industrielle de Béni Saf se limite à une seule unité fonctionnelle : la cimenterie dont les influences des rejets atmosphériques de la région sont néfastes sur l'environnement.



Fig.25 : Plage Oued Draa (Ain Temouchent) (©Belkhamssa, 2019)

CHAPITRE II
MATÉRIEL ET MÉTHODES

II. Matériels & Méthodes

II.1. Prospection de la zone d'étude

Afin d'établir un diagnostic écologique sur l'espèce *Pinna nobilis* de zone étudiée, une prospection de plusieurs sites a été réalisée le long de la côte Ouest algérienne englobant trois wilaya maritime ; Ain Témouchent, Oran, Mostaganem. Les sites ont été choisis selon la disponibilité de *Pinna nobilis* et la facilité d'accès à la Mer afin d'obtenir le maximum d'informations sur la zone d'exploration et pour identifier, mesurer et recenser l'espèce ciblée.

Ainsi, dix-huit stations ont été prospectées, Salamandre et Stidia sur la côte mostaganémoise, station du Phare et centre d'Arzew dans le Golf d'Arzew, Mon rêve et Ain Franin ; Kristel, Cap Falcon, Marthon, Île Plane (Bousfer), Bomo-Plage, La Madrague, Cap Blanc, Deux Rochets, Madagh Zéro, Îles Habibas comptant pour la côte d'Oran ; Bouzedjar et Oued Draa au niveau de la côte d'Ain Témouchent (Figure. 26).

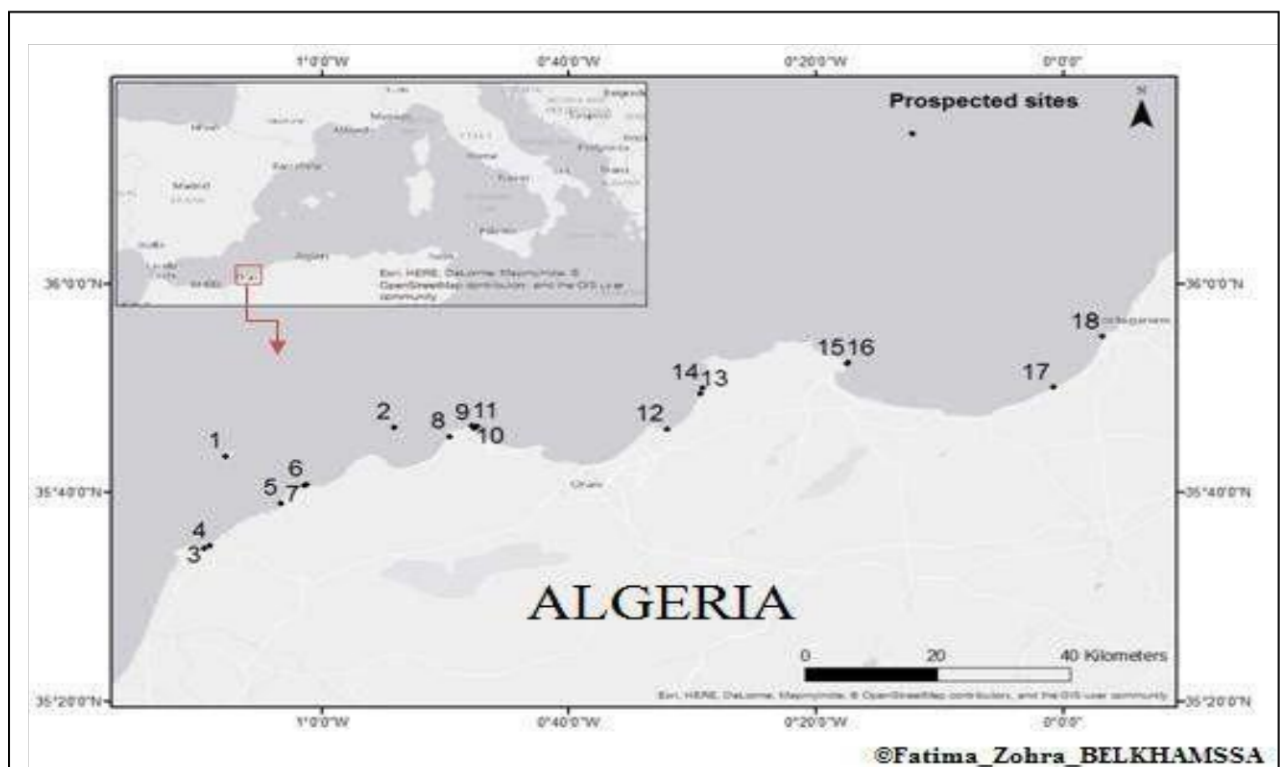


Fig. 26 : Situation géographique des stations étudiées. Stations d'échantillonnage de la zone d'étude (1. Îles Habibas, 2. Île Plane, 3. Bouzedjar, 4. Oued Draa, 5. Madagh Zéro, 6. Deux rochets, 7. Cap Blanc, 8. Marathon, 9. Bomo-Plage, 10. La Madrague, 11. Cap Falcon, 12. Kristel, 13. Ain franin, 14. Mon reve, 15. Arzew, 16. Phare, 17. Stidia, 18. Salamandre). (BELKHAMSSA: MapMyIndia 2019).

II.2. Choix de la zone d'étude

Le choix des sites s'est concrétisé selon la possibilité d'y accéder (certains sites sont facilement accessibles d'autres le sont beaucoup moins). Le suivi s'est effectué entre septembre 2015 et août 2019. Les stations citées précédemment, représentent des sites d'études à différents degrés et types de perturbation environnementale. Pour un suivi représentatif, les sites d'études, à savoir Salamandre et Stidia à Mostaganem, la côte comprise entre Arzew et Madagh Zéro à Oran, et de Oued Draa à Bouzedjar au littoral d'Ain Témouchent, sont distants d'au moins de 10 km pour chaque zone.

Le choix de travailler sur la côte Ouest algérienne s'est avéré laborieux, d'une part par l'accès difficile aux sites et d'autre part la rareté de la matière biologique étudiée. La distance entre les différents sites et points de repérage ayant permis par contre une étude plus judicieuse caractérisée par une première étude faite concernant l'espèce dans la côte algérienne. Seulement huit (08) stations d'étude ont été retenues dans le cadre de ce travail s'étalant sur le littoral Ouest algérien, depuis la cote d'Ain Témouchent jusqu'à la côte mostaganémoise sont : site des Îles Habibas représentant le site témoin « Aire Marine Protégée », site d'Arzew, site de Madagh Zéro, site de La Madrague, Site de Deux Rochets, Site de Bomo-Plage, Site de Kristel, Site de Cap Blanc (Figure. 27a -27h).



Fig. 27a : Îles Habibas.



Fig. 27b : Madagh Zéro.



Fig. 27c : Cap Blanc.



Fig. 27d : Arzew.



Fig. 27e : Deux Rochers.



Fig. 27f : Kristel.



Fig. 27g : La Madrague.



Fig. 27h : Bomo-Plage.

Fig. 27a-h : Les sites prospectés et retenus pour l'échantillonnage (BELKHAMSSA©2019).

Sûr le long de la côte Ouest algérienne huit (08) sites ont été explorées où repérer *Pinna nobilis*, (Tab. 4), en plongée libre et en scaphandre autonome (jusqu'à 25 m de profondeur, zone photique) pendant différent période (hivernale et estivale). Chaque site a fait l'objet d'un transect partant du point 'A' (point de repérage de l'espèce) vers le large (Figure. 28). L'identification et le repérage de l'espèce à été réalisée *in situ* de Visio ou après échantillonnage des individus morts et du sédiment au laboratoire et a partir des séquences vidéo prise par des cameras sous marine.

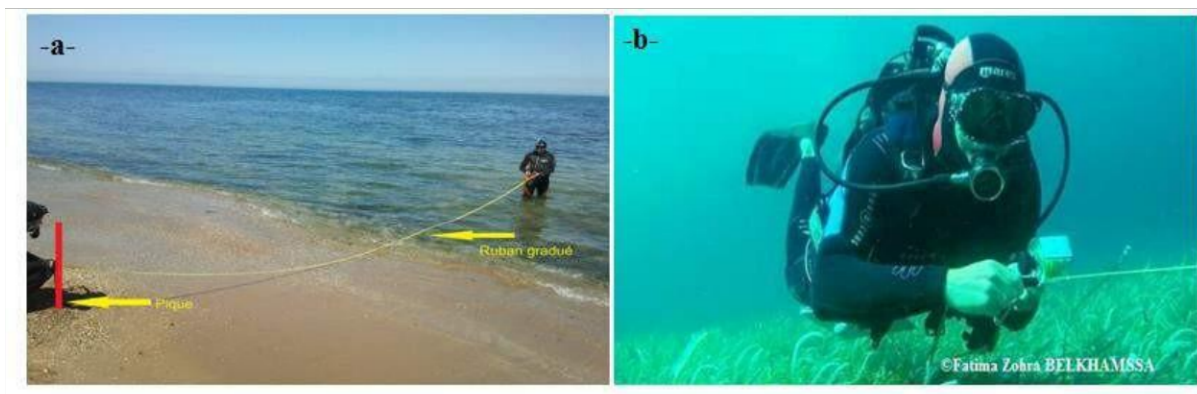


Fig. 28a et b : Réalisation du transect (BELKHAMSSA©2019).

II.2.1. Description géographique des sites prospectés et retenus pour le diagnostic écologique

- Le golf d'Arzew (35° 56' 00 N et 0° 25' 09 W ; 36° 56' 00 N et 0° 6' 00 W) est situ entre le Cap Carbon à l'ouest et la pointe de salamandre à l'Est. Le plateau continental de cette zone présente une très forte pente (Leclaire, 1972) au pied des djebels Ourousse et Sicioum (à proximité de Cap Ferrat et de Cap Carbon) (Chachoua et al ; 2007). Par contre, dans les autres secteurs, nous notons la présence d'une pente douce jusqu'à l'embouchure de l'Oued Cheliff, en particulier entre l'isobathe -50 et -100 m, les fonds descendent en pente très douce (Caulet, 1972, Bouras, 2007).

- La zone qui couvre Kristel, Madrague, Cap Blanc, Deux rochets en passant par le port d'Oran et Ain Turck : le golf d'Oran occupe la partie Centrale du littoral et s'ouvre d'Ouest en Est ; il est bordée sur 30 km de terres élevées et dessine une demi circonférence à peu près régulière depuis Cap Falcon jusqu'au Cap de l'Aiguille. Il est compris entre la baie des andalouses et le golfe d'Arzew.

- La zone d'Ouest, allant de la baie des Andalouse et atteignant Madagh Zéro, Madagh 1 et Madagh 2, ainsi l'ensemble insulaire de l'Île Plane, les Îles Habibas, ile Ronda et les iles Fourmies.

Tab. 10 : Sites prospectés

a. Sites prospectés non retenus pour le diagnostic écologique

Site	Coordonnées géographiques
1. Salamandre (Mostaganem)	35°54'55.51"N/ 00°03'24.08 "E
2. Stidia(Mostaganem)	35°50'4.48"N/ 0° 0'50.79"O
3. Phare (Oran)	35°52' 24.24"N/ 0°17'23.82"O
4. Mon reve (Oran)	35°50'0.89"N/ 0°29'12.80"O
5. Ain Franin (Oran)	35°46'29.78"N/ 0°31'27.14"O
6. Cap Falcon (Oran)	35°46'23.87"N/ 0°48'23.47"O
7. Marthon (Oran)	35°46'21.21"N/ 0°47'40.13"O
8. Île Plane (Oran)	35°46'17.61"N/ 0°54'3.49"O
9. Bouzedjar (Ain Temouchent)	35°34'53.31"N/ 1° 9'6.94"O
10. Oued Draa (Ain Temouchent)	35°34' 36.98"N/ 1° 9'29.58"O

b. Sites prospectés et retenus pour le diagnostic écologique

Site	Coordonnées géographiques
1. Arzew (Oran)	35°52'22.90"N/ 0°17'26.56"O
2. Kristel (Oran)	35°49'26.70"N/ 0°29'56.72"O
3. Bomo-Plage (Oran)	35°45'22.04"N/ 0°49'50.66"O
4. La Madrague (Oran)	35°46'10.92"N/ 0°47'32.17"O
5. Cap Blanc (Oran)	35°43'27''47"N/ 1° 0'33.76"O
6. Deux Rochets (Oran)	35°40'44,87"N/ 1° 1'14.43"O
7. Madagh Zéro (Oran)	35°38'56,94"N/ 1° 3'35.72"O
8. Îles Habibas (Oran)	35°43'26.39''N/ 1° 7'44.48"O

II.3. Méthodologie

II.3.1. Collecte d'informations

Le matériel biologique, sur lequel cette étude a été menée provient des opérations d'échantillonnage non destructif (*ne présente aucun intérêt scientifique*). De plus ne disposant d'aucune information sur la répartition et sur le biotope abritant l'espèce ciblée, il était primordial dans un premier temps d'effectuer une prospection de la zone d'étude (Côte Ouest Algérienne). Afin de faciliter par la suite la délimitation des zones d'échantillonnage, un affichage en langue arabe comportant une photographie de *Pinna nobilis* et un numéro de téléphone pour me contacter (Figure. 29), adressé aux plongeurs, aux chasseurs sous-marins et aux pêcheurs a été entrepris dans les ports et les pêcheries.



Fig. 29 : Affiche de repérage (Belkhamssa©2019).

II.3.2. Technique d'inventaire

D'après Rousseau, 1985, il existe quatre types d'inventaire en utilisant la plongée sous-marine avec scaphandre autonome : a) la plongée en suivant la lisière de la posidonie, b) la plongée sur transect, c) la plongée sur carroyage et d) la plongée sur cercles concentriques (Figure. 30). Rousseau a défini les techniques d'inventaires comme suite :

II.3.2.1. Plongée en suivant la lisière de la posidonie (a)

Pour l'exploration des sites étudiés on utilise cette technique, afin de connaître la nature du substrat et de localiser les points de repérage. Cette technique demande une équipe de deux à trois plongeurs afin d'effectuer plus de 20 plongées (des allers et des retours tout le long de la lisière de l'herbier à Posidonie). On la déploie entre les deux eaux afin de localiser les individus trouvés. Cette technique est la plus utilisée par les chercheurs, elle est choisie selon la densité du peuplement et la nature du terrain (Rousseau, 1985).

II.3.2.2. Plongée sur transect (b)

On utilise cette technique pour explorer le fond : densité de la Posidonie, dénombrement d'espèce faune et flore, nature de substrat, ...etc. Dans des conditions météorologiques adéquates (visibilité, houle, température, courant,...), plusieurs plongeurs se mobilisent, afin de localiser et recenser les individus de *Pinna nobilis* (Rousseau, 1985).

II.3.2.3. Plongée sur carroyage (c)

Dans une superficie de 100 m², le plongeur délimite cette zone avec une corde (10 m de côté) et la découpe en bandes parallèles et égales, en suivant la densité de la Posidonie. Cette technique est utilisée tandis que le nombre de *Pinna* est important, les plongeurs se déplacent en parallèle tout le long de la lanière dans les 1 à 2 m de profondeur (Rousseau, 1985).

II.3.2.4. Plongée sur cercles concentriques (d)

Cette technique comporte les lieux de repérages des *Pinna* déjà retrouvés, à partir de ces points le plongeur prospecte circulairement en augmentant ou en diminuant le rayon en fonction de la visibilité et de la densité de la posidonie. Elle est utilisée pour l'étude de la croissance (Rousseau, 1985).

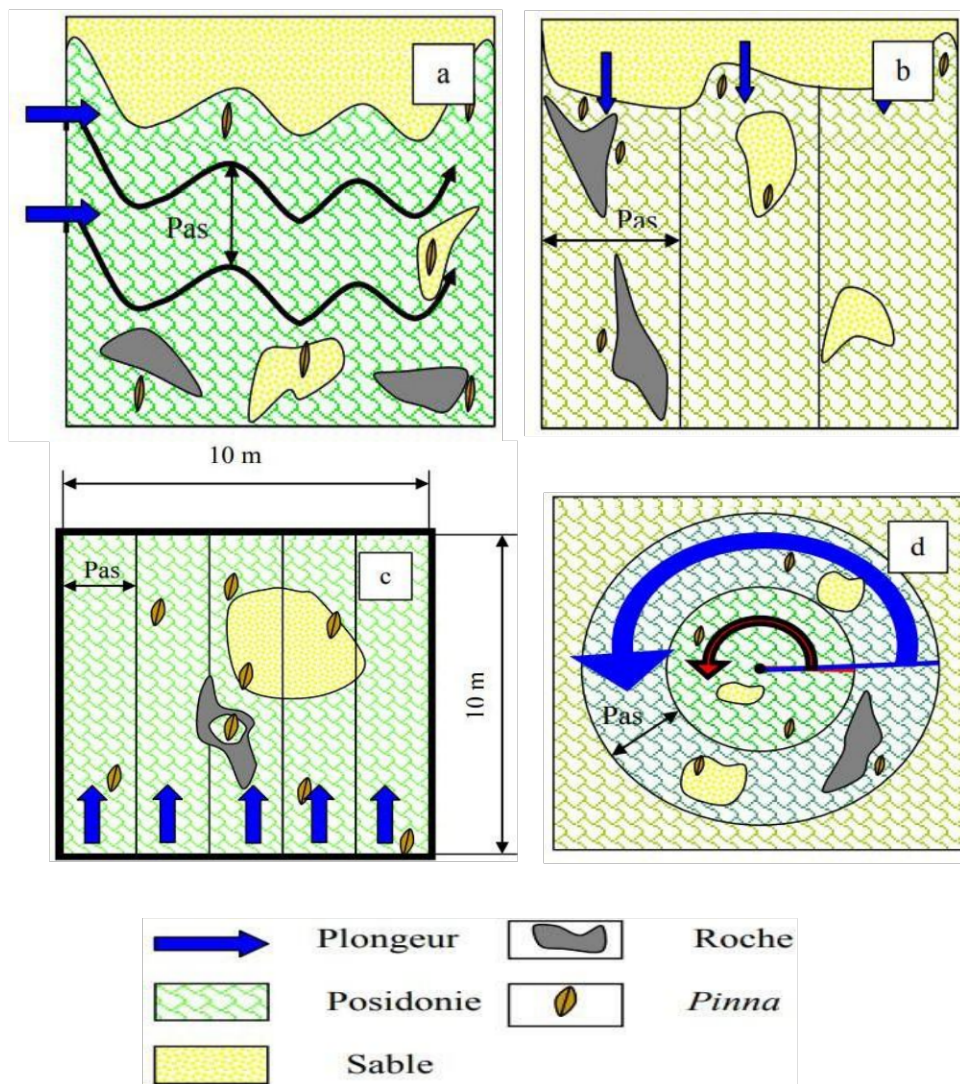


Fig. 30. a-d : Méthodes d'inventaire utilisées lors de la prospection (Rousseau, 1985).

II.3.3. Stratégie d'inventaire

Après la récolte des données et délimitation des zones d'échantillonnage, nous avons effectués plusieurs plongées on tenant compte de la littérature sur l'écosystème de prédilection des *Pinna* (Lisière de Posidonie). L'échantillonnage a été réalisée entre 5 et 25 m de profondeur en trois étapes :

1. Prospection de la zone d'étude,
2. Repérage et marquage,
3. Mesures et prélèvement.

II.3.3.1. Exploration de la zone d'étude

L'exploration de la zone d'étude a duré environ 4 ans, de Septembre 2015 à Aout 2019. Durant cette période on a pu récolter plusieurs données concernant l'habitat, la nature de substrat, l'écosystème associée, la densité de la Posidonie, et le repérage des individus de *Pinna nobilis*.

Pour l'exploration des zones d'études, on a suivi la lisière de posidonie entre 5 à 25 m de profondeur, deux à trois plongeurs en scaphandre autonome répertorient les spécimens rencontrés et mentionnent sur la fiche de renseignements (taille, profondeur, nature du fond, orientation de l'animal, caractéristiques particulières) (Figure. 31) et chaque plongée d'environ 30 mn à 45 mn,

Cette prospection générale nous a permis finalement de délimiter huit (08) zones de concentration très différentes en *Pinna nobilis*. (Tab. I et II, annexe).



Fig. 31 : Prospection et marquage d'information *in situ* (BELKHAMSSA©2019).

II.3.4. Repérage et marquage

Plusieurs plongées de prospection ont été faites durant cette étape. Nous avons pris les mesures biométriques et marqués toutes les spécimens trouvés (marquage & repérage).

Les individus répertoriés ont été repérés par un épieu de 20 à 30 cm de long et signalés par un flotteur (fabriqué manuellement : épieu ; métallique, flotteur ; petite bouteille vide en peinture jaune). On a placé les épieux et les flotteurs à un mètre des individus répertoriés pour éviter d'attirer l'attention des chasseurs et des plongeurs.

Cet épieu est planté à moitié dans le substrat et un flotteur de filet de pêche muni d'une ligne d'une longueur de un mètre est fixé au fond. Une fois ces opérations effectuées, le plongeur remonte en surface pour localiser le spécimen, grâce à la technique de la triangulation. Cette dernière consiste à choisir deux alignements (chaque alignement est constitué de 2 amers fixes situés sur une même droite), passant par le lieu où se trouve *Pinna nobilis*. L'intersection des deux lignes nous montre le lieu d'implantation de notre espèce. Chaque individu est repéré suite de nombreux critères : la nature du fond, la profondeur et les repères *in situ* (Figure. 32).

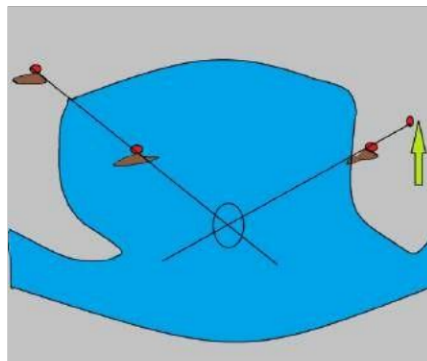


Fig. 32 : Schéma du principe de la triangulation.

II.3.5. Mesures et prélèvement

Pour les mesures ont a réalisé plus de 20 plongées. Nous avons refait les mêmes mesures sur les individus que nous avons pu retrouver et dénombrer à l'aide d'un Quadra de 1m². Lors de ces trois étapes, nous avons prélevé les coquilles mortes, que nous avons mesurées pour une étude morphométrique. Ces échantillons nous ont permis par la même occasion de dresser un inventaire des épibiontes associés aux valves des *Pinna nobilis* recensés.

II.4. Analyses biométriques

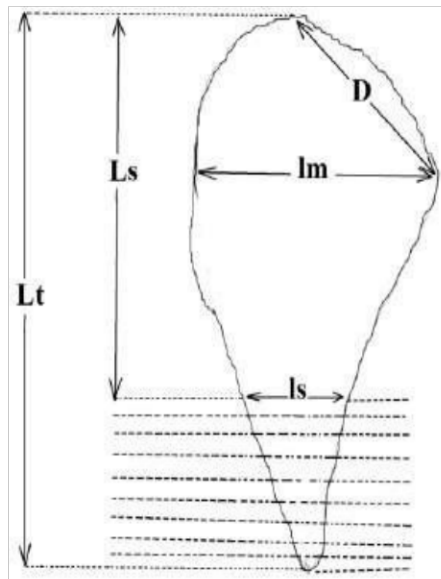
Parmi les 84 spécimens recensés, nous avons prélevé 22 *Pinna* mortes pour l'étude biométrique et l'inventaire des épibiontes. L'état des valves des *Pinna* mortes diffère d'un spécimen à un autre. Nous n'avons dénombré que 11 spécimens entiers morts, le reste des valves est soit ébréché soit abîmé. On a trouvé des valves séparées et dispersées, nous les avons prélevées et comparées entre elles, pour en faire des paires. La comparaison se fait au laboratoire, et lorsque une valve ne trouve pas son identique, elle est enregistrée comme étant un spécimen. Chaque individu vivant est mesuré *in situ* à l'aide d'un pied à coulisse (), d'un



réglet et d'un compas à pointes sèches (Figure. 33).

Fig. 33 : Instruments de mesures utilisés pour la biométrie (Réglet, Compas à pointes sèches, Pied à coulisse)

Les mesures prises sur les animaux sont : la longueur au dessus du sédiment (L_s), la largeur maximale (l_m), la largeur au niveau du sédiment (l_s) et la distance entre le sommet de la charnière et le sommet des valves (D). La longueur totale des valves (L_t) est mesurée sur les spécimens morts et calculée pour les spécimens vivants (Figure. 34).



L_t : Longueur totale de la valve.
 L_s : Longueur de la valve au dessus du sédiment.
 l_m : Largeur maximale de la valve.
 l_s : Largeur de la valve au dessus du sédiment.
 D : La distance entre le sommet de la charnière et le sommet de la valve.

Fig. 34 : Différentes mesures prises sur *Pinna nobilis* (Modifié par BELKHAMSSA©2019).

II.4.1. Longueur totale de la valve (L_t)

C'est la plus grande dimension de Pinna, elle est mesurée entre le pied de la valve et son sommet (Fig. 34). La longueur totale des valves (L_t) n'est mesurable que sur des spécimens morts ou retrouvés couchés sur le fond. Pour notre étude, nous avons mesuré deux spécimens couchés, une *Pinna nobilis* et une *Pinna rudis*. Sans exercer de pression sur les valves, chaque spécimen est pris entre les mâchoires du pied à coulisse, dans le sens de la longueur, puis la lecture est faite sur le dernier. Pour ne pas biaiser les mesures, il faut s'assurer que le bec du pied à coulisse passe effectivement par le sommet de la valve.

II.4.2. Longueur de la valve au dessus du sédiment (L_s)

C'est la longueur visible de l'individu (L_s). Elle est la mesure prise à l'aide d'un réglet et d'un pied à coulisse depuis la limite d'implantation de l'individu dans le sédiment jusqu'à son sommet. Le réglet est positionné parallèlement à la valve la plus visible et la plus accessible. La règlette du pied à coulisse est placée sur le sommet de la valve, perpendiculairement au réglet. La mesure est lue à l'intersection du réglet avec la règlette. Le réglet ne doit en aucun cas pénétrer dans le substrat, surtout lorsque ce dernier est meuble ; les angles α et β soient nuls, pour réduire l'erreur sur la mesure de la hauteur au sédiment (Figure. 35).

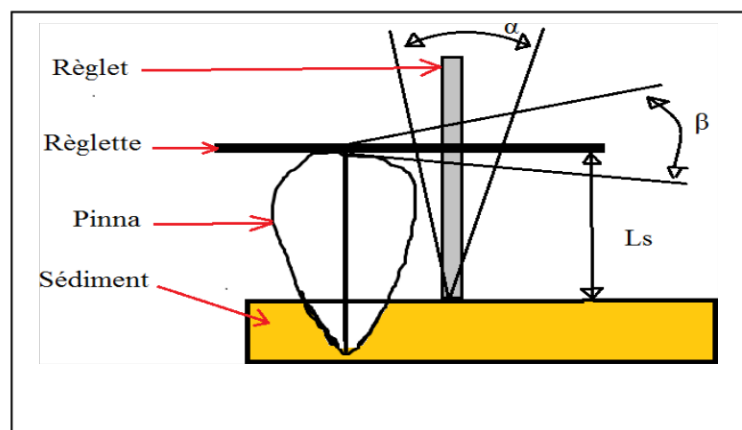


Fig. 35 : Mesure de la longueur séparant la surface du sédiment et la limite supérieure de la coquille (au réglet).

II.4.3. Largeur maximale de la valve (l_m)

C'est la plus grande largeur du spécimen qui se trouve au niveau supérieur (Fig. 35). Elle est mesurée à partir du sommet de la charnière jusqu'au côté opposé de la valve, sur la partie arrondie. Elle est plus ou moins parallèle au fond. Les valves sont rapprochées délicatement entre les becs du pied à coulisse, dans le sens de la largeur de l'individu, puis l'instrument est coulissé de haut en bas et de bas en haut pour s'assurer que c'est la plus grande largeur. On fixe le pied à coulisse portent bien sur les valves et non pas sur les épibiontes qui peuvent se

fixer sur les bords du spécimen.

II.4.4. Largeur de la valve au dessus du sédiment (l_s)

Elle est déterminée en mesurant la distance de l'intersection de la valve avec le sédiment dans lequel se trouve implanté l'individu (Fig. 35). Pour la mesurer, le pied à coulisse est placé à plat sur le sédiment, puis on pince les valves selon le sens de la largeur. Cette opération est très difficile à mener, étant donné que dans la majorité des cas, la partie inférieure du spécimen se trouve couverte de rhizomes de posidonie.

II.4.5. Distance entre le sommet de la charnière et le sommet de la valve (D)

C'est la distance entre le sommet de la charnière et le sommet des valves (Figure. 36). On cherche d'abord le sommet de la charnière, qui se trouve du côté opposé de la partie arrondie de la valve. On place dessus le bec fixe du pied à coulisse, et on écarte le bec mobile, pour le placer sur le sommet de la charnière. La valeur lue sur le vernier correspond à la distance D .

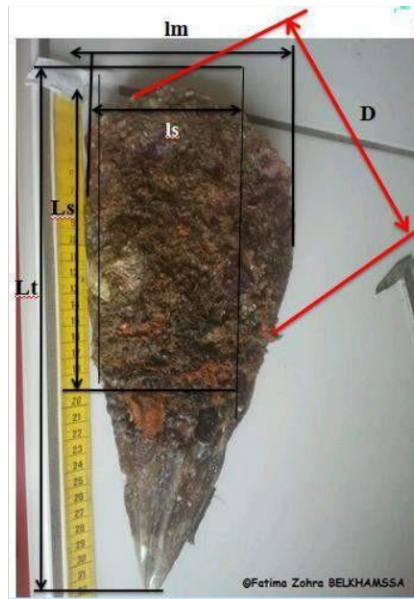


Fig. 36: Méthodologie relative aux mesures biométriques sur *Pinna nobilis*.

II.4.6. Calcul biométrique

L'étude biométrique a été réalisée sur 31 individus, échantillonnés dans la zone délimitée. Deux mesures, la longueur totale (L_t) et la largeur maximale (l_m), ont été effectuées sur des valves de *Pinna nobilis*. Pour définir le type d'allométrie qui lie la longueur totale de la nacre (L_t) et sa largeur maximale (l_m). Ces valeurs ont été ajustées selon la relation d'allométrie

suivante :

$$lm = a \cdot Lt^b$$

La méthode des moindres rectangles (axe majeur réduit), préconisée par Tessier (1948) est utilisée pour mettre en évidence les changements relatifs de ces dimensions. La comparaison statistique du coefficient d'allométrie avec la valeur 1 est réalisée par le test t de Student (Dagnelie, 1998). C'est un test d'égalité des écarts types ou des variances de deux variables aléatoires éventuellement corrélées. Sa formule est la suivante :

$$t_{obs} = \frac{|b^2 - 1| \sqrt{n-2}}{2b \sqrt{1-r^2}}$$

Avec

b : coefficient d'allométrie

r : coefficient de corrélation

n : effectif de l'échantillon considéré

C'est à partir de la comparaison de la valeur de t obs avec la valeur théorique $t_{1-\alpha/2}$ de la distribution de STUDENT (à n-2 ddl), que nous avons déterminé le type d'allométrie. L'hypothèse émise est rejetée au niveau α lorsque $t_{obs} \geq t_{1-\alpha/2}$. Trois cas peuvent se présenter :

- Si b = 1 : il y a une isométrie.
- Si b > 1 : il y a une allométrie majorante.
- Si b < 1 : il y a une allométrie minorante.

II.4.7. Croissance et mortalité

En raison du faible effectif dont nous disposons, il n'est pas possible d'établir une structure de tailles utile, pour la décomposition de la population en classes d'âge. De même, aucune méthode directe de détermination de l'âge n'a été validée chez les pinnidés en se basant sur les stries de trouvant la paroi externe de la valve ou sur les empreintes successives du muscle postérieur. Une telle méthode avait fait ses preuves en étudiant les moules. De ce fait, la méthode de FORD-WALFORD (1946) pour déterminer les paramètres de croissance n'a pas pu être appliquée. Dans notre cas, tenant compte des effectifs trouvés et en nous interdisant tout prélèvement de spécimens vivants, le seul moyen de modéliser la croissance était la méthode de Gulland et Holt (1959), basée sur le marquage et la recapture des individus. Cette méthode rend possible la détermination des paramètres de croissance L_∞ , K, t_0 selon le modèle de VON BERTHALANFFY. Le principe est présenté ci-dessous :

L'équation (1) est de la forme d'une régression linéaire dans laquelle

$$x = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

et

$$y = \frac{L_2 - L_1}{t_2 - t_1} = a - K \quad (1).$$

L_1 : 1^{ère} longueur maximale mesurée (cm)

L_2 : 2^{ème} longueur maximale mesurée (cm)

t_1 : Temps à la 1^{ère} mesure (an)

t_2 : Temps à la 2^{ème} mesure (an)

$t_2 - t_1$: Temps écoulé entre la 2^{ème} et la 1^{ère} mesure (an)

L'ordonnée à l'origine (a) et la pente (b) donnent des estimations pour K et de L_∞ grâce aux relations : $K = -b$ et $L_\infty = a / K$. Comme les longueurs L sont trop proches les unes des autres, on doit dans ce cas fixer une longueur asymptotique en relation avec la moyenne de toutes les valeurs (x) et de toutes les valeurs $(L_2 - L_1) / (t_2 - t_1)$ (y), d'où $L_\infty = L_{\max} / 0,95$. (2)

L_∞ : Valeur de L_t lorsque t tend vers l'infini. (cm)

L_{\max} : Longueur du plus grand spécimen trouvé dans la baie. (cm)

Pour avoir une estimation de K, la relation (3) est appliquée : $K = \bar{v} / (L_\infty - \bar{x})$ (3)

Le paramètre t_0 peut être obtenu à partir de la relation de PAULY (1980) :

$$\text{Log } t_0 = -0,3922 - 0,2752 \cdot \text{log } L_\infty - 1,038 \cdot \text{log } K \quad (4)$$

A partir des résultats de tous les paramètres obtenus précédemment, nous aboutissons au modèle de croissance linéaire absolue suivant:

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

L_t : Longueur en cm au temps t (exprimé en années).

K: Taux de croissance, considéré comme représentatif du métabolisme.

t_0 : Paramètre correspondant à l'instant où *Pinna* aurait la longueur 0.

II.5. Détermination de l'âge de *Pinna nobilis*

La détermination du taux de croissance d'une espèce nécessite l'établissement d'une relation entre une dimension mesurable de l'individu et son âge. La connaissance du changement temporel de cette dimension permet le développement de courbes de croissance. L'étape la plus délicate est l'identification d'une structure appropriée et l'établissement précis de sa relation avec l'âge de l'animal (Margaleff, 1998). Selon les espèces, la croissance des individus dans des conditions contrôlées peut être coûteuse et lente. En outre, la généralisation des résultats d'expériences de manipulation peut être limitée par leur nature artificielle (Quinn et Keough, 2004). La sclérochronologie s'est révélée être une technique très utile pour évaluer les taux de croissance de l'âge et de la population de chaque individu (Francillon-Vieillot *et al.* 1990) lorsque la généralisation des études de croissance *in vitro* n'est pas simple. La moule *Pinna nobilis* L., 1758 peut vivre plus de 37 ans et peut mesurer plus de 100 cm (Zavodnik *et al.* 1991) (Annexe, Tab.I').

De vastes zones sous-marines doivent être explorées afin de trouver suffisamment de spécimens pour étudier leur croissance *in situ*. Étant donné que la coquille de *Pinna nobilis* n'a pas de bande externe ni de marque à corrélérer avec l'âge, la meilleure approximation est la relation entre la taille totale et l'âge des individus. Les taux de croissance changent de manière marquée en fonction de la profondeur de l'habitat. Cela multiplie le nombre d'enquêtes nécessaires pour rassembler les données pour l'application de l'analyse de progression de classe modale par ex. Méthode de Bhattacharya (1967).

L'utilisation des méthodes non répétées de marquage-recapture (Wang 2004) réduit le nombre d'individus requis pour étudier les taux de croissance de la population, mais les spécimens doivent être marqués et inventoriés *in situ* et de longues périodes de recherche sont nécessaires. Afin de faciliter l'étude des taux de croissance chez *Pinna nobilis*, les auteurs précédents ont concentré leurs efforts sur la recherche d'une caractéristique des coquilles vides à corrélérer avec l'âge. Cette caractéristique clé était les cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP): une série de lignes droites (SL) et d'anneaux (R) ont été observés dans le lobe de nacre dorsal, à l'intérieur des valves (Figure. 37). Des progrès importants ont été réalisés avec l'établissement d'une relation linéaire entre la position de MAP et la taille totale de la coquille (Lt) (Moreteau et Vicente 1980). Récemment, les variations saisonnières de

température en Méditerranée occidentale ont été corrélées à des périodes régulières dans les proportions d'isotopes stables de l'oxygène enregistrées dans la couche de coquille calcitique externe de *Pinna nobilis* (Richardson et al. 1999). Des relations de MAP avec la taille totale et MAP avec l'âge, les courbes de croissance peuvent être calculées à l'aide des données de longueur (Richardson *et al.* 1999, 2004; Kennedy *et al.* 2001).

Cependant, au cours de notre étude des taux de croissance d'une population de *Pinna nobilis* située à la côte Ouest Algérienne, on a constaté l'existence d'une variabilité importante dans la position de MAP entre individus. Le fait que les positions MAP des individus jeunes et adultes ne soient pas corrélées est particulièrement frappant. Pour cette raison, nous avons entrepris des recherches pour valider l'utilité de MAP pour se rapprocher de l'âge de *Pinna nobilis*. Dans notre expérimentation, nous montrons comment calculer les MAP noircis et expliquons les causes du déséquilibre entre les positions des individus jeunes et adultes dans les MAP. En outre, une nouvelle méthode pour étudier l'âge de *Pinna nobilis* à partir du registre interne (IR) est présenté et comparée aux estimations d'âge obtenues à l'aide de méthodologies antérieures.

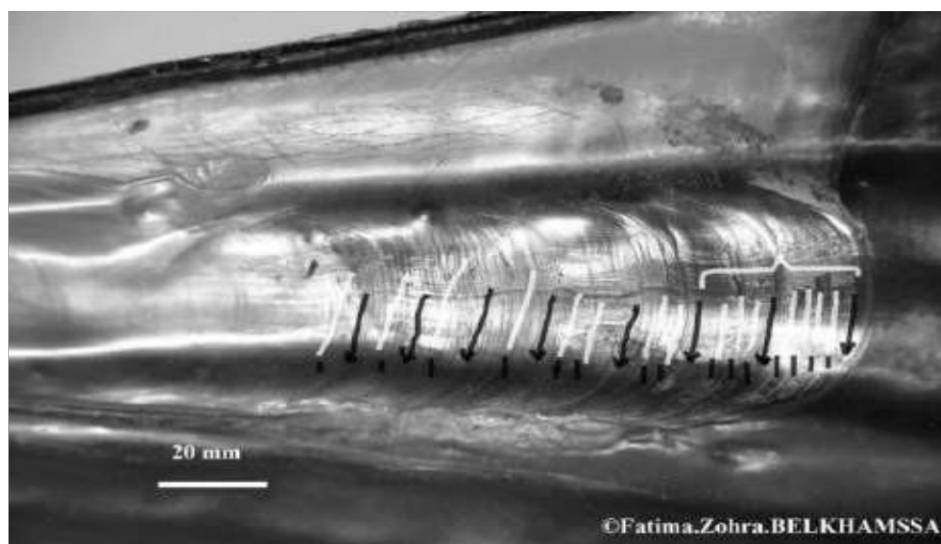


Fig. 37 : Lobe de nacre dorsale de la valve droite de *Pinna nobilis* montrant des cicatrices postérieures du muscle adducteur (MAP). Les flèches noires indiquent la position des lignes droites (SL), les flèches blanches indiquent la position des anneaux (R). Notez que dans la partie la plus postérieure du lobe de la nacre dorsale, il est difficile de faire la distinction entre le R et le SL. Barre d'échelle 20 mm (Belkhmassa©2019).

II.5.1. Estimation de l'âge de *Pinna nobilis*

L'estimation de l'âge implique différentes étapes, du choix de l'espèce qui sert à cette estimation au niveau de précision requis, en passant par les différents problèmes techniques touchant à la préparation et à l'observation des marques de croissance. Le suivi de croissance doit être sélectionné et déterminée. Une fois ce processus terminé, il devrait être répété et renouvelé à intervalles de temps réguliers pour conserver une cohérence.

L'estimation de l'âge est donc un processus dynamique qui peut être résumé en plusieurs étapes séparées :

- ✓ sélection des pièces,
- ✓ reconnaissance des patrons de croissance, incluant la périodicité des marques de croissance étudiées et la gamme de temps couverte;
- ✓ confirmation de la cohérence et intercalibration (interprétations multiples par un et/ou plusieurs lecteurs) ;
- ✓ validation de l'exactitude de l'interprétation (temps écoulé entre les marques de croissance interprétées);
- ✓ formalisation de l'expérience et de la connaissance dans l'interprétation des marques de croissance ;

II.5.2. Techniques d'analyses sclérochronologiques (détermination de l'âge)

Onze (11) coquilles vides recueillies lors de nos prélèvements dans la même population et la même profondeur (10 à 20 m) ont été utilisées pour relier les positions du MAP à Lt en utilisant une analyse de régression linéaire. Ces coquilles ont été imbibées de résine de polyester (STRATIL AL-100), découpée en coupe radiale le long du MAP avec une scie électrique, et poli à 1200 μ avec du carborundum. La totalité de la surface a été montée en lamelle minces pour effectuer une analyse microstructurale. Ces lamelles sont étudiées à l'aide d'un microscope optique et une lentille binoculaire. Les positions des MAP ont été comparées à celles des IR observées dans les coupes (protocole de Pr. Garcia March, communication personnelle).

II.5.3. Protocole à suivre

II.5.3.1. Préparation de l'échantillon

1. Préparation des coupes de nacres (*Pinna nobilis*), à la limite resto-postérieure en utilisant une scie à ruban modèle Proxxon Micromot MBS 240 / E, (Figure. 38a-b).



Fig. 38a et b : Coupes de nacre (*Pinna nobilis*), à l'aide d'une scie à ruban Proxxon Micromot MBS 240/E (BELKHAMSS©2019).

2. Mettre les coupes dans la résine pendant 48h / 37°C, (Figure. 39a-b).



Fig. 39a et b : Préparation des coupes avec du résine (BELKHAMSSA©2019)

3. Nomination des parties dorsales et ventrales et schématiser la nacre (Figure. 40a et b).

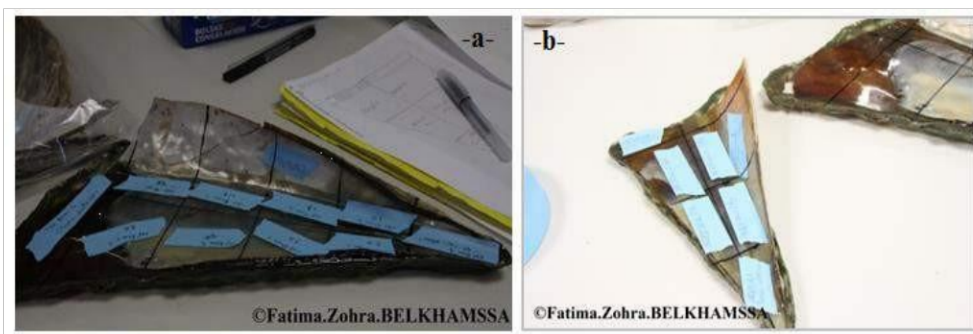


Fig. 40a et b : Nomination des parties dorsales et ventrales des coupes de *Pinna nobilis*

(BELKHAMSSA©2019).

4. Découpage des coupes à l'aide d'un Scie à ruban Proxxon Micromot MBS 240 / E (Figure. 41a et b).

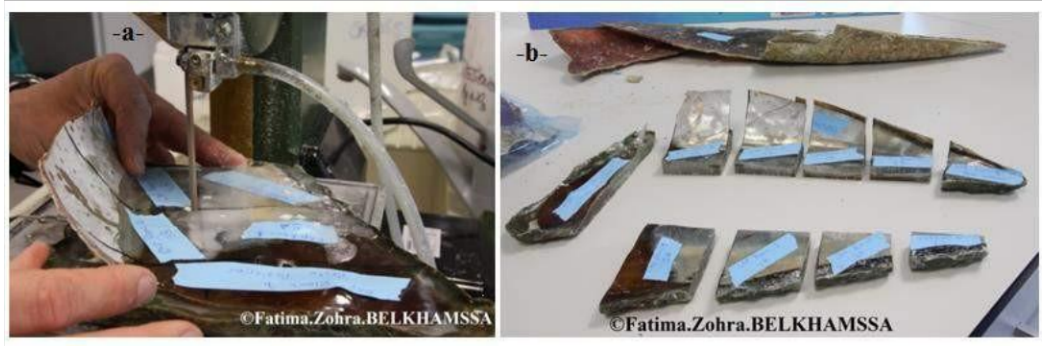


Fig. 41a et b : Découpage des coupes de *Pinna nobilis* à L'aide d'une scie à ruban (BELKHAMSSA©2019).

5. Polissage des parties ventrales, à l'aide papier à polir 250, 400,800 et 1000 mm (Figure. 42a et b).

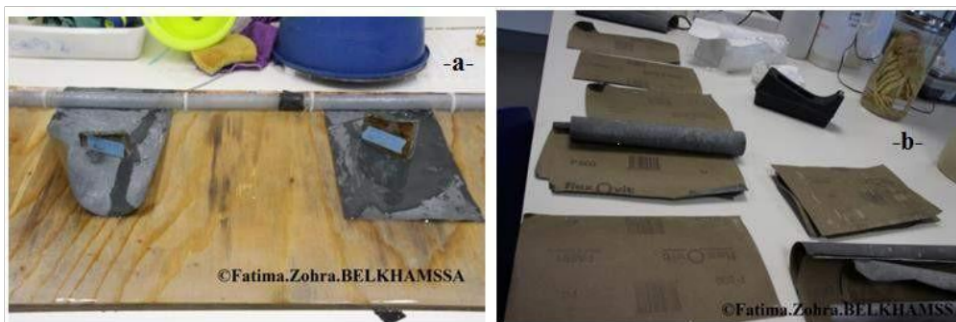


Fig. 42a et b : Polissage des coupes ventrales de *Pinna nobilis*, (BELKHAMSSA©2019).

6. collage des parties polies sur des lames et laisse sécher pendant 48h/60°C, (Figure. 43a et b).



Fig. 43a et b : Collage des coupes polies de *Pinna nobilis* et séchage au four à moufle (BELKHAMSSA©2019).

7. Préparer des coupes sclérochronologiques de section fine ($< 0,2 \text{ mm}$) à l'aide d'une microscie (Figure. 44a et b).



Fig. 44a-b : Découpe des lames fines à l'aide d'une microscie (BELKHAMSSA©2019)

II.5.3.2. Technique sclérochronologique

Cette méthode est utilisée par K. Groh ; Elle consiste à découper une fine lamelle de la coquille à proximité et parallèlement au ligament, puis à la polir pour l'observer par transparence avec un microscope optique. Elle se rapproche donc de la méthode précédente. Il existe une marge d'erreur due à l'érosion de la partie du ligament et des valves, auxquelles correspondent les 3 à 8 premières années. On compte 5 années pour la marge d'erreur hypothétique.

II.5.3.3. Lecture des données

Observation des lamelles préparées sous microscope binoculaire et détermination de l'âge (Figure. 45).



Fig. 45 : Lames préparées pour la détermination de l'âge (BELKHAMSSA©2019).

II.6. Cadre sédimentaire

De nombreux travaux ont fait l'objet de plusieurs études granulométriques des sédiments de surface des zones côtières de la méditerranée, principalement par (BOUGHABA, 1992), (El Arrim, 2001), (El Hatimi *et al.*, 2002), (El bouzidi *et al.*, 2004), (Achab *et al.*, 2005), sur la Baie de Tanger au Maroc. D'autres études similaires ont été réalisées sur le Golfe de Tunis (El Arrim, 1996), la baie d'Alger, (Maouch, 1987) et la baie d'Al Hoceima (GENSOUS & TESSON, 1979). Le littoral méditerranéen algérien situé dans la côte Ouest subit d'importantes modifications suite aux activités humaines et notamment l'extension urbaine et la réduction du couvert forestier. Les plages sableuses qui le forment ne sont interrompues dans leur partie médiane que par l'embouchure d'Oued Cheliff. Ce littoral connaît une grande pression anthropique. A cet effet, ce travail vise la détermination des impacts sur la dynamique sédimentaire et l'équilibre naturel de la zone où vivait les *Pinna* en se basant sur la caractérisation granulométrique des sédiments, ainsi que les facteurs de contrôle de la distribution et du transport des dépôts superficiels de zone d'étude.

II.6.1. Zone d'étude

Plusieurs prélèvements ont été réalisés toute au long de la zone d'étude 'toutes les sites prospectés de la côte Ouest algérienne' afin d'établir un diagnostic sédimentaire de la zone d'étude où vivait l'espèce *Pinna nobilis*, son milieu d'habitat et la nature de fond préférés par cette espèce. Les sites sont localisés au niveau de trois baies de la côte Ouest algérienne. Nous citerons de l'Ouest à l'Est : la baie de d'Ain Témouchent (Oued Draa et Boujedjar), la baie d'Oran (Îles Habibas, Île Plane, Madagh Zéro, Deux rochets, Cap Blanc, Marathon, Bomo-Plage, La Madrague, Cap Falcon, Kristel, Ain franin, Mon reve, Arzew, Phare) et la baie de Mostaganem (Stidia et Salamandre). Le choix de ces sites a été basé, d'une part, sur la présence des *Pinna nobilis* 'lieu d'habitat', la profondeur, l'éloignement du rivage, et sur la facilité d'accès afin de pouvoir disposer d'un lot suffisant d'information sur le substrat de la zone étudiée (Côte Ouest Algérienne). Le Littoral Ouest Algérien a des caractéristiques sédimentologiques sont comme suite : dans le tableau suivant : (Tab. 11).

Tab.11 : Principales caractéristiques sédimentologiques du secteur Ouest algérien.

Régions		Faciès sédimentaires dominants
Mostaganem	Golfe	<p>- Les sédiments calcaires arénitiques très peu importants dans le golfe de Ghazaouet, les sédiments calcaires pélitiques et les vases calcaire-argileuses sont très développés et plus abondants.</p> <p>- La frange littorale sableuse est très réduite, elle est localisée au Cap Figalo à Ghazaouet et prend progressivement une extension importante à partir du Cap Milona (Leclaire, 1972).</p>
Oran	Golfe	<p>- Une zone de graviers fins sableux située dans la partie Est du golfe (de -49 à -100 m), au large du port et à la pointe et au large de la pointe de l'Escargot (-60 m),</p> <p>- Une zone de sables graveleux envasés située près de la côte, au centre du golfe et se prolonge vers le large, près du port de Mers-El Kebir et à la pointe de Kristel,</p> <p>- Une zone de sables graviers légèrement envasés située au large du port de Mers-El Kebir (de -61 à -90 m), et dans la partie Ouest du golfe (face à la pointe de Mers-El Kebir) et s'étendant vers le large (de -80 à -102 m),</p> <p>- Zone de sables fins envasés au prolongement de la pointe de Mers-El Kebir, près de la côte (46 m),</p> <p>- Une zone de sables graveleux en face des falaises de Canastel (-39 m),</p> <p>- Une zone de vase noire réduite située à proximité de la passe du port d'Oran (près du principal émissaire d'eaux usées de la ville d'Oran) (Kerfouf, 1997).</p>
Ain Temouchent	Golfe	<p>Les sédiments calcaires nettement pélitiques représentés par les vases calcaire-argileuse recouvrent une superficie importante du golfe,</p> <p>- Les boues argilo-silicieuses au rebord continental tapissant ainsi le golfe d'une grande vasière,</p> <p>- Une alternance de sable terrigène et de sédiments mixtes ou purement organogènes sur la bordure littorale à partir du cap Carbon jusqu'à Mostaganem (Caulet, 1972).</p>

II.6.2. Prélèvement et traitement des échantillons

II.6.2.1. Prélèvement des sédiments

L'étude expérimentale a été réalisée sur toute la zone de prospection ; dix huit échantillonnages de sédiments marins du littoral Ouest algérien ont été prélevés. Les sédiments superficiels en été prélevé durant la période de prospection et détection de présence des *Pinna nobilis* : Le travail de terrain, réalisé entre 2014 et 2018 a consisté les 8 sites prospectés, les sédiments superficiels sont échantillonnés à des profondeurs varie entre 5 m et 25 m dans des conditions météorologiques adéquates et dans un intervalle de temps raisonnable. Les

prélèvements en mer ont été faits d'une façon précise selon des radiales orientés perpendiculairement à la ligne de rivage et cela dans chaque site prospecté ou la *Pinna a été* répertoriée.

II.6.2.2. Technique de prélèvement

L'échantillonnage de sédiment sur le terrain nécessite l'utilisation de techniques très variées selon la nature du terrain, le type de sédiment (des vases aux méga-blocs) et la quantité de sédiment à analyser.

Pour les fonds de faible profondeur, l'échantillonnage a été effectué par plongées en apnée, et pour les sites dont la profondeur excède les 7 m, par plongées en scaphandre autonome. Le sédiment est prélevé, à raison d'un prélèvement par site, à l'aide de flacons bien propres (bouteilles en plastique) et remonté à la surface lentement à fin de minimiser au maximum son lessivage. Les flacons contenant les échantillons représentatifs pour le type de sédiment sont posés dans une boîte en plastique flottante grâce à une bouée.

II.6.3. Méthode d'analyse

II.6.3.1. Traitement d'échantillonnage

II.6.3.1.1. Observation à la loupe binoculaire

Le sédiment est placé dans une lame à concavité, est observé à la loupe binoculaire. Les observations morphoscopique consistent à identifier la nature, l'origine et le degré d'usure des particules sédimentaires et tout autre opposants biogènes.

III.6.3.1.2. Séchage

Les échantillons décantés sont mis dans des boîtes de pétrie en verre (ouverte) et placés dans l'étuve (*MEMMERT, modèle IN55plus*) pour y être séchés (Figure. 46). Selon la nature du sédiment et le type d'analyse, les échantillons ont été séchés à 75°C durant 24-48 heures.



Fig. 46 : Étuve de marque *Memmert, modèle IN55plus* (BELKHAMSSA©2019).

II.6.3.1.3. Tamisage

Durant cette opération, un set de six tamis est utilisé (2 mm, 1 mm, 200 μm , 100 μm , 80 μm et 50 μm). La colonne composant le set de tamis (sens décroissant) est fixée sur la tamiseuse (*RETSCH, modèle : AS200*), (Figure. 46) qui fonctionne par vibration ; l'amplitude et le temps (15 minutes) de tamisage peuvent être ajustés. Le sédiment sec est versé au sommet de la colonne et à sa base, un fond imperméable est placé pour récupérer le tamisat <50 μm . Le sédiment va ainsi être trié selon la taille des grains qui le compose. Chaque refus est alors versé délicatement dans une capsule pour être pesé. Un grand soin doit être apporté lorsque l'on enlève, à l'aide d'un pinceau ou une brosse, les derniers grains qui restent coincés dans les tamis.



Fig. 47 : Tamiseuse de marque *Retsch*, modèle *AS200* et colonne de tamis (BELKHAMSSA©2019).

II.6.3.1.4. Pesage

Chaque refus de tamis est pesé à l'aide d'une balance de précision (*KERN_{KB}*), préalablement stabilisée sur un plan parfaitement horizontal, tarée et à l'abri des mouvements d'air (Figure. 48). Les résultats sont mentionnés sur une feuille avant d'être intégrées dans un tableur permettant la réalisation d'analyses statistiques. Les refus sont stockés pour archivage dans des sachets clairement identifiés et codifiés.



Fig. 48 : Balance de précision de marque *Kern_{KB}* (BELKHAMSSA©2019).

II.6.3.2. Indice granulométrique

II.6.3.2.1. Mode

Le mode correspond à la dimension la plus représentative des grains d'un sédiment. On peut facilement le repérer sur la courbe cumulative au niveau de son seuil à partir du point d'inflexion. On distingue trois types de courbes cumulatives :

- 1 - Courbes uni-modales mettent en évidence un seul mouvement sédimentaire.
- 2 - Courbes bimodales correspondent à l'internance de la conduite de chaque courbe granulométrique indiquant la présence d'un mélange de deux dépôts sédimentaires, d'où deux dynamiques différentes.
- 3 - Courbes plurimodales signifient la présence d'un milieu très agité avec une disproportion des dynamiques sédimentaires.

II.6.3.2.2. Médiane

La médiane est un indice qui représente le diamètre d'un grain moyen dont il a 50% du poids total du sédiment, (Rivière, 1977) elle est déduite à partir de la courbe cumulative.

On peut définir la force d'un courant à partir d'un grain moyen, d'où le mouvement essentiel d'un sédiment (Chamley, 1987 et 2000), mais dans le cas des sédiments à distribution bimodale on ne peut pas utiliser la médiane (Folk & Ward, 1957 ; Mathieu, 1984).

II.6.3.2.3. Quartiles

- a) Le premier quartile (Q25) correspond au diamètre du grain représentant 25% du poids total de l'échantillon.
- b) Le troisième quartile (Q75) correspond au diamètre du grain représentant 75% du poids total de l'échantillon.

II.6.3.2.4. Paramètre de dispersion ou Indice de classement (SO) « TRASK 1930 »

Deux répartitions granulométriques peuvent varier largement dans la même médiane,. Il est donc nécessaire d'évaluer la dispersion des répartitions; c'est un indicateur dynamique

Important qui rend compte de l'Intensité du triage des matériaux détritiques. On utilise pour cela l'indice de classement de TRASK (SortIng Index). Cet indice de classement (S0) indique la qualité du classement. Plus S0 est élevé, plus le classement est mauvais.

Il permet d'étudier le classement des sédiments. Il indique la dispersion des tailles par rapport à la moyenne de l'échantillon (Chamley, 1987 et 2000) suite aux actions de tri lors du transport et du dépôt ; il renseigne de même sur la croissance du tri lors du transport et de la sédimentation (Chamley, 1987).

$$S_0 = \sqrt{\frac{Q_{75}}{Q_{25}}}$$

L'indice de classement (SO) est égal à 1 pour un classement parfait, il est d'autant plus élevé que le classement est plus mauvais (Rivière, 1977).

Tab.12 : Valeurs du SO représentant les types de classement

SO	1 – 1.5	1.5 – 2.5	2.5 – 3	3 – 4	4
Classement	Très bien classé	Bien classé	Normalement classé	Faiblement classé	Mal classé

II.6.3.2.5. Paramètre de forme

On a cherché à décrire de manière objective l'aspect des représentations graphiques par l'indice d'asymétrie S_k (SKEWNESS). Ce paramètre est souvent présenté comme un indicateur de l'environnement de dépôt sédimentaire

$$S_k = Q_3 \times Q_1 / (Q_2)^2$$

Tab.13 : Différentes types d'indice d'asymétrie

Valeur	Asymétrie	Interprétation
$S_k < 1$	Négative	Courant fort ; le classement meilleur du côté des sables grossiers
$S_k = 1$	Symétrie	Courant régulier ; autant de grossiers que de fins
$S_k > 1$	Positive	Courant faible ; le classement meilleur du côté des sables fins

II.6.3.3. Calcimétrie (détermination du taux de Carbonates de calcium)

On utilise le calcimètre de Bernard (Figure. 49) pour mesurer le taux de carbonate de calcium contenu dans le sédiment. A l'aide d'une attaque à l'acide chlorhydrique, on élimine la partie bioclastique du sédiment et on mesure de manière indirecte le taux de CaCO_3 . Le calcimètre est composé d'une ampoule, d'un tube gradué de 100 cm^3 , d'un erlenmeyer de 100 cm^3 , d'un petit tube en verre deux fois plus court que l'erlenmeyer, deux bouchons à 1 trou adaptés au tube gradué et à l'erlenmeyer. Cette opération est délicate, aussi le port de gants spéciaux, d'une blouse en coton et de lunettes spéciales sont obligatoires.



Fig. 49 : Calcimètre de Bernard (BELKHAMSSA©2019).

La calcimétrie consiste en la détermination du taux de carbonates de calcium (CaCO_3) en mesurant le volume de CO_2 dégagé par l'action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur l'échantillon (Figure. 50). Durant le mode opératoire, les conditions de température et de pression atmosphérique de la pièce où est effectuée l'analyse doivent être connues et contrôlées.

II.6.3.3.1. Préparation de l'échantillon

1. Verser à mi-hauteur de l'ampoule une solution saturée de chlorure de sodium (NaCl) (1/4 l environ),
2. Tarer la balance et peser l'échantillon,

3. Vérifier que la masse de l'échantillon ne dépasse pas 0,4 g,
4. Placer l'échantillon dans l'erlenmeyer,
5. Placer le petit tube dans l'erlenmeyer (le tube doit être droit),
6. A l'aide d'une pipette, verser dans le petit tube de l'HCl,
7. Obturer l'erlenmeyer.

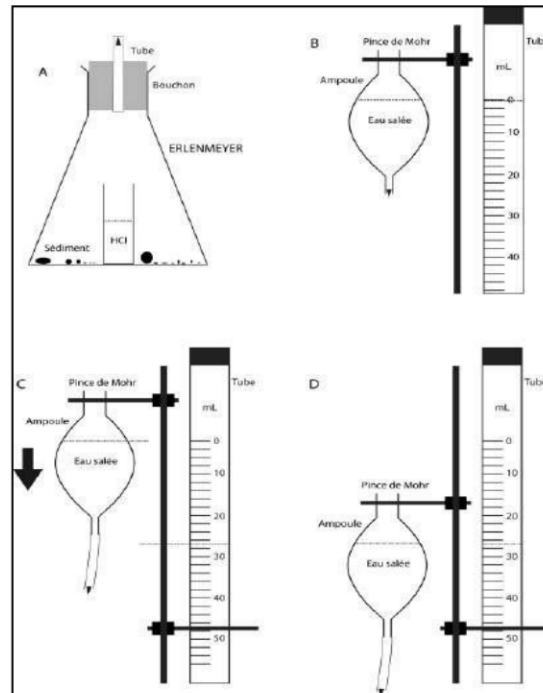


Fig. 50 : Opérations d'une calcimétrie

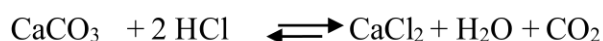
II.6.3.3.2. Mode opératoire

1. Modifier la hauteur de l'ampoule pour que l'eau salée soit au même niveau dans l'ampoule et le tube gradué (le contenu de l'erlenmeyer sera à la pression atmosphérique),
2. Noter le niveau,
3. Incliner l'erlenmeyer pour faire couler l'acide sur l'échantillon,
4. Reposer l'erlenmeyer et attendre la fin de la réaction et le rééquilibrage thermique,
5. La pression du tube gradué est supérieure à la pression atmosphérique,

6. Rétablir la pression atmosphérique en descendant l'ampoule jusqu'à obtenir le même niveau dans l'ampoule et le tube,
7. Le CO₂ est à la pression atmosphérique, la mesure peut être effectuée,
8. Ouvrir l'erlenmeyer, ajouter un peu d'acide sur l'échantillon pour vérifier que tout le CaCO₃ a été attaqué.

II.6.3.3. Détermination de la teneur en Carbonates (CaCO₃)

L'acide chlorhydrique (HCl) étant en excès, son action sur une mole de CaCO₃ (100 g/mol) libère une mole de CO₂ (22400 ml). Connaissant le volume de CO₂ dégagé (niveaux final et initial), on calcule la masse de CaCO₃ attaqué. Connaissant la masse de CaCO₃ et la masse de l'échantillon, on peut calculer le pourcentage de CaCO₃ dans l'échantillon. Soit une masse de l'échantillon de 0.50 g, un niveau initial de 0 ml, un niveau final de 25 ml.



Tab. 14 : Calcul de du taux de carbonates (CaCO₃)

Masse de CaCO ₃	Volume de CO ₂	Valeur
100 g	22400 ml	$x = (25 \times 100) / 22400$
x g	25 ml	$x = 0.11$
Masse de CaCO ₃	Masse de sédiment	
0.11 g	0.50 g	$y = (0.11 \times 100) / 0.50$
y g	100 g	$y = 22.0$

Il est fortement recommandé d'effectuer plusieurs mesures sur un même échantillon afin d'estimer précisément la teneur en CaCO₃ par le biais du calcul de l'intervalle de confiance (95%) de la moyenne.

II.6.3.4. Matière Organique

La matière organique (MO) peut être calculée grâce au rapport constant

$$\% \text{MO} = \% \text{C} = 1:724.$$

La teneur en MO peut s'obtenir par la méthode de la perte au feu. Cette méthode est déconseillée pour les échantillons possédant beaucoup de calcaire. Le domaine d'étalonnage

de cette méthode varie de 1 à 50 % de MO.

II.6.3.4.1. Mode opératoire

1. Broyer l'échantillon à l'aide d'un pilon dans un mortier. Les fragments doivent être inférieurs à 2 mm de diamètre),
2. Sécher l'échantillon pendant 24 h à 105°C,
3. Nettoyer les creusets de porcelaines, les chauffer au rouge et les laisser dans un dessiccateur,
4. Peser le creuset à vide,
5. Ajouter le sédiment (max 10 g) et peser à nouveau le creuset rempli,
6. Calciner à 550°C pendant 2 heures dans un four à moufle (*NABERTHERM*, modèle L3/11) (Figure. 51).
7. Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser le creuset avec les cendres.



Fig.51a et b : Calcination des échantillons à 550°C dans un four à moufle de marque *Nabertherm*, modèle L3/11 (BELKHAMSSA©2019).

II.6.3.4.2. Calcul de la teneur en matière organique (MO)

Les résultats sont calculés à l'aide des équations suivantes :

$$\%MO = \frac{(\text{Poids séd. sec (g)} - \text{Poids séd. incinéré (g)})}{\text{Poids séd. sec (g)}} \times 100$$

$$\%MO = \left(\frac{(P_1 - P_0) - (P_2 - P_0)}{(P_1 - P_0)} \right) \times 100$$

Avec P_0 , la masse du creuset vide, P_1 , la masse finale, P_2 , la masse du creuset contenant les cendres.

Une régression permet l'équivalence entre les résultats par la méthode de la perte au feu (PAF) et celle de Walkley Black (WB) pour une étendue de 0 à 8% de MO.

$$\% \text{ MO (PAF)} = 0.9932 \times \text{MO (W B)} + 0.587$$

II.7. Approche écologique et notion de biodiversité

L'approche écologique s'applique à l'échelle supra-individuelle et reflète les informations des altérations du milieu enregistrées dans le temps (à long terme). On désigne par le terme bioindicateurs ou biointégrateurs.

L'ensemble des épibiontes animales (épifaune) ou végétales (épiflore) qui ont la capacité de refléter une modification biotiques ou abiotiques de l'environnement qu'ils constituent valves de *Pinna nobilis*.

En effet, plusieurs espèces végétales indicatrices ont été proposées dans les divers groupes taxonomiques étudiés par les écologistes, comme la posidonie *Posidonia oceanica* en méditerranée et dont la présence témoigne d'une bonne ualité du milieu marin (Bouidjra *et al.*, 2010) ou encore *Corallina elongata*, *Ulva lactuca*, *Caulerpa prolifera* qui sont des espèces réputées indicatrices de milieu perturbé (Bellan-Santini, 1966 ; Gramulin-Brida *et al.*, 1967).

En écologie, les bioindicateurs ont été définis comme étant une espèce ou un groupe d'espèce qui, par leur présence ou leur absence et/ou leur abondance, nous renseigne sur la qualité du milieu (Widdows, 1985 ; Timbrell, 2001). Les différents paramètres qualitatifs et quantitatifs tel que l'abondance, la richesse spécifique.. etc constituent les outils d'évaluation des structures des écosystèmes et peuvent ainsi déceler d'éventuelles perturbations environnementales et dons d'établir un diagnostic écologique.

II.7.1. Diagnostic écologique de la biodiversité

La richesse et la diversité biologiques sont affectées en raison de la disparition progressive des espèces dites « polluo-sensibles » au profil des espèces « polluo-tolérantes ». Cette diversité peut être quantifiée par divers indices. Un indice représente une mesure abrégée, ou un calcul dérivé de plusieurs 'paramètres', souvent déterminés au sein de différents

composants de la biodiversité. L'intérêt porté à l'utilisation des indices s'est accentué depuis les années 2000 où divers indices biotiques pour la caractérisation de la qualité du milieu ont été proposés (Grimes, 2010).

II.7.2. Aspects de faune et flore associée aux coquilles de *Pinna nobilis*

Dans les écosystèmes marins, la survie de nombreuses espèces dépend fortement d'un substrat approprié dans lequel s'établir; les taxons colonisateurs et la structure de la communauté épifaunale et épiflorale sont déterminés par la structure et la dynamique du substrat (Sebens, 1991). Cependant, en raison de la rareté de substrats rocheux dans les habitats sableux et vaseux, la colonisation de la surface corporelle d'autres animaux marins devient une stratégie précieuse pour la survie des organismes sessiles et mobiles.

Dans ce contexte, certaines espèces de crustacés et de mollusques jouent un rôle important en tant que substrats vivants pouvant héberger des assemblages épibiotiques de complexité variable (Conover, 1979; Warner, 1997; Parapar *et al.*, 1997; Silina et Ovsyannikova, 1998; Fernández *et al.*., 1998). Dans les écosystèmes marins méditerranéens, la carapace 'la valve' de *Pinna nobilis* est l'un des exemples les plus évidents de ce phénomène. Elle est décrite comme un centre considérable d'agrégation d'espèces et elle est connue pour être un substrat biologique très important pour de nombreux épizoobiontes (Zavodnik, 1963, 1967).

Plusieurs études sur les communautés associées de *Pinna nobilis* ont montré que ce mollusque joue un rôle important en tant que substrat dur pour une communauté épizoobiotique complexe (Corriero et Pronzato, 1987; Giacobbe, 2002; Cosentino et Giacobbe, 2007). Cependant, ces études ne concernaient qu'un seul taxon (mollusques ou éponges) et ne prenaient pas en compte les modifications possibles de la communauté épifaunale et épiflorale en termes de type d'habitat, mais également à l'échelle spatiale croissante. Dans la présente étude, la faune et la flore associée à *Pinna nobilis* a été étudiée au sein de huit (08) populations situées sur les côtes Ouest algérienne. Cinq communautés épifaunales ont été comparées et d'autre épiflorale, analysant leur variabilité en fonction du type d'habitat et du renouvellement spatial des espèces associées. Les objectifs de l'étude étaient donc : (1) d'évaluer la structure et la variabilité de la communauté associée par rapport à la taille du valve de *Pinna nobilis* et à l'habitat dans lequel elle vit; et (2) évaluer la similarité et la diversité épifaunales / épiflorale, en accordant une attention particulière aux indices écologiques utilisés pour le diagnostic faunistique.

II.7.3. Échantillonnage et prélèvements

Lors de notre étude sur la densité et répartition de *Pinna nobilis*, huit (08) spécimens de *Pinna nobilis* ont été prélevés dans chacune des huit populations situées le long des côtes Ouest algériennes, précisément dans le littoral Oranais,

zones de repérage de *Pinna nobilis* est situé dans les Îles Habibas « AMP », Arzew, Madegh Zero, La Madrague, Deux Rochers, Bomo-Plage, Kristel et Cap Blanc sont des populations strictement marines. Tous les échantillons ont été prélevés en plongée libre entre 5 et 30 m de profondeur. Des herbiers marins (principalement *Cymodocea nodosa*, *Posidonia oceanica*) étaient présents presque sur tous les sites d'échantillonnage.

II.7.4. Épibiontes associés aux larves des *Pinna nobilis*

L'épifaune et l'épiflore ont été collectées en grattant et en lavant la surface des valves de chaque individu sur un tamis de 0,5 mm de fraction. Les espèces associées étaient séparément classés dans les principaux groupes taxonomiques, conservés dans une solution de formol tamponnée à 10% et classés au niveau le plus élevé possible. Les taxons sessiles ont été séparés des taxons mobiles. L'abondance des espèces coloniales de Spongiaires et de Bryozoaires a été évaluée en termes de pourcentage de couverture pour chaque valve, classées dans les catégories suivantes : absence (0%), moins de 10%, de 10 à 50%, de 51 à 90%, plus de 91%; le pourcentage de couverture moyen a ensuite été calculé pour chaque spécimen de *Pinna nobilis*.

Les abondances (pourcentages et dénombrements) des taxons ont donc été normalisées par total d'échantillon ($N \text{ espèce} / N \text{ total} \times 100$). Le nombre d'espèces S, la diversité H' ($\log e$) de Shannon-Wiener et la régularité de Pielou J' ont été calculés pour chaque coquille de *Pinna* et pour les huit populations. Pour déterminer les épizooties les plus courantes de chaque population de *Pinna nobilis*, on a utilisé l'indice de constance de Dajoz (1971), $CA1 = n A1 / n1 \times 100$, où n A1 était le nombre de coquilles où l'espèce A était présente et n1 le nombre total de coquilles examinées ($n1 = 08$). Les taxons d'épifaune sont classés comme rares (moins de 12%), peu communs (13-24%), communs (25-49%), très communs (50-74%) et constants (75- 100%).

II.7.5. Identification des espèces

L'identification des épibiontes a nécessité un nettoyage minutieux à l'aide d'une brosse fine. Chaque espèce a été observée et identifiée à l'aide des guides et clés standards, relatifs aux groupes taxinomiques à partir des caractères morphologiques et anatomiques. Les espèces observées à l'œil nu et/ou sous loupe binoculaire. Les spécimens ont été photographiés : les photos permettent seulement l'identification jusqu'à un niveau taxinomique assez général puis classés par espèce. Puis un comptage du nombre d'individus identifiés pour déterminer l'abondance relative. Les échantillons ont été préalablement pris dans chaque site de prélèvement des *Pinna nobilis*. L'identification des espèces a été réalisée dans le laboratoire Réseau de Surveillance Environnementale (université d'Oran). Pour cela, nous nous sommes appuyés sur des guides scientifiques d'identification des biocénoses animales et végétales.

II.7.5.1. Traitement des échantillons au laboratoire

II.7.5.1.1. Méthode utilisée

Le traitement des échantillons et leur mesure au laboratoire ont été effectués à l'aide des outils : ruban métrique, règle graduée, balance de précision, étuve. Pour la détermination de la biomasse, un mortier, un pilon, une pissette remplie d'eau de mer et un tamis (fraction 0.5 mm pour la séparation des espèces récoltés. La conservation des échantillons s'est faite dans flacons en verre de différents volumes contenant du formol à 10%. L'identification des espèces (meiofaune et meioflore) a été entreprise à l'aide d'un microscope et d'une loupe binoculaire en se référant à divers ouvrages ; les espèces identifiées ont été documentées grâce à un appareil photographique numérique.

II.7.5.1.2. Identification des épibiontes

Les différents protocoles et étapes de manipulation des différents échantillons récoltés sont exposés ci-dessous selon le type de paramètre à étudier d'une part, mensuration et biomasse concernant directement la *Pinna nobilis* et d'autre part la richesse spécifique identification et dénombrement de différentes espèces d'épiflore et d'épifaune associée aux valves. En peut résumer l'ensemble des étapes et points essentiels réalisés suivant cet enchaînement : après échantillonnage et prélèvement, on passe au tri; conservation; identification; dénombrement. Ensuite, des analyses statistiques sont effectuées sur nos données.

Les espèces ont été triées par taxon (Figure. 52a et b). Nous avons utilisé une loupe binoculaire pour les espèces dont les critères d'identification le nécessitaient telles que la plupart des algues.

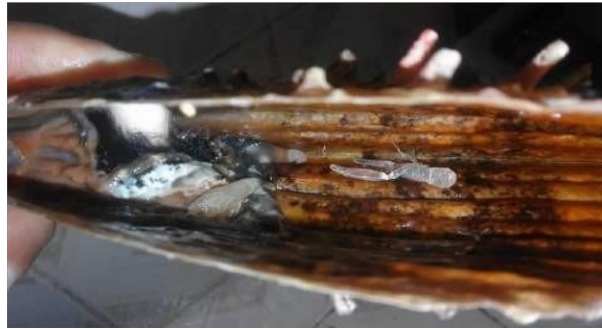


Fig. 52a : Identification des épibiontes associées aux valves de *Pinna nobilis* (BELKHAMSSA©2019)



Fig. 52b : Identification des épibiontes associées à la coquille de *Pinna nobilis* (BELKHAMSSA©2019).

II.7.5.2. Analyse statistique des données : Les indices écologiques utilisés pour le diagnostic faunistique

Évaluer la diversité d'un site est complexe, mais il existe des indicateurs simples tel que le nombre d'espèces présentes, le nombre d'individus pour chaque espèce, le nombre d'individus d'une espèce comparé au nombre d'individus présents de toutes les espèces confondues. On distingue :

II.7.5.2.1. La richesse spécifique (S)

La richesse spécifique donne une information sur le nombre d'espèces inventoriées sur un site. La richesse spécifique totale est le nombre d'espèces faunistiques présentes dans l'espace considéré. Selon Ramade (2002) « la diversité spécifique désigne l'ensemble des espèces d'un groupe taxonomique donné ou la totalité des espèces présentes dans une

biocénose, ou dans une région biogéographique donnée. A ce titre, le terme de diversité spécifique est synonyme de biodiversité ou encore de richesse totale ».

II.7.5.2.2. L'abondance (A)

L'abondance désigne le nombre d'individus d'une espèce. En effet, face à une pollution, les espèces vont suivre trois types de réaction selon leur sensibilité :

- disparaître, pour les plus sensibles ;
- se maintenir, pour les indifférentes ;
- profiter des nouvelles conditions mises en place et se développer, pour les tolérantes et les opportunistes.

L'abondance est utilisé comme indicateurs des effets des polluants dans les sédiments, au même titre que les courbes de biomasse et de richesse spécifique (Grall et Coic, 2006).

II.7.5.2.3. Indice de Shannon (H')

La diversité spécifique peut être définie comme une mesure de la composition en espèces d'un écosystème, en termes du nombre d'espèces et de leurs abondances relatives. La détermination de la diversité des communautés biologiques est impérative car elle permet d'être associée à d'autres propriétés de ces communautés tels que la productivité ou la stabilité ; elle permet également d'être reliée à divers descripteurs du milieu auquel chaque communauté est exposée.

La comparaison basée sur des variables de production ou des descripteur du milieu pourrait favoriser une mesure de la diversité spécifique fondée, non pas sur le nombre d'individus, mais plus tôt sur la biomasse ou le poids sec, la productivité, la fécondité ou toute mesure énergétique appropriée (Legendre et Legendre, 1979).

L'indice de diversité de Shannon H' est une mesure de diversité spécifique couramment employée, en relation avec les fréquences relatives des différentes espèces de l'échantillon. Il est calculé par la formule suivante :

$$H' = \sum ((N_i / N) * \log_2 (N_i / N))$$

N_i : nombre d'individus d'une espèce donnée, i allant de 1 à S (nombre total d'espèces).

N : nombre total d'individus (Grall et Hily, 2003).

Il est à noter que le choix de la base de logarithme est arbitraire (Valiela, 1995) mais, lorsqu'on compare des indices, la base utilisée doit être mentionnée et être la même. L'indice de Shannon peut être égal à zéro ($H' = 0$) quand l'échantillon ne contient qu'une seule espèce (ou une espèce dominante) et augmente à mesure que le nombre d'espèces s'accroît. Pour un nombre donné d'espèces, H' est maximum quand toutes les espèces sont également représentées dans l'échantillon. Il est sensible aux variations d'importance des espèces les plus rares.

Pour évaluer les changements de biodiversité induits par l'extension d'une espèce très compétitive, nous utiliserons la notion de diversité spécifique, mesurée par l'indice de Shannon-Weaver (1949). Cet indice, issu de la théorie de l'information, tient compte du nombre d'espèces présentes dans le relevé i (n_i) et du recouvrement relatif des différentes espèces dans le relevé (Shannon et Weaver, 1949). Cet indice est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible et que quelques espèces dominent. C'est pourquoi l'œil est plus sensible à la notion de diversité spécifique (indice de Shannon-Weaver) qu'à la richesse spécifique (Vanpeene Bruhier *et al.*, 2010).

Insensible à la richesse spécifique, il est très utile pour comparer les dominances potentielles entre les stations ou entre les dates d'échantillonnage (Grall et Hily, 2003). L'indice de Shannon-Weaver est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité J de Pielou (1966), qui présente le rapport de H' sur l'indice maximal théorique dans le peuplement (H_{\max}). Le tableau de (Simboua et Zenetos, 2002) permet de décrire l'état écologique des sites étudiés, en se basant sur les résultats de l'indice de Shannon.

Tab. 15 : Exemple de classification de la pollution au niveau des substrats meuble à partir de la valeur de H' (d'après Simboua et Zenetos, 2002).

État écologique	Valeur de H'	Classification de la pollution
Mauvais	$0 < H' \leq 1.5$	Azoïque, très pollué
Médiocre	$1.5 < H' \leq 3$	Fortement pollué
Moyen	$3 < H' \leq 4$	Modérément pollué
Bon	$4 < H' \leq 5$	Zones de transition
Très bon	$H' > 5$	Sites de référence

II.7.5.2.4. Indice de régularité de Piélou

L'indice d'équitabilité de Piélou traduit le degré de diversité atteint par rapport au maximum théorique. Il se calcule par :

$$J' = H' / H'_{\max} = H / \log S$$

H' : indice de Shonnon

$H'_{\max} = \log S$ (S = nombre total d'espèces) = la diversité maximale ou l'équifréquence

(Frontier et Pichod, 1991 – 1995).

L'indice régularité de Piélou (1966), appelé aussi équitabilité, traduit la qualité d'organisation d'une communauté :

Cet indice peut varier de 0 à 1, il est maximal quand les espèces présentent des abondances identiques dans le peuplement et il est minimal quand une seule espèce est dominante. Insensible à la richesse spécifique, cet indice est très utile pour comparer les dominances potentielles entre stations ou entre périodes d'échantillonnage (Grall et Hily, 2003). La comparaison des peuplements dont la richesse spécifique diffère n'est pas possible sur la base de H' , des valeurs identiques pouvant avoir des significations différentes d'où l'utilisation de l'indice de régularité J' (dit aussi indice d'équitabilité).

CHAPITRE III
RÉSULTATS ET DISCUSSION

III.1. Approche écologique pour l'évaluation de l'espèce *Pinna nobilis* identifiée dans les eaux de la côte ouest algérienne

Ce chapitre comprend les résultats de l'approche écologique formulée selon les observations entreprises en majeure partie sur le terrain. En premier lieu, les résultats de la prospection sont présentés en donnant quelques caractéristiques des sites prospectés ainsi que ceux qui ont été retenus pour l'étude. En second lieu, les résultats du diagnostique de la structure démographique et de la répartition des individus de *Pinna nobilis* dans la zone d'étude.

III.1.1. Présentation des résultats de la prospection

III.1.1.1. Caractéristiques des sites prospectés

Tab. 16 : Caractéristiques et coordonnées géographiques des sites prospectés

Nom du site	Coordonnées géographiques	Caractéristiques
1. Salamandre (Mostaganem)	35°54'55.51"N/0°03'24.08 "E	- Plage Sablonneuse et absence de substrat dur - Présence d'une station de dessalement d'eau de mer - Très fréquentée par les estivants
2. Stidia (Mostaganem)	35°50'4.48"N/0° 0'50.79"O	- Présence d'urbanisation - Présence de <i>Posidonia oceanica</i> - Fréquentée par les estivants
3. Phare (Oran)	35° 52'24.24"N/ 0°17'23.82"O	- A proximité du port d'Arzew - Présence d'un Substrat rocheux
4. Mon Rêve (Oran)	35°50'0.89"N/ 0°29'12.80"O	- Présence de <i>Posidonia oceanica</i> - Substrat sableux peu de roches
5. Ain Franin (Oran)	35°46'29.78"N/ 0°31'27.14"O	- Présence de substrat sableux - Fréquentée par les estivants
6. Cap Falcon (Oran)	35°46'23.87"N/ 0°48'23.47"O	- Présence d'urbanisation - Présence de Substrat sableux - Très fréquentée par les estivants
7. Marthon (Oran)	35°46'21.21"N/ 0°47'40.13"O	- Présence de substrat rocheux - Plage peu sablonneux - Riche en biodiversité
8. Île Plane (Oran)	35°46'17.61"N/ 0°54'3.49"O	- Présence de substrat rocheux et sableux - Présence de pêcheurs à la ligne
9. Bouzedjar (Ain Temouchent)	35°34'53.31"N/ 1° 9'6.94"O	- Présence d'urbanisation - Substrat rocheux et sableux
10. Oued Draa (Ain Temouchent)	35°34' 36.98"N/ 1° 9'29.58"O	- Substrat Rocheux et sablonneux - A proximité du port

Tab. 17 : Caractéristiques et coordonnées géographiques des sites retenus pour notre étude.

Nom du site	Coordonnées géographiques	Caractéristiques
1. Arzew (Oran)	35° 52'22.90"N/ 0°17'26.56"O	- Plage à galets peu de biodiversité au niveau intertidal et médiolittoral
2. Kristel (Oran)	35° 49'26.70"N/ 0°29'56.72"O	- Plage sablonneuse - Présence de Posidonie - Présence d'urbanisation
3. Bomo-Plage (Oran)	35°45'22.04"N/ 0°49'50.66"O	- Présence de rejet de dessalement - Pas de substrat dur
4. La Madrague (Oran)	35°46'10.92"N/ 0°47'32.17"O	- Présence de substrat rocheux et sablonneux - Riche en biodiversité
5. Cap Blanc (Oran)	35°43'27''47"N/ 1° 0'33.76"O	- Présence de substrat sableux et rocheux - Présence de Posidonie et Cestose - Riche en biodiversité
6. Deux Rochers (Oran)	35° 40'44,87"N/ 1° 1'14.43"O	- Substrat Sableux - Présence de Posidonie - Loin de toutes activités anthropiques
7. Madagh "Zero" (Oran)	35°38'56,94"N/ 1° 3'35.72"O	- Présence de substrat dur - peu fréquenté par les estivants - Accès difficile
8. Îles Habibas (Oran)	35°43'26.39''N/ 1° 7'44.48"O	- Substrat Sableux et rocheux - Riche en biodiversités et Présence de Posidonie - Loin de toutes activités anthropiques - Accès difficile

III.1.1.2. Transect des sites retenus pour l'étude

Pinna nobilis a été localisée dans huit (08) sites différents de la côte Ouest algérienne entre 10 et 26 m de profondeur. Pour chaque site, le relevé de la présence de l'espèce ciblée a été réalisé à l'aide de transects longs de 500 à 1500 m, depuis le trait de côte jusqu'au large avec une orientation Nord-Ouest, dans la majorité des cas (Figure 53-60).

III.1.1.2.1. Site d'Arzew

Le fond de ce site est constitué d'une étendue de sable grossier et de débris de coquille de bivalves (bioclastes) avec la présence de quelques touffes d'herbier de *Posidonia oceanica*. À la suite de l'étendue de sable, une zone rocheuse émergeant par endroits à la surface et

comprenant d'importants blocs rocheux et des galets d'environ 2 à 5 cm de diamètre. Vers la fin du transect et à plus de 5 m de profondeur, quelques individus de *Pinna nobilis* ont pu être localisés (Figure. 53).

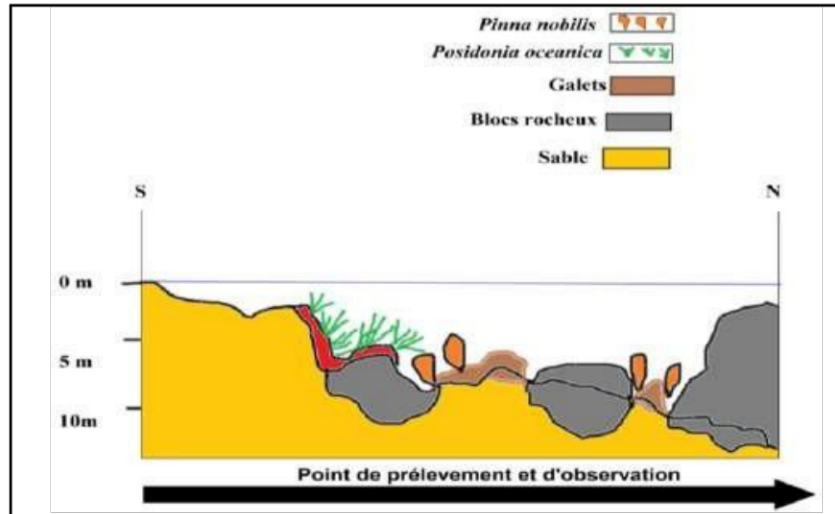


Fig. 53 : Transect (1000 m) réalisé à Arzew et orienté du trait de côte vers le Nord (BELKHAMSSA©2019).

III.1.1.2.2. Site de Kristel

Le site de Kristel s'étale de la plage vers le large avec une orientation Nord-Ouest. Le long d'un transect de 500 m depuis le trait de côte, le relevé géomorphologique est dominé par une étendue de sable fin, des blocs rocheux avec la présence de quelques faisceaux de *Posidonia oceanica* sur des mattes d'environ 0.5 m ; par endroits, le fond rocheux est occupé par un peuplement d'échinides constitué essentiellement d'oursins (*Paracentrotus lividus*).

Pinna nobilis a été trouvée à plus de 500 m du trait de côte, vers le large, sur un substrat de nature sableuse couvert par la posidonie à 10 m de profondeur. L'autre espèce, non ciblée (*Pinna rudis*) a été observée sur un substrat rocheux dans les profondeurs dépassant les 20 m. Il est à retenir que la densité de cette dernière est plus élevée que celle de *Pinna nobilis*. La présence de cette dernière est très faible (Figure. 54), comparé avec les autres sites d'étude.

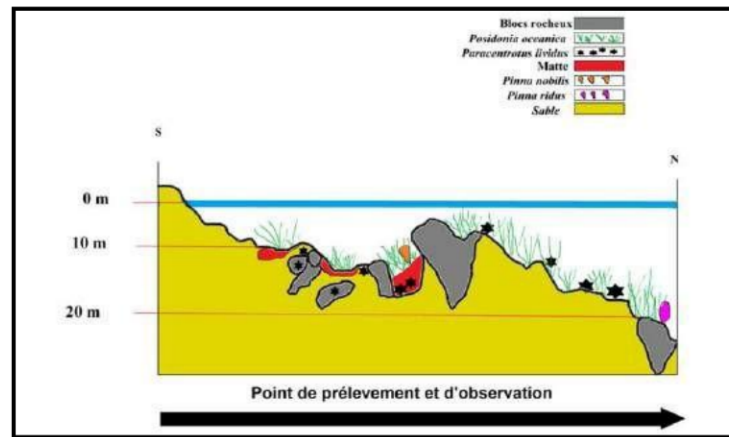


Fig. 54 : Transect (500 m) réalisé à Kristel en allant du trait de côte vers le Nord (BELKHAMSSA©2019).

III.1.1.2.3. Bomo-Plage

Il débute sur la plage et se dirige dans la direction Nord-Ouest vers le large. Les 1500 premiers mètres de ce transect sont constitués d’une étendue de sable fin et débris de coquille de mollusques avec l’absence totale de la Magnoliophyte *Posidonia oceanica*. la bande sableuse poursuit tout au long du transect jusqu’au 15 m de profondeur ou présente quelques espèce de *Pinna nobilis* (Figure. 55).

Une forte présence des algues brunes dans la partie Ouest de la en faible concentration entre 10 m et 20 m de profondeur. Différentes espèces d’algues sont également présentes dans la lagune ; il s’agit de *Caulerpa prolifera* et *Caulerpa racemosa*.

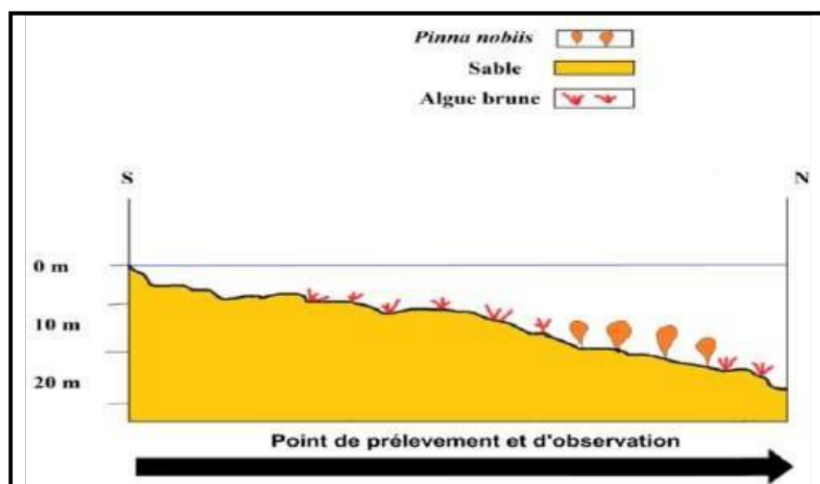


Fig. 55 : Transect (1500 m) réalisé à Bomo-Plage en allant du trait de côte vers le Nord (BELKHAMSSA©2019)

III.1.1.2.4. La Madrague

Il débute sur les première 1000 m et se dirige dans la direction Nord-Ouest vers le large. Les premiers mètres de ce transect sont constitués d'une étendue de sable grossier et de roches occupée par un peuplement d'échinides constitué essentiellement d'oursin *Paracentrotus lividus* et quelques individus d'Holothuridaes (*Holohuria tubulosa*) avec l'absence totale de la Magnoliophyte *Posidonia oceanica*.

Fait suite à cette bande une fausse qui descend de plus de 25 mètre de profondeur qui émerge à la surface par d'important mattes et touffes de *Posidonia oceanica* ou des *Pinna nobilis* sont inféodés (Figure. 56).

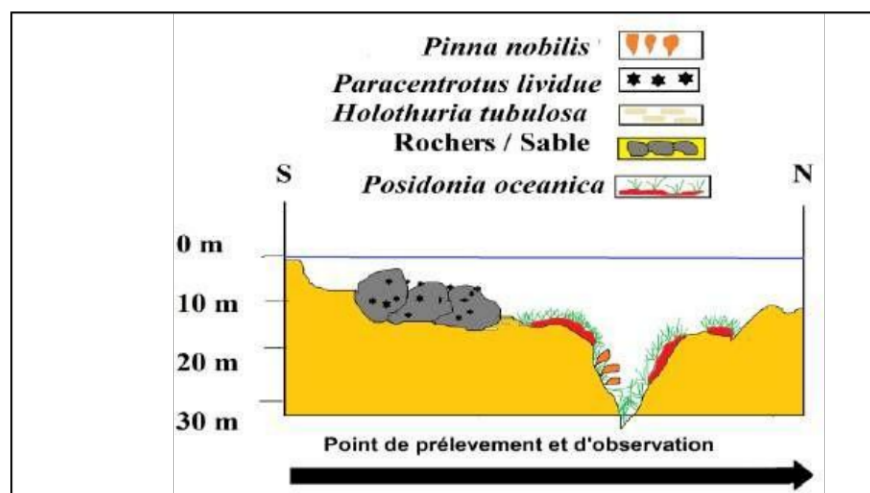


Fig. 56 : Transect (1000 m) réalisé à La Madrague en allant du trait de côte vers le Nord (BELKHAMSSA©2019).

III.1.1.2.5. Cap Blanc

Il débute sur les 1000 premiers mètres et se dirige dans la direction Nord-Ouest vers le large, ce transect est constitué d'une étendue de sable grossier avec l'absence totale de la Magnoliophyte *Posidonia oceanica*. Fait suite à cette bande sableuse une zone rocheuse occupée par un peuplement d'échinides constitué essentiellement d'oursin *Paracentrotus lividus* et quelques individus d'Holothuridaes (*Holohuria tubulosa*), qui émerge par d'important bloc rocheux afin de protéger quelques espèces de *Pinna nobilis* inféodés dans une zone peuplé par la Posidonie jusqu'à 20 m de profondeur (Figure. 57).

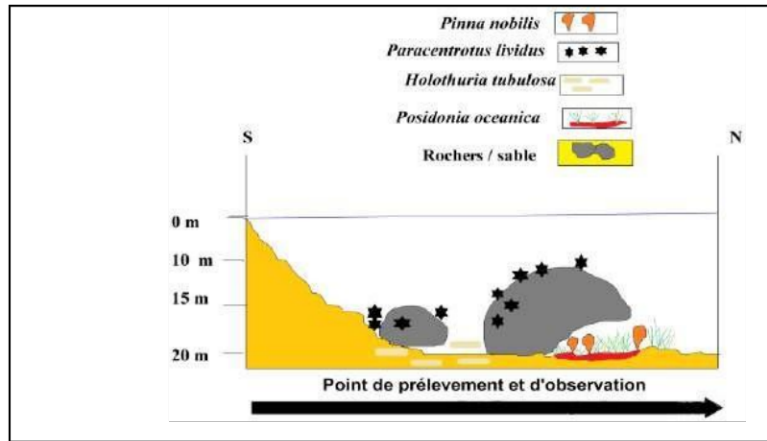


Fig. 57 : Transect (1000 m) réalisé à Cap Blanc en allant du trait de côte vers le Nord (BELKHAMSSA©2019).

III.1.1.2.6. Deux Rochers

Il débute sur la plage et se dirige dans la direction Nord-Ouest vers le large. Les 500 premiers mètres de ce transect sont constitués d’une étendue de sable grossier avec l’absence totale de la Magnoliophyte *Posidonia oceanica* par contre une forte présence de la *cymodocea nodosa*. Fait suite à cette bande sableuse une zone rocheuse qui émerge à la surface par deux grands blocs rocheux jusqu’à 15 m de profondeur occupée par un nombre important d’échinides constitué essentiellement d’oursin *Paracentrotus lividus* et quelques individus d’Holothuridaes (*Holohuria tubulosa*). La faible présence de *Pinna nobilis* a été enregistrée à partir de 15 m de profondeur, dans l’herbier à *Posidonia oceanica* (Figure. 58).

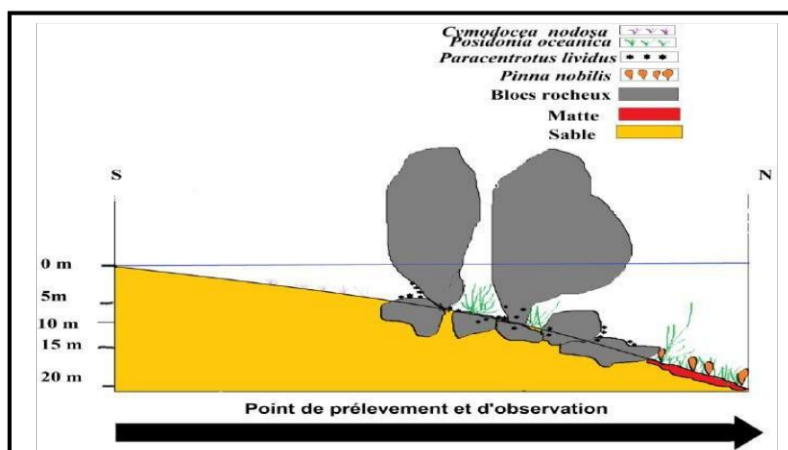


Fig. 58 : Transect (500 m) réalisé aux Deux Rochers en allant du trait de côte vers le Nord (BELKHAMSSA©2019)

III.1.1.2.7. Madagh « Zero »

Il débute sur la plage et se dirige dans la direction Nord-Ouest vers le large. Les 500 premiers mètres de ce transect sont constitués d'une étendue de sable grossier et débris de coquille de mollusques avec l'absence totale de *Posidonia oceanica*. Fait suite à cette bande sableuse un rocher qui abrite derrière une grande matre à *Posidonia oceanica* qui comprend plusieurs *Pinna nobilis* à partir de 15 m de profondeur (Figure. 59).

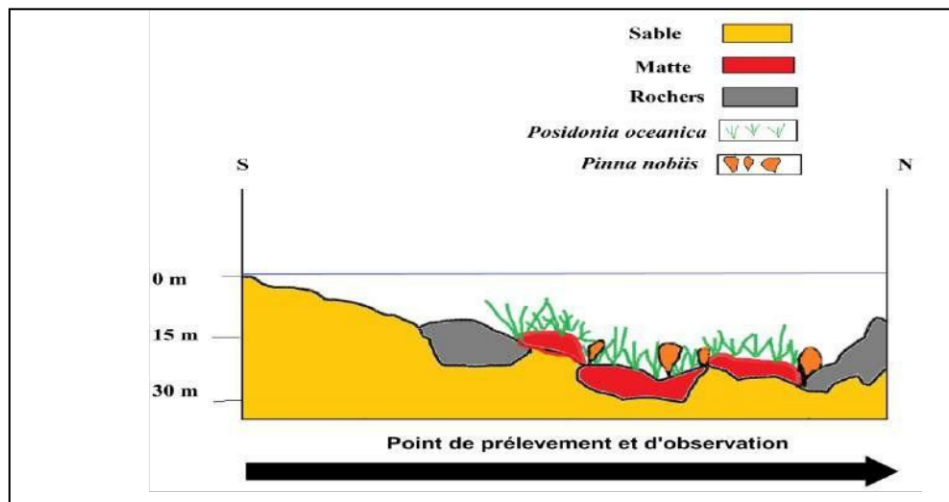


Fig. 59: Transect (500 m) réalisé à Madagh « Zero » en allant du trait de côte vers le Nord

(BELKHAMSSA©2019)

III.1.1.2.8. Les Îles Habibas

Il débute sur la plage et se dirige dans la direction Nord-Ouest vers le large. Les 500 premiers mètres de ce transect sont constitués d'une étendue de sable grossier et débris de coquille de mollusques avec une présence de *Posidonia oceanica*. Fait suite à cette bande sableuse une zone comprend quelques Rochers qui émergent à la surface par d'important bloc rocheux. Dans cette zone une forte présence de la *cymodocea nodosa*, et différentes espèces d'algues sont également présentes dans la lagune ; il s'agit de *Caulerpa prolifera* (espèce endémique) et *Caulerpa racemosa* (espèce introduite). En trouvera aussi une étendue rocheuse, occupée par un peuplement d'échinides constitué essentiellement d'oursin *Paracentrotus lividus* et quelques individus d'Holothuridaes (*Holohuria tubulosa*).

La présence de *Pinna nobilis* en nombre important à notre égard, avec une présence une

biodiversité faunistiques et floristiques importante (Figure.60). La présence en densité de plusieurs espèces de poissons.

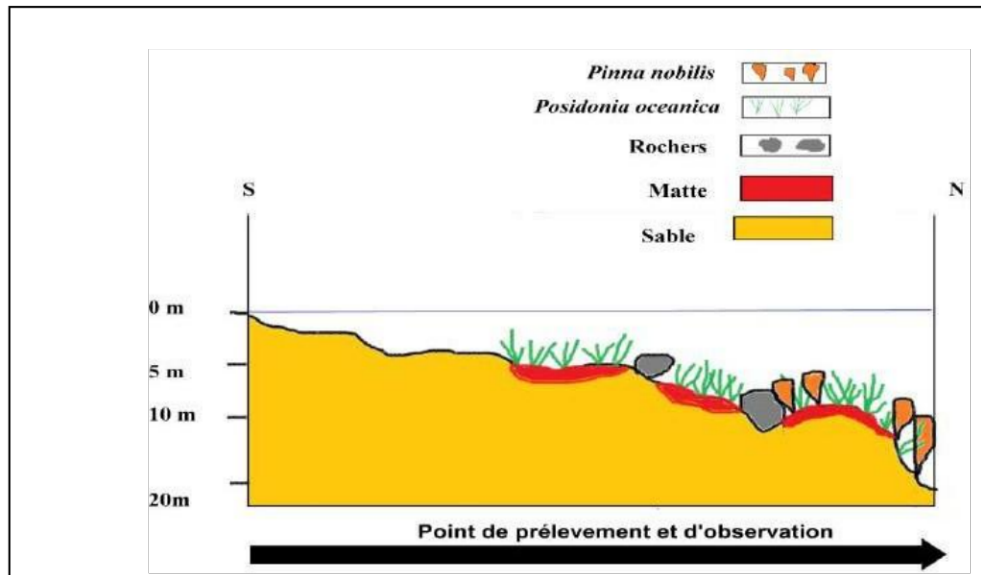


Fig. 60 : Transect (500 m) dans les eaux des Îles Habibas en allant du trait de côte vers le Nord (BELKHAMSSA©2019)

III.2. Présentation des résultats de la distribution de *Pinna nobilis* dans la côte Ouest Algérienne

Cette partie concerne l'étude de la distribution spatiale des *Pinnidés* et la structure démographique et densité et la répartition des *Pinnideas* dans la zone d'étude, dans le but d'établir un diagnostic écologique de la qualité des écosystèmes marins au niveau de la côte Ouest Algérienne.

Les *Pinnideas* étant considérés comme indicateurs de l'état de santé et de l'évolution de leur milieu de vie, leur richesse spécifique étant un pôle de biodiversité et leur répartition spatiale dépendent étroitement du degré de la dégradation due à l'action anthropique observée sur l'ensemble des sites échantillonnés. Sur les 18 sites prospectées, seulement huit (08) ont été retenues pour lesquels nous avons dressé un inventaire de *Pinna nobilis* afin d'y établir la richesse spécifique, l'abondance, densité et la répartition des *Pinna nobilis* dans la zone d'étude.

III.2.1. Inventaire des individus de *Pinna nobilis* dans la zone d'étude

Les résultats présentés dans ce travail ont été menés sur une campagne d'échantillonnages saisonnière de quatre années sur terrains, effectuées pendant l'année 2015 – 2019. Huit (08) sites, contrastés dans leurs emplacements par rapport aux lieux de repérage et d'existence, ont été échantillonnés sur la région de la côte Ouest de l'Algérie afin d'estimer l'état physiologique et les caractéristiques du milieu qu'il abrite notre espèce et nous avons calculé un ensemble d'indices physiologiques.

La prospection en plongée avec scaphandre de la zone comprise entre Mostaganem et Ain Temouchent, nous a permis de recenser 62 *Pinna* concentrées dans la côte oranaise. Avec plusieurs autres spécimens morts trouvés dans les différentes zones prospectées. L'effectif total des individus inventoriés s'élève à 84 (Figure. 61). Les spécimens morts, seront aussi pris en considération, étant donné que l'étude ne portera que sur la côte oranaise où se localise la *Pinna nobilis*.

Pinna nobilis est la mieux représentée numériquement dans la côte ouest Algérienne. Les 61 spécimens trouvés (43 vivantes et 18 mortes) entre 5 et 30 m sont implantés en grande majorité au sein de l'herbier de Posidonie et mesurent entre 10 et 70 cm. *Pinna rudis* est représentée par 23 spécimens (dont quatre mortes), soit moins de 20% de l'effectif total des Pinnidés de la côte Ouest Algérienne étudiée. Cette espèce occupe le même biotope que *Pinna nobilis* et se répartie sur les mêmes profondeurs.

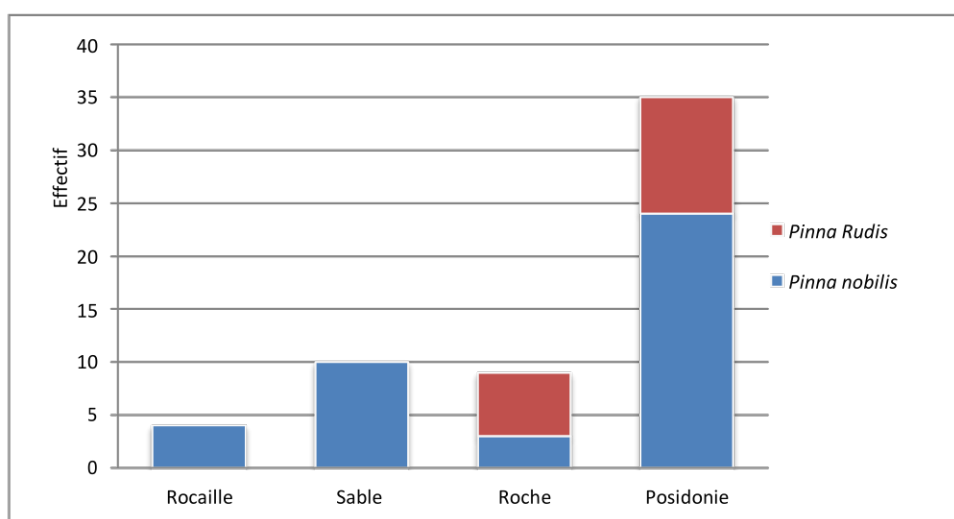


Fig. 61 : Inventaire des Pinnidés dans la Côte Ouest Algérienne selon le substrat.

III.2.1. Structure démographique et densité de *Pinna nobilis*

Sur les 43 spécimens de *Pinna nobilis* vivantes inventoriées, nous n'avons pu mesurer que 31 dont la taille est comprise entre 10 et 60 cm. Le nombre de spécimens mesurant moins de 20 cm est de 6 individus. La taille maximale mesurée in situ est de 54,1 cm. Sur 18 valves de *Pinna nobilis* mortes, nous n'avons pu mesurer que 11 spécimens, les autres étant cassées. Il est à noter que la majorité des valves trouvées, sont des valves d'adultes qui ont une taille supérieure à 30 cm, avec la plus grande mesurant 68,1 cm. Les juvéniles ne sont représentés que par 2 paires de valves (Figure. 62).

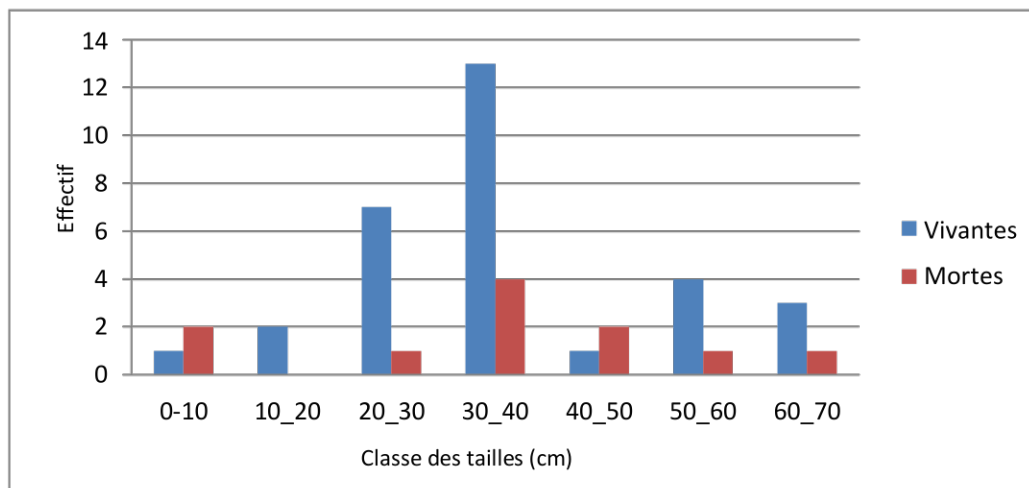


Fig. 62 : Structure démographique de la population de *Pinna nobilis*.

III.2.3. Proportions des spécimens juvéniles et adultes

Sur les 62 *Pinna* vivantes, inventoriées et identifiées, 45 ont été mesurées (31 *Pinna nobilis* et 14 *Pinna ridus*), marquées et repérées. Des fiches d'inventaire portant toutes les informations utiles ont été établies. Afin d'avoir une idée sur la pérennité des espèces, nous avons estimé le nombre de juvéniles par rapport à celui des adultes. Les juvéniles sont identifiés grâce à leur forme (sommet légèrement aplati) et à leur taille ($Lt \leq 20$ cm), (Combelles *et al.*, 1986). Ce rapport est de l'ordre de 10 juvéniles pour 35 adultes.

III.2.4. Répartition des individus de *Pinna nobilis* par secteur

Les trois secteurs de la côte Ouest algérienne présentent sensiblement la même topographie et

des profondeurs analogues. La richesse spécifique de chaque secteur est donnée par la (Figure. 63). Il existe une certaine proportionnalité entre les spécimens morts et les spécimens vivants dans les différents secteurs. La côte Oranaise est le secteur le plus riche, avec une forte présence de *Pinna nobilis*. *Pinna ridus* est plus présente dans les côtes mostaganémoise et d'Ain Temouchent. Le secteur Oranais représente à lui plus de 50% de l'effectif total. Le nombre de mort dans toute la zone d'étude est très réduit.

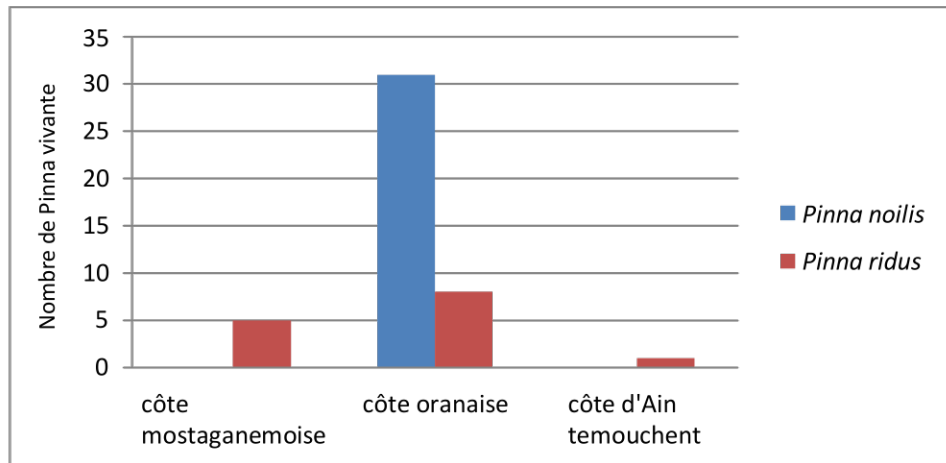


Fig. 63 : Répartition des Pinnas par secteur.

III.2.5. Répartition des individus de *Pinna nobilis* selon la nature du fond

Les *Pinna* recensés occupent quatre types de fonds : la rocaille ; les galets, le sable, la roche et la posidonie. Il est à remarquer que *Pinna* se trouve souvent à proximité de la Posidonie quelque soit la nature du fond. Quand elle est fixée dans le sable, c'est que ce dernier se trouve soit dans une clairière au sein de la Posidonie, soit sur sa lisière. De même pour la roche, l'animal se trouve implanté dans un substrat meuble recouvrant la roche, à proximité de la Posidonie. La répartition des *Pinna* selon le fond, nous a permis de constater que la population préfère en premier lieu la posidonie, puis la roche et en dernier lieu la rocaille (Figure. 64).

Cette dernière n'est occupée que par des juvéniles de *Pinna nobilis*.

Pinna nobilis occupe surtout la posidonie, elle est présente à 60 % dans ce milieu. La totalité de cet effectif est adulte. Aucun juvénile n'a été trouvé dans la posidonie.

Pinna rudis occupe deux types de fonds, la posidonie et la roche. Le premier biotope abrite 70% des individus inventoriés. Les 30% qui se trouvent sur la roche sont à proximité de la Posidonie.

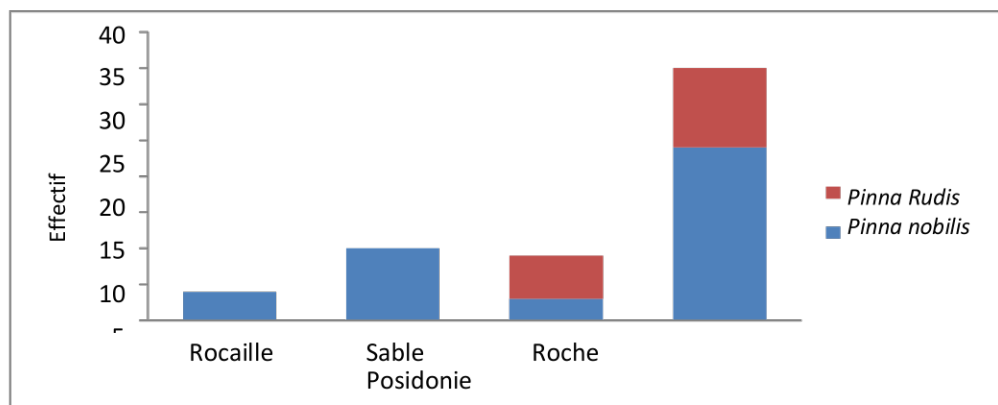


Fig. 64 : Répartition des Pinnas selon la nature fond.

III.2.6. Répartition des Pinnidés selon la profondeur

La répartition des Pinna selon la profondeur est tributaire de la répartition de la posidonie. Comme celle-ci est présente à une profondeur comprise entre 0 et 25 m, les Pinnas occupent sa bande centrale (83 %). La répartition selon la profondeur est aléatoire.

Pinna nobilis et *Pinna rudis* se trouvent surtout entre 5 et 22 m, avec une prédominance vers les 10 m à 15 m pour la première et les 20 m pour la deuxième. Les lisières de 5 m et 25 m se trouvent dégarnies à cause de l'absence de la posidonie (Figure. 65)

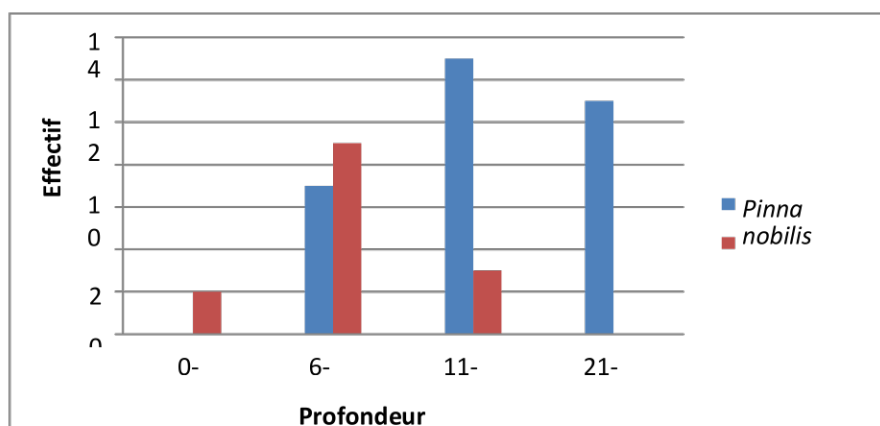


Fig. 65 : Répartition bathymétrique de *Pinna nobilis* et *Pinna rudis* dans côte Ouest Algérienne.

III.2.4. Densité et nature du substrat

III.2.4.1. Résultats

Bien que les données publiées sur la densité des populations de *Pinna nobilis* soient rares, certaines tendances peuvent être obtenues à partir de la bibliographie. En général, la densité des individus est faible comparée à celle d'autres mollusques bivalves marins vivant sur des substrats meubles. Butler *et al* (1993) ont indiqué que *Pinna nobilis* est répartie en formant des métapopulations où les grandes étendues avec seulement 1 individu/100 m² sont interrompues par des populations dispersées ayant de hautes densités (jusqu'à 21 individus/100m²) sur les côtes provençales et corses. Une densité moyenne de 1 individu/100 m² a été citée à Port Cros et Scandola (côtes françaises) au début des études sur l'espèce (Combelles *et al*, 1986). Zavodnik *et al* (1991) ont indiqué une densité moyenne de 9 individus/100m² sur les côtes adriatiques.

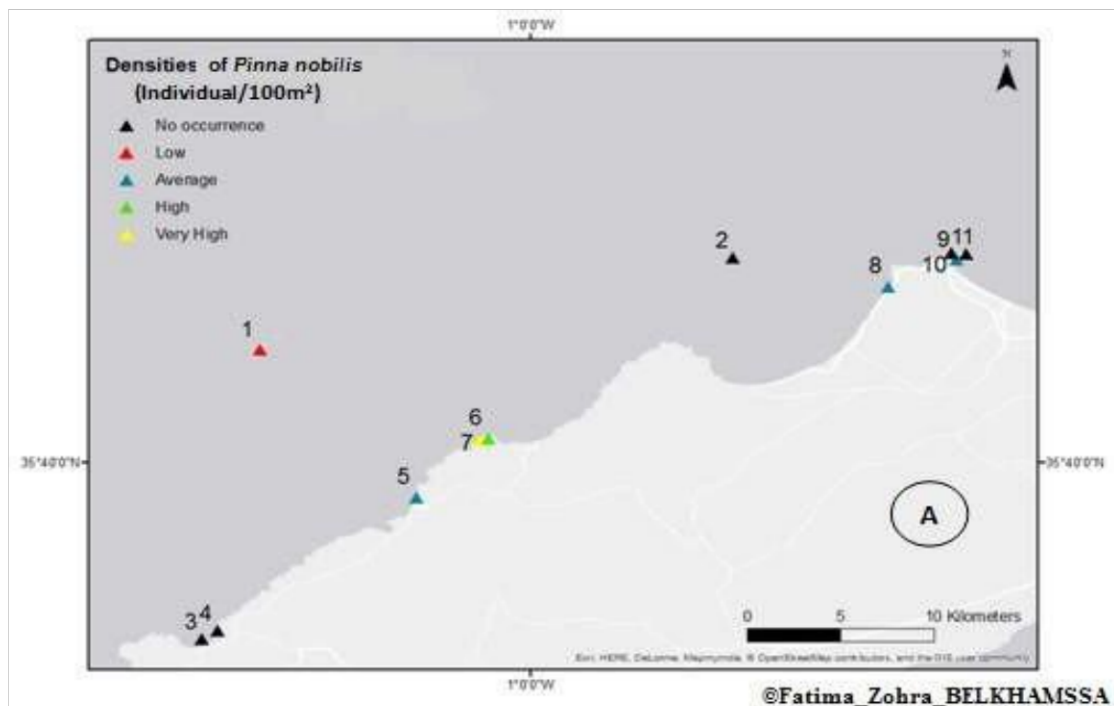
Pinna nobilis a été localisé dans huit (08) localités : les Îles Habibas, Cap Blanc, Arzew, Madagh "Zero", La Madrague, Deux Rochers, Bomo-Plage et Kristel. Sur la côte Ouest Algérienne, *Pinna nobilis* réside à moitié enfoui dans un substrat de nature et de surface modifiée (tableau 07). Il est sableux-boueux au Cap Blanc, à Kristel, sablonneux dans les régions des Îles Habibas, Madagh "Zero" et Bomo-Plage également à La Madrague et boueux dans les cas d'Arzew, Deux Rochers. De même, il convient de préciser que dans certaines destinations, par exemple Arzew (substrat rocheux), Deux Rochers et le substrat sont mélangés avec des tons peu prononcés ou du matériel biodétritique.

Tab. 18 : Représentation de *Pinna nobilis* et description de divers types de substrats. Densité : densité <3 ind. 100 m²: faible; 3 <densité <6 ind. 100 m²: moyenne; 6< densité <9 par 100 m²: haute; densité> 9 po 100 m²: très haute.

Sites	Densité de <i>P.nobilis</i> /100 m ²	Taux	Substrat	Couverture	Observation
Les Îles Habibas	0,08	Faible	Sablonneux	<i>Posidonia oceanica</i> & Rhodophyceae	-
Arzew	0,28	Haut	Rocheux, vaseux, matériel biodétritique	Chlorophycées	Présence de <i>Pinna rudis</i>
Cap Blanc	0,4	Très haut	sablonneux-vaseux	<i>Posidonia oceanica</i> , Rhodophyceae	Présence de <i>Pinna rudis</i>
Madagh "Zero"	0,16	Moyen	Sablonneux	Rhodophyceae, <i>P. oceanica</i>	-
Oued Draa	0	-			Présence de <i>Pinna rudis</i>
Stidia	0	-			-
Salamandre	0	-			Présence de <i>Pinna rudis</i>
Les Île Plane	0	-			Présence de <i>Pinna rudis</i>
La Madrague	0,16	Moyen	Sablonneux	<i>Posidonia oceanica</i>	Présence de <i>Pinna rudis</i>
Ain Franin	0	-			Présence de <i>Pinna rudis</i>
Deux Rochers	0,24	Haut	Sablonneux, rocheux, matériel biodétritique	<i>Posidonia oceanica</i> , Rhodophyceae	Présence de <i>Pinna rudis</i>
Bomo-Plage	0,2	Moyen	Sablonneux	<i>Posidonia oceanica</i> , Chlorophyceae	Présence de <i>Pinna rudis</i>
Kristel	0,16	Moyen	Sablonneux-vaseux	<i>Posidonia oceanica</i>	Présence de <i>Pinna rudis</i>
Mon Rêve	0	-			Présence de <i>Pinna rudis</i>
Phare	0	-			Présence de <i>Pinna rudis</i>
Bouzadjar	0	-			Présence de <i>Pinna rudis</i>
Cap Falcon	0	-			Présence de <i>Pinna rudis</i>
Marathon	0	-			Présence de <i>Pinna rudis</i>

En ce qui concerne le substrat révélant, *Pinna nobilis* a été observé dans son biotope préféré, *Posidonia oceanica*, dans la région du Cap Blanc. Dans la plus grande partie des localités prospectées, il est installé soit à l'intérieur des collines mélangées des herbes marines *Posidonia oceanica* et *Cymodacea nodosa* (les Îles Habibas, Madagh "Zero", La Madrague, Kristel), soit sans phanérogame (Deux Rochers, Bomo-Plage).

Nous avons recensé 61 exemples de *Pinna nobilis*. La densité moyenne d'individus pour chaque zone a changé de manière significative en commençant d'une partie à l'autre (Figure. 66 A et B) et se situait quelque part dans la gamme de 0,04 à 0,4 individus de 100 m². Les densités d'individus les plus élevées ont été enregistrées dans les localités qui les accompagnaient : Cap Blanc (0,4 individus 100 m²), Arzew (0,28 individus 100 m²), Deux Rochers (0,24 individus 100 m²), Bomo-Plage (0,2 individus 100 m²), La Madrague, Madagh "Zero", Kristel (0,16 individus 100 m²). Le plus réduit est celui des Îles Habibas (0,08 individus 100 m²) Ce résultat confirme que les individus sont progressivement plus agrégés à mesure que la profondeur augmente (Tableau. 16).



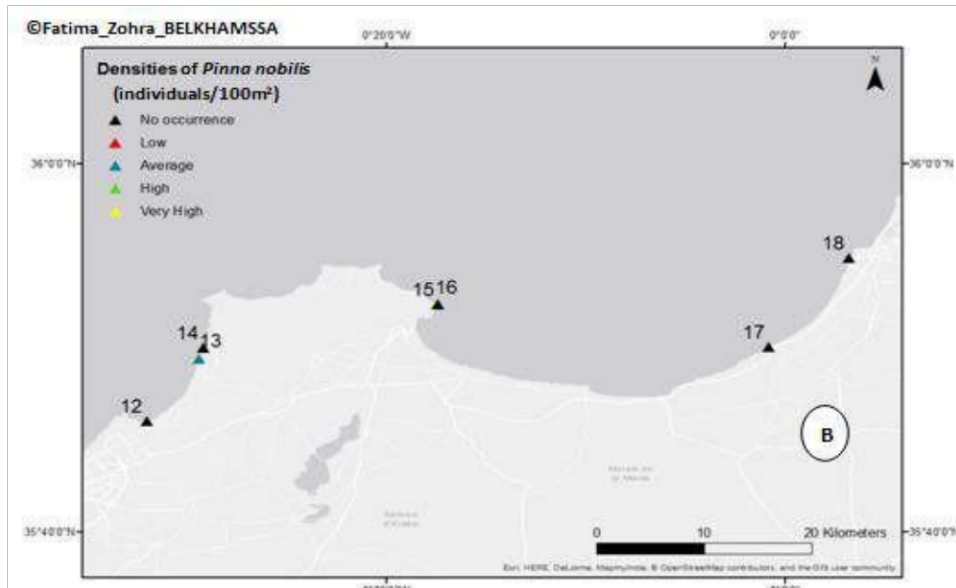


Fig. 66. A et B: Répartition des densités de *Pinna nobilis* dans la zone d'étude (▲ absence; ▲ densité faible; ▲ densité moyenne; ▲ densité élevée; ▲ densité très élevée) (1. Les Îles Habibas, 2. Plane Island, 3. Bouzedjar, 4. Oued Draa, 5. Madagh "Zero", 6. Deux Rochers, 7. Cap Blanc, 8. Marathon, 9. Bomo-Plage, 10. La Madrague, 11. Cap Falcon, 12. Kristel, 13. Ain franin, 14. Mon reve, 15. Arzew, 16. Phare, 17. Stidia, 18. Salamandre). (BELKHAMSSA: MapMyIndia 2019).

Il n'y avait pas de grande distinction entre les populations de La Madrague et de Kristel, et le nombre de populations des Îles Habibas était étonnamment variable par rapport aux autres populations (Arzew, Kristel, La Madrague, Madagh zéro). Les Îles Habibas ont présenté des contrastes énormes avec les populations du de Bomo-Plage et des Deux Rochers, c'est la densité la plus basse des environs. Enfin, le niveau de vie moyen des populations des Îles Habibas et du Cap Blanc était de peu différente (Figure. 67).

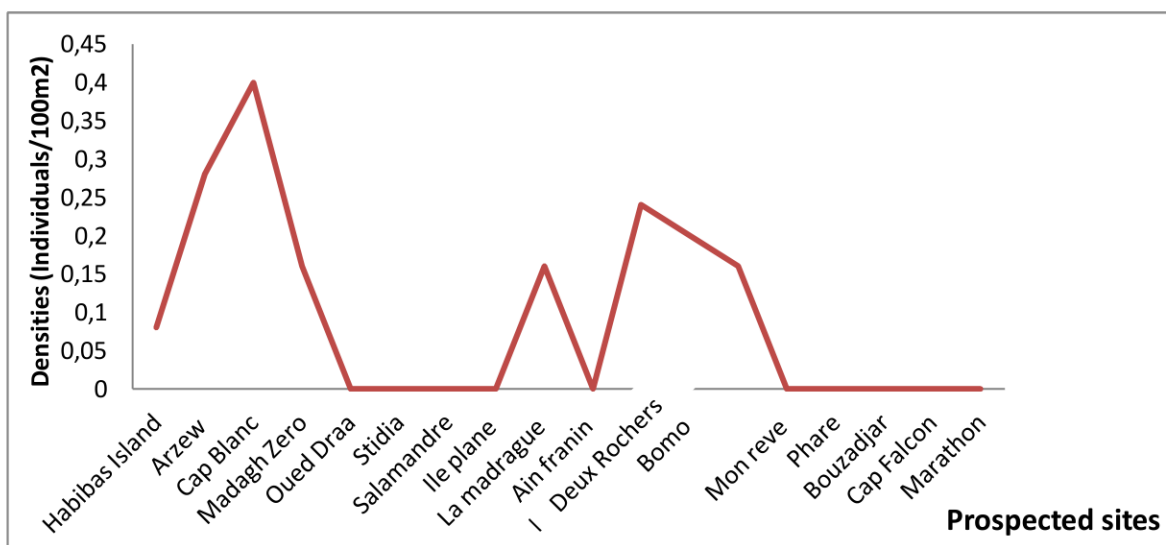


Fig. 67 : Variations spatiales des densités de *Pinna nobilis* le long des côtes Ouest Algériennes.

III.2.4.2. Discussion

La prospection in situ réalisée dans la côte Ouest algérienne, soit un transect linéaire d'environ 10 km entre chaque site d'étude, nous a permis de confirmer l'existence de deux espèces de Pinnidae, *Pinna nobilis* et *Pinna rudis*, avec une nette prédominance de la première. Nous avons pu recenser un total de 84 spécimens dont 61 *Pinna nobilis* (43 vivantes et 18 mortes) et 23 *Pinna rudis* (19 vivantes et 4 mortes). Ces deux espèces sont signalées dans tous les bassins de la Méditerranée (à l'exception de la Mer Noire, pour *Pinna nobilis*) ainsi que dans l'Atlantique proche (côtes marocaines, espagnoles et portugaises sud) (Lozet et Dejeanarrecgros, 1977; George et George, 1979; Lombard, 1995), mais toujours avec de plus faibles densités de *Pinna rudis*. Plus à l'Est, Semroud et al., 2005 signalent la présence des deux espèces *Pinna nobilis* et *Pinna rudis* au sein de l'herbier à posidonie du Parc National d'El-Kala. Nous avons constaté une faible densité dans notre cas et serait probablement due à la prédation humaine et animale, ce qui expliquerait d'une part les faibles valeurs de densité et l'importance des coquilles mortes inventoriées, en particulier celles de *Pinna nobilis*. Selon Vicente *et al.*, (1980), toute *Pinna* qui serait fixée hors de l'herbier aurait tendance à vivre dans des conditions défavorables. Toutefois, elle pourrait survivre hors de cet écosystème en présentant une orientation générale déterminée par les courants (Combelles *et al.*, 1986). En raison de la forte prédation humaine sur les grands champs de nacre des herbiers de Posidonies, les *Pinna* vivent actuellement en populations très clairsemées même au sein des biotopes de prédilection, représentés par les phanérogames marines. Dans la plupart des écosystèmes où elles subsistent encore, on ne retrouve plus que des reliques confinées à des secteurs très limités dans l'espace et leur densité reste généralement faible (Beaufort, 1987; Vincente, 1990; Loques et Obolensky, 1992; Maurin *et al.*, 1994). En dehors du site de Cap Blanc où nous avons trouvé la plus forte concentration des *Pinna* (densité moyenne = 4 ind./100 m²), la densité des deux espèces reste très faible dans les autres secteurs prospectés (*Pinna nobilis* = 0,04 /100 m², *Pinna rudis* = 0,01/100 m²). Ces valeurs restent bien en deçà de celles observées sur les côtes Nord et Est tunisiennes, où l'on signale des densités moyennes respectives de 17 et de 20 ind./100 m² dans les régions de Njila et de Stah Jaber (Rabaoui *et al.*, 2006). Tlig-Zouari (1993) trouve des valeurs exceptionnelles de l'ordre de 5 ind. /100 m²

autour des Îles Kerkennah en Tunisie, alors qu'en milieu lagunaire, Rabaoui *et al.*, (2005) trouvent des valeurs de densités qui oscillent dans la lagune de Bizerte (Tunisie) entre 0 et 24 ind./100 m², soit une moyenne de 17 ind./100 m² (Figure.68).

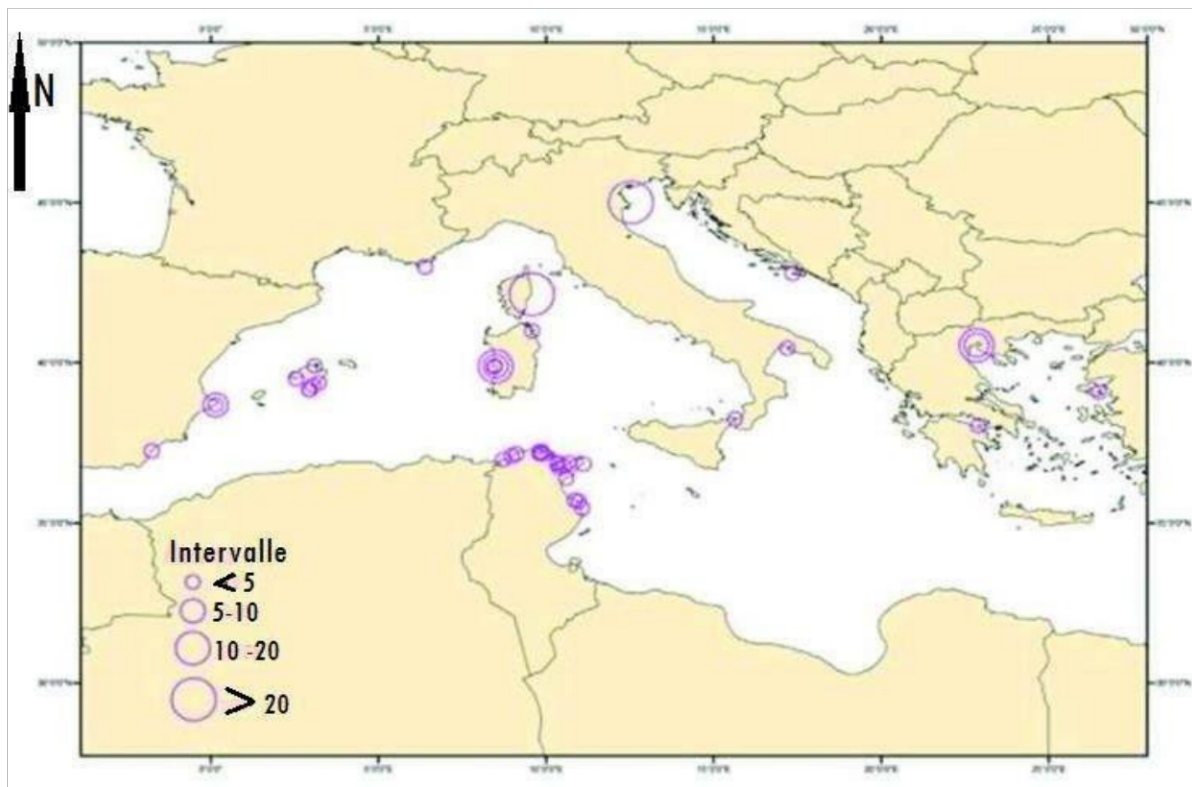


Fig. 68: Densités des populations de *Pinna nobilis* dans le Bassin méditerranéen (NATURA 2000, NetworkViewer geodata and grey literature).

Ces densités sont relativement plus importantes que celles mentionnées dans d'autres zones

ouvertes ou protégées de la Méditerranée. En effet, la densité moyenne estimée dans le Parc

National de Port-Cros (Var, France), varie de 1 ind./51,6 m² à 1 ind./100 m² (Combelles *et al.*, 1986). En Italie, Giacobbe (1987) a estimé la population du détroit de Messine à 1 ind./14,5 m². En revanche, la densité de *Pinna nobilis* des côtes espagnoles varie entre 4 et 10 ind./100 m² dans les régions de Murcia, d'Almería et autour des Îles Baléares (Garcia March *et al.*, 2002). En Mer Adriatique, sa densité au mètre carré est comprise entre 0,02 et 0,2 individus (Siletic et Peharda, 2003). Ces variations de densités moyennes d'une région à une autre pourraient être en relation avec la nature des biotopes habités par les nacres et les modifications des conditions environnementales par les différentes

activités humaines. En plus du prélèvement abusif par les plongeurs sur les populations naturelles, vient s'ajouter l'action d'autres facteurs abiotiques et/ou anthropiques responsables de l'absence ou de la régression des stocks de *Pinna nobilis*, tels que : l'absence d'herbier de posidonie, un hydrodynamisme fort, les substrats accidentés à rochers sont probablement des facteurs empêchant non seulement la fixation, mais aussi l'installation des naissains;

- les destructions par les ancrages des petits métiers qui représentent presque 80% de la flottille locale exerçant sur les côtes Ouest Algérienne. Avec la création des plages d'échouage, la situation pourrait devenir plus alarmante au cours des années à venir;

- les pollutions urbaines les rejets d'eaux non traitées, sédiments et polluants chimiques entraînés en mer en grande quantité après les pluies d'hiver. Cette pollution pourrait rendre fragile l'habitat, affectant l'installation des recrues au sein des zones de prédilection, tels que l'herbier de posidonie (Beaufort, 1987; Vincente, 1990; Frontier et Pichod-Viale, 1991);

- la prédation naturelle, qui reste difficile à évaluer *in situ*, n'est pas à négliger surtout chez les jeunes naces (divers poissons sparidés et astérides) et même chez les adultes (poules). Nous pouvons seulement constater que le nombre de *Pinna* morts retrouvés en plongée au cours de la période d'échantillonnage est très important (47 %), en particulier chez *Pinna nobilis* (52%).

Cette espèce, comparée à la population de *Pinna rudis*, serait plus exposée à la prédation sous ces différentes formes.

Nous avons constaté aussi que l'essentiel de la population de *Pinna nobilis* et de *Pinna rudis* de la côte Ouest algérienne est représentée par des individus de taille moyenne qui sont inféodés à l'herbier superficiel de posidonie, entre 5 et 30 m de profondeur au niveau du Côte Oranaise. Plusieurs études en méditerranée mentionnent que la *Pinna nobilis* préfère les champs de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, à *Zostera noltii* Hornem et à *Z. marina* (L.)

(Beaufort, 1987; D'Angelo et Gargiullo, 1991; Weinberg, 1992; Loques et Obolensky, 1992; Vincente, 1993). Les populations de *Pinna nobilis* peuplant le littoral Nord et Est de la Tunisie colonisent plutôt les prairies de Cymodocés *Cymodocea nodosa* (Rabaoui *et al.*, 2006). Dans les lagunes, on la retrouve soit

inféodée aux prairies de *C. nodosa* (Rabaoui *et al.*, 2006), soit à l'algue verte *Cauperpa prolifera* (Calvin-Calvo, 1999), ou encore dans des biotopes meubles dépourvus de phanérogames, comme c'est le cas dans le lac de Vouliagmeni en Grèce (Katsanevakis, 2005). Tous ces travaux plaideraient donc en faveur d'une adaptation de la nacre aux modifications des biotopes de prédilection, représentés essentiellement par l'herbier de Posidonie.

III.3. Analyses biométriques

Dans cette partie seront présentés les résultats d'analyses de variance effectuée sur les paramètres biométriques mesurés chez les *Pinna* recensés. Les mesures prises sur les *Pinna nobilis* sont : la longueur au dessus du sédiment (Ls), la largeur maximale (lm), la largeur au niveau du sédiment (ls) et la distance entre le sommet de la charnière et le sommet des valves

(D) et la longueur totale des valves (Lt) est mesurée sur les spécimens morts et calculée pour les spécimens vivants et détermination d'âge des *Pinna nobilis* dans toute la zone d'étude.

III.3.1. Résultats de l'analyse biométrique

Les analyses biométriques a été développée sur une population peu dense de *Pinna nobilis* située dans la côte Ouest algérienne, durant un suivi de quatre ans (2015-2018). Les observations sur la topographie montrent que certains endroits ou *Pinna nobilis* a parfois été trouvé dans des creux parmi de gros rochers ou dans des zones abritées sablonneuses et moins profondes ou à Galets. Cependant, la plupart des individus ont été observés dans la zone indiquée. Notre étude a mis en évidence que la taille moyenne (de 5 à 10 m et de 9,1 à 49,8 cm) augmente avec la profondeur (10 à 25 m). Par conséquent, la zone a été choisie comme localité optimale pour étudier l'évolution d'une population de *Pinna nobilis* et pour tester les différentes hypothèses proposées pour expliquer la ségrégation par taille, le modèle de distribution spatiale des coquilles.

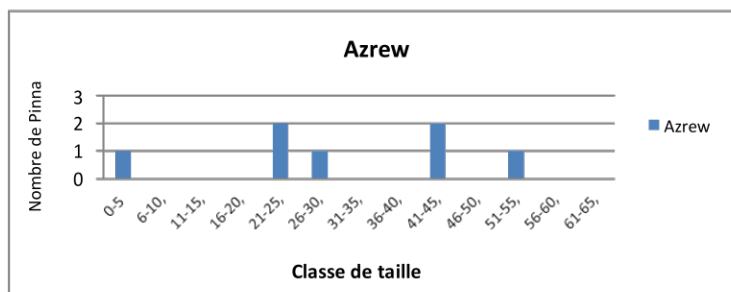
Tous les individus situés dans la zone étudiée ont été marqués et mesurés. Les individus ont été localisés en cherchant dans des cercles concentriques de différents rayons (5, 10, 15 jusqu'à 25 m). Les plongeurs ont placé des bouées de marquage à proximité de chaque individu trouvé lors des relevés de localisation.

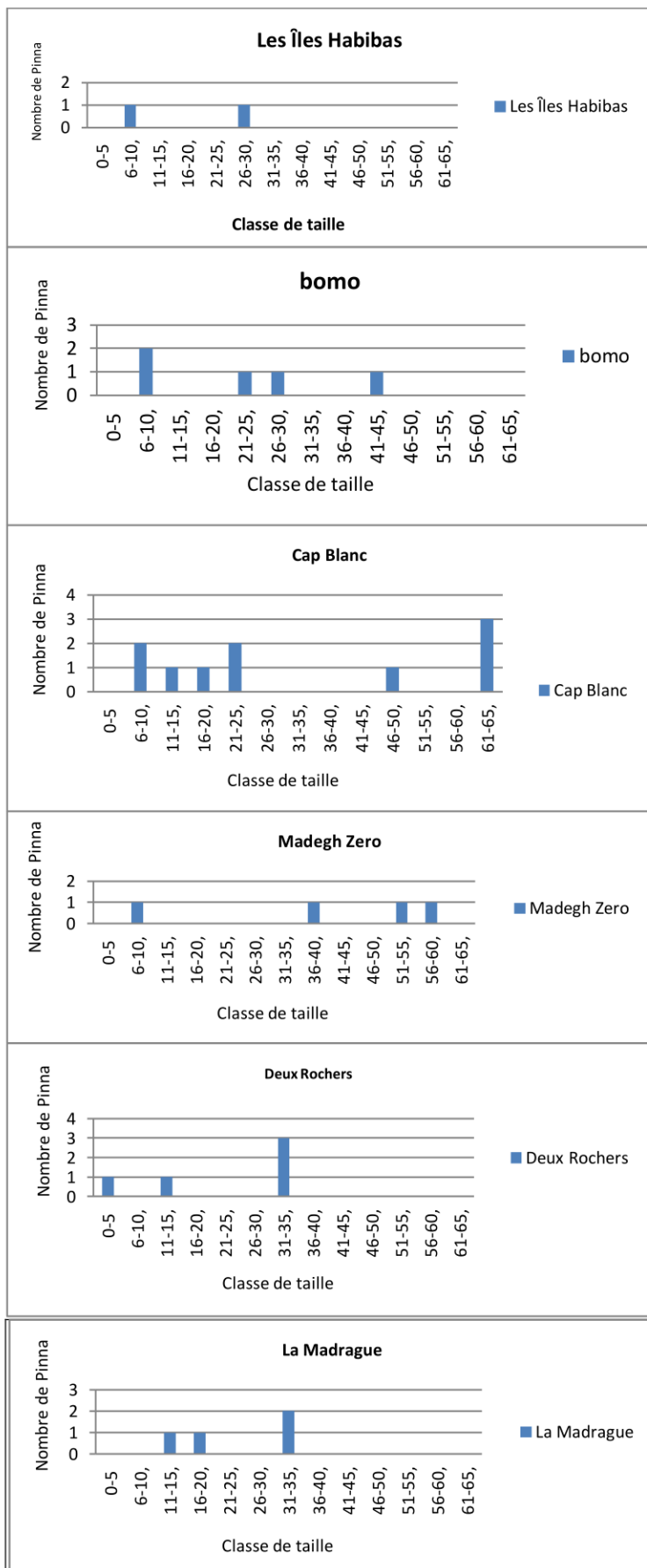
Chaque spécimen trouvé a été enregistré, mesuré et toutes autres informations mentionnées sur une ardoise de plongée. Ou par plongée sur transect les individus ont été localisés avec précision. La zone a été explorée systématiquement le fond de part et d'autre d'une bande rectiligne allant du large vers la côte.

La longueur antéro-postérieure en dehors du substrat (longueur non enterrée, L_s), les longueurs dorso-ventrales maximales et minimales, généralement appelées largeur (respectivement l_m et l_s), et l'orientation des valves par rapport à la ligne d'articulation de chaque spécimen étaient mesurées. Les mesures *in situ* ont été effectuées avec un compas et un mètre ruban. Les données sur la longueur de la coquille des différents individus ont été ajustées à l'équation de croissance de Von Bertalanvy, selon la méthode proposée par Wang (2004) pour les recaptures multiples, lorsque l'âge initial de tous les individus est inconnu.

L'étude de la distribution spatiale des individus dans les zones inventoriées ne montre pas suffisamment de preuves pour affirmer que les spécimens ne sont pas distribués aléatoirement. Par conséquent, bien que les individus tendent à être plus agrégés avec l'incrément de profondeur, à la plus petite échelle des zones étudiées, ils ont tendance à ne pas être répartis uniformément.

De la même manière, la distribution par taille montre également des différences statistiques significatives entre les différents sites. La taille moyenne est plus élevée à 25 m de profondeur $50,6 \pm 8,05$ cm (Cap Blanc) et $45,28 \pm 9,12$ cm (Bomo-Plage) et $33,28 \pm 6,89$ (Deux Rochers) (Figure.69).





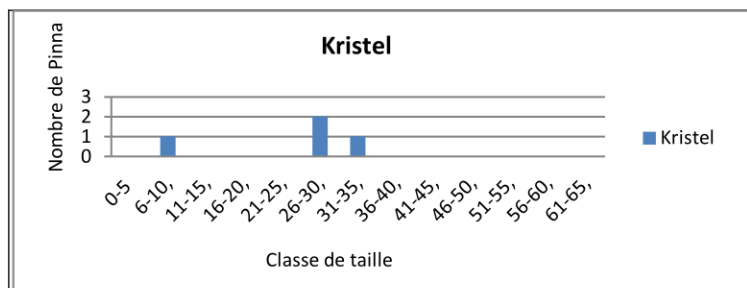


Fig. 69 : Distribution par groupe de taille de *Pinna nobilis* par site d'étude.

La majorité des populations de *Pinna nobilis* (les Îles Habibas, Arzew, La madrague, Kristel et Madagh “Zero”) étaient principalement constituées de petits spécimens dont la taille n'excédait pas 40 cm. Au contraire, la plus haute moyenne (50,6 cm) était enregistrée à Cap Blanc et se distinguait par la dominance de grands individus >40 cm. Il y avait des différences significatives dans la taille moyenne des populations ($F = 41,38$; $p < 0,001$; Tableau. 17).

Tab. 19 : Variabilité des valeurs minimale (Min), maximale (Max), moyenne, mode et écart type (SD) de la longueur de la coquille (SL) au sein des huit populations examinées (N: nombre de spécimens mesurés).

Population	N	Min SL (cm)	Max SL (cm)	Moyenne SL (cm)	SD	Variance (SD)	Population (SD)	SE
Îles Habibas	02	25.6	28.3	26.95	1.9	3.6	1.3	1.34
Arzew	07	16.8	37.6	27.47	8.29	68.74	7.67	3.14
Madagh Zero	04	19.5	33.8	28.32	6.47	41.98	5.61	3.23
La madrague	04	15.2	31.6	24.77	7.43	55.28	6.43	3.71
Deux Rochers	06	24.5	42.1	33.28	6.89	47.60	6.29	2.81
Bomo-Plage	05	33.7	56.7	45.28	9.12	83.24	8.16	4.07
Kristel	04	14.3	27.6	19.52	5.84	34.11	5.05	2.92
Cap Blanc	10	26.5	68.1	50.6	14.17	200.86	13.44	4.48

Les données obtenues lors de notre étude fournissent des dimensions plus petites que réelles à partir d'une certaine taille des valves. Cela indique que la croissance de la largeur maximale (Lt) n'est pas reliée par une équation d'une ligne, mais que les valves grandissent plus en hauteur qu'en largeur. De plus, en utilisant cette citation, la distribution de la taille de la population ne semble avoir pratiquement aucun individu de plus de 50 cm. Les résultats ne peuvent pas être utilisés pour calculer l'âge du mollusque et son taux de croissance, comme le propose Vicente (1990). Les données sont suffisamment fiables pour établir la distribution par taille.

Le nombre élevé d'individus jeunes et adultes est peut-être le signe d'un bon état de conservation de la population et des conditions environnementales, pendant une longue période. Cependant, les matures sont abondants et il y a une faible densité des individus jeunes, peut être une indication d'habitat après avoir subi une forte pression de mortalité ou d'extraction contingente des juvéniles. En revanche, si les groupes d'adultes sont abondants mais que la densité d'individus jeunes est faible, cela peut indiquer la régénération de leur habitat après avoir subi une forte pression de mortalité ou une extraction aléatoire de jeunes (Figure. 70).

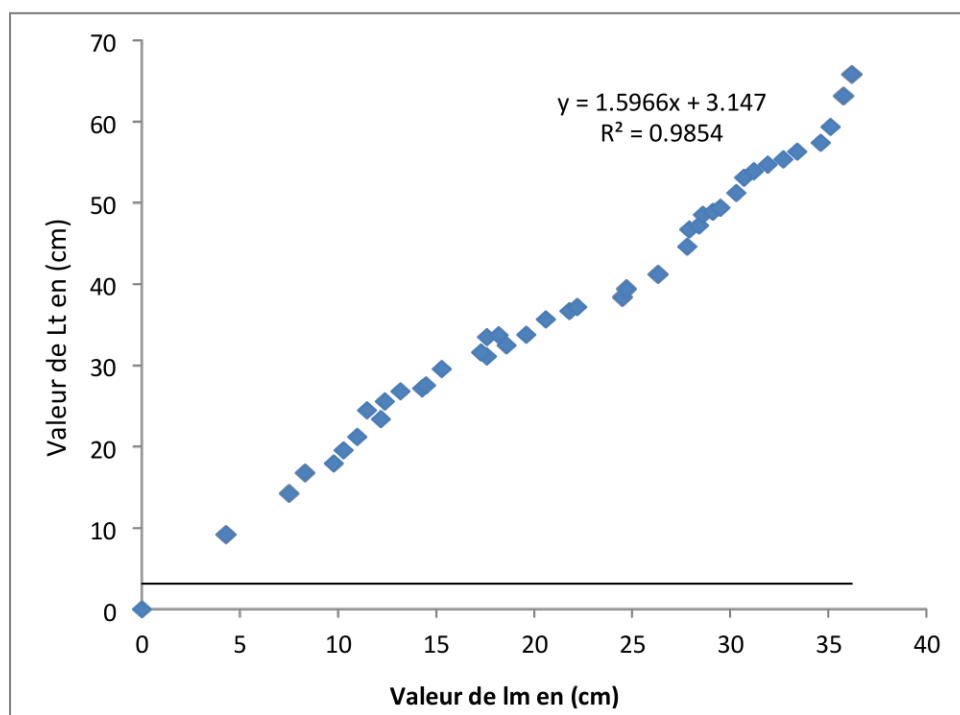


Fig. 70 : Relation Largeur-Longueur des Individus adultes de *Pinna nobilis*.

Non seulement le groupe d'individus avec des spécimens plus petits est situé dans la zone la moins profonde, mais la proportion de petits individus est plus grande et les tailles minimales sont également plus petites sur ce site. De plus, les observations *in situ* ont clairement montré qu'à 5 m environ, les individus sont plus petits qu'à 25 m, aussi bien dans les zones étudiées que dans les localités adjacentes, et des observations directes sur les transects linéaires perpendiculaires à la côte montrent que les individus plus grands se trouvent plus profondément.

En ce qui concerne l'étude de la croissance *in vivo*, des mesures des individus inventoriés ont rapidement indiqué des rythmes de croissance différents dans les zones d'étude, la mortalité annuelle était homogène pendant notre inspection a toutefois montré d'importantes différences entre les différents sites, car beaucoup plus d'individus sont morts par rapport à la densité totale d'individus (Cap Blanc: 4; IH: 1 ; Deux Rochers : 2 ; Kristel : 2 ; Arzew : 1 ; Madagh : 1 morts). Le coefficient de mortalité totale est $z_{\text{Cap Blanc}} = 0,20$ et $z_{\text{Kristel}} = 0,09$, $z_{\text{Deux Rochers}} = 0,09$, $z_{\text{Îles Habibas}} = 0,01$, $z_{\text{Arzew}} = 0,01$, $z_{\text{Madragh}} = 0,01$ respectivement. En ce qui concerne la mortalité par groupe de taille dans chaque zone, des différences significatives apparaissent en Cap Blanc ($0,05 < P < 0,01$, $df = 2$), où les individus jusqu'à 30 cm sont morts beaucoup plus souvent que prévu d'une mortalité répartie au hasard dans chaque groupe de taille, et les individus du groupe de taille de 31–45 cm sont morts beaucoup moins souvent que prévu. La même tendance ne se produit pas en Deux Rochers et la mortalité est concentrée sur les individus les plus grands (31–45 cm), bien que les différences entre les décès observés et attendus ne soient pas statistiquement significatives.

III.3.2. Discussion (Biométrie)

La structure de la population de *Pinna nobilis* dans la côte Ouest algérienne a suivi des tendances avec une ségrégation par taille liée à la profondeur, une distribution contagieuse (comme une augmentation du nombre d'individus avec une profondeur). Cependant, les données supplémentaires sur la mortalité, la répartition spatiale à petite échelle des individus permettent de compléter la vue générale de la structure de la population de *Pinna nobilis* dans les différentes zones d'étude. Le résultat est une image globale où les causes et les effets peuvent être liés, à l'exception de certaines caractéristiques écologiques particulières, au-delà du cadre de la présente étude, qui devraient être examinées lors de futures enquêtes.

L'observation de jeunes individus à la fois peu profonde (5 m à 10 m de profondeur) et profonde (25 m de profondeur) montre que les larves se déposent dans toute la gamme de profondeur, comme le supposaient déjà Combelles et al. (1986), après l'observation, dans la population de *Pinna nobilis* de Port Cros, de jeunes individus également implantés dans des zones profondes.

Le comportement des larves pourrait également avoir une certaine influence sur la structure de la population de *Pinna nobilis*, augmentant ainsi la prévalence de petits individus dans les sites les moins profonds, de la même manière que *Tellina sp.* et *Mulinina lateralis*, où le maintien actif d'une profondeur préférée maintient le naissain à moins de 5 km du rivage à Duck (Caroline du Nord, États-Unis) (Shanks et Brink, 2005).

Cependant, dans la présente étude, l'éloignement des zones d'étude par rapport à la côte, à plus de 1 km et l'une de l'autre, à plus de 10 km, sans irrégularité dans le pré entre eux, permet de supposer un recrutement hétérogène dans les zones. De plus, si le recrutement accru dans la zone peu profonde avait été pertinent, un nombre plus élevé d'individus, augmenté par la présence d'un grand nombre de nouvelles recrues, aurait dû être observé en Cap Blanc par rapport aux autres zones.

Les moules qui ont la capacité de ramper sur le substrat et de libérer le byssus peuvent produire un nouveau complexe de byssus en des périodes allant de quelques heures à quelques jours (Glaus 1968; Price 1983; Côté 1995; Uryu et al. 1996; Reimer et Tedengren 1997). Cependant, dans les eaux croates, *Pinna nobilis* avait besoin de 4 à 5 mois pour régénérer le byssus disséqué (Mihailinovic, 1955). Il est difficile de supposer que *Pinna nobilis* pourrait se débarrasser volontairement du byssus, car les individus seraient laissés sans attache pendant une longue période, au cours de laquelle des prédateurs tels que *Octopus vulgaris* disposeraient de davantage d'installations pour manipuler des spécimens détachés (Fiorito et Gherardi, 1999). De plus, dans la présente enquête d'après nos observations, les individus inventoriés n'ont ni bougé ni changé d'orientation.

Les individus habitant les sites les moins profonds atteignent une taille de 20-30 plus rapidement le cas de site d'Arzew, mais subissent ensuite une stagnation temporaire, limitant leur taille maximale à environ 37 cm de longueur totale. Les causes exactes de l'arrêt de la croissance ne sont pas connues. En accord avec les présents résultats, Richardson *et al.* (1999) ont observé des différences considérables dans les taux de croissance et les tailles maximales

de quatre populations de *Pinna nobilis* d'Almería (sud-est de l'Espagne, Méditerranée occidentale). De nouvelles enquêtes auprès d'autres populations soient nécessaires pour évaluer la fréquence de telles différences de croissance, l'accord entre les résultats actuels et ceux obtenus par Richardson *et al.* (1999) indiquent que les différences de croissance, liées à la profondeur, pourraient être habituelles dans de nombreuses autres populations.

Dans une perspective pratique, les différences observées dans les paramètres de croissance empêchent de comparer les distributions taille-âge des populations situées à différentes profondeurs dans le même pré, car plus la différence de profondeur est grande cas de site de Cap Blanc, plus la différence entre les relations taille-âge des populations est grande et la possibilité de confondre des individus adultes appartenant à des populations moins profondes avec de jeunes spécimens appartenant à des populations plus profondes. De plus, plus la côte est exposée, plus ces différences sont importantes.

De plus, la tendance croissante de la taille totale des individus par rapport à la profondeur, montrent une évolution progressive entre les paramètres de croissance des populations situées dans les eaux peu profondes cas du site de Kristel, La Madragh et ceux situés dans les eaux plus profondes Cap Blanc, Deux Rochers. Pour cette raison, les études ultérieures sur la croissance et l'âge des populations de *Pinna nobilis* devraient être établies dans des intervalles de profondeur étroits, en tant que meilleure approximation.

D'autre part, les données sur la mortalité montrent que le groupe de petits individus est soumis à une pression sélective plus forte dans les zones les plus proches des côtes et que beaucoup meurent avant d'avoir atteint des tailles plus grandes, comme le montrent les valeurs élevées de coefficients de mortalité totale (z) de cette taille--groupe dans les différentes zones. Cependant, le destin des survivants de plus de 30 cm de longueur est radicalement différent sur chaque site. Alors que les individus entre 31 et 45 cm ont le minimum z de tous les groupes de taille dans les différentes zones et sont donc dans un emplacement optimal pour leur survie, dans Cap blanc / Madagh ces groupes d'individus, qui représentent les plus grands spécimens entre 10 m et 25 m de profondeur, ont une z relativement énorme (0,01 contre 0,20 respectivement), fortement décimé. Ces observations sont en cohérence avec l'idée suggérée par Combelles *et al.* (1986), certains facteurs, d'origine anthropique ou naturelle, pourraient conditionner la survie des plus gros individus dans les zones les moins profondes. Il est improbable que la collecte de grands individus soit la cause de la mortalité adulte dans cette région peu profonde de Cap Blanc, car la zone est éloignée du rivage, les

individus sont complètement cachés par les feuilles de *Posidonia oceanica* et les plongeurs amateurs sont rarement approximatifs à l'emplacement de la zone expérimentale. Cependant, les expériences de forces de traînée sur les coques développées simultanément ont montré que, compte tenu de la hauteur de la houle, les individus de niveaux moins profonds sont soumis à des forces de traînée plus élevées que celles situées plus en profondeur dans la zone d'étude. Ainsi, au-dessus d'un seuil minimal de vitesse de l'eau, plus fréquemment atteint dans les bas-fonds, les individus de grande taille en ce qui concerne la direction principale de l'eau sont défavorisés à la survie.

Par conséquent, tout indique que, dans les sites les moins profonds tels Arzew, Bomo-Plage, Kristel, la taille totale maximale de la coquille est contrôlée par le stress hydrodynamique, provoquant la mort d'individus plus grands, ainsi que par une sorte de limitation biologique endogène de la taille maximale, comme suggéré ci-dessus. Dans ce contexte, il a été démontré que les hauteurs extrêmes des vagues, produites lors d'énormes tempêtes, ont une capacité de régulation essentielle sur la structure de la population de *Pinna nobilis*, dans la mesure où elles tuent les plus gros individus habitant dans des eaux plus profondes, rarement soumises à de telles vitesses. Ces événements, les plus forts se produisant probablement tous les 22 ans, en fonction des cycles climatiques observés en Méditerranée occidentale (Duarte et al. 1999), entraînent un déclin cyclique de la densité de population dû à l'augmentation ponctuelle de la mortalité chez les grands individus et, ce qui est plus important encore.

En résumé, de l'avis général de la population de la côte Ouest algérienne *Pinna nobilis*, la taille moyenne (non strictement liée à l'âge) et le nombre d'individus augmentent progressivement avec la profondeur dans toute la zone d'étude, en raison de la réduction du stress hydrodynamique et de la diminution consécutive de son impact sélectif. De manière générale, il semble que les individus juvéniles s'installent préférentiellement à des profondeurs plus basses puis se déplacent ensuite vers des zones plus profondes à mesure qu'ils grandissent; la présence d'individus nains dans les zones les moins profondes contribue fortement à cette impression. De même, l'observation de la ségrégation de taille avec l'augmentation de la profondeur sur de nombreuses autres côtes méditerranéennes pourrait également être une conséquence des effets du stress hydrodynamique sur la survie et la croissance des individus.

III.4. Détermination de l'âge de *Pinna nobilis*

L'âge de *Pinna nobilis* est estimé à l'aide de la taille totale ainsi que du nombre et de la position des cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP), série de lignes droites et d'anneaux observés dans le lobe de nacre dorsal. Néanmoins, la position de la MAP des individus adultes habitant la même population et la même profondeur est très variable. Pour évaluer la source de cette variabilité, les coquilles de onze (11) individus ont été découpées en sections radiales le long de MAP et la partie interne a été étudiée (Tableau. 20).

Tab. 20 : Positions (en cm) des anneaux des cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP) sur l'umbo de 11 coquilles vides collectées de *Pinna nobilis* et à la même profondeur

ID	1M	2M	3M	4M	5M	6M	7M	8M	9M	10M	11M
Lt	59,5	59,1	44,7	60	50,8	46,6	45	50,4	44,1	56,5	53,4
19											
18	28,7			24,7							
17	28,5	27,3		24,5				23,1		27,9	
16	28,3	26,9		24,2	24,9			22,8		27,7	25,8
15	28,1	26,7		24	24,5			22,4		26,8	25,2
14	27,8	26,2		23,8	23,8		19,2	22,1		26,4	24,7
13	27,2	25,8		23,3	23,5		19	20,9		25,8	23,8
12	26,7	25,5	26,1	22,5	22,1		18,5	20,4		25,5	23
11	26	25,2	25,8	21,8	21,6	23,8	18,2	19,6		25	22,7
10	25,6	24,8	25,6	21,3	21,2	23,4	17,8	19,4		24,5	22,4
9	25,3	24,3	25,1	20,9	20,5	23	17,5	19,1	22,8	23,9	21,7
8	24,8	24	24,7	20,5	20	22,9	17,1	18,4	22,7	23,2	20,8
7	24	23,6	24,3	20,1	19,8	22,4	16,8	18,1	22,4	22,4	20,1
6	23,3	23,1	23,5	19,4	19,6	21,4	16,4	17,9	21,8	21,3	19,4
5	22,7	22	23,1	18,8	19,4	20,8	16,1	17,2	21,3	20,3	18,8
4	21,5	20,7	22,7	18,4	18,5	20,5	15,4	16,4	20,8	18,8	17,9
3	20,8	19,4	22,1	17,5	18,1	19,6	15,1	16	20,3	17	16,6
2	18,2	17,9	21,6	17,1	17,6	19,4	14,7	15,8	19,8	15,4	15
1	18	16,7	19,4	16,1	17,2	18,2	14,4	15,3	18,4	15,1	13

Les chiffres arabes de la première colonne représentent la position des anneaux dans l'ordre chronologique croissant (les plus anciens sont en bas du tableau) ; ID : Identification des spécimens ; Lt : taille totale en cm.

Les distances entre le MAP et l'umbo des coquilles ont été utilisées pour relier les positions du PAMS à Ht en utilisant une analyse de régression linéaire. Le coefficient de détermination entre ces deux variables a également été calculé. Deux de ces spécimens, ainsi que cinq autres coquilles vides ou parties antérieures de coquilles provenant d'autres populations, représentant un large éventail de tailles (Tableau. 21). La totalité de la surface de la coupe radiale d'un échantillon (identifiée par 1'M dans le tableau (21) a été montée en sections minces pour effectuer une analyse microstructurale. Elles ont été étudiées à l'aide d'une lentille binoculaire grossissante et microscopie optique. Les positions des MAP ont été comparées à celles des IR observées dans les coupes.

Tab. 21 : Identification, longueur totale (Lt en cm) et nombre d'anneaux (R) des cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP) de sept (07) coquilles de *Pinna nobilis* qui ont été coupées le long du MAP pour étudier les coupes internes.

Identification	longueur max (Lt) 'cm'	R de MAP
1'M	60,5	22
2'M	54,6	18
4'M	59,1	17
11M	51.4	16
9M	44.1	13
3'M	38,2	4
5'M	33.5	3

Les coupes montrent des marques nettes du registre interne formé autour du MAP, et elles sont composées d'une courte bande de nacre à l'intérieur de la couche calcique et de deux autres bandes calciques de couleurs différentes (brillantes et sombres). Les trois composants sont dirigés vers la partie postérieure de la coquille. Les marques du registre interne coïncident uniquement avec les lignes droites de MAP, mais sont observées dans une position antérieure plus éloignée que les lignes droites et les anneaux, et une position postérieure plus loin que les anneaux. En outre, certaines des marques les plus postérieures peuvent être observées une sous l'autre dans les individus les plus âgés. L'existence des marques du registre interne dans une position plus antérieure que les lignes droites et les anneaux implique qu'un nombre variable de MAP sont masqués sous des dépôts nacrés. Finalement, nous déconseillons l'utilisation de MAP pour étudier l'âge de *Pinna nobilis*. Nous recommandons plutôt l'utilisation du ligament interne, car il enregistre plus précisément l'histoire de la vie des individus et les données indiquent que chaque marque est formée chaque année.

III.4.1. Résultats de la détermination de l'âge de *Pinna nobilis*

Les positions des plus anciennes et les plus récents MAP des individus dans le (Tableau.18) sont très variables. Pour les systèmes MAP les plus anciens, les positions fluctuent entre 13 et 19,4 cm ($\bar{Y} = 15,8$, $SD = 2,2$), ce qui n'indique ni une tendance linéaire ni une valeur constante entre Lt et la marque position (valeur $p \geq 0,05$; tableau 13). Par contre, pour le plus récent système MAP, les positions fluctuent entre 19,2 et 28,7 cm ($\bar{Y} = 23,5$, $SD = 2,7$), ce qui indique une relation linéaire avec Lt. Les deux variables suivent une distribution gaussienne, aucune transformation de données n'est donc nécessaire pour améliorer la normalité. En régressant Lt en tant que variable dépendante et les positions du plus récent système MAP en tant que variable prédictive, il est possible d'obtenir une équation prédictive:

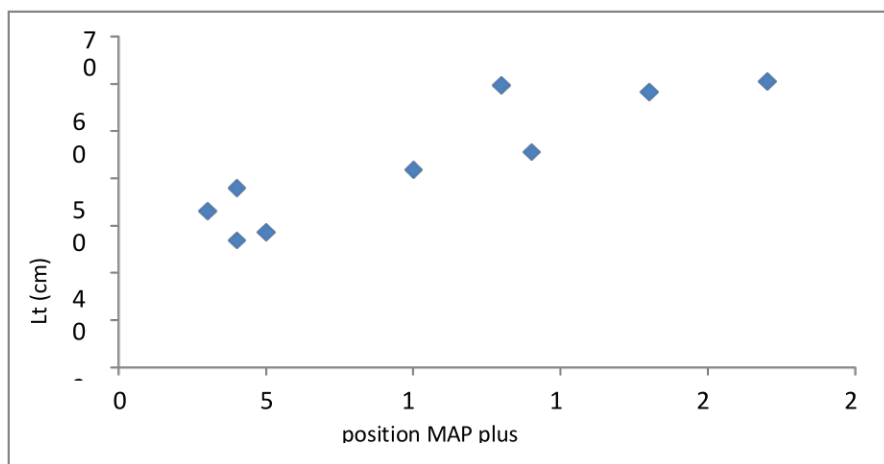


Fig. 71 : Diagramme de dispersion de la position des cicatrices les plus anciennes du muscle adducteur postérieur (MAP) et de la longueur totale (Lt).

Il n'y a pas de relation linéaire entre ces deux variables ($p \geq 0,05$). Notez que les positions du plus ancien des MAP n'indiquent aucune valeur constante, ce qui indique qu'un nombre variable de MAP pourrait ne pas être enregistré dans chaque individu (Figure. 71).

$$Lt = 1.71 \times \text{MAP}_{\text{position}} + 5.61, n = 11$$

$$R^2 = 0.80$$

Rejetant que $\beta = 0$ avec une valeur de $P < 0,001$.

(1)

Le coefficient de détermination (R^2) indique qu'il existe une partie importante de la variabilité de Lt inexplicée par sa relation linéaire avec le système de notation. Comprendre les causes de cette faible corrélation, ainsi que les causes de la variabilité de la position des plus anciens systèmes MAP, est essentiel pour estimer avec précision l'âge de *Pinna nobilis* à partir de coquilles vides.

III.4.2 Estimation de l'âge à partir des cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP)

Utilisation de l'équation (1), Lt correspondant au MAP observé le plus ancien pour chaque individu du tableau (18) a été calculé. Jusqu'à présent, il était considéré que cette Lt correspondrait à la taille après la première ou la deuxième année de vie (Richardson et al. 1999, 2004; Kennedy et al. 2001). La Lt calculée correspondant aux valeurs maximales et minimales des MAP les plus anciennes du tableau (18) (appartenant aux individus 7M et 11M) est respectivement de 42,7 et 27,3 cm. Il résulte que la Lt correspondant à la position moyenne du plus ancien système MAP est de 31,4 cm. L'âge est autour de 4,3, 6,2 et 8,1 ans (dans l'ordre croissant de Lt). Ces données indiquent que plus d'un ou deux MAP pourraient être masqués ou non enregistrés dans la partie antérieure de la coque.

III.4.3. Cicatrices du muscle adducteur postérieur et registre

Les coupes radiales le long du MAP montraient des marques nettes du R (nombre d'anneaux). Celles-ci sont formées à la limite entre la couche calcitique externe et la couche nacrée interne ; elles constituent une ligne courte de nacre située dans les prismes en calcite et dirigée vers la partie postérieure de la coquille, et deux bandes de prismes en calcite. L'une à partir de la ligne et l'autre à partir du haut de la ligne, toutes deux dirigées vers la partie postérieure de la coquille (Figure. 72).

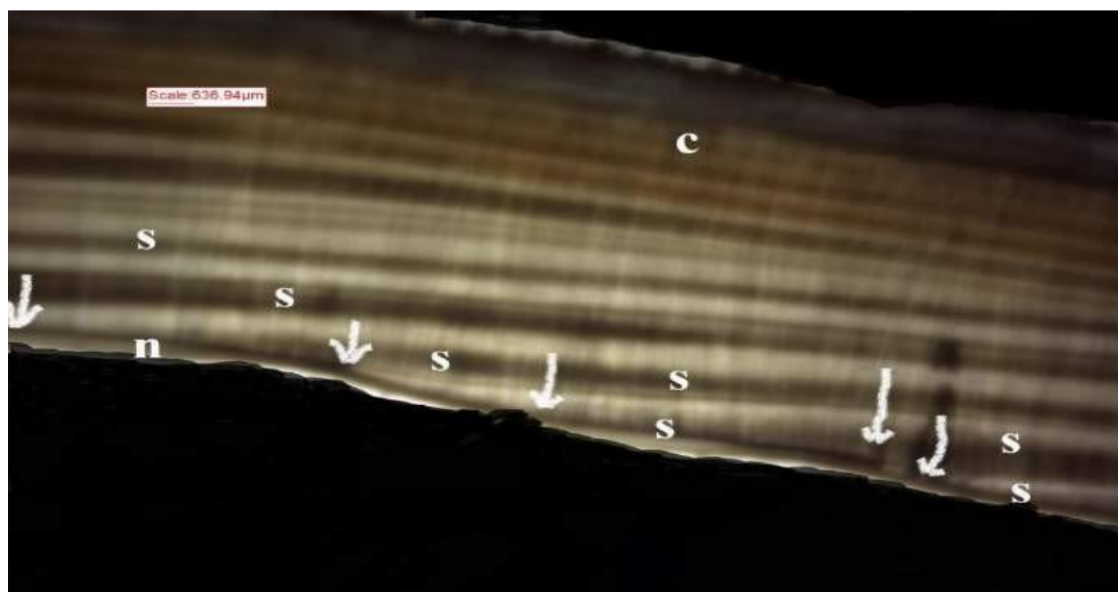


Fig. 72: Feuille mince du registre interne (IR) de *Pinna nobilis* au niveau des cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP). Les flèches signalent les lignes de nacre. c : calcite. n : nacre. s : rayures de calcite sombres et lumineuses. Les lignes de nacre sont déposées les unes sous les autres. Les deux dernières lignes de nacre sont derrière la précédente, ce qui signifie qu'un léger retrait de la couche de nacre a eu lieu. Barre d'échelle 636.94 µm.

Les deux derniers se distinguent sous une lumière normale par leur couleur différente (brillante et sombre). La ligne de nacre est progressivement moins visible dans les signaux les plus anciens (position antérieure). Dans la partie la plus antérieure de la coque, les marques de l'IR ne sont représentées que par les bandes calciques (Figure. 73).

Le myostracum est intégré dans les dépôts nacrés de la partie antérieure de la coquille, confirmant que la nacre recouvre progressivement l'ancien MAP. L'observation montre un nombre variable de R (nombre d'anneaux), les plus anciens des R (ceux situés dans la partie antérieure de la coquille) observé à de petites distances régulières des marques de l'IR (feuille mince du registre interne), mais cela devient un motif irrégulier dans la partie postérieure des individus adultes. Chez les adultes également, les marques sont étendues devant le R dans les directions antérieure et postérieure. Dans la partie la plus postérieure des individus les plus âgés, certaines marques sont parfois déposées les unes sous les autres (Tableau. 20 et Figure. 74).

D'autre part, les marques de l'IR sont en corrélation avec toutes les SL (position des lignes droites) observables, car ces SL sont les seules traces visibles de l'IR. En conséquence, les SL (Position des lignes droite) ne font pas partie de MAP, mais sont formés indépendamment avant que le muscle adducteur postérieur n'arrive à leur position. Dans le tableau 18, on peut observer une disparité dans le nombre et la position des R et des IR, ainsi que le nombre considérable de marques masquées chez des individus adultes, démontré par l'existence d'un IR antérieur au dernier R.

Tab. 22 : Positions (en cm) des anneaux (R) et du registre interne (IR) des sept individus du tableau.18.

R	IR	R	IR	R	IR	R	IR	R	IR	R	IR	R	IR	
5'M	5'M	3'M	3'M	9M	9M	11M	11M	4'M	4'M	2'M	2'M	1'M	1'M	
15.2	16.1	17.5			23.2									
13.4	13.9	16.8	17.1		23.2								29.3	
10.7	11.3	15.5	15.9	22,8	23.1		26.7		29.8				28.5	29.1
		13	13.5	22,7			26.7		29.8		28.7		28.3	28.8
				22,4	22.7		26.7		29.8		28.7			28.6
				21,8	22.1		26.3		29.8		28.7			28.4
							25.8							
				21,3	21.8		26.1		29.6		28.5		28	28.1
							25.2							
				20,8	21				29.2	29.4		28.1	27.1	27.5

Il y a également un grand nombre de RI couverts par la nacre dans les 1'M individuels. Ceci est probablement dû à la migration accélérée des tissus lors de la reconstruction de l'umbo. Les marques infrarouges des individus individuels 5'M et 3'M sont uniquement formées par les deux bandes de calcite. Ils correspondent parfaitement avec le SL et sont un peu décalés par rapport au R, comme le montre le tableau 20. Cette observation confirme que les deux bandes de calcite sans ligne de nacre représentent également l'existence d'un SL. En comparant les marques IR et les niveaux externes observables des spécimens 5'M et 3'M avec ceux d'individus adultes (Tableau. 20), il est à noter que les niveaux d'observation les plus anciens des individus adultes ont généralement une ligne de nacre marquée dans leur profil IR. De plus, les adultes ont généralement plusieurs (3-4) paires de bandes de calcite plus en avant de la ligne de nacre la plus ancienne. Le myostracum de ces bandelettes est intégré dans les dépôts nacrés et il est impossible de le voir à l'intérieur des valves (voir les individus 4'M, 2'M, 1'M (Tableau. 19). Considérant ces paires de stries de calcite homologues à celles des individus 5'M et 3'M, cela signifie qu'au moins les 3 ou 4 premières LS d'un adulte sont complètement obscurcies par la nacre, ainsi que leur R adjacent.

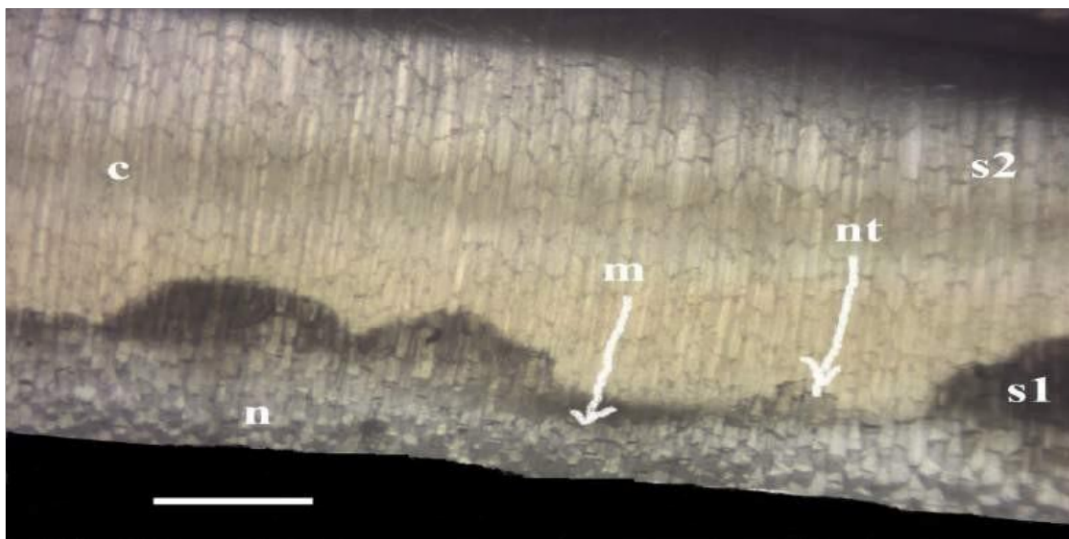


Fig.73 : Surface polie d'une coupe à travers des cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP) montrant le registre interne (IR) et la couche myostracale enfouie sous des dépôts nacrés. c : calcite; m : myostracum; n : nacre; nt : ligne de nacre; s1 et s2 : rayures calcitiques; Barre d'échelle 1 mm.

III.4.4. Discussion (Sclérochronologie)

III.4.4.1. Formation et périodicité du registre interne

La composition de la ligne de nacre dans l'IR indique qu'elle doit être générée après un changement du taux de dépôt entre la calcite et l'aragonite. De nombreux mollusques modifient le taux de dépôt de polymorphes de carbonate de calcium de façon saisonnière, en fonction de la température de l'eau ou de la disponibilité en nourriture (Taylor et al. 1969; Carter 1980; Cohen et Branch 1992). Dodd (1964) a observé des langues de nacre dirigées vers la partie antérieure de la coquille dans la RI de *Mytilus californianus* et a démontré qu'elles étaient générées chaque année par un changement saisonnier dans la formation des polymorphes. Richardson *et al.* (2004) ont indiqué que l'Adriatic *Pinna nobilis* déposait sa nacre principalement en hiver, tandis que Richardson *et al.* (1999) ont indiqué que la nacre serait formée au printemps et au début de l'été.

La calcite est stratifiée principalement entre le printemps et le début de l'automne, dans l'ouest de la Méditerranée (Garcia-Mars 2006). En supposant une tendance similaire de dépôt des deux polymorphes à la fois dans l'Adriatique et dans la Méditerranée occidentale, nous suggérons que chaque marque de l'IR montre un basculement dans le dépôt minéral, principalement de la nacre entre l'hiver et le début de l'été et de la calcite entre l'été et le début de l'automne.

Par conséquent, cela indiquerait 1 an d'âge. De plus, nous ne supposons que les modèles trouvés par Richardson *et al.* (1999), basés sur les proportions d'isotopes d18O: les isotopes d16O de la couche de calcite en coquille pourraient indiquer la position de notre SL proposé au lieu de la position des anneaux mentionnés par les auteurs précédents; ils ont travaillé avec des individus jeunes et d'âge moyen, où les positions du R et du SL sont toujours corrélées. Nous sommes d'accord avec l'observation de Richardson *et al.* (1999) que la première année de vie n'est pas enregistrée. Une quantité considérable de calcite est présente dans tous nos échantillons avant la dernière marque IR. Cette partie de calcite est généralement perdue dans la partie la plus antérieure de la coquille de l'individu adulte. Par conséquent, nous proposons d'ajouter un an à l'âge individuel estimé à l'aide des marques IR.

III.4.4.2. Estimation de l'âge et ajustement des courbes de croissance

Dans notre étude on a constaté des repères d'IR qui donne des âges plus avancés que les estimations du R de tous les individus, à l'exception de ceux âgés de 4 à 5 ans. Il y a peu de relation entre les positions IR et R. La IR est générée à la limite entre le lobe de la nacre dorsale et la calcite, une zone de croissance active de coquillages. Le R se forme autour du muscle adducteur postérieur, en relation avec la migration postérieure du muscle (Kennedy *et al.* 2001). Ceci explique pourquoi certaines marques d'IR peuvent être observées dans une position plus postérieure que le R. La raison pour laquelle l'IR et le R ne sont corrélés que dans la zone de coque la plus ancienne est inconnue. Selon le modèle d'incrément d'empilement d'Ubukata (2001), la croissance de la coquille est due à trois paramètres: L1 le rapport entre l'accrétion du matériau de la coquille à la marge de celle-ci et la croissance du manteau par division cellulaire, L2 le rapport entre l'accrétion de la coquille au niveau de la ligne palléale et la croissance du manteau, et L3, le rapport de la quantité de traduction musculaire. Alors que la génération R ne serait affectée que par L3, les IR seraient également affectées par L1 (Figure. 74), ce qui pourrait être en partie responsable de la désynchronisation progressive entre les positions R et IR. Différences ponctuelles dans les taux de migration postérieure des l'accumulation de PAM et de coquille dans le lobe de la nacre dorsale pourrait également expliquer le schéma irrégulier entre le R et le IR dans les marques postérieures des individus adultes (Tableau.20). Par conséquent, l'utilisation de MAP pour calculer l'âge et les taux de croissance de *Pinna nobilis* peut produire de forts biais.

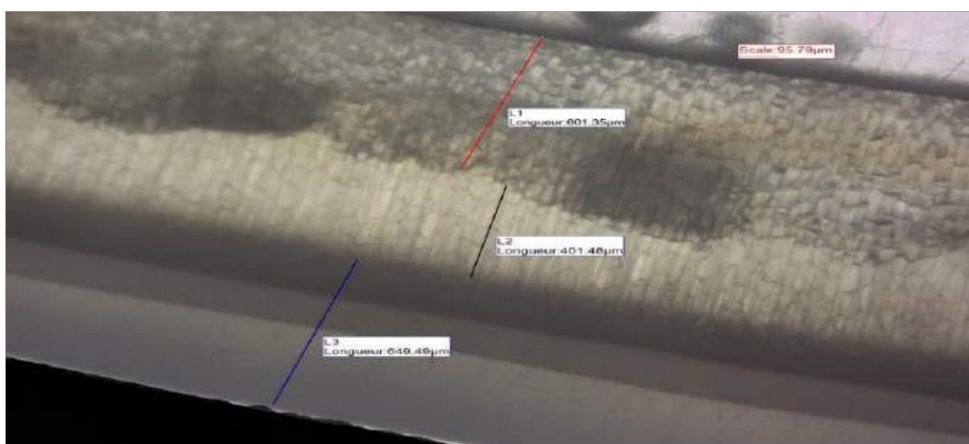


Fig. 74 : Feuille mince du registre interne (IR) des cicatrices du muscle adducteur postérieur (MAP) à la partie antérieure de la coque. Il n'y a pas de ligne de nacre, mais on distingue encore les rayures calciques. L1, L2 et L3 rayures de calcite. Barre d'échelle 95.76 μm .

On ne peut pas estimer l'âge avec précision à partir du registre externe du SL, puisque L1 (le

nombre de marques masquées) est variable selon les individus ; L1 varie selon l'âge et le degré de migration postérieure des tissus. Les L2 (les rayures de calcite) les plus récents peuvent être superposés les uns sous les autres dans la limite la plus postérieure du lobe de nacre dorsal chez les individus âgés. Concernant les L3, les derniers R et SL sont facilement confondus chez les individus matures (Figure. 73).

Le nombre de MAP masqués par la nacre chez les individus adultes produirait également la grande variabilité de la position des plus anciens MAP en ce qui concerne Lt. (Tableau. 19) et (Figure. 72). En revanche, le fait de cacher les marques externes les plus anciennes des spécimens adultes expliquerait le déséquilibre entre les positions MAP jeunes et adultes. L'érosion raccourcit la coquille en modifiant la relation entre toutes les marques et Lt, ce qui serait l'une des causes de la variabilité de la relation entre Lt et la position du plus récent système MAP trouvé dans l'équation **(I)** En outre, l'érosion antérieure conduit à calculer des taux de croissance plus faibles que les taux réels. Pour une estimation précise des taux de croissance de *Pinna nobilis*, il serait utile de trouver une méthode précise pour calculer le niveau d'érosion antérieure de chaque individu, cette méthode n'étant pas simple. *Pinna nobilis* est capable de modifier la forme de sa coquille pour contrecarrer l'érosion antérieure et maintenir la forme aiguë de l'umbo. Par conséquent, une prolongation des bords dorsal et ventral de la coque (Butler et Brewster, 1979; Butler, 1987) introduirait un biais plus important dans l'estimation de Lt. Cependant, les IR pourraient être utiles pour estimer l'érosion antérieure de la coquille. La corrélation entre les IR des individus d'une même population et de la même profondeur pourrait mettre en évidence les spécimens pour lesquels l'érosion antérieure est plus importante et, par conséquent, certains modèles pourraient être développés à partir d'eux. Tout modèle de croissance utilisant l'IR et le Lt serait biaisé par le raccourcissement de la coque dû à l'érosion de la coque antérieure.

III.5. Sédimentologie

III.5.1. Description du sédiment

Les sédiments prélevés dans notre zone d'étude présentent de divers variétés entre le sédiment sablons, sables fins et sables grossiers et graviers d'une couleur varié entre marron jaune et la couleur de sédiment dominante est le marron tels que le site de Cap Blanc et le site de Madegh Zéro, le sédiment présente une couleur gris foncé tendant vers le noir dans la zone de Kristel et Arzew. Dans certaine zone les sédiments présentent une teinte plus claire, blanc sale ou jaunâtre, les grains sont plus émoussés cas de la zone de Bomo.

III.5.2. Observation à la loupe binoculaire

Les observations morphoscopiques sont effectuées à la loupe binoculaire et ça nous permet de connaître la nature de la particule de sédiment et le contenu de chaque échantillon. La plupart des sédiments contiennent des fragments biogènes (des algues, débris de coquille, piques d'oursins, etc.) ainsi que des coquilles vides de gastéropodes et de bivalves.

Le sédiment montre plusieurs formes : Grains émoussés luisants sont des grains offrant une forme arrondie jusqu'à présenter une forme sub-sphérique ou sphérique cas de site des Îles Habibas et Grains ronds-mats correspondent à une sphère presque parfaite et l'aspect de la surface est toujours dépoli et mat cas de site de Kristel.

III.5.3. Traitement des données

Les pourcentages des refus cumulés sont représentés sous la forme d'une courbe granulométrique et le traitement graphique ou numérique des résultats bruts fournis par le tamisage a pour but de définir, par l'emploi de paramètres spécifiques (position, dispersion). Les courbes cumulatives permettent de comparer les échantillons et de déterminer le mode transport et de dépôt (sédimentation).

III.5.4. Granulométrie

III.5.4.1. Opération de tamisage

Les résultats de l'analyse granulométrique réalisée par tamisage sec des échantillons (Tab. 21) montrent une domination des fractions 0.100 mm (sable moyen) et 0.080 mm (sable fin). La fraction supérieure à 2 mm (graviers) est pratiquement négligeable à l'exception des échantillons prélevés dans la zone d'Arzew où des fragments grossiers ont été comptabilisés.

Tab. 23 : Masse de refus en gramme des échantillons selon le diamètre des mailles des tamis

Site	Profondeur (m)	Retenues (g)						Tamisât (g)
		2 mm	1 mm	200 µm	100 µm	80 µm	50 µm	
Îles Habibas	12.4	4.722	6.072	82.016	6.439	0.113	0.082	0.0
Arzew	17.5	48.427	16.541	24.862	8.316	1.022	0.527	0.2
Cap Blanc	25.2	0.799	1.716	91.181	5.097	0.431	0.210	0.15
Madagh Zéro	18.5	21.912	5.258	71.724	0.904	0.120	0.058	0.0
La Madrague	14.6	1.183	2.806	85.190	11.437	0.009	0.002	0.0
Deux rochers	12	17.953	10.432	70.454	1.106	0.008	0.004	0.0
Bomo	10	0.533	2.806	95.190	1.437	0.009	0.002	0.0
Kristel	10	6.125	3.182	88.233	2.379	0.033	0.008	0.0

III.5.4.1. Indice granulométriques

III.5.4.1.1. Les Îles Habibas

Tab. 24 : Masse des refus et refus cumulés en % des Îles Habibas

Fraction des tamis (mm)	Masse des refus (%)	Refus cumulés (%)
0.050	0.082	0.082
0.080	0.113	0.195
0.100	6.439	6.634
0.200	82.016	88.65
1	6.072	94.722
2	4.722	99.444

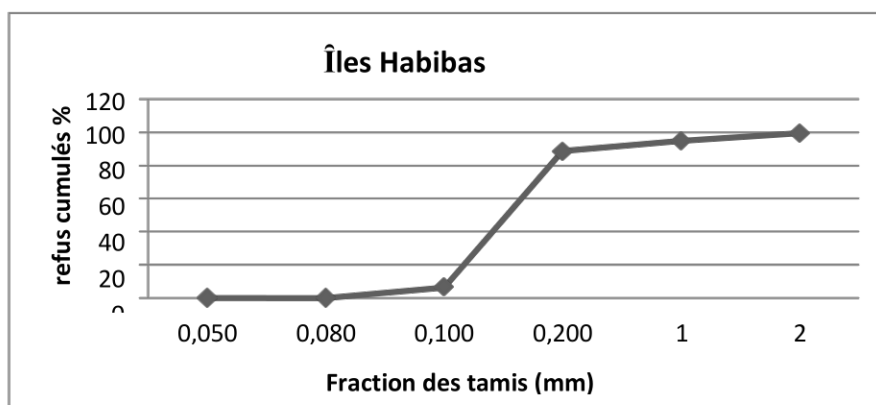


Fig. 75: Courbe cumulative de distribution des grains sableux des Îles Habibas

Tab. 25 : Paramètres de position du site des Îles Habibas

Quartiles	Valeur
Q ₂₅	0.13
Q ₅₀	0.158
Q ₇₅	0.18
$S_0 = \sqrt{(Q_{75} / Q_{25})}$	1.17

* L'indice de classement du site des Île Habibas égale à 1.17 qui signifie que notre sédiment est **très bien classé** selon Rivière, 1977.

* Paramètre de forme (dispersion) des Île Habibas, SK = 0.93 : cela signifie une asymétrie négative qui explique un courant fort ; le classement meilleur du côté des sables grossiers.

III.5.4.1.2. Arzew

Tab. 26 : Masse des refus et refus cumulés en % d'Arzew

Fraction des tamis (mm)	Masse des refus (%)	Refus cumulés (%)
0.050	0.527	0.527
0.080	1.022	1.549
0.100	8.316	9.865
0.200	24.862	34.727
1	16.541	51.268
2	48.427	99.695

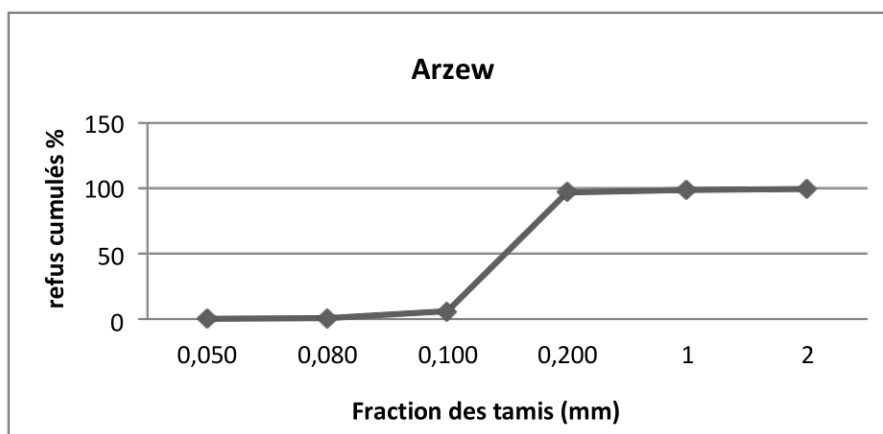


Fig. 76: Courbe cumulative de distribution des grains sableux d'Arzew

Tab. 27 : Paramètres de position du site d'Arzew

Quartiles	Valeur
Q ₂₅	0.165
Q ₅₀	1
Q ₇₅	1.450
$S_0 = \sqrt{(Q_{75} / Q_{25})}$	2.96

* L'indice de classement du site d'Arzew égale à 2.96 qui signifie que notre sédiment est **normalement classé** selon Rivière, 1977.

* Paramètre de forme (de dispersion) du site d'Arzew, SK = 0.23 : cela signifie une asymétrie négative qui explique un courant fort ; le classement meilleur du côté des sables grossiers.

III.5.4.1.3. Cap Blanc

Tab. 28 : Masse des refus et refus cumulés en % de Cap Blanc

Fraction des tamis (mm)	Masse des refus (%)	Refus cumulés (%)
0.050	0.210	0.210
0.080	0.431	0.641
0.100	5.097	5.738
0.200	91.181	96.919
1	1.716	98.635

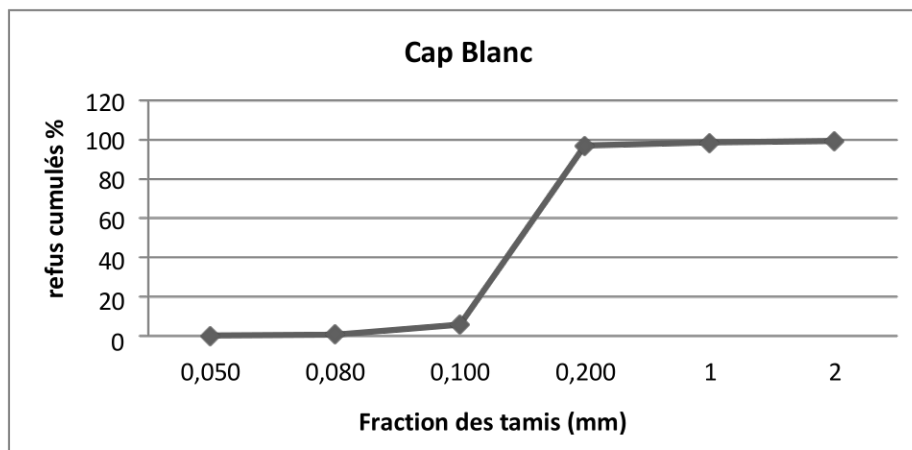


Fig. 77: Courbe cumulative de distribution des grains sableux de Cap Blanc.

Tab. 29 : Paramètres de position du site de Cap Blanc

Quartiles	Valeur
Q ₂₅	0.121
Q ₅₀	0.152
Q ₇₅	0.178
$S_0 = \sqrt{(Q_{75} / Q_{25})}$	1.21

*L'indice de classement du site de Cap Blanc égale à 1.21 qui signifie que notre sédiment est très bien classé selon Rivière, 1977.

* Paramètre de forme (de dispersion) du site de Cap Blanc, SK = 1 : cela signifie une asymétrie Symétrie qui explique un courant régulier ; autant de grossiers que de fins.

III.5.4.1.4. Madagh Zéro

Tab. 30 : Masse des refus et refus cumulés en % de Madagh Zéro

Fraction des tamis (mm)	Masse des refus (%)	Refus cumulés (%)
0.050	0.058	0.058
0.080	0.120	0.178
0.100	0.904	1.082
0.200	71.724	72.806
1	5.258	78.064
2	21.912	99.976

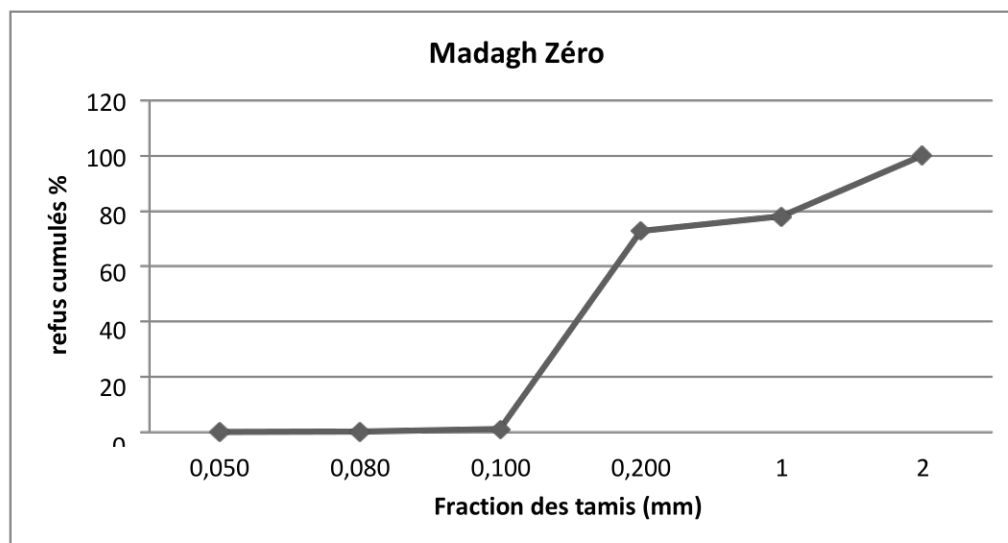


Fig. 78 : Courbe cumulative de distribution des grains sableux de Madagh Zéro

Tab. 31 : Paramètres de position du site de Madagh Zéro

Quartiles	Valeur
Q ₂₅	0.159
Q ₅₀	0.138
Q ₇₅	0.200
$S_0 = \sqrt{(Q_{75} / Q_{25})}$	1.12

*L'indice de classement du site de Madagh Zéro égale à 1.12 qui signifie que notre sédiment est **très bien classé** selon Rivière, 1977.

* Paramètre de forme du site de Madagh Zéro, $SK = 1.66$: cela signifie une asymétrie positive qui explique un courant faible ; le classement meilleur du côté des sables fins.

III.5.4.1.5. La Madrague

Tab. 32 : Masse des refus et refus cumulés en % de La Madrague

Fraction des tamis (mm)	Masse des refus (%)	Refus cumulés (%)
0.050	0.002	0.002
0.080	0.009	0.011
0.100	11.437	11.448
0.200	85.190	96.638
1	2.806	98.783
2	1.183	99.966

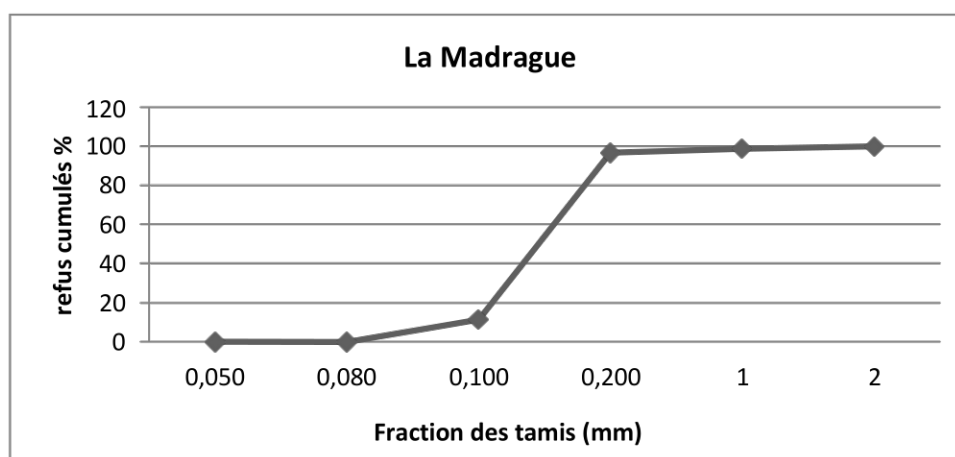


Figure. 79 : Courbe cumulative de distribution des grains sableux de La Madrague

Tab. 33 : Paramètres de position du site de La Madrague

Quartiles	Valeur
Q_{25}	0.138
Q_{50}	0.165
Q_{75}	0.188
$S_0 = \sqrt{(Q_{75} / Q_{25})}$	1.17

*L'indice de classement du site de La Madrague égale à 1.17 qui signifie que notre sédiment est bien classé selon Rivière, 1977.

* Paramètre de forme du site de La Madrague, $SK = 0.95$: cela signifie une asymétrie négative, qui explique un courant fort ; le classement meilleur du côté des sables grossiers.

III.5.4.1.6. Deux Rochers

Tab. 34 : Masse des refus et refus cumulés en % de Deux Rochers

Fraction des tamis (mm)	Masse des refus (%)	Refus cumulés (%)
0.050	0.004	0.004
0.080	0.008	0.012
0.100	1.106	1.118
0.200	70.454	71.572
1	10.432	82.004
2	17.953	99.957

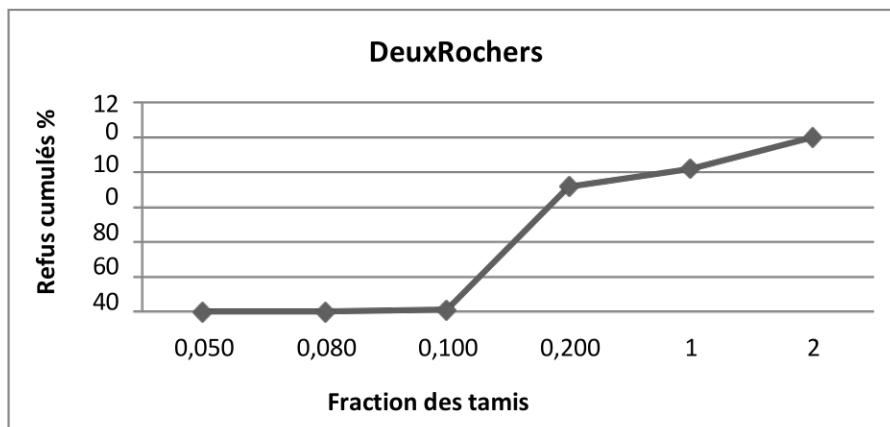


Fig. 80 : Courbe cumulative de distribution des grains sableux de Deux Rochers

35 : Paramètres de position du site de Deux Rochers

Quartiles	Valeur
Q ₂₅	0.133
Q ₅₀	0.17
Q ₇₅	0.224
$S_0 = \sqrt{(Q_{75} / Q_{25})}$	1.29

* L'indice de classement du site de Deux Rochers égale à 1.29 qui signifie que notre sédiment est très bien classé selon Rivière, 1977.

* Paramètre de forme du site de Deux Rochers, SK = 1.03 : cela signifie une asymétrie positive : qui explique un courant faible ; le classement meilleur du côté des sables fins.

III.5.4.1.7. Bomo

Tab. 36 : Masse des refus et refus cumulés en % de Bomo

Fraction des tamis (mm)	Masse des refus (%)	Refus cumulés (%)
0.050	0.002	0.002
0.080	0.009	0.011
0.100	1.437	1.448
0.200	95.190	96.638
1	2.806	99.444
2	0.533	99.977

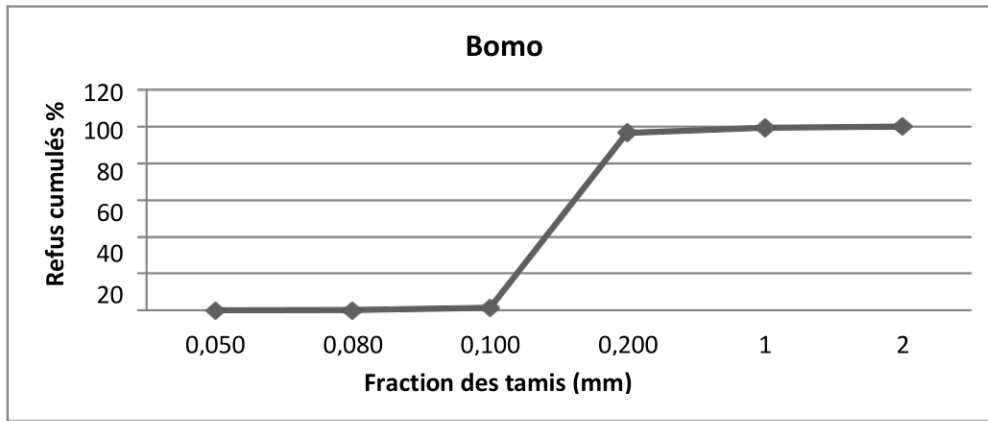


Fig.81 : Courbe cumulative de distribution des grains sableux de Bomo

Tab. 37 : Paramètres de position du site de Bomo

Quartiles	Valeur
Q ₂₅	0.125
Q ₅₀	0.150
Q ₇₅	0.176
$S_0 = \sqrt{(Q_{75} / Q_{25})}$	1.18

* L'indice de classement du site de Bomo égale à 1.18 qui signifie que notre sédiment est très bien classé selon Rivière, 1977.

* Paramètre de forme du site de Bomo, SK = 0.97 : cela signifie une asymétrie négative qui explique un courant fort ; le classement meilleur du côté des sables grossiers.

III.5.4.1.8. Kristel

Tab. 38 : Masse des refus et refus cumulés en % de Kristel

Fraction des tamis (mm)	Masse des refus (%)	Refus cumulés (%)
0.050	0.008	0.008
0.080	0.033	0.041
0.100	2.379	2.42
0.200	88.233	90.653
1	3.182	93.835
2	6.125	99.96

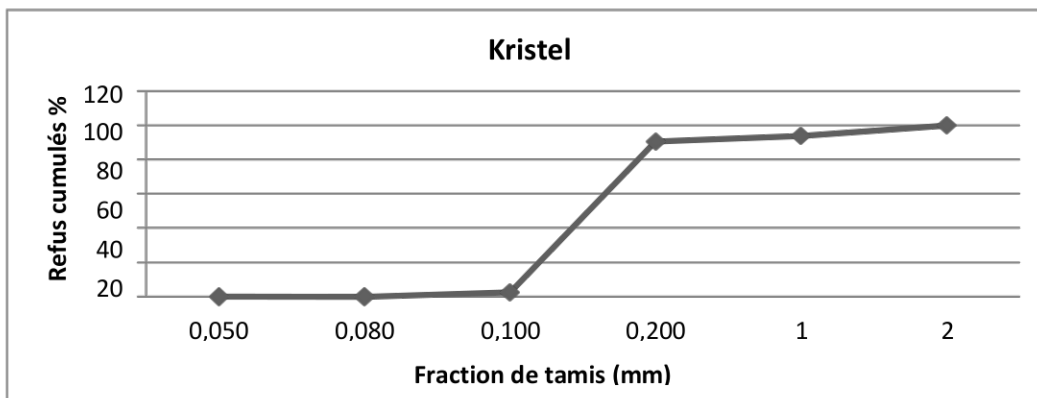


Fig. 82 : Courbe cumulative de distribution des grains de sable de Kristel

Tab. 39 : Paramètres de position du site de Kristel

Quartiles	Valeur
Q ₂₅	0.124
Q ₅₀	0.152
Q ₇₅	0.181
$S_0 = \sqrt{(Q_{75} / Q_{25})}$	1.21

* L'indice de classement du site de Kristel égale à 1.21 qui signifie que notre sédiment est bien classé selon Rivière, 1977.

* Paramètre de forme du site de Kristel, SK = 0.97 : cela signifie une asymétrie négative qui explique un courant fort ; le classement meilleur du côté des sables grossiers.

III.5.4.2. Taux de matière organique dans le sédiment

Les résultats de pourcentage de matière organique (MO) dans le sédiment étudiée sont dressés dans le tableau ci-dessous.

Tab. 40 : Taux de matière organique dans les échantillons (%) ; (P1 : poids avant l'incinération, P2 : poids après l'incinération, P= P1 – P2).

Zone	Profondeur (m)	P1	P2	P	MO (%)
Les Îles Habibas	12.4	5.976	5.889	0.87	8.7
Arzew	17.5	5.705	5.253	0.77	7.7
Cap Blanc	25.2	5.776	5.351	0.38	3.8
Madagh Zéro	18.5	10.123	9.914	0.209	2.0
La Madrague	14.6	5.763	5.685	0.78	7.8
Deux rochers	12	14.989	14.778	0.211	2.1
Bomo	10	10.996	10.854	0.142	1.4
Kristel	10	5.898	5.246	0.67	6.7

La répartition de la matière organique dans les fonds marins de la zone d'étude montre qu'elle constitue de 1.4% comme une valeur minimum et de 8.7% comme une valeur maximum. Les valeurs sont faibles < 5 % dans les sites de Cap Blanc, Madagh Zéro, Deux rochers et Bomo , par contre elle est beaucoup abondante et les valeurs sont >5% dans les sites d'Ile Habibas, Arzew, La Madrague et Kristel à cause de :

- la dégradation rapide de la matière organique par des bactéries aérobies qui contrôlées par l'oxygénation de l'eau de fond et la profondeur de diffusion de l'oxygène dans les sédiments.
- l'absence de l'apport continental riche en particules très fines.

- la période d'échantillonnage qui caractérisé par des fortes tempêtes qui font augmenter l'hydrodynamisme favorisant la remise en suspension de la matière.

III.5.4.3. Taux de CaCO₃ (carbonates de calcium)

Le pourcentage de carbonates de calcium dans le sédiment étudié est généralement faible. Par contre dans la zone d'Arzew, Deux Rochers et Cap Blanc sont fortement carbonatés, les résultats obtenus pour la détermination du taux de CaCO₃ sont dressés dans le tableau suivant :

Tab. 41 : Concentration de carbonates de calcium dans les échantillons (D1 : Volume initial ; D2 : Volume après réaction avec HCL).

Sites	Profondeur (m)	D1	D2	D2 - D1	CaCO ₃ (%)
Îles Habibas	12.4	13	55	42	93
Arzew	17.5	9	52	43	95
Cap Blanc	25.2	6	22	16	35
Madagh Zéro	18.5	7	24	17	38
La Madrague	14.6	5	45	40	90
Deux rochers	12	7	29	22	49
Bomo	10	8	22	14	31
Kristel	10	6	44	38	85

La répartition des teneurs en carbonates montre une différenciation entre les déférences sites d'échantillonnage, les sédiments peuvent être très carbonatés avec des teneurs allant de 31 % à 95 % selon les lieux de prélèvement. Pour les zones fortement carbonatés conclus un déroulement d'une activité conchylicole, les carbonates sont notamment d'origine biodétritique. Ils proviennent de la sédimentation des débris coquilliers et des tests de la microfaune calcaire. Les valeurs sont élevées et peuvent atteindre jusqu'à (95%).

Dans le site de Bomo les teneurs en carbonates sont moyennement faibles (31%), elles sont surtout liées aux activités biogéniques, ainsi qu'à la précipitation des apports continentaux parvenus dans le système par ruissellement. Arzew, La Madrague et Kristel présentent une teneur élevée de 95%, 90% et 85% respectivement. Les sédiments submergés dans les fonds de la zone d'étude renferment des teneurs en carbonates toujours supérieures à 20%.

III.5.5. Discussion

III.5.5.1. Granulométrie

L'étude réalisée sur les sédiments marins issus du littoral Ouest algérien nous a permis de constater que ces sédiments ont une granulométrie fine et un substrat largement varié composé de rocheux, du sable, des graviers et des galets. En général, les *Pinna* préfèrent les substrats sablonneux, surtout au milieu d'herbiers de *Posidonia oceanica*.

L'analyse granulométrique montre que tous les échantillons, de la côte Ouest algérienne présente un bon classement en générale. Le diamètre dominant des composantes sédimentaires est compris entre 0.200 mm (sable fin) et 1 mm (sable moyen). Des composantes dont le diamètre est beaucoup important sont absente ici. Le régime des courants marins semble être réguliers et la vitesse de transport faible à moyenne dans la zone étudiée, à savoir de 5 jusqu'à 25 m de profondeur.

L'analyse factorielle discriminante nous permet de caractériser chaque site d'un point de vue sédimentologique. Dans chaque site l'envasement en profondeur présente une forte variabilité.

***Pour les 1^{ers} quartile Q_{25}** ; les valeurs varient entre 0.121 mm échantillon 'Cap Blanc' et 0.159 mm échantillon 'Madagh Zéro'. Donc, selon la classification mentionnée dans les tableaux (6 & 7), le sédiment prélevé est constitué principalement de sable moyen, fin et très fin ; la moyenne du Q_{25} étant de 0.200 mm, c'est le sable moyen qui prédomine quantitativement.

Les 3^{ème} quartiles Q_{75} ; les valeurs du Q_{75} varient entre 0.176 mm échantillon 'Bomo' et 1.450 mm échantillon 'Arzew'. Donc, selon la classification mentionnée dans les tableaux (6 & 7), le sédiment prélevé est constitué principalement de sable grossiers, moyen et fin ; la moyenne du Q_{75} étant de 0.4 mm, c'est le sable moyen qui prédomine.

***Répartition des médianes (Q_{50})**

Un stock sédimentaire constitué de sable fin apparait dans la côte Oranaise étudiée. En général, les sédiments étudiés sont relativement homogènes leur médiane varie entre 0.138 et 1 mm.

Dans l'ensemble, les sédiments prélevés dans cette zone présentent, selon les courbes cumulatives de distribution des grains sableux qui leur correspondent, un stock sédimentaire

de mode plurimodal.

***Les indices de classement (SO)** des particules de tous les échantillons analysés de cette zone montrent que le sédiment est Normalement classé.

***L'indice de symétrie (SK)** est positif dans les échantillons de Madagh Zéro et des Deux Rochers. L'asymétrie est considérablement faible dans le substrat (courant faible) et le classement est meilleur du côté des sables fins. Le SK est négatif dans les échantillons prélevés dans les sites La Madrague, Îles Habibas, Arzew, Bomo et Kristel, l'asymétrie est considérablement plus forte dans le substrat (courant fort) et le classement est meilleur du côté des sables grossiers. Le SK des échantillons de Cap Blanc est égal à 1. L'asymétrie est considérablement régulière plus dans les sables grossiers que dans le substrat fin.

En revanche, il y a des différences significatives d'un site à l'autre. Pour toutes les autres variables, des différences significatives sont détectées à la fois entre les sites et entre les profondeurs.

III.5.5.2. Matière organique

Les résultats obtenus nous ont laissé une marge pour choisir le domaine adéquat pour une valorisation de ces sédiments. La faible concentration de la matière organique dans le sédiment superficiel dans la zone de Bomo met en évidence que le milieu est bien oxygéné, même dans les zones définie comme "bais" ou la circulation des eaux est supposée faible par mer calme. L'étude n'est pas en mesure de relever des gradients de taux de matière organique par rapport à la position des points de prélèvement. Quatre sites échantillonnés présentent un taux de matière organique inférieure à 3.8% ; la littérature donne des valeurs de l'ordre de 5% et plus pur des milieux où la circulation des eaux est limitée et l'oxygénation ne se fait pas facilement. Une autre raison expliquant le faible taux de matière organique est probablement due à l'hydrodynamisme qui remet sans cesse cette substance en suspension.

III.5.5.3. Calcimétrie

Les sont caractérisés par une calcimétrie relativement plus forte en surface du sédiment, les quatre échantillons présentent un taux élevé de carbonate (>50%). Ces derniers sont probablement liés à la présence de l'herbier de posidonie, localisé entre 5 et 25 m de profondeur, où vivent de nombreuses espèces à coquille et à carapace carbonatées. Une source

supplémentaire de carbonates n'est pas à exclure.

La zone d'étude ; la côte Ouest algérienne est caractérisée par un environnement de mer ouverte profonde explique les teneurs relativement très élevées (>80%) en CaCO₃ dont quatre sites d'Arzew, Les Île Habibas, Kristel et La Madrague varient entre 86 et 95 %, le niveau marin diminue en transgression dans ces trois sites et atteint son apogée de sorte que l'apport en matière carbonatée augmente vers les niveaux sommitaux profonds. On constate la diminution de la teneur en CaCO₃ varient entre 31 et 49% dans les restes des sites qui explique le niveau marin augmente en transgression atteint son apogée de sorte que l'apport en matière carbonatée diminue vers les niveaux sommitaux profonds. La régression a mis en place un niveau marin le plus bas dans le cycle. La transgression et l'augmentation du niveau marin entraînent une diminution de l'apport carbonatée et vice versa.

Les échantillons analysés sont qualifiés de non calcaires à peu calcaires caractérisant, dans les sites de Cap Blanc, Madagh Zéro et Bomo; les sédiments sont plutôt des marnes limoneuses (CaCO₃ > 40%). Par contre les échantillons analysés sont qualifiés de calcaires à trop calcaires caractérisant, dans les sites d'Île Habibas, Arzew, La Madrague, Deux rochers et Kristel.

III.6. Biodiversité associée aux valves des *Pinna nobilis*

La faune et la flore épibiontes montre quelques caractéristiques parmi les principales des peuplements de fond rocheux, sablonneux, qui sont liées aux algues éphémères photophiles, mais ce peuplement montre aussi d'autres particularités typologiques et taxonomiques, probablement liées à la sélectivité du substrat coquillier vivant.

Un spécimen dans chaque site d'étude les Îles Habibas, site d'Arzew, site de Madagh "Zero", site de La Madrague, Site de Deux Rochers, Site de Bomo-Plage, Site de Kristel, Site de Cap Blanc a été observé et diagnostiqué. La taille de *Pinna nobilis* n'apparaissait pas comme le principal facteur affectant la structure du biote associé, qui semblait être davantage influencé par les gradients biogéographiques et les zones marines. Les schémas de similarité des épifaunes et des épiflores étaient clairement différents. La majorité des communautés associées étaient dominées par des espèces fréquentes telles que *Halichondria panicea*, *Pomatoceros triqueter*, *Didemnum maculosum*. La valve du *Pinna nobilis* a joué un rôle écologique important en fournissant un nouveau substrat dur à coloniser, en augmentant l'hétérogénéité

spatiale des communautés des fonds meubles environnants et en contribuant à l'augmentation globale du niveau de complexité du biotope local.

III.6.1. Épibiontes associés aux valves des *Pinna nobilis*

Les épibiontes recensées sur les valves des *Pinna nobilis* sont essentiellement représentées par des invertébrés: annélides, arthropodes, mollusques, échinodermes, cnidaires, spongiaires, bryozoaires et les algues (chlorophycées, rhodophycées, phéophycées). Les spongiaires sont présents sur la globalité des valves (Figure. 83 et 84).

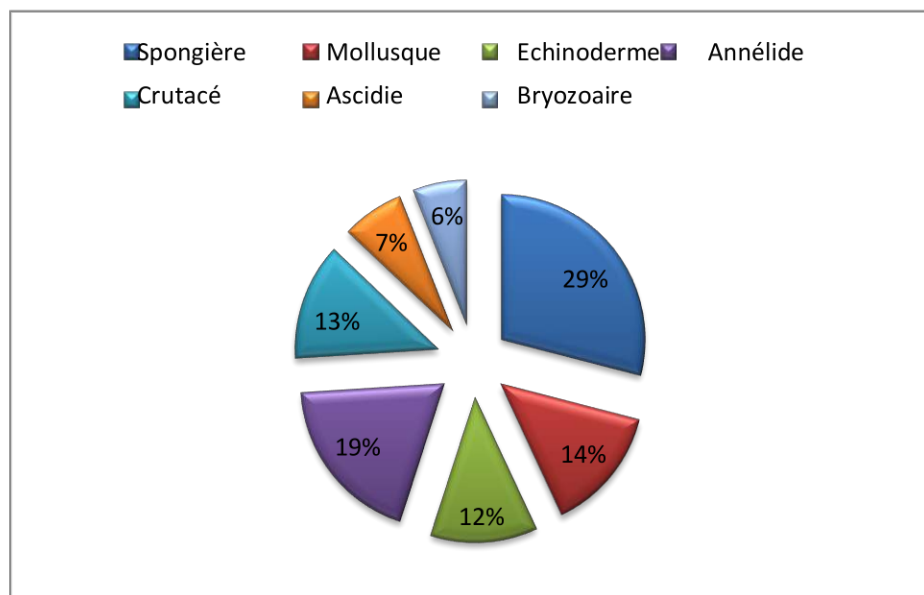


Fig. 83 : Fréquences des différents groupes d'épifaune sur les valves de *Pinna nobilis*.

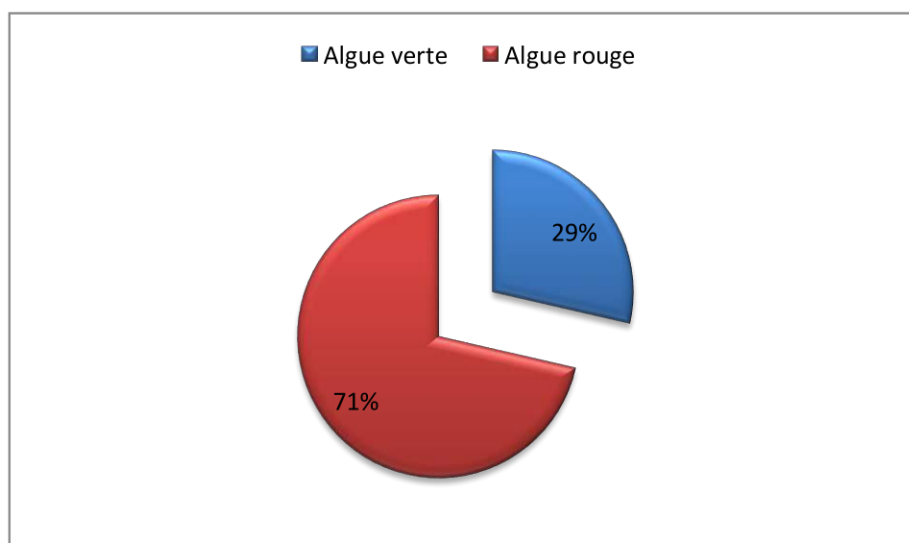


Fig. 84 : Fréquences des différents groupes d'épiflore sur les valves de *Pinna nobilis*.

III.6.1.1. Épiflore

Les algues rouges les plus fréquentes sont représentées par les espèces *Peyssonella squamaria* et *Liphocladia lallemendii*, suivie par l'algue verte *Udotea petiolata*. Les espèces recensées recouvrent presque 25 % de la superficie de la valve. Les algues rouges prédominent et représentent presque 70 % de l'épiflore recensée (Figure. 85).

Il est à remarquer que l'algue rouge *Lophocadi lallemendii* est présente au niveau des valves de *Pinna nobilis* repertoriés dans toute la zone d'étude à l'affut de la lumière est présente en abondance. Au niveau du site d'Arzew absence totale d'algue rouge est prédominance d'algue verte, avec un recouvrement important de l'espèce *Dictyota sp.*

L'espèce *Cryptonemia lomation* est peu présente dans toute la zone avec un recouvrement pauvre dans les zones des Île Habibas, Deux Rochers et La Madrague. De même on note une présence beaucoup plus importante de l'algue épiphyte *Halimeda tuna* présente sur les feuilles les valves de *Pinna nobilis* au niveau de tous les sites étudiés sauf absence totale dans le site de Deux Rochers (Annexe). Lors de nos plongées au niveau des sites étudiés on a pu remarquer une biodiversité floristique beaucoup plus importante à Madagh "Zero" qu'aux autres sites.

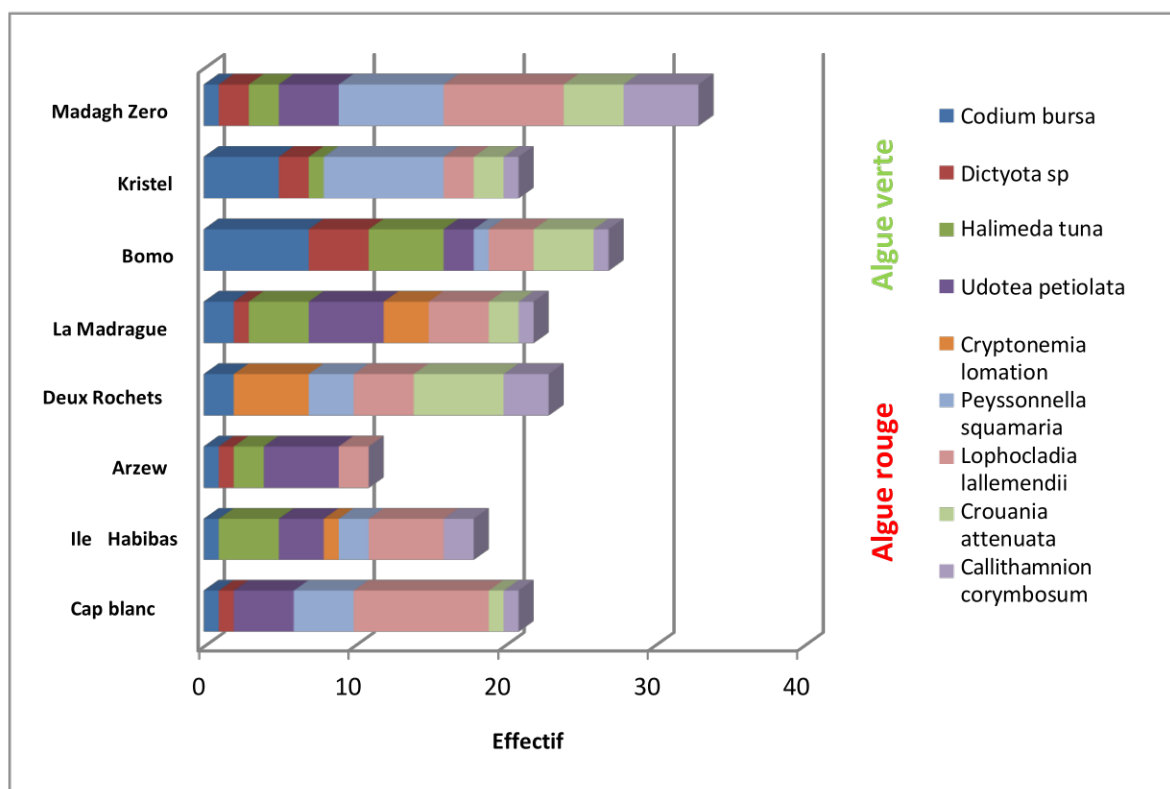


Fig. 85 : Fréquences des épiflores sur les valves de *Pinna nobilis*

III.6.1.2. Épifaune

Au total, 287 individus ont été trouvés sur *Pinna nobilis*, divisées en sept Taxa. Les spongiaires étaient mieux représentés (37%), suivi par les annélides (22%), les mollusques (17%), les crustacés (9%), les échinodermes (7%), les bryozoaires (5 %) et les ascidies (3%).

Six espèces de mollusques ont été identifiées : *Callochiton septemvalvis*, *Vermetus triquetrus*, *Arca noae*, *Anomia ephippium*, *Pisania striata* et *Pinctada radiata*, trois espèces d'ascidies (*Didemnum maculosum*, *Asciadiella scabra*, *Halocynthia papillosa*), et quatre espèces d'échinodermes (*Paracentrotus lividus*, *Amphiura filiformis*, *Amphipholis squamata*, *Psammechinus microtuberculatus*) étaient présents presque dans tous les sites d'échantillonnage.

Les annélides *Pomatoceros triquetrus* et *Spirorbis borealis* ont été rencontrés dans tous les sites d'échantillonnage, sauf l'espèce *Sabella pavonina* était présent seulement aux Îles Habibas, le crustacé *Pilumnus hirtellus* a été absent sur tous les sites d'échantillonnage sauf à Cap Blanc, *Synalpheus laevimanus* a été rencontré dans seulement le site des Île Habibas et à Cap Blanc, *Balanus eburneus* a été présent dans tous les sites d'échantillonnage. Cependant, d'autres espèces étaient très localisées ou très dispersées et ne se trouvaient que dans une seule localité, à l'instar, des éponges *Mycale sililaris*, *Clathrina coriacea*, *Hymeniacidon perlevis*, *Phorba tenacior*, *Myxilla incrustans*, *Halichondria panicea*, *Dysidea tupha*, *Petrobiona massiliana*, *Mycale tunicata*, *Dysidea avara*, *Ircinia variabilis*, *Polymastia penicillus*, *Haliclono oculata*, *Dysidea fragilis*, *Spongia virgultosa*, *Spongia officinalis*.

Les sites des Îles Habibas et Cap Blanc et Arzew présentaient la plus grande richesse en espèces (76 et 64 et 60 espèces respectivement), tandis que Madagh "Zero", La Madrague, Deux Rochers, Bomo-Plage- et Kristel affichaient les plus pauvres (respectivement 19, 21, 20, 24 et 26 espèces). Il convient de noter que les spongiaires étaient le taxon le plus dominant en termes de richesse en espèces sur les huit sites. La majorité des espèces associées pour chaque site sont mentionnées dans les Figures suivantes du 86 à 92.

III.6.1.2.1. Spongiaires

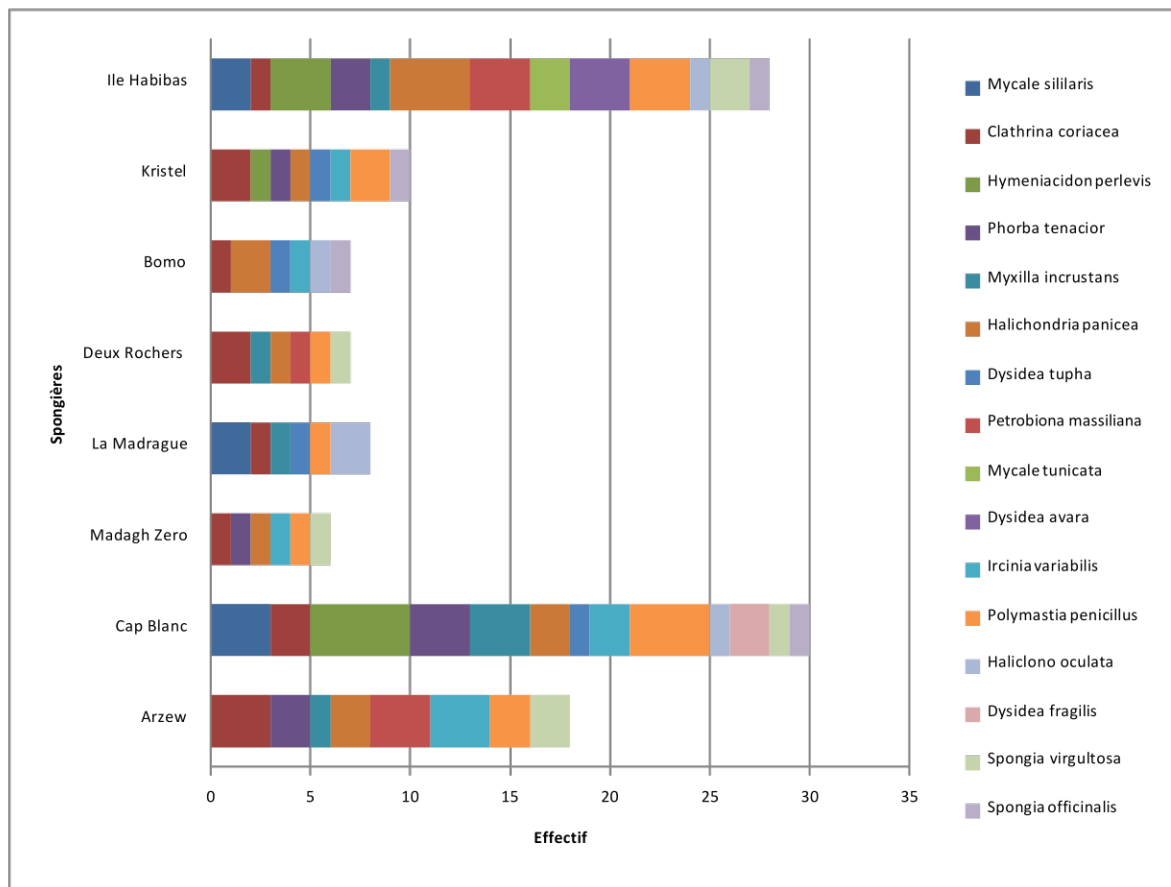


Fig. 86 : Répartition et identification des spongiaires au niveau de la zone d'étude

III.6.1.2.2. Mollusques

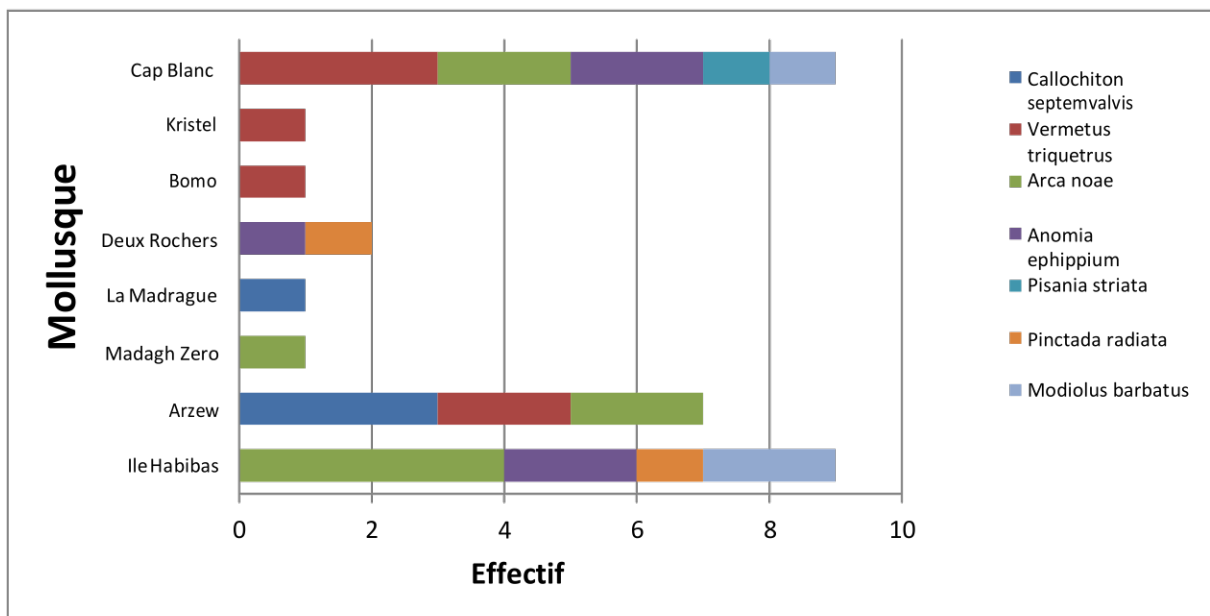


Fig. 87 : Répartition et identification des mollusques au niveau de la zone d'étude.

III.6.1.2.3. Échinodermes

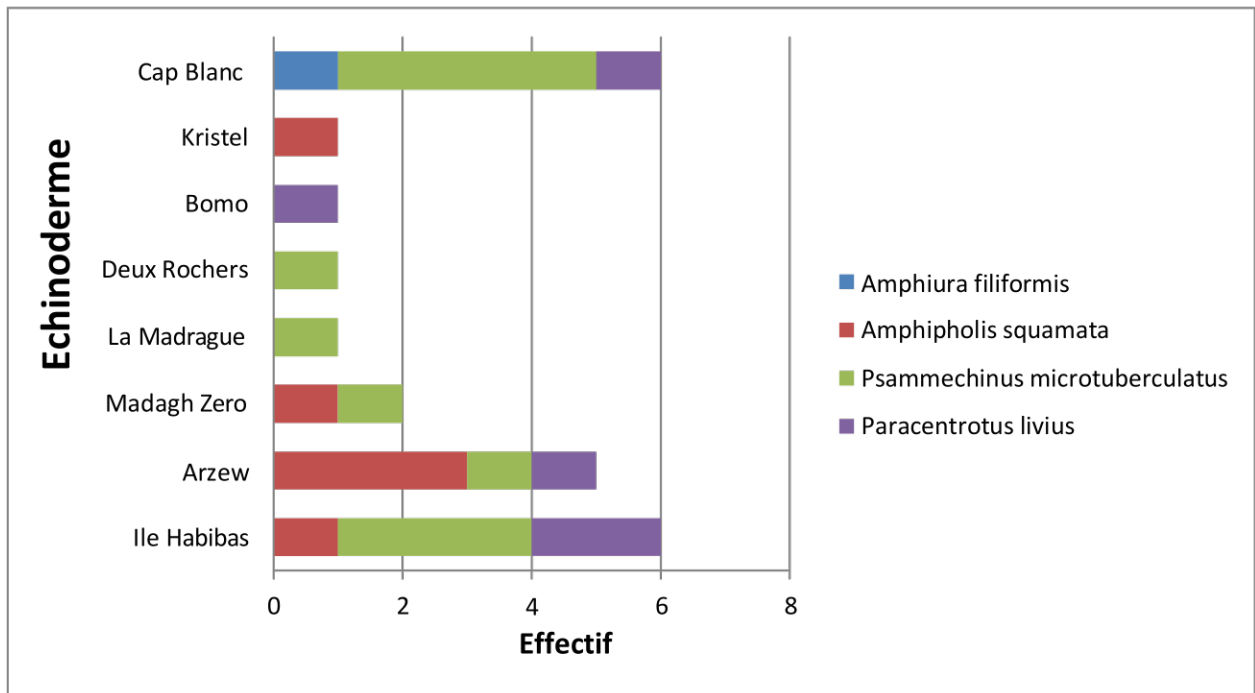


Fig. 88 : Répartition et identification des échinodermes au niveau de la zone d'étude

III.6.1.2.4. Annélides

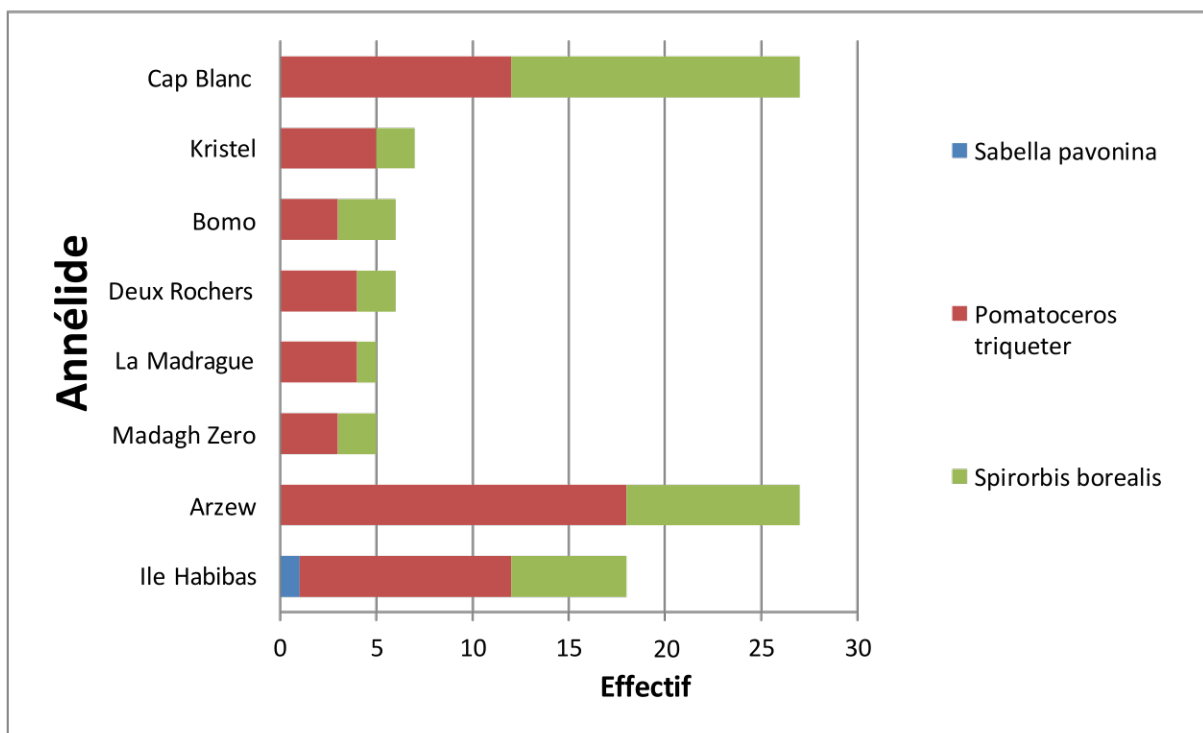


Fig. 89 : Répartition et identification des annélides au niveau de la zone d'étude

III.6.1.2.5. Crustacés

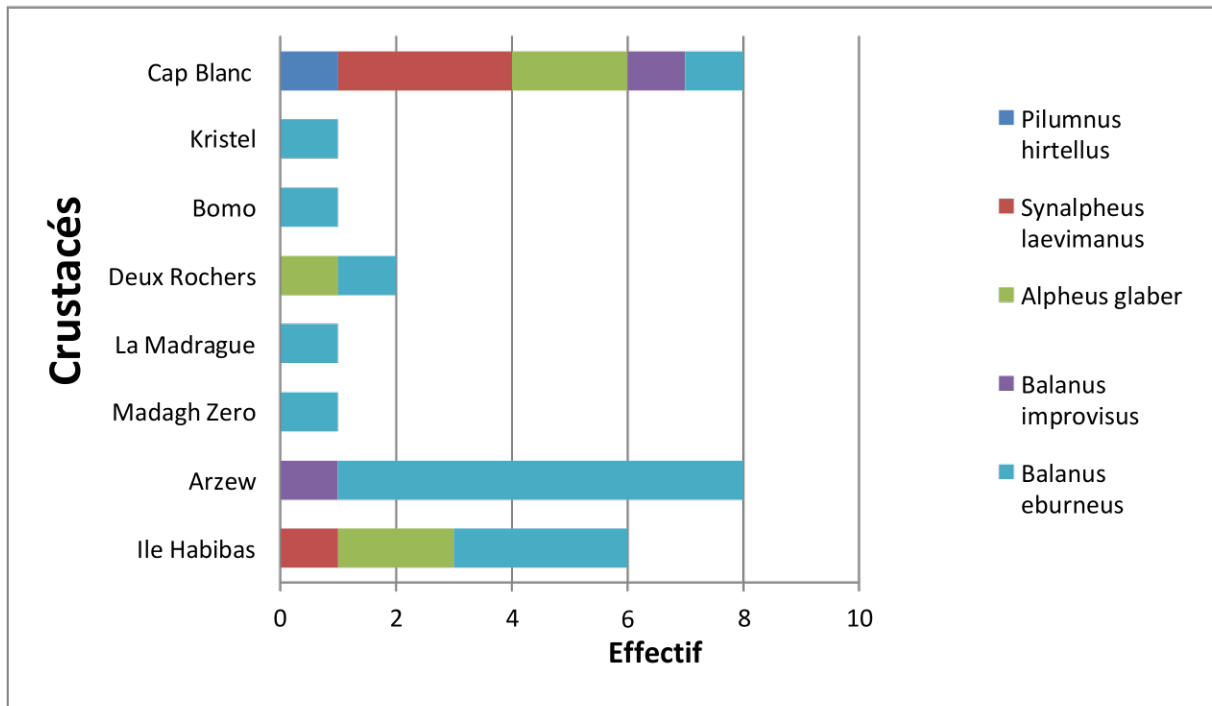


Fig. 90 : Répartition et identification des crustacés au niveau de la zone d'étude

III.6.1.2.6. Ascidies

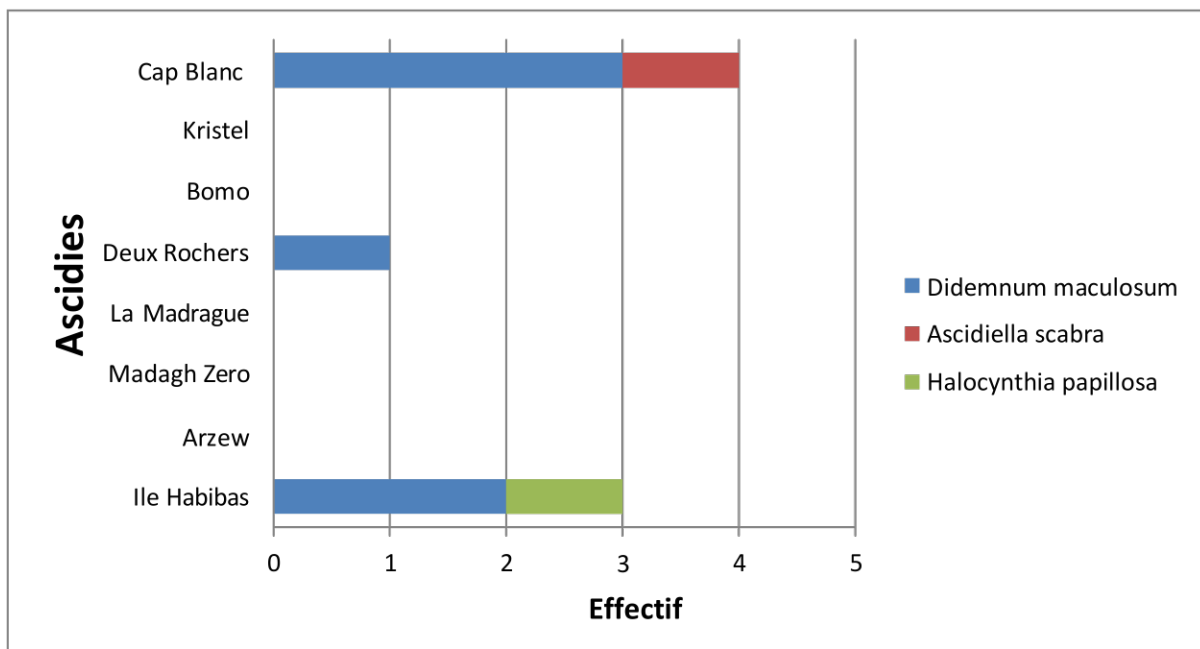


Fig. 91: Répartition et identification des ascidies au niveau de la zone d'étude

III.6.1.2.7. Bryozoaires

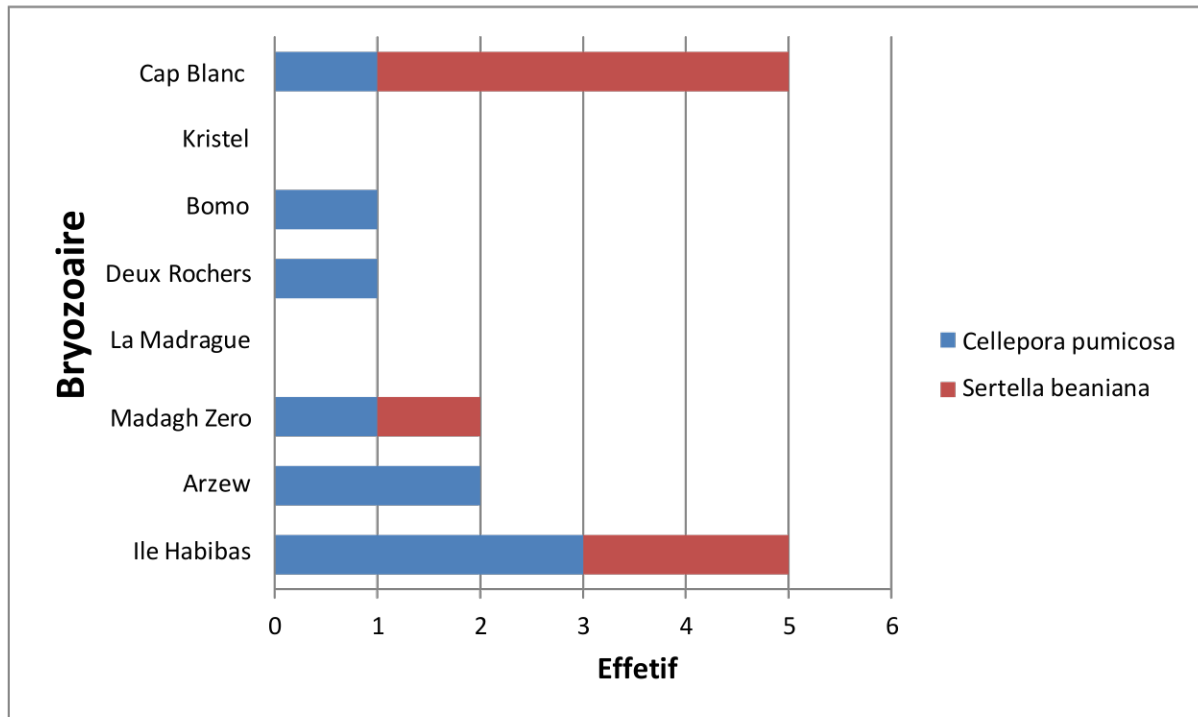


Fig. 92 : Répartition et identification des bryozoaires au niveau de la zone d'étude.

III.6.2. Indices de biodiversité

Aux termes de la Convention sur la diversité biologique, les pays signataires (dont l'Algérie) doivent inclure la biodiversité dans leurs évaluations environnementales (Costello *et al.*, 2001). L'utilisation des résultats des indices de biodiversité et notamment ceux de Shannon et de Pielou nous permettront d'effectuer une comparaison globale des peuplements ou de l'état d'un même peuplement saisi à des moments différents. Les indices suivants ont été retenus dans la présente étude :

III.6.2.1. Abondance relative

On observe une abondance pour les spongiaires (37%) et les annélides (22%) au niveau de tous les sites étudiés. (Tableau.42).

Tab. 42 : Abondance relative

Espèce	Nombre total (Na)	Abondance (%)
Spongiaires	114	37 %
Mollusques	54	17 %
Échinodermes	23	7 %
Annélides	67	22 %
Crustacées	28	9 %
Ascidies	8	3 %
Bryozoaires	16	5 %

III.6.2.2. Fréquence (F) dans l'échantillon

En réalisant l'indice de fréquence dans l'échantillon pour les huit zones d'étude (Tableau. 43), on constate la présence de plusieurs espèces rares et d'autres plus fréquentes sur les valves étudiées.

Tab. 43 : Fréquence (F) dans l'échantillon par espèce

<i>I. Spongiaires</i>	Ni	F %	Abondance relative dans l'échantillon
<i>Mycale sililaris</i>	7	6	Espèce présente
<i>Clathrina coriacea</i>	13	11	Espèce présente
<i>Hymeniacion perlevis</i>	9	8	Espèce présente
<i>Phorba tenacior</i>	9	8	Espèce présente
<i>Myxilla incrustans</i>	7	6	Espèce présente
<i>Halichondria panicea</i>	13	11	Espèce présente
<i>Dysidea tupa</i>	4	3	Espèce rare
<i>Petrobiona massiliana</i>	7	6	Espèce présente
<i>Mycale tunicata</i>	2	1	Espèce rare
<i>Dysidea avara</i>	3	2	Espèce rare
<i>Ircinia variabilis</i>	8	7	Espèce présente
<i>Polymastia penicillus</i>	14	12	Espèce présente
<i>Haliclono oculata</i>	5	4	Espèce rare
<i>Dysidea fragilis</i>	2	1	Espèce rare
<i>Spongia virgultosa</i>	7	6	Espèce présente
<i>Spongia officinalis</i>	4	3	Espèce rare

2. Echinodermes		<i>Ni</i>	<i>F %</i>	<i>Abondance relative dans l'échantillon</i>
	<i>Amphiura filiformis</i>	1	4.34	Espèce rare
	<i>Amphipholis squamata</i>	6	26.08	Espèce présente
	<i>Psammechinus Microtuberculatus</i>	11	47.82	Espèce commune
	<i>Paracentrotus livius</i>	5	21.73	Espèce présente

3. Mollusques		<i>Ni</i>	<i>F %</i>	<i>Abondance relative dans l'échantillon</i>
	<i>Callochiton septemvalvis</i>	4	7	Espèce présente
	<i>Vermetus triquetrus</i>	7	13	Espèce présente
	<i>Arca noae</i>	11	21	Espèce présente
	<i>Anomia ephippium</i>	12	22	Espèce présente
	<i>Pisania striata</i>	4	8	Espèce présente
	<i>Pinctada radiata</i>	10	19	Espèce présente
	<i>Modiolus barbatus</i>	6	11	Espèce présente

4. Annélides		<i>Ni</i>	<i>F %</i>	<i>Abondance relative dans l'échantillon</i>
	<i>Sabella pavonina</i>	1	1.49	Espèce rare
	<i>Pomatoceros triqueter</i>	39	58.21	Espèce fréquente
	<i>Spirorbis borealis</i>	27	40.29	Espèce commune

5. Crustacés		<i>Ni</i>	<i>F %</i>	<i>Abondance relative dans l'échantillon</i>
	<i>Pilumnus hirtellus</i>	1	3.57	Espèce rare
	<i>Synalpheus laevimanus</i>	4	14.28	Espèce présente
	<i>Alpheus glaber</i>	5	17.85	Espèce présente
	<i>Balanus improvisus</i>	2	7.14	Espèce présente
	<i>Balanus eburneus</i>	16	57.14	Espèce fréquente

6. Ascidiés		<i>Ni</i>	<i>F %</i>	<i>Abondance relative dans l'échantillon</i>
	<i>Didemnum maculosum</i>	6	75	Espèce fréquente
	<i>Asciidiella scabra</i>	1	12.5	Espèce présente
	<i>Halocynthia papillosa</i>	1	12.5	Espèce présente

7. Bryozoaires		Ni	F %	Abondance relative dans l'échantillon
	<i>Cellepora pumicosa</i>	9	56.25	Espèce fréquente
	<i>Sertella beaniana</i>	7	43.75	Espèce commune

III.6.2.3. Indice de Shannon-Weiner (H')

L'indice de Shannon nous montre l'état de la biodiversité et de l'écologie qui domine dans la zone d'étude. Les sites de Cap Blanc et Arzew présentent une bonne biodiversité. Par rapport aux autres sites, les eaux des Îles Habibas jouissent d'une haute biodiversité et exprime parfaitement la qualité du milieu. En contraste, La Madrague, Madagh "Zero", Bomo-Plage, Kristel et les Deux Rochers attestent une moyenne biodiversité du fait qu'ils soient soumis à une influence anthropique (Tableau. 44).

Tab. 44 : Indice de Shannon par site

Site	H'	Type du milieu
Arzew	4,2	État écologique : Bon
Cap Blanc	4,8	État écologique : Bon
Madagh "Zero"	3.8	État écologique : Moyen
La Madrague	3.2	État écologique : Moyen
Deux Rochers	3.4	État écologique : Moyen
Bomo-Plage	3.3	État écologique : Moyen
kristel	3.2	État écologique : Moyen
Les Îles Habibas	5.6	Site de référence ; État écologique : très bon

III.6.2.4. Indice d'Équitabilité (E) de Pielou

L'indice de Pielou 0 sites (Tableau. 45).

Tab. 45 : Indices de Pielou par site

Site	E	Type de peuplement
Arzew	0.73	Peuplement en léger déséquilibre
Cap Blanc	0.83	peuplement en équilibre
Madagh "Zero"	0.66	peuplement en léger déséquilibre
La Madrague	0.55	peuplement en déséquilibre
Deux Rochers	0.6	peuplement en déséquilibre
Bomo-Plage	0.57	peuplement en déséquilibre
Kristel	0.55	peuplement en déséquilibre
Les Îles Habibas	1	peuplement en équilibre

III.6.3. Communauté associée: répartition spatiale et relation avec la taille de *Pinna nobilis* et son habitat

III.6.3.1. Résultat

Au total, 41 espèces épifaunes appartenant à sept différents phylums ont été identifiées au niveau des huit échantillons examinés de *Pinna nobilis*. Le taxon le plus dominant est celui des spongiaires (37%), suivi par les annélides (22%), puis viennent, par ordre décroissant, les mollusques (17%), les crustacés (9%), les échinodermes (7%), les bryozoaires (5 %) et les ascidies (3%). Les pourcentages de ces taxons varient selon les stations et donc selon le type d'écosystème et les conditions qui y règnent. La richesse spécifique varie également d'une station à l'autre. Elle est comprise entre un minimum de 15 espèces à La Madrague et un maximum de 31 espèces aux Îles Habibas. Variations de la richesse spécifique (RS) et des indices de Shannon-Weaver (H') et d'équitabilité de Pielou (E) dans les huit communautés épibiontes de *Pinna nobilis*. L'étude de la diversité des communautés épibiontes de *Pinna nobilis* révèle que l'indice de Shannon-Weaver oscille entre un minimum de 3.2 à Kristel et un maximum de 5.6 au niveau de la zone des Îles Habibas. Quant à l'indice d'équitabilité, il est compris entre 0,55 à Kristel et 1 aux Îles Habibas. Les valeurs minimales de ces deux indices ont été enregistrées dans la station lagunaire et celle située entre la lagune et la mer (Kristel, La Madrague). Quant aux valeurs maximales (les Îles Habibas), elles ont été notées au sein des stations marines.

Le peuplement caractéristique d'épibiontes vivant sur *Pinna nobilis* donne à ce bivalve un rôle de réserve de biodiversité aussi bien à petite qu'à grande échelle. Des estimations de densité locale des peuplements de *Pinna nobilis*.

Pinna nobilis présente un riche réseau d'espèces épibiontes. L'épifaune qui recouvre les valves est représentée principalement de spongiaires et de vers serpules. Viennent ensuite les bryozoaires représentés par deux espèces, et les crustacés représentés par des balanes. Les autres espèces sont rares et représentés par un ou deux spécimens sur toutes les valves. La présence des épibiontes est plus fréquente aux Îles Habibas, leur fréquence diminue avec l'éloignement de ce dernier. La zone de Kristel est le plus pauvre en diversité taxonomique par rapport aux autres zones. Malgré cette variation de richesse, la répartition des épibiontes par valve reste sensiblement identique.

La catégorie «Rare» représentée seulement par neuf espèces *Dysidea tupha*, *Mycale tunicata*,

Dysidea avara, *Haliclono oculata*, *Dysidea fragilis*, *Spongia officinalis*) et l'échinoderme *Amphiura filiformis*, et l'annélide *Sabella pavonina* et le crustacé *Pilumnus hirtellus*, et les espèces «présente» représentaient la catégorie la plus dominante. Les épifaunes «constants» appartenaient à Spongiaire, Bryozoaire, Mollusque, Annélide et Crustacé et étaient dominés en particulier par des taxons coloniaux, à savoir Spongiaire et Bryozoaire. Il convient de noter que si nous ne prenons que les taxons dénombrables sédentaires, l'espèce la plus abondante dans chacune des huit communautés épifaunales était l'annélide *Pomatoceros triqueter*. L'abondance totale des espèces variait entre 19 spécimens dans Madagh "Zero" et 76 aux Îles Habibas. L'abondance totale d'espèces la plus faible a été observée à Madagh "Zero", où les valves sont petites. En revanche, les plus fortes abondances ont été observées dans les localités où les coquilles de taille moyenne constituaient les catégories dominantes, à savoir aux Îles Habibas, à Cap Blanc et à Arzew. En considérant l'ensemble de l'échantillon, la plupart des taxons associés n'étaient pas très communs et les pourcentages de catégories d'espèces variaient selon les sites. À l'échelle locale (chaque coquille de *Pinna nobilis*), les variations d'abondance, de richesse, de biodiversité et de régularité ont été calculées. Les spongiaires ont fortement prédominé sur les huit sites en termes de nombre et de surface, tandis que les indices H 'et J' généralement similaires à ceux de l'épifaune. La richesse en espèces a augmenté de manière significative en fonction de la taille de la coquille.

III.6.3.2. Discussion

Comme cela a été observé dans plusieurs classifications fauniques macro et mégabenthiques (Vance, 1978; Karlson et Shenk, 1983; Gili *et al.*, 1993; Davis et White, 1994; Barnes et Clarke, 1995; Wahl, 1996; Key *et al.*, 1996; Thompson *et al.*, 1996; Parapar *et al.*, 1997; Fernandez *et al.*, 1998; Olabarria, 2000), les coquilles de *Pinna nobilis* ne représentent plus qu'un espace disponible pour une communauté épibenthique typique de substrats durs (Zavodnik, 1963, 1967; Corriero et Pronzato, 1987; Giacobbe et Rinelli, 1992). Cependant, la nature intime de la surface verticale vivante et de l'habitat de sédiments meubles voisin peut influencer le contingent des espèces associées, constituant des facteurs potentiels de sélection pour l'épibiota (Cosentino et Giacobbe, 2008). Dans la présente étude, l'influence évidente des localités a été démontrée que pour la population des Îles Habibas, tandis que pour les autres sites présentaient une corrélation moyenne à faible, mais jouaient un rôle important dans la structuration. Une telle observation peut s'expliquer par un règlement précoce de l'épifaune sur les individus de *Pinna nobilis*, comme l'a démontré Munguia (2004) pour la coquille

d'*Atrina rigida*. D'autres caractéristiques environnementales semblaient jouer un rôle majeur dans la caractérisation du biote à différentes échelles spatiales. Les vraies communautés marines sont devenues plus hétérogènes dans la composition des espèces des sites protégés et des sites non protégés, fournissant certaines preuves que d'autres facteurs environnementaux ou biogéographiques sous-jacents peuvent agir.

Dans la présente étude, la structure de l'épifaune était plus diversifiée et équilibrée aux Îles Habibas, Cap Blanc et Arzew que dans les autres zones pour toutes les espèces répertoriées. Les facteurs liés au confinement des fonds sublittoraux peu profonds, tels que les variations saisonnières thermiques, l'hydrodynamique et les échanges d'eau, ainsi que la disponibilité de la nourriture, étaient probablement les principales contraintes environnementales pouvant affecter la structure des épibiontes associés à l'échelle locale. Il est à noter que la faune motile était plus diversifiée que la faune sessile. En outre, de nombreuses espèces mobiles semblent dépendre des espèces sessiles, en particulier des éponges qui semblent servir d'habitat à de nombreux crustacés et annélides, augmentant ainsi la biodiversité de la faune associée à la coquille *Pinna nobilis* héberge des communautés épi-faunistiques très complexes et bien caractérisées, composées d'espèces sessiles et motiles, contribuant à la complexité du biotope (Annexe, Tab. VIII & IX).

Des études complémentaires sont nécessaires pour quantifier cette contribution et comprendre comment ce bivalve méditerranéen aide les communautés environnantes aux niveaux local et régional.

CONCLUSION

IV. Conclusion

« La qualité d'un milieu littoral est un majeur complexe qui ne peut se limiter par des données isolées et partielles représentant des situations particulières » (Arnoux, 1993). L'eau, l'organisme et le sédiment, doivent être étudiés pour évaluer les phénomènes progressifs d'un écosystème, il est préférable d'étudier les paramètres physico-chimiques et biologiques. La notion d'indicateur biologique du milieu marin est valable à tous les niveaux d'intégration, depuis l'inframicroscopique, jusqu'à l'écosystème. *Pinna nobilis* espèce endémique de Méditerranée, protégée par la Loi, est un excellent intégrateur des variations du milieu littoral méditerranéen, et à ce titre elle constitue un bon indicateur biologique et écologique de la qualité de ce littoral. Animal fixé, il sera plus que tout autre une sentinelle de la mer Méditerranée qui permettra de comprendre l'impact des changements climatiques.

L'étude de la caractérisation, écosystèmes associés et cadre sédimentaire de la nacre *Pinna nobilis* (Linné, 1758) de la côte Ouest algérienne nous a permis d'évaluer la répartition, densité et l'état de l'écologie de l'espèce *Pinna nobilis* en utilisant la plongée sous-marine comme outil d'investigation, reste préliminaire. Toutefois, elle nous a permis d'établir un état des lieux sur la population de la grande nacre, un mollusque bivalve considéré d'intérêt patrimonial dans le bassin méditerranéen et qui est très peu connu sur les côtes algériennes. Il importe de préciser qu'il s'agit d'une espèce remarquable, menacée dans de nombreuses régions de la Méditerranée, au même titre que la Posidonie qui l'abrite.

D'ailleurs, elle figure sur la liste des espèces bénéficiant d'un statut juridique de protection (Convention de Barcelone, liste de l'UICN) dans de nombreuses régions de la Méditerranée. Pour le littoral Ouest algérien, nous pouvons considérer que ce travail est le point zéro qui représentera un recensement de référence pour la mise en place éventuellement d'un suivi dans le temps de la population locale. Comme il pourra servir de base à un futur projet de gestion de la zone marine échantillonnée.

Les premiers résultats obtenus confirment la présence des deux espèces communes en Méditerranée, *Pinna nobilis* et *Pinna rudis*, avec une nette dominance de la première. Nous avons pu également délimiter la zone de concentration de la population de *Pinna nobilis*. En supposant que cette zone d'étude constitue un biotope de prédilection de la grande nacre. La répartition des Pinnidés dans la zone d'étude est aléatoire ; contrairement à ce qui a été confirmé par Vicente, que les juvéniles se trouvent à de petites profondeurs et les adultes occupent des aires plus profondes (Vicente *et al.*, 1980).

Perspectives

Ce travail ouvre de nouvelles perspectives d'études qui permettront de mieux comprendre les stratégies pour mieux étudier l'environnement et l'écologie de l'espèce *Pinna nobilis*, avec les résultats pertinents qu'on a observés, il serait extrêmement intéressant de les valoriser en suivant les démarches suivantes :

- Faire de la surveillance environnementale écologique une pratique courante le long des côtes algérienne, ceci permettrait à long terme l'obtention d'une base de données fiable.

Les épibiontes inventoriés n'ont pas de substrats préférentiels, ils se fixent aussi bien sur les valves des Pinnidés, que sur les substrats environnants. Dans le cadre de notre étude, il faut préciser que les valeurs des effectifs trouvés sont certainement sous-estimées en raison des aléas d'échantillonnage auxquels nous avons été confrontés, tels que le manque de qualification chez certains plongeurs lors de la recherche des *Pinna* au sein des zones reparties, le problème de la visibilité qui réduit d'une manière significative le champ de prospection.

Les informations recueillies sur la biométrie et la croissance de *Pinna nobilis* sont à considérer avec circonspection en raison de l'insuffisance des effectifs échantillonnés, d'une part, et du problème des mesures prises directement sur les individus vivants d'autre part. L'étude de la croissance chez les bivalves remarquables, comme c'est le cas de *Pinna nobilis*, est souvent une problématique difficile à résoudre surtout lorsqu'on dispose d'effectifs très limités dans le milieu naturel mais aussi en raison du problème de la représentativité des différentes catégories de tailles au sein de la population pour cela nous avons sollicité notre travail par une étude de détermination d'âge par les stries marquées sur la coquille.

Enfin, la réapparition des individus de *Pinna nobilis*, en zones littorales préservées ou réhabilitées, est un signe de la bonne santé du littoral méditerranéen. Le captage larvaire et la réimplantation de l'espèce dans les secteurs occupés par un herbier florissant, ou encore dans

des zones en cours de réhabilitation, permet d'envisager une recolonisation du littoral par cette espèce qui peut être considérée comme un excellent indicateur biologique de la santé du littoral méditerranéen, au même titre que *Posidonia oceanica* qui constitue son biotope de prédilection.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Allen HE, Fu, G, Den B., 1993. Analysis of acid volatile sulfide (AVS) and simultaneous extracted metals (SEM) for the estimation of potential toxicity in aquatic sediment. *Environ Toxicol Chem* 12: 1444-1453.

Arnaud P.M., C. Poizat, 1979 - Données écologiques sur des Caecidae (Gastéropodes Prosobranches) du golfe de Marseille. *Malacologia*, 18 : 319-326.

Arnaud P.M., C. Poizat, 1981 - Signification écologique de quelques Gastéropodes Caecidae des côtes de Provence. *Haliotis*, 11: 29-35.

Bartsch I., 1988 - Halacaroidea. In : Introduction to the Study of Meiofauna. R.P. Higgins, H. Thiel (eds), Smithsonian Institution Press, Washington D.C., London. pp : 417-422.

Beaufort F., 1987. Le livre rouge des espèces menacées en France: tome 2, espèces marines et littorales menacées. Ed. Secrétariat de la faune et de la flore, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 356 p.

Béatrice de Gauléjac *, Maurice Roux **, Claude Poizat *1, Nardo Vicente * Cadre sédimentaire et méiofaunal de *Pinna nobilis* Linné, 1758 de l'étang de Diana, Corse, France /Sedimentary and meiofaunal environment of *Pinna nobilis* Linné, 1758 in the Diana Lagoon, Corsica, France.

Botosaneanu L. (ed), 1986 - Stygofauna Mundi:A Faunistic, Distributional and Ecological Synthesis of the World Fauna inhabiting Subterranean Waters (including the marine interstitial). Leiden,E.J. Brill / Dr Backhuys, 740 pp.

Butler A.J., M.J. Keough, 1981 - Distribution of *Pinna bicolor* Gmelin (Mollusca : Bivalvia) in south Australia, with observations on recruitment. *Trans. R. Soc. S. Aust.*, 105 (1) : 29-39.

Bouiadjra B., TALEB M. Z. & BOUTIBA Z., 2005. Etude d'un site d'intérêt écologique pour la Méditerranée en vue d'un classement en aire protégée marine: cas de l'île de Rachgoun. *Marine & Coastal Protected Areas*, (Eds) CHOUIKHI A., & MENIOUI M., Inter-islamic Science & Technology Network on Oceanography, 2005: 68-77.

- Butler A.J. & Brewster F.J.**, 1979. Size distributions and growth of fan Shell *Pinna bicolor* Gmelin (Mollusca Eulamellibranchia) in South Australia. *J. Mar. Freshwater. Res.*, 30: 25-39.
- Butler A.J., Vicente N. & De Gaulejac B.**, 1979. Ecology of the pteroid bivalves *Pinna bicolor* Gmelin and *Pinna nobilis* L. *Marine Life*, 3(1-2), 37-46.
- Butler AJ, Vicente N, De Gaulejac B (1993)** Ecology of the pteroid bivalves *Pinna bicolor* Gmelin and *Pinna nobilis* Linnaeus. *Marine Life (Marseille)* 3: 37–45. http://marinelife-revue-fr-prod.ricard.jn-hebergement.com/IMG/pdf/butler_et_al-1993-marlife.pdf.
- Campbell A. & Nicholls C.**, 1979. Guide de la faune et de la flore littorales des mers d'Europe, Delachaux et Niestlé Ed. Suisse, 257p.
- Catsiki Va & Catsilieri C** 1992. Presence of chromium in *Pinna nobilis* collected from a polluted area. *Fresenius Envir Bull* 1:644-649.
- Chapman PM, Morgan JD.** 1983. Sediment bioassays with oyster larvae. *Bull Environent Contam Toxicol* 31:438-444.
- Chapman PM, et al.** 1998. Ecotoxicology Of Metals In aquatic sediment: binding and release, bioavailability, risk assessment, and remediation. *Can J Fish Aquat Sci* 55:2212-2243.
- Chaumeton**, 1979. Les coquillages. Solar Ed., Paris, 186p.
- Charrier Y.**, 1999. Gestion d'une espèce menacée *Pinna nobilis* L. 1758 (Mollusque Bivalve) au Parc National de Port-Cros. Mémoire de Maîtrise en écophysiologie marine. Faculté des Sciences et Technologie de St-Jérôme. Université d'Aix-Marseille III. France, 145 p.
- Combelles S., Moreteau J. C. & Vicente N.**, 1986. Contribution à la connaissance de l'écologie de *Pinna nobilis* L. 1758 (Mollusque Eulamellibranche). *Sci.Rep. Port-Cros Natl. Park, Fr.*, 12: 29-43.
- Cosentino, A. & Giacobbe, S. (2006)**. Shell ornament in *Pinna nobilis* and *Pinna rudis* (Bivalvia: Pteriomorpha). *Journal of Conchology*, 39, 135–140.
- Cosentino, A. & Giacobbe, S. (2007)**. Aspects of epizoobiotic mollusc assemblages on *Pinna* shells. I. Composition and structure. *Cahiers de Biologie Marine*, 2, 187–197.

- Cosentino, A. & Giacobbe, S. (2008).** Aspects of epizoobiotic mollusc assemblages on Pinna shells. II. Does the Mediterranean *P. nobilis* represent an isle of biodiversity? Cahiers de Biologie Marine, 49, 161–173
- Czihak G., W. Dierl,** 1961 - Pinna nobilis L. Grosses Zoologisches praktikum. Gustav Fischer Verlag Edit. Stuttgart, 40 pp.
- D'Angelo P. & Garguilo R.,** 1991. Guida alle conchiglie Mediterranee : conoscerle, cercarle, Collezionarle. Fabbri Ed., Milano, 42: 175-176.
- De Gaulejac B., & Vicente N.,** 1990. Écologie de *Pinna nobilis* (L.) mollusque bivalve sur les côtes de Corse. Essais de transplantation et expériences en milieu contrôlé. Grand Forum de la Malacologie et Symposium International d'Écophysiologie des Mollusques. Société Française de Malacologie. Ile Embiez, Haliotis 20: 83.
- De Gaulejac B.,** 1993. Étude écophysiologique du mollusque bivalve méditerranéen *Pinna nobilis* L. Reproduction, croissance, respiration. Thèse en Sciences, option: Ecophysiologie marine. Université d'AiFORD-WALFORD L. A., 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. Biological Bulletin, 90 (2): 141-147.
- Di Toro DM, Mahony JD et al.,** 1990. Toxicity of cadmium in sediment: the role of acid volatile sulfide. *Environ Toxicol Chem* 9 : 1487-1502.
- Frontier S., & Pichod-Viale D.,** 1991. Ecosystèmes: structure, fonctionnement, évolution. Ed. Masson, Paris, 392 p.x-Marseille III, France. 152p.
- Fenchel T.,** 1971 - The reduction-oxidation properties of marine sediments and the vertical distribution of the microfauna. *Vie Milieu*, 22 : 509-521.
- Fenchel T.M., R.J. Riedl,** 1970 - The sulfide system: a new biotic community underneath the oxidized layer of marine sand bottoms. *Mar. Biol.*, 7 : 255-268.
- Fischer R.A.,** 1936 - The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Ann. Eugenics*, 7 : 237-250.
- Folk R.L.,** 1974 - Petrology of sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas, 182 pp.

Garcia-March J.R., Garcia-Carrascosa A. M. & Pena A. L., 2002. In situ measurement of *Pinna nobilis* shells for age and growth studies: a new device. *P.S.Z.N. Marine Ecology*, 23(3): 207-217.

Garcia March J.R., 2003 - Contribution to the knowledge of the status of *P. nobilis* (L.) 1758, in Spanish coasts. In : Premier séminaire international sur la grande nacre de Méditerranée : *Pinna nobilis*, 10-12 octobre 2002. Mém. Inst. océanogr. P. Ricard, pp : 29-41.

García-March J.R., Ferrer J.F. (1995) – Biométrie de *Pinna nobilis* L., 1758: una revisión de la ecuación de De Gaulejac y Vicente (1990). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 11 (2): 175-181.

García-March J.R., García-Carrascosa A.M., Peña A.L. (2002) – *In situ* measurement of *Pinna nobilis* shells for age and growth studies: a new device. *Marine ecology*, 23 (3): 207-217.

García-March, 2006 Protocol to study and monitor *Pinna nobilis* populations within marine protected areas. MedPAN-Interreg IIC-project. *Malta Environment and Planning Authority (MEPA)*, 62. https://www.researchgate.net/publication/235963792_Protocol_to_study_and_monitor_Pinna_nobilis_populations_within_marine_protected_areas.

Gaulejac B., 1989. Ecologie de *Pinna nobilis* L. 1758 Mollusque eulamellibranche, en baie de Calvi. Mémoire Environnement marin. Faculté Sciences Saint Jérôme, France. 37p.

George D., & George J., 1979. Marine Life. An illustrated Encyclopedia of Invertebrates in the Sea. Lionel Leventhal Ltd Publ., U.K. 132p.

Giacobbe S., & Leonardi M., 1987. Les fonds à *Pinna* du Déroit de Messine. Doc. et Trav. IGAL n° 11: 253-254.

Grimes S., Semroud R., Bakalem A., Boumaza S., Ould Ahmed N., Kaidi N., Boudjellal B., Azzouz m., Eddalia N., Ounadi F., Boukhalfa D. & Khelifi H., 2005a. Les îles Habibas: Pôle de la biodiversité de la région méditerranéenne, espace à protéger. *Marine & Coastal Protected Areas*, (Eds) CHOUIKHI, A & MENIOUI, M. Inter-islamic Science & Technology Network on Oceanography, 2005. 101-111.

Gómez-Alba, 1988 Gómez-Alba JAS (1988) Guía de campo de los fósiles de España y de Europa. Ediciones Omega SA, Barcelona, 925 pp.

Gómez-Rodríguez, R. & Pérez-Sánchez, J.M. (1997) Moluscos Bivalvos de Canarias, Ed. Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 425 pp.

Gómez, R. & Pérez, J.M. (2011) Bivalvia: pp. 301- 389, Part 6. In: Rolán, E. (coord). Moluscos y conchas marinas de Canarias. Conchbooks, Hackenheim & Emilio Rolán, Vigo, 716 pp.

Good P., 2000 - Permutation tests. Springer-Verlag, New-York, 2 nd edition, 270 pp.

Grimes S., Boutiba Z., Bakalem A., Bouderbala M., Boudjellal B., Boumaza S., Boutiba M., Guedioura A., Hafferssas A., Hemida F., Kaidi N., Kerzabi F, Khelifi H., Merzoug A., Nouar A., Sellali B., Sellali-Merabtine H., Semroud R., Seridi H., Taleb M. Z., & Touahria T., 2005b. Structure de la biodiversité marine des côtes algériennes. Marine & Coastal Protected Areas, (Eds) CHOUIKHI, A & MENIOUI, M. Interislamic Science & Technology Network on Oceanography, 2005. 209-220.

Kara, M. H., 2006. Inventaire in situ de la diversité animale vertébrée et invertébrée du littoral d'Annaba. Projet de recherche CMEPRU N° F2301/18/06. 22p.

Katsanevakis S., 2005. Population ecology of the endangered fan mussel *Pinna nobilis* in a marine lake. Endangered Species Research: 1-9.

Kennedy H., Richardson C.A., Duarte C.M. and Kennedy D.P., 2001 - Diet and association of *Pontonia pinnophylax* occurring in *Pinna nobilis*: insights from stable isotope analysis. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*. 81:177-178.

Lakkis S., & Lakkis V. N., 2005. Coastal and marine assessment of two protected areas South Lebanon: Damour and Nakouba. Marine & Coastal Protected Areas, (Eds) CHOUIKHI, A & MENIOUI, M. Inter-islamic Science & Technology Network on Oceanography, 2005. 78.

Linder G., 1976. Guide des coquillages marins. Neuchâtel, Paris, Eds . Delachaux et Niestlé S.A., 255p.

Lombard P., 1995. Timide réapparition de la grande nacre de Méditerranée. In Mer et Littoral n° 4 janvier février.

Moreteau J.C., & Vicente N., 1980. Etude morphologique et croissance de *Pinna nobilis* dans le Parc national sous-marin de Port-Cros (Var, France). Vie Marine, France, 2: 52-58.

Moreteau J.C., & Vicente N., 1982. Evolution d'une population de *Pinna nobilis* L. (Mollusca, Bivalvia). Malacologia, 22, 341-345.

Moussa M., Baccar L. and Ben Khemis R., 2005 – La lagune de Ghar El Melh: Diagnostic écologique et perspectives d'aménagement hydraulique. Revue des Sciences de l'Eau. 18: 13-26.

Rabaoui L., Tlig-Zouari s. & Ben Hassine O.K., 2006. Statut actuel de *Pinna nobilis* (Mollusque : bivalve) sur les côtes nord et est de la Tunisie (Méditerranée méridionale). In: Premier Congrès Méditerranéen d'océanologie Sidi Fredj, Algérie, 20-22 novembre 2006. 199-200.

Richardson C.A., Kennedy H., Duarte C.M., Kennedy D.P., Proud S.V. (1999) – Age and growth of the fan mussel *Pinna nobilis* from south-east Spanish Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Marine Biology*, 133: 205-212.

Šiletic' T., Peharda M. (2003) – Population study of the fan shell *Pinna nobilis* L. in Malo and Veliko Jezero of the Mljet National Park (Adriatic Sea). *Scientia marina*, 67 (1): 91-98.

Rodriguez et al., 1993., Settlement of benthic marine invertebrate. Marine Ecology Progress Serie 97, 193-207.

ROUSSEAU P., 1985. Les techniques de recherches sous-marines. Etudes et sports sous marins n° 83. 58-69.

Saulnier I, Mucci A, 2000. Trace metal remobilization the resuspension of estuaire sediments: Saguenay Fjord, Canada. *Applied Geochemistry*. 15: 203-222.

Sebens, K.P. – 1991. Habitat structure and community dynamics in marine benthic systems. In: S. Bell, E. McCoy and H.R. Mushinsky (eds.), Habitat structure: The physical arrangement of objects in space , pp. 211-234. Chapman and Hall, London.

Silina, A.V. and I.I. Ovsyannikova. – 1998. The barnacle *Balanusrostratus* and its habitat in the north-western of the Sea of Japan. *Ophelia* , 49: 47-54.

Silitic T., & Peharda M., 2003. Population study of the fan shell *Pinna nobilis* L. in Malo and Veliko Jezero of Mljet National Park (Adriatic Sea), *Sci.Mar.*, 67(1): 91-98.

Tlig Zouari s., 1993. Contribution à l'étude écobioologique de deux espèces de mollusques lamellibranches *Pinctada radiata* (Leach, 1814) et *Pinna nobilis*, Linné 1758 des îles Kerkennah. Thèse en Sciences, option: Ecobiologie marine. Faculté des Sciences de Tunis, Université de Tunis, 215p.

Templado et al., 2004 .*Pinna nobilis*. Guía de invertebrados y peces marinos protegidos por la legislación nacional e internacional. In: *Templado, J., Calvo, M. (Eds.), Ministerio de Medio Ambiente. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid* 86–89.

Vance, R.R. – 1978. A mutualistic interaction between a sessile marine clam and its epibionts. *Ecology*, 59(4): 679-685.

Vicente N., Moreteau J.-C. & Escoubet P., 1980. Etude de l'évolution d'une population de *Pinna nobilis* L. (Mollusque Eulamellibranche) au large de l'anse de La Palud (Parc National sous-marin de Port-Cros), *Trav. Sci. , Parc natl. de Port-Cros*, (6) : 39-68.

Vicente N., Moreteau J.C. (1991) – Statut de *Pinna nobilis* L. en Méditerranée (Mollusque Eulamellibranche). In: Boudouresque C.F., Avon M., Gravez V. (eds), *Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée*. GIS Posidonie, Marseille: 159-168.

Vicente N., 1984. Grand coquillage plein de distinction. La grande nacre de Méditerranée *Pinna nobilis*. *Revue de la fondation océanographique Ricard*, 7, p.30-34.

Vicente N., 1986. La grande Nacre de Méditerranée. Parc national de Port-Cros, [Plaquette de présentation], 4 volets. 8 p.

Vicente N., & Moreteau J.-C., 1991. Statut de *Pinna nobilis* L. en Méditerranée (Mollusque eulamellibranche), In Boudouresque (C.F.), Avon (M.), Gravez (V.) *Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée*. GIS Posidonie Publ. : 159-168

Vicente N., Riva A. & Butler A., 1991. Etude expérimentale préliminaire sur les échanges gazeux chez *Pinna nobilis*. In: Aspects récents de la Biologie des Mollusques. Actes de Colloques. Société Française de Malacologie. Brest: IFREMER, 13. 187 p.

Vicente N. & De Gaulejac B., 1993. *Pinna nobilis* L. (Mollusque bivalve), indicateur biologique du littoral méditerranéen. In : Qualité du milieu marin. Indicateurs biologiques et physico-chimiques. Bouderesque C.F., Avon M. & Pergent-Martini C. edit., GIS Posidonie publ.: 141-150.

Wahl, M. – 1996. Fouled snails in flow: Potential of epibionts on *Littorina littorea* to increase drag and reduce snail growth rates. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 138(1-3): 157-168.

Warner, G.F. – 1997. Occurrence of epifauna on the periwinkle, *Littorina littorea* (L.) and interactions with the polychaetes *Polydora ciliate* (Johnston), *Hydrobiologia* , 355: 41-47.

Whittaker, R.H. – 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Or-egon and California. *Ecol. Monogr.* , 30: 279-338.

Weinberg S., 1993. Découvrir la méditerranée, du rivage à quarante mètres de fond. Nathan Ed., Paris: 351p.

Weydert P., 1976 - Principe, définition, méthode d'interprétation et critique du protocole d'analyse des sédiments par tamisage (filière pondérale). Manuel de Sédimentométrie et d'Arénologie, Cours Ronéo Marseille Luminy, 61 pp.

Wirtz, P. & D'Udekem-d'Acroz, C. (2008). Crustaceans associated with Cnidaria, Bivalvia, Echinoidea and Pisces at São Tomé and Príncipe islands. *Arquipélago. Life and Marine Sciences*, 25, 63–69.

Zavodnik D., 1967 - Contribution to the ecology of *Pinna nobilis* L. (Moll. Bivalvia) in the northern Adriatic. *Thalassia Jugosl.*, 3 : 93-102.

Zavodnik et al., 1991 Synopsis of the fan shell *Pinna nobilis* L. in the eastern Adriatic Sea. In: Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée. Boudouresque C.F. Avon M. and Gravez V. (Eds). GIS Posidonie Publ. Marseille, 169–178.

Références bibliographiques

Zovodnik D., Brenko M. & Legac M.,1991 . Synopsis on the fan shell *Pinna nobilis* L. in the eastern Adriatic sea. In: C. F. BOUDERESQUE, M. AVON & V. GRAVEZ (Eds). Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée. GIS Posidonie Publ., Marseille: 169-178.

Annexes

Tableau I' : Age et croissance de la grande nacre *Pinna nobilis* d'après N. Vicente.

Taille en cm	Age minimum	Age maximum
10	9 mois	9 . 5 mois
20	1 an 8 mois	1an 9 mois
30	2ans 9 mois	2ans 11 mois
40	4ans	4ans 4mois
50	5ans 7mois	6ans 1mois
60	7ans 8mois	8ans 6mois
70	10 ans 8 mois	12ans 2mois
80	16ans 1 mois	20ans 7 mois
Age	Taille min.	Taille max.
1 an	12 cm	13 cm
2	22	23
3	30	32
4	38	40
5	44	46
8	58	61
10	65	68
12	70	73
15	75	79
18	78	82
20	80	84

Tableau I : Fiche de prospection

Code				N° Fiche		N° Station	
Mission	Date		Lieu				

Tableau II : Fiche de plongée

Plongeurs							
Météo							
Ciel	DEGAGE		PARSEME		VOILE		COUVERT
Mer	CALME		MOUTONS		HOULEUSE		VAGUEE
Fond						TEMPERATURE	
Visibilité	Bonne (+5m)		Moyenne (2m)			Mauvaise (-1m)	
Nature de fond	Sable		Vase		Herbier		Roche
Courant	NUL		Faible dép. Part		Fort Dép.plon		
Plongée	HP		HS		DP		PROF
PINNA							

Ordre	N°	Prof	Espèce	Fond	Obs.	Dimension (cm)					Colonie	
						lm	lc	Lt	Ls	D	An	Vg
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
n												

Tableau III : Inventaire de *Pinna nobilis*

station	N° Pinna nobilis	état	tot ind viv	tot ind mort	densité de pinna nobilis /100m ² viv	densité de pinna nobilis /100m ² morte
ILES Habibas	1	vivante	2	1	0,08	0,04
		vivante				
	1	morte			0	0
Arzew (premier centre)	1	vivante	7	1	0,28	0,04
		vivante			0	
		vivante			0	
		vivante			0	
		vivante			0	
		vivante			0	
		vivante			0	
		morte			0	
Cap Blanc	1	vivante	10	3	0,4	0,12
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0

	1	morte			0	0
	1	morte			0	0
	1	morte			0	0
Madagh 0	1	vivante	4	1	0,16	0,04
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	morte			0	0
Oued Draa	0					
Stidia	0					
Salamandre	0					
Ile plane	0					
La madrague	1	vivante	4		0,16	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
Ain franin	0		0			
Deux rochets cap blanc	1	vivante	6	2	0,24	0,08
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	morte			0	0
	1	morte			0	0
Bomo Plage (premier cabanon)	1	vivante	5		0,2	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
Kristel (krichtel)	1	vivante	4	2	0,16	0,08
		vivante			0	0
		vivante			0	0
		vivante			0	0
	1	vivante			0	0
		morte			0	0
		morte			0	0
Mon reve	0					
Arzew (phare)	0					
Bouzadjar	0					

Cap Falcon	0				
Marathon	0				

Tableau IV : Inventaire de *Pinna rudis*

station	N° Pinna rudis	état	tot ind vivante	tot ind morte	densité de pinna rudis /100m ^{2viv}	densité de Pinna rudis/100 ^{2mort}
ILE Habibas	0		0			
	0		0			
Arzew (premier centre)	1	Vivante	5		0,2	0
	1	Vivante			0	0
	1	Vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante	4	1	0,16	0,04
Cap Blanc	1	Vivante			0	0
	1	Vivante			0	0
	1	Vivante			0	0
	1	Vivante			0	0
	1	Morte			0	0
Madagh 0	0		0			
Oued Draa	1	vivante	5	0	0,2	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
Stidia	0					
Salamandre	1	vivante	7	0	0,28	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
Ile plane	1	vivante	5	0	0,2	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
La madrague	1	vivante	3	0	0,12	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
Ain franin	1	vivante	4	0	0,16	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0

	1	vivante			0	0
Deux rochets cap blanc	1	vivante	3	0	0,12	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
Bomo (premier cabanon)	1	vivante	3	0	0,12	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
Kristel (krichtel)	1	vivante	4	0	0,16	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
Mon reve	1	vivante	3	0	0,12	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
Arzew (phare)	1	vivante	3	0	0,12	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
Bouzadjar	1	vivante	2	0	0,08	0
	1	vivante			0	0
Cap Falcon	1	vivante	1	1	0,04	0,04
	1	morte			0	0
Marathon	1	vivante	4	0	0,16	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0
	1	vivante			0	0

Tableau V. Détermination des longueurs totales à partir des largeurs maximales

N°	Largeur maximale	longueur totale
1	8	18,4
2	9	20,8
3	17	40,6
4	18	43,1
5	5	11
6	18,6	54
7	18,3	43,8
8	15	35,7
9	15	35,8
10	19	40,6
11	17,5	38,1
12	17,8	40,8
13	19,2	48,6

14	16.7	44,8
15	14.9	60,4
16	23.8	56,8
17	14.8	39,4
18	20.8	49,6
19	14.2	32,5
20	18	38,4
21	22,3	55,2
22	15.8	37,6
23	5	14
24	16.6	37,5
25	7.8	17,9
26	17.8	42,8
27	24.9	62,7
28	27.4	68,1
29	19.2	66,7
30	17.5	42,6
31	18,2	52,8

Tableau. VI: Epifaunes sur valves des Pinna mortes.

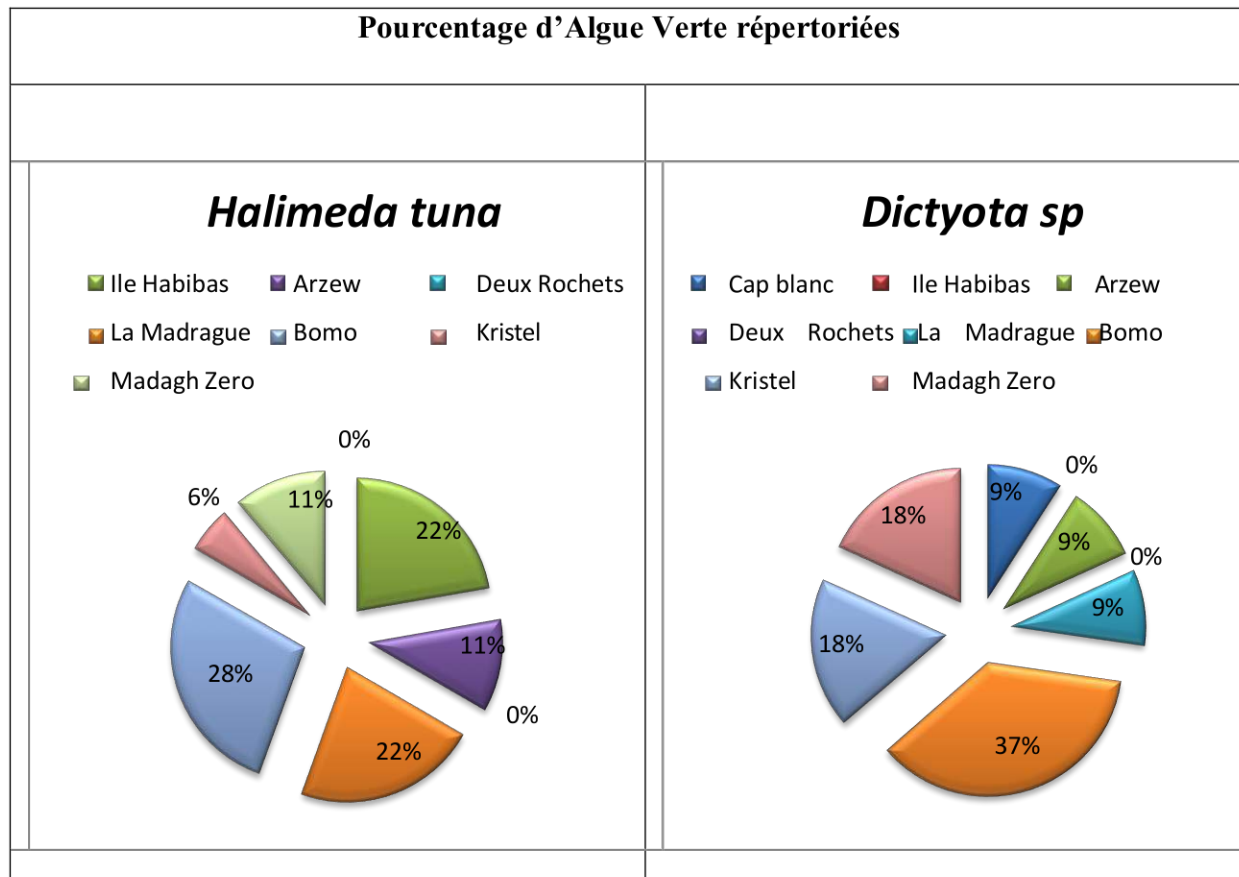
Embranchement	Espèce	Arzew	Cap Blanc	Madagh Zero	La Madrague	Deux Rochers	Bomo Plage	Kristel	Ile Habibas	Total
Spongière	<i>Mycale sililaris</i>	0	3	0	2	0	0	0	2	
	<i>Clathrina coriacea</i>	3	2	1	1	2	1	2	1	
	<i>Hymeniacion perlevis</i>	0	5	0	0	0	0	1	3	
	<i>Phorba tenacior</i>	2	3	1	0	0	0	1	2	
	<i>Myxilla incrustans</i>	1	3	0	1	1	0	0	1	
	<i>Halichondria panicea</i>	2	2	1	0	1	2	1	4	
	<i>Dysidea tupha</i>	0	1	0	1	0	1	1	0	
	<i>Petrobiona massiliana</i>	3	0	0	0	1	0	0	3	
	<i>Mycale tunicata</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	
	<i>Dysidea avara</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	
	<i>Ircinia variabilis</i>	3	2	1	0	0	1	1	0	
	<i>Polymastia penicillus</i>	2	4	1	1	1	0	2	3	
	<i>Haliclono oculata</i>	0	1	0	2	0	1	0	1	
	<i>Dysidea fragilis</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	
	<i>Spongia virgultosa</i>	2	1	1	0	1	0	0	2	
	<i>Spongia officinalis</i>	0	1	0	0	0	0	1	1	
	114									
Mollusque	<i>Callochiton septemvalvis</i>	0	3	0	1	0	0	0	0	
	<i>Vermetus triquetrus</i>	0	2	0	0	0	1	1	3	
	Arca noae	4	2	1	0	0	1	1	2	
	<i>Anomia ephippium</i>	2	1	2	1	1	2	1	2	
	<i>Pisania striata</i>	0	0	0	1	0	1	1	1	

	<i>Pinctada radiata</i>	1	2	0	2	1	2	2	0	
	<i>Modiolus barbatus</i>	2	0	0	1	0	1	1	1	
54										
Echinoderme	<i>Amphiura filiformis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	
	<i>Amphipholis squamata</i>	1	3	1	0	0	0	1	0	
	<i>Psammechinus microtuberculatus</i>	3	1	1	1	1	0	0	4	
	<i>Paracentrotus livius</i>	2	1	0	0	0	1	0	1	
23										
Annélide	<i>Sabella pavonina</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Pomatoceros triqueter</i>	7	4	3	4	4	3	5	9	
	<i>Spirorbis borealis</i>	5	5	2	1	2	3	2	7	
67										
Crutacé	<i>Pilumnus hirtellus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	
	<i>Synalpheus laevimanus</i>	1	0	0	0	0	0	0	3	
	<i>Alpheus glaber</i>	2	0	0	0	1	0	0	2	
	<i>Balanus improvisus</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	
	<i>Balanus eburneus</i>	3	7	1	1	1	1	1	1	
28										
Ascidie	<i>Didemnum maculosum</i>	2	0	0	0	1	0	0	3	
	<i>Ascidella scabra</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	
	<i>Halocynthia papillosa</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	
8										
Bryozoaire	<i>Cellepora pumicosa</i>	3	2	1	0	1	1	0	1	
	<i>Sertella beaniana</i>	2	0	1	0	0	0	0	4	
16										

Tableau VII : Epiflores sur valves des Pinna mortes.

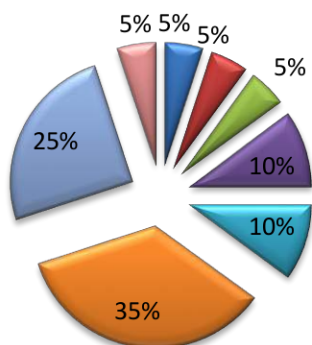
	espèce	Cap blanc	Ile Habibas	Arzew	Deux Rochers	La Madrague	Bomo	Kristel	Madagh Zero
Algues Vertes	<i>Codium bursa</i>	1	1	1	2	2	7	5	1
	<i>Dictyota sp</i>	1	0	1	0	1	4	2	2
	<i>Halimeda tuna</i>	0	4	2	0	4	5	1	2
	<i>Udotea petiolata</i>	4	3	5	0	5	2	0	4
Algues Rouges	<i>Cryptonemia lomation</i>	0	1	0	5	3	0	0	0
	<i>Peyssonella squamaria</i>	4	2	0	3	0	1	8	7
	<i>Lophocladia lallemendii</i>	9	5	2	4	4	3	2	8
	<i>Crouania attenuata</i>	1	0	0	6	2	4	2	4
	<i>Callithamnion corymbosum</i>	1	2	0	3	1	1	1	5

Fig. I : Pourcentage des espèces d'Algues répertoriées et identifiées dans toute la zone d'étude



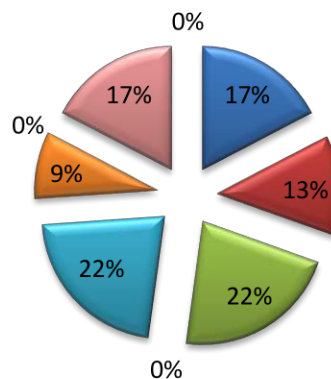
Codium bursa

- Cap blanc ■ Ile Habibas
- Arzew ■ Deux Rochets
- La Madrague ■ Bomo
- Kristel ■ Madagh Zero



Udotea petiolata

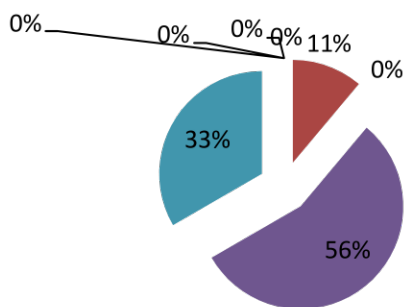
- Cap blanc ■ Ile Habibas
- Arzew ■ Deux Rochets
- La Madrague ■ Bomo
- Kristel ■ Madagh Zero



Pourcentage d'Algues Rouges répertoriées

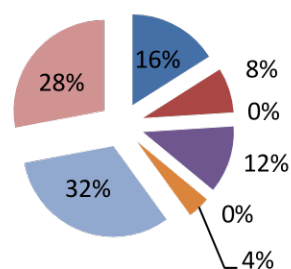
Cryptonemia lomation

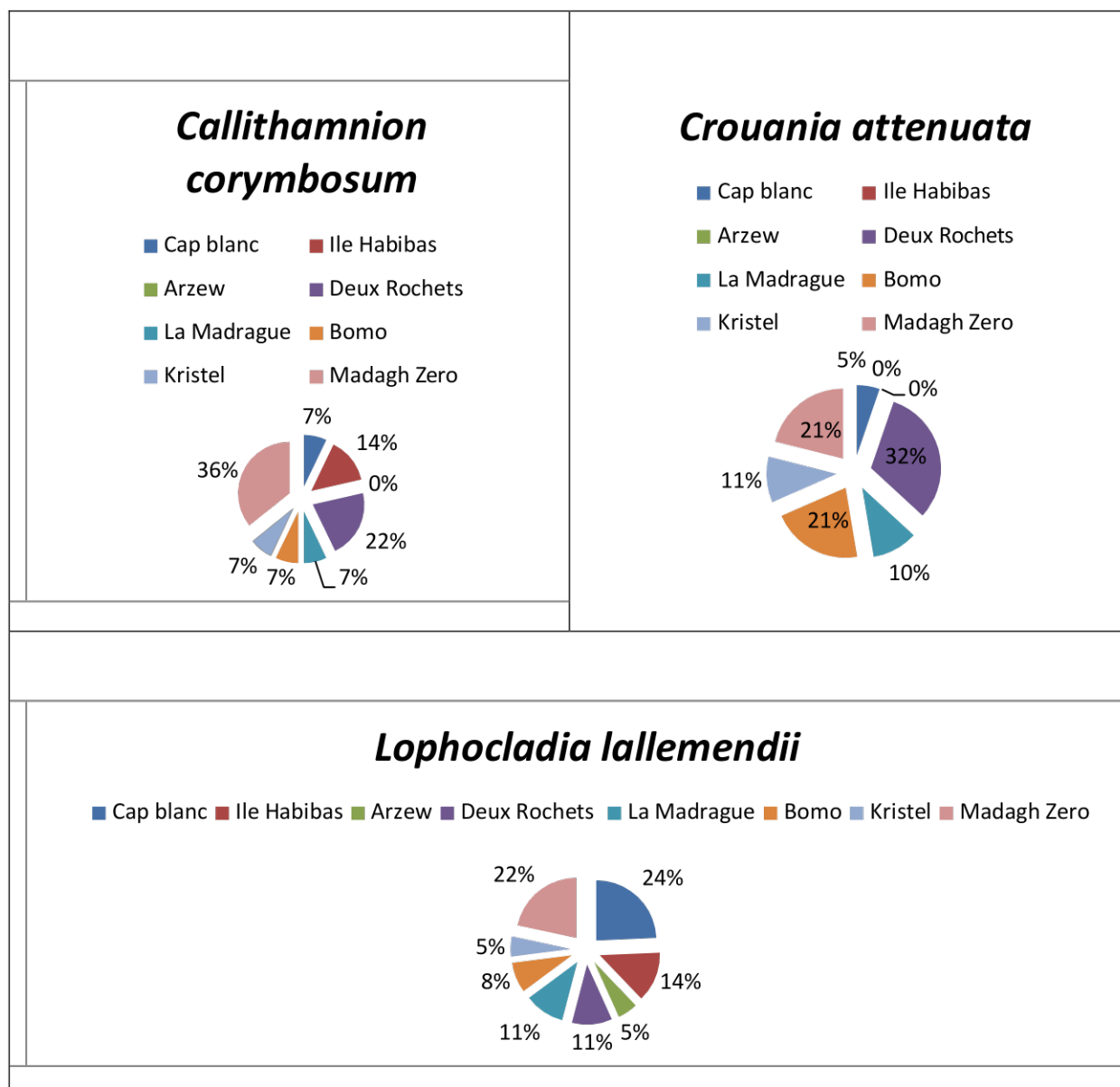
- Cap blanc ■ Ile Habibas
- Arzew ■ Deux Rochets
- La Madrague ■ Bomo
- Kristel ■ Madagh Zero



Peyssonella squamaria





- Cap blanc ■ Ile Habibas
- Arzew ■ Deux Rochets
- La Madrague ■ Bomo
- Kristel ■ Madagh Zero


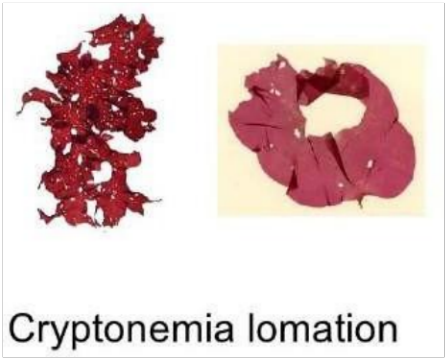





Tab .VIII: Flore associée aux valves de *Pinna nobilis*

Epiflore	Classification	Photo
<p>A</p> <p>L</p> <p>G</p>	<p>Embranchement : <i>Chlorophyta</i></p> <p>Classe : <i>Ulvophyceae</i></p> <p>Ordre ; <i>Bryopsidales</i></p> <p>Famille : <i>Codiaceae</i></p> <p>Genre : <i>Codium</i></p> <p>Nom : <i>Codium bursa</i></p>	

U	(C.Agardh, 1817).	
E	Règne : <i>Chromista</i>	
S	Embranchement : <i>Ochrophyta</i>	
	Classe : <i>Phaeophyceae</i>	
	Sous-classe : <i>Dictyotophycidae</i>	
	Ordre : <i>Dictyotales</i>	
	Famille : <i>Dictyotaceae</i>	
	Tribu : <i>Dictyoteae</i>	
	Genre : <i>Dictyota</i>	
	Nom : <i>Dictyota</i> sp. (J.V.Lamour., 1809)	
	Domaine : <i>Eukaryota</i>	
	Division : <i>Chlorophyta</i>	
	Classe : <i>Bryopsidophyceae</i>	
	Ordre : <i>Bryopsidales</i>	
	Famille : <i>Halimedaceae</i>	
	Genre : <i>Halimeda</i>	
	Nom : <i>Halimeda tuna</i>	
	(J.Ellis & Solander)	
	Lamouroux, 1816	
	Domaine : <i>Eukaryota</i>	
	Règne : <i>Plantae</i>	
	Embranchement : <i>Chlorophyta</i>	
	Classe : <i>Ulvophyceae</i>	
	Ordre : <i>Bryopsidales</i>	
	Famille : <i>Udoteaceae</i>	
	Genre : <i>Udotia</i>	
	Nom : <i>Udotia petiolata</i>	
	J. V. F. Lamouroux, 1812	

		
A L G U E S	<p>Sous-Règne : <i>Biliphyta</i></p> <p>Phylum : <i>Rhodophyta</i></p> <p>Sous-Division : <i>Eurhodophytina</i></p> <p>Classe : <i>Florideophyceae</i></p> <p>Sous-Classe : <i>Rhodymeniophycidae</i></p> <p>Ordre : <i>Halymeniales</i></p> <p>Famille : <i>Halymeniaceae</i> Kütz.</p> <p>Genre : <i>Cryptonemia</i></p> <p>Espèce: <i>Cryptonemia lomatium</i> (J.Agardh, 1851)</p>	 <p>Cryptonemia lomatium</p>
R O U G	<p>Sous-Règne : <i>Biliphyta</i></p> <p>Phylum : <i>Rhodophyta</i></p> <p>Sous-Division: <i>Eurhodophytina</i></p> <p>Classe: <i>Florideophyceae</i></p> <p>Sous-Classe: <i>Rhodymeniophycidae</i></p> <p>Ordre : <i>Peyssonneliales</i></p> <p>Famille: <i>Peyssonneliaceae</i></p> <p>Genre : <i>Peyssonnelia</i></p> <p>Espèce: <i>Peyssonnelia squamaria</i> Decaisne, 1842</p>	













<p>E S A L</p>	<p>Règne : <i>Plantae</i> Sous-Règne : <i>Biliphyta</i> Phylum : <i>Rhodophyta</i> Sous-Division : <i>Eurhodophytina</i> Classe : <i>Florideophyceae</i> Sous-Classe : <i>Rhodymeniophycidae</i> Ordre : <i>Ceramiales</i> Famille : <i>Rhodomelaceae</i> Genre : <i>Lophocladia</i></p> <p>Espèce : <i>Lophocladia lallemandii</i> F.Schmitz, 1893</p>	
<p>L G U E S</p>	<p>Phylum : <i>Rhodophyta</i> Sous-Division : <i>Eurhodophytina</i> Classe : <i>Florideophyceae</i> Sous-Classe : <i>Rhodymeniophycidae</i> Ordre : <i>Ceramiales</i> Famille : <i>Callithamniaceae</i> Tribu : <i>Crouanieae</i> Genre : <i>Crouania</i></p> <p>Espèce : <i>Crouania attenuata</i> (J.Agardh, 1842)</p>	
<p>R O U G E S</p>	<p>Sous-Règne : <i>Biliphyta</i> Phylum : <i>Rhodophyta</i> Sous-Division: <i>Eurhodophytina</i> Classe : <i>Florideophyceae</i> Sous-Classe: <i>Rhodymeniophycidae</i> Ordre : <i>Ceramiales</i> Famille : <i>Callithamniaceae</i> Tribu : <i>Callithamnieae</i> Genre : <i>Callithamnion</i></p> <p>Espèce : <i>Callithamnion corymbosum</i> (Lyngb., 1819)</p>	




Tableau .IX: Faune associée aux valves de *Pinna nobilis*

Epifaune	Classification	Photo
S P O	Phylum : <i>Porifera</i> Classe : <i>Demospongiae</i> Sous-Classe: <i>Heteroscleromorpha</i> Ordre : <i>Poecilosclerida</i> Famille : <i>Mycalidae</i> Genre : <i>Mycale</i> Espèce : <i>Mycale subclavata</i> (Bowerbank, 1866)	
N G I A I	Phylum : <i>Porifera</i> Classe : <i>Calcarea</i> Sous-Classe : <i>Calcinea</i> Ordre : <i>Clathrinida</i> Famille : <i>Clathrinidae</i> Genre : <i>Clathrina</i> Espèce : <i>Clathrina coriacea</i> (Montagu, 1814)	
R E S	Phylum : <i>Porifera</i> Classe : <i>Demospongiae</i> Sous-Classe: <i>Heteroscleromorpha</i> Ordre : <i>Suberitida</i> Famille : <i>Halichondriidae</i> Genre : <i>Hymeniacidon</i> Espèce : <i>Hymeniacidon perlevis</i> (Montagu, 1814)	


S	<p>Phylum : <i>Porifera</i></p> <p>Classe : <i>Demospongiae</i></p> <p>Sous-Classe : <i>Heteroscleromorpha</i></p> <p>Ordre : <i>Poecilosclerida</i></p> <p>Famille : <i>Hymedesmiidae</i></p> <p>Genre : <i>Phorbas</i></p> <p>Espèce : <i>Phorbas tenacior</i></p> <p>(Topsent, 1925)</p>	
P O N G	<p>Phylum : <i>Porifera</i></p> <p>Classe : <i>Demospongiae</i></p> <p>Sous-Classe : <i>Heteroscleromorpha</i></p> <p>Ordre : <i>Poecilosclerida</i></p> <p>Famille : <i>Myxillidae</i></p> <p>Genre : <i>Myxilla</i></p> <p>Espèce : <i>Myxilla incrustans</i></p> <p>(Johnston, 1842)</p>	
I A I R	<p>Phylum : <i>Porifera</i></p> <p>Classe : <i>Demospongiae</i></p> <p>Sous-Classe : <i>Heteroscleromorpha</i></p> <p>Ordre : <i>Suberitida</i></p> <p>Famille : <i>Halichondriidae</i></p> <p>Genre : <i>Halichondria</i></p> <p>Espèce : <i>Halichondria panicea</i></p> <p>(Pallas, 1766)</p>	





<p>E</p> <p>S</p>	<p>Phylum : <i>Porifera</i></p> <p>Classe : <i>Demospongiae</i></p> <p>Sous-Classe : <i>Keratosa</i></p> <p>Ordre : <i>Dictyoceratida</i></p> <p>Famille : <i>Dysideidae</i></p> <p>Genre : <i>Dysidea</i></p> <p>Espèce : <i>Dysidea tupha</i> (Martens, 1824)</p>	
<p>S</p> <p>P</p> <p>O</p>	<p>Phylum : <i>Porifera</i></p> <p>Classe : <i>Calcarea</i></p> <p>Sous-Classe : <i>Calcaronea</i></p> <p>Ordre : <i>Baerida</i></p> <p>Famille : <i>Petrobionidae</i></p> <p>Genre : <i>Petrobiona</i></p> <p>Espèce : <i>Petrobiona massiliana</i> Vacelet & Lévi, 1958</p>	
<p>N</p> <p>G</p> <p>I</p> <p>A</p> <p>I</p>	<p>Phylum : <i>Porifera</i></p> <p>Classe : <i>Demospongiae</i></p> <p>Sous-Classe : <i>Heteroscleromorpha</i></p> <p>Ordre : <i>Poecilosclerida</i></p> <p>Famille : <i>Mycalidae</i></p> <p>Genre : <i>Mycale</i></p> <p>Espèce : <i>Mycale tunicata</i> (Schmidt, 1862)</p>	
<p>R</p> <p>E</p> <p>S</p>	<p>Phylum : <i>Porifera</i></p> <p>Classe : <i>Demospongiae</i></p> <p>Sous-Classe : <i>Keratosa</i></p> <p>Ordre : <i>Dictyoceratida</i></p> <p>Famille : <i>Dysideidae</i></p> <p>Genre : <i>Dysidea</i></p>	





S P O N G I A R E S	<p>Espèce : <i>Dysidea avara</i> (Schmidt, 1862)</p>	
	<p>Phylum : <i>Porifera</i> Classe : <i>Demospongiae</i> Sous-Classe : <i>Keratoso</i> Ordre : <i>Dictyoceratida</i> Famille : <i>Irciniidae</i> Genre : <i>Ircinia</i> Espèce : <i>Ircinia variabilis</i> (Schmidt, 1862)</p>	
	<p>Phylum : <i>Porifera</i> Classe : <i>Demospongiae</i> Sous-Classe : <i>Heteroscleromorpha</i> Ordre : <i>Polymastiida</i> Famille : <i>Polymastiidae</i> Genre : <i>Polymastia</i> Espèce : <i>Polymastia penicillus</i> (Montagu, 1814)</p>	
<p>Phylum : <i>Porifera</i> Classe : <i>Demospongiae</i> Sous-Classe : <i>Heteroscleromorpha</i> Ordre : <i>Haplosclerida</i> Famille : <i>Chalinidae</i> Genre : <i>Haliclona</i> Espèce : <i>Haliclona oculata</i> (Linnaeus, 1759)</p>		

<p>S P O N G I A</p>	<p>Phylum : <i>Porifera</i> Classe : <i>Demospongiae</i> Sous-Classe : <i>Keratosa</i> Ordre : <i>Dictyoceratida</i> Famille : <i>Dysideidae</i> Genre : <i>Dysidea</i> Espèce : <i>Dysidea fragilis</i> (Montagu, 1814)</p>	
<p>I R E S</p>	<p>Phylum : <i>Porifera</i> Classe : <i>Demospongiae</i> Sous-Classe : <i>Keratosa</i> Ordre : <i>Dictyoceratida</i> Famille : <i>Spongiidae</i> Genre : <i>Spongia</i> Espèce : <i>Spongia virgultosa</i> (Schmidt, 1868)</p>	
<p>S P</p>	<p>Phylum : <i>Porifera</i> Classe : <i>Demospongiae</i> Sous-Classe : <i>Keratosa</i> Ordre : <i>Dictyoceratida</i> Famille : <i>Spongiidae</i> Genre : <i>Spongia</i> Espèce : <i>Spongia officinalis</i> Linnaeus, 1759</p>	



O N G I A I R E S		
---	--	--



Epifaune	Classification	Photo
M O L L U S Q U E S	<p>Domaine : <i>Biota</i></p> <p>Règne : <i>Animalia</i></p> <p>Sous-Règne : <i>Eumetazoa</i></p> <p>Phylum : <i>Mollusca</i></p> <p>Classe : <i>Polyplacophora</i></p> <p>Sous-Classe : <i>Neoloricata</i></p> <p>Ordre : <i>Chitonida</i></p> <p>Sous-Ordre : <i>Chitonina</i></p> <p>Super-Famille : <i>Chitonoidea</i></p> <p>Famille : <i>Callochitonidae</i></p> <p>Genre : <i>Callochiton</i></p> <p>Espèce : <i>Callochiton septemvalvis</i> (Montagu, 1803)</p>	
	<p>Phylum : <i>Mollusca</i></p> <p>Classe : <i>Gastropoda</i></p> <p>Sous-Classe : <i>Caenogastropoda</i></p> <p>Ordre : <i>Littorinimorpha</i></p> <p>Super-Famille : <i>Vermetoidea</i></p>	

M	<p>Famille : <i>Vermetidae</i></p> <p>Genre : <i>Vermetus</i></p> <p>Espèce: <i>Vermetus triquetrus</i> (Bivona-Bernardi, 1832)</p>	
O L L U S	<p>Phylum : <i>Mollusca</i></p> <p>Classe : <i>Bivalvia</i></p> <p>Sous-Classe : <i>Pteriomorpha</i></p> <p>Ordre : <i>Arcida</i></p> <p>Super-Famille : <i>Arcoidea</i></p> <p>Famille : <i>Arcidae</i></p> <p>Genre : <i>Arca</i></p> <p>Espèce : <i>Arca noae</i> (Linnaeus, 1758)</p>	
Q U E S	<p>Phylum : <i>Mollusca</i></p> <p>Classe : <i>Bivalvia</i></p> <p>Sous-Classe : <i>Pteriomorpha</i></p> <p>Ordre : <i>Pectinida</i></p> <p>Super-Famille : <i>Anomioidea</i></p> <p>Famille : <i>Anomiidae</i></p> <p>Genre : <i>Anomia</i></p> <p>Espèce: <i>Anomia</i> <i>Ephippium</i> (Linnaeus, 1758)</p>	
	<p>Règne : <i>Animalia</i></p> <p>Sous-Règne : <i>Eumetazoa</i></p> <p>Phylum : <i>Mollusca</i></p> <p>Classe : <i>Gastropoda</i></p> <p>Sous-Classe: <i>Caenogastropoda</i></p> <p>Ordre : <i>Neogastropoda</i></p> <p>Super-Famille: <i>Buccinoidea</i></p> <p>Famille : <i>Buccinidae</i></p> <p>Genre : <i>Pisania</i></p>	



M O L L U S Q U E S	<p>Espèce: <i>Pisania striata</i> (Gmelin, 1791)</p>	
	<p>Embranchement : <i>Mollusca</i> Classe : <i>Bivalvia</i> Sous-classe : <i>Pteriomorphia</i> Ordre : <i>Pteriooda</i> Famille : <i>Pteriidae</i> Genre : <i>Pinctada</i></p>	
	<p>Espèce : <i>Pinctada imbricata</i></p>	
	<p>Règne : <i>Animalia</i> Sous-Règne : <i>Eumetazoa</i> Clade : <i>Bilateria</i> Infra-Règne: <i>Protostomia</i> Phylum : <i>Mollusca</i> Classe : <i>Bivalvia</i> Sous-Classe: <i>Pteriomorphia</i> Ordre : <i>Mytilida</i> Super-Famille: <i>Mytiloidea</i> Famille : <i>Mytilidae</i> Sous-Famille: <i>Modiolinae</i> Genre : <i>Modiolus</i></p> <p>Espèce : <i>Modiolus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)</p>	

Epifaune	Classification	Photo
	<p>Domaine : <i>Biota</i> Règne : <i>Animalia</i></p>	


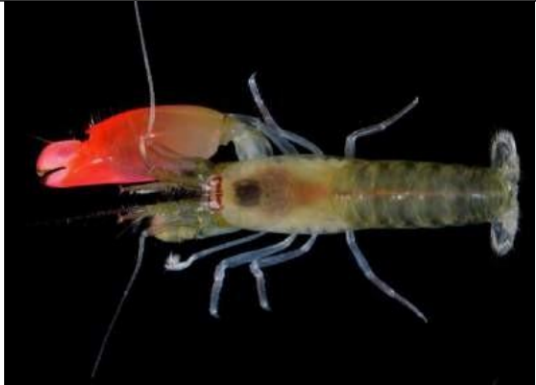
E C H I N O D E R M E S	<p>Sous-Règne : <i>Eumetazoa</i></p> <p>Clade : <i>Bilateria</i></p> <p>Infra-Règne : <i>Deuterostomia</i></p> <p>Phylum : <i>Echinodermata</i></p> <p>Sous-Phylum : <i>Asterozoa</i></p> <p>Classe : <i>Ophiuroidea</i></p> <p>Ordre : <i>Ophiurida</i></p> <p>Sous-Ordre : <i>Ophiurina</i></p> <p>Infra-Ordre : <i>Gnathophiurina</i></p> <p>Super-Famille : <i>Amphiuroidea</i></p> <p>Famille : <i>Amphiuridae</i></p> <p>Genre : <i>Amphiura</i></p> <p>Espèce : <i>Amphiura filiformis</i> (O.F. Müller, 1776)</p>	
	<p>Sous-Règne : <i>Eumetazoa</i></p> <p>Clade : <i>Bilateria</i></p> <p>Infra-Règne : <i>Deuterostomia</i></p> <p>Phylum : <i>Echinodermata</i></p> <p>Sous-Phylum : <i>Asterozoa</i></p> <p>Classe : <i>Ophiuroidea</i></p> <p>Ordre : <i>Ophiurida</i></p> <p>Sous-Ordre : <i>Ophiurina</i></p> <p>Infra-Ordre : <i>Gnathophiurina</i></p> <p>Super-Famille : <i>Amphiuroidea</i></p> <p>Famille : <i>Amphiuridae</i></p> <p>Genre : <i>Amphipholis</i></p> <p>Espèce : <i>Amphipholis squamata</i> (Delle Chiaje, 1828)</p>	
	<p>Sous-Règne : <i>Eumetazoa</i></p> <p>Clade : <i>Bilateria</i></p> <p>Infra-Règne : <i>Deuterostomia</i></p> <p>Phylum : <i>Echinodermata</i></p> <p>Sous-Phylum : <i>Echinozoa</i></p>	





É C H I N O D E R M E S	<p>Classe : <i>Echinoidea</i> Sous-Classe : <i>Euechinoidea</i> Infra-Classe : <i>Carinacea</i> Super-Ordre : <i>Echinacea</i> Ordre : <i>Camarodonta</i> Infra-Ordre : <i>Echinidea</i> Famille : <i>Parechinidae</i> Genre : <i>Psammechinus</i> Espèce : <i>Psammechinus miliaris</i> (P.L.S. Müller, 1771)</p>	
	<p>Domaine : <i>Biota</i> Règne : <i>Animalia</i> Sous-Règne : <i>Eumetazoa</i> Infra-Règne : <i>Deuterostomia</i> Phylum : <i>Echinodermata</i> Sous-Phylum : <i>Echinozoa</i> Classe : <i>Echinoidea</i> Sous-Classe : <i>Euechinoidea</i> Infra-Classe : <i>Carinacea</i> Super-Ordre : <i>Echinacea</i> Ordre : <i>Camarodonta</i> Infra-Ordre : <i>Echinidea</i> Famille : <i>Parechinidae</i> Genre : <i>Paracentrotus</i> Espèce : <i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck, 1816)</p>	


Epifaune	Classification	Photo
	<p>Domaine : <i>Biota</i> Règne : <i>Animalia</i> Phylum : <i>Annelida</i></p>	

<p>A</p> <p>N</p> <p>N</p> <p>É</p> <p>L</p>	<p>Classe : <i>Polychaeta</i></p> <p>Sous-Classe : <i>Sedentaria</i></p> <p>Infra-Classe : <i>Canalipalpata</i></p> <p>Ordre : <i>Sabellida</i></p> <p>Famille : <i>Sabellidae</i></p> <p>Sous-Famille : <i>Sabellinae</i></p> <p>Genre : <i>Sabella</i></p> <p>Espèce : <i>Sabella pavonina</i> (Savigny, 1822)</p>	
<p>I</p> <p>D</p> <p>E</p>	<p>Règne : <i>Animalia</i></p> <p>Phylum: <i>Annelida</i></p> <p>Classe: <i>Polychaeta</i></p> <p>Ordre: <i>Canalipalpata</i></p> <p>Famille: <i>Serpulidae</i></p> <p>Genre: <i>Pomatoceros</i></p> <p>Espèce: <i>Pomatoceros triqueter</i> (Linnaeus, 1758)</p>	
<p>S</p>	<p>Règne: <i>Animalia</i></p> <p>Phylum: <i>Annelida</i></p> <p>Classe: <i>Polychaeta</i></p> <p>Ordre: <i>Canalipalpata</i></p> <p>Sous-ordre: <i>Sabellida</i></p> <p>Famille: <i>Serpulidae</i></p> <p>Genre: <i>Spirorbis</i></p> <p>Espèce: <i>Spirorbis borealis</i> (Daudi, 1800)</p>	






Epifaune	Classification	Photo
----------	----------------	-------

<p>C</p> <p>R</p> <p>U</p> <p>S</p> <p>T</p> <p>A</p>	<p>Domaine : <i>Biota</i></p> <p>Règne : <i>Animalia</i></p> <p>Sous-Règne : <i>Eumetazoa</i></p> <p>Phylum : <i>Arthropoda</i></p> <p>Sous-Phylum : <i>Crustacea</i></p> <p>Super-Classe : <i>Multicrustacea</i></p> <p>Classe : <i>Malacostraca</i></p> <p>Sous-Classe : <i>Eumalacostraca</i></p> <p>Super-Ordre : <i>Eucarida</i></p> <p>Ordre : <i>Decapoda</i></p> <p>Sous-Ordre : <i>Pleocyemata</i></p> <p>Super-Famille : <i>Pilumnoidea</i></p> <p>Famille : <i>Pilumnidae</i></p> <p>Sous-Famille : <i>Pilumninae</i></p> <p>Genre : <i>Pilumnus</i></p> <p>Espèce : <i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1760)</p>	
<p>C</p> <p>É</p> <p>S</p>	<p>Règne : <i>Animalia</i></p> <p>Embranchement : <i>Arthropoda</i></p> <p>Ordre : <i>Decapoda</i></p> <p>Famille : <i>Alpheidae</i></p> <p>Genre : <i>Synalpheus</i></p> <p>nom scientifique : <i>Synalpheus laevimanus</i> (Heller, 1862)</p>	
<p>S</p> <p>C</p>	<p>Domaine : <i>Biota</i></p> <p>Règne : <i>Animalia</i></p> <p>Sous-Règne : <i>Eumetazoa</i></p> <p>Infra-Règne : <i>Protostomia</i></p> <p>Clade : <i>Ecdysozoa</i></p> <p>Phylum : <i>Arthropoda</i></p> <p>Classe : <i>Malacostraca</i></p>	

<p>R U S</p>	<p>Ordre : <i>Decapoda</i> Sous-Ordre : <i>Pleocyemata</i> Infra-Ordre : <i>Caridea</i> Super-Famille : <i>Alpheoidea</i> Famille : <i>Alpheidae</i> Genre : <i>Alpheus</i></p> <p>Espèce : <i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)</p>	
<p>T A C É S</p>	<p>Règne : <i>Animalia</i> Phylum : <i>Arthropoda</i> Subphylum : <i>Crustacea</i> Superclasse : <i>Multicrustacea</i> Classe : <i>Hexanauplia</i> Sous-classe : <i>Thecostraca</i> Super ordre : <i>Thoracica</i> Ordre : <i>Sessilia</i> Famille : <i>Balanidae</i> Sous-famille : <i>Balanidorpha</i> Genre : <i>Balanus</i></p> <p>Espèce : <i>Balanus improvisus</i> (Darwin, 1854)</p>	 
<p>C R U S T</p>	<p>Règne : <i>Animalia</i> Embranchement : <i>Arthropoda</i> Sous-embr. : <i>Crustacea</i> Classe : <i>Maxillopoda</i> Sous-classe : <i>Thecostraca</i> Infra-classe : <i>Cirripedia</i> Super-ordre : <i>Thoracica</i> Ordre : <i>Sessilia</i> Sous-ordre : <i>Balanomorpha</i></p>	




A C É S	Super-famille : <i>Balanoidea</i> Famille : <i>Balanidae</i> Genre : <i>Balanus</i> Espèce : <i>Balanus eburneus</i> Gould, 1841	
----------------------------	---	--

Epifaune	Classification	Photo
A	Domaine : <i>Biota</i> Règne : <i>Animalia</i> Sous-Règne : <i>Eumetazoa</i> Clade : <i>Bilateria</i> Infra-Règne : <i>Deuterostomia</i> Phylum : <i>Chordata</i>	

<p>S</p> <p>C</p> <p>I</p>	<p>Sous-Phylum : <i>Tunicata</i></p> <p>Classe : <i>Asciacea</i></p> <p>Ordre : <i>Aplousobranchia</i></p> <p>Famille : <i>Didemnidae</i></p> <p>Genre : <i>Didemnum</i></p> <p>Espèce : <i>Didemnum maculosum</i> (Milne Edwards, 1841)</p>	
<p>D</p> <p>I</p> <p>E</p> <p>S</p>	<p>Domaine : <i>Biota</i></p> <p>Règne : <i>Animalia</i></p> <p>Sous-Règne : <i>Eumetazoa</i></p> <p>Clade : <i>Bilateria</i></p> <p>Infra-Règne : <i>Deuterostomia</i></p> <p>Phylum : <i>Chordata</i></p> <p>Sous-Phylum : <i>Tunicata</i></p> <p>Classe : <i>Asciacea</i></p> <p>Ordre : <i>Phlebobranchia</i></p> <p>Famille : <i>Asciidae</i></p> <p>Genre : <i>Asciella</i></p> <p>Espèce : <i>Asciella scabra</i> (Müller, 1776)</p>	 
<p>A</p> <p>S</p> <p>C</p>	<p>Domaine : <i>Biota</i></p> <p>Règne : <i>Animalia</i></p> <p>Sous-Règne : <i>Eumetazoa</i></p> <p>Clade : <i>Bilateria</i></p> <p>Infra-Règne : <i>Deuterostomia</i></p> <p>Phylum : <i>Chordata</i></p> <p>Sous-Phylum : <i>Tunicata</i></p> <p>Classe : <i>Asciacea</i></p> <p>Ordre : <i>Stolidobranchia</i></p>	 

I D I E S	<p>Famille : <i>Pyuridae</i></p> <p>Genre : <i>Halocynthia</i></p> <p>Espèce : <i>Halocynthia papillosa</i> (Linnaeus, 1767)</p>	
----------------------------------	---	--

Epifaune	Classification	Photo
B	<p>Domaine : <i>Biota</i></p> <p>Règne : <i>Animalia</i></p> <p>Sous-Règne : <i>Eumetazoa</i></p> <p>Clade : <i>Bilateria</i></p> <p>Infra-Règne : <i>Protostomia</i></p> <p>Clade : <i>Lophotrochozoa</i></p> <p>Phylum : <i>Bryozoa</i></p>	

<p>R Y O Z O A</p>	<p>Classe : <i>Gymnolaemata</i> Ordre : <i>Cheilostomatida</i> Sous-Ordre : <i>Flustrina</i> Super-Famille : <i>Celleporoidea</i> Famille : <i>Celleporidae</i> Genre : <i>Cellepora</i></p> <p>Espèce : <i>Cellepora pumicosa</i> (Pallas, 1766)</p>	
<p>I R E S</p>	<p>Règne : <i>Animalia</i> Sous-Règne : <i>Eumetazoa</i> Clade : <i>Bilateria</i> Infra-Règne : <i>Protostomia</i> Clade : <i>Lophotrochozoa</i> Embranchement : <i>Bryozoa</i> Ordre : <i>Cheilostomatida</i> Famille : <i>Phidoloporidae</i> Genre : <i>Reteporella</i></p> <p>Espèce : <i>Reteporella beaniana</i> Nom scientifique : <i>Sertella beaniana</i> (King, 1846)</p>	 



ISSN: 2230-9799

Vol. 8, Issue 3, Page 109-119

<http://www.sajeb.org>**REGULAR ARTICLE**

An ecological study on the distribution of the fan shell *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Bivalvia) in the western Algerian coasts

Fatima Zohra Belkhamssa*¹, Nasr-Eddine Taibi¹, Salud Deudero²

¹LPVGRML, Laboratoire Protection, Valorisation et Gestion des Ressources Marines et Littorales & Systématique Moléculaire/Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. Algeria

²Spanish Institute of Oceanography (IEO) Oceanographic, Center of the Balearic Islands. Spain

ARTICLE INFO**Article History:**

Received: 20 Dec 2018

Revised: 22 Jan 2019

Accepted: 25 Jan 2019

***Corresponding Author:**

Email:

belkhamssa.sarah@gmail.com

Telephone:

Keywords: *Pinna nobilis*, Bivalve, distribution, density, spatial scale, Algerian coast

ABSTRACT

Based on the fact that the Mediterranean sea is an existing place to the bivalves fan mussels of *Pinna nobilis*, the aim of this introductory study is to focus on understanding the nature of *P. nobilis* population density and its structure with an ongoing purpose to encourage future investigation of the subject matter to successfully uncover more ecological models; in order to reach the latter, a field-work took place from 2015 to 2018 in the Algerian west coasts on multiple sites with an end goal of better understanding the dynamics of the species, as well as assessing the effectiveness of protective measures of *P. nobilis* on the Algerian Western coastlines. The density, population structure and the growth of individuals noted on *P. nobilis* were examined through scuba diving along with multiple transects on the west coast of Algeria and measurements were executed on different spatial scales in populations occupying different sites; one of, is that of the protected naval area of "Habibas Island" in addition to other unprotected ones. The results varied and they are as follows: the density of *P. nobilis* ranged from 0.28 in /m⁻² on the transect to 0.08 in /m⁻². The measured individuals were certainly a representative of their environment. The size of the *P. nobilis* did not prove itself to be prominent disturbance in the structure of the associated biota; the latter however showed that it was influenced by different areas. The outcomes of the study state that the recovery of the *P. nobilis* population on the west coast of Algeria was highlighted; stating the urgent need for setting security and protection of these species located on the Algerian West Coasts.

1. Introduction

Albeit distributed information on the density population of *P. nobilis* is not quite common, a few patterns can be gotten from the bibliography. By and large, the density of individuals is inferior compared to other marine bivalve mollusks living in other soft substrates. One of the world as well as the Mediterranean's largest existing bivalves is the

fan mussel *P. nobilis* (Linnaeus, 1758), it is considered as one of the Mediterranean's endemic species; for it can reach in excess of one meter of aggregate antero-back length (Zavodnik *et al.*, 1991). Its life expectancy on the other hand is of 20 years as indicated by Butler *et al.* (1993), whereas in Thermaikos Gulf (Greece) an age of 27 years has been accounted for (Galinou-Mitsoudi *et al.*, 2006).

Amid the most recent couple of decades and due to the amateur divers' harsh extraction activities, the populations of *P.nobilis* have emphatically diminished, lost their natural biotope (sea grass meadows) and negatively impacted the pollution on larvae (Vicente, 1990; Vicente & Moreteau, 1991; Richardson *et al.*, 2004). As a result, the mollusk has been incorporated into the list of Mediterranean jeopardized species (Annex IV of the Habitat Directive and Annex II of the Barcelona Convention).

P.nobilis is extended along the Algerian coasts. In a depth of 0.5 and 0.6 m it develops in soft-bottom zones; for the most part among pastures of the sea grasses *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina* or *Zostera noltii* (Zavodnik, 1967; Zavodnik *et al.*, 1991), as well as uncovered sandy bottoms. (Katsanevakis, 2006). It lives partially entombed by the anterior part of the shell (Zavodnik *et al.*, 1991; Richardson *et al.*, 1999; Templado, 2004), docked with its created byssus that specifically append to particles and strong structures existing in the substratum (García-March, 2005). Having documented benthic biogenesis wherein the species mark a common presence (Murillo, 1995; Ramos, 1998; García-March, 2003 & 2005; Templado, 2001; García-March & Kersting, 2006; García-March *et al.*, 2006a & b), authors have recorded both a particular appearance of *P. nobilis* in *P.oceanica* meadows, and a close bond between the two species.

For the purpose of optimizing its surviving, *P. oceanica* grants to *P. nobilis* the most advisable structures for the implantation of *Pinna* byssus filaments (García-March, 2003 & 2005), that for an aim would constricts the water speed and diminishes the drag powers that follow up on the pinnids expanding their ideal survival estimate (García-March & Kersting, 2006; García-March *et al.*, 2006a and b).

Due to the lack of precise information or more likely its absence, the situation differs in Algeria; the data are not decisive when it comes to its distribution, status ad not even its ecology. Thus, we examined this species in the Algerian seaboard, considering not only its extension on the western coastlines yet also the biodiversity related to this species. Under the Convention on Biological Diversity, signatory nations (counting Algeria) must incorporate bio-diversity in their natural evaluations (Costello *et al.*, 2001).

In this research work, we have attempted an exam-

ination on the great nacre on the west shore of Algeria on the registration of *P.nobilis* populations, assessing its density in each site and deciding the diverse kinds of favored biotopes.

Hence, this study embodies our motivation to primarily explore the existence of *P.nobilis* the Algerian West coasts even further; already knowing the lack of research on it in the area, setting a solid ground for possible future extended-research of the area. Yet most importantly, our aim is to denounce the illegal activities of random extraction of *P.nobilis* practiced by amateur divers and fishermen in hope of a legal attention to the subject of matter.

2. Material and Methods

2.1. The Exploration of Algerian Western Shoreline sites

On a total of eighteen explored sites along the extension of the Algerian West seaboard (Fig.1 & Table 1), this inquiry took place between september-2015 to january-2018, the sites are as follows: the protected marine area of "Habibas Island" 35°43'26.39"N, Arzew (first center) 35°52'22.90"N, Cap Blanc 35°43'27"47"N, Madagh 035°38'56,94"N, Oued draa 353436.98"N, Stidia 35°50'4.48"N, Salamandre 35°54'55.51"N, Plane Island 35°46'17.61"N, La madrague 35°46'10.92"N, Ain franin 35°46'2.78"N, Deux rochets 35°40'44,87"N, Bomo 35°45'22.04"N, krichtel 35°49'26.70"N, Mon reve 35°50'0.89"N, Phare 35°52'24.24"N, Bouzadjar 35°34'53.31"N, Cap falcon 35°46'23.87"N, Marathon 35°46'21.21"N. A sum of 18 studies were done, with one strive for every site, at a profundity of ≤ 25 meters.

2.2. Exploration Material

At most of the stations, one transect with 50 m² were put in the zones flagged (perception by amateur drivers or fisherman). In addition to collecting empty shells, two divers swam along the transect, tallying all both alive and died people, recording the site attributes ((type of sediment, vegetation, epibionts attached to each *P. nobilis*, etc.). Along these lines, *Pinna nobilis* density was determined in a 50 m² transect. The Pinnides density estimation was acknowledged by one transect, prompting an aggregate investigated surface of 2500m; moreover, the moderate density was asserted in individual's of 100 m² per site.

2.3. Acquired results

As indicated by the density esteems acquired by point of reference works (Vicente et al., 1980; Moreteau and Vicente, 1982; García-March and Kresting, 2006; Katsanevakis, 2006 & 2007a), a relative estimation scale of *P.nobilis* density has been made by us; and it resulted in the following: low when it was lower than 5 individuals in 100 m⁻²; average when it shifted somewhere in the range of 5 and 10 people 100m⁻²; high when it fluctuated somewhere in the range of 10 and 15 people 100m⁻² and high when it surpassed 15 people 100 m⁻².

With an end goal of reducing the effect of sampling on the populations, a collection of *P. nobilis* individuals were gathered merely on the densest and the most explored zones; wherever the Pinnids were appropriated on a wide territory. Therefore, as indicated by this timated density of the populations, three destinations were chosen to take tests (some *P. nobilis* examples from each site). These territories are "Habibas island" = secured marine region (an), Arzew and Cap Blanc = unprotected regions (b). At the laboratory, the shell length (SL) of all tested Pinnids was noted. The distinguishing proof on-site of the epibionts colonizes the shell (utilizing recognizable proof keys "El Mar Mediterraneo,

Macro Algas y Fanerogamas Marinas, Was Lebt Im Mittelmeer?", and take large scale photographs of various species). For practical purposes, we considered small specimens of SL ≤ 30 cm and large specimens of SL ≥ 30 cm. The correlation between the normal estimations of SL, made inside the three examined populations were done utilizing a restricted investigation of difference (ANOVA).

3. Results

In the total eighteen delved sites, *P.nobilis* was spotted in 8 localities: Habibas Island, Cap Blanc, Arzew, Madagh zero, La Madrague, Deux Rochets, Bomo, and Kristel. On the western Algerian coasts, *P.nobilis* resides half-buried in a substrate of changed nature and surface (Table 1). It is sandy-muddy in Cap Blanc, Kristel, sandy in the areas of Habibas Island, Madagh Zero, and Bomo likewise in La Madrague and muddy in the instances of Arzew, Deux Rochets. By the same token, it merits specifying that in particular destinations, for example, Arzew (rock substrate), Deux rochets, and the substrate are blended with little tones or biodetritic material. Concerning the substrate revealing, *P. nobilis* was seen in its favored biotope, *P.oceanica*,

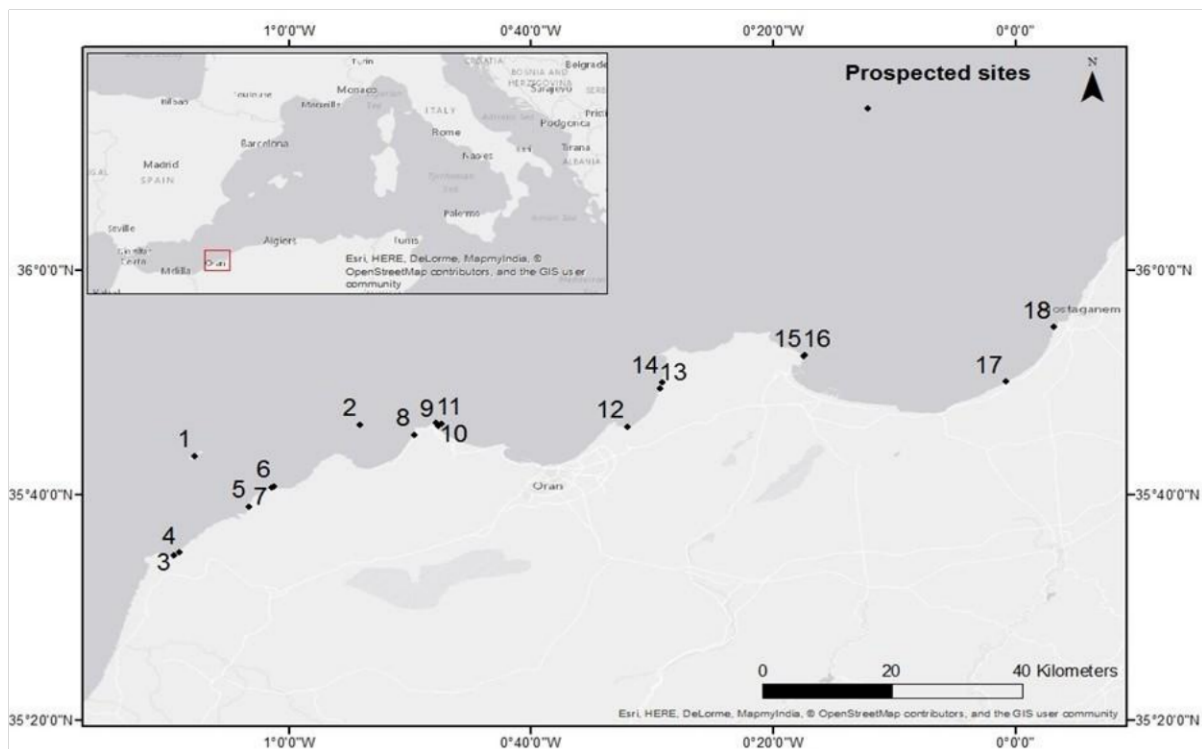


Figure 1: *P.nobilis*. Study area sampling stations (1.Habibas Island, 2. Plane Island, 3. Bouzedjar, 4. Oued Draa, 5.Madagh Zero, 6. Deux rochets, 7. Cap Blanc, 8. Marathon, 9. Bomo, 10. La Madrague, 11. Cap falcon, 12.Kristel, 13. Ain franin, 14. Mon reve, 15.Arzew, 16. Phare, 17. Stidia, 18. Salamandre). (BELKHAMSSA: MapMyIndia 2018).

Sites	Density de <i>P.nobilis</i> /10 0m ²	Status	Substratum	Covering	Observation
Habibas Island	0,08	Low	sandy	<i>Posidonia oceanica</i> + Rhodophyceae	–
Arzew	0,28	High	Rocky_ muddy + biodetritic material	Chlorophycées	Presence of <i>Pinna rudis</i>
Cap Blanc	0,4	Very high	sandy-muddy	<i>Posidonia oceanica</i> + Rhodophyceae	Presence of <i>Pinna rudis</i>
Madagh Zero	0,16	Average	sandy	Rhodophyceae + <i>P. oceanica</i>	–
Oued Draa	0	–			Presence of <i>Pinna rudis</i>
Stidia	0	–			–
Salamandre	0	–			Presence of <i>Pinna rudis</i>
Plane Island	0	–			Presence of <i>Pinna rudis</i>
La Madrague	0,16	Average	sandy	<i>Posidonia oceanica</i>	Presence of <i>Pinna rudis</i>
Ain franin	0	–			Presence of <i>Pinna rudis</i>
Deux rochets	0,24	High	Sandy_ Rocky + biodetritic material	<i>Posidonia oceanica</i> + Rhodophyceae	Presence of <i>Pinna rudis</i>
Bomo	0,2	Average	sandy	<i>Posidonia oceanica</i> + Chlorophyceae	Presence of <i>Pinna rudis</i>
Kristel	0,16	Average	sandy-muddy	<i>Posidonia oceanica</i>	Presence of <i>Pinna rudis</i>
Mon reve	0	–			Presence of <i>Pinna rudis</i>
Phare	0	–			Presence of <i>Pinna rudis</i>
Bouzadjar	0	–			Presence of <i>Pinna rudis</i>
Cap Falcon	0	–			Presence of <i>Pinna rudis</i>
Marathon	0	–			Presence of <i>Pinna rudis</i>

Table 1: *P.nobilis*. Depiction of various populations found in the present review.

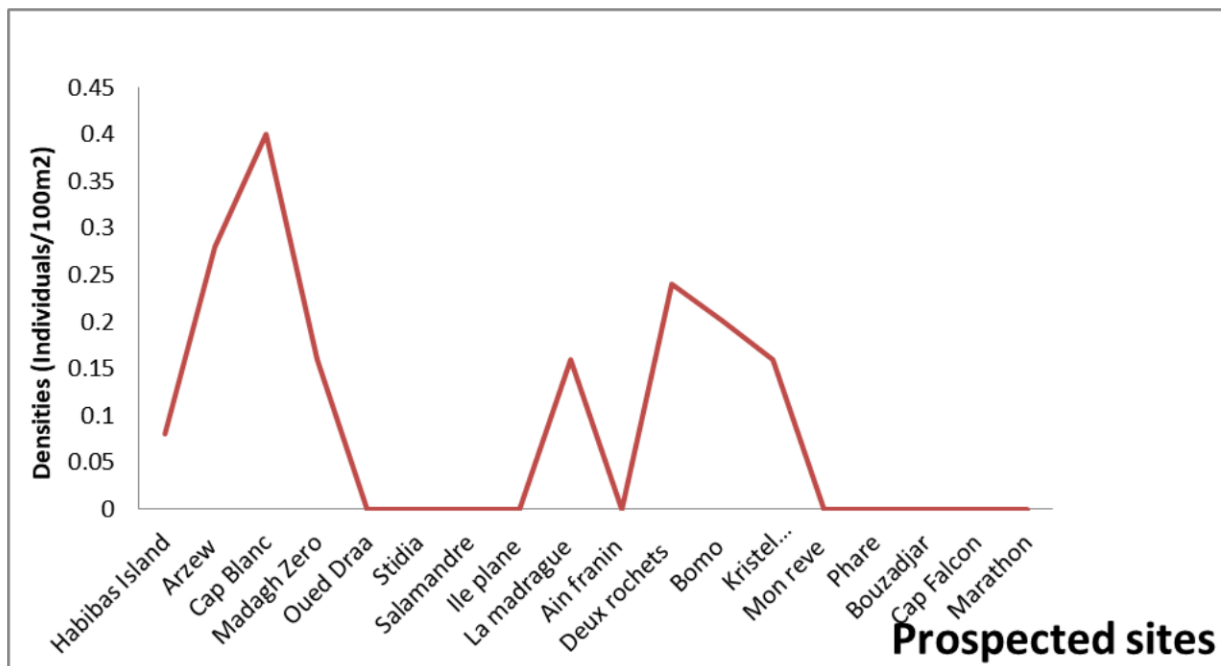


Figure 2: *P.nobilis*. Spatial variations of densities along the Western Algerian coasts.

Population	N	Min SL (cm)	Max SL (cm)	Average SL (cm)	SD	Variance (SD)	Popula-tion (SD)	SE
Island Habibas	02	25.6	28.3	26.95	1.9	3.6	1.3	1.34
Arzew	07	16.8	37.6	27.47	8.29	68.74	7.67	3.14
Madagh Zero	04	19.5	33.8	28.32	6.47	41.98	5.61	3.23
La madrague	04	15.2	31.6	24.77	7.43	55.28	6.43	3.71
Deux Rochets	06	24.5	42.1	33.28	6.89	47.60	6.29	2.81
Bomo	05	33.7	56.7	45.28	9.12	83.24	8.16	4.07
Kristel	04	14.3	27.6	19.52	5.84	34.11	5.05	2.92
Cap Blanc	10	26.5	68.1	50.6	14.17	200.86	13.44	4.48

Table 2: *P.nobilis*. Variability of minimal (Min), maximal (Max), Average, Mode and Standard Deviation (SD) values of the shell length (SL) within the eight examined populations (N: number of measured specimens).

just in the region of Cap Blanc. In the greater part of the prospected localities, it is settled either inside the blended knolls of the marine sea grasses *P. oceanica* and *C.nodosa* (Island Habibas, Madagh Zero, La Madrague, Bomo, Kristel), or without phanerogam (Deux Rochets). *P.nobilis* was likewise seen inside a green growth secured gavel substrate, in Arzew's instance (Table 1). On an aggregate surface of 45000 m², investigated amid this examination, we tallied 52 *P. nobilis* examples. The mean density of individuals for every area shifted significantly starting with one part then onto the next (Figs 2 and 3) and was somewhere in the range of 0.04 and 0.4 individuals 100 m⁻² (Table 1). The most elevated densities of individuals were recorded in the accompanying localities: Cap Blanc (0.4 people 100 m⁻²), Arzew (0.28 people 100 m⁻²), Deux Rochets (0.24 people 100 m⁻²), Bomo (0.2 people 100 m⁻²), La madrague, Madagh Zero, Kristel (0.16 individuals 100 m⁻²). The most reduced is that of The Island Habibas (0.08 people 100 m⁻²) (Table 1).

There was a diversity in the mean SL of the eight densest populations, they were between 50.6 ± 8.05 cm in (Cap Blanc), 45.28 ± 9.12 cm in (Bomo) and 33.28 ± 6.89 in (Deux Rochets). The dominant part of *P. nobilis* populations in (Habibas Island, Arzew, La madrague, Kristel and Madagh zero) were fundamentally comprised of little specimens, whose estimate did not surpass 40 cm. Despite what might be expected, Cap Blanc populations demonstrated the most astounding mean SL (50.6 cm) and was recognized by the predominance of vast individuals > 40 cm (Table 2). There were however huge contrasts in mean size among populations (ANOVA: F = 41.38; p < 0.001). The after-effects of post-hoc comparison uncovered a critical distinction between most populations. The most critical contrasts were recorded between Cap Blanc and the various populations (Table 3). There was no

huge distinction between the populations of La Madrague and Kristel, and the number of populations in Habibas Island was surprisingly to alternate populations (Arzew, Kristel, La Madrague, Madagh zero). Habibas Island indicated huge contrasts with the populations of Cap Blanc and Bomo and Deux Rochets, it is the lowest density around there. At last, the mean SL of the populations of Habibas Island and Cap Blanc were altogether undoubtedly different.

4. Discussion

P.nobilis was found with varying densities on the western coast of Algeria With the exception of the eight sites of Cap Blanc, Habibas Island, La Madrague, Madagh Zero, Arzew, Kristel, Deux Rochets and Bomo. No *P.nobilis* were found in Stidia, Salamandre, Plane Island, Phare, Bouzadjar, Oued Draa, Cap Falcon, Marathon and Ain Franin; however, the areas presented a presence of a significant closeness to *Pinna rudis*. As an attempt to justify the absence the specimens from some areas such as Stidia, Salamandre, Plane Island, Phare, Bouzadjar, Oued Draa, Cap Falcon, Marathon and Ain Franin, restoration works performed in the areas (Salamandre, Stidia). As for other areas, this could be the outcome ongoing alterations of ecological conditions (repression, contamination, and so forth.). The low densities recorded in the shoreline of Habibas Island (protected territory) could be clarified by the solid hydrodynamics (high flows speed and high wave activity) that mark this area; it can possibly be related to the rough - sandy nature of the substrate, keeping the settlement of young Pinnids.

When it comes to the higher densities assessed on alternate localities for *Pinna rudis*, they could be identified with their capacity to live in various substrate and through the contribution of its size. The *P.rudis* detected in the western shoreline of Algeria

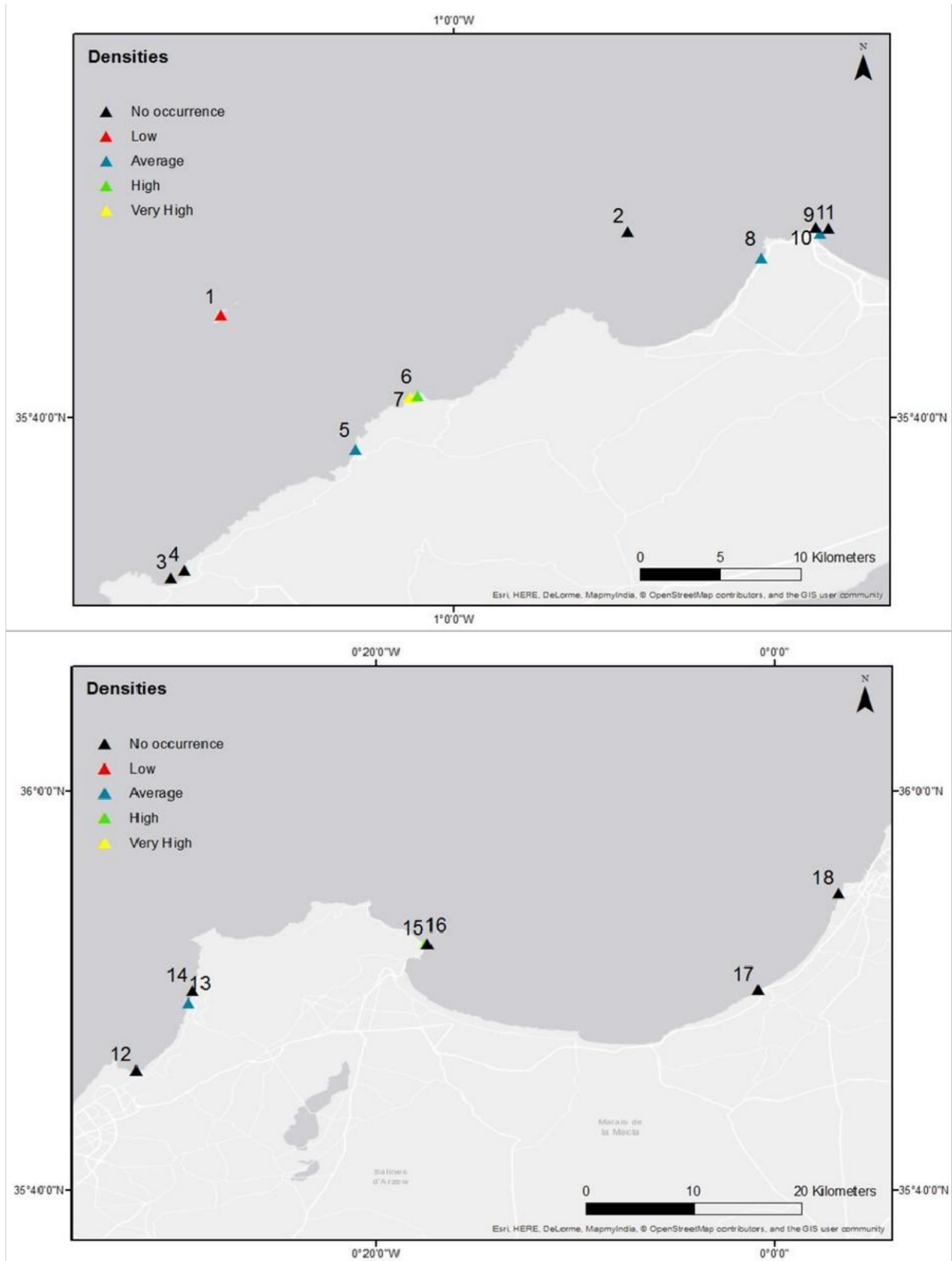


Figure 3. A & B: *P.nobilis*. Distribution of densities in the study area (no occurrence; ▲ Low density, ▲ Average density; ▲ High density; ▲ Very high ▲ density).
 1. Habibas Island, 2. Plane Island, 3. Bouzedjar, 4. Oued Draa , 5.Madagh Zero, 6. Deux rochets, 7. Cap Blanc, 8. Marathon, 9. Bomo, 10. La Madrague, 11. Cap falcon, 12.Kristel, 13. Ain franin , 14. Mon reve, 15.Arzew, 16. Phare, 17. Stidia , 18. Salamandre). (BELKHAMSSA: MapMyIndia 2018).

during the study were situated inside rocky and rocky- muddy substrate, sometimes they even were in biotopes with algal cover. As for faced the *P. nobilis* populations, they were not merely found within the meadows of *P. Oceanica*, yet within *C. nodosa* knolls and at times in biotopes with algal cover as well. One significant of *P. nobilis* populations studied herein, is that the most elevated densities were recorded in shielded biotopes, and characterized by feeble hydrodynamics (low wave activity and low current speed) and sandy-muddy substrates blended with boulders, gravel and biodebitic material. It appears that this biological community type is positive for the support and survival of the Pinnids. This perception persuaded that in protected biotopes, the substrate type is less imperative than in uncovered coasts, most likely in light of the fact that hydrodynamics is diminished.

It is striking to note that the most surprising density was recorded at Cap Blanc (Figures 2 and 3). Focusing on the link between substrate accessibility / habitat type and Pinna occurrence, we found the most amazing densities; Outside Two Rookets where the substrate is just muddy (with *C. nodosa*), were recorded on a sandy-muddy substrate mixed with biodebitic material among *C. nodosa* or *P. oceanica* + *C. nodosa* beds. the predominance of the sandy-mud substrate the fan mussels are inclined towards the fine and well-sorted sediments, mixed partly with mud congested by marine phanerogamous meadows (*P. maritime* and *C. nodosa*). Thus, the main population of *P. nobilis* discovered related to *P. oceanica* is that of Cape Blanc where the substratum is simply sandy and not mixed with biodebitic material. The non-appearance of the last material makes it possible to conclude that, without *P. oceanica*, Pinna wants to settle in a substrate mixed with pebbles, remains of shells and gravel to which the filaments of byssus can connect since the last herbarium offers ashes fan the satisfactory structure. this allows their sufficient implantation.

The size structure of the eight inspected *P. nobilis* populations demonstrated that the majority of them, with the exception of Cap Blanc, are portrayed by the predominance of little estimated populations. The shell length, assessed for the eight populations, ran between 33.28 ± 6.89 cm (Deux Rochets) and $50.6 \pm 8,05$ cm (Cap Blanc). The majority of the latter's dominated by one or two size groups. The indicated population of structure could be the outcome of the alteration of periods both successful and poor recruitment in various years.

Amid our prospecting, extensive populations were regularly watched settled inside *P. oceanica* meadows and more profound than small specimens (e.g. Cap Blanc site) and is assumingly identified with the impacts of hydrodynamic powers.

The maximum length reached by shallow water samples has already been reported to be significantly lower than that of deep-water populations; therefore, the size of the population was a function of both the hydrodynamic forces interacting with *P. nobilis* and the depth of colonization; in the same way. In addition, larger specimens of *P. nobilis* are more influenced by stream energy than small ones; further hydrodynamic stress may be another factor of weakness before reaching a critical size of displacement, which may lead to increased mortality.

Mortality ratio of extensive individuals in shallow populations is greater than that in profound ones. The predominance of adult in Cap Blanc populations could be out of relatedness to the presence of *P. oceanica* meadows as well. Such ecological community is ideal for the survival of Pinnids, in light of the fact that roots and rhizomes establish an extraordinary substrate for the securing of byssus filaments; hence sea grasses decrease significantly the water speed and hydrodynamic powers on the sea-bottom level.

To recapitulate, the present examination has given applicable data and insights about the distribution, densities and size structure of the shallow *P. nobilis* populations in the west of Algerian coasts. More investigations are needed to describe the species populations in the middle and east Algerian seaboard, precisely in more profound waters and meadows of *P. oceanica*. As per a request that we made with Algerian fishermen, expansive populations of *P. nobilis* exist in the Eastern Algerian coast, in the areas of Jijel, Annaba and skikda (200-2000 m off the shorelines). The species likewise exist in the coastline of El-Kala, El Bouni. It lives around the island of Taza an AMP, with high densities as well.

As indicated by our perceptions, the principle dangers to the species in Algeria are the water contamination, annihilation of sea grass meadows, boat anchoring, aquaculture ranches (e.g. Arzew and Kristel where there is a homestead for the way of life of *Mytilus galloprovincialis* and particularly the species removal by amateur divers and fishermen.

The last previously indicated threat is one of the most dangerous, for it can be considered the major

factor of adult population damaging and which are a fundamental pillar in the populations' survival. While doing our research, in the West coast of Algeria, we noticed that *P. nobilis* was removed by amateur divers, more particularly in shallow zones, in which Pinnids can be found at a profundity that does not surpass five meters.

The uncontrolled removal of pinnids observed amid our prospecting, is undoubtedly an outcome of the inadequate control and the non-application of the ecological Algerian laws issued after the Barcelona convention in 1995, which prohibited the removal of *P. nobilis* individuals. Before this circumstance, it is earnest to set strict security measures and show strictness in the utilization of Algerian ecological laws, preserving the jeopardized species *P. nobilis*.

5. Conclusion

This study remains preliminary and motivates more investigation in other sites of the West Coast of Algeria while considering a wider visual survey (number of individuals identified more important). However, it allowed establishing an inventory of the population of *P. nobilis*. It is surprising that the population density of *P. nobilis* is comparable from one site to another, despite the diversified quality of the environment between the different sites.

Furthermore, we have provided valuable preliminary observations on the distribution of *P. nobilis* which can encourage ideas and further research to successfully reveal ecological models. The methodology adopted in this research is promising and beneficial for the estimation of the abundance of Benthic Fauna and should be used more widely in the near future.

Acknowledgements

We sincerely thank Pr. Jose Rafael GARCIA MARCH (University of Valencia, Spain). We are also grateful Dr. Maite VAZQUEZ LUIS (Instituto Español de Oceanografía, Centre Oceanogràfic de les Balears, Spain) for helpful advice and encouragement and for valuable evaluation.

Funding

This study was not funded by any organization or laboratory. It is part of my doctoral thesis and my personal work under supervision of my university and my supervisor Professor NASR-EDDINE TAIBI and co-promoter Pr. SALUD DEUDERO.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Ethical Approval

This article does not contain any studies with human participants or animals performed by any of the authors.

Sampling and Field Studies

All necessary permits for sampling and observational field studies have been obtained by the authors from the competent authorities and are mentioned in the acknowledgements, if applicable.

References

- Centoducati G, Tarsitano E, Bottalico A, Marvulli M, Lai OR, Crescenzo G (2006) Monitoring of the endangered *P. nobilis* Linné, 1758 in the Sea of Toronto (Sea Ionia, Italy). *Environmental Monitoring and Assessment* 131: 339-347. DOI 10.1007/s10661-006-9479-z.
- Cerrato RM (1980) Demographic analysis of bivalve populations. In: *Skeletal growth of Aquatic Organisms*. Biological Records of Environmental Change (D.C. Rhoads & R.A. Lutz eds) 417-465. Premium Press: New York & London.
- Combelles S, Moreteau JC, Vicente N (1986) Contribution to the knowledge of ecology of *P. nobilis* L. (Mollusc eulamellibranche). *Scientific Report of Port-Cros National Park* 12: 29-43.
- De Gaulejac B, Vicente N (1990) Ecology of *Pinna nobilis* (L) bivalve mollusk on Corsican coasts. Transplantation trials and experiments in a controlled environment, *Halictis* 10: 83-100.
- De Gaulejac B (1993) Ecophysiological study of the Mediterranean bivalve mollusk *Pinna nobilis* L. : Reproduction, growth, respiration. PhD Thesis, University of AixMarseille III, 220.
- Fiorito G, Gherardi F (1999) Prey-handling behaviour of *Octopus vulgaris* (Mollusca, Cephalopoda) on bivalve preys. *Behavioural Processes* 46: 75-88.
- Gacia E, Granata TC, Duarte CM (1999) An approach to measurement of particle flux and sediment retention within seagrass *Posidonia oceanica* meadows. *Aquatic Botany* 65: 255-268.
- Gaillande D (1970) Note on benthic settlements in the central area of the Gulf of Gabes. *Tethys* 2: 131-138.
- Gambi MC, Dappiano M (1994) Mediterranean marine benthos: A manual of methods for its sampling and study. Periodical published by the Italian Society of Marine Biology, Genova: 604.
- Gamulin-Brida H (1974) Benthic biocenoses of the Adriatic Sea. *Acta Adriatica* 15: 3-102.
- García-March JR (2000) Contribution to the knowledge of the biology of Mollusc Bivalve *Pinna nobilis* L, 1758 on the coast of Alicante (Spain). DEA Faculty of Biology, University of Valencia 114.
- García-March JR (2003) Contribution to the knowledge of the status of *Pinna nobilis* (L.) 1758 in Spanish coasts. Thesis of the Oceanographic Institute of Paul Ricard 9: 29-41.
- García-March JR (2005) Contributions to the knowledge of the

biology of *Pinna nobilis* LinneoLinnaea, 1758 (Mollusca: Bivalvia) in the Iberian Mediterranean coast. PhD Thesis, Faculty of Biology, University of Valencia 332.

García-March JR, Kersting DK (2006) Preliminary data on the distribution and density of *P.nobilis* and *Pinna rudis* in the Columbretes Islands Marine Reserve (Western Mediterranean, Spain). *Organisms Diversity & Evolution* 6, Electronic Supplement 16. <http://www.senckenberg.de/odes/06-16.htm>.

García-March JR, Garcia-Carrascosa AM, Perez-Rojas L (2006a) Influence of hydrodynamic forces on population structure of *P.nobilis* L., 1758 (Mollusca: Bivalvia): the critical combination of drag force, water depth shell size and orientation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342: 202-212.

García-March JR, García-Carrascosa AM, Pena AL, Wang YG (2006b) Population structure, mortality and growth of *P.nobilis* Linnaeus, 1758 (Mollusca, Bivalvia) at different depths in Moraira bay (Alicante, Western Mediterranean). *Marine Biology* 150: 861-871.

Giacobbe S, Leonardi M (1987) The funds to *Pinna* from Strait of Messina. *Doc and Trav. IGAL* 11: 253-254.

Granata TC, Serra T, Colomer J, Casamitjana X, Duarte CM, Gacia E (2001) Flow and particle distributions in a nearshore seagrass meadow before and after a storm. *Marine Ecology Progress Series* 218: 95-106.

Katsanevakis S (2006) Population ecology of the endangered fan mussel *P.nobilis* in a marine lake. *Endangered Species Research* 1: 51-59.

Katsanevakis S (2007a) Density surface modelling with line transect sampling as a tool for abundance estimation of marine benthic species: the *P.nobilis* example in a marine lake. *Marine Biology* 152: 77-85.

Katsanevakis S (2007b) Growth and mortality rates of the fan mussel *P.nobilis* in Lake Vouliagmeni (Korinthiakos Gulf, Greece): a generalized additive modelling approach. *Marine Biology* 152: 1319-1331.

Ktari-Chakroun F, Azzouz A (1971) Trawl bottoms in the southeastern region of Tunisia (Gulf of Gabes). *Bulletin of the National Institute of Zoology* 2: 155-248.

Moreteau JC, Vicente N (1982) Evolution of a population of *P. nobilis* L. (Mollusca, Bivalvia) *Malacology* 22: 341-345.

Murillo L (1995) Additions to the malacofauna of sea (Murcia). *Newsletter of the Spanish Society of Malacology* 23: 35-39.

Ramos A (1998) Implementing the habitats directive for mollusk species in Spain. *Journal of Conchology Special Publications* 2: 125-132.

Richardson CA, Kennedy H, Duarte CM, Kennedy DP, Proud SV (1999) Age and growth of the fan mussel *P.nobilis* from south-east Spanish Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Marine Biology* 133: 205- 212.

Richardson CA, Peharda M, Kennedy H, Kennedy P, Onofri V (2004) Age, growth rate and season of recruitment of *Pinna nobilis* (L) in the Croatian Adriatic determined from Mg: Ca and Sr: Ca shell profiles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 299: 1-16.

Templado J (2004) *Pinna nobilis*. In Guide to invertebrates and marine fish protected by national and international legislation. Ministry of Environment (J. Templado & M. Calvo eds) 86-89. Autonomous Organization of National Parks, Madrid.

Van Keulen M, Borowitzka MA (2000) Comparison of water velocity profiles through morphologically dissimilar seagrasses. *Biology of the Sea the Mediterranean* 7: 143-146.

Vicente N (1990) Ecological study and protection of the mollusc lamelibranch *Pinna nobilis* L. 1758 on the Mediterranean coast Iberus 9: 269-279.

Vicente N, Moreteau JC (1991) Status of *P.nobilis* L. in the Mediterranean (eulamellibranch mollusc). In *Marine Species to Protect in the Mediterranean* (C.F. Boudouresque, M. Avon & V. Burn eds): 159-168. Gis Posidonie publication, Marseille.

Vicente N, Moreteau JC, Escoubet P (1980) Study of the evolution of a population of *P.nobilis* L. (Eulamellibranch mollusk) off the cove of La Palud (Port-Cros submarine National Park), Scientific works of the Port-Cros National Park 6: 39-68.

Zavodnik D (1967) Contribution to the ecology of *P.nobilis* L. (mollusca: bivalvia) in the Northern Adriatic Sea. *Thalassa Yugoslavica* 3: 93-102.

Zavodnik D, Hrs-Brenko M, Legac M (1991) Synopsis on the fan shell *P.nobilis* L. in the eastern Adriatic Sea. In *Marine species to protect*. (C.F. Boudouresque, M. Avon & V. Burn eds) 169-178. Gis Posidonies publications. Marseille, France.



ABOUT THE JOURNAL: SAJEB (eISSN: 2230-9799) is a peer-reviewed, open-access and online journal aimed at advancement and rapid dissemination of scientific knowledge generated by the highly motivated researchers in the field of biological sciences through publication of high-quality original research and critical up-to-date review articles covering all the aspects of biological sciences. Every year, it publishes six issues. SAJEB has received Global Impact Factor (GIF)-2015, 0.765; Index Copernicus Value-2015, 93.0 and NAAS (ICAR)-India 2017 rating, 4.79. SAJEB has been included in the ISI master list of journals of Thomson Reuters under Zoological Record. The SAJEB is also covered by CABI (UK), AGRICOLA, NLM catalogue, CAS (ACS, USA), DOAJ, Journal TOCs (ICBL, Edinburgh), Directory of research Journals Indexing (DRJI) and Indian Science Abstracts (ISA, NISCAIR).

ANNEXURE

Station	Root Mean Square/Quadratic Mean	Sum of Squared Error (SSE)	Mean Squared Error (MSE)
Ile habibas	26.98379	3.645	1.8225
Arzew	26.70814	291.26833	48.54472
Madagh zero	30.81866	125.96749	31.49187
La madrague	25.5981	165.84752	41.46188
Deux rochets	33.87406	238.02834	39.67139
Bomo	46.00948	332.968	66.5936
Kristel	20.16959	102.3475	25.58688
Cap blanc	52.35586	1807.76	180.776

X Value	Error (Err) = ($\mu-X$)	Error Squared (Err ²)
26.5	-24.1	580.81
38.7	-11.9	141.61
33.5	-17.1	292.41
46.8	-3.8	14.44
52.3	1.7	2.89
62.7	12.1	146.41
68.1	17.5	306.25
66.7	16.1	259.21
58.4	7.8	60.84
52.3	1.7	2.89
Sum of Squared Error (SSE) =		1807.76
Cap Blanc		

X Value	Error (Err) = ($\mu-X$)	Error Squared (Err ²)
19.8	0.275	0.07563
16.4	-3.125	9.76563
27.6	8.075	65.20562
14.3	-5.225	27.30062
Sum of Squared Error (SSE) =		102.3475
Krichtel		

X Value	Error (Err) = ($\mu-X$)	Error Squared (Err ²)
56.7	11.42	130.4164
45.3	0.02	0.0004
51.2	5.92	35.0464
33.7	-11.58	134.0964
39.5	-5.78	33.4084
Sum of Squared Error (SSE) =		332.968
Bomo		

X Value	Error (Err) = ($\mu-X$)	Error Squared (Err ²)
32.1	-1.18333	1.40027
34.8	1.51667	2.30029
26.8	-6.48333	42.03357
39.4	6.11667	37.41365
42.1	8.81667	77.73367
24.5	-8.78333	77.14689
Sum of Squared Error (SSE) =		238.02834
Deux rochets		

X Value	Error (Err) = ($\mu-X$)	Error Squared (Err ²)
22.7	-2.075	4.30563
29.6	4.825	23.28063
31.6	6.825	46.58063
15.2	-9.575	91.68063
Sum of Squared Error (SSE) =		165.84752
La madraque		

X Value	Error (Err) = ($\mu-X$)	Error Squared (Err ²)
19.5	-8.825	77.88062
32.5	4.175	17.43063
33.8	5.475	29.97562
27.5	-0.825	0.68062
Sum of Squared Error (SSE) =		125.96749
Madrage zero		

X Value	Error (Err) = ($\mu-X$)	Error Squared (Err ²)
16.8	-8.98333	80.70022
17.9	-7.88333	62.14689
23.4	-2.38333	5.68026
31.1	5.31667	28.26698
35.7	9.91667	98.34034
29.8	4.01667	16.13364
Sum of Squared Error (SSE) =		291.26833
Arzew		

X Value	Error (Err) = ($\mu-X$)	Error Squared (Err ²)
28.3	1.35	1.8225
25.6	-1.35	1.8225
Sum of Squared Error (SSE) =		3.645
Ile habibas		