



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار - عنابة

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA

FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER
LABORATOIRE BIORESSOURCES MARINES

THÈSE DE DOCTORAT (LMD)
Spécialité : Biologie Marine
Option : Bioressources Marines

Intitulé :

**ÉTUDE DE LA FAUNE MALACOLOGIQUE DE LA LAGUNE
MELLAH AVEC UN INTÉRÊT PARTICULIER POUR
LE BIVALVE *Cerastoderma glaucum***

Présentée par : Khalil MELOUAH

Directeur de thèse : M. DRAREDJA B. (Professeur, Université Badji Mokhtar - Annaba)

Jury d'examen

Président :

M. KARA M.H. (Professeur, Université Badji Mokhtar - Annaba)

Examineurs :

Mme REBZANI-ZAHAF C. (Professeur, USTHB - Alger)

Mme CHAOUI L. (Professeur, Université Badji Mokhtar - Annaba)

M. KERFOUF A. (Professeur, Université Djillali Liabès - Sidi Bel Abbes)

AVANT-PROPOS

Cette étude est le fruit d'un effort conjugué de nombreuses personnes et institutions, ayant apporté une contribution directe ou indirecte à ce travail et à qui j'exprime ma sincère gratitude. Je tiens donc à associer à ce travail tous ceux qui y ont participé à divers titres.

Ma reconnaissance s'adresse en premier lieu aux membres de jury :

Je ne saurais commencer sans remercier mon directeur de thèse Monsieur **Brahim DRAREDJA**, Professeur au Département des Sciences de la Mer, Université Badji Mokhtar Annaba, à qui je dois ma réussite dans le domaine de la recherche. Il a suivi minutieusement le déroulement de cette étude, comme il m'a encouragé à être autonome et assidu. Je suis très honoré et fier d'avoir été l'étudiant d'un spécialiste en benthos. Il m'a fait part de son expérience et son savoir faire dans le domaine d'écologie benthique. J'ai particulièrement apprécié son soutien, ses précieuses orientations et conseils. Il a toujours été exigeant et rigoureux, il s'est montré toujours disponible pour améliorer la qualité du tapuscrit et mener à terme ce travail.

Monsieur **Mohamed Hichem KARA**, Professeur au Département des Sciences de la Mer et Directeur du Laboratoire Bioressources Marines, Université Badji Mokhtar - Annaba, m'honore en présidant le jury, malgré ses nombreuses tâches pédagogiques, de recherche ainsi que ses responsabilités administratives. Je le remercie également de m'avoir donné un libre accès au laboratoire (LBM), afin que je puisse effectuer certaines manipulations et analyses.

Madame **Chafika REBZANI-ZAHAF**, Professeur à la faculté des Sciences Biologique, Université des Sciences et Technologie Houari Boumediene (USTHB, Alger) a répondu favorablement à l'évaluation de mon travail de thèse et par conséquent je lui témoigne tous mes respects. Sa longue expérience dans le domaine de l'écologie du benthos me sera très utile et va certainement enrichir le débat le jour de la soutenance.

Madame **Lamyia CHAOUI**, Professeur au Département des Sciences de la Mer, laboratoire Bioressources Marines, Université BADJI Mokhtar – Annaba, m'a fait un très grand plaisir en acceptant d'examiner ma thèse. Ses remarques et critiques seront les bienvenues. Je tiens donc, à lui exprimer mes sincères reconnaissances.

Monsieur **Ahmed KERFOUF**, Professeur au Département des Sciences de l'Environnement, Université de Sidi Bel Abbes, un des rares benthologues en Algérie, son expertise de mon travail de thèse sera certainement fructueuse et objective. Sa présence dans le jury m'honore et je me permets alors de lui exprimer toute ma gratitude et considération.

Je tiens également à remercier :

Monsieur **Farid DERBAL**, Professeur et Chef de Département des Sciences de la Mer, pour toutes les facilités administratives et les conseils scientifiques lors de la réalisation de la thèse.

Madame **Hayet BELDI**, Professeur au Département des Sciences de la Mer, pour son soutien continu et ses nombreuses orientations au cours de ma formation graduée et doctorale.

Monsieur **Wahid REFFES**, Maître de conférences à l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (Alger), pour ses conseils avisés et l'aide précieuse qu'il m'a apportée lors de la phase des traitements de données.

Je remercie aussi Mademoiselle **Fatima Zohra BOUMAZA**, Docteur en Biologie animale environnementale, pour son aide précieuse lors du traitement statistique des résultats de cette thèse.

Je remercie également l'ensemble du personnel (pêcheurs et administrateurs) de la lagune Mellah ; à leur tête l'exploitant Monsieur **DJEFFEL Billel** et ses collaborateurs Messieurs **Rachid RERAZE** et **Karim BELARBI**, qui ont mis à ma disposition tous les moyens logistiques nécessaires assurant le bon déroulement de la phase d'échantillonnage.

Un remerciement particulier à mon ami **Raouf ZAÏDI**, Doctorant au Laboratoire Bioressources Marines, Département des Sciences de la Mer, qui a contribué sans hésitation et efficacement à la plupart des sorties sur terrain. A cet égard, je lui rends un sincère hommage.

Par ailleurs, je n'oublie pas l'ensemble de mes **collègues doctorants** toutes promotions confondues, je leur souhaite la finalisation de leur thèse dans des bonnes et meilleures conditions.

Enfin, toute ma gratitude et reconnaissance au staff enseignants du Département des Sciences de la Mer, qui a contribué à notre formation durant les cursus de graduation et de post-graduation.



LISTE DES FIGURES

N° figure	Titre	Page
Introduction		
Figure 1	Place systématique de l'embranchement des Mollusques.	2
Première chapitre : Généralités		
Figure 2	Position géographique de la lagune Mellah (www.googlearth.com, modifiée).	5
Figure 3	Mouvements des eaux superficielles. A: trajectoires hypothétiques (d'après Guelorget et al., 1989). B et C: mouvements rectilignes des eaux respectivement pendant le flot et le jusant (d'après Messerer, 1999).	6
Figure 4	Photographie montrant la diminution de la profondeur du chenal de communication avec la mer.	8
Figure 5	Morphologie externe de coque <i>Cerastoderma glaucum</i> .	13
Figure 6	Face interne d'une valve de la coque <i>Cerastoderma glaucum</i> .	13
Figure 7	La coque en situation d'enfouissement dans le sédiment.	13
Figure 8	Répartition de la coque <i>Cerastoderma glaucum</i> en Méditerranée et en Mer Noire.	14
Deuxième chapitre : Méthodologie de travail		
Figure 9	Choix des stations de suivi des facteurs physico-chimiques et de l'étude de la malacofaune dans la lagune Mellah.	16
Figure 10	Localisation des stations d'échantillonnage des sédiments dans la lagune Mellah.	17
Figure 11	Prélèvement du sédiment avec la benne Van Veen.	20
Figure 12	Localisation des stations d'échantillonnage de la coque <i>C. glaucum</i> dans la lagune Mellah.	24
Figure 13	Localisation des stations échantillonnées.	25
Figure 14	Mensurations effectuées chez la coque. <i>Cerastoderma glaucum</i> .	27
Troisième chapitre : Résultats		
Figure 15	Évolution Variations mensuelles de la température, la salinité et du pH des eaux des stations prospectées dans la lagune Mellah.	31
Figure 16	Variations mensuelles de la température, la salinité et du pH des eaux à l'échelle de la lagune Mellah.	31
Figure 17	Évolution mensuelle de la teneur en matière en suspension (g.l ⁻¹) des eaux des stations prospectées de la lagune Mellah.	32
Figure 18	Évolution mensuelle de la teneur en matière en suspension (g.l ⁻¹) des eaux à l'échelle de la lagune.	32
Figure 19	Répartition de la teneur en pélites (%) dans les sédiments de la lagune Mellah.	34
Figure 20	Couverture sédimentaire de la lagune Mellah et répartition des herbiers à <i>Ruppia</i> sp.	35
Figure 21	Répartition de teneur en matière organique (en %) dans les sédiments de la lagune Mellah.	36

Liste des figures (suite) :

N° figure	Titre	Page
Figure 22	Variations temporelles de la densité (ind.m ⁻²) et de la richesse spécifique (RS) dans la station 1.	38
Figure 23	Variations temporelles de la richesse spécifique (RS) et de la densité (ind.m ⁻²) dans la station 2.	38
Figure 24	Variations temporelles de la richesse spécifique (RS) et de la densité (ind.m ⁻²) dans la station 3.	39
Figure 25	Variations temporelles de la richesse spécifique (RS) et de la densité (ind.m ⁻²) dans la station 4.	39
Figure 26	Variations temporelles de la richesse spécifique (RS) et de la densité (ind.m ⁻²) dans la station 5.	40
Figure 27	Variations mensuelles de la richesse spécifique et de la densité moyenne (ind.m ⁻²) de la malacofaune à l'échelle de la lagune Mellah.	40
Figure 28	Évolution spatiale de la richesse spécifique (RS) et de la densité (ind.m ⁻²) de la malacofaune selon les stations prospectées dans la lagune.	41
Figure 29	Dominances moyennes (%) des principales espèces malacologiques selon les stations prospectées dans la lagune Mellah.	42
Figure 30	Dominances moyennes (%) des principales espèces malacologiques récoltées dans la lagune Mellah.	43
Figure 31	Variations mensuelles de la biomasse (g.m ⁻² , en PS et PSLC) et de la densité (ind.m ⁻²) dans la station 1.	44
Figure 32	Variations mensuelles de la biomasse (g.m ⁻² , en PS et PSLC) et de la densité (ind.m ⁻²) dans la station 2.	44
Figure 33	Variations mensuelles de la biomasse (g.m ⁻² , en PS et PSLC) et de la densité (ind.m ⁻²) dans la station 3.	45
Figure 34	Variations mensuelles de la biomasse (g.m ⁻² , en PS et PSLC) et de la densité (ind.m ⁻²) dans la station 4.	45
Figure 35	Variations mensuelles de la biomasse (g.m ⁻² , en PS et PSLC) et de la densité (ind.m ⁻²) dans la station 5.	46
Figure 36	Variations spatiales de la biomasse (g.m ⁻² , en PS et PSLC) et de la densité (ind.m ⁻²) dans la lagune Mellah.	46
Figure 37	Variations mensuelles de la biomasse (g.m ⁻² , en PS et PSLC) et de la densité (ind.m ⁻²) à l'échelle de la lagune Mellah.	47
Figure 38	Variations mensuelles des indices de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité (E) dans les différentes stations prospectées dans la lagune Mellah.	48
Figure 39	Variations mensuelles des indices de Shannon (H') et d'équitabilité (E) dans les différentes stations prospectées dans la lagune Mellah.	49
Figure 40	Variations zonale de la densité (ind.m ⁻²) et du poids frais (Ws, g.m ⁻²) de <i>Cerastoderma glaucum</i> dans les secteurs prospectés de la lagune Mellah (Février 2010).	50
Figure 41	Répartition spatiale de la densité (ind.m ⁻² , en noir) et poids frais (g.m ⁻² , en bleu) de la coque <i>Cerastoderma glaucum</i> dans les stations prospectées (en rouge) dans la lagune Mellah (février 2010).	51
Figure 42	L'aire de répartition de la coque <i>Cerastoderma glaucum</i> dans la lagune Mellah.	52
Figure 43	Variations mensuelles de la densité (ind.m ⁻²) de la coque <i>Cerastoderma glaucum</i> dans les trois stations prospectées dans la lagune Mellah.	54
Figure 44	Variations mensuelles de la densité moyenne (ind.m ⁻²) de la coque <i>Cerastoderma glaucum</i> à l'échelle de la lagune Mellah.	54
Figure 45	Variations mensuelles de la biomasse (g.m ⁻²) de la coque <i>Cerastoderma glaucum</i> dans les trois stations prospectées dans la lagune Mellah.	56
Figure 46	Variations mensuelles de la biomasse moyenne (g.m ⁻²) de la coque <i>Cerastoderma glaucum</i> à l'échelle de la lagune Mellah.	56

Liste des figures (suite) :

N° figure	Titre	Page
Figure 47	Variations mensuelles de l'indice de condition (I.C) chez la coque <i>Cerastoderma glaucum</i> de la lagune Mellah (mars 2010 – février 2011), ($m \pm s$, $n = 60$)..	58
Figure 48	Fréquences de tailles (mm) chez la coque <i>Cerastoderma glaucum</i> de la lagune Mellah (mars 2010 – février 2011).	59
Figure 49	Croissance linéaire observée et théorique chez la population <i>Cerastoderma glaucum</i> de la lagune Mellah.	60
Figure 50	Corrélation entre la longueur (mm) et le poids (poids humide en g) chez la coque <i>Cerastoderma glaucum</i> de la lagune Mellah : diagramme de dispersion et droite de régression.	61

LISTE DES TABLEAUX

N° tableau	Titre	Page
Deuxième Chapitre : Méthodologie de travail		
Tableau I	Classification des eaux en fonction de leur degré halin.	16
Troisième Chapitre : Résultats		
Tableau II	Liste taxonomique des mollusques récoltés dans la lagune Mellah (mars 2010 – février 2011).	37
Tableau III	Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois (N = 3), selon les stations prospectées dans la lagune.	41
Tableau IV	Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la densité dans les cinq stations durant la période d'étude.	41
Tableau V	Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois (N = 3), selon les stations prospectées dans la lagune.	47
Tableau VI	Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la biomasse dans les cinq stations durant la période d'étude.	47
Tableau VII	Inventaire de la faune associée aux mollusques de la lagune Mellah (mars 2010 – février 2011).	50
Tableau VIII	Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois (N = 3), selon les stations prospectées dans la lagune.	55
Tableau IX	Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la densité des Patelles dans les quatre stations durant la période d'étude.	55
Tableau X	Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois (N = 3), selon les stations prospectées dans la lagune.	57
Tableau XI	Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la densité des Patelles dans les quatre stations durant la période d'étude.	57
Tableau XII	Détermination des classes d'âge de <i>Cerastoderma glaucum</i> dans la lagune Mellah selon la méthode de Battacharya	58

Quatrième Chapitre : Discussion		
Tableau XIII	Comparaison de la variabilité thermique dans différents écosystèmes méditerranéens.	63
Tableau XIV	Comparaison de la variabilité haline dans différents écosystèmes paraliques.	64
Tableau XV	Comparaison de la variabilité du pH relevé dans différents milieux saumâtres méditerranéens.	65
Tableau XVI	Liste de la malacofaune récoltée dans la lagune Mellah de 1979 à 2011.	67
Tableau XVII	Évolution chronologique (1979 - 2010) de la composition spécifique de la macrofaune benthique de la lagune Mellah.	70

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
------------------------------	---

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

1. Milieu d'étude	5
1.1. Position géographique	5
1.2. Description de la lagune	5
1.3. Caractéristiques hydrologiques	6
1.3.1. Courants	6
1.3.2. Phénomène de marées	7
1.3.3. Houles	7
1.4. Texture sédimentaire	7
1.5. Chenal de communication avec la mer	7
1.6. Exploitation aquacole de la lagune	9
2. Embranchement des mollusques	9
2.1. Caractères généraux	9
2.2. Intérêt environnemental	11
2.3. Classification des Mollusques	11
3. Écologie et biologie de la coque <i>Cerastoderma glaucum</i>	12
3.1. Position systématique	12
3.2. Morphologie générale	12
3.3. Mode de vie et distribution	13
3.4. Alimentation	14

CHAPITRE II : MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

1. Introduction	15
2. Analyses physico-chimiques	15
2.1. Choix et localisation des stations	15
2.2. Mesures physico-chimiques	16
3. Analyses sédimentologiques	17
3.1. Choix des stations et prélèvement	17
3.2. Analyses sédimentaires	18
3.2.1. Évaluation des pélites	18
3.2.2. Analyse granulométrique	18
3.2.3. Évaluation de la teneur en matière organique sédimentaire (M.O.S)	18

3.3. Expression des résultats	19
3.3.1. Histogrammes de fréquence	19
3.3.2. Courbes cumulatives semi-logarithmiques	19
3.3.3. Indices granulométriques	19
4. Étude de la malacofaune	20
4.1. Échantillonnage	20
4.2. Traitement des échantillons	21
4.2.1. Conservation	21
4.2.2. Tri et identification	21
4.2.3. Expression des résultats	21
5. Étude de la faune associée	23
6. Espèce potentiellement exploitable : la coque <i>Cerastoderma glaucum</i>	23
6.1. Cartographie spatiale	23
6.1.1. Choix des stations	23
6.1.2. Étude de l'abondance	25
6.1.3. Étude de la biomasse et estimation du stock naturel existant	25
6.2. Dynamique de la coque <i>C. glaucum</i>	25
6.2.1. Plan et technique d'échantillonnage	25
6.2.2. Densité et biomasse	26
6.2.3. Indice de condition	27
6.2.4. Fréquences de tailles	27
6.2.5. Croissance	27
7. Analyses statistiques	28

CHAPITRE III : RÉSULTATS

1. Introduction	30
2. Caractéristiques physico-chimiques	30
2.1. Température, salinité et pH	30
2.2. Transparence des eaux et teneurs en matières en suspension	32
3. Cartographie sédimentaire	33
3.1. Teneurs en pélites	33
3.2. Granulométrie	34
3.3. Cartographie sédimentaire	35
3.4. Teneurs en matière organique sédimentaire (M.O.S)	36
4. Description de la faune malacologique et des espèces accompagnatrices	37
4.1. Inventaire des espèces récoltées	37
4.2. Variations spatio-temporelles	37

4.2.1. Richesse spécifique, densité et fréquence	37
4.2.2. Dominance	42
4.2.3. Variations de la biomasse	43
4.2.4. Structure et organisation	48
4.3. Faune associée aux mollusques	50
5. Espèce potentiellement exploitable : la coque <i>Cerastoderma glaucum</i>	51
5.1. Cartographie et estimation du stock naturel	51
5.2. Variations de la densité et de la biomasse	53
5.3. Variations de l'indice de condition	57
5.4. Structure des tailles et détermination du recrutement	58
5.5. Croissance	58

CHAPITRE IV : DISCUSSION

1. Physico-chimie	62
2. Sédimentologie	65
3. Malacofaune	66
4. Faune associée	69
5. Structure et organisation de la coque <i>Cerastoderma glaucum</i>	70

CONCLUSION ET PERSPECTIVES	73
-----------------------------------	-----------

RÉSUMÉS

Français	75
Anglais	76
Arabe	77

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	78
------------------------------------	-----------

ANNEXES	91
----------------	-----------

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les milieux lagunaires dont la superficie est estimée à 483 000 ha (Kapetsky, 1984), sont définis comme étant des dépressions côtières situées au-dessous du niveau moyen des mers et ayant une communication permanente ou temporaire avec celles-ci, mais isolées de la côte adjacente par un cordon ou tout autre type de barrière littorale (Lankford, 1977). Ils sont représentés par une grande variété de milieux d'origine et de morphologie diverses (Guelorget et Perthuisot, 1992). Les lagunes occupent 13% des étendues côtières mondiales (Nixon, 1982), elles sont présentes sur une large aire de répartition allant des tropiques aux pôles (Lasserre et Postma, 1982) et se caractérisent par une zonation particulière des compartiments biologiques benthiques et planctoniques. Cette organisation est gouvernée essentiellement par une variable discrète nommée "*le confinement*", définie par Guelorget et Perthuisot (1983 et 1992) comme étant "*le temps de renouvellement en eau d'origine marine en un point donné du milieu*". Le mélange des eaux marines et continentales fait de ces plans d'eau des systèmes uniques avec un grand intérêt à la fois biologique et socio-économique. Ce sont des zones qui offrent des secteurs d'habitat particuliers pour la faune et la flore. Ces milieux uniques reçoivent par le biais du transport marin, le seston et les poissons immigrants qui y pénètrent pour leur croissance ; en raison de l'abondance de la nourriture dans ces biotopes à vocation d'eutrophie. Leur diversité biologique est caractéristique et leurs chaînes alimentaires sont riches et complexes (Pagès *et al.*, 2001). En effet, ces particularités les rendent idéales pour les projets d'aquaculture (Guelorget et Perthuisot 1983). Par ailleurs, les lagunes et plus généralement les milieux paraliques (étymologiquement à côté de la mer) sont des écosystèmes originaux qui participent à la fois au domaine marin et au domaine continental. Foyers d'occupation humaine depuis les premiers temps, en raison de leur fonction d'abris et de leurs fortes ressources halieutiques, les lagunes sont plus que jamais l'objet de pressions liées aux méthodes modernes d'exploitation des ressources vivantes et minérales, aux développements du tourisme, à l'urbanisation et à la construction des ports et des zones industrielles. Ces différentes activités ont, chacune, leurs contraintes propres souvent contradictoires parfois génératrices de graves conflits.

En Méditerranée, peut être plus qu'ailleurs, les milieux lagunaires sont un espace sensible d'une part, en raison de leur situation d'interface entre les milieux continentaux et marins, ils se caractérisent donc par de fortes fluctuations saisonnières de leurs facteurs écologiques (Bayed et Chaouti, 2001 et 2004), et d'autre part, en raison de leur proximité des activités anthropiques (croissance démographique, urbanisation, industrie, agriculture, activité touristique, etc.). Les fréquentes concentrations urbaines sur leurs berges concourent à en faire des réceptacles de nombreux polluants rejetés avec les eaux usées (domestiques et/ou industrielles), à l'origine de nuisances aux organismes aquatiques (Kemp et Spotila, 1997) et peuvent être à l'origine de la disparition de certaines espèces, entraînant ainsi le dysfonctionnement du réseau trophique (Gold, 2002).

La lagune Mellah unique écosystème lagunaire en Algérie avec ses multiples intérêts scientifiques, environnementaux et socio-économiques, offre un fertile champ d'investigation. D'autre part, la lagune est classée comme réserve intégrale dans le parc national d'El-Kala depuis les années 1970 (Thomas *et al.*, 1973). En effet, les travaux de Boudjellel *et al.* (1998), sur la pollution métallique chez la moule *Mytilus galloprovincialis*, montrent que les niveaux de concentration obtenus ne présentent pas de caractères excessifs. Toutefois, les incendies répétés entraînent l'appauvrissement de la couverture végétale et augmentent les risques d'érosion qui peuvent conduire au comblement et favoriser à la sédimentation dans la lagune (Kherifi *et al.*, 2012).

L'embranchement des Mollusques est le groupe le plus diversifié ; comprenant quelques 117 000 espèces réparties sur sept à huit classes selon les auteurs (Fig. 1). Ses représentants colonisent principalement le milieu marin, mais certains groupes et espèces vivent dans les eaux saumâtres, les milieux dulcicoles et terrestres.

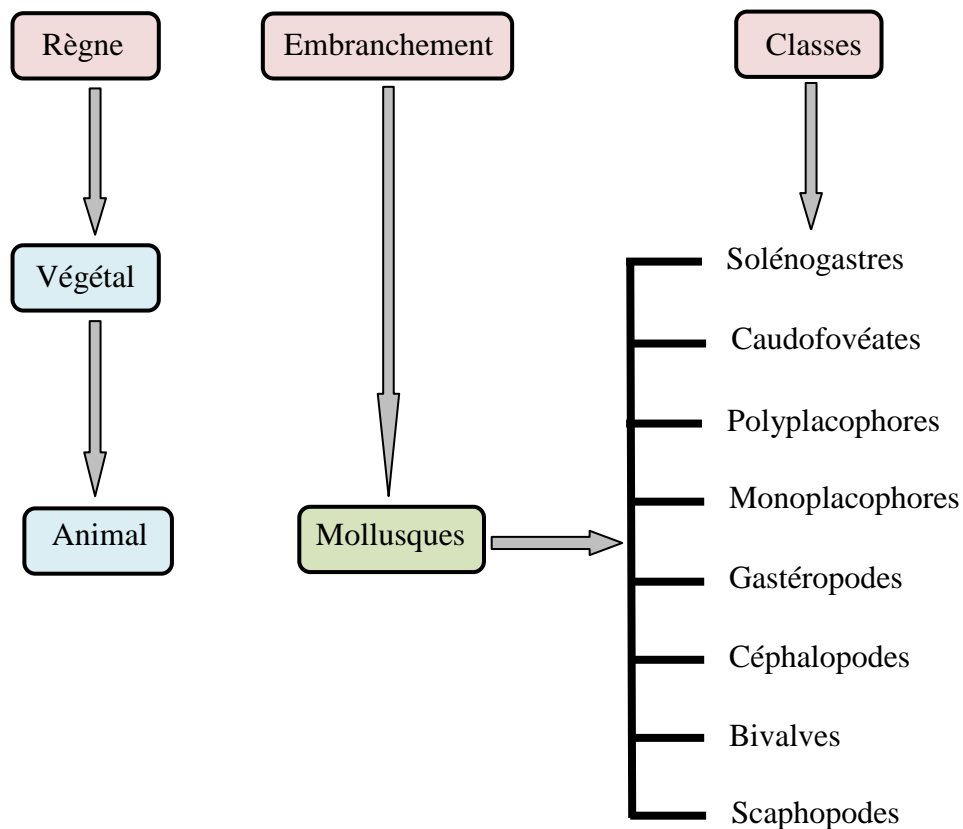


Figure 1. Place systématique de l'embranchement des Mollusques.

Les Mollusques comprennent des animaux qui ont des formes et des modes de vie très différents (Brusca *et al.*, 2003). Parmi les huit classes de Mollusques, 99% des espèces vivant actuellement appartiennent aux Bivalves et Gastéropodes. Les Bivalves (environ 12 000 espèces) ont, comme leur nom l'indique, une coquille divisée en deux valves reliées par une charnière dorsale (Ruppert *et al.*, 2004). Chez les Gastéropodes (103 000 espèces), la torsion constitue un caractère important. Leur nom signifie le large pied sur lequel repose leur corps.

La faune benthique et parmi la malacofaune des côtes algériennes d'une manière générale et de la lagune Mellah a été étudiée dans le passé (Bakalem, 1979 ; Bakalem et Romano, 1979 ; Bakalem *et al.*, 1990 ; Grimes, 1994 et 2010 ; Kerfouf, 1997 ; Rebzani, 2003 ; Draredja, 1992 et 2007 ; Bakalem, 2008). Toutefois, la plupart des auteurs n'avait alors pour objectif que le recensement de la faune benthique en générale. On possède ainsi une étude descriptive du macrozoobenthos d'une manière générale, mais peu de renseignements d'ordre écologique et synécologique sur l'embranchement des mollusques.

La malacofaune de la lagune Mellah a fait l'objet de peu d'investigations, parmi elles on cite l'étude menée par Refes (1994) consacrée à l'écobiologie et l'exploitation de la palourde européenne *Ruditapes decussatus*, alors que Grimes (1994) a étudié l'écologie et la dynamique de trois populations de bivalves : *Loripes lacteus*, *Brachidontes marioni* et *Cerastoderma glaucum*. Le premier inventaire des mollusques a été effectué par Bakalem et Romano (1979), puis par Draredja (1992 et 2005). Par ailleurs, une étude menée par Draredja et Beldi (2002) a mis en exergue l'importance et la place de la coque *Cerastoderma glaucum* dans la lagune Mellah.

Dans la lagune Mellah cohabitent une quinzaine d'espèces de mollusques (Draredja, 2005). Certaines de ces espèces sont connues pour leur intérêt commercial ; c'est le cas de la palourde *Ruditapes decussatus* et, la coque *Cerastoderma glaucum*. Les autres espèces peuvent jouer un rôle primordial dans l'équilibre écologique de l'écosystème lagunaire. En effet, en plus de l'importance écologique et biologique de ces mollusques dans la lagune Mellah, certaines espèces appartenant à ce groupe zoologique forme souvent une ressource biologique d'intérêt socio-économique non négligeable si leurs conditions écologiques s'améliorent parallèlement à l'augmentation des échanges mer – lagune. L'exploitation de ces nouvelles ressources biologiques aura comme effet une réorientation de certaines activités de pêche et une diversification des espèces pêchées dans la lagune. Par ailleurs, une telle exploitation nous incite certainement à connaître d'avantage ces espèces dites d'intérêt économique. Donc, un apport de connaissances scientifiques appréciables des différents aspects (biologiques, écologiques, socio-économiques, etc.) sur ces espèces cibles est indispensable.

La coque *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1758) est une espèce caractéristique des communautés benthiques et phytophiles des systèmes lagunaires (Labourg et Lasserre, 1980) se distingue de l'espèce voisine *C. edule*, très abondante dans la zone intertidale des côtes atlantiques françaises, par certains traits morphologiques et écologiques décrits par de nombreux auteurs dont Hopner Petersen (1958) ; Tebble (1966) ; Muus (1967) ; Rygg (1970) ; Boyden (1972) ; Boyden et Russell (1972) ; Barnes (1973) ; Person (1976) ; Koulmann et Wolff (1977) ; Brock (1979). La coque *Cerastoderma glaucum* a été citée pour la première fois dans la lagune Mellah lors de la campagne d'inventaire de la macrofaune benthique menée par Bakalem et Romano (1979). Puis, une série de travaux traitant essentiellement la répartition et la dynamique de ce bivalve a été menée par différents chercheurs, parmi eux on cite Semroud (1983) ; Guelorget *et al.* (1989) ; Draredja (1992) ; Grimes (1994) ; Draredja (2005). A l'exception du travail mené par Grimes (1994), l'ensemble des études citées se sont limitées à signaler la présence de ce Cardiidae dans la lagune.

Par ailleurs ; et en raison du double intérêt de ce bivalve ; écologique en tant qu'espèce eurythermes et euryhaline Mars (1966) ; Zaouali (1974) ; Rygg (1970) ; Labourg & Lasserre (1980), d'une part et économique puisqu'elle fait l'objet d'une exploitation régulière sur la rive Nord-occidentale de la Méditerranée FAO (2008) d'autre part, une actualisation des informations concernant cette espèce s'avère nécessaire afin de connaître la place de ce bivalve dans son milieu naturel. C'est dans ce contexte que nous avons abordé ce travail en relation avec la répartition et la dynamique de ce Cardiidae dans l'unique lagune en Algérie.

L'objectif principal de la présente étude est la description de la faune malacologique de la lagune Mellah et son interaction avec l'environnement physico-chimique et édaphique de cet écosystème remarquable et unique en Algérie. Une étude détaillée relative à la structure et la dynamique des espèces d'intérêt économique sera entreprise. La fréquence des sorties sur le terrain se fera à raison d'une sortie par mois au cours d'un cycle annuel. Le nombre de stations retenues et leur positionnement seront fixés en tenant compte des études antérieures et l'abondance de ce gisement naturel.

La présente étude s'articule sur trois axes principaux agencés comme suit :

- Une partie hydrobiologique traitant de l'évolution des principaux facteurs physico-chimiques et édaphiques du milieu conditionnant la vie et la distribution de malacofaune dans la lagune Mellah. En effet, l'importance de l'action combinée de ces différents paramètres écologiques sur le fonctionnement de la lagune et l'interaction avec la répartition des individus est à démontrer dans cette investigation.
- Un inventaire exhaustif de la faune malacologique de la lagune Mellah, en évoquant les particularités et les exigences écologiques de chaque espèce. Dans ce contexte, on évoquera également la liste des espèces accompagnatrices qui cohabitent avec les mollusques du Mellah. Cette faune associée influe directement ou indirectement sur les différents groupes zoologiques : compétition pour l'espace, pour la nourriture, etc.
- Une autre partie, sera consacrée à l'étude dynamique d'un bivalve d'intérêt économique. *A priori*, une seule espèce sera retenue ; à savoir le Cardiidae *Cerastoderma glaucum*. La coque *C. glaucum* est comestible sur d'autres cieux et pourrait éventuellement faire l'objet d'une exploitation dans la lagune Mellah. L'autre Bivalve, la palourde *Ruditapes decussatus* qui a déjà fait l'objet d'une exploitation intense dans les années 1990 et au début des années 2000, malheureusement, nous avons constaté lors de nos nombreuses sorties sur terrain une disparition presque totale de ce Veneridae à partir des années 2010 (répartition clairsemée avec une densité moyenne inférieure à 1 ind.m⁻²). A cet effet et en absence d'autres mollusques d'intérêt économique dans la lagune, une attention particulière sera dévolue au gisement naturel du bivalve *Cerastoderma glaucum*.
- Enfin, on termine notre étude par une conclusion et des perspectives. Quelques recommandations seront également proposées ; afin de préserver le bon fonctionnement de cet écosystème à double intérêt écologique en tant que biotope singulier en Algérie et économique en raison de son exploitation aquacole à condition qu'elle reste rationnelle.

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

1. Milieu d'étude

1.1. Position géographique

La lagune Mellah est située à l'extrême Est algérien au voisinage de la ville d'El-Kala (8°20' E et 36°54' N) (**Fig. 2**). Elle se présente comme une cuvette ovoïde allongée du Nord-Nord-Est au Sud-Sud-Ouest. Cette étendue d'eau saumâtre totalise une superficie globale d'environ 865 hectares, avec une longueur d'environ 4 Km et une largeur de 2 Km.



Figure 2. Position géographique de la lagune Mellah (www.googleearth.com, modifiée).

1.2. Description de la lagune

La lagune Mellah est l'unique milieu lagunaire côtier en Algérie. D'après la configuration de la lagune et les oueds qui s'y jettent, elle pourrait être une ancienne vallée fluviale envahie par la mer (Arrignon, 1963). D'autre part, le Mellah communique avec la mer par un chenal d'une longueur d'environ 900 m et une largeur variable (5 à 10 m) en fonction des endroits. Ce dernier parvient à la lagune par plusieurs ramifications dont un seul bras communique avec la lagune. Guelorget *et al.* (1989), ont évalué le débit moyen avant l'aménagement du chenal à environ $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, ce qui traduit l'extrême faiblesse vis-à-vis le volume d'eau de la lagune. Cependant, il est important de signaler que la situation actuelle du chenal devient très défavorable en raison du rétrécissement et le colmatage de

ce dernier, ce qui est à l'origine de la diminution des échanges mer – lagune. La lagune Mellah se présente comme une gouttière axiale, d'une profondeur maximale n'excédant pas 6 m. Cependant, Messerer (1999) montre que la gouttière centrale ne dépasse pas 5,20 m. De part et d'autre de cette dépression axiale deux plateaux peu profonds inférieur à 2 m, correspondent à l'accumulation en périphérie des matériaux détritiques du bassin versant (Guelorget *et al.*, 1989).

1.3. Caractéristiques hydrologiques

En dehors des précipitations exceptionnelles, deux principaux facteurs tendent à modifier l'épaisseur de la lame et à provoquer des échanges avec la mer, l'une et le phénomène de marées, l'autre est météorologique ; c'est le champ de pression barométrique agissant de façon statique (équilibre atmosphère - lagune - mer) et surtout dynamique (effet du vent) (Boutière, 1974).

1.3.1. Courants

Selon Guelorget *et al.* (1989), la circulation des courants s'effectue en une lente rotation périphérique dans le sens des aiguilles d'une montre. Toutefois, Messerer (1999) décrit des courants rectilignes dans le lac, du Nord au Sud le flot et le jusant inversement selon le sens des courants de la marée (flot et jusant), (Fig. 3).

D'autre part, il faut noter que les échanges entre le lac et la mer sont très importants. Thomas *et al.* (1973), affirment que des débits de l'ordre de $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dans le sens mer-lagune et $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dans le sens lagune-mer (en hiver), ces débits ne reflètent qu'une situation d'une période donnée. Cependant, les débits sont directement liés à l'état de colmatage du chenal de communication avec la mer actuellement presque fermé, réduisant ainsi l'échange entre les deux milieux à son minimum.

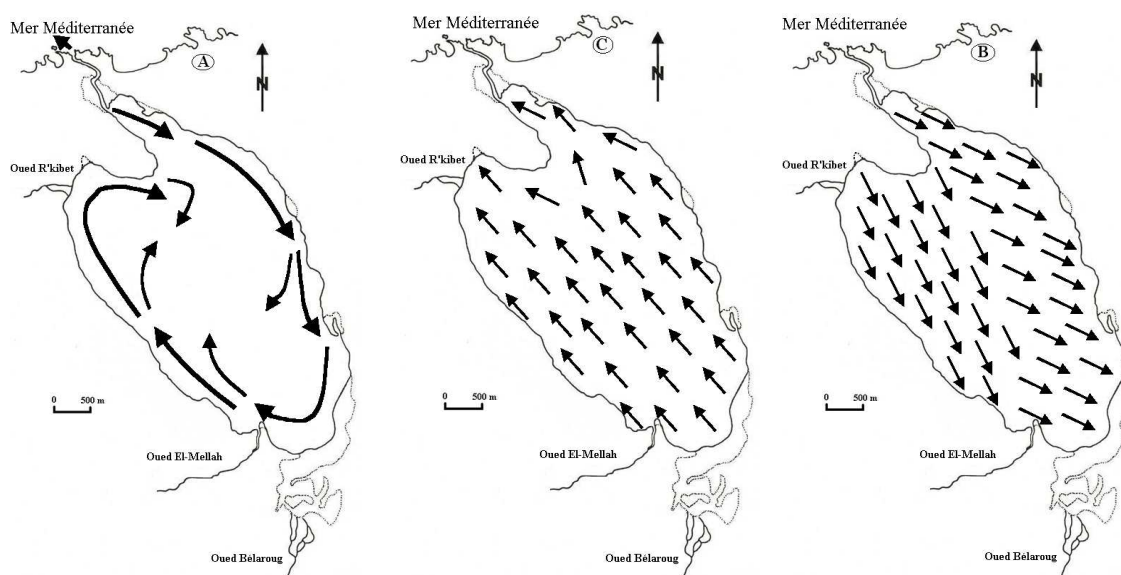


Figure 3. Mouvements des eaux superficielles. A: trajectoires hypothétiques (d'après Guelorget *et al.*, 1989). B et C: mouvements rectilignes des eaux respectivement pendant le flot et le jusant (d'après Messerer, 1999).

1.3.2. Phénomène de marées

Les marées sont mises en évidence par l'alternance de mouvement d'entrées d'eaux de mer vers la lagune (le flot), et les sorties des eaux de celle-ci vers la mer (le jusant). Dans la lagune Mellah, ces marées peuvent atteindre une amplitude de 40 cm (Thomas *et al.*, 1973). Cependant, la dynamique des eaux de la lagune est réglée par le régime des marées non seulement barométriques (Semroud, 1983) qui sont d'ailleurs très faibles, mais surtout d'origines astronomiques (Ounissi *et al.*, 2002). Le régime de marée est de type microtidal semi-diurne. Il peut être occulté par le remplissage de la lagune en hiver et au printemps, où la marée se trouve masquée par l'évacuation d'eau excédentaire continentale. En été, le régime semi-diurne s'affirme avec deux cycles de marée durant 23 heures environ (Ounissi, com. pers.).

1.3.3. Houles

Selon Grimes (1994), en se basant sur les données hydrologiques pour les prévisions des houles dans la région d'El-Kala, on note en période estivale, des houles de Nord-Ouest qui vont favoriser le courant entrant par le chenal, tandis que les houles de direction Nord-Ouest agissent durant le mois d'octobre à avril.

1.4. Texture sédimentaire

La granulométrie de la lagune Mellah comme dans la majorité des lagunes méditerranéennes, s'organise d'une façon concentrique ; c'est-à-dire que la taille des grains diminue régulièrement de la rive vers le centre de la lagune. Ce phénomène serait du au processus d'accumulation des particules fines dans la cuvette centrale, ainsi qu'à la courantologie des eaux, accompagnée d'une forte agitation à la périphérie, puis le courant s'affaiblit vers l'intérieur de la lagune (Guelorget *et al.*, 1989). C'est ainsi qu'on rencontre des sables fins au niveau des rives et au fur et à mesure que l'on se dirige vers les grandes profondeurs la fraction fine a tendance à augmenter, et le centre de la lagune n'est formé que d'une vase pure très fluide. Toutefois, Draredja (1992) signale en saison printanière avant l'aménagement du chenal de communication (1988), l'existence de cinq zones lithologiques, allant des sables purs près des rives aux vases pures au centre de l'étendue, en passant par les sables légèrement envasés, les vases sableuses et les vases légèrement ensablées. Selon cet auteur, la fraction pélitique reste également importante dans les sédiments de la zone centrale de l'étranglement de la lagune au Nord. Toutefois, le tapis de l'herbier *Ruppia* sp. couvre les sables purs du pourtour lagunaire. Cet herbier est d'une importance écologique majeure, car beaucoup d'espèces macrozoobenthiques l'utilisent comme refuge et zone d'abri pour leurs œufs et leurs jeunes recrues. En effet, la plupart des jeunes palourdes (Refes, 1994) et des jeunes coques (Grimes, 1994) sont rencontrés au niveau de cet herbier.

1.5. Chenal de communication avec la mer

La lagune Mellah est reliée à la mer par un chenal d'une longueur d'environ 900 m, mais très étroit et sinueux. L'aménagement du chenal réalisé en 1988, a permis de

l'élargir et d'approfondir son lit à 2 m, afin d'améliorer les échanges entre la mer et le lac, et par conséquent améliorer sa production halieutique. Une fois calibré ce chenal devrait permettre un échange quotidien d'environ 900 000 m³ soit trois fois l'ancien débit tout en maintenant sa salinité inférieure à celle de la mer (FAO, 1987). Pendant notre échantillonnage (environ 23 ans après l'opération d'aménagement), nous avons constaté une diminution remarquable des échanges (**Fig. 4**). Le ralentissement de la circulation des eaux lors de flux et de reflux (pendant la marée), est directement lié au colmatage du chenal en raison de l'ensablement très important qui réduit progressivement la section libre du chenal. Cependant cette sédimentation est de plusieurs origines :

- * Les crues hivernales et printanières des oueds charrient d'importantes charges des matériaux dont une partie peut être acheminée vers le chenal.
- * Les courants côtiers entraînent du sable dans les zones mortes de chenal (transfert littoral) et les vents violents du secteur Ouest et Nord-Ouest transportent du sable, qui le dépose dans le chenal (transport éolien).

Pour mettre fin à ce problème d'ensablement, il est recommandé de :

- Rectifier le profil (notamment la fermeture des accès aux marécages).
- La mise en place d'un moyen de protection dunaire par la plantation d'espèces d'arbres locales, afin de limiter les transferts éoliens et réduire le phénomène d'érosion au niveau des bords.
- Établir un système de régulation hydraulique afin de permettre une augmentation des échanges mer-lac.

Donc, un plan d'aménagement rigoureux faisant appel aux biologistes, aux hydrogéologues et aux hydrauliciens est nécessaire à présent.



Figure 4. Photographie montrant la diminution de la profondeur du chenal de communication avec la mer.

1.6. Exploitation aquacole de la lagune

La pêche artisanale existe dans la lagune Mellah depuis le début du siècle. L'activité de pêche des poissons, repose essentiellement sur le système de pièges à poissons (bordigues) selon la période de migration des espèces. La pêche au trémail est pratiquée également, surtout en bordure de la lagune. La production aquacole est très variable d'une année à une autre, en fonction surtout de l'effort de pêche exercé et des conditions hydrologiques très variables de la lagune. La production piscicole est constituée essentiellement de mullets, loup, sole, dorade, marbré et anguille, pêchés à différentes périodes de l'année. L'exploitation de la lagune est basée essentiellement sur la pêche des poissons. La cueillette de la palourde *Ruditapes decussatus* et accessoirement celle de la coque *Cerastoderma glaucum*, ont commencé en début des années 1990. Celle-ci était pratiquée manuellement sur les rives accessibles (< 1,20 m). Actuellement, l'exploitation de ces deux bivalves est à l'arrêt depuis 2005 ; en raison de la disparition de la palourde d'une part, et la diminution du stock naturel de la coque d'autre part (Draredja *et al.*, 2009).

2. Embranchement des mollusques

2.1. Caractères généraux

Malgré la grande diversité de formes, plusieurs caractères se retrouvent chez tous les mollusques actuels (Brusca *et al.*, 2003), (David *et al.*, 1978). La partie dorsale du corps est un manteau qui secrète des spicules calcaires, formant des plaques ou une coquille. Entre le manteau et la masse viscérale se trouve la cavité palléale au sein de laquelle débouchent l'anus et les conduits génitaux. Le système nerveux est constitué d'un anneau nerveux autour de l'œsophage avec au moins deux paires de cordons nerveux (trois chez les bivalves) (Ruppert *et al.*, 2004). La plupart des mollusques ont perdu toutes traces de métamérisation. Ils ont une symétrie bilatérale, mais qui peut être altérée par une torsion du corps (par exemple chez les Gastéropodes). Leur tégument est mou. Il contient de nombreuses glandes qui sécrètent du mucus. Les mollusques sont des cœlomates mais leur cœlome se limite à un péricarde, c'est-à-dire que le cœur est situé dans une cavité creusée dans du tissu d'origine mésodermique. La cavité générale des mollusques est plus ou moins oblitérée par du tissu conjonctif, à l'exception d'une partie qui enveloppe le cœur (péricarde) et d'une autre partie, en relation avec les deux autres, qui constitue les organes excréteurs (néphridies).

► **Anatomie générale** : Leur corps se subdivise en trois parties :

- La tête qui contient les organes sensoriels et la bouche qui contient la radula. Elle est absente chez les bivalves.
- Le pied ou sole pédieuse est un organe musculueux, typique des mollusques, destiné à la locomotion. Il revêt des formes très diverses suivant les espèces. Il est peu développé chez les Solénogastres et les Caudofovéates mais devient plus important chez les Eumollusques. Il forme la couronne de tentacules qui permet la prédation chez les Céphalopodes.

- La masse viscérale, comme son nom l'indique, contient les viscères. Elle est contenue dans une mince tunique qu'on appelle le manteau. C'est le manteau qui sécrète la coquille de la plupart des mollusques, qui leur sert de protection et/ou de squelette et/ou de régulateur de la flottaison (exemple de la seiche). Entre le manteau et la masse viscérale, le bourrelet palléal constitue une cavité palléale qui protège les organes respiratoires, et où débouchent les métanéphridies (organes excréteurs), l'intestin et les conduits génitaux.

► **Coquille** : Des glandes du manteau des Eumollusques se regroupent et sécrètent généralement une coquille calcaire, qui comprend, de l'extérieur vers l'intérieur :

- Une cuticule diversement colorée;
- Une couche prismée, formée de prismes calcaires perpendiculaires à la surface;
- Enfin, une couche lamelleuse formée de lamelles alternantes de carbonate de calcium et de substance organique (conchyoline). Cette couche interne, lorsque les lamelles sont suffisamment minces pour diffracter la lumière, constitue la nacre, et, indirectement, les perles fines.

► **Système nerveux** : Le système nerveux typique d'un mollusque comprend des ganglions cérébroïdes (qui peuvent fusionner pour former un cerveau) reliés d'une part à des ganglions pédieux, d'autre part à des ganglions viscéraux, par un double collier périœsophagien.

► **Cycle reproductif** : Les sexes sont généralement séparés. Quelques espèces courantes sont hermaphrodites comme l'huître. Les œufs sont plus ou moins riches en vitellus, et l'éclosion a lieu après un stade plus ou moins avancé de développement. Le début du développement embryonnaire est un clivage ou segmentation en spirale ce qui permet de classer les Mollusques aux côtés des Annélides parmi les Spiralia. Quand il y a larve libre (trochophore, véligère), celle-ci ressemble beaucoup à la trochophore des Annélides (Haqward *et al* 1998).

► **Évolution** : On pense que les Mollusques descendent d'animaux semblables à des Annélides de par les traces de métamérie découvertes chez les Monoplacophores. On estime leur apparition à au moins 500 Millions d'années à partir d'un ancêtre commun (radiation adaptative). La fonctionnalité qui semble avoir conditionné les mollusques primitifs paraît être la radula : un organe fonctionnant comme une râpe, sorte de langue porteuse de dents chitineuses, qui permet à l'animal de se nourrir plus efficacement. Par rapport aux "vermiformes" primitifs, qui ne peuvent que gober une nourriture fragmentaire, la radula donne un avantage adaptatif, dans la mesure où elle permet d'arracher de la nourriture sur des proies cohérentes. Les mollusques ont ainsi inventé l'art de brouter. L'autre fonctionnalité caractéristique des mollusques est le blindage, permettant de se protéger de prédateurs actifs : l'acquisition de plaques calcaires protégeant le dos. Ces mollusques primitifs devaient donc ressembler à des polyplacophores (une sorte d'escargot qui peut se rouler en boule comme un hérisson ou un cloporte), mais ce type est à présent très marginal.

En s'adaptant à différentes formes de vie, ils ont progressivement conquis tous les types de milieu : surtout présents en milieu marin, les Gastéropodes et les Bivalves ont ensuite réussi à s'adapter à l'eau douce. Dans leur radiation adaptative, les mollusques ont donné naissance aux classes importantes suivantes :

- Les Gastéropodes continuent à ramper, et se caractérisent par une céphalisation plus avancée. La seule innovation que leur a apportée l'évolution est que cette reptation se fait sur un organe spécialisé, le pied. Les plaques calcaires de la carapace primitive se sont simplifiées au fil du temps, ce qui a conduit à ces coquillages généralement spiralés. Les premiers gastéropodes à respiration pulmonaire ont conquis les milieux terrestres au cours du Carbonifère. Mais les escargots modernes, du genre *Helix* ne sont apparus qu'au Crétacé.

- Les Bivalves sont devenus sédentaires et ont misé sur la protection que leur apporte la coquille calcaire, au point de ne pratiquement plus se déplacer. Leur mode de vie se rapproche de celui des anémones, voire des éponges, consistant à filtrer l'eau ambiante. Dans cette évolution, ils ont perdu leur tête, devenue inutile, et les yeux ne sont plus présents que sous forme dégénérée, dans quelques espèces. Les bivalves constituent un cas intéressant où une régression fonctionnelle (perte du déplacement propre aux structures vermiformes) se traduit par un succès évolutif. Les bivalves ont perdu leur radula, caractère qui avait été la cause de l'explosion radiative initiale des mollusques.

- Les Céphalopodes ont appris à nager, et sont des prédateurs. La capacité d'attraper des proies qui peuvent chercher à s'échapper met une contrainte évolutive forte sur ce qui caractérise ce groupe : de bons yeux, et un cerveau performant capable de coordonner les mouvements de chasse. La coquille commune des invertébrés, que l'on retrouve chez l'argonaute, tend à se profiler en pointe, se réduire comme chez la seiche, voire disparaître totalement comme chez le poulpe (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Mollusca>).

2.2. Intérêt environnemental

En plus de l'intérêt économique de la majorité des espèces appartenant à l'embranchement des mollusques, actuellement certaines espèces sont utilisées dans la bioindication de l'état de santé de différents écosystèmes littoraux. En effet, en raison de leur importance écologique, mode de vie sédentaire, répartition, longévité, abondance, leur capacité de filtration et de bioaccumulation, et de leur facilité d'échantillonnage, les Mollusques et plus particulièrement les Bivalves sont les bioindicateurs les plus fréquemment utilisés dans les programmes d'évaluation de la qualité de l'environnement marin (Huang *et al.*, 2006 ; Espinosa *et al.*, 2007). En effet, leur capacité à faire face aux différents stress affectant leur milieu, les rendent très utiles pour caractériser les effets des contaminants auxquels ils sont exposés, et en font d'excellents indicateurs pour les programmes de suivi à long terme (Guerra-García *et al.*, 2006). Ces espèces, par leur sensibilité, ont la capacité de mettre en évidence des signes précurseurs d'altération du milieu naturel dans lequel ils vivent. Ils agissent par conséquent, comme une sorte de signal d'alarme pour l'ensemble de l'écosystème marin (Markert *et al.*, 2003).

2.3. Classification des Mollusques

L'embranchement contient plus de 130 000 espèces dont certaines sont très souvent consommées par l'Homme. Certains mollusques peuvent sécréter des perles en recouvrant de nacre les éléments irritants qui s'introduisent dans leur coquille. Le phylum des

Mollusques a été créé en 1795 par Georges Cuvier. Actuellement, on compte huit classes de Mollusques :

- Solénogastres (350 espèces connues vivant dans toutes les mers).
- Caudofovéates (100 espèces connues vivant dans toutes les mers du globe).
- Polyplacophores (900 espèces connues vivant entre 0 et 3000 m).
- Monoplacophores (15 espèces connues vivant dans les fosses océaniques).
- Gastéropodes (103 000 espèces connues ayant une répartition mondiale).
- Céphalopodes (786 espèces connues toutes marines, dans toutes les mers sauf la Mer Noire).
- Bivalves (12 000 espèces vivant en eau douce et dans toutes les mers du monde).
- Scaphopodes (400 espèces toutes marines).

Les Solénogastres et les Caudofovéates étaient anciennement regroupés dans une même classe : les Aplacophores. Au contraire, les Eumollusques regroupent tous les mollusques à l'exception des Solénogastres et des Caudofovéates. Les Conchifères sont un sous-embanchement regroupant tous les Eumollusques sauf les Polyplacophores. Les Amphineures sont le deuxième sous-embanchement des Mollusques et regroupent les Aplacophores et les Polyplacophores (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Mollusca>).

3. Écologie et biologie de la coque *Cerastoderma glaucum*

3.1. Position systématique

Embranchement	:	Mollusques
Classe	:	Bivalves (Linné, 1758),
Sous-Classe	:	Hétérodontes (Neuymar, 1884),
Ordre	:	Vénéroïdes (Adams & Adams, 1953),
Sous-Ordre	:	Lucinina (Dall, 1889),
Famille	:	Cardiidae (Goldfuss, 1820),
Genre	:	<i>Cerastoderma</i> (Linné, 1758),
Espèce	:	<i>glaucum</i> (Bruguère, 1789).

Synonymes : *Cardium lamarcki* Reeve, 1844. **Noms vernaculaires** : Angleterre : Olive green cockle, Espagne : Berberecho verde, France : Coque glauque, Algérie : Coque.

3.2. Morphologie générale

La coquille de *Cerastoderma glaucum* est solide et équivalve, elle est arrondie et globuleuse (**Fig. 5**). Les deux valves de la coquille sont identiques, mais inéquilatérales. Forme arrondie, globuleuse. Elle porte des côtes radiaires bien visibles, au nombre de 22 à 28, avec une moyenne de 25. La charnière est longue et très peu arquée, elle comprend deux dents cardinales à chaque valve, une dent latérale antérieure et deux postérieures à la valve droite. Le ligament est externe, court et saillant tend en permanence à ouvrir la coquille (**Fig. 6**). La face interne de la coquille porte deux empreintes de muscles adducteurs (servant à refermer la coquille), et une empreinte de la ligne palléale sans sinus. Les valves sont fortement convexes blanchâtres à gris jaune sale extérieurement, plus ou moins teintées de brun violacé à olivâtre, surtout vers l'arrière, intérieur blanc souvent taché de gris brun. La taille maximale chez *C. glaucum* peut atteindre 40 mm. Ce

bivalve se déplace en sautant tout en s'appuyant sur son pied très musclé, situé ventralement. Par ailleurs, celui-ci lui sert également à s'enfouir dans le sable ou la vase, où il passe la plus grande partie de son existence.

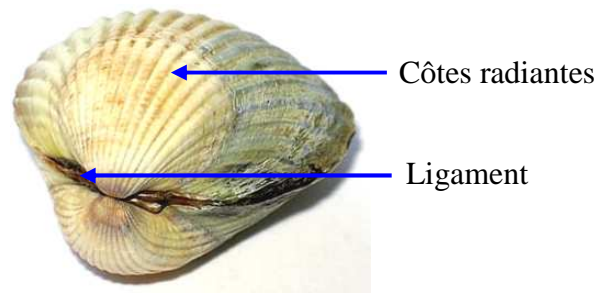


Figure 5. Morphologie externe de coque *Cerastoderma glaucum*.



Figure 6. Face interne d'une valve de la coque *Cerastoderma glaucum*.

3.3. Mode de vie et distribution

La coque est un bivalve fouisseur et maintient sa position dans le sédiment grâce à un pied très développé (Fig. 7), qui s'insinue dans le sable et tient la coquille. L'animal est ainsi protégé des vagues, mais aussi des nombreux prédateurs (daurades, crabes, etc.) et terrestres (oiseaux marins, hommes, etc.).

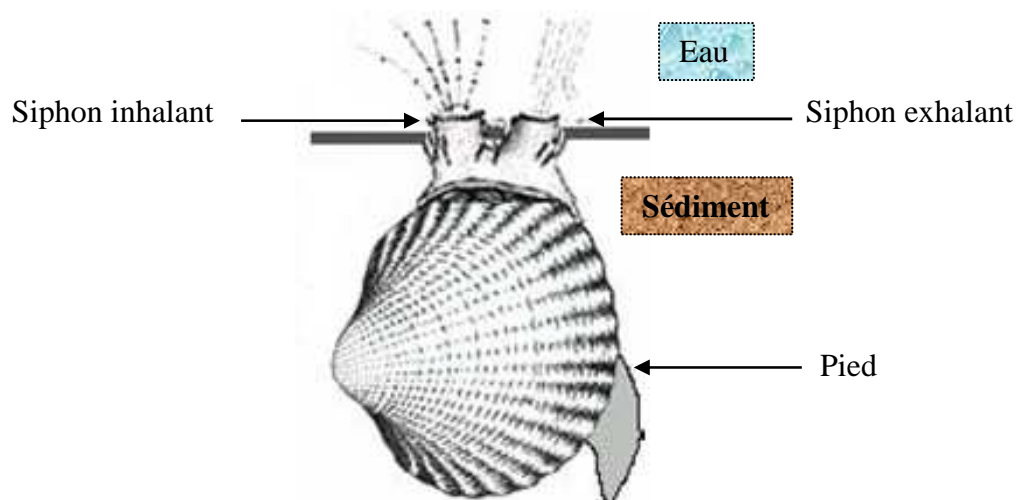


Figure 7. La coque en situation d'enfouissement dans le sédiment.

En mer, la coque colonise les fonds meubles variés de l'étage infralittoral. C'est un bivalve qui est très commun dans les eaux saumâtres confinées ou renouvelées (lagunes littorales, estuaires) également. La coque se trouve plus particulièrement dans les estuaires et les baies sableuses. En plus de son existence en Méditerranée et mer Noire (**Fig. 8**), la coque est également présente en Atlantique Est, de la Norvège au Maroc. On peut la retrouver jusqu'au Sénégal. Elle vit sur une large proportion de la zone de balancement des marées (zone intertidale). La répartition de la coque est agrégative. On en trouve alors beaucoup sur certaines zones de quelques mètres carrés ou dizaines de mètres carrés, et sur d'autres, très peu. Les densités peuvent aller de 0 à 1900 ind.m⁻² (Ponsero *et al.* 2003).



Figure 8. Répartition de la coque *Cerastoderma glaucum* en Méditerranée et en Mer Noire.

3.4. Alimentation

La coque filtre l'eau de manière active grâce à l'ouverture de deux siphons (inhalant et exhalant) à la surface du sédiment (**Fig. 7**). Ce bivalve filtre l'eau à travers ses branchies et ses palpes, puis retient le phytoplancton, le zooplancton et les particules, qui seront agglomérés dans un mucus et dirigés vers la bouche grâce à de très nombreux cils formant une sorte de tapis roulant.

La digestion a lieu dans un intestin à l'aide d'enzymes et de bactéries. On trouvera facilement dans la coque le style cristallin, sorte de baguette de verre, totalement translucide qui est une réserve d'enzymes digestifs que la coque utilisera progressivement.

CHAPITRE II: MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

CHAPITRE II : MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

1. Introduction

Plusieurs auteurs (Guelorget et Michel, 1976 ; Stora, 1976 ; Semroud, 1983 ; Draredja, 2005), ont mentionné l'instabilité et la variabilité des eaux saumâtres. Les milieux lagunaires sont connus comme étant des écosystèmes extrêmement variables et irréguliers tant sur le plan hydrologique que biologique. Cependant, les variations des facteurs physico-chimiques de ces écosystèmes très particuliers induisent une composition faunistique et floristique spécifiques. En effet, la température, la salinité, le pH, la turbidité, la teneur des eaux en oxygène dissous, les courants qui brassent les eaux, la flore et la faune qui y habitent, varient en permanence et confèrent au domaine lagunaire sa composition biologique particulière. En raison des valeurs extrêmes atteintes par ces paramètres et leurs variations rapides, ces écosystèmes sont très sélectifs. Par ailleurs, l'étude du sédiment est considérée actuellement par de nombreux scientifiques comme une base à toute étude bionomique. Les relations étroites qui existent entre la répartition de la macrofaune benthique des substrats meubles, et la texture des sédiments, mettent en évidence l'intérêt d'étudier parallèlement la répartition zonale des sédiments, et celle de la faune. Cependant, il est admis par de nombreux auteurs que les études sédimentologiques et celles de la physico-chimie constituent la base de toute investigation dans les milieux aquatiques. C'est ainsi que les relations existant entre la répartition des peuplements benthiques et les substrats meubles mettent en évidence l'intérêt d'étudier la texture des sédiments. En effet, la nature du substrat est un élément fondamental pour la distribution des invertébrés benthiques. La dépendance de la faune benthique vis-à-vis du substrat est d'ordre mécanique et physico-chimique, d'où l'intérêt de la présente investigation dans un écosystème très particulier et à double intérêt ; écologique en raison de son appartenance au parc national d'El-Kala et économique pour son exploitation halieutique.

2. Analyses physico-chimiques

2.1. Choix et localisation des stations

Les mesures physico-chimiques (température, salinité, pH et transparence de l'eau), ont été effectuées selon un choix raisonné; en tenant compte des influences des eaux marines, de celles des eaux douces, de la bathymétrie et de la nature de substrat. Ces facteurs écologiques ont été étudiés à partir de 5 stations (**Fig. 9**) échantillonnées durant 12 campagnes entre mars 2010 et février 2011. Les stations sont réparties suivant un axe longitudinal du Nord au Sud de la lagune (stations 1, 2 et 3), en plus de deux autres stations ; l'une située non loin de l'oued R'kibet au Nord-Ouest (station 4) et l'autre (station 5) à l'Est de la lagune en face du village Boumalek (**Tab. I**).

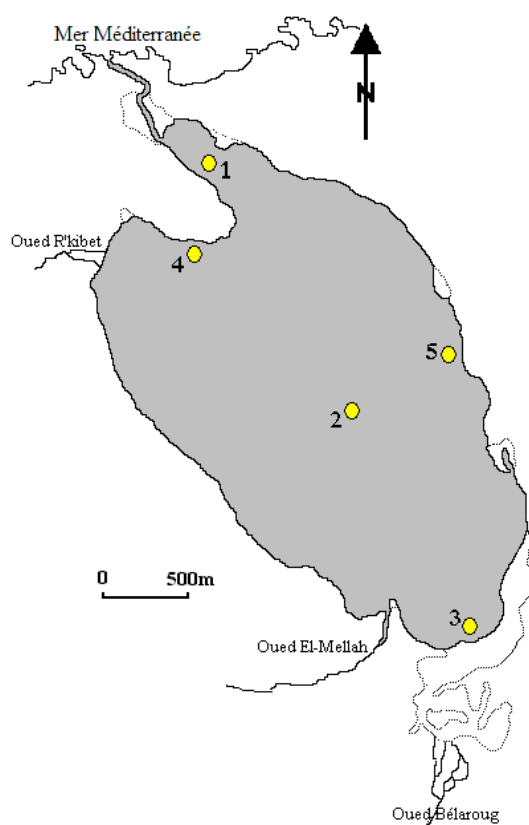


Figure 9. Choix des stations de suivi des facteurs physico-chimiques et de l'étude de la malacofaune dans la lagune Mellah.

Tableau I. Description des stations échantillonnées dans la lagune Mellah.

Stations	Profondeur (m)	Nature du substrat	Caractéristiques
1	2,80	vase légèrement sableuse	Point d'arrivée du chenal dans la lagune, sous influence des eaux marines
2	4,50	Vase pure	Au centre, c'est la zone profonde de la lagune.
3	1,00	Sable pur	À l'extrême Sud de la lagune, sous influence continentale.
4	1,00	Sable légèrement envasé	Au Nord-Ouest de la lagune, zone plus ou moins abritée.
5	1,00	Sable pur	À l'Est de la lagune, à proximité du village Boumalek.

2.2. Mesures physico-chimiques

La température, la salinité et le pH sont mesurées grâce à un multiparamètre de terrain type "WTW Cond. 197i" d'une précision thermique, haline et pH respectives de 0,10°C, 0,10 psu et 0,10. La transparence des eaux a été mesurée à l'aide du disque de Secchi d'un diamètre standard de 30 cm. Celui-ci est lesté, ensuite immergé verticalement à l'aide d'une corde graduée jusqu'à sa disparition totale dans la colonne d'eau, puis on note la profondeur correspondante. La détermination des matières en suspension dans l'eau a été réalisée suivant la méthode de pesées différentielles, après filtration sur filtre Whatman GF/C de 0,45 µm de porosité et dessiccation à 105°C (Aminot et Chaussepied, 1983). La précision de cette méthode, varie entre 0,10 et 0,15 mg. Dans notre étude, 0,50 à 1,50 litres d'eau de la lagune, ont été filtrés en fonction de la charge en seston des stations sélectionnées. Les mesures de ces quatre paramètres ont été effectuées mensuellement au niveau des cinq stations retenues.

3. Analyses sédimentologiques

3.1. Choix des stations et prélèvement

Dans ce chapitre, on s'intéresse à l'analyse granulométrique des sédiments, composés uniquement de matériaux meubles, allant des sables purs aux vases pures très fluides. Notre objectif est de définir la taille et la répartition des particules formant le substrat, aux différents endroits de la lagune.

L'échantillonnage des sédiments a été effectué au début du printemps (mars 2010), où 33 stations ont été échantillonnées systématiquement de telle manière à couvrir l'ensemble de l'étendue (**Fig. 10**). Le prélèvement du sédiment est assuré grâce à l'utilisation d'une benne Van Veen. Pour des raisons de maniabilité et d'efficacité, il est indispensable d'utiliser ce type de benne dans des fonds à sédiments mous et peu profonds (< 10 m). La mise à l'eau de la benne s'effectue verticalement en raison de son propre poids (environ 15 kg), tout en maintenant ces deux mâchoires ouvertes jusqu'au fond grâce à un dispositif de blocage. La fermeture se fait après le relâchement de ce dernier, et la traction du câble à la remontée. On récupère ainsi une portion suffisante (1000 - 500 g) pour l'ensemble des analyses sédimentaires envisagées (granulométrie, teneurs en pélites, en matières organiques sédimentaires et en carbonates totaux).

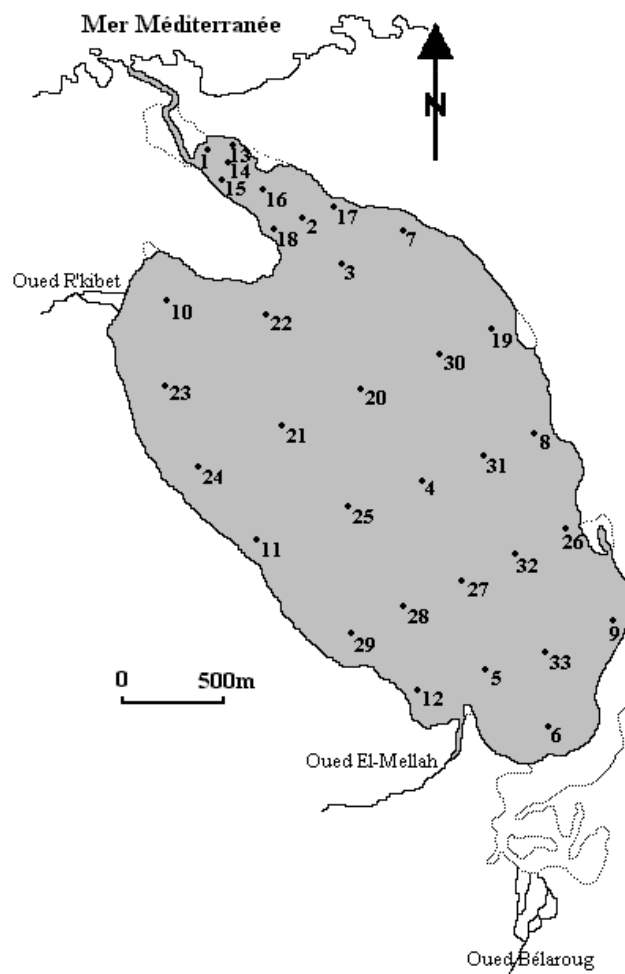


Figure 10. Localisation des stations d'échantillonnage des sédiments dans la lagune Mellah.

3.2. Analyses sédimentaires

3.2.1. Évaluation des pélites

Avant qu'on effectue l'analyse granulométrique, on procède d'abord à l'évaluation du taux de pélites que renferme le sédiment dans chaque station. La méthode consiste à sécher le sédiment dans une étuve à 100°C pendant 24 heures jusqu'à déshydratation complète. Ensuite, l'échantillon est pesé (P_1) grâce à une balance de type Sartorius d'une précision de 0,01 g, puis laver sur un tamis de 40 μm , jusqu'à l'obtention d'une eau limpide, afin d'éliminer toute la fraction fine. La fraction restante est reséchée, puis repesée (P_2) dans les mêmes conditions que précédemment. La différence de poids ($P_1 - P_2$) est rapportée en pourcentage et représente ainsi le taux de pélites dans l'échantillon considéré.

3.2.2. Analyse granulométrique

Un des avantages de la granulométrie est de pouvoir classer les sédiments les uns par rapport aux autres et de donner des bases numériques à une classification. L'analyse granulométrique des différents sédiments est effectuée sur la fraction grossière ($> 40 \mu\text{m}$). Cette dernière est tamisée à l'aide d'une série de tamis superposés par ordre de diamètres de mailles décroissants : 2000, 1600, 1400, 1250, 1000, 710, 500, 355, 280, 250, 180, 140, 125, 90, 80, 63, 50 et 40 μm . Cette phase est assurée grâce à un vibreur automatique de type Retch VS 1000. Cette opération dure 15 minutes en vibration continue, avec une amplitude de 50 Hz. Le refus de chaque tamis est récupéré, puis pesé. Les résultats sont transformés en pourcentages pondéraux puis en pourcentages cumulés.

2.2.3. Détermination de la teneur en matière organique sédimentaire (M.O.S)

Les teneurs de la matière organique dans les sédiments sont estimées grâce à la technique de combustion, c'est à dire la perte au feu. Cette méthode est justifiée en raison de la faible teneur sédimentaire en minéraux phylliteux, seuls pouvant entraîner des erreurs sur cette mesure (Guelorget *et al.*, 1982). Juste après l'échantillonnage, une partie du sédiment est mise dans un sac en plastique numéroté puis conservée à -5°C . Une fois à au laboratoire, on procède à la décongélation puis le séchage dans l'étuve à 80°C , pendant 24 heures, jusqu'à poids constant. Ensuite, 5 g (P_1) de sédiment sont incinérés à 600°C dans un four à moufle durant deux heures ; puis repeser (P_2) sur une balance sensible de type Mettler H80 d'une précision de 0,1 mg. La différence entre les deux poids ($P_1 - P_2$), représente la quantité de matière organique contenue dans le sédiment analysé, celle-ci est transformée en pourcentage pour, ensuite établir la carte de la répartition de la matière organique dans les sédiments des 33 stations sélectionnées de la lagune. On rappelle que chaque station a fait l'objet de deux mesures puis on calcule la moyenne.

3.3. Expression des résultats

Les résultats de l'analyse de la taille des grains des différentes stations sont représentés graphiquement, sous forme d'histogrammes de fréquence et des courbes cumulatives semi-logarithmiques qui permettent d'obtenir les paramètres caractérisant les sédiments.

3.3.1. Histogrammes de fréquence

Le pourcentage de chaque fraction sédimentaire est représenté sous forme d'histogrammes de fréquence. Ces derniers permettent d'apprécier la distribution des modes granulométriques en déterminant la fraction dominante dans l'échantillon. Les irrégularités de la suite dimensionnelle, sont dues à l'absence de certaines classes, alors que le nombre de modes traduit l'existence du nombre de stocks sédimentaires. Le sédiment homogène est expliqué par l'aspect unimodal, tandis que l'aspect bi ou plurimodal signifie un sédiment hétérogène.

3.3.2. Courbes cumulatives semi-logarithmiques

Pour chaque échantillon analysé, une courbe cumulative est réalisée sur du papier semi-logarithmique, dont le pourcentage cumulé des sédiments est exprimé en fonction du diamètre des mailles des tamis. Ceci nous permettra de calculer les paramètres ou indices granulométriques, afin de déterminer les faciès sédimentaires existants ainsi que l'intensité de l'hydrodynamisme dans les différentes zones de la lagune.

3.3.3. Indices granulométriques

- **Médiane (Q_2)** : Elle est déduite de la courbe cumulative et représente les diamètres des grains moyens, elle correspond au 50% du poids relatif cumulé. Ce paramètre nous permet de définir la nature du sédiment de l'échantillon analysé. Dans notre étude nous avons adopté la classification de [Monbet \(1972\)](#), car c'est la plus utilisée. Toutefois, on a porté une légère modification sur la taille limite de la fraction fine, qui a été fixée à 40 μm au lieu de 50 μm ([Chassefiere, 1968](#) ; [Guelorget et Michel, 1976](#) et [1977](#)).

- Graviers : fraction > 2 mm,
- Sables de 0,04 à 2 mm et comprenant sous fractions :
 - * sables grossiers : fraction de 0,5 à 2 mm,
 - * sables moyens : fraction de 0,2 à 0,5 mm,
 - * sables fins : fraction de 0,04 mm à 0,2 mm,
- Pélites (vases) : fraction < 0,040 mm.

- **Indice de classement ou le Sorting de Trask (S_o)** : Il évalue la pente de la partie centrale des courbes cumulatives semi-logarithmiques. Ce coefficient est calculé par la formule suivante :

$$S_o = (Q_3/Q_1)^{1/2}$$

Q_1 : maille (μm) correspondant au refus de 25% de sédiment,

Q_3 : maille (μm) correspondant au refus de 75% de sédiment.

Plus la valeur de cet indice est faible, plus la pente est forte et le sédiment est bien classé par les actions hydrodynamiques. La classification retenue est celle proposée par Folk et Ward (1957) :

- $S_o < 2$: sédiment très bien classé.
- $2 \leq S_o \leq 2,6$: sédiment bien à moyennement bien classé.
- $S_o > 2,6$: sédiment mal à très mal classé.

4. Étude de la malacofaune

4.1. Échantillonnage

L'étude de la faune macrofaune benthique d'une manière générale et de la malacofaune en particulier, nécessite le choix d'un engin approprié, d'un volume minimum et d'une maille de tamis relative aux organismes qu'on veut étudier. La benne Van Veen est efficace surtout pour les prélèvements des sédiments envasés et vases légèrement ensablées (Bakalem et Romano, 1979). Par contre, son utilisation dans les fonds sablonneux et les sables compacts, cette benne présente deux inconvénients ; en raison d'une faible pénétration des mâchoires dans ce type de sédiment d'une part, ainsi que leur fermeture non hermétique lors de la remontée de la benne d'autre part (Lie et Pamatmat, 1965). Dans la présente étude, l'engin d'échantillonnage utilisé est une benne Van Veen de $0,1 \text{ m}^2$ d'ouverture de mâchoires (**Fig. 11**). Les stations retenues sont les cinq mêmes stations fixées pour le suivi des paramètres physico-chimiques (**Fig. 9**). Pour chaque station, deux coups de benne ont été effectués, soit une surface de prélèvement de $1/5 \text{ m}^2$. Par ailleurs et afin d'éviter le problème de microrépartition trois répliquas par station ont été effectués.



Figure 11. Prélèvement du sédiment avec la benne Van Veen.

4.2. Traitement des échantillons

4.2.1. Conservation

Les sédiments prélevés sont immédiatement tamisés sur un tamis de 1 mm^2 de vide de maille. Les résidus du tamisage sont conservés dans des bocaux en verre ou en plastique (étiquetés : date, lieu et numéro de la station), puis fixés au formol dilué à 10% et neutralisé au borax (une pincée/litre). Les échantillons restent conservés jusqu'à les

opérations de tri, d'identification et de comptage des différents taxons qui s'effectueront au laboratoire.

4.2.2. Tri et identification

Les échantillons ramenés au laboratoire sont lavés une nouvelle fois sur un tamis de 1 mm de côté. Un tri hydraulique permet de séparer les fractions les plus légères (débris de végétaux, petits polychètes, amphipodes, etc.), des fractions les plus grossières (sables, coquilles et gros invertébrés). Lors du tri, les espèces macrozoobenthiques sont séparées en dégageant quatre groupes zoologiques : Mollusques, Polychètes, Crustacés et un groupe nommé Divers regroupant les groupes zoologiques les moins abondants dans la lagune ; tels que les Echinodermes, les Cnidaires, les Planaires, les Némertes, les Nématelminthes, les larves d'Insectes, les Oligochètes, etc., avec un intérêt particulier réservé au groupe zoologique des mollusques.

Les espèces sont déterminées sous une loupe binoculaire et parfois à l'aide d'un microscope pour plus de détails ; notamment en ce qui concerne la faune associée. La majorité des invertébrés benthiques, ont été identifiés jusqu'à l'espèce, sauf pour certains individus, en raison de l'absence de critères fiables de détermination. L'identification a été réalisée à l'aide de différents ouvrages et clés de détermination :

- Les Mollusques : [Bellon - Humbert \(1962 a, b et 1973\)](#) ; [Parenzan \(1970 et 1974\)](#) ; [Poppe et Gotto \(1991 et 2000\)](#).
- Les Polychètes : [Fauvel \(1923 a, b\)](#) ; [Day \(1967 a, b\)](#) ; [Light \(1975\)](#).
- Les Crustacés : [Chevreux et Fage \(1925\)](#) ; [Sandro \(1982\)](#) ; [Naylor \(1972\)](#) ; [Campbell \(1976\)](#) ; [Lincoln \(1979\)](#).
- Les Divers : [Tortonese \(1963\)](#) ; [Campbell et Nicholls \(1979\)](#) ; [Riedl et al. \(1983\)](#).

4.2.3. Expression des résultats

Dans un peuplement considéré, il est intéressant de connaître pour chaque espèce son importance, sa place et son influence sur les autres espèces du même peuplement en cohabitation. C'est ainsi qu'un certain nombre de paramètres analytiques permet de connaître et d'apprécier la valeur de chaque espèce répertoriée.

- **Densité (d)** : Dans les études de la macrofaune benthique, la densité correspond au nombre d'individus d'une espèce par unité de surface. Dans notre étude, on se réfère au mètre carré.

- **Dominance (Di %) (Abondance relative)** : Elle correspond au rapport entre le nombre d'individus d'une espèce donnée (ni) et le nombre total d'individus de toutes les espèces (N) présentes dans le même prélèvement exprimé en %.

$$Di (\%) = (ni / N) \times 100$$

ni : Nombre d'individus de l'espèce i.

N : Nombre total d'individus de toutes les espèces présentes dans le même prélèvement.

- **Fréquence (Fi %):** La fréquence d'une espèce (i) est le rapport exprimé en pourcentage du nombre de prélèvements où se trouve cette espèce sur le nombre de prélèvement effectués. Elle est calculée par la formule suivante :

$$F_i (\%) = (P_i / P) \times 100$$

P_i : Nombre de prélèvements dans lesquels se trouve l'espèce i.

P : Nombre total des prélèvements effectués.

Ce rapport définit trois catégories d'espèces :

0 < F_i < 25 % : espèce rare,

25 < F_i < 50 % : espèce commune ou accessoire,

50 < F_i < 100 % : espèce constante.

En plus des paramètres quantitatifs des peuplements, tels que la densité, la fréquence et la dominance, les études écologiques font appel à des indices généraux, dont l'indice de diversité spécifique de Shannon et celui d'équitabilité sont les plus utilisés.

- **Indice de Shannon (H')** : L'indice de diversité le plus fréquemment employé est celui de Shannon H' (Blondel *et al.*, 1973 ; Amanieu *et al.*, 1979-1980). Il donne une indication sur l'organisation des individus au niveau des stations. Il est calculé à partir de l'équation suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

S : Nombre d'espèces du peuplement,

P_i : Abondance relative de l'espèce i (P_i = N_i/N),

N_i : Effectif de l'espèce i,

N : Effectif total du peuplement.

La diversité donnée par l'indice de Shannon fournit une image sur l'insertion des individus au sein des différentes espèces, pouvant traduire ainsi un aspect fonctionnel des peuplements. L'indice de Shannon a été calculé uniquement pour les espèces contribuant pour 0,1% et plus. D'après Daget (1976), on peut être amené à négliger les espèces rares si elles ont une incidence négligeable et ne change en rien au sens des variations observées.

- **Indice d'équitabilité (E)** : Il renseigne sur le niveau d'équitabilité d'une biocénose (Lloyd et Ghelardi, 1964 ; Pielou, 1966 ; Sheldon, 1969). L'équitabilité correspond au rapport entre la diversité réelle (H') et la diversité maximale (H'_{max}) attendue de la collection. L'indice d'équitabilité varie de 0 à 1 et s'exprime par la formule suivante :

$$E = H' / H'_{\max}$$

H' : Diversité spécifique réelle.

H'_{max} : Diversité spécifique maximale.

La diversité spécifique maximale (H'_{\max}) correspond à la diversité d'un échantillon où toutes les espèces présentes auraient la même abondance relative. Elle est calculée par la formule suivante :

$$H'_{\max} = \log_2 S ;$$

S : Nombre d'espèces du peuplement.

5. Étude de la faune associée

L'étude de l'inventaire de la faune associée à la malacofaune est réalisée à la base des prélèvements effectués mensuellement (mars 2010 – février 2011), conjointement à l'échantillonnage de la malacofaune. Les stations retenues et la technique d'échantillonnage sont les mêmes que celles réservées à l'étude de faune malacologique.

6. Espèce potentiellement exploitable : la coque *Cerastoderma glaucum*

6.1. Cartographie spatiale

6.1.1. Choix des stations

L'échantillonnage de la coque dans la lagune Mellah est ponctuel, il a été réalisé durant la période printanière (avril 2010). Un nombre de 46 stations ont été retenues. Ces stations se répartissent sur les rives Est, Sud et Ouest de la lagune à une profondeur ne dépassant pas 1,20 m (**Fig. 12**). Les 46 stations sont regroupées selon leur appartenance aux quatre secteurs géographiques de la lagune :

- **Rive Est** : Elle regroupe des stations : 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45 et 46. C'est une zone qui est caractérisée par un fond de sables fins pur. Cette partie de la lagune est parcourue d'une manière clairsemée par les herbiers à *Ruppia* sp. L'intensité hydrodynamique est moyenne et ne dépasse pas (2 m.s^{-1}) (Messerer, 1999).

- **Rive Sud** : Elle renferme les stations 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 et 31. C'est une zone qui est caractérisée par un fond de sables purs également. La couverture végétale représentée par *Ruppia* sp. Est plus importante en comparaison avec la zone précédente. L'intensité hydrodynamique est faible par rapport aux autres secteurs de la lagune (Messerer, 1999). Cette zone de la lagune est la plus éloignée des apports marins, en raison de la distance qui la sépare du chenal de communication avec la mer, toutefois, elle se trouve sous l'influence des apports d'eaux douce grâce aux deux oueds Bélaroug au Sud et d'une manière moins intense oued El-Mellah au Sud-Ouest. La nature du substrat est constituée essentiellement de sable pur parfois à coquilles.

- **Rive Ouest** : Elle rassemble les stations : 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 et 18. C'est une zone qui se caractérise par un herbier à *Ruppia* sp. Très dense, elle se caractérise également par une intensité hydrodynamique moins importante en raison de sa localisation dans une zone plus ou moins abritée, notamment sa partie Nord-Ouest en forme d'une petite baie. Contrairement aux deux autres rives formées d'un substrat de sable fin pur, dans cette partie de la lagune la fraction pélitique peut atteindre 5% (Draredja et Beldi, 1999).

Rive Nord-Ouest : Elle rassemble les stations : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8. En raison de la configuration des rives dans cette partie de la lagune, ce secteur se situe donc dans une zone plus ou moins abritée par rapport aux influences marines et éoliennes.

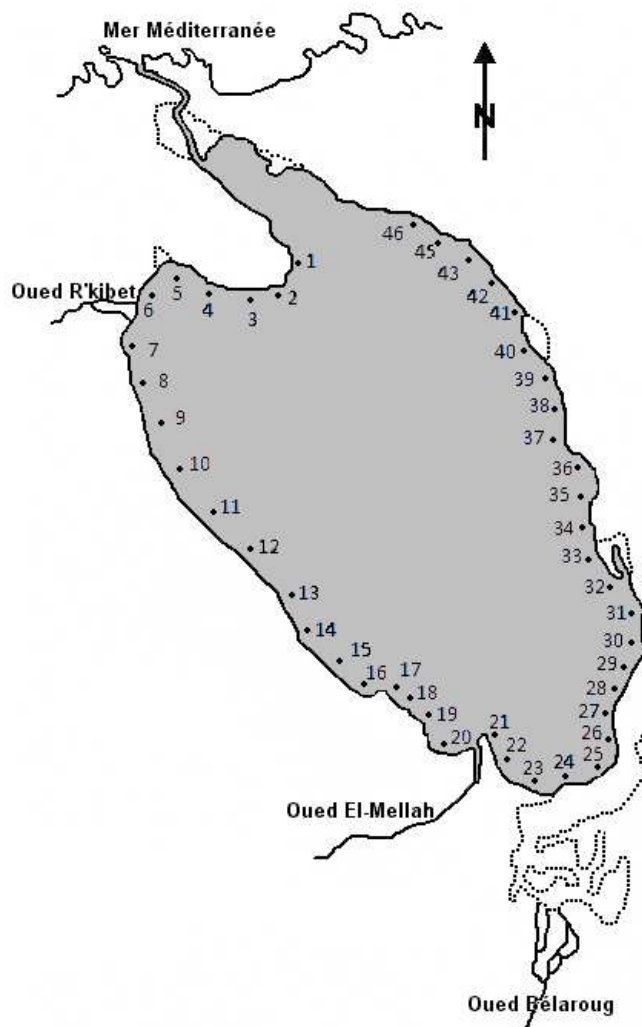


Figure 12. Localisation des stations d'échantillonnage de la coque *C. glaucum* dans la lagune Mellah.

6.1.2. Étude de l'abondance

Pour chaque station nous avons calculé la densité exprimée en nombre d'individus par unité de surface (m^2)

6.1.3. Étude de la biomasse et estimation du stock naturel existant

La méthode générale de l'évaluation des stocks de coquillage se base sur une méthode directe de l'aire balayée. Le principe fondamental de cette méthode repose sur l'extrapolation des indices d'abondance (obtenus par échantillonnage direct) à la totalité de l'aire de répartition globale de l'espèce étudiée. La formule de cette méthode est la suivante :

$$B_i = N_i(A_i/a_i) \times (1/X_e)$$

B_i : Biomasse du stock (en nombre et/ou en poids),

N_i : L'indice d'abondance correspondant à l'un des prélèvements (en nombre ou en poids),

A_i : Surface totale du site ou de la strate (i),

a_i : Surface de prélèvement des échantillons (surface de la somme des quadra par site),

X_e : Proportion des retenus (elle est considérée égale à 1 au niveau de la zone de prélèvement puisque tous les individus ont été retenus au niveau du quadra).

6.2. Dynamique de la population de la coque *Cerastoderma glaucum*

6.2.1. Plan et technique d'échantillonnage

L'échantillonnage de la coque dans la lagune Mellah est réalisé durant la période qui s'étale de mars 2010 à février 2011. Le choix de l'emplacement des stations est basé sur les études antérieures (Grimes, 1994 ; Draredja, 2005 ; Draredja *et al.*, 2009) d'une part, ainsi qu'en fonction de la présence des gisements de ce bivalve dans la lagune d'autre part. C'est ainsi qu'on a sélectionné 3 stations réparties comme suit : une sur la rive Est de la lagune (station 1), une seconde station située sur la rive Sud (station 2), puis une dernier point de prélèvement fixé sur le flanc Ouest de la lagune (station 3) (Fig. 13).

Les prélèvements de la coque sont réalisés grâce à un cadre métallique délimitant une surface de $1/4 \text{ m}^2$, sa hauteur est de 30 cm lui permettant ainsi une bonne pénétration sur le fond. Le cadre est enfoncé à environ 20 cm, puis on procède à prélever le sédiment à l'aide d'une pelle. Ensuite, le sédiment est tamisé sur place sur une maille carrée de 1 mm de côté, afin de récupérer les jeunes stades du bivalve. Soit sur place soit au laboratoire, les coques sont dénombrées, mesurées, puis pesées.

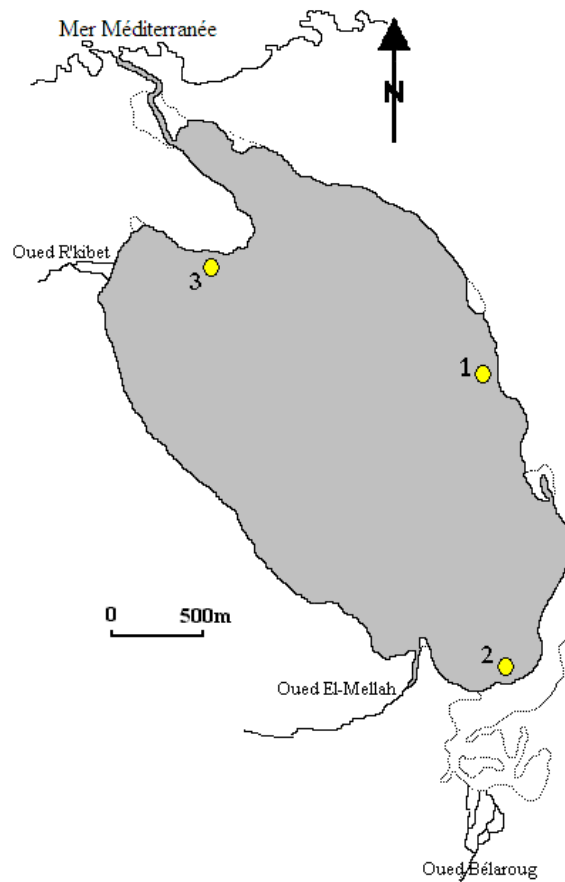


Figure 13. Localisation des stations échantillonnées.

6.2.2. Densité et biomasse

La densité est le nombre d'individus d'une espèce donnée dans un prélèvement donné, rapporté à une surface de sédiment d'un mètre carré, elle est exprimée en nombre d'ind./m². Chaque mois, afin d'avoir une idée aussi exacte que possible de la répartition de *Cardium glaucum* dans la zone étudiée (lagune Mellah), nous avons prélevé et dénombré des individus occupant 1 m² de sédiment de chaque station (de 1 à 3).

L'estimation de la biomasse des espèces benthiques est exprimée, soit en poids sec soit en poids sec libre de cendre (Grimes, 1994). L'évolution de la biomasse en poids sec de la matière organique par unité de surface a été utilisée par de nombreux benthologues (Reyes, 1968 ; Guilie, 1971 ; Guelorget et Michel 1976 ; Guelorget et Mayerre, 1981), ce poids est issu du passage de l'individu dépourvu de sa coquille à une température de 80°C pendant 24 heures. La décalcification est effectuée afin de débarrasser les individus de leur exosquelette, toutefois une décalcification trop longue entraînerait la perte de certaines matières organiques, notamment les lipides (Guelorget et Michel, 1976 et Bachelet, 1982).

Le poids sec libre de cendres est obtenu par incinération du poids sec décalcifié à 600°C pendant 2 heures. L'utilisation du poids sec libre de cendres permet de quantifier précisément le poids de la matière organique contenue dans l'organisme après libération de la fraction de particules sédimentaires à l'intérieur du tube digestif et de la cavité palléale des bivalves (Madani, 1989). Les deux méthodes, poids sec libre de cendre, et poids sec permettent une comparaison des résultats de la biomasse avec les données de la littérature.

6.2.3. Indice de condition

L'indice de condition (I.C) permet d'évaluer l'état général de l'animal, son état bioénergétique et nous procure également une information quantitative sur le développement gonadique. Parmi les indices disponibles est celui proposé par Beninger (1984), répond le mieux aux objectifs fixés.

$$I.C = (\text{Poids sec chair} / \text{Poids sec coquille}) * 100$$

Son suivi permet de connaître les étapes de la gamétogenèse et les périodes des émissions gamétiques. Il a été calculé pour 60 individus pour chaque mois pris au hasard. Le poids des tissus secs (g) est obtenu après passage à l'étuve à 80°C pendant 24h (IC ± 0,1 g près).

6.2.4. Fréquences de tailles :

Les individus récoltés sont répartis en classes de taille de 2 mm d'amplitude selon leur longueur totale. Le choix de l'amplitude de la classe de taille est prépondérant dans l'apparition et la disparition des modes de distribution (Lebris, 1988).

Les mesures ont été effectuées grâce au pied à coulisse avec une précision de 0,5 mm (Fig. 14, A). Les différentes dimensions linéaires mesurées en millimètre sont illustrées dans la figure 14, B : la longueur totale (Lt) est la plus grande mensuration dans le sens antéro-postérieur, la hauteur (H) allant de la charnière dorsale au bord ventral et l'épaisseur maximale (Ep).

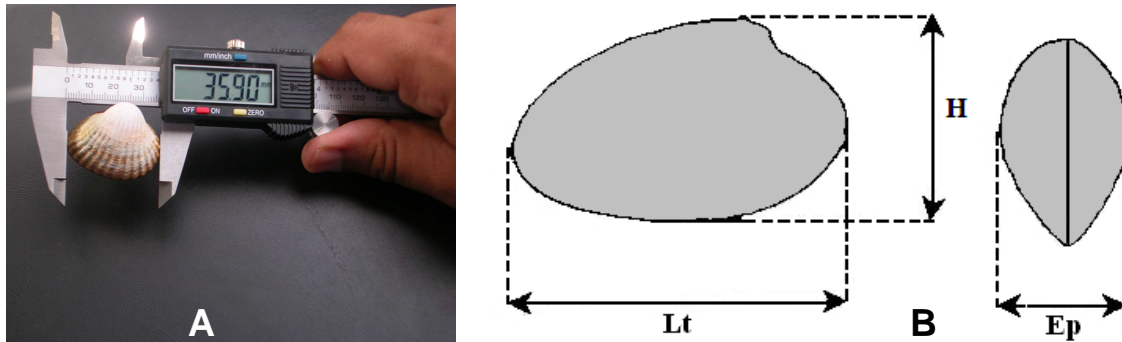


Figure 14. Mensurations effectuées chez la coque. *Cardium glaucum*.

6.2.5 Croissance

L'étude de la croissance est fondée sur l'étude de l'âge, l'étude de la croissance absolue linéaire et sur l'étude de la croissance relative (taille-poids).

□ **Étude de l'âge** : Suite à la difficulté de la lecture des marques d'accroissement, nous avons utilisé la méthode indirecte de [Bhattacharya \(1967\)](#). Cette méthode est basée sur une transformation logarithmique des effectifs regroupés en classes de tailles d'égales amplitudes de 2 mm. En effet, cette méthode est utilisée par plusieurs auteurs ayant travaillé sur les mollusques bivalves.

□ **Croissance absolue** : Pour cette étude, nous avons choisi le modèle de [Bertalanffy, 1938](#). Par ailleurs, ce modèle s'adapte le mieux pour exprimer la croissance individuelle en longueur notamment en ce qui concerne les juvéniles. Plusieurs auteurs ont utilisé ce modèle dans l'étude de la croissance des bivalves (*Cerastoderma glaucum*: [Guelorget et al., 1985](#). *Cerastoderma edule* : [Brock, 1980](#) ; [Chardya et al., 1984](#) ; [Jolnnye et al., 2010](#) ; [Melita et al., 2012](#), autres bivalves : [Blanchard et al 1993](#) ; [Lévêque 1971](#) ; [Geimes, 1994](#); [Etim et al., 1998](#)). Le développement mathématique de cette méthode aboutit à l'équation de croissance linéaire absolue suivante :

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

Lt : longueur totale à l'âge t (mm) ; L_{∞} : longueur asymptotique ou longueur théorique maximale (mm) ; K : taux de croissance ou coefficient instantané de la croissance ($K > 0$) ; t_0 : âge théorique (année) que les individus auraient eu à la taille zéro ($Lt = 0$).

L'expression mathématique de [Bertalanffy \(1938\)](#) fait apparaître trois paramètres d'ajustement L_{∞} , t_0 et K qui sont déterminés dans le cas présent à l'aide du logiciel Fishsat (version 1.2.2).

□ **Croissance relative** : Les pesées des individus fraîchement échantillonnés sont réalisées à l'aide d'une balance de précision ($\pm 0,01$ g). Les dimensions poids et taille d'un organisme sont généralement liées par une relation dite "taille-poids", c'est une courbe de puissance de type :

$$W = aL^b$$

W : poids total, qui est le poids frais; a : ordonnée à l'origine; b : coefficient d'allométrie.

Les valeurs de "a et b", s'obtiennent après transformation logarithmique de la fonction exponentielle à une fonction linéaire de type : $\log Y = a \log X + \log b$.

La croissance relative entre deux variables biométriques, peut être ramenée à la loi d'allométrie simple de [Huxley et Teissier \(1936\)](#). La droite d'ajustement est calculée en utilisant la méthode de l'axe majeur réduit ou droite de Teissier, afin de tester l'existence d'une isométrie ou d'une allométrie entre les variables corrélées. On compare la valeur de la pente de la droite d'ajustement à une valeur théorique. Trois cas peuvent se présenter : $b = 3$ on a une isométrie ; $b > 3$ on a une allométrie majorante ; $b < 3$ c'est une allométrie minorante.

L'ajustement de ce modèle linéaire aux données longueur-poids observées est réalisé par la méthode des moindres rectangles. La valeur de coefficient b est comparée statistiquement à $b_0 = 3$ au seuil $\alpha = 5\%$, 2% , 1% , $0,2\%$ et $0,1\%$ à l'aide du test t de Student ([Dagnelie, 1975](#)) :

$$t_{obs} = \frac{\left(b^2 - b_o^2 \right) \sqrt{n-2}}{\left(2b_o * b \sqrt{1-r^2} \right)}$$

n : effectif.

b : pente.

b_o : pente théorique ($b_o = 3$).

r : coefficient de corrélation.

La valeur de t_{obs} est comparée à celle de "t" théorique : $t_{1 - \alpha/2}$ (donnée par le test de Student) où α représente le seuil de confiance au risque d'erreur de 5% pour $n - 2$ degré de liberté. Trois cas peuvent alors se présenter : si $b < 3$, l'allométrie est minorante, si $b = 3$, il y a isométrie, si $b > 3$, l'allométrie est majorante.

7. Analyses statistiques

Les données sont représentées par la moyenne (\pm l'écart type) établie sur un effectif ou un nombre de répétitions précisés dans les figures et tableaux. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel MINITAB version 16 Fr, Différents tests ont été utilisés. Les moyennes de la station témoin et des autres stations ont été comparées deux à deux en utilisant le test de Tukey avec un seuil de signification $p = 0,05$. D'autre part, une analyse de la variance à deux critères de classification (AV2) a été utilisée afin de déterminer l'effet station/ temps.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

CHAPITRE III : RÉSULTATS

1. Introduction

Les études écobioécologiques des peuplements benthiques nécessitent une connaissance approfondie des conditions écologiques du milieu physique. En effet, il existe une relation directe entre la structure et la répartition des organismes macrozoobenthiques et les facteurs écologiques environnants (température, salinité, pH, etc.). Par ailleurs, les facteurs édaphiques (granulométrie, taux de pélites, teneurs en matières organiques sédimentaires, etc.), sont également déterminants dans la distribution spatiale de la majorité des invertébrés benthiques, notamment en ce qui concerne les espèces fouisseuses.

2. Caractéristiques physico-chimiques

Les paramètres abiotiques tels que la température, la salinité et le pH ont été mesurés *in situ*. Les mesures de ces trois paramètres ont été effectuées mensuellement pendant un cycle annuel au niveau des cinq stations de la lagune et la station chenal (**Fig. 15**) et à l'échelle de la lagune (**Fig. 16**).

2.1. Température, salinité et pH

La température minimale atteinte est de 11,5°C enregistrée durant le mois de janvier au niveau des stations 5 (**Fig. 15**). Alors que la valeur maximale décelée est de 30,50°C relevées la même station 1 durant le mois d'août. Par ailleurs, il faut signaler que la moyenne minimale à l'échelle de la lagune est de $(12,68 \pm 0,45)^\circ\text{C}$ enregistrée en pleine période hivernale (février), alors que la moyenne maximale atteint $30,38 \pm 0,10^\circ\text{C}$ relevée durant la saison estivale (août) (**Fig. 16**).

En ce qui concerne la salinité, les relevés mensuels dans les différentes stations prospectées révèlent une certaine homogénéité de la masse d'eau lagunaire. Cependant, les extrêmes halins sont observés au niveau de la station 3 durant le mois de septembre (28,90 psu) et en avril (15,40 psu) dans la station 4 (**Fig. 15**). A l'échelle de la lagune, la salinité maximale est de $(28,18 \pm 0,17)$ psu enregistrée en fin de la saison estivale (septembre), tandis que la moyenne minimale est de $(16,30 \pm 0,42)$ psu relevée en pleine période printanière (avril) (**Fig. 16**).

Les eaux de la lagune révèlent dans l'ensemble un pH légèrement alcalin. En effet, la plus forte valeur de ce paramètre (8,9) est enregistrée pendant le mois de septembre au niveau de stations 2 (**Fig. 15**). Par ailleurs, la plus faible valeur (7,02) est relevée à la station 3 durant le mois de février. Les valeurs moyennes de ce paramètre à l'échelle de la lagune oscillent entre $7,82 \pm 0,34$ relevées en janvier et $8,55 \pm 0,43$ rencontrée durant le mois de septembre (**Fig. 16**).

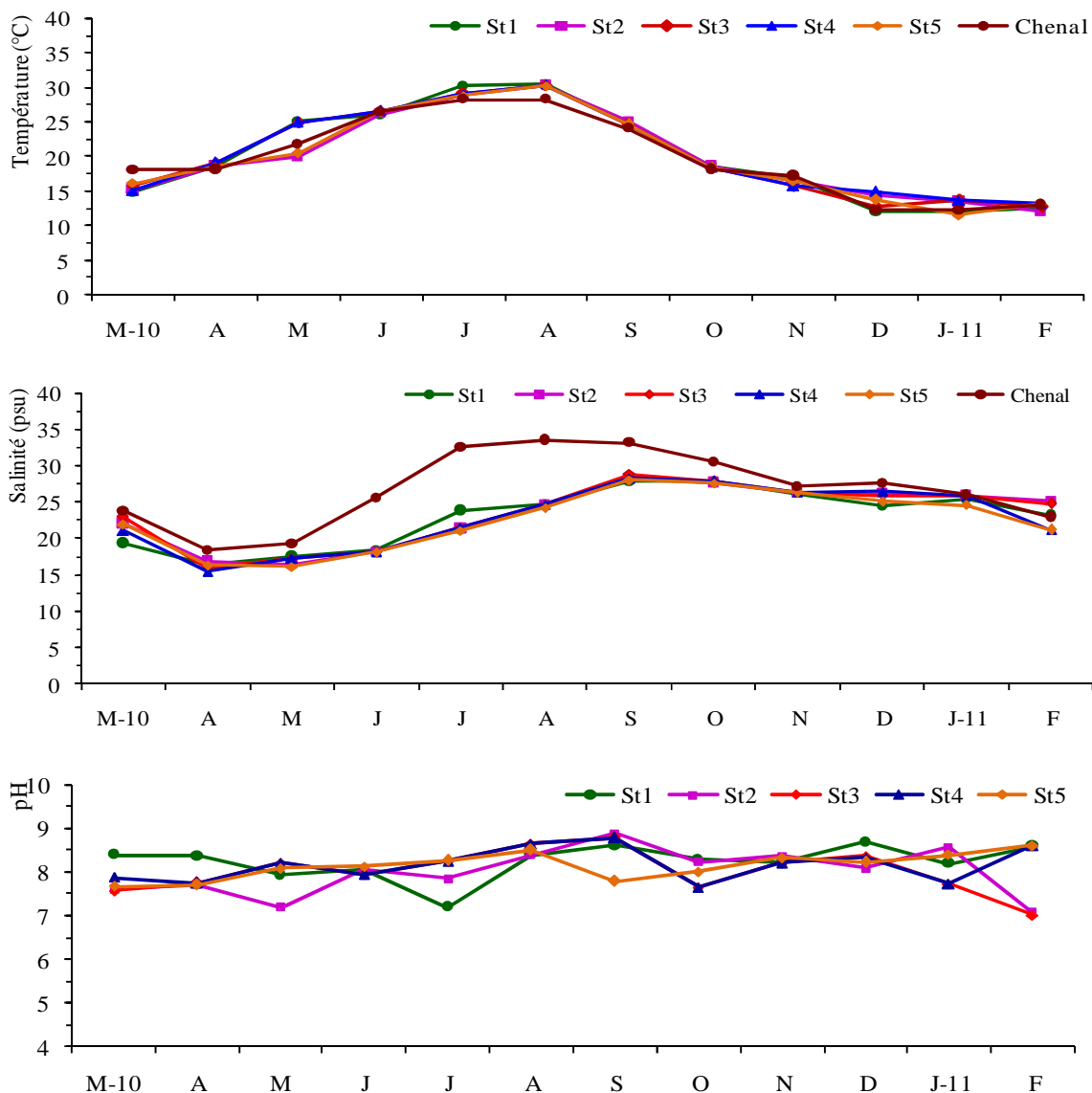


Figure 15. Variations mensuelles de la température, la salinité et du pH des eaux des stations prospectées dans la lagune Mellah.

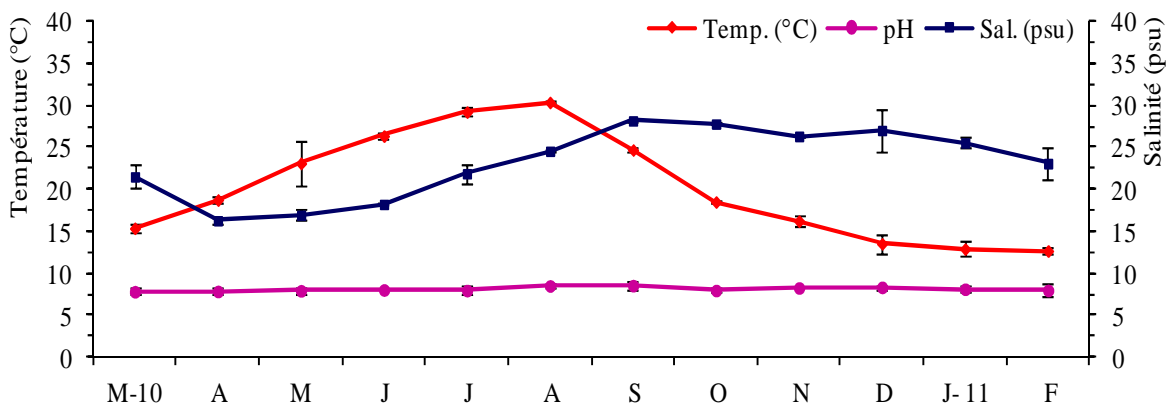


Figure 16. Variations mensuelles de la température, la salinité et du pH des eaux à l'échelle de la lagune Mellah.

2.2. Transparence des eaux et teneurs en matières en suspension

Une eau transparente est supposée moins chargée en matière en suspension. D'une manière générale, la lumière atteint le fond sur presque l'ensemble de la surface de la lagune du fait de la faible profondeur. Dans les eaux du Mellah, le disque de Secchi reste visible pour l'ensemble des stations des périphéries dont la profondeur n'excédant pas 1,50 m. par ailleurs au centre de la lagune les extrêmes de visibilité du disque de Secchi oscillent entre 3 m pendant les fortes poussées phytoplanctoniques en août et 4,50 m en juin, où on voit le fond de la lagune lorsque les eaux sont limpides par mode calme.

Les courbes de variations de la teneur en matière en suspension (**Fig. 17**), présentent une allure assez semblable pour la majorité des stations prospectées. Les plus fortes valeurs de ce paramètre sont enregistrées en janvier dans la plupart des stations échantillonnées, en pleine période de crue. C'est ainsi que les apports pluviométriques par les ruissellements et les oueds, jouent un rôle prépondérant dans l'enrichissement en M.E.S de la colonne d'eau. Les charges maximales sont obtenues dans les stations 3 ($46,50 \text{ mg.l}^{-1}$), en période hivernale (janvier). En effet, cette station se localise en face des déversements respectifs des oueds El-Mellah et R'kibet. Il en est de même à l'échelle de la lagune (**Fig. 18**), où on enregistre une valeur maximale remarquable de $41,54 \pm 3,45 \text{ mg.l}^{-1}$, relevée en janvier (période de crue), contre un minimum de $4,82 \pm 1,45 \text{ mg.l}^{-1}$ en octobre.

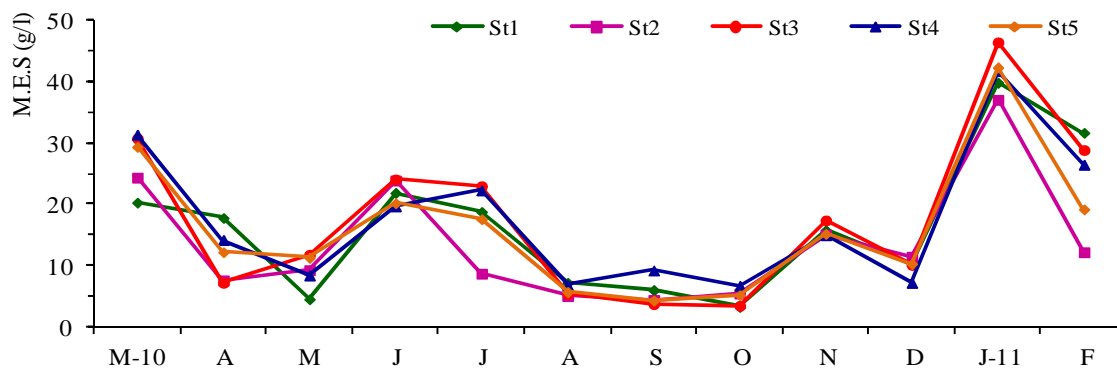


Figure 17. Évolution mensuelle de la teneur en matière en suspension (g.l^{-1}) des eaux des stations prospectées de la lagune Mellah.

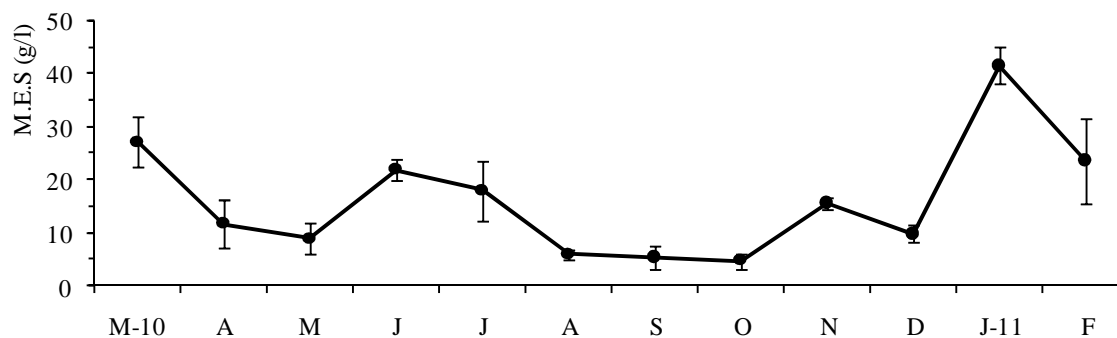


Figure 18. Évolution mensuelle de la teneur en matière en suspension (g.l^{-1}) des eaux à l'échelle de la lagune.

3. Cartographie sédimentaire

Par ailleurs, la répartition unimodale du quasi totalité des histogrammes de fréquences des tailles des grains, témoigne ainsi l'homogénéité du stock sédimentaire de la majorité des stations échantillonnées. L'indice de classement ou Sorting (S_0) varie peu pour l'ensemble des stations retenues, avec des valeurs comprises entre 1,06 et 1,40, expliquant ainsi qu'on est en présence d'un sédiment très bien classé ($S_0 < 2$), donc très homogène.

3.1. Teneurs en pélites

Les teneurs en fraction fine ($< 40 \mu\text{m}$), calculées pour l'ensemble des stations, nous ont permis d'établir la carte de répartition des pélites (**Fig. 18**). Cependant, la fraction pélitique est représentée dans l'ensemble des échantillons avec des taux variables d'une station à une autre. Les résultats obtenus montrent que la teneur en fraction fine est croissante de la rive jusqu'au centre de l'étendue. Les teneurs les plus élevées ($> 90\%$), sont enregistrées dans les zones profondes de la lagune ; cas des stations 2, 3, 4, 5, 20, 25 et 27 où l'immersion est généralement supérieure à 2 m. La station 25 (profondeur = 4,80 m), localisée au centre Ouest du Mellah, renferme la teneur la plus élevée (près de 95%). En tenant compte des différents taux en pélites dans les sédiments, la lagune Mellah renferme six zones différentes (**Fig. 19**) :

- ▶ Zone I ($>90\%$) : englobant les stations 2, 3, 4, 5, 20, 25 et 27 situées dans la partie centrale et la zone d'étranglement de la lagune (profondeur $> 3,5$ m).
- ▶ Zone II (70 – 90%) : renfermant les deux stations 1 et 30, situées respectivement au Nord et le centre Est de l'étendue, où la bathymétrie est de 2,50 pour la première et 4 m pour la seconde.
- ▶ Zone III (50 – 70%) : rassemblant les stations 21 et 22 au Nord-Ouest de la partie centrale de la lagune, donc une zone plus ou moins abritée. La profondeur respective est de 3,15 et 3,50 m.
- ▶ Zone IV (30 – 50%) : avec 4 stations (14, 16, 28 et 32), situées dans la zone d'étranglement de la lagune, près des tables conchyliques pour les deux premières et au Sud-Ouest et au Sud-Est de la partie centrale de l'étendue. A ce niveau l'immersion varie entre 1,5 et 3 m.
- ▶ Zone V (10 – 30%) : une seule station représente cette zone, il s'agit de la station 12, située non loin des rejets de l'oued El-Mellah au Sud-Ouest de la lagune. A ce niveau la bathymétrie est de 1,80 m.
- ▶ Zone VI ($< 10\%$) : englobant le plus grand nombre de stations (6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 23, 24, 26, 29, 31 et 33), situées à la périphérie de l'étendue, caractérisées donc par des faibles profondeurs ($< 1,50$ m) et par conséquent un hydrodynamisme plus intense. Parmi ces stations 3 sont localisées à l'embouchure des cours d'eau, il s'agit des stations 6 (en face de l'oued Bélaroug) et 10 et 23 (en face de l'oued R'kibet).

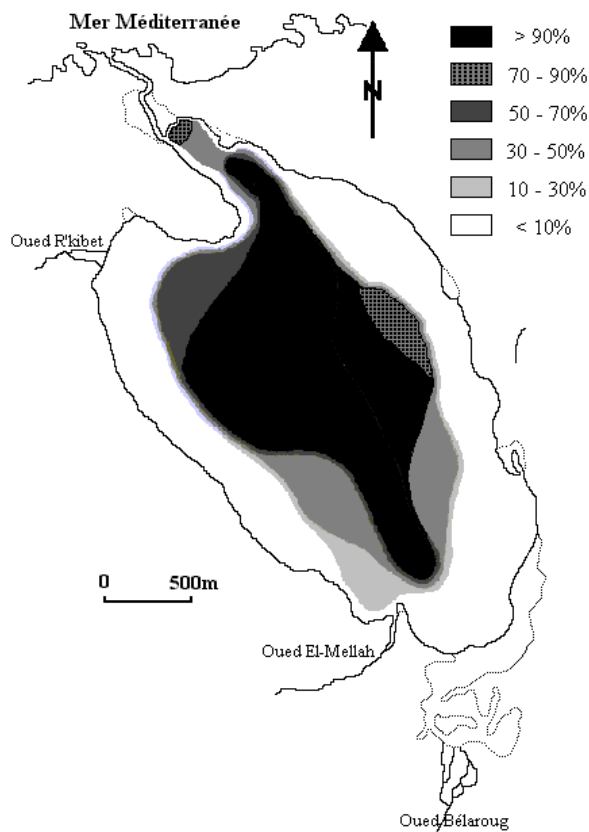


Figure 19. Répartition de la teneur en pélites (%) dans les sédiments de la lagune Mellah.

3.2. Granulométrie

L'analyse granulométrique en se référant à l'étude de la médiane (Q_2) et du taux de pélites, a permis de dégager cinq distinctes au sein de la lagune (Fig. 19) :

► **Vase purs** : Le taux de ce sédiment dont la fraction fine ($< 63 \mu\text{m}$) est supérieur à 90%. Ce substrat est décelé principalement dans les stations 2, 3, 4, 5, 20, 25 et 27. Dans l'ensemble, ces stations sont localisées au centre de la lagune, où la profondeur est maximale dépassant souvent 4 m. En effet, cette importante bathymétrie dans le centre et la zone d'étranglement de l'étendue, entraîne une forte sédimentation des particules fines, favorisée par la faible intensité hydrodynamique de la colonne d'eau, notamment près du fond.

► **Vase légèrement sableuse** : Ce type de substrat, où la fraction fine varie entre (60-90)%, se trouve dans trois stations seulement (stations 12 et 28), localisées au Sud-Ouest de la lagune à des profondeurs allant de 1,50 m jusqu'à 2,50 m.

► **Vases sableuses** : Ce fond est caractérisé par une fraction vaseuse qui est dominante ; variant entre (40-60)%. Elle est rencontrée au niveau de deux stations (16 et 32), réparties au Nord et près du centre de l'étendue, où la profondeur allant de 1,40 m jusqu'à 2,50 m, favorisant ainsi le phénomène de décantation et par conséquent une accumulation de la fraction fine.

► **Sable légèrement envasé** : Ce type de substrat, où la fraction de sable varie entre (10-40)%, se trouve dans quatre stations (stations 1, 21, 22 et 30), localisées au Sud-Ouest de la lagune à des profondeurs allant de 1,50 m jusqu'à 2,50 m.

► **Sables purs** : Dans ce cas, le sédiment est composé essentiellement de sable avec moins de 10% de la fraction fine. Cette catégorie de sédiment se rencontre dans un grand nombre de stations localisées généralement en périphéries, dont la profondeur ne dépasse pas 1,50 m, cas des stations 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 23, 24, 26, 29, 31 et 33.

3.3. Cartographie sédimentaire

Bien que schématique, la cartographie sédimentaire présente de nombreux avantages (Monbet, 1972) ; (i) : elle est une base de travail sérieuse pour la mise en place de certains paramètres tels que les courants, l'hydrologie, la bionomie et la biomasse, (ii) : elle peut servir de point de comparaison à toute étude ultérieure sur la même zone, (iii) : enfin par son caractère synthétique, elle contribue beaucoup à l'exploitation des résultats. Les différentes analyses granulométriques des sédiments de la lagune ont permis d'identifier **cinq** zones lithologiques distinctes (Fig.20) :

- Sables purs,
- Sables légèrement envasés,
- Vases sableuses,
- Vases légèrement ensablées,
- Vases pures.

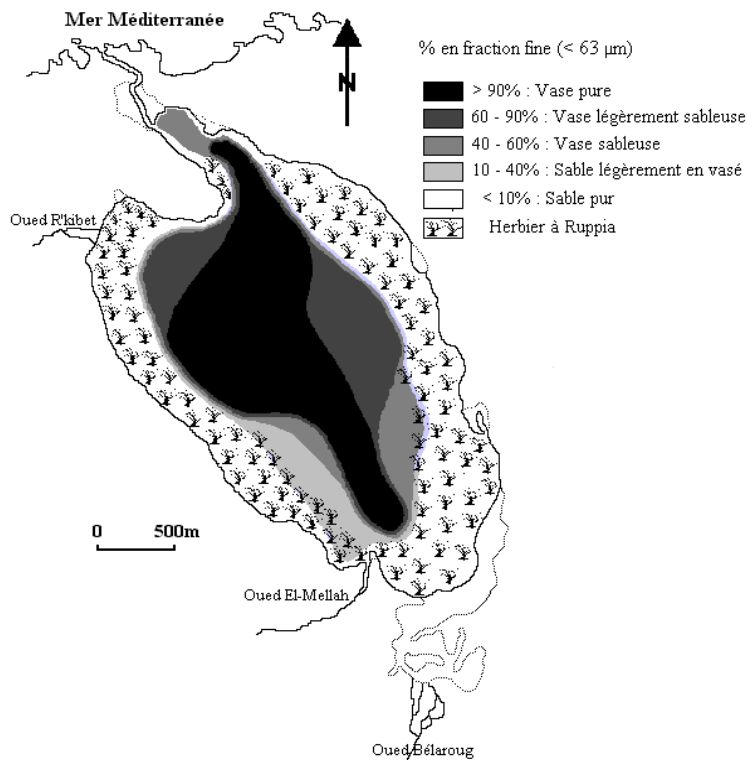


Figure 20. Couverture sédimentaire de la lagune Mellah et répartition des herbiers à *Ruppia* sp.

On signale que la zone de sables purs occupe la majeure partie de la lagune. Elle est plus élargie sur le versant Est de l'étendue, d'où l'influence des apports dunaires à partir des rives par l'action éolienne ou celle des courants qui s'intensifient à la périphérie de la lagune. En se dirigeant d'avantage vers le centre de l'étendue, on rencontre les sables envasés, puis les vases sableuses. Le centre du bassin et la zone d'étranglement au Nord, sont caractérisés par la dominance de la fraction fine, en raison de l'importance bathymétrique qui favorise la décantation des particules ainsi que les plus fines. D'autre part, des prairies du phanérogame *Ruppia* sp. envahissent les berges jusqu'à une profondeur de 1,50 m notamment sur les rives Est, Sud et Ouest de la lagune. Ces herbiers jouent un rôle important dans la vie d'un certain nombre d'espèces de la macrofaune benthique, notamment chez les Amphipodes épiphytes.

3.4. Teneurs en matière organique sédimentaire (M.O.S)

La teneur en matière organique dans les sédiments a été déterminée pour les 33 stations sélectionnées. La **figure 21**, nous permet de connaître la répartition zonale de ce paramètre dans l'ensemble du Mellah. On note que les taux les moins élevés sont localisés en périphérie, autrement dit au niveau des sites où la fraction grossière est plus ou moins dominante, notamment dans les stations 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 19, 23, 24, 26 et 29, situées près des rives, dont la profondeur ne dépasse pas 1,5m.

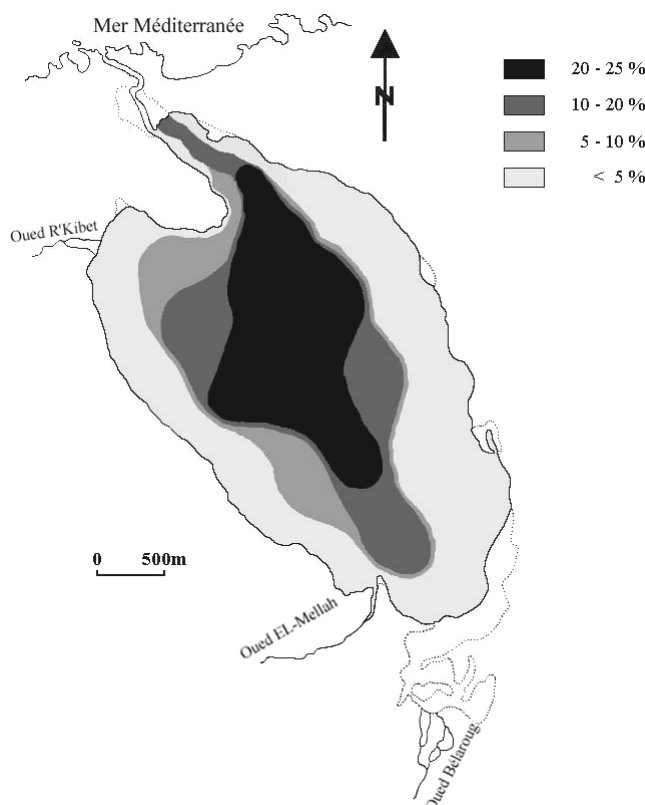


Figure 21. Répartition de teneur en matière organique (en %) dans les sédiments de la lagune Mellah.

En effet, la plus faible valeur (0,96%) a été enregistrée au niveau de la station 8, localisée à l'Est de la lagune avec une profondeur qui n'excède pas 1,20 m. Tandis que, les taux les plus élevés sont enregistrés vers l'intérieur de l'étendue et la zone d'étranglement de la

lagune. C'est ainsi que la teneur maximale de 23,53%, est décelée au niveau de la station 4 au centre avec 4,50m de profondeur, où la fraction péltique (91%) domine nettement. C'est ainsi que la répartition de la teneur en M.O.S est très hétérogène pour l'ensemble de la lagune, avec une moyenne de $(9,35 \pm 8,62)\%$.

4. Description de la faune malacologique et des espèces accompagnatrices

4.1. Inventaire des espèces récoltées

Durant la période d'étude (mars 2010 – février 2011), l'inventaire de la faune malacologique de la lagune Mellah a permis l'identification de 11 espèces (5 Bivalves et 6 Gastéropodes) (**Tab. II**), réparties comme suit :

Tableau II. Liste taxonomique des mollusques récoltés dans la lagune Mellah (mars 2010 – février 2011).

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Espèce
Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Cardiidae	<i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguière, 1789)
			Veneridae	<i>Ruditapes decussatus</i> (Linnaeus, 1758)
			Semelidae	<i>Abra ovata</i> (Philippi, 1893)
		Lucinoida	Lucinidae	<i>Loripes lacteus</i> (Poli, 1791)
		Mytiloida	Mytilidae	<i>Brachidontes marioni</i> (Locard, 1889)
		Gastropoda	Neogastropoda	Nassariidae
	<i>Cyclope neritea</i> (Linnaeus, 1758)			
	Bullomorpha		Bullidae	<i>Bulla utriculata</i> (Brocchi, 1814)
	Littorinimorpha		Rissoidae	<i>Rissoa ventricosa</i> Desmarest, 1814
		<i>Rissoa pulchella</i> (Risso, 1826)		
				<i>Rissoa</i> sp.

4.2. Variations spatio-temporelles

4.2.1. Richesse spécifique, densité et fréquence

- **Station 1** : située au Nord de la lagune non loin du chenal de communication avec la mer, par conséquent c'est la station la plus riche en espèces, avec 10 espèces : 4 bivalves, et 6 gastéropodes, avec une densité moyenne de $(171,38 \pm 84,55)$ ind.m⁻². La richesse spécifique varie entre 5 (décembre) et 10 espèces (juin). La variation des densités passe par les extrêmes de $(53 \pm 14,73)$ ind.m⁻² (janvier) et $(330,66 \pm 18,71)$ ind. m⁻² (août) (**Fig. 22**). Les espèces *Loripes lacteus* et *Cyclope neritea* sont les plus fréquentes (Fi = 100%), suivies de *Cerastoderma glaucum*, *Abra ovata*, *Nassarius reticulatus* et *Bulla utriculata* (Fi = 91,66%), *Rissoa ventricosa* (Fi = 66,66%). L'ensemble de ces espèces sont dites constantes.

- **Station 2** : située au centre de la lagune, elle renferme 3 bivalves seulement, correspondant à une densité moyenne de $33,02 \pm 14,49$ ind.m⁻². La richesse spécifique atteint 3 espèces (avril) et ne dépasse pas 2 espèces le reste du cycle. Quant à la densité, celle-ci passe d'un minimum de 8 ± 4 ind.m⁻² (novembre) à un maximum de $67 \pm 9,84$ ind.m⁻² (avril) (**Fig. 23**). Les espèces constantes colonisant cette station sont : *Loripes lacteus* et (Fi = 100%), *Abra ovata* (Fi = 75%).

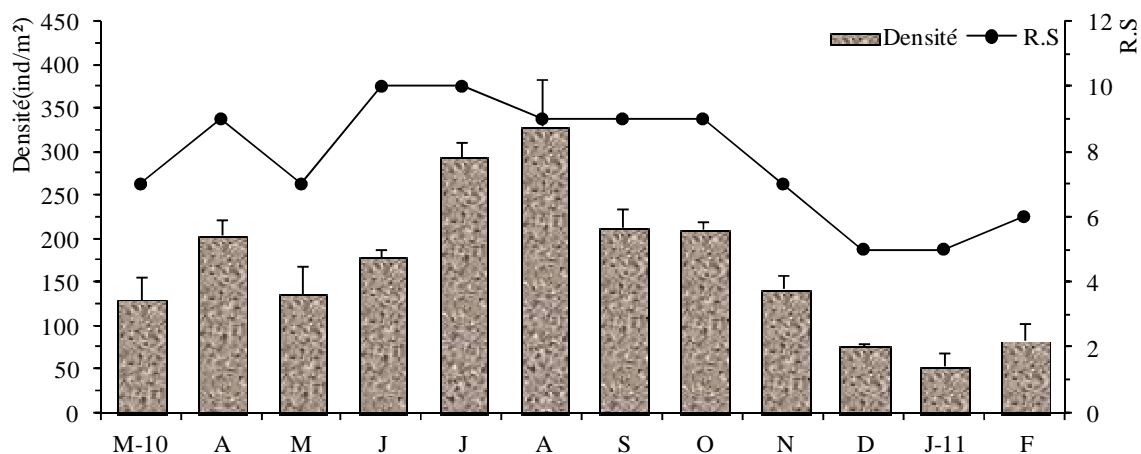


Figure 22. Variations temporelles de la densité (ind.m⁻²) et de la richesse spécifique (R.S) dans la station 1.

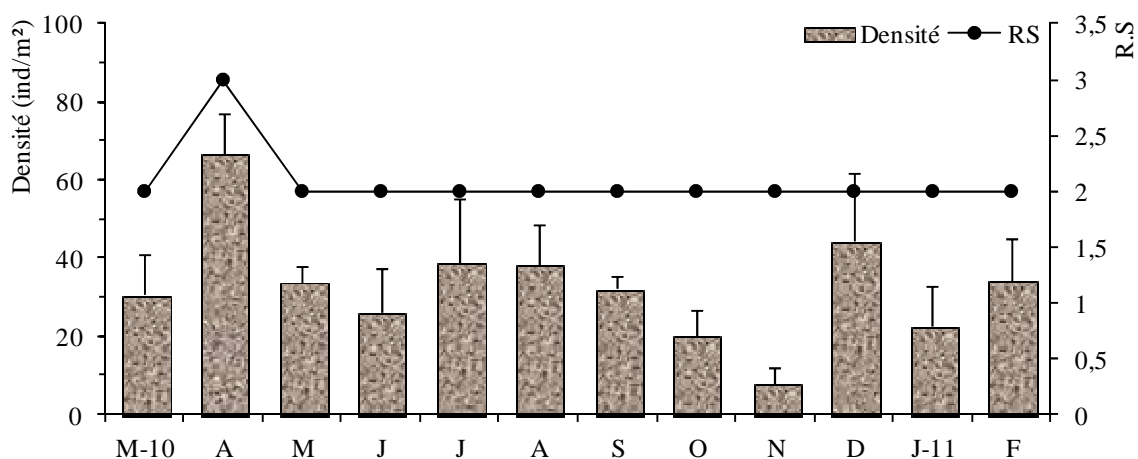


Figure 23. Variations temporelles de la richesse spécifique (R.S) et de la densité (ind.m⁻²) dans la station 2.

- **Station 3** : située au Sud de la lagune, elle renferme 10 espèces : 4 bivalves, et 6 gastéropodes, avec une densité moyenne de $178,61 \pm 51,02$ ind.m⁻². La richesse spécifique varie entre 6 (février) et 9 (août et septembre). Les valeurs de la densité oscillent entre $85,33 \pm 5,68$ ind.m⁻² (décembre) et $244 \pm 8,54$ ind.m⁻² (août) (Fig. 24). La station 3 abrite les espèces constantes suivantes : *Cerastoderma glaucum*, *Loripes lacteus* (Fi = 100%), suivies *Abra ovata* et *Rissoa ventricosa* (Fi = 83,33%), puis *Brachidontes marioni* (Fi = 75%), *Rissoa pulchella* (Fi = 66,66%), ensuite *Nassarius reticulatus* et enfin *Bulla utriculata* (Fi = 58,33%).

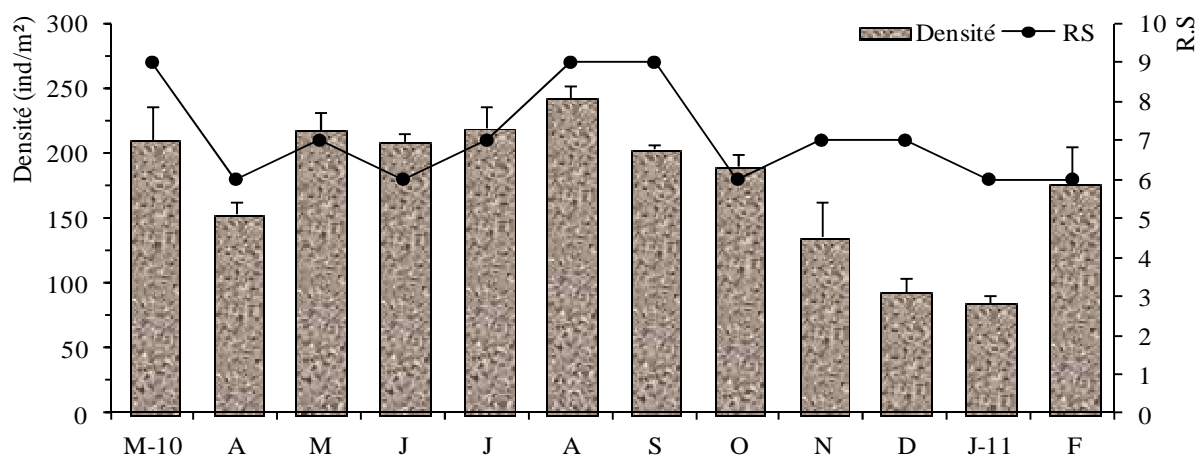


Figure 24. Variations temporelles de la richesse spécifique (RS) et de la densité (ind.m⁻²) dans la station 3.

- **Station 4** : située au Nord-Ouest de la lagune, elle comprend 11 espèces : 5 bivalves, et 6 gastéropodes. Cette station est la plus riche en individus, avec une densité moyenne de $417 \pm 170,20$ ind.m⁻². La richesse spécifique varie entre 6 (février) et 11 (avril, juin et août). La densité oscille entre 202 ± 3 ind.m⁻² (novembre) et $666 \pm 56,58$ ind.m⁻² (juillet) (**Fig. 25**). La station 3 abrite les espèces constantes suivantes: *Cerastoderma glaucum*, *Loripes lacteus*, *Abra ovata*, *Cyclope neritea* (Fi = 100%), *Rissoa ventricosa* (Fi = 83,33%), *Brachidontes marioni* Nassarius reticulatus, *Bulla utriculata* et *Rissoa pulchella* (Fi = 75%).

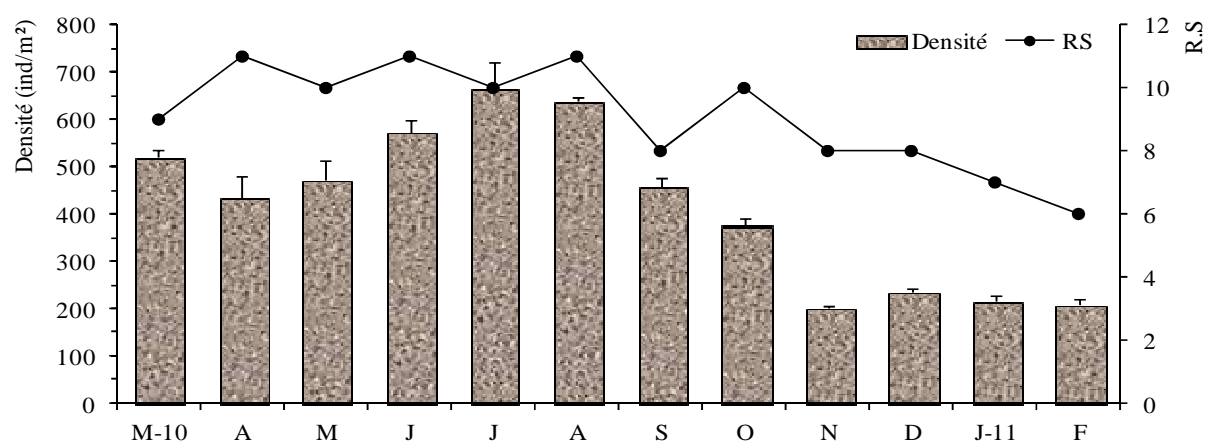


Figure 25. Variations temporelles de la richesse spécifique (R.S) et de la densité (ind.m⁻²) dans la station 4.

- **Station 5** : située à l'Est de la lagune, elle abrite un total de 11 espèces : 5 bivalves, et 6 gastéropodes, correspondant à une densité moyenne de $266,50 \pm 117,38$ ind.m⁻². La richesse spécifique varie entre 8 (février) et 11 espèces (juin et juillet). Les fluctuations de la densité passent par les extrêmes de $127 \pm 12,12$ (janvier) et $504,66 \pm 30,73$ ind.m⁻² (août) (**Fig. 26**). Les principales constantes de cette station se classent comme suit : *Cerastoderma glaucum*, *Loripes lacteus*, *Abra ovata*, *Cyclope neritea*, *Bulla utriculata* et *Rissoa ventricosa* (Fi = 100%), suivies de *Ruditapes decussatus* et *Rissoa sp.* (Fi = 58,33%).

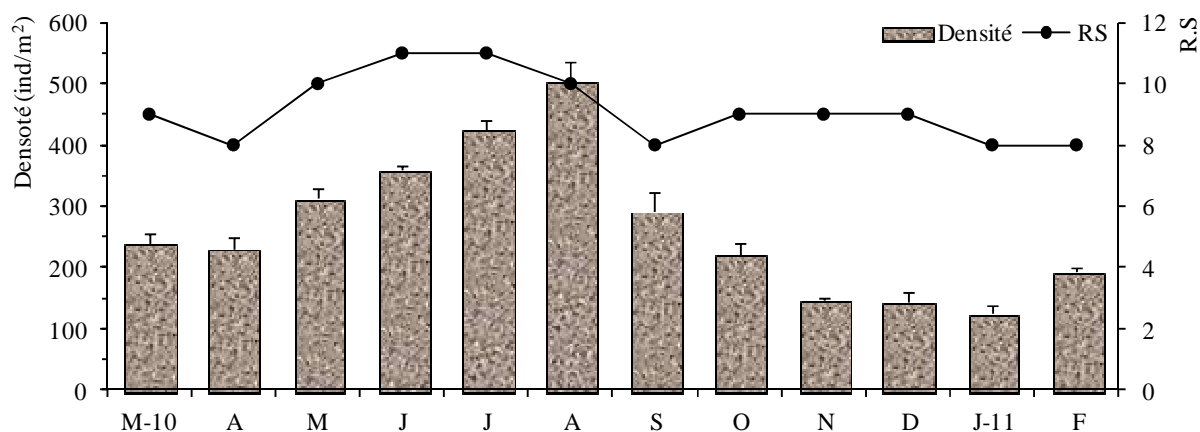


Figure 26. Variations temporelles de la richesse spécifique (R.S) et de la densité (ind.m⁻²) dans la station 5.

- **A l'échelle de la lagune :** Dans l'ensemble de lagune Mellah, un total de 11 espèces ont été recensées, pour une densité moyenne de $213,31 \pm 80,66$ ind.m⁻². Les fluctuations temporelles de la densité montre des moyennes allant de $100,73 \pm 75,01$ ind.m⁻² (janvier) jusqu'à $351,73 \pm 154,86$ ind.m⁻² (août). Quant à la richesse spécifique moyenne, celle-ci oscille entre 6 (décembre, janvier et février) et 8 (juin, juillet et août) (**Fig. 27**). Au cours de cette étude et à l'échelle de la lagune, nous enregistrons une richesse spécifique moyenne est de $7,03 \pm 0,87$, ne montrant pas ainsi d'importantes fluctuations spatiales (**Fig. 28**). En effet, elle passe d'un minimum de 2 espèces enregistrées dans la station 2 (centre de la lagune le plus profond) à un maximum de 11 espèces relevées dans la station 4 (Nord-Ouest) et la station 5 (Est). Cependant, la répartition spatiale révèle une densité moyenne importante à la station 4 avec $410,88 \pm 161,44$ ind.m⁻², tandis que la station 2 offre la plus faible densité avec $33,02 \pm 14,49$ ind.m⁻² seulement (**Fig. 28**).

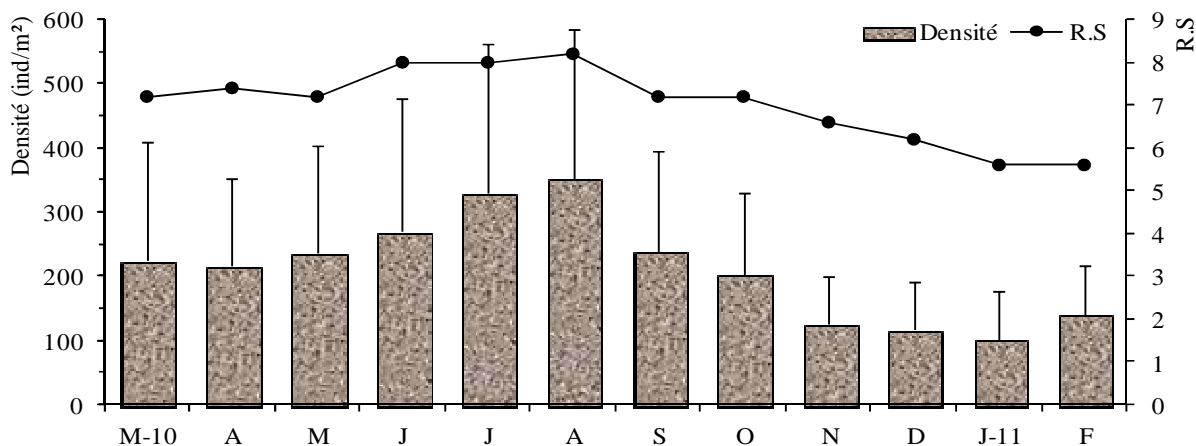


Figure 27. Variations mensuelles de la richesse spécifique et de la densité moyenne (ind.m⁻²) de la malacofaune à l'échelle de la lagune Mellah.

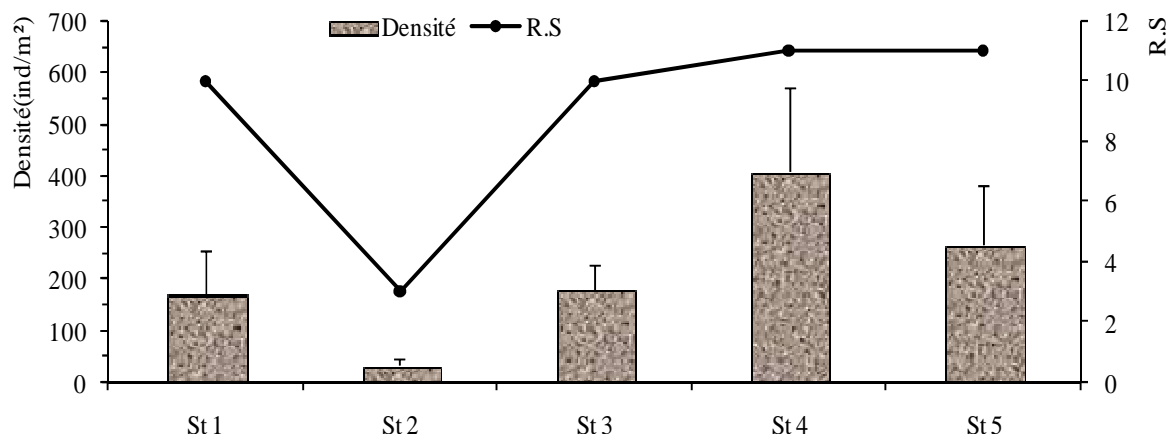


Figure 28. Évolution spatiale de la richesse spécifique (RS) et de la densité (ind.m⁻²) de la malacofaune selon les stations prospectées dans la lagune.

En tenant compte des mois, et d'après les résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (**Tab. III**), on note qu'il y'a une différence très hautement significatives ($P \leq 0,001$) entre les cinq stations au cours de la période d'étude. Le test HSD de Tukey révèle le classement montré dans le tableau ci-dessous :

Tableau III. Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la densité de la faune malacologique en fonction des mois (N = 3), selon les stations prospectées dans la lagune.

Mois	F _{obs}	P	Tukey
Mars	283,72	0,000***	1[C] - 2[D] - 3[C] - 4[A] - 5[B]
Avril	91,03	0,000***	1[C] - 2[D] - 3[C] - 4[A] - 5[B]
Mai	138,14	0,000***	1[C] - 2[D] - 3[C] - 4[A] - 5[B]
Juin	613,88	0,000***	1[C] - 2[D] - 3[C] - 4[A] - 5[B]
Juillet	153,52	0,000***	1[C] - 2[D] - 3[C] - 4[A] - 5[B]
Aout	212,79	0,000***	1[C] - 2[E] - 3[D] - 4[A] - 5[B]
Septembre	224,15	0,000***	1[C] - 2[D] - 3[C] - 4[A] - 5[B]
Octobre	296,39	0,000***	1[B] - 2[C] - 3[B] - 4[A] - 5[B]
Novembre	80,50	0,000***	1[B] - 2[C] - 3[B] - 4[A] - 5[B]
Décembre	122,64	0,000***	1[C] - 2[D] - 3[C] - 4[A] - 5[B]
Janvier	137,93	0,000***	1[D] - 2[E] - 3[C] - 4[A] - 5[B]
Février	58,88	0,000***	1[B] - 2[C] - 3[A] - 4[A] - 5[A]

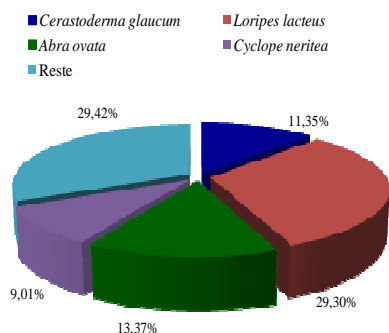
L'analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) (**Tab.IV**), révèle une différence très hautement significative pour le facteur temps et station et l'interaction temps/ stations ($P \leq 0,001$).

Tableau IV. Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la densité de la faune malacologique dans les cinq stations durant la période d'étude.

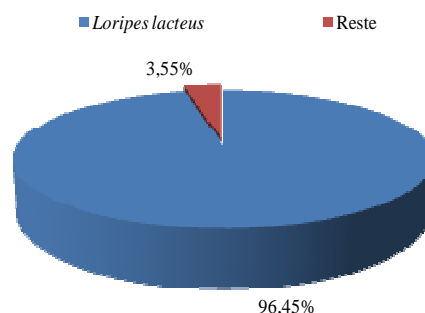
Sources de variation	F _{obs}	P
Stations	1801,86	0,000***
Mois	241,94	0,000***
Station*Mois	36,45	0,000***

4.2.2. Dominance

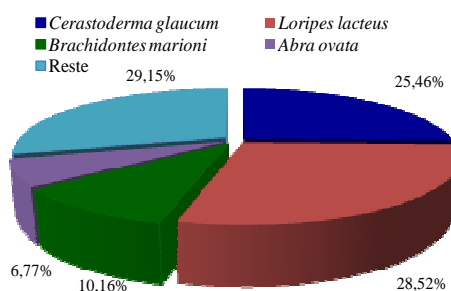
- **Station 1** : Dans le Nord de la lagune Mellah, la malacofaune benthique est principalement dominée par le bivalve *Loripes lacteus* avec 29,30%, suivis des bivalve *Abra ovata* 13,37% et *Cerastoderma glaucum* avec 11,35%. Les Divers dominent avec 29,42% (**Fig. 29**).



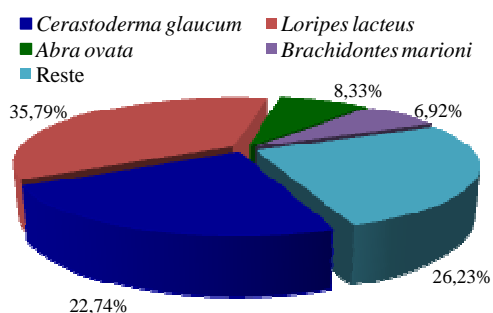
Station 1



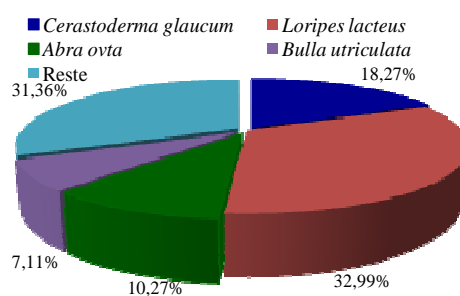
Station 2



Station 3



Station 4



Station 5

Figure 29. Dominances moyennes (%) des principales espèces malacologiques selon les stations prospectées dans la lagune Mellah.

- **Station 2** : L'espèce dominante au sein de cette station est le Bivalve *Loripes lacteus* avec 96,45%. Les Divers ne représentent que 3,55% seulement de l'effectif global (**Fig. 29**).

- **Station 3** : Au Sud de la lagune, les espèces les mieux représentées dans la station 3 sont: le Bivalve *Loripes lacteus* (28,52%), suivi de la coque *Cerastoderma glaucum* (25,46%) et *Brachidontes marioni* avec (10,16%). Tandis que les restes représentent 29,15% (**Fig. 29**).

- **Station 4** : Au Nord-Ouest de la lagune, les espèces dominantes s'ordonnent comme suit : le bivalve *Loripes lacteus* avec 35,79%, *Cerastoderma glaucum* (22,74%), suivi du bivalve *Abra ovata* (8,33%) et *Brachidontes marioni* avec 6,92%. Alors que les restes représentent 26,23% (**Fig. 29**).

- **Station 5** : A l'Est de la lagune, on enregistre une nette dominance de *Loripes lacteus* avec 32,99%, ensuite arrive la coque avec une dominance de 18,27%. Tandis que les restes forment une dominance de 31,36% (**Fig. 29**).

- **A l'échelle de la lagune** : La faune malacologique de la lagune Mellah est dominée principalement par les espèces suivantes : *Loripes lacteus* (Dm = 44,61%), suivi par *Cerastoderma glaucum* (Dm = 15,74%) et *Abra ovata* (Dm = 8,28%) et *Brachidontes marioni* suit avec une dominance moyennes de 6,09%. (**Fig. 30**).

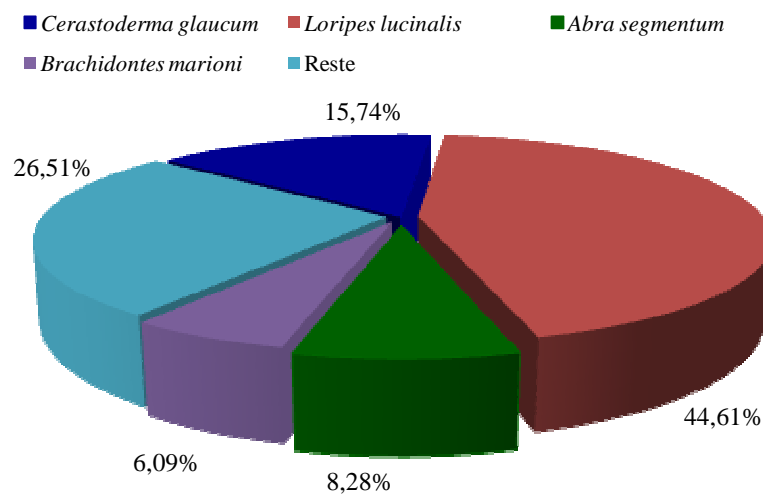


Figure 30. Dominances moyennes (%) des principales espèces malacologiques récoltées dans la lagune Mellah.

4.2.3. Variations de la biomasse

- **Station 1** : La biomasse moyenne est estimée à $3,10 \pm 1,15 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $1,59 \pm 1,08 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC), pour une densité moyenne de $171,38 \pm 84,55 \text{ ind.m}^{-2}$. La biomasse maximale s'observe en août avec $5,35 \pm 0,36 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $3,85 \pm 0,28 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC), alors que la biomasse minimale est décelée en février avec $1,25 \pm 0,05 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $0,20 \pm 0,04 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC) (**Fig. 31**).

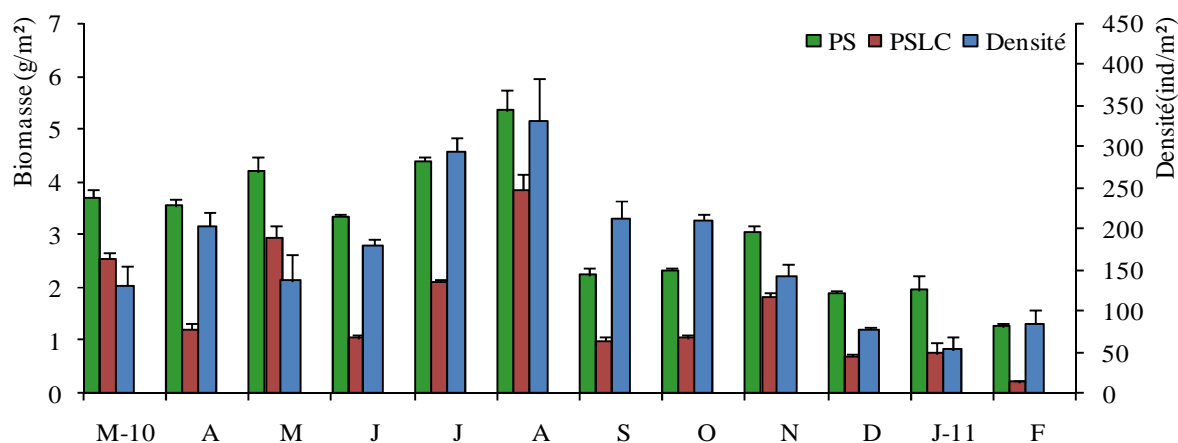


Figure 31. Variations mensuelles de la biomasse (g.m^{-2} , en PS et PSLC) et de la densité (ind.m^{-2}) dans la station 1.

- **Station 2 :** Dans cette station, on enregistre une biomasse moyenne de $0,43 \pm 0,41 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $0,22 \pm 0,20 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC), pour une densité moyenne de $33,02 \pm 14,49 \text{ ind.m}^{-2}$. La biomasse la plus élevée de $1,27 \pm 0,77 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $0,14 \pm 0,06 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC) est enregistrée en avril. Alors que la plus faible biomasse de $0,13 \pm 0,03 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $0,10 \pm 0,02 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC) est rencontrée en juin (**Fig. 32**).

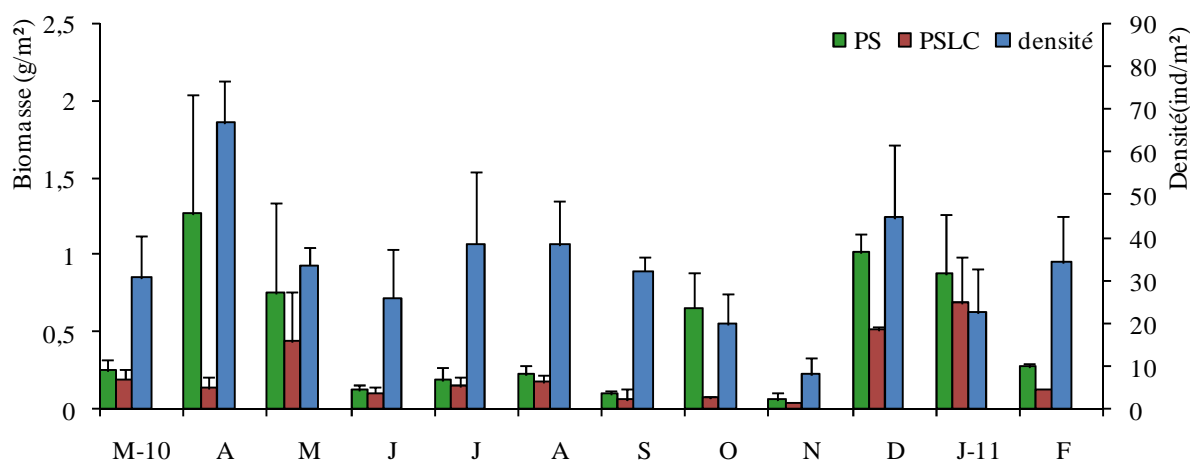


Figure 32. Variations mensuelles de la biomasse (g.m^{-2} , en PS et PSLC) et de la densité (ind.m^{-2}) dans la station 2.

- **Station 3 :** La biomasse moyenne est de $4,59 \pm 1,59 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $3,24 \pm 1,03 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC) correspondant à une densité moyenne de $178,61 \pm 51,02 \text{ ind.m}^{-2}$. Les valeurs extrêmes enregistrées dans la station 3 oscillent entre $7,80 \pm 0,04 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $5,11 \pm 0,03 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC) relevée en mai, et $2,46 \pm 0,03 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $1,38 \pm 0,02 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC) enregistrée en janvier (**Fig. 33**).

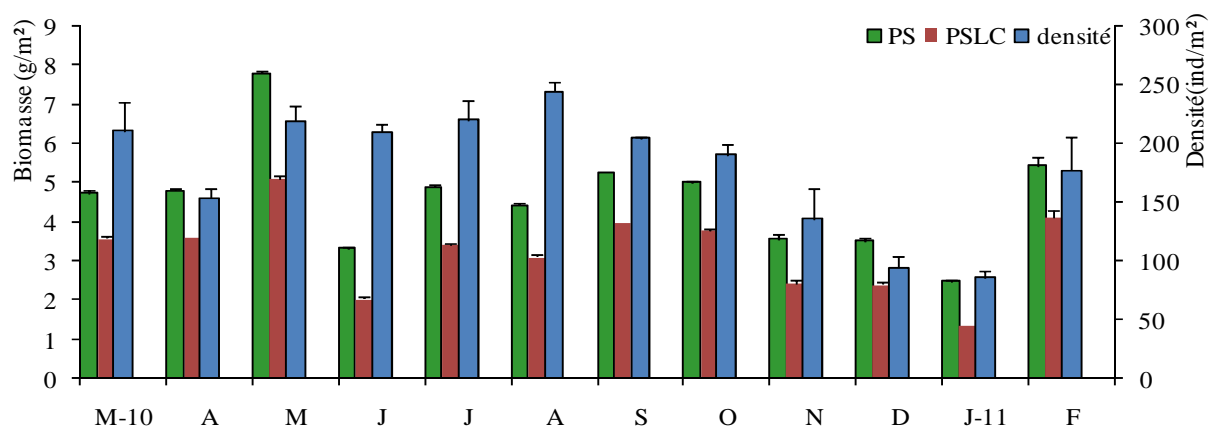


Figure 33. Variations mensuelles de la biomasse (g.m^{-2} , en PS et PSLC) et de la densité (ind.m^{-2}) dans la station 3.

- **Station 4 :** Elle est caractérisée par une importante abondance en individus, soit une densité moyenne de $417 \pm 170,20 \text{ ind.m}^{-2}$, pour une biomasse de $8,69 \pm 3,13 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $6,63 \pm 2,82 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC). La biomasse maximale de $13,15 \pm 0,33 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $10,47 \pm 0,26 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC) est enregistrée en avril. Tandis qu'un minimum de $3,52 \pm 0,02 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $2,58 \pm 0,02 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC) est rencontré en novembre (**Fig. 34**).

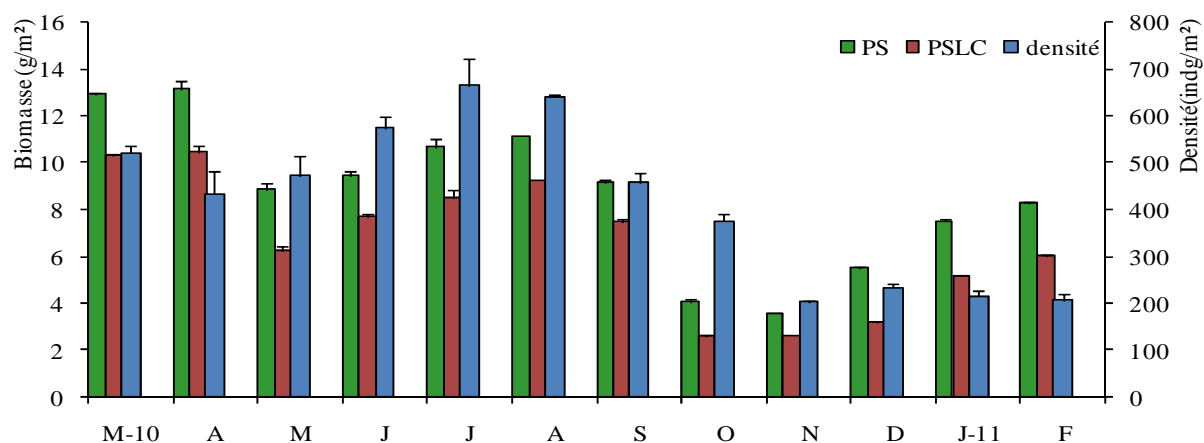


Figure 34. Variations mensuelles de la biomasse (g.m^{-2} , en PS et PSLC) et de la densité (ind.m^{-2}) dans la station 4.

- **Station 5 :** Dans cette station, les résultats obtenus révèlent une biomasse moyenne de $5,36 \pm 2,12 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $3,27 \pm 1,93 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC), celle-ci correspond à une densité moyenne de $266,5 \pm 117,38 \text{ ind.m}^{-2}$. La biomasse maximale est de $8,77 \pm 0,29 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $6,75 \pm 0,17 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC), relevée en août. Alors que, la plus faible valeur de $1,78 \pm 0,02 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $0,61 \pm 0,01 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC) est notée en novembre (**Fig. 35**).

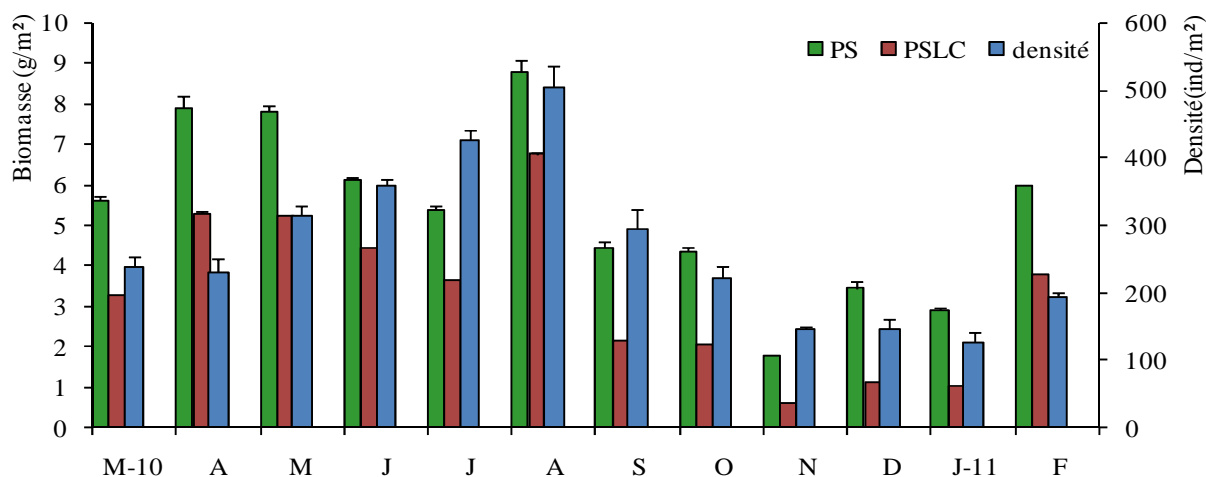


Figure 35. Variations mensuelles de la biomasse (g.m^{-2} , en PS et PSLC) et de la densité (ind.m^{-2}) dans la station 5.

Durant cette étude la répartition de la biomasse moyenne à l'échelle des stations prospectées, montre que les stations 4 et 5 offrent les valeurs les plus élevées avec $8,69 \pm 3,13 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $6,63 \pm 2,82 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC) et $5,36 \pm 2,12 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $3,27 \pm 1,93 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC), respectivement. Tandis que la station 2 la plus profonde, offre par conséquent la plus faible biomasse avec $0,43 \pm 0,41 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $0,22 \pm 0,20 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC) seulement (**Fig. 35**).

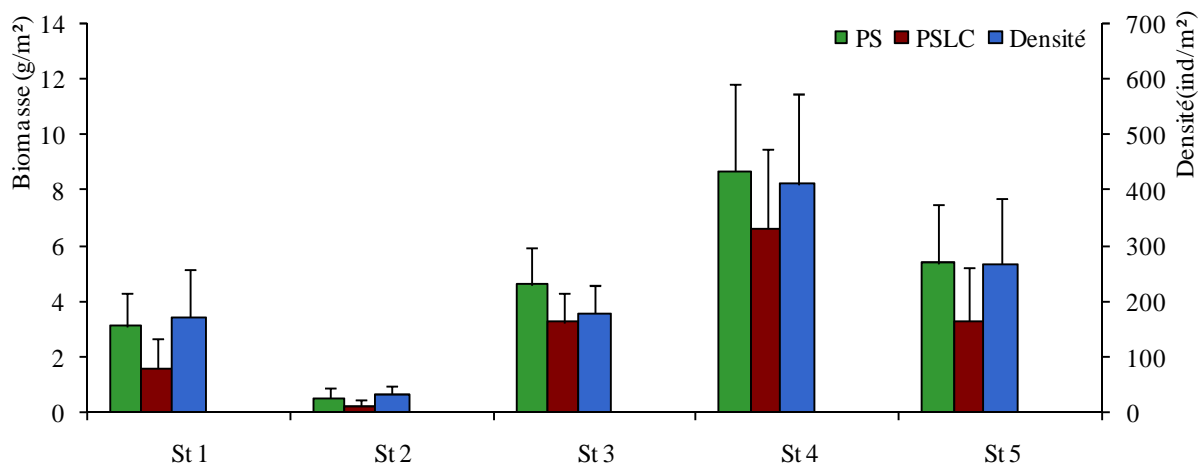


Figure 36. Variations spatiales de la biomasse (g.m^{-2} , en PS et PSLC) et de la densité (ind.m^{-2}) dans la lagune Mellah.

- **A l'échelle de la lagune :** La lagune Mellah renferme une biomasse moyenne $4,44 \pm 1,27 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $2,99 \pm 1,09 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC), pour une densité moyenne de $213,31 \pm 80,66 \text{ ind.m}^{-2}$ seulement (**Fig. 37**). Les valeurs extrêmes de ce paramètre sont observées en août avec $6,13 \pm 4,59 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $4,15 \pm 3,54 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC) et en novembre avec $2,39 \pm 1,49 \text{ g.m}^{-2}$ (PS), soit $1,49 \pm 1,01 \text{ g.m}^{-2}$ (PSLC).

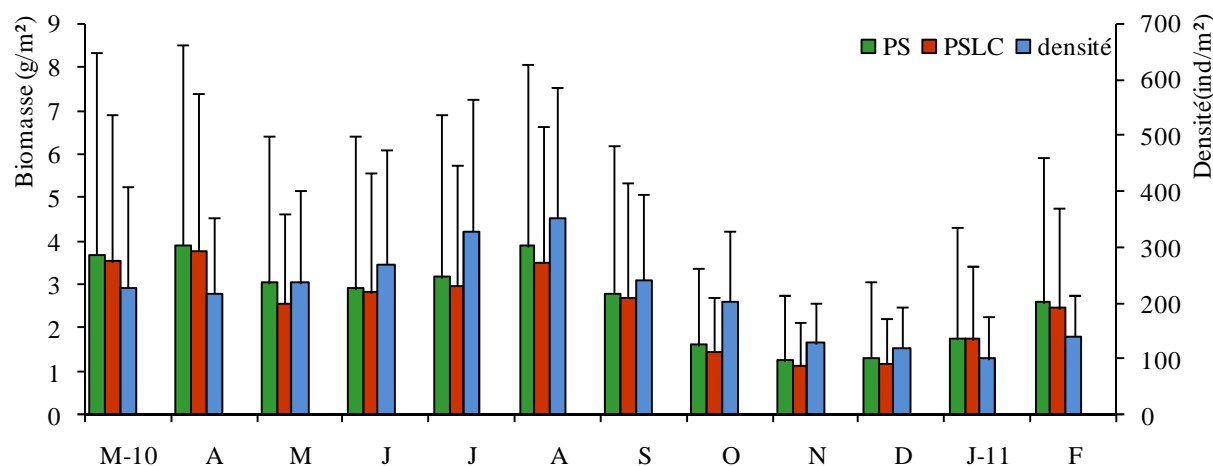


Figure 37. Variations mensuelles de la biomasse (g.m^{-2} , en PS et PSLC) et de la densité (ind.m^{-2}) à l'échelle de la lagune Mellah.

En tenant compte des mois, et d'après les résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (**Tab. V**), on note qu'il y'a une différence très hautement significatives ($P \leq 0,001$) entre les cinq stations au cours de la période d'étude. Le test HSD de Tukey révèle le classement montré dans le tableau ci-dessous :

Tableau V. Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la biomasse de la faune malacologique en fonction des mois ($N = 3$), selon les stations prospectées dans la lagune.

Mois	F_{obs}	P	Tukey
Mars	6744,03	0,000***	1[D] - 2[E] - 3[C] - 4[A] - 5[B]
Avril	395,08	0,000***	1[D] - 2[E] - 3[C] - 4[A] - 5[B]
Mai	338,21	0,000***	1[C] - 2[D] - 3[B] - 4[A] - 5[B]
Juin	4801,33	0,000***	1[C] - 2[D] - 3[C] - 4[A] - 5[B]
Juillet	1115,19	0,000***	1[C] - 2[D] - 3[BC] - 4[A] - 5[B]
Aout	1162,45	0,000***	1[C] - 2[E] - 3[D] - 4[A] - 5[B]
Septembre	3394,77	0,000***	1[D] - 2[E] - 3[B] - 4[A] - 5[B]
Octobre	580,53	0,000***	1[C] - 2[D] - 3[A] - 4[B] - 5[B]
Novembre	1207,73	0,000***	1[B] - 2[D] - 3[A] - 4[A] - 5[C]
Décembre	1066,45	0,000***	1[C] - 2[D] - 3[B] - 4[A] - 5[B]
Janvier	2707,72	0,000***	1[C] - 2[D] - 3[BC] - 4[A] - 5[B]
Février	425,86	0,000***	1[D] - 2[E] - 3[C] - 4[A] - 5[B]

L'analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) (**Tab.VI**), révèle une différence très hautement significative le facteur temps et station et l'interaction temps/stations ($P \leq 0,001$).

Tableau VI. Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la biomasse de la faune malacologique dans les cinq stations durant la période d'étude.

Sources de variation	F_{obs}	P
Stations	8539,50	0,000***
Mois	637,84	0,000***
Station*Mois	188,78	0,000***

4.2.4. Structure et organisation

Les variations spatiales des indices de Shannon (H') et d'équitabilité (E) chez les mollusques de la lagune Mellah lors de cette étude, sont indiquées dans la **figure 38**. C'est ainsi que la station 1 sous influence marine et la station 2 marquée par un confinement bathymétrique enregistrent les valeurs extrêmes de ces deux indices avec respectivement 2,70 bits et 0,92 (station 1) et 0,37 bits et 0,36 (station 2). Les variations spatio-temporelles des indices de Shannon (H') et d'équitabilité (E) à l'échelle des stations prospectées dans la lagune Mellah sont indiquées dans la **figure 38**.

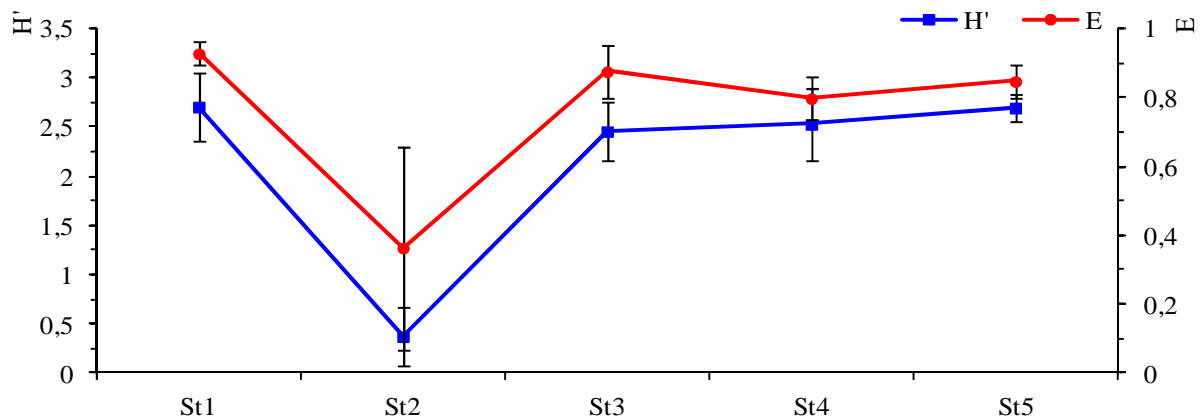


Figure 38. Variations mensuelles des indices de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité (E) dans les différentes stations prospectées dans la lagune Mellah.

- **Station 1 :** Le Nord de la lagune, enregistre durant la période d'étude une diversité et une équitabilité les plus élevées ($H' = 2,0$ bits et $E = 0,92$). Les valeurs de ces indices passent respectivement par un minimum de 2,01 bits et 0,86 (décembre) à un maximum de 3,14 bits et 0,94 (juin).
- **Station 2 :** Dans cette station (centre de la lagune), l'indice de Shannon au cours de cette étude est de 0,37 bits, alors que l'indice d'équitabilité est de 0,36. Par ailleurs, les extrêmes de ces indices oscillent respectivement entre 0,06 bits et 0,06 (mai) et 0,93 bits et 0,93 (juillet).
- **Station 3 :** Dans le Sud du Mellah, les indices de Shannon et d'équitabilité sont de 2,45 bits et 0,87. Les variations mensuelles montrent que les deux indices passent par des valeurs minimales de 1,87 bits et 0,72 (avril) pour atteindre des maxima de 2,95 bits et 0,93 (mars).
- **Station 4 :** Au Nord-Ouest de la lagune, les indices écologiques H' et E sont de 2,52 bits et 0,77 respectivement. Les valeurs extrêmes varient entre $H' = 1,82$ bits et $E = 0,70$ (février), et $H' = 2,94$ bits (juin) ; $E = 0,87$ (mars).

- **Station 5 :** A l'Est de la lagune, l'indice de Shannon et d'équitabilité enregistrent des valeurs respectives de 2,69 bits et 0,84. Les maxima de ces deux indices respectifs, sont de 2,90 bits et 0,91 (mars) et les minima sont de 2,41 bits et 0,80 (février).

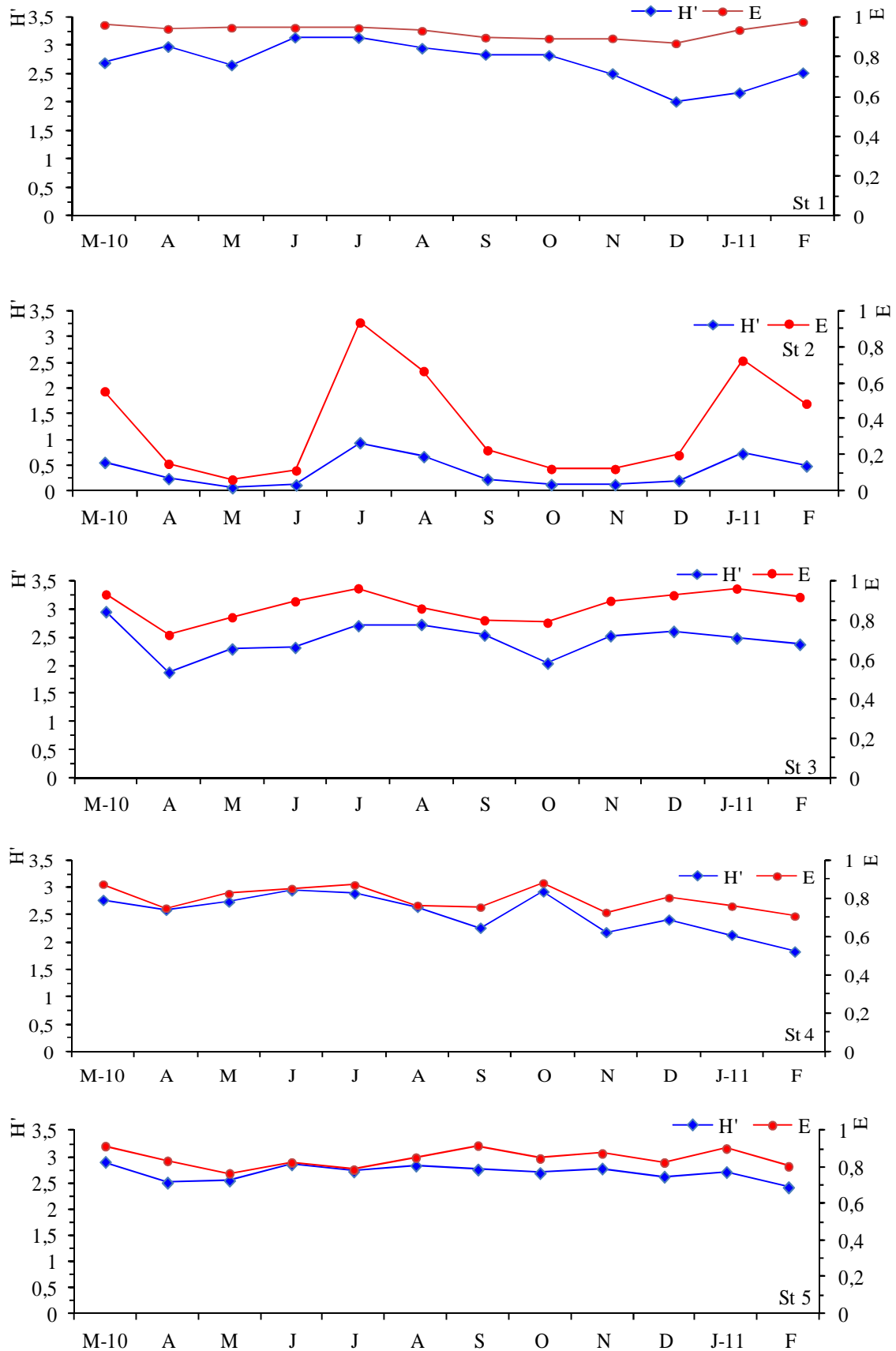


Figure 39. Variations mensuelles des indices de Shannon (H') et d'équitabilité (E) dans les différentes stations prospectées dans la lagune Mellah.

4.3. Faune associée aux mollusques

L'analyse qualitative de la faune accompagnatrice des mollusques de la lagune Mellah a permis l'identification de 39 espèces (**Tab. VII**) : 22 Annélides (21 Polychètes et 1 Oligochète), 11 Crustacés (4 Amphipodes, 4 Isopodes, 2 Décapodes et 1 Maxillopode) et 6 espèces rassemblées dans un groupe nommé Divers dont la représentation numérique est faible : Némathelminthes, Némertiens, Échinodermes, Plathelminthes, Cnidaires et les larves de Chironomidés.

Tableau VII. Inventaire de la faune associée aux mollusques de la lagune Mellah (mars 2010 – février 2011).

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Espèce
Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nereidae	<i>Platynereis coccinea</i> (della Chiaje, 1822)
				<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)
				<i>Micronereis variegata</i> Claparède, 1863
			Phyllodocidae	<i>Phyllodoce pusilla</i> (Claparède, 1870)
				<i>Phyllodoce</i> sp.
			Aphroditidae	<i>Harmathoë spinifera</i> (Ehlers, 1864)
		Hesionidae	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Kefertein, 1863)	
		Syllidae	<i>Fauvelia martinensis</i> Gravier, 1900	
		Capitellida	Capitellidae	<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)
				<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)
	<i>Capitellides giardi</i> Mesnil, 1897			
	Spionida	Spionidae	<i>Spio filicornis</i> (Müller, 1776)	
			<i>Pygospio elegans</i> Claparède, 1863	
			<i>Scolelepis fuliginosa</i> (Claparède, 1870)	
			<i>Prionospio malmgreni</i> Claparède, 1869	
Orbiniida	Orbiniidae	<i>Prionospio cirrifera</i> Wirén, 1883		
		<i>Spiophanes bombyx</i> (Claparède, 1870)		
Opheliida	Opheliidae	<i>Nainereis laevigata</i> (Grube, 1855)		
Canalipalpata	Terebellidae	<i>Aricia foetida</i> Claparède, 1869		
Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Armandia polyopthalma</i> Kükenthal, 1887	
			<i>Amphitrite edwardsi</i> (Quatrefages, 1866)	
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Corophiidae	<i>Tubifex</i> sp.
			Aoridae	<i>Corophium insidiosum</i> Crawford, 1937
			Gammaridae	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> Costa, 1853
			Maeridae	<i>Gammarus aequicauda</i> (Martynov, 1931)
		Isopoda	Idoteidae	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)
			Anthuridae	<i>Idotea baltica</i> (Pallas, 1772)
			Munnidae	<i>Cyathura carinata</i> (Krøyer, 1847)
	Decapoda Brachyura	Portunidae	<i>Munna minuta</i> Hansen, 1916	
			<i>Paragnathia formica</i> (Hesse, 1864)	
	Decapoda Macrura	Peneidae	<i>Carcinus aestuarii</i> Nardo, 1847	
Maxillopoda	Sessilia	Balanidae	<i>Penaeus kerathurus</i> (Forskål, 1775)	
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Balanus</i> sp.	
Cnidaria	Anthozoa	Actiniaria	Actiniidae	<i>Chironomus</i> sp.
Echinodermata	Ophiuroidea	Ophiurida	Ophiuridae	<i>Actinia</i> sp.
Nemertea	Anopla	-	-	<i>Ophiura texturata</i> Lamarck, 1816
Nematoda	-	-	-	Némerte indet.
Plathelminthes	Turbellaria	-	-	Nématode indet.
				Planaire indet.

5. Espèce potentiellement exploitable : la coque *Cerastoderma glaucum*

5.1. Cartographie et estimation du stock naturel

- **Cartographie** : En raison du nombre important des stations prospectées (46), nous les avons regroupé en quatre secteurs majeurs selon leur position (cf. chapitre matériel et méthodes). Les variations de la densité de *Cerastoderma glaucum* dans la lagune Mellah sont très inégale (**Fig. 40**). En effet, le secteur Nord-Ouest est la zone la plus dense en coque ($135,5 \pm 25,74 \text{ ind.m}^{-2}$), alors que le reste des rives de la lagune présentent des densités qui oscillent entre $16,6 \pm 18,03 \text{ ind.m}^{-2}$ (secteur Ouest) et $45,65 \pm 21,28 \text{ ind.m}^{-2}$ (Secteur Sud) (**Fig. 40**). A l'échelle des stations c'est la station 4 au Nord-Ouest de la lagune qui offre la plus forte densité avec 178 ind.m^{-2} (**Fig. 41**).

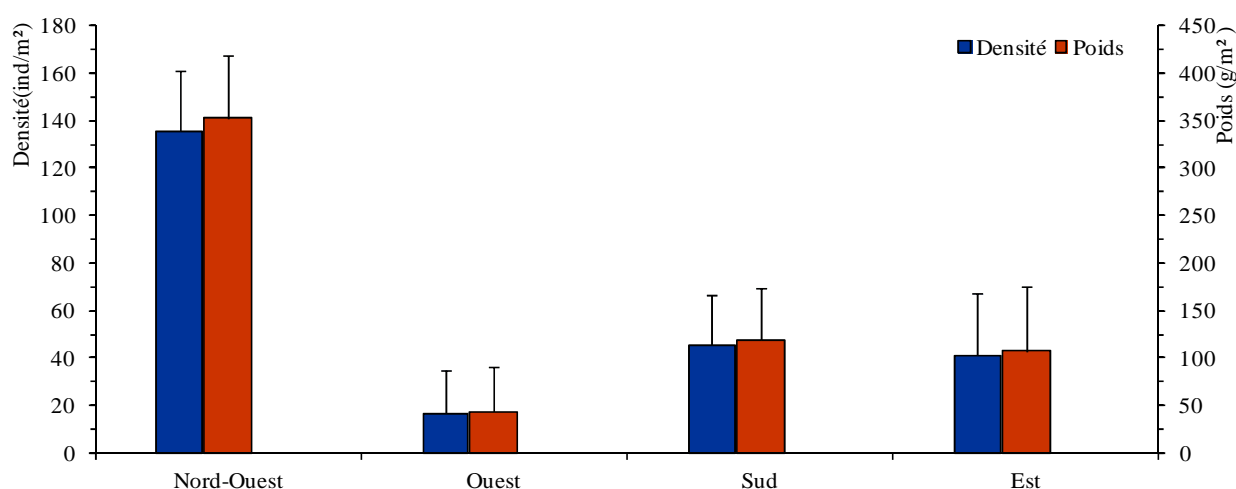


Figure 40. Variations zonale de la densité (ind.m^{-2}) et du poids frais ($W_s, \text{g.m}^{-2}$) de *Cerastoderma glaucum* dans les secteurs prospectés de la lagune Mellah (avril 2010).

Le suivi de la distribution spatiale du poids frais, a permis de constater une certaine similarité des valeurs entre le Sud ($118,8 \pm 55,35 \text{ g.m}^{-2}$) et l'Est ($107,12 \pm 67,76 \text{ g.m}^{-2}$). D'autre par le Nord-Ouest montre le poids frais le plus élevé ($352,30 \pm 66,92 \text{ g.m}^{-2}$) (**Fig. 40**), alors que la zone Ouest enregistre les plus faibles valeurs ($43,16 \pm 46,89 \text{ g.m}^{-2}$). A l'échelle des stations, c'est la station 4 au Nord-Ouest de la lagune qui renferme le plus important poids ($462,80 \text{ g.m}^{-2}$) (**Fig. 41**).

- **Estimation du stock naturel** : La coque *Cerastoderma glaucum* colonise les rives de la lagune jusqu'à une profondeur d'environ 1,50 m, soit une bande bordière d'environ 50 m (**Fig. 42**). Sachant que la longueur des berges de la lagune Mellah où se trouve la coque, est d'environ : 7200 m, donc la surface de distribution de ce bivalve est de $360\,000 \text{ m}^2$ (36 ha). Par ailleurs, le poids frais moyen avec test de la coque à l'échelle de la zone de répartition est de 0,14 Kg. Donc :

$$B_i = 0,14(360\,000/1)X(1/1) = 50\,400 \text{ Kg}$$

Le stock naturel total (poids humide avec test) limité à la ceinture côtière (< 1,50 m) de la lagune (environ 36 ha) sera estimée à : 50,4 tonne

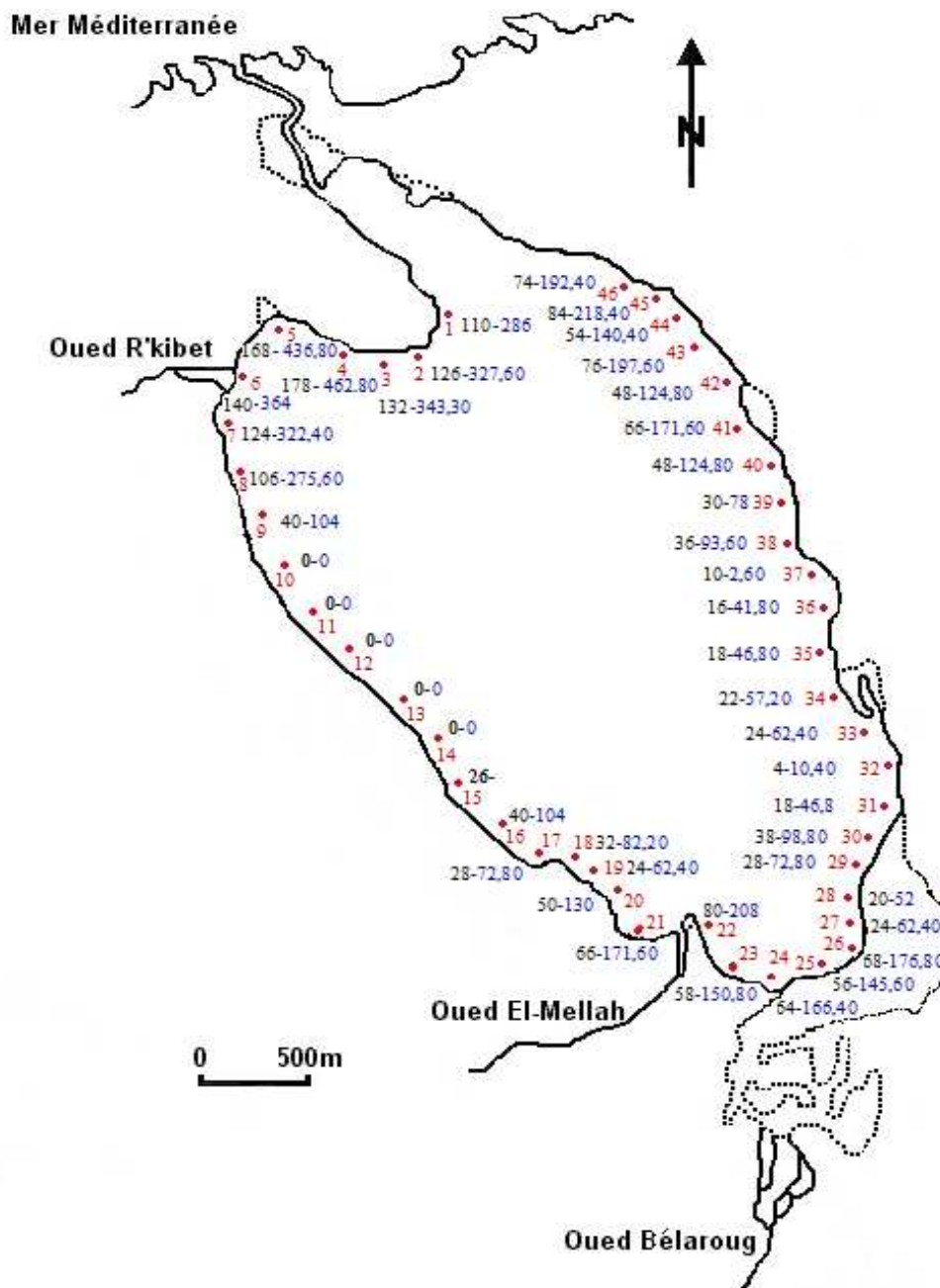


Figure 41. Répartition spatiale de la densité (ind.m², en noir) et poids frais (g.m², en bleu) de la coque *Cerastoderma glaucum* dans les stations prospectées (en rouge) dans la lagune Mellah (avril 2010).

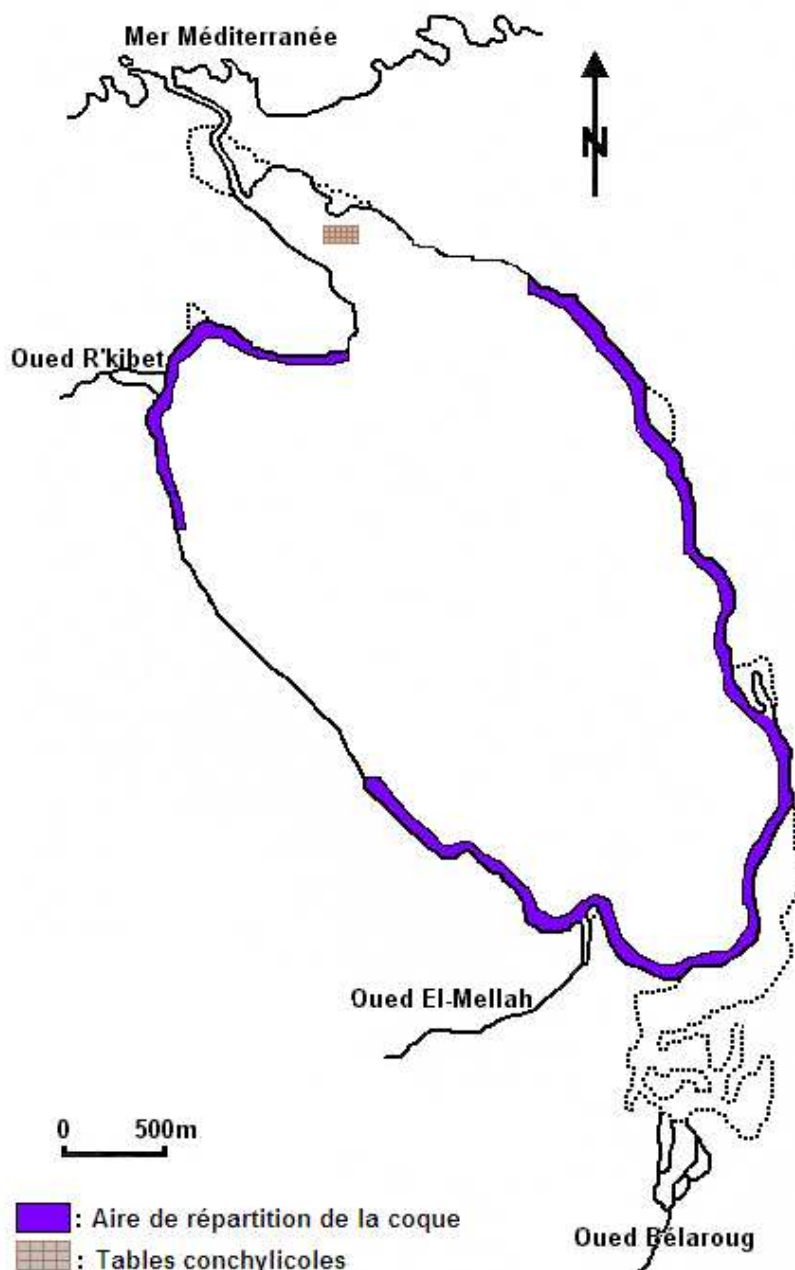


Figure42. L'aire de répartition de la coque *Cerastoderma glaucum* dans la lagune Mellah.

5.2. Densité biomasse

- **Densité** : L'analyse numérique des prélèvements de la coque *Cerastoderma glaucum* dans les trois stations sélectionnées (Fig. 13), a permis de constater un véritable déclin du stock dans la lagune, que se soit sur le banc Est ou Sud ou encore sur la rive Nord-Ouest et ceci en comparaison avec la situation durant les années 1990 et début 2000. L'analyse numérique des prélèvements de la coque *C. glaucum* dans la lagune Mellah (Fig. 43), montre une variation saisonnière notable selon les stations sur les trois rives : Est, Sud et Nord-Ouest.

➤ **Station 1** : Elle présente des effectifs qui oscillent entre 22 ± 9 ind.m⁻² (novembre, janvier 2011) et 78 ± 12 ind.m⁻² (mai).

➤ **Station 2 :** Dans cette station les densités évoluent entre 28 ± 5 ind.m⁻² (janvier 2011) et 98 ± 22 ind.m⁻² (mai). Par ailleurs, l'allure générale des fluctuations quantitatives est très semblable à de la station 1, mais avec une légère supériorité numérique.

➤ **Station 3 :** Le secteur Nord-Ouest de la lagune semble être la zone d'accumulation de la coque, notamment les plus jeunes individus. En effet, cette partie de la lagune présente des effectifs qui varient entre 34 ± 9 (octobre) et 176 ± 34 ind.m⁻² (avril).

➤ **A l'échelle de la lagune :** L'évolution mensuelle des densités moyennes de la population de *Cerastoderma glaucum*, à l'échelle de la lagune (**Fig. 44**), montre des fluctuations saisonnières clairement décelables entre les extrêmes des conditions climatiques estivales et hivernales. En effet, le suivi mensuelle de la densité, permet de distinguer une valeur élevée en Avril avec une moyenne de $103,33 \pm 51,69$ ind.m⁻², elle subi une baisse numérique, où elle chute jusqu'à la valeur de $34,66 \pm 9,28$ ind.m⁻² en Novembre.

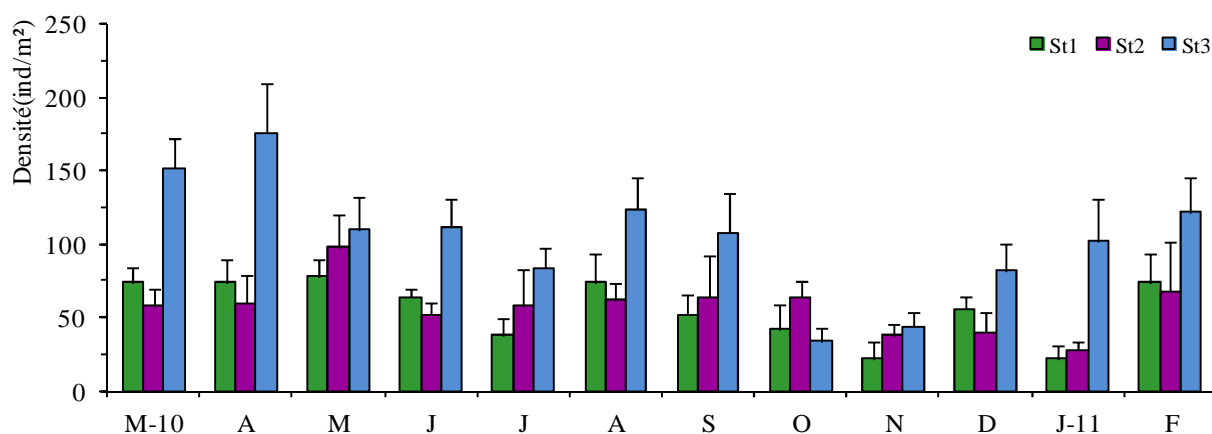


Figure 43. Variations mensuelles de la densité (ind.m⁻²) de la coque *Cerastoderma glaucum* dans les trois stations prospectées dans la lagune Mellah.

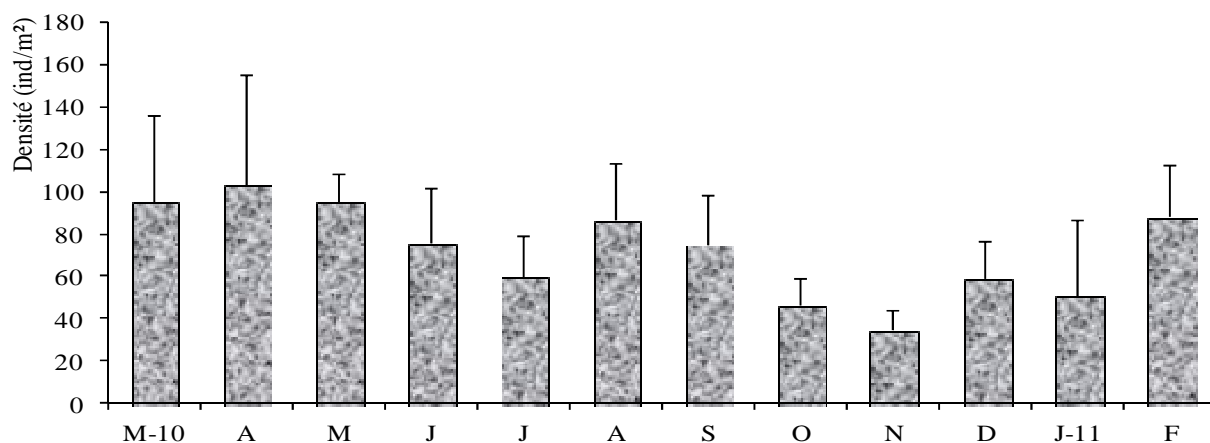


Figure 44. Variations mensuelles de la densité moyenne (ind.m⁻²) de la coque *Cerastoderma glaucum* à l'échelle de la lagune Mellah.

En tenant compte des mois, et d'après les résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (**Tab. VIII**), on note qu'il y'a une différence très hautement significatives ($P \leq 0,001$) entre les trois stations au mois de mars et une différence

hautement significative ($P \leq 0,01$) pour avril et janvier, par ailleurs on note une différence significative pour les mois de août et décembre. Le test HSD de Tukey révèle le classement montré dans le tableau ci-dessous :

Tableau VIII. Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la densité de la coque *cerastoderma glaucum* fonction des mois ($N=3$), selon les stations prospectées dans la lagune.

Mois	F _{obs}	P	Tukey
Mars	36,66	0,000***	1[B] - 2[B] - 3[A]
Avril	20,71	0,002**	1[B] - 2[B] - 3[A]
Mai	2,12	0,202 N.S	1[B] - 2[AB] - 3[A]
Juin	19,68	0,002**	1[B] - 2[B] - 3[A]
Juillet	4,96	0,053 N.S	1[B] - 2[AB] - 3[A]
Aout	9,84	0,013*	1[B] - 2[B] - 3[A]
Septembre	4,58	0,062 N.S	1[A] - 2[A] - 3[A]
Octobre	4,42	0,066 N.S	1[A] - 2[A] - 3[A]
Novembre	4,38	0,067 N.S	1[A] - 2[A] - 3[A]
Décembre	7,26	0,025*	1[AB] - 2[B] - 3[A]
Janvier	18,87	0,003**	1[B] - 2[B] - 3[A]
Février	3,78	0,087N.S	1[A] - 2[A] - 3[A]

L'analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) (**Tab.IX**), révèle une différence très hautement significative pour le facteur temps et station et l'interaction temps/ stations ($P \leq 0,001$).

Tableau IX. Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la densité de la coque *cerastoderma glaucum* dans les trois stations durant la période d'étude.

Sources de variation	F _{obs}	P
Stations	81,67	0,000***
Mois	13,13	0,000***
Station*Mois	4,06	0,000***

- **Biomasse :** L'étude des fluctuations de la biomasse exprimée en poids sec dans les différentes stations prospectées, indique une évolution saisonnière assez similaire à celle des densités (**Fig. 45**).

➤ **Station 1 :** Les variations mensuelles de la biomasse au niveau de cette station, enregistrent d'importantes fluctuations temporelles. C'est ainsi qu'on rencontre un pic de 4,52 g.m⁻² (mars), ensuite elle conserve la même allure jusqu'à la saison estivale pour subir une baisse remarquable durant la saison hivernale, où la plus petite valeur de 1,34 g.m⁻² est relevée durant le mois de janvier. Ensuite, un accroissement de la biomasse qui s'amorce à partir de février.

➤ **Station 2 :** Une biomasse maximale de 6,04 g.m⁻² a été rencontrée durant le mois de mai avec le début du réchauffement des eaux de la lagune. D'une manière générale, on remarque que l'allure de l'évolution temporelle de la courbe de la biomasse dans cette station est assez similaire de celle de la station précédente.

➤ **Station 3 :** Il faut rappeler que les plus fortes biomasses sont rencontrées au sud de la lagune, où se trouve la station 3. Les extrêmes notés dans cette partie de la lagune passent de $2,06 \text{ g.m}^{-2}$ (octobre) à $10,78 \text{ g.m}^{-2}$ (avril).

➤ **A l'échelle de la lagune :** L'analyse des variations mensuelles de la biomasse moyenne à l'échelle de la lagune Mellah (**Fig. 46**), permet de constater l'existence de deux périodes de densité inégale. En effet, la biomasse est plus élevée durant le printemps et l'été, puis cette biomasse chute lors de l'automne et l'hiver. Les valeurs extrêmes de ce paramètre sont respectivement $6,32 \pm 3,17 \text{ g.m}^{-2}$ (avril) et $2,11 \pm 0,56 \text{ g.m}^{-2}$ (novembre).

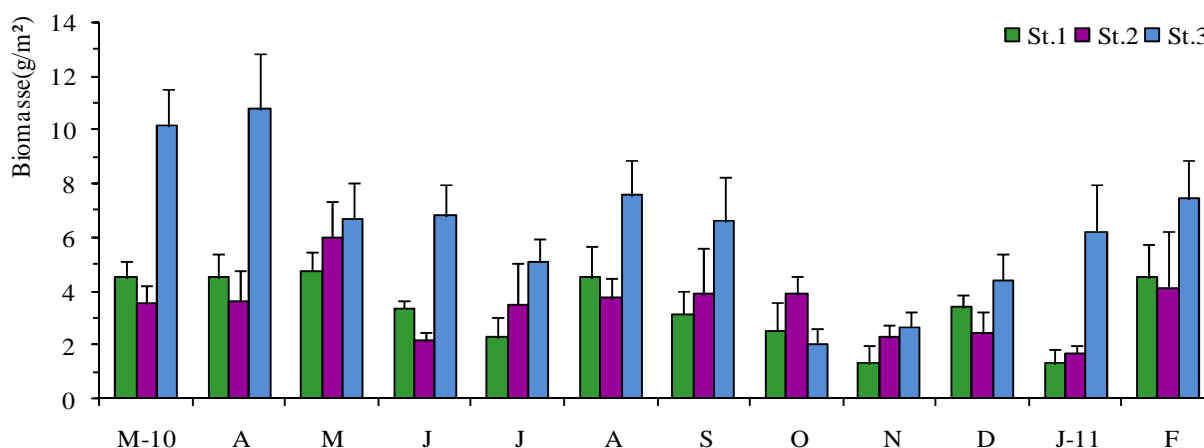


Figure 45. Variations mensuelles de la biomasse (g.m^{-2}) de la coque *Cerastoderma glaucum* dans les trois stations prospectées dans la lagune Mellah.

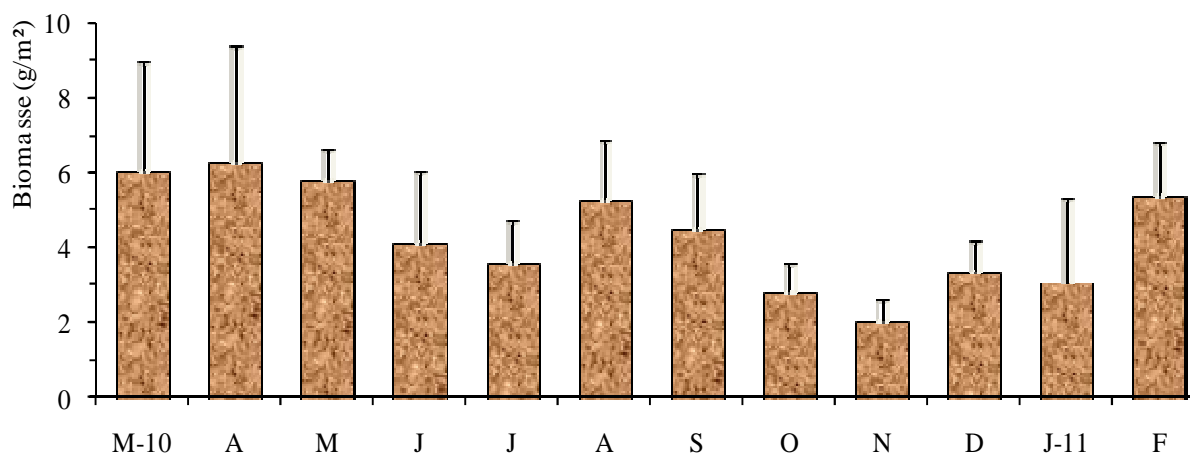


Figure 46. Variations mensuelles de la biomasse moyenne (g.m^{-2}) de la coque *Cerastoderma glaucum* à l'échelle de la lagune Mellah.

En tenant compte des mois, et d'après les résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (**Tab. X**), on note qu'il y'a une différence très hautement significatives ($P \leq 0,001$) entre les trois stations au mois de mars et avril. Alors qu'en mois d'avril, juin et aout il y'a une différence hautement significative ($P \leq 0,01$). Le test HSD de Tukey révèle le classement montré dans le tableau ci-dessous :

Tableau X. Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la biomasse de la coque *cerastoderma glaucum* en fonction des mois (N =3), selon les stations prospectées dans la lagune.

Mois	F _{obs}	P	Tukey
Mars	13,04	0,007**	1[B] - 2[B] - 3[A]
Avril	10,27	0,012*	1[B] - 2[B] - 3[A]
Mai	1,66	0,267N.S	1[A] - 2[A] - 3[A]
Juin	9,81	0,013*	1[B] - 2[B] - 3[A]
Juillet	4,43	0,066N.S	1[A] - 2[A] - 3[A]
Août	5,29	0,047*	1[A] - 2[A] - 3[A]
Septembre	3,84	0,085N.S	1[A] - 2[A] - 3[A]
Octobre	1,56	0,284N.S	1[A] - 2[A] - 3[A]
Novembre	3,73	0,088 N.S	1[A] - 2[A] - 3[A]
Décembre	2,72	0,145 N.S	1[A] - 2[A] - 3[A]
Janvier	14,52	0,005**	1[B] - 2[B] - 3[A]
Février	3,36	0,105N.S	1[A] - 2[A] - 3[A]

L'analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) (**Tab. XI**), révèle une différence très hautement significative ($P \leq 0,001$) facteur temps et station et une différence significative pour l'interaction temps/ stations ($P \leq 0,05$).

Tableau XI. Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la biomasse de la coque *cerastoderma glaucum* dans les trois stations durant la période d'étude.

Sources de variation	F _{obs}	P
Stations	54,57	0,000***
Mois	6,28	0,000***
Station*Mois	2,05	0,012*

5.3. Variations de l'indice de condition

L'analyse des variations mensuelles de l'indice de condition (**Fig. 44**) chez la coque *Cerastoderma glaucum* de la lagune Mellah, permet de constater un maximum du poids corporel en pleine période printanière ($3,89 \pm 0,02\%$ en mai). Un second pic très similaire au premier est enregistré à la fin de la saison automnale début hiver ($3,67 \pm 0,03\%$ en décembre).

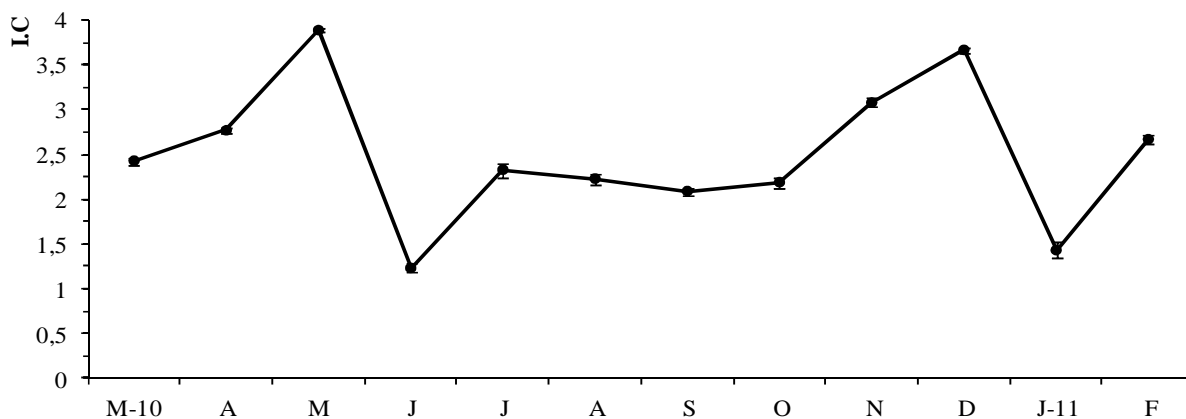


Figure 47. Variations mensuelles de l'indice de condition (I.C.) chez la coque *Cerastoderma glaucum* de la lagune Mellah (mars 2010 – février 2011), ($m \pm s$, $n = 60$).

5.4. Structure des tailles et détermination du recrutement

L'analyse des histogrammes de fréquences de tailles chez la coque *Cerastoderma glaucum* du Mellah (**Fig. 48**), fait apparaître en mois de mars un petit lot de juvénile composé de avec 1,4% soit 4 individus appartenant à la plus petite classe de tailles de [2-4[mm. Cette dernière disparaît, pour réapparaître en mois de juin et elle s'étale sur toute la saison estivale jusqu'au mois de septembre, où l'effectif de ces jeunes recrues oscille entre 1,79 soit 4 (juin) et 8,92% soit 20 individus (septembre). Durant la période d'étude, la plus petite classe de tailles rencontrée chez la coque *Cerastoderma glaucum* de la lagune Mellah correspond à celle de [2-4[mm, où la taille minimale enregistrée est de 3,25 mm, relevée en septembre à la station 3 au Nord-Ouest de la lagune. Alors que la plus grande classe de tailles rencontrée est relative à celle de [34-36[mm, avec une taille maximale individuelle de 35,86 mm, collectée en juin à la station 1 à l'Est de la lagune.

5.5. Croissance

- **Croissance linéaire absolue :** L'application de la méthode de [Bhattacharya \(1967\)](#), nous a permis de dresser des couples âges-longueurs (**Tab. XII**).

Tableau XII. Détermination des classes d'âge de *Cerastoderma glaucum* dans la lagune Mellah selon la méthode de Battacharya.

Age (ans)	Population totale (N = 2610)	
	Longueur total (mm)	Ecart-type
1	3,22	2,4
2	23,19	4,18

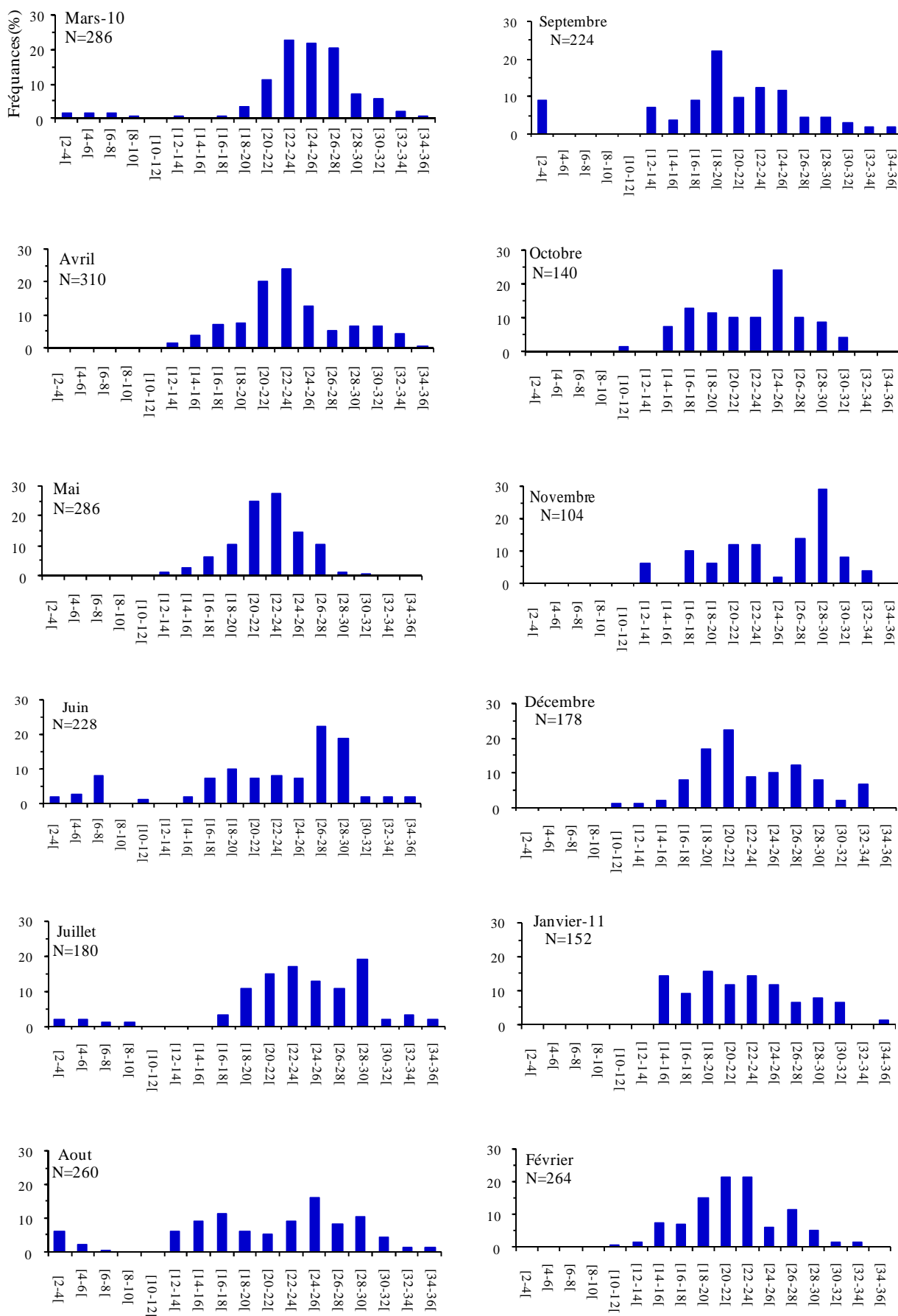


Figure 48. Fréquences de tailles (mm) chez la coque *Cerastoderma glaucum* de la lagune Mellah (mars 2010 – février 2011).

Par ailleurs, l'utilisation de ces couples à l'aide du logiciel Fishsat II (version 1.2.3) nous a permis d'établir l'équation du modèle de Bertalanffy (1938) suivante :

$$L_t = 46,38 [1 - e^{-0,25(t + 1,42)}]$$

$$L_{\infty} = 46,38 \quad k = 0,25 \quad t_0 = -1,42$$

C'est ainsi que durant la première année, on assiste à une croissance en longueur importante des individus appartenant à cette cohorte, celle-ci atteint 21,33 mm. Ensuite, l'allongement annuel diminue progressivement, où la taille des individus augmente de 5,57 mm seulement durant la deuxième année (Fig. 49).

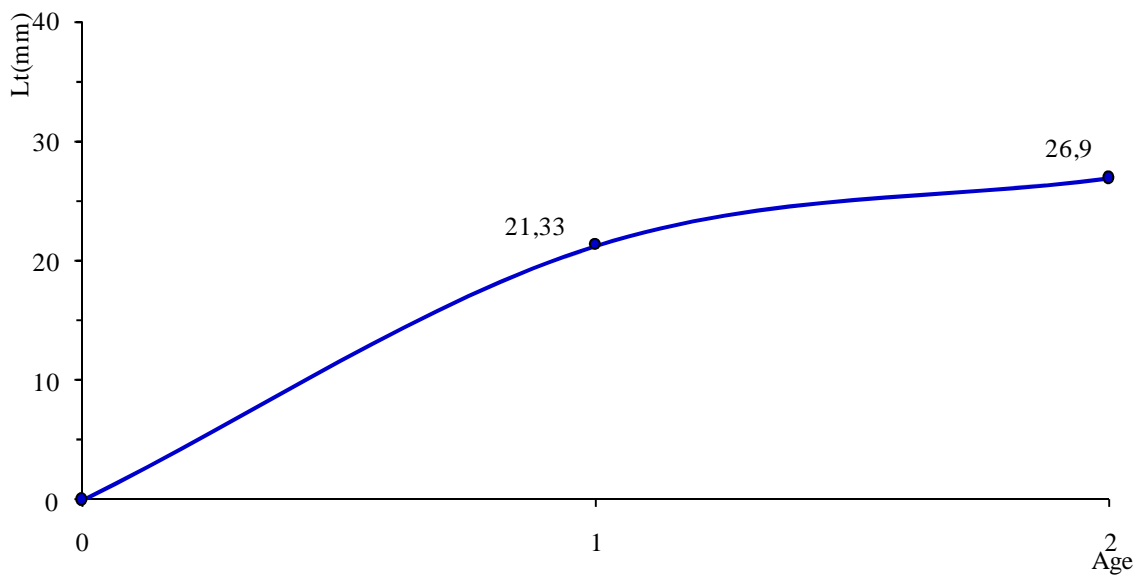


Figure 49. Croissance linéaire observée et théorique chez la population *Cerastoderma glaucum* de la lagune Mellah.

- **Relation taille – poids :** L'examen de 100 individus pris au hasard dans nos échantillons correspondant aux quatre saisons et, représentant des longueurs L (mm) et des poids frais Pt (mg) (Fig. 50), a permis d'établir la relation taille – poids suivante :

$$Pt = 0,0005L^{-2,62}$$

La relation entre la taille et le poids chez la coque du Mellah, montre une proportionnalité dans la croissance linéaire et pondérale, exprimée par un coefficient de corrélation élevé ($r = 0,90$). D'autre part, dans cette analyse, le coefficient d'allométrie ($b = 2,62$; $t_{obs} = 5,68$) est inférieur à 3, traduisant ainsi une croissance d'allométrie minorante, pour laquelle la taille croît plus rapidement que le poids.

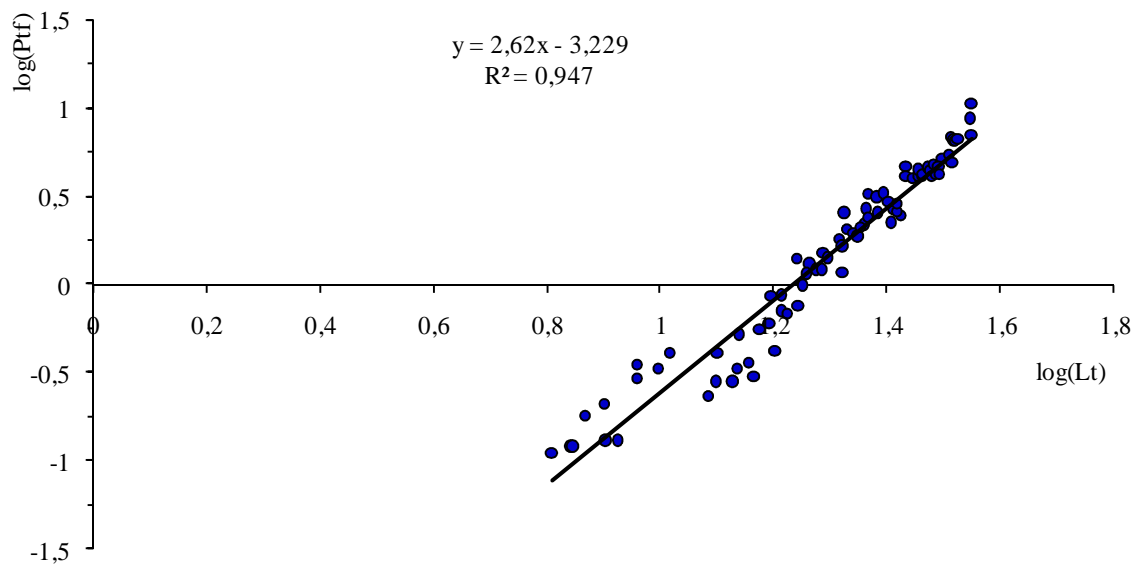


Figure 50. Corrélation entre la longueur (mm) et le poids (poids humide en g) chez la coque *Cerastoderma glaucum* de la lagune Mellah : diagramme de dispersion et droite de régression.

CHAPITRE IV : DISCUSSION

CHAPITRE IV : DISCUSSION

1. Physico-chimie

La température est un facteur écologique qui conditionne la répartition des organismes aquatiques. En effet, elle revêt une importance capitale directement dans l'activité métabolique des organismes, ou indirectement en modifiant les facteurs écologiques du milieu et par conséquent leur répartition biogéographique.

La similarité des fluctuations thermiques enregistrées au niveau de l'ensemble des stations prospectées de la lagune a été signalée par [Grimes \(1994\)](#), [Refes \(1994\)](#) et [Draredja \(2005 et 2007\)](#) dans ce même milieu. En effet, lors de notre étude l'analyse de ce paramètre a montré une certaine homogénéité thermique des eaux de la lagune, notamment lorsqu'il s'agit d'un écosystème peu profond comme c'est le cas du Mellah ([Bakalem et Romano, 1979](#) ; [Guelorget *et al.*, 1989](#) ; [Draredja, 1992 et 2007](#)). Ceci est typique à plusieurs autres lagunes et étangs méditerranéens peu profonds, comme l'étang de Citis en France ([Baudin, 1980](#)) et la lagune d'Orbetello en Italie ([Lenzi *et al.*, 2003](#)). La faible inertie thermique des eaux de la lagune est en relation directe avec la bathymétrie. Par conséquent, les eaux du Mellah sont très sensibles aux variations extérieures du degré thermique ; en raison de la faible profondeur de la colonne d'eau. Cette situation est propre à plusieurs milieux lagunaires méditerranéens ([Draredja, 2007](#)). Dans le Mellah comme d'autres lagunes et étangs méditerranéens, les écarts thermiques annuels sont importants, et atteignent jusqu'à 19°C (**Tab. XIII**), voire 20°C ([Draredja, 2007](#)). Ces écarts influent sur la biologie lagunaire en exerçant une forme de sélection des espèces. En effet, en raison de la forte amplitude thermique, certaines populations hivernales notamment chez les peuplements phytoplanctoniques disparaissent souvent en été ([Nuccio *et al.*, 2003](#) ; [Bianchi *et al.*, 2003](#) ; [Bernardi *et al.*, 2004](#)) et zooplanctoniques ([Gaudy *et al.*, 1995](#); [Haridi, 1999](#) ; [Lam-Hoai et Rougier, 2001](#)), alors que le phénomène de tolérance thermique des espèces est plus marqué chez la macrofaune benthiques ([Semroud, 1983](#) ; [Grimes, 1994](#) ; [Draredja, 2005](#)). Selon [Draredja \(2007\)](#), et contrairement aux études antérieures ([Semroud, 1983](#) ; [De Casabianca *et al.*, 1991](#)), les eaux du Mellah ne présentent pas de stratifications quelque soit la saison, selon cet même auteur ce phénomène est en relation directe avec l'agitation des eaux due à la marée semi diurne d'une part, et aux vents dominants du secteur Nord-Ouest d'autre part. Cette situation est également signalée dans d'autres lagunes et étangs méditerranéens, tels que Salses-Leucate ([Boutière *et al.*, 1981](#)) et Berre ([Kim, 1988](#)).

La salinité conditionne la répartition et la dynamique des espèces ([Verschuren *et al.*, 2000](#) ; [Llanso *et al.*, 2002](#) ; [Teske et Wooldridge, 2003](#) ; [Giménez *et al.*, 2005](#) ; [Pasquaud, 2006](#)). Les variations halines dans la lagune Mellah sont sous l'influence directe des échanges avec la mer et les apports d'eaux douces. Par ailleurs, [Draredja \(2007\)](#) signale

que les faibles différences spatiales de salinité sont dues simplement à l'effet de la durée de la marée.

Tableau XIII. Comparaison de la variabilité thermique dans différents écosystèmes méditerranéens.

Localités	Variations thermiques (°C)	Amplitudes (°C)	Références bibliographiques
Lagune Mellah (Algérie)	13,26	-	Gimazane (1982)
	12 - 30	18	Guelorget <i>et al.</i> (1989)
	12,30 - 26,20	13,90	Semroud (1983) ; De Casabianca <i>et al.</i> (1991)
	10 - 30,20	20,20	Draredja (2007)
	12,14 - 29,42	17,28	Benmarce (2008-2009)
	11,50-30,50	19	Présente étude
Lac de Tunis (Tunisie)	9,80 - 34,60	24,80	Ben Souissi <i>et al.</i> (2001)
Lagune Ghar El Melh (Tunisie)			
Lagune de Sebou (Maroc)	9 - 29,50	20,50	Romdhane et Chakroune (1986) ; Ben Abdallah et Maamouri (2006)
Lagune de Smir (Maroc)	16 - 30	14	Mergaoui <i>et al.</i> (2003)
Lagune de Ver Tell (Espagne)	12 - 16	-	Chaouti (2004)
Estuaire de Gironde (France)	6,97 - 16,59	9,62	Badosa <i>et al.</i> (2008)
Etang de Prévost (France)	0 - 26	26	Pasquaud (2006)
Etang de Thau (France)	12,20 - 24,90	12,70	Guelorget et Michel (1979a, b)
Estuaire de Seine (France)	5 - 29	24	Plus <i>et al.</i> (2003)
Lagune d'Orbetello (Italie)	6,9 - 15,80	8,90	Desroy <i>et al.</i> (2001)
Lagune de Fogliano (Italie)	4 - 26	22	Lenzi <i>et al.</i> (2003)
	6 - 28	22	Solidoro <i>et al.</i> (2004)
Lagune de Monaci (Italie)	7,50 - 28,20	20,70	Gravina <i>et al.</i> (1989)
Lagune de Carpolace (Italie)	8,90 - 29,20	20,30	Gravina <i>et al.</i> (1989)
Lagune de Torre Guaceto (Italie)	8 - 30	22	Gravina <i>et al.</i> (1989)
Lagune de Le Cesine (Italie)	6 - 29	23	Ponti <i>et al.</i> (2008)
Lagune de Pialassa Baiona (Italie)	6 - 29	23	Ponti <i>et al.</i> (2008)
Lagune Di Sacca Goro (Italie)	5 - 34	29	Ponti <i>et al.</i> (2008)
Lagune de Venise (Italie)	5,70 - 28,50	22,80	Mistri <i>et al.</i> (2001)
Lagune de Patok (Albanie)	2,20 - 28,70	26,50	Bianchi <i>et al.</i> (2004)
Lagune de Karavasta (Albanie)	4 - 30	26	Ponti <i>et al.</i> (2008)
Lagune de Tsopeli (Grèce)	4 - 30	26	Ponti <i>et al.</i> (2008)
Lagune de Papas (Grèce)	8 - 29	21	Reizopoulou <i>et al.</i> (1996)
Lagune de Gialova (Grèce)	10 - 32	22	Reizopoulou et Nicolaidou (2004)
Lagune de Vivari (Grèce)	14 - 24	10	Dounas <i>et al.</i> (1998) ; Arvanitidis <i>et al.</i> (2009)
Lagune de Vouliagmeni (Grèce)	12 - 24	12	Reizopoulou <i>et al.</i> (1996)
Lagune de Laki (Grèce)	18 - 29	11	Chintiroglou <i>et al.</i> (2004)
Lagune de Drana (Grèce)	6,70 - 25,90	19,20	Mogias et Kevrekidis (2005)
Lagune de Monolimni (Grèce)	2 - 34	32	Malea <i>et al.</i> (2004)
Lagune de Varna (Bulgarie)	1,80 - 28,50	26,70	Kevrekidis (2004a, b)
Lagune Sinoe-Leahova (Roumanie)	4,20 - 28,50	24,30	Kevrekidis <i>et al.</i> (2009)
	5 - 25	20	Ponti <i>et al.</i> (2008)
Lagune de Bardawil (Egypte)	6 - 25	19	Ponti <i>et al.</i> (2008)
Lagune de Burollus (Egypte)	15,60 - 32,70	17,10	Aboul-Ezz (1988) ; Siliem (1989)
	17 - 29,30	12,30	Samaan <i>et al.</i> (1989)

Les valeurs de salinité obtenues dans la lagune sont assez similaires à celles signalées par Refes (1994) et Grimes (1994) ayant travaillé sur ce même écosystème, et légèrement moins élevées que celles relevées en 1998 par Draredja (2007). D'autres milieux lagunaires

présentent des variations halines très proches à celles enregistrées dans le Mellah ; il s'agit du lac d'Ichkeul en Tunisie (Ben M'barek et Slim-Shimi, 2002), l'estuaire de Bou Regreg au Maroc (Cherkaoui *et al.*, 2003) et la lagune de Di Sacca Goro en Italie (Mistri *et al.*, 2001). Par contre, les eaux du Mellah sont beaucoup moins salées par rapport à celles de l'étang de Thau en France (Laugier *et al.*, 1999), la lagune de Nador au Maroc (Iouzzi *et al.*, 2007) et le lac Sud de Tunis en Tunisie (Ben Souissi *et al.*, 2001), de même pour les eaux de la lagune de Venise en Italie (Solidoro *et al.*, 2004). La comparaison des variations halines de la lagune Mellah avec d'autres écosystèmes paraliques méditerranéens, est rapportée dans le **tableau XIV**.

Tableau XIV. Comparaison de la variabilité haline dans différents écosystèmes paraliques.

Localités	Variations halines (psu)	Amplitudes (psu)	Références bibliographiques
Lagune Mellah (Algérie)	18,73 - 33,25	14,52	Refes (1994) ; Grimes (1994)
	23,50 - 34,65	11,15	Draredja (2007)
	16,28 - 36,22	19,94	Benmarce (2008-2009)
	15,40 - 28,90	13,50	Présente étude
Lac d'Ichkeul (Tunisie)	17,50 - 38,50	21	Ben M'barek et Slim-Shimi (2002)
Lac Sud de Tunis (Tunisie)	29,90 - 43,60	13,70	Ben Souissi <i>et al.</i> (2001)
Lagune de Kelibia (Tunisie)	8,24 - 18,49	10,25	Menif et Ben Hassine (2003)
Lagune de Smir (Maroc)	36	-	Chaouti (2004)
Lagune de Nador (Maroc)	35 - 40	5	Iouzzi <i>et al.</i> (2007)
Estuaire de Bou Regreg (Maroc)	14,30 - 34,70	20,40	Cherkaoui <i>et al.</i> (2003)
Etang de Prévost (France)	17 - 40	23	Guelorget et Michel (1979a, b)
Etang de Thau (France)	30,70 - 43	12,30	Laugier <i>et al.</i> (1999)
Estuaire de Seine (France)	15,25 - 25,17	9,92	Desroy <i>et al.</i> (2001)
Estuaire de Gironde (France)	0,50 - 30	29,50	Pasquaud (2006)
Lagune de Fogliano (Italie)	18 - 45	27	Gravina <i>et al.</i> (1989)
Lagune de Lungo (Italie)	13 - 33	20	Gravina <i>et al.</i> (1989)
Lagune de Fondi (Italie)	13 - 33	20	Gravina <i>et al.</i> (1989)
Lagune d'Alimini Grande (Italie)	2,20 - 34,80	32,60	Ponti <i>et al.</i> (2008)
Lagune de Torre Guaceto (Italie)	5,80 - 13,30	7,50	Ponti <i>et al.</i> (2008)
Lagune de Venise (Italie)	27 - 32	5	Solidoro <i>et al.</i> (2004)
Lagune de Di Sacca Goro (Italie)	17 - 36	19	Mistri <i>et al.</i> (2001)
Lagune de Pialassa Baiona (Italie)	5,50 - 36,70	31,20	Ponti <i>et al.</i> (2008)
Lagune de Patok (Albanie)	20 - 40	20	Ponti <i>et al.</i> (2008)
Lagune de Karavasta (Albanie)	18 - 59	41	Ponti <i>et al.</i> (2008)
Lagune de Tsoukalio (Grèce)	24 - 27	3	Nicolaidou <i>et al.</i> (2006)
Lagune de Rodia (Grèce)	17 - 19,50	2,50	Nicolaidou <i>et al.</i> (2006)
Lagune de Papas (Grèce)	20 - 42,50	22,50	Reizopoulou et Nicolaidou (2004)
Lagune de Vouliagmeni (Grèce)	17	-	Chintiroglou <i>et al.</i> (2004)
Lagune de Varna (Bulgarie)	7 - 14	7	Ponti <i>et al.</i> (2008)
Lagune de Sinoe-Leahova (Roumanie)	7 - 14	7	Ponti <i>et al.</i> (2008)

Concernant le pH des eaux de la lagune Mellah, celui-ci est légèrement alcalin et relativement constant pour l'ensemble des stations prospectées. Cette caractéristique a été déjà observée dans la majorité des lagunes méditerranéennes (**Tab. XV**).

Les courbes de variations de la teneur en matière en suspension, présentent une allure assez semblable pour la majorité des stations prospectées. Les plus fortes valeurs de ce paramètre sont enregistrées en janvier les stations dans la plupart des stations échantillonnées, en pleine période de crue. C'est ainsi que les apports pluviométriques par les ruissellements et les oueds, jouent un rôle prépondérant dans l'enrichissement en M.E.S de la colonne d'eau. Les

charges maximales sont obtenues dans les stations 3 (46,50 mg.l⁻¹), en période hivernale (janvier). En effet, cette station se localise en face des déversements respectifs des oueds El-Mellah et R'kibet. Il en est de même à l'échelle de la lagune, où on enregistre une valeur maximale de 41,54 ± 3,45 mg.l⁻¹, relevée en janvier (période de crue), contre un minimum de 4,82 ± 1,45 mg.l⁻¹ en octobre. Selon Refes (1994) et Grimes (1994), l'apport en eaux douces chargées en M.E.S semble être la cause principale de la richesse des eaux de la lagune. Ils signalent des fluctuations allant de 12 à 127 mg.l⁻¹. Selon ces deux auteurs, le fort brassage en hiver favorise nettement la remise en suspension des particules sédimentaires surtout lorsqu'il s'agit des faibles profondeurs près des rives.

Tableau XV. Comparaison de la variabilité du pH relevé dans différents milieux saumâtres méditerranéens.

Localités	Variations pH	Amplitudes	Références bibliographiques
Lagune Mellah (Algérie)	7,10 - 8,20	1,10	Semroud (1983)
	8,20	-	Guelorget <i>et al.</i> (1989)
	7 - 10	3	Draredja (2007)
	8,19 - 10,86	2,67	Benmarce (2008-2009)
	7,9-7,09	1,81	Présente étude
Lac Sud de Tunis (Tunisie)	7,90 - 9,30	1,40	Ben Souissi <i>et al.</i> (2001)
Lagune de Smir (Maroc)	7,90 - 8,30	-	Chaouti (2004)
Lagune de Nador (Maroc)	6 - 10	4	Iouzzi <i>et al.</i> (2007)
Lagune de Ver Tell (Espagne)	7,50	-	Badosa <i>et al.</i> (2008)
Estuaire de Seine (France)	8,31 - 9,20	-	Desroy <i>et al.</i> (2001)
Lagune de Vouliagmeni (Grèce)	7	-	Chintiroglou <i>et al.</i> (2004)
Lagune de Monolimni (Grèce)	7,45 - 9,32	1,87	Kevrekidis <i>et al.</i> (2009)

2. Sédimentologie

La nature du substrat est un élément fondamental dans la distribution de la faune benthique (Pères et Picard, 1964 ; Cabioch et Gentil, 1975 ; Gentil, 1976 ; Gray, 1981 ; Snelgrove *et al.*, 1994 ; Gomez Noguera et Hendrickx, 1997 ; Mannino et Montagna, 1997 ; Teske et Wooldridge, 2001 ; Ysebaert et Herman, 2002). La dépendance des organismes benthiques vis-à-vis du substrat est d'ordre mécanique et physico-chimique. Étant donné que l'embranchement des Mollusques est un constituant essentiel de la faune benthique, c'est ainsi que la répartition de ce dernier est souvent liée à la dimension des grains des sédiments, notamment en ce qui concerne les formes fouisseuses.

En accord avec les travaux antérieurs (Semroud, 1983 ; Draredja 1992 et 2007), les résultats de l'analyse granulométrique, montrent la répartition de la fraction grossière (> 40 µm) à la périphérie de la lagune (profondeur < 1,50 m) et la dominance de la fraction fine (< 40 µm) au centre du Mellah. Ce phénomène serait en relation avec le processus d'accumulation des particules fines dans la cuvette centrale de cet écosystème, ainsi que la courantologie des eaux. Par ailleurs, il faut signaler que les substrats dominants, sont ceux des sables purs ou les sables légèrement envasés qui occupent le pourtour de la lagune, et des pélites (vases pures ou légèrement ensablées) localisées au centre (profondeur > 4 m) et dans la zone d'étranglement du Mellah (station 1), en raison surtout de la profondeur qui est proche de 3m. Notons également, la répartition des sédiments dans les différentes stations qui n'a pas subi d'importantes variations depuis les travaux de Draredja (1992 et 2007). Avec des bandes de

sables purs au niveau des rives, s'élargissant d'avantage à l'Est de la lagune. Au-delà vers le centre et la zone d'étranglement, on rencontre des fractions de plus en plus fines.

D'une manière générale, dans la lagune Mellah comme dans la majorité des lagunes méditerranéennes, la granulométrie diminue régulièrement des rives jusqu'au centre. Ce phénomène serait en relation avec le processus d'accumulation des particules surtout les plus fines dans la cuvette centrale de la lagune, et la courantologie plus ou moins intense au niveau des stations proches de la rive, où déferlent les vagues (Draredja, 1992 et 2007). Conformément à ces propos, le substrat des stations prospectées localisées sur les rives est formé presque exclusivement de fraction grossière (> 90%), contrairement à la station centrale, la plus profonde, où la fraction fine dépasse 90%. Cette situation confirme encore une fois l'hypothèse de la corrélation entre l'intensité hydrodynamique et la dimension des grains.

Concernant la répartition de la matière organique dans les sédiments, le centre de la lagune offre des teneurs nettement plus élevées, comparativement aux stations des berges. En effet, le centre de la lagune peut être considéré comme une zone d'accumulation des débris végétaux et animaux. Selon Guelorget *et al.* (1989), la partie centrale est caractérisée par une accumulation des détritiques, où la profondeur relativement importante dans cette zone isole le fond de la lagune des influences des eaux superficielles, produisant alors un confinement dit bathymétrique. Par ailleurs, Draredja (2007) a relevé une certaine similarité entre la distribution des taux en pélites et la teneur en matière organique dans les sédiments ($r = 0,94$). La plus faible valeur en teneur en matière organique dans les sédiments est de 0,96% a été enregistrée au niveau de la station 8, localisée à l'Est de la lagune. Tandis que, les taux les plus élevés sont enregistrés vers l'intérieur de l'étendue et la zone d'étranglement de la lagune. C'est ainsi que la teneur maximale de 23,53% est décelée au niveau de la station 4 au centre. On signale que nos résultats sont en accord avec ceux de Draredja (1992) qui a relevé les valeurs les plus faibles (0,67%) à la périphérie de la lagune, alors que la teneur maximale de (23,34%) a été signalée dans la zone d'étranglement de la lagune au Nord où sont implantées les tables à moules et une seconde valeur élevée de (22,84%) au centre de la lagune ; zone d'accumulation des particules organiques surtout d'origine détritique. Draredja (2007), indique une valeur minimale (0,56%) enregistrée à l'Est de la lagune, alors que les taux les plus élevés ont été signalés vers l'intérieur de l'étendue et la zone d'étranglement de la lagune (23,58%). Selon Grimes (1994) et Refes (1994), les plus fortes valeurs de M.O.S sont rencontrées surtout pendant les saisons chaudes lorsque les eaux de la lagune sont moins agitées.

3. Malacofaune

À l'échelle de la lagune Mellah, 5137 individus de mollusques testacés ont été recensés, répartis sur 11 espèces, dont 5 Bivalves : *Cerastoderma glaucum*, *Loripes lacteus*, *Abra ovata*, *Ruditapes decussatus*, *Brachidontes marioni* et 6 Gastéropodes : *Nassarius reticulatus*, *Cyclope neritea*, *Rissoa ventricosa*, *R. pulchella*, *Rissoa* sp. Cependant, depuis une trentaine d'année (1979-2010), la richesse spécifique de la malacofaune du Mellah a connu d'importantes fluctuations (Tab. XV). En effet, ce groupe zoologique a connu sa plus faible composition spécifique (7) en 1979 (Bakalem et Romano, 1979), alors que la richesse spécifique maximale (15) a été enregistrée en 1988 (Draredja, 1992), juste après l'opération

d'aménagement du chenal de communication avec la mer. Lors de la dernière décennie la composition qualitative des mollusques du Mellah a connu une certaine stabilité variant ainsi entre 9 et 13 espèces (**Tab. XVI**).

Tableau XVI. Liste de la malacofaune récoltée dans la lagune Mellah de 1979 à 2011.

	Bakalem et Romano (1979)	Semroud (1983)	Draredja (1992)	Grimes (1994)	Draredja (2005)	Benmarce (2008-2009)	Présente étude
Bivalves							
<i>Brachydontes marioni</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Loripes lacteus</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cardium glaucum</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cardium</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-
<i>Abra ovata</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Venerupis decussata</i>	-	-	+	+	+	+	+
<i>Venus gallina</i>	+	-	-	-	-	-	-
Gastéropodes							
<i>Rissoa lineolata</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Rissoa</i> cf. <i>ventricosa</i>	-	-	+	-	-	+	+
<i>Rissoa elata</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Rissoa pulchella</i>	-	-	-	-	-	+	+
<i>Rissoa</i> sp.	-	-	-	-	+	+	+
<i>Haminoea navicula</i>	-	-	+	-	+	-	-
<i>Hydrobia</i> cf. <i>acuta</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Hydrobia ventrosa</i>	-	-	-	-	+	-	-
<i>Nassa reticulata</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Nassa pygmaea</i>	-	-	+	-	+	-	-
<i>Cyclonassa neritea</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gibbula richardi</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Cerithium vulgatum</i>	-	+	-	-	+	-	-
<i>Acanthochiton communis</i>	-	+	-	-	-	-	-
<i>Bulla utriculata</i>	-	-	-	+	+	+	+
<i>Bulla striata</i>	-	-	-	+	-	-	-
Scaphopoda indet.	-	-	-	-	+	-	-
Richesse spécifique	07	09	15	09	13	11	11

Lors de notre étude, les stations 4 et 5 au Nord-Ouest et à l'Est de la lagune offrent les richesses spécifiques les plus élevées (11). Alors que la zone la plus pauvre en espèces (3) correspond à la partie centrale de la lagune (station 2). Cette situation serait à l'origine de deux facteurs majeurs ; le rôle négatif du confinement bathymétrique, causant une faible oxygénation du compartiment benthique d'une part, et la nature du substrat constituée presque exclusivement de pélites, où la fraction fine forme plus de 90% d'autre part.

Le stock malacologique de la lagune Mellah se caractérise par une abondance moyenne de $213,31 \pm 80,65$ ind.m⁻² seulement. Tandis que, [Draredja \(1992\)](#), mentionne une densité moyenne de 2096 ind.m⁻². Donc un déclin remarquable de l'abondance de la malacofaune dans la lagune ; qui serait en relation directe avec les conditions physico-chimiques et trophiques du milieu ; suite à l'état de colmatage du chenal de communication avec la mer. En effet, l'ensablement du chenal réduit les échanges hydriques entre la lagune et le littoral adjacent, par conséquent confine d'avantage la lagune ; affectant ainsi le développement optimum de la faune benthique d'une manière générale.

Par ailleurs, on note que la malacofaune du Mellah semble pauvre en nombre d'espèces en comparaison avec d'autres lagunes méditerranéennes. En effet, dans la lagune Nador (Maroc), [Clanzig \(1989\)](#) recense 58 espèces dont 3 dulçaquicoles et 55 espèces lagunaires. De même, dans le même site [Guelorget et al. \(1984\)](#) en cite une soixantaine d'espèces. Alors que dans les deux lagunes d'Albufeira et d'Obidos sur la côte Ouest du Portugal, [Quintino et al. \(1986\)](#) récoltent 58 espèces (36 bivalves et 22 gastéropodes). D'autre part, dans une lagune Sud-méditerranéenne non loin du Mellah, [Zaouali \(1981\)](#), signale la présence de 38 espèces malacologiques dans le lac de Tunis (14 bivalves, 23 gastéropodes et 1 scaphopode). Donc, avec 11 espèces de mollusques seulement, la lagune Mellah est le site le plus pauvre des lagunes méditerranéennes, ceci serait lié comme il a été signalé aux caractéristiques physico-chimiques du milieu en raison d'un chenal de communication avec la mer qui est sinueux, long et étroit, donc se colmate rapidement en limitant d'avantage les échanges hydriques entre la lagune et la côte adjacente aboutissant à un confinement avancé du Mellah. D'autre part, il est intéressant de signaler la quasi disparition de la palourde européenne *Ruditapes decussatus* dans la lagune Mellah (un maximum de 8 ind. m⁻² individus récoltés seulement), alors qu'il y a une dizaine d'année elle prospérait avec des densités allant jusqu'à 250 ind.m⁻² ([Draredja et Beldi, 2002](#) ; [Draredja et al., 2006](#)) et 104 ind.m⁻² ([Refes, 1994](#)). Cette chute spectaculaire du stock naturel de la palourde pourrait être à l'origine de (1) : soit à un phénomène de prédation intense (par les crabes et les daurades), (2) : soit à un phénomène physiologique, où la palourde n'arrive pas à se reproduire dans la lagune, (3) : soit à un problème de compétition trophique inter-spécifique (palourde et coque) pour l'utilisation des réserves alimentaires du milieu, (4) : soit encore à un problème d'adaptation aux nouvelles conditions physico-chimiques du milieu, malgré qu'on n'a pas enregistré un changement notable de ces conditions. A cet égard, on peut qualifier la présence de la palourde comme menacée. En effet, actuellement on peut considérer que l'espèce est réellement en voie de disparition dans la lagune Mellah. Par ailleurs, la conchyliculture (mytiliculture et ostréiculture) rentabilisait durant les années 80 et 90 a été abandonné au début de l'année 2000 suite à des difficultés d'approvisionnement en naissains d'une part, et aussi en raison de difficultés de commercialisation à l'étranger à cause des problèmes d'application des normes sanitaires exigées par la communauté européenne.

Le mollusque leader dans la lagune Mellah est le Lucinidae *Loripes lacteus* caractéristique des milieux lagunaires méditerranéens ([Guelorget et Michel, 1976](#) ; [Draredja, 2005](#)). La dominance de ce bivalve 44,61% fouisseur suspensivore et détritivore de surface, par rapport aux autres mollusques, confirme ainsi l'enrichissement des sédiments de la lagune.

L'aspect quantitatif de la macrofaune benthique en considérant la densité et la biomasse (en PS et PSLC), est caractérisé par une certaine pauvreté de la lagune Mellah ; tant numériquement que pondéralement. Toutefois, on relève des biomasses plus élevée en bordure de la lagune, par rapport à la zone centrale la plus profonde. Cette tendance des valeurs de la biomasse entre les stations situées près des rives et le centre de la lagune pourrait être attribuée d'une part, aux conditions écologiques favorables (oxygénation, pénétration de la lumière, présence d'herbiers, etc.). Il faut rappeler également que le centre de la lagune est caractérisé par un confinement bathymétrique ([Guelorget et al., 1982](#) ; [Draredja, 2007](#)) ; réduisant ainsi les échanges gazeux entre les eaux de surface et celles du fond, favorisant alors l'installation surtout des espèces dites opportunistes ; notamment les polychètes de petites tailles appartenant à la famille des Capitellidae ([Draredja et Bakalem, 2004](#)). Rappelons

également qu'il a été démontré qu'il existe une disproportion entre l'augmentation de la profondeur et la distribution de la biomasse (Ibrahim *et al.*, 1982). Des constatations semblables ont été signalées pour la meiofaune par Ounissi (1991) et pour la macrofaune par Labourg (1988), dans le bassin d'Arcachon. En effet, près des rives les faibles profondeurs sont très riches en phytobenthos source de nourriture pour certaines espèces benthiques qui jouent un rôle considérable dans le réseau trophique du compartiment benthique. Selon Draredja et Bakalem (2004), dans la lagune Mellah le schéma général de la répartition de la biomasse est caractérisé par une croissance depuis la communication avec la mer jusqu'aux zones les plus éloignées sous influence continentale. Par ailleurs, les fluctuations des valeurs de biomasse au sein des stations périphériques seraient dues probablement à l'hétérogénéité de la distribution du phanérogame *Ruppia* sp. (Draredja, 1992 ; Draredja et Bakalem, 2004 ; Draredja, 2007), engendrant ainsi une répartition différentielle de plusieurs espèces fortement associées à cet herbier en l'utilisant soit comme support de fixation, ou juste pour s'abriter contre les différents prédateurs. Parallèlement, la prépondérance dans les berges de certains bivalves comme le Lucinidae *Loripes lacteus* et le Cardiidae *Cerastoderma glaucum* ayant un poids individuel important, a notablement contribué dans l'augmentation de la biomasse macrozoobenthique dans cette partie de la lagune. D'autre part, les différences pondérales entre les valeurs de la biomasse obtenues par la méthode de PS et celle du PSLC, montrent clairement la quantité de matière inorganique (particules sédimentaires), ingérée par certaines espèces.

Beaucoup de recherches sur le régime alimentaire des poissons ont été établis; afin de mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes aquatiques (Blaber, 1997 ; Cruz-Escalona *et al.*, 2000) et expliquer ainsi l'organisation trophique au sein de ces milieux. En effet, le compartiment benthique avec la malacofaune joue un rôle important dans les milieux lagunaires restreints et peu profonds, par sa participation dans les transferts du flux d'énergie au sein de ce même compartiment, et également en exportant une partie non négligeable de sa production vers le pélagos, par le biais de l'émission des stades larvaires méroplanctoniques (Ounissi *et al.*, 2002 ; Draredja, 2007).

L'indice de diversité exprimé par celui de Shannon-Wiener (H'), montre des variations importantes au sein de la communauté malacologique de la lagune Mellah. Les valeurs maximales de la diversité (2,70 bits) et de l'équitabilité (0,92) sont observées au niveau de la station 1 ; localisée non loin de l'enrichissement marin, d'où le rôle des apports marins dans l'optimisation de la richesse spécifique de la faune malacologique de cette partie de la lagune. Alors que la diversité et l'équitabilité minimales ($H' = 0,37$ bits ; $E = 0,36$) sont rencontrées dans la station 2 ; située au centre du Mellah, c'est également la zone la plus profonde, où le pourcentage de la fraction vaseuse dépasse 90% (Draredja, 1992 ; Draredja et Beldi, 2001 ; Draredja, 2005). Au niveau de cette station, on enregistre également la plus faible valeur d'équitabilité de 0,36 seulement, témoignant ainsi un état de déséquilibre avancé des peuplements malacologiques dans cette partie de l'étendue.

4. Faune associée

L'évolution chronologique de la richesse spécifique de la macrofaune dans la lagune Mellah a connu d'importantes fluctuations depuis la fin des années 1970 jusqu'à nos jours (Tab. XVII). Les différences temporelles de la composition qualitative peuvent être liées à plusieurs facteurs en relation avec les variations des conditions écologiques du milieu et

surtout à l'état de colmatage du chenal, modifiant ainsi les échanges hydriques et hydrologiques entre la lagune et la côte adjacente. Par ailleurs, la surface de prélèvement et les engins de prélèvement de la macrofaune benthique peuvent aussi contribuer à cette différence dans la composition qualitative de ce compartiment, malgré que la majorité des auteurs ont surtout utilisé la benne Van Veen et occasionnellement celle de l'Orange Peel ; ces deux engins d'échantillonnage du macrozoobenthos sont les plus utilisées et les plus efficaces en milieux lagunaires peu profonds (Bakalem et Romano, 1979 ; Semroud, 1983). D'une manière générale, il faut rappeler qu'en milieux lagunaires, la richesse spécifique des peuplements macrobenthiques est généralement faible par rapport à celle rencontrée en milieu marin, d'où le rôle sélectif joué par les écosystèmes lagunaires, où les conditions écologiques sont très variables, notamment en ce qui concerne les facteurs abiotiques (salinités, température, oxygène dissous, etc.). En effet, il apparaît souvent un gradient négatif de ces paramètres depuis la zone de contact avec la mer jusqu'aux zones sous influence continentales (Garnerot *et al.*, 2004).

Tableau XVII. Évolution chronologique (1979 - 2010) de la composition spécifique de la macrofaune benthique de la lagune Mellah.

Nombre de stations	Engin de prélèvement	Nombre d'espèces	Période d'étude	Références bibliographiques
7	Orange Peel	21	Juin 1979	Bakalem & Romano (1979)
12	Orange Peel	28	Cycle 1980	Semroud (1983)
24	Van Veen	41	Avril 1988	Draredja (1992)
6	Quadra	28	Cycle 1992	Grimes (1994)
5	Van Veen	30	Cycle 1998	Draredja (2007)
5	Van Veen	39	Cycle 2008	Benmarce (2011)
5	Van Veen	39	Cycle 2010	Présente étude

5. Structure et organisation de la coque *Cerastoderma glaucum*

L'étude de la distribution spatiale de la coque *Cerastoderma glaucum* à partir de (46) stations réparties sur l'ensemble de la lagune, nous a permis de déterminer quatre secteurs majeurs selon leur position (cf. chapitre matériel et méthodes). Le secteur Nord-Ouest offre les densités les plus fortes avec ($135,5 \pm 25,74 \text{ ind.m}^{-2}$) soit ($352,30 \pm 66,92 \text{ g.m}^{-2}$). Le stock global actuel de la coque *C. glaucum* exprimé en poids humide estimé à environ 50,4 tonnes. Ces chiffres restent faibles. À titre de comparaison, dans la lagune de Bou-Ghrara en Tunisie, Derbali, *et al.* (2009) signalent un stock naturel de coque de 220 tonnes. Alors dans le golfe de Gabès le stock de ce bivalve est estimé à 1290 tonnes (Derbali, *et al.* 2012).

Les fluctuations numériques spatio-temporelles montrent que la densité de *Cerastoderma glaucum* oscille entre $34,66 \text{ ind.m}^{-2}$ (Novembre) et $103,33 \text{ ind.m}^{-2}$ (avril). Les fluctuations mensuelles remarquables de la densité de la coque, sont sans doute liées aux conditions climatiques du milieu qui se caractérise par un hiver froid avec parfois des tempêtes prolongées obligeant ce bivalve à s'abriter dans les eaux plus profondes. En effet, la chute sensible du nombre des individus pendant la période hivernale, est due essentiellement aux

conditions sévères du milieu et les organismes ont tendance de migrer en profondeur afin de trouver refuge. L'importance du rôle joué par les phénomènes climatiques sur la variabilité de la répartition des peuplements benthiques a été déjà citée par certains auteurs (Cornet, 1986). Les fortes densités (112 à 176 ind.m⁻²) rencontrées au sein de la station 3 (sur la rive Nord-Ouest de la lagune), seraient en relation avec le transport et le regroupement des jeunes individus sous l'effet des courants (notamment le jusant) dans cette partie de la lagune plus ou moins abritée et riche en herbier à *Ruppia* sp. offrant ainsi un biotope idéal pour la survie et le développement des jeunes individus. Durant la période d'étude, la densité moyenne de *C. glaucum* à l'échelle de la zone d'étude est de 72,5 ind.m⁻², cette valeur est légèrement supérieur comparée à celle rapportée par Grimes (1994) avec 65,21 ind.m⁻², ainsi qu'à celle de Muus (1967), ayant travaillé dans des lagunes danoises, et qui signale une densité moyenne de 60,60 ind.m⁻². Par ailleurs, et comme *C. glaucum* est une espèce qui vit dans la couche superficielle du substrat, elle est très souvent exposée aux prédateurs, et cette exposition entraîne généralement de forte mortalité (Grimes, 1994).

D'une manière générale, la biomasse est directement liée à la densité des individus, d'où l'existence d'un parallélisme entre ces deux paramètres, stations 1 (78 ind.m⁻² ; 4,78 g.m⁻²), et station 3 (176 ind.m⁻² ; 10,78 g.m⁻²).

L'évaluation du recrutement est une étape nécessaire pour la compréhension de la dynamique des populations des bivalves (Borsa et Millet, 1992), c'est donc un élément de première importance. La connaissance des modalités de recrutement et d'installation de *C. glaucum* dans la lagune, s'inscrit dans l'éventualité d'une exploitation rationnelle de cette espèce d'intérêt commercial.

L'emploi de l'indice de condition peut apporter des renseignements complémentaires sur le phénomène de reproduction (Lucas et Beninger 1985 ; Smaal et Stralen 1990 ; Hummel *et al.*, 2000 ; Beukema et Bruin, 1977 ; Bodoy et Massé, 1978). D'une manière générale, les valeurs les plus élevées de cet indice correspondent aux périodes de maturation de la gonade avant l'émission des gamètes, et également à la période d'accumulation des réserves. En effet chez la coque du Mellah, lors de la phase d'activité sexuelle (Tarnowska *et al.*, 2009), cet indice montre des valeurs élevées en pleine période printanière (mai). Par ailleurs, un second pic est enregistré à la fin de l'automne (décembre). Alors que Wolowicz (1991) et Hummel *et al.* (2000) ayant travaillé sur la même espèce colonisant les côtes de l'Europe du Nord, signalent un maximum printanier de cet indice. La variation de poids est due à plusieurs paramètres ; les plus importants sont l'état de reproduction et de nutrition, l'utilisation de glycogène et la perte de gamètes. Certains auteurs (Wenne et Styczyńska, 1985 et 1987 ; Bawazir, 2000), rapportent que l'indice de condition peut diminuer avec l'augmentation de l'âge et la taille des individus. Les variations de la masse viscérale sont liées à l'accumulation des composés biochimiques qui sont sous l'influence directe de la richesse trophique du milieu. L'utilisation de l'indice de condition reste toutefois intéressante en tant que paramètre de performance aquacole et d'évaluation pondérale des organismes (Barille, 1996).

L'évaluation du recrutement est une étape nécessaire pour la compréhension de la dynamique des populations des bivalves Borsa (1992). La connaissance des modalités de recrutement et d'installation des individus de *C. glaucum*, est une donnée nécessaire pour une éventuelle exploitation rationnelle de cette espèce dans la lagune Mellah. Par ailleurs, le suivi de la structure des tailles permet la localisation dans le temps et dans l'espace l'arrivée des jeunes

recrues de ce bivalve sur le fond. En effet, l'analyse des histogrammes des fréquences de tailles chez la coque du Mellah, fait apparaître des jeunes individus correspondant essentiellement à la classe de taille [2-4[mm en début du printemps (fin mars), notamment à la station 3 au Nord-Ouest de la lagune riche en herbier à *Ruppia* sp. En effet, ce tapis végétal constitue un abri idéal pour la survie des jeunes stades de développement constituant une proie facile pour plusieurs espèces prédatrices (Beldi *et al.*, 2004 ; George 1966 ; Vignali *et al.*, 1986). Par ailleurs, on assiste durant la période d'études à des fluctuations parfois irrégulières des effectifs au sein des classes de tailles de la coque. Ces fluctuations numériques, peuvent provenir comme l'a déjà signalé Desperez *et al.* (1987) de l'action de certains facteurs naturels abiotiques (température, salinité, etc.) et biotiques (la compétition interspécifique et la prédation). Ce recrutement se poursuit d'une façon irrégulière jusqu'à la fin de la saison estivale. Nos constatations concernant l'installation de nouvelles recrues (du printemps au début de l'automne) concordent avec les résultats rapportés par Labourg et Lasserre (1980), évoquant un recrutement durant le printemps et l'été qui aboutit à la recolonisation plus ou moins massive du biotope par les juvéniles. Chez cette même espèce dans l'étang de Prévost, Guelorget *et al.* (1985) signalent un recrutement plus tardif en automne. Alors que Zaouali (1980), indique trois périodes de recrutement chez ce bivalve ; de mai à juin, d'août à septembre et de décembre à janvier. De même, Grimes (1994), note également un recrutement estival aboutissant à la recolonisation plus ou moins massive du biotope par les juvéniles. Nos constatations concernant l'installation de nouveaux recrues (en été et au début de l'automne) sont semblables aux résultats rapportés par Grimes (1994), qui parle d'un recrutement au printemps- été (mai – juillet).

Cerastoderma glaucum vit en moyenne entre 2 et 4 ans (Dabouineau *et al.*, 2009). Les résultats obtenus, montrent que la coque de la lagune Mellah a une longévité de 2 ans. Cette durée de vie a été également signalée par Zaouali (1980) pour *C. glaucum* colonisant le lac de Tunis et la mer de Bou-Grara. Par ailleurs, dans la lagune de Vouliagmeni en Grèce, Gontikaki *et al.* (2003) rapportent que le cycle de vie de la coque ne dépasse pas une année.

Cerastoderma glaucum a une croissance très rapide la première année, ensuite elle décline. Un certain nombre de facteurs va affecter la croissance des coques comme par exemple la saison, la localisation géographique (Hancock, 1967 ; Ducrotoy *et al.*, 1991), la température de l'eau (Smaal *et al.*, 1997), la disponibilité en nourriture (Jensen, 1993 ; Montaudouin et Bachelet, 1996). Il faut noter également qu'il existe une bonne corrélation entre la taille et le poids de la coque du Mellah ($r = 0,94$). Cette forte relation entre la taille et le poids a été déjà signalée chez ce bivalve colonisant le lac Ichkeul en Tunisie (Zaouali, 1977). D'autre part, le coefficient d'allométrie obtenu ($b = 2,62$, $t_{obs} = 3,94$) est inférieur à 3, expliquant ainsi une allométrie minorante où la taille de la coque croît plus rapidement que son poids. D'une manière générale, il faut noter que les facteurs qui peuvent affecter la croissance de la coque sont dus à la localisation géographique (Hancock, 1967 ; Ducrotoy *et al.*, 1991), aux variations thermiques des eaux (Smaal *et al.*, 1997) et également à la disponibilité de la nourriture (Jensen, 1993 ; Montaudouin et Bachelet, 1996).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

A l'issue de cette étude on peut retenir les points fondamentaux suivants :

- A l'opposé de la majorité des lagunes méditerranéennes en tant que bassins de concentration, la lagune Mellah se singularise par son comportement en tant que bassin de dilution. Cette situation est le résultat d'un double processus ; approvisionnement en eaux douces provenant de diverses sources (écoulement, nappe, précipitations directes), et aussi du fait d'un faible enrichissement en eaux marines, par suite du colmatage graduel du chenal limitant les entrées marines.
- La diminution des échanges hydriques lagune-littoral adjacent pourrait être une des conséquences de dégradation de la qualité hydrologique de la lagune Mellah (diminution de la salinité, augmentation de la température, diminution de l'oxygénation, diminution de l'intensité hydrodynamique, diminution du taux de renouvellement des eaux de la lagune, etc.). Cette situation écologique défavorable se répercute directement ou indirectement sur la répartition de la faune et de la flore de la lagune d'une manière générale et sur la structure et la dynamique des peuplements benthiques en particulier. Par ailleurs et en plus des conséquences hydrologiques négatives sur la qualité des eaux de la lagune, l'étranglement du chenal constitue une véritable entrave physique aux déplacements des alevins appartenant aux différentes espèces de poissons qui regagnent la lagune pour accomplir leur croissance dans des conditions optimales.
- Sur le plan qualitatif, la malacofaune de la lagune Mellah contrairement à la majorité des lagunes méditerranéennes offre une richesse spécifique faible. Cette situation pourrait être en relation directe avec l'état de colmatage du chenal, réduisant ainsi le renouvellement des eaux de la lagune induisant par conséquent un certain confinement du milieu et ne persistent que les espèces tolérantes. De même et pour les mêmes raisons, sur le plan quantitatif la malacofaune du Mellah est caractérisée par des abondances et des biomasses faibles et globalement inférieures à la majorité des lagunes méditerranéennes. En plus, le centre de la lagune apparaît comme une zone de grande fragilité au regard de la réduction en nombre d'espèces (2 à 3 espèces), suite au confinement bathymétrique isolant le fond de la lagune des eaux de surface.
- Malgré la situation écologique inquiétante du stock naturel de la malacofaune du Mellah, la plupart des rives de la lagune (profondeur < 1,50 m) renferme des peuplements plus équilibrés et plus structurés par rapport à la zone centrale. En effet, les populations de la zone côtière à travers les indices de diversité (indice de Shannon et celui d'équitabilité), témoignent d'une certaine structuration. Par ailleurs, On admet également que malgré le colmatage du chenal, l'organisation de la malacofaune du Mellah est sous l'effet direct des facteurs thermo-halins liés aux conditions climatiques d'une part et aux advections tidales d'autre part. C'est ainsi qu'on observe une richesse spécifique plus élevée (5 à 10 espèces) près des arrivées marines au Nord de la lagune.

- L'étude de la structure démographique, de la population de *Cerastoderma glaucum* colonisant la lagune Mellah, montre d'importantes fluctuations saisonnières. Sur le plan zonal, les fortes densités rencontrées au Nord-Ouest de la lagune seraient en relation avec le transport et l'accumulation des jeunes individus sous l'effet des courants, notamment lors des phases du jusant. Par ailleurs, le tapis de l'herbier à *Ruppia* sp. qui caractérise ce secteur, offre un habitat et un abri idéals pour les jeunes individus de ce bivalve.

- L'analyse des structures de tailles chez la coque du Mellah, fait apparaître des fluctuations parfois irrégulières au sein des classes de tailles. Ces fluctuations numériques, peuvent provenir de l'action de certains facteurs naturels abiotiques (température, salinité, etc.) et biotiques (la compétition interspécifique et la prédation). L'action de ces facteurs peuvent intervenir à différents moments du cycle de développement d'un individu, depuis le recrutement jusqu'aux stades adultes. Toutefois, la phase qui vient juste après la ponte constitue une étape vulnérable pour ces jeunes stades, car elle est caractérisée par un affaiblissement physiologique des individus. Ces facteurs (abiotiques, biotiques) jouent un rôle déterminant dans la croissance de la coque, en plus d'autres facteurs comme par exemple la saison, la localisation géographique, la disponibilité en nourriture, etc.

- D'une manière générale, les résultats obtenus de l'étude quantitative de la coque *Cerastoderma glaucum* font apparaître de faibles abondances dans la lagune Mellah. Par ailleurs, par l'estimation des biomasses basée sur la méthode de l'aire balayée au niveau de la zone de répartition de la coque, nous a permis de constater un stock global d'environ 50,4 tonnes seulement. Par conséquent, le stock naturel actuel de ce bivalve dans la lagune paraît encore modeste et ne permet pas d'envisager une éventuelle exploitation rationnelle et rentable. Cet état de dégradation du stock de la coque par rapport à celui du début des années 2000, ne serait probablement pas la conséquence d'un phénomène de compétition inter ou intraspécifique. Toutefois, une telle situation de déclin du gisement naturel serait vraisemblablement liée aux conditions écologiques défavorables, sous les effets négatifs de l'état de colmatage du chenal de communication avec la mer qui n'a pas été aménagé depuis 1988.

D'ailleurs et afin d'y remédier à cette situation contraignante et pour sauvegarder cet écosystème unique en Algérie, il est impératif voire urgent de procéder à une opération de dragage du chenal. En effet, le chenal est l'élément clé dans l'équilibre écologique de la lagune. Par conséquent, reconsidérer le double intérêt de l'écosystème (1) écologique : avec une diversité biologique optimale et (2) économique : en pratiquant une exploitation aquacole rationnelle, nécessite un rééquilibrage du chenal de liaison avec le littoral adjacent. Toutefois, l'opération d'aménagement de ce dernier doit impérativement impliquer des scientifiques pluridisciplinaires pour entreprendre des études d'impacts à court et à long terme et garder l'aspect saumâtre des eaux du Mellah.

RÉSUMÉS

Résumé

La lagune Mellah est une partie intégrante du parc national d'El-Kala, elle est exploitée de façon traditionnelle. Le besoin économique et le contexte écologique de la lagune ont valorisé cette étendue restreinte. Les objectifs de la présente étude (mars 2010 - février 2011) sont la description de la faune malacologique de la lagune et son interaction avec l'environnement physico-chimique de cet écosystème remarquable et unique en Algérie. Une étude détaillée relative à la dynamique et l'estimation du stock naturel est réservée à la coque *Cerastoderma glaucum*, afin de connaître sa distribution spatio-temporelle pour une éventuelle exploitation de ce bivalve dans la lagune.

En raison de la faible profondeur et des turbulences des eaux, les facteurs physico-chimiques sont souvent homogènes. Les extrêmes thermiques sont importantes allant de 11,50°C (janvier) à 30,50°C (août), alors que la salinité oscille entre 15,40 psu (avril) et 28,90 psu (septembre). Contrairement à la majorité des lagunes méditerranéennes, la lagune Mellah se comporte comme un bassin de dilution, Les eaux de la lagune sont caractérisées par un pH légèrement alcalin (7,20 – 8,90). Au centre de la lagune la zone la plus profonde, les extrêmes de visibilité du disque de Secchi oscillent entre 3 m (août) lors de la poussée phytoplanctonique estivale et 4,50 m (juin), où on voit le fond lorsque les eaux sont limpides par mode calme.

Dans la lagune Mellah, la granulométrie s'organise d'une façon concentrique, suite à l'accumulation des particules fines dans la cuvette centrale. C'est ainsi que les berges sont formées de sables fins purs et au fur et à mesure qu'on se dirige vers les grandes profondeurs la fraction pélitique augmente.

Par ailleurs, cette étude nous a permis de mettre en évidence cinq zones sédimentaires allant des sables purs près des rives aux vases pures au centre, en passant par les sables légèrement envasés, les vases sableuses et les vases légèrement ensablées.

La malacofaune du Mellah est composée de 11 espèces (5 Bivalves et 6 Gastéropodes) avec des densités allant de 100 ind.m⁻² (janvier) jusqu'à 351 ind.m⁻² (août). L'organisation de la faune malacologique est sous l'effet direct des facteurs thermo-halins liés aux conditions climatiques d'une part et aux advections tidales d'autre part. Par ailleurs, l'état de colmatage du chenal de communication avec la mer joue un rôle déterminant dans la distribution de la macrofaune benthique d'une manière générale et celle de la malacofaune en particulier. L'étude de la structure démographique de la coque *Cerastoderma glaucum* du Mellah, montre d'importantes fluctuations saisonnières. Sur le plan zonal, les fortes densités ont été rencontrées au Nord-Ouest de la lagune (176 ind.m⁻², avril). Le cycle biologique de ce bivalve est caractérisé par un recrutement moins abondant en début du printemps, alors que celui de l'été est plus marqué. Par ailleurs, l'étude de la croissance de ce bivalve, montre un gain rapide en longueur (21,33 mm) durant la première année. Lors de la deuxième année, la croissance des individus diminue sensiblement (5,57 mm). L'étude quantitative de la coque *C. glaucum* fait apparaître de faibles abondances dans la lagune. En effet, le stock naturel de ce bivalve ne s'adapte pas parfaitement aux conditions environnementales actuelles de la lagune, ce qui implique qu'il serait imprudent d'envisager une éventuelle exploitation de ce Cardiidæ.

Mots clés : hydrologie, malacofaune, dynamique, *Cerastoderma glaucum*, lagune Mellah.

Abstract

Lagoon Mellah is an integral part of the national park of El-Kala; it is exploited in a traditional way. The economic needs and the ecological context of the lagoon have valued this limited extent. The objectives of this study (March 2010 - February 2011) are the description of the malacological fauna of the lagoon and its interaction with the physicochemical environment of this remarkable and unique ecosystem in Algeria. A detailed study on the dynamics and estimation of the natural stock is reserved for cockle *Cerastoderma glaucum* in order to know its spatio-temporal distribution for an eventual exploitation of this bivalve in the lagoon.

Due to the shallow depth and turbulent waters, the physico-chemical factors are often homogeneous. Thermal extremes are important from 11.50°C (January) to 30.50°C (August), while the salinity varies between 15.40 psu (April) and 28.90 psu (September). Unlike the majority of Mediterranean lagoons, Mellah lagoon behaves as a dilution basin, the waters of the lagoon are characterized by a slightly alkaline pH (7.20 to 8.90). The center of the lagoon the deepest area, extreme visibility of Secchi disk varies between 3 m (August) during the summer phytoplankton bloom and 4.50 m (June), where we see the bottom when the water is clear in a calm mode.

In the lagoon Mellah, granulometry is organized in a concentric way, due to the accumulation of fine particles in the central basin. Thus the banks are made of pure and fine sands as we move towards greater depths the pelitic fraction increases.

Moreover, this study allowed us to identify five sedimentary areas ranging from pure sand near the shore with pure vases in the center, through the slightly muddy sands, sandy vases and vases slightly bogged.

Malacofauna of Mellah is composed of 11 species (5 and 6 Bivalves Gastropods) with densities ranging from 100 ind.m⁻² (January) to 351 ind.m⁻² (August). The organization of the Malacological fauna is under the direct effect of thermo-drag related to weather factors on the one hand and tidal advection other in the other hand. In addition, the state of clogging of the channel of communication with the sea plays a determined role in the distribution of benthic macrofauna in general and that of the malacofauna in particular. The study of the demographic structure of the hull *Cerastoderma glaucum* Mellah shows significant seasonal fluctuations. On the zonal level, densities were encountered in the Northwest of the lagoon (176 ind.m⁻² April)

The life cycle of this bivalve is characterized by a less abundant recruitment in early spring, while in the summer is more remarked. Moreover, the study of the growth of the bivalve shows a rapid gain in length (21.33 mm) during the first year. During the second year, the growth of individuals decreased significantly (5.57 mm). The quantitative study of the hull *C. glaucum* showed low abundance in the lagoon. Indeed, the natural stock of this bivalve does not adapt perfectly with the current environmental conditions of the lagoon, which implies that it would be unwise to consider the possible use of this Cardiidae.

Key words: hydrology, malacofauna, dynamics, *Cerastoderma glaucum*, Mellah lagoon.

ملخص الأطروحة

تنتمي بحيرة الملاح إلى الحظيرة الوطنية للقاله وهي مستغلة في الصيد وتربية الرخويات بطريقة تقليدية. الاحتياجات الاقتصادية و البيئية للبحيرة شجعونا على انجاز هذا البحث. الاهداف المنتظرة من هذا البحث (مارس 2010 - فيفري 2011) هي وصف لرخويات الملاح و تفاعلهم مع محيطهم الفيزيوكيميائي الرائع والغرية من نوعه في الجزائر دراسة معمقة لدينامكية و تقدير المخزون الطبيعي للرخوي ذو الصدفتين *Cerastoderma glaucum* لكي نعرف التوزيع الزمني و المكاني ومدى امكانية استغلال هذا الرخوي ذو الصدفتين في البحيرة.

نظرا لصغر العمق بحيرة الملاح و كذا حركة المياه فهناك تجانس كبير لمجمل العوامل الفيزيوكيميائية تتراوح درجة الحرارة من 11,50°م (جافني) و 30,50°م (أوت) بينما تتراوح ال ملوحة من 15,40 (أفريل) و 28,90 (سبتمبر) على عكس معظم بحيرات البحر الابيض المتوسط بحيرة الملاح لها سلوك محلية ، تتميز مياه البحيرة بمستوى حموضة قاعدي قليلا (7,20 - 8,90) ، تقع أعمق منطقة في وسط البحيرة ، شفافية مياه البحيرة تتراوح من 3 م (اوت) و ذلك خلال دفعة العوالق النباتية و 4.50 م (جوان) ، حيث يمكنك أن ترى الأسفل المياه واضحة.

في بحيرة الملاح يتم توزيع الحبيبات بطريقة مركزية، وهذا لتمرکز الجسيمات الدقيقة في وسط الحوض. وعلاوة على ذلك ، مكنتنا هذه الدراسة من تسليط الضوء على خمس مناطق رسوبية تتراوح من رمال نقية قرب الضفاف الى مزهريات نقية في المركز، مروراً برمال أعلى قليلاً من المزهريات الرملية والرمال طفيفة المزهريات.

يضم الملاح 11 (5 ذات الصدفتين و6 رخويات) الكثافات تتراوح من 100 فرد/م² (جافني) يصل إلى 351 فرد/م² (أوت). ويعتبر تنظيم الرخويات كنتيجة مباشرة للعوامل الفيزيوكيميائية من ناحية وعامل المد والجزر من جهة أخرى.

علاوة على ذلك حالة الانسداد لقناة الاتصال مع البحر يلعب دوراً رئيسياً في توزيع الحيوانات القاعية بطريقة عامة. وتبين دراسة للهيكل الديمغرافي *Cerastoderma glaucum* للملاح تقلبات موسمية كبيرة. على مستوى المنطقة ، عثر على كثافات عالية شمال غرب بحيرة (176 فرد/م² في أفريل). دورة حياة *Cerastoderma glaucum* تتسم بتسجيل أقل وفرة في أوائل الربيع، حيث أن فصل الصيف هو أكثر وضوحاً. كما تبين الدراسة نمو سريع في الطول (21,33 مم) خلال السنة الأولى اما خلال السنة الثانية فيقل النمو بشكل ملحوظ (5,57 مم). تكشف الدراسة ان كثافة *Cerastoderma glaucum* منخفضة جدا في البحيرة. في الواقع، المخزون الطبيعي لهذا الصدفي لا يتناسب مع الظروف البيئية الحالية للبحيرة مما يعني أنه لن يكون من الحكمة استغلال هذا الرخوي.

الكلمات المهمة: علم المياه، الرخويات، الديناميكية، *Cerastoderma glaucum*، بحيرة الملاح.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aboul-Ezz S.M., 1988.** Periodicity and distribution of bottom fauna of the hyper-saline Bardawil lagoon (Egypt). *Bull. Natl. Inst. Oceanogr. Fish*, **14**: 159–174.
- Abrahão J.R., Cardoso R.S., Yokoyama L.Q. & Amaral A.C.Z., 2010.** Population biology and secondary production of the stout razor clam *Tagelus plebeius* (Bivalvia, Solecurtidae) on a sandflat in southeastern Brazil. *Zoologia*, **27**(1): 54–64.
- Amanieu M., Ferri J. & Guelorget O., 1979-1980.** Structure des communautés et stratégies adaptives en milieu lagunaire. *Océanis*, **5**(5) : 833-861.
- Aminot A. & Chaussepied M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Éd. CNEXO, Brest : 395p.
- Anonyme, 1979.** Etude préliminaire du lac Mellah (El-Kala). Rapport du CROP (Centre de Recherche Océanographique et de la Pêche), Alger, 1979 : 79p
- Arrignon J., 1963.** Contribution à l'inventaire des marécages tourbières et autres zones humides d'Algérie. *Ann. Cent. Rech. Exp. Forêt*. Alger, **5** : 30-32.
- Bachelet G. Desperez M., Ducrotoy J.P., Guillou J., Labourg J.P., Rybarczyk H., Sauriau P.G., Elkaïm B. & Glémarec M., 1992.** Rôle de la compétition intraspécifique dans la régulation du recrutement *Cerastoderma edule*. *Ann. Inst. Océanogr.*, Paris, **68**(1-2) : 75-87.
- Badosa A., Boix D., Brucet S., Pez-Flores R.L., & Quintana X.D., 2008.** Short-term variation in the ecological status of a Mediterranean coastal lagoon (NE Iberian Peninsula) after a man-made change of hydrological regime. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst*, **8**: 1078–1090.
- Bakalem A., 1979.** Contribution à l'étude des peuplements benthiques de la baie d'Alger. Doctorat 3^{ème} Cycle en Océanographie biologique. Univ. Brest Occidentale (France) : 228p.
- Bakalem A. & Romano J.C., 1979.** Les peuplements benthiques du lac Mellah. Rapport de la mission du C.R.O.P sur le lac Mellah : 13-22.
- Bakalem A., Boudjerra F., Romano J.C., Yagoubi A.L., 1990.** Étude spatio-temporelle des Mollusques des sables fins de la baie d'Alger. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **32**(1): 32.
- Bakalem A., 2008.** Contribution à l'étude des peuplements benthiques du plateau continental Algérien. Thèse Doct. d'Etat. Univ. USTHB (Alger) : 677p.
- Barille A.L., 1996.** Contribution a l'étude des potentialites conchylicoles du Perthuis Breton. These de doctorat. Universite Aix-Marseille II, 234p.
- Barnes R.S.K., 1973.** The intertidal lamellibranches of Southampton water, with particular reference of *Cerastoderma edule* and *Cardium glaucum*. *Prod. Malac. Soc.* London, **40**: 413-433.
- Baudin J.P., 1980.** Contribution à l'étude écologique des milieux saumâtres méditerranéens 1- Les principaux caractères physiques et chimiques des eaux de l'étang de Citis. *Vie & Milieu*, **30**(2) : 121-129.
- Bayed A. & Chaouti A., 2001.** Caractérisation physico- chimique des eaux de la lagune de Smir en été. *Rapp. Comm.int., Mer Médit.*, **36** : 356.

- Bawazir A. S., 2000.** Comparative study on biology and ecology of mussels *Perna perna*, Linnaeus 1758, from tropical region (Gulf of Aden) and *Mytilus trossulus*, Gould 1850, from boreal region (Gulf of Gdańsk), Ph.D. thesis, Univ. Gdańsk, Gdańsk, 154p.
- Beukema J. J., De Bruin W., 1977.** Seasonal changes in dry weight and chemical composition of the soft parts of the tellinid bivalve *Macoma balthica* L. in the Dutch Wadden Sea, *Neth. J. Sea Res.*, **11** (1), 42–55.
- Beldi H., Draredja B. & Soltani N., 2004.** Données préliminaires sur la coque *Cardium glaucum* dans la lagune Mellah (Algérie Nord-Est). Septièmes journées tunisiennes des Sciences de la Mer, Zarzis (Tunisie) : 18-22.
- Bellon-Humbert C., 1962a.** Les Mollusques marins testacés du Maroc. I- Les Gastéropodes. *Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien*. Série zoologie, N°23, Rabat : 245p.
- Bellon-Humbert C., 1962b.** Les mollusques marins testacés du Maroc. Lamellibranches et Scaphopodes. *Travaux de l'institut Scientifique chérifien*. Série zoologique, N°28, Rabat : 184p.
- Bellon-Humbert C., 1973.** Les mollusques testacés du Maroc premier supplément. *Travaux de l'institut Scientifique chérifien*. Série zoologique ; N°37, Rabat : 144p.
- Ben M'barek N. & Slim-Shimi N., 2002.** Évolution des paramètres physico-chimiques des eaux du lac Ichkeul après la réalisation des aménagements hydrauliques (Tunisie). Proceedings of International Symposium and Workshop on Environmental Pollution Control and Waste Management, Tunis (Tunisia): 20-27.
- Ben Souissi J., Rezig M. & Zaouali J., 2001.** Variabilités des facteurs abiotiques dans les eaux d'une lagune méditerranéenne le lac Sud de Tunis (Tunisie). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **36** : 360.
- Benmarce S., 2009.** Potentialités aquacoles de la lagune Mellah à travers la connaissance du chaînon de la macrofaune benthique. Thèse Magister. Sciences de la mer. Univ. Annaba : 79p
- Bernardi Aubry F., Breton A., Bastianini M., Socal G. & Acri F., 2004.** Phytoplankton succession in a coastal area of the NW Adriatic, over a 10-year sampling period (1990-1999). *Continental Shelf Research*, **24**: 97-115.
- Bertalanffy, L. Von. 1938.** A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, **10**(2): 181-213.
- Bhattacharya G.G., 1967.** A sample method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, **137**(1): 137-143.
- Bianchi F., Acri F., Bernardi-Auby F., Berton A., Boldrin A., Camatti E., Cassin D. & Comaschi A., 2003.** Can plankton be considered a bio-indicator of water quality in the lagoon of Venice? *Marine Pollution Bulletin*, **46**: 964-971.
- Bianchi F., Ravagnan E., Acri F., Bernardi-Auby F., Boldrin A., Camatti E., Cassin D. & Turchetto M., 2004.** Variability and fluxes of hydrology, nutrients and particulate matter between the Venice lagoon and the Adriatic Sea. Preliminary results (years 2001-2002). *Journal of Marine Systems*, **51**: 49-64.
- Blaber S.J.M., 1997.** Fish and fisheries of tropical estuaries. *Chapman and Hall*, London: 367p.
- Blondel J., Ferry C. & Frochot B., 1973.** Avifaune et végétation. Essai d'analyse et de diversité. *Alauda*, **46** : 63-84.

- Bodoy A. & Massé H., 1978.** Quelques paramètres permettant de suivre la production organique d'un Mollusque bivalve au cours d'un cycle saisonnier. *Publ. Sci. Tech. CNEXO, Actes colloq.*, **7** : 753-766.
- Borsa P. & Millet B., 1992.** Recruitment of the clam *Ruditapes decussatus* in the lagoon of Thau mediterranean. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, **35** : 1-12.
- Boufahja F., Amorri J., Beyrem H., Essid N., Mahmoudi E. & Aïssa P., 2006.** Ecological interpretation of the distribution, morphometry and energetics of a population of *Paracomesoma dubium*: Filipjev, 1918 (Comesomatidae, Nematoda) from Bizerte Lagoon (Tunisia). *Mar. Life*, **16**: 3-13.
- Bourget E. & Brock V. 1990.** Short-term shell growth in bivalves: individual, regional and age-related variations in the rhythm of deposition of *Cerastoderma (Cardium) edule*. *Marine Biology*, **106**: 103-108.
- Boutière, H., 1974.** L'étang de Bages-Sigean : modèle de lagune méditerranéenne. *Vie & Milieu*. Vol. XXIV, fasc.1, sér. B : 23-58.
- Boutière H., De Bovée F., Delille D., Fiala M., Gros C., Jacques G., Knoepffler M., Labat J.P., Panouse M., & Soyer J., 1981.** Les effets d'une crise dystrophique dans l'étang de Salses-Leucate. *Oceanol. Acta*, N°SP. Symposium International sur les eaux côtières, SCOR/IABO/UNESCO, Bordeaux, 8-14 : 231-242.
- Boyden C.R. & Russel J.C., 1972.** The distribution and habitat of the brackish water *Cardium (Cerastoderma)* in the British Isles. *J. Anim. Ecol.*, **41**: 719-734.
- Boyden C.R., 1972.** Relationship of size to age in the cockles *Cerastoderma edule* and *C. glaucum* from the rive Crouch Estuary, Essex. *J. Conch., Lond.*, **27**: 475-489.
- Brock V., 1979.** Habitat selection of to congeneric bivalves, *Cardium edule* (L.) and *C. glaucum* (Bruguière) in sympatric and allopatric populations. *Mar. Biol.*, **54**: 149-156.
- Brock V., 1980.** Notes on relations between density, setting and growth of two sympatric cockle *Cardium edule* and *C. glaucum*. *Orphelia*, **1**: 241-248.
- Brusca, R.C. & Brusca, G.J., 2003.** Invertebrates (2 ed.). Sinauer Associates: 702p.
- Cabioch, L. & Gentil F., 1975.** Distribution des peuplements benthiques dans la partie orientale de la Baie de Seine. *C.R. Acad. Sci. Paris*, (280) : 491-494.
- Campbell A.C. & Nicholls J., 1979.** Guide de la faune et de la flore littorales des mers d'Europe. *Ed. Delachaux & Niestlé*, Paris : 322p.
- Cataudella S., 1982.** Rapport de la mission effectuée du 19 au 29 octobre en Algérie (lac Mellah et lac Oubéira). Rapp. FAO/MEDRAP : 37 p.
- Chaoui L., Kara M. H., Faure E. & Quignard J. P., 2006.** L'ichtyofaune de la lagune du Mellah : diversité, production et analyse des captures commerciales. *Cybium*, **30**(2): 123-132.
- Chaouti A., 2004.** L'écosystème lagunaire de Smir (Maroc): Hydrologie et Hydrodynamique. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **37** : 502.
- Chassefiere B., 1968.** Sur la sédimentologie et quelques aspects de l'hydrologie de l'étang de Thau. Thèse 3^{ème} Cycle. Univ. Montpellier : 131p.
- Cherkaoui E., Bayed A. & Hily C., 2003.** Organisation spatiale des peuplements macrozoobenthiques subtidiaux d'un estuaire de la côte atlantique marocaine : l'estuaire du Bou-Regreg. *Cah. Biol. Mar.*, **44** : 339-352.

- Chevreaux E. & Fage L., 1925.** Amphipodes. Faune de France. N°9. Ed. Lechevalier, Paris: 495p.
- Chintiroglou C.C., Antoniadou C., Damianidis P. & Diapoulis A., 2004.** Contribution to the knowledge of the macrobenthic biodiversity of Vouliagmani lagoon (Attica, Greece). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit*, **37**: 506.
- Clanzig S., 1991.** Le benthos de la lagune de Biguglia (Corse), tendances évolutives du milieu. Document C.I.E.L., **12** : 53p.
- Cornet M., 1986.** Estimation de la production annuelle de la population d'*Abra alba* (Mollusque ; Bivalve) du plateau continentale Sud Gascogne. *Oceanol. Acta.*, **9** : 323-332.
- Cruz-Escalona V.H., Abitia-Cardenes L.A., Campos-Davila L., & Galvan-Magana F., 2000.** Trophic intrrelations of the three most abundant fish species from laguna San Ignacio, Bja California Sur, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, **66**: 361- 373.
- Dabouineau L & Ponsero A. 2009.** Synthèse sur la biologie des coques *Cerastoderma edule*. (2 Ed). Université Catholique de l'Ouest - Réserve Naturelle Nationale Baie de St-Brieuc : 23p.
- Daget J., 1976.** Les modèles matnématiques en écologie. Ed. Masson, Paris : 172p.
- Dagnelie P., 1975.** Théorie et méthodes statistiques. 2 : Les méthodes de l'inférence statistique. *Presses agronomiques de Gembloux* : 451p.
- David M. Raup & Steven M. Stanley., 1978.** Principles of Paleontology. (2 Ed.) *W.H Freeman and Co*: 4-5
- Day J.H., 1967a.** Amonograph on the Polychaeta of southern Africa. Part 1: Errantia. Trustees of the British Musuem (Natural history). London: 558p.
- Day J.H., 1967b.** Amonograph on the Polychaeta of southern Africa. Part 2: Sedentaria. Trustees of the British Musuem (Natural history). London: 878p.
- De Casabianca M.L., Samson-Kechacha F.L. & Bone C., 1991.** Étude spatiotemporelle des sels nutritifs et des principales variables hydrobiologiques dans une lagune méditerranéenne: le lac Mellah (Algérie). *Mesogée*, **51** : 15-23.
- Derbali, A., Jarboui O., Ghorbel M., & Zammo uri-Langa R., 2009.** Population structure, distribution and relative abundance of *Cerastoderma glaucum* (Mollusca: Bivalvia) from the Bou Ghrara Lagoon (Gulf of Gabes, Southern Tunisia). *Mar. Biol. Ass. U. K*, **68**(2): 1-7.
- Derbali A., Elhasni K., Jarboui O., & Ghorbel M., 2012.** Distribution, abundance and biological parameters of *Cerastoderma glaucum* (Mollusca: Bivalvia) along the Gabes coasts (Tunisia, Central Mediterranean)., *Acta Adriatica*, **53**(3): 363 - 374.
- Desprez M., Ducrotoy J.P. & Elkaim, B., 1987.** Crise de la production des coques (*Cerastoderma edule*) en baie de Somme. I Synthèse des connaissances biologiques. *Rev. Trav. Pêches marit.*, **49** : 215-230.
- Desroy N., Charrier G. & Dauvin J.C., 2001.** Populations, peuplements et habitats benthiques et suprabenthiques et planctoniques de l'estuaire salé de Seine. État d'avancement des travaux du programme coordonné de recherche sur l'estuaire de Seine (thème IV) : 13-28
- Dounas C., Koutsoubas D., Arvanitidis C., Petihakis G., Drummond L. & Eleftheriou A., 1998.** Biodiversity and the impact of anthropogenic activities in Mediterranean lagoons: the case of Gialova lagoon, SW Greece. *Oebalia*, **24**: 77-91.

- Downing J.A., 1979.** Aggregation, transformation and the design of benthos sampling programs. *J. Fish. Res. Board. Can.*, **36**: 1454-1463.
- Draredja B. & Bakalem A., 2004.** Biomasse des peuplements macrobenthiques de la lagune Mellah (Algérie Septentrionale) en période printanière. *Sciences et Technologie*, N°**21**: 61-65.
- Draredja B. & Beldi H., 2001.** Macrofaune benthique d'un milieu lagunaire méditerranéen : lagune Mellah (Algérie Est). Quatrième congrès magrébin des Sciences de la Mer, Mahdia (Tunisie): 9-11 novembre 2001.
- Draredja B. & Kara M.H., 2004.** Diversité de la macrofaune benthique de la lagune Mellah (Algérie Nord-Est). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **37** : 515.
- Draredja B., 1992.** Conditions hydrosédimentaires et structure de la macrofaune benthique en période printanière d'un écosystème lagunaire méditerranéen: lac Mellah (Algérie). Thèse Magister en Océanographie biologique, ISMAL (Alger) : 147p.
- Draredja B., 2005.** Structure et organisation de la macrofaune benthique de la lagune Mellah (Méditerranée Sud-Occidentale, Algérie). *J. Rech. Océanographique*, **30**(1-2) : 24-33.
- Draredja B., 2007.** Structure et fonctionnement d'un milieu lagunaire méditerranéen : Lagune Mellah (El-Kala, Algérie Nord-Est). Thèse Doct. d'État. Univ. Annaba : 225p.
- Draredja B., Benmarce S. & Melouah K., 2009.** Composition de la macrofaune benthique de la lagune Mellah (El-Kala, Algérie Nord-Est). 12^{ème} Journées tunisiennes des sciences de la mer. Hammamet (Tunisie) : 18-21 décembre 2010.
- Draredja B., Melouah K., Beldi H. & Benmarce S., 2012.** Diversité de la macrofaune benthique de la lagune Mellah (Parc national d'El-Kala, Algérie Nord-Est). *Bull. Soc. zool. Fr.*, **137**(1-4) : 73-86.
- Ducrottoy C.R., Rybarczyk H., Souprayen J., Bachelet G., Beukema J.J., Desprez M., Dörjes J., Essink K., Guillou J., Michaelis H., Sylvand B., Wilson J.G., Elkaim B. & Ibanez F., 1991.** A comparison of the population dynamics of the cockle (*Cerastoderma edule*) in North-Western Europe. ECSA 19. *Proceeding of the Estuarine and Coastal Sciences Association Symposium*. Estuaries and Coasts: Spatial and Temporal Inter-comparisons: 173-184.
- Elliott J.M., 1979.** Some methods of the statistical analysis of samples benthic invertebrates. *Freshwater biol. Assoc. Sci. Publ.*, **25**: 157p.
- Espinosa, F., Guerra-García, J.M. & García-Gómez, J.C., 2007.** Sewage pollution and extinction risk: an endangered limpet as a bioindicator? *Biodiversity & Conservation*, **16**(2): 377-397.
- Etim L., Sankare Y., Brey T & Arntz W., 1998.** The dynamics of unexploited population of *Corbula trigona* (Bivalvia: Corbulidae) in a brackish-water lagoon Côte d'Ivoire. *Arch. Fish.Mar. Res.* **46** (3): 253-262.
- FAO, 1987.** Aménagement du chenal du lac Mellah. FAO et Ministère de l'hydraulique, de l'environnement et des forêts, division de développement des activités hydrauliques et agricoles, note préliminaire, janvier 1987 : 25p.
- FAO, 2008.** Site web: <http://www.fao.org/fishery/species/3535/en>.
- Fauvel P., 1923a.** Faune de France 5 : Polychètes errantes. Librairie de la faculté des sciences, Kraus reprint. Neenln/Liechtenstein : 416p.

- Fauvel P., 1923b.** Faune de France 16 : Polychètes sédentaires. Librairie de la faculté des sciences, Kraus reprint. Nenn/Liechtenstein : 194p.
- Frontier S. & Pichod-Viale D., 1991.** Écosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. Ed. Masson, Paris : 392p.
- Garnerot F., Bouchereau J.L., Rebelo J.E & Guelorget O., 2004.** L'ichtyofaune dans l'organisation biologique d'un système paralique de type lagunaire, La Ria d'Aveiro (Portugal), en 1987-1988 et 1999-2000. *Cybium*, **28**(1) suppl.: 63-75.
- Gaudy R., Verriopoulos G. & Cervetto G., 1995.** Space and time distribution of zooplankton in a Mediterranean lagoon (Étang de Berre). *Hydrobiologia* 300/301: 219-236.
- Gentil F., 1976.** Distribution des peuplements benthiques en Baie de Seine. Thèse 3^{ème} Cycle. Univ. Paris VI : 70p.
- George C.J., 1966.** The use of beached valves of the lamellibranches mollusks *Glycimeris glycimeris* L., *Donax semistriatus* Poli and *Donax trunculus* L. for the determination of percentage mortality by *Natica* spp. *Doriana*, **4** (164), 1-8.
- Gimazane J.P., 1982.** L'exploitation conchylicole du lac Mellah, Algérie. Mission FAO/MEDRAP du 8/6/82 : 37p.
- Giménez L., Borthagaray A., Rodríguez, M., Brazeiro, A., Dimitriadis, K., 2005.** Scale-dependent patterns of macroinfaunal distribution in softsediment intertidal habitats along a large-scale estuarine gradient. *Helgoland Marine Research*, **59**: 224-236.
- Gold C., 2002.** Étude des effets de la pollution métallique (Cd/Zn) sur la structure des communautés de diatomées périphytiques des cours d'eau. Approches expérimentales in situ et en laboratoire. Thèse Doct. Univ. Bordeaux I: 175p.
- Gomez Noguera S.E. & Hendrickx M.E., 1997.** Distribution and abundance of meiofauna in a subtropical coastal lagoon in the south-eastern gulf of California, Mexico. *Mar. Poll. Bull.*, **40**(7): 582-587.
- Gontikaki E., Antoniadou A & Chintiroglou C., 2003.** Population structure of *Cerastoderma glaucum* and *Abra ovata* in Vouliagmeni Lagoon (Attiki). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **83**: 1095-1097
- Gravina M.F., Ardizzone G.D., Scaletta F., Chimenz C., 1989.** Descriptive analysis and classification of benthic communities in some Mediterranean coastal lagoons (central Italy). *PSZN Mar. Ecol.* **10**: 141-166.
- Gray J., 1981.** The Ecology of Marine Sediments. Cambridge University Press: 185p.
- Grimes S., 1994.** Contribution à la connaissance des populations de *Cardium glaucum* (Bruguère, 1789), *Loripes lacteus* (Linnaeus, 1758) et *Brachydontes marioni* (Locard, 1889) du lac Mellah (El-Kala, Algérie) : Écologie et dynamique. Thèse Magister en Océanographie biologique, ISMAL (Alger) : 211p.
- Grimes S., 2010.** Peuplements benthiques des substrats meubles de la côte algérienne. Thèse Doct. D'Etat, Univ. Oran : 289p. + Annexes.
- Guelorget O. & Mazoyer-Mayère C., 1985.** Croissance, biomasse et production de *Cerastoderma glaucum* dans une lagune méditerranéenne : l'étang de Prévost (Hérault, France). *Vie marine*, **7** : 15-27.
- Guelorget O. & Michel P., 1976.** Recherche écologique sur une lagune saumâtre méditerranéenne : l'étang de Prévost (Hérault). Thèse 3^{ème} Cycle. USTL, Montpellier, Tome I: 95p. + Tome II: 122p.

- Guelorget O. & Michel P., 1977.** Étude sédimentologique d'une lagune saumâtre méditerranéenne, l'étang de Thau (Hérault). *Vie Milieu*, 27 (1b) : 111-130.
- Guelorget O. & Michel P., 1979a.** Les peuplements benthiques d'un étang littoral languedocien, étang de Prévost (Hérault). 1- Étude quantitative de la macrofaune des vases. *Théthys*, 9(1) : 49-64.
- Guelorget O. & Michel P., 1979b.** Les peuplements benthiques d'un étang littoral languedocien, l'étang de Prévost (Hérault). 2- Étude quantitative de la macrofaune des sables. *Téthys*, 9(1) : 65-71.
- Guelorget O. & Perthuisot J.P., 1992.** Paralitic ecosystems. Biological organization and functioning. *Vie Milieu*, 42(2): 215-251.
- Guelorget O. & Perthuisot J.P., 1983.** Le domaine paralique : expression écologique, biologique et économique du confinement. *Trav. Lab. Géol., ENS, Paris*, 16 : 136p.
- Guelorget O., Frisoni G.F. & Perthuisot J.P., 1981.** Les communautés phytoplanctoniques et benthiques d'un milieu paralique hypersalé : la bahiret El-Biban (Tunisie). Critère d'analyse du fonctionnement d'un écosystème lagunaire. Communication présentée au Symposium international sur les lagunes côtières (ISCOL), UNESCO, Bordeaux, septembre 1981.
- Guelorget O., Frisoni G.F., Ximenes M.C. & Perthuisot J.P., 1989.** Expression biologique du confinement dans une lagune méditerranéenne : le lac Mellah (Algérie). *Rev. Hydrobiol. Trop.* 22(2) : 87-99.
- Guelorget O., Ximènes M.C., Frisoni G.F. & Perthuisot J.P., 1982.** Diagnose écologique du lac Mellah (Algérie), pour l'évaluation de ses potentialités halieutiques et aquacoles. Rapport de la mission FAO, (ONUD/MEDRAP), octobre 1982: 130p.
- Guerra-García, J.M., Maestre, M.J., González, A.R. & García-Gómez, J.C., 2006.** Assessing a quick monitoring method using rocky intertidal communities as bioindicator: a multivariate approach in Algeciras bay. *Environ. Monitor. Assess.*, 116: 345-361.
- Guillou J. & Tartu C., 1992.** Reproduction et recrutement de la coque *Cerastoderma edule* L. à Saint-Pol-de-Léon (Bretagne-Nord). *Société française de Malacologie*, Aspects récents de la biologie des Mollusques, Actes de colloques, 13 : 29-38.
- Hancock D.A., 1967.** Growth and mesh selection in the edible cockle (*Cardium edule* L.). *Journal of Applied Ecology*. 4: 137-157.
- Haridi A., 1999.** Le zooplancton de la lagune Mellah (El-Kala, Algérie). Bilan d'échange avec la mer et incidences écologiques en hiver et au printemps 96-97. Thèse magister en Océanographie biologique. ISMAL (Alger) : 59p.
- Høpner Peterson G.M., 1958.** Notes on the growth and biology of the different *Cardium* species in Danish water areas madder Dann. *Fish-og hindere*, 2: 1-31.
- Huang, Y., Zhang, G., Wu, F., Chen J. & Zhou, M., 2006.** Differences in physiological traits among salt-stressed barley genotypes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37: 557-570.
- Hummel H., Sokołowski A., Bogaards R.H., Wołowicz M., 2000.** Ecophysiological and genetic traits of the Baltic clam *Macoma balthica* in the Baltic: differences between populations in the Gdańsk Bay due to acclimatization or genetic adaptation. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 85 (5-6): 621-637.

- Huxley J.S. & Teissiert G., 1936.** Terminologie et notation dans la description de la croissance relative. *Compt. Rend. Soc. Biol.* 121: 934-936.
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Mollusca>
- Ibrahim A., Guelorget O. & Perthuisot J.P., 1982.** Contribution à l'étude hydrologique et sédimentologique de la lagune de Guemsah. *Rapport CFP GREDOPAR* : 36p.
- Iouzzi N., Magoua M. & Hamoumi N., 2007.** Évolution de la qualité des eaux de la lagune de Nador (Littoral méditerranéen oriental, Maroc) durant la période 2003-2005. *Rapp. Comm.int. Mer Médit.*, **38** : 674.
- Jensen K.T., 1993.** Density dependant growth in cockles (*Cerastoderma edule*): evidence from interannual comparisons. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.* **73**(2): 333-342.
- Kapetsky J.M., 1984.** Coastal lagoon fisheries around the world: Some perspectives on fishery yields and other comparative fishery. Characteristics in management of coastal lagoon fisheries. *Studies and reviews C.G.P.M.*, **61**(2): 454p.
- Kara M. H. & Chaoui L., 1998.** Niveau de production et rendement d'une lagune méditerranéenne: le lac Mellah (Algérie). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **35**(2): 548-549.
- Kemp S.J. & Spotila J.R., 1997.** Effects of urbanization on brown trout *Salmo trutta*, other fishes and macroinvertebrates in Valley Creek, Valley Forge, Pennsylvania. *American Midland Naturalist*, **138**(1): 55-67.
- Kherfouf A., 1997.** Étude des peuplements macrobenthiques de la baie d'Oran. Thèse de Magister, ISMAL (Alger), 174p. + Annexes.
- Kevrekidis T., 2004a.** Seasonal variation of the macrozoobenthic community structure at low salinities in a Mediterranean lagoon (Monolimni Lagoon, Northern Aegean). *Int. Rev. Hydrobiologia*, **89**: 407-425.
- Kevrekidis T., 2004b.** Population dynamics, growth and reproduction of *Corophium insidiosum* (Crustacea: Amphipoda) at low salinities in Monolimni Lagoon (Evros delta, North Aegean Sea). *Hydrobiologia*, **522**: 117–132.
- Kevrekidis T., Kourakos G. & Boubonari T., 2009.** Life History, Reproduction, Growth, Population Dynamics and Production of *Gammarus aequicauda* (Crustacea: Amphipoda) at Extremely Low Salinities in a Mediterranean Lagoon (North Aegean Sea Greek). *WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim* 1434–2944/09 : 306–308.
- Kim K., 1988.** La salinité et la densité des eaux des étangs de Berre et de Vaïne (Méditerranée Nord-occidentale) relation avec les affluents et le milieu marin voisin. *Marine Nature* **1**(1) : 37-58.
- Koulmann J.G. & Wolff W.J., 1977.** The mollusca of the estuarine region of the rivers Rhine, Meuse, and Scheldt in relation to the hydrography of the area. V. The Cardiidae. *Basteria*, **41**: 22-32.
- Labourg J.P. & Lasserre G., 1980.** Dynamique des populations de *Cerastoderma glaucum* dans une lagune aménagée de la région d'Arcachon. *Mar. Biol.*, **60** :147–157.
- Labourg J.P., 1988.** La macrofaune invertébrée. Programme de recherche et de développement en aquaculture extensive. Domaine de Certes. Compte rendu d'activité 1987 : 95p.
- Lam-Hoai T. & Rougier C., 2001.** Zooplankton assemblages and biomass during a 4 period survey in a northern Mediterranean coastal lagoon. *Wat. Res.* **35**(1): 271-283.

- Lankford R., 1977.** Coastal lagoons of Mexico: their origin and classification. Estuarine process In: Wiley M., (ed.), *Academic Press Inc.*, Volume II: 182-215.
- Lasserre G. & Postma H., 1982.** Les lagunes côtières. Actes du Symposium International sur les lagunes côtières, 8-14 septembre 1981, Bordeaux, France. *Oceanol. Acta*, N°SP: 461p.
- Laugier T., Rigollet V. & De Casabianca M.L., 1999.** Seasonal dynamics in mixed eelgrass beds, *Zostera marina* L. and *Z. noltii* Hornem in a Mediterranean coast lagoon (Thau lagoon, France). *Aquatic Botany*, **63**: 51-69.
- Le Bris H., 1988.** Fonctionnement des écosystèmes benthiques côtiers au contact d'estuaires: la Rade de Lorient et la Baie de Vilaine. Thèse Doct., Univ. Bretagne Occidentale, Brest : 311p.
- Lemoine M., Desprez M. & Ducrottoy J.P., 1988.** Exploitation des ressources en bivalves de la baie de Somme : aménagement de la pêche et état de la ressource en coques. Rapport scientifique et techniques, *IFREMER*, **8** : 172p.
- Lenzi M., Palmieri R. & Porello S., 2003.** Restoration of the trophic Orbetello lagoon (Tyrrhenian Sea, Italy), water quality management. *Marine Pollution Bulletin*, **46**: 1540-1548.
- Llanos R.J., Scott L.C., Dauer D.M., Hyland J.L. & Russell, D.E., 2002.** An estuarine benthic index of biotic integrity for the Mid-Atlantic region of the United States. I. Classification of assemblages and habitat definition. *Estuaries*, **25**: 1219–1230.
- Lie U. & Pamatmat M.N., 1965.** Dragging characteristics and sampling efficiency of the 0.1m² Van Veen grab. *Limnol. Oceanogr.*, **10**(3) : 379-384.
- Light W.J., 1975.** Invertebrates of the San Francisco bay estuary system: Spionidae (Annelida, Polychaeta). Ed. Lee W.L., California Academy of Sciences. *The Boxwood Press*: 1-51.
- Lincoln R. J., 1979.** British marine Amphipoda: Gammaridea. *British Museum (Natural History)*, London 1979 : 610p.
- Lloyd M. & Ghelardi J.R., 1964.** A table for calculating the "equitability" component of the species diversity. *J. Animal Ecol.*, **3**: 217-225.
- Lucas A., Beninger P.G., 1985.** The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture*, **44** (3), 187–200.
- Machreki-Ajmi M. & Hamza-Chaffai A., 2006.** Accumulation of Cadmium and Lead in *Cerastoderma glaucum* originating from the Gulf of Gabès, Tunisia. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **76**: 529–537.
- Machreki-Ajmi M., Ketata I., Ladhar-Chaabouni R. & Hamza-Chaffai A., 2008.** The effect of in situ cadmium contamination on some biomarkers in *Cerastoderma glaucum*. *Ecotoxicol.*, **17**: 1–11.
- Madani I., 1989.** Dynamique des populations et processus de recrutement chez quatre espèces de bivalves appartenant aux genres *Abra* et *Cerastoderma*, dans le bassin d'Arcachon. Thèse Doct., Univ., Bordeaux I : 150p.
- Malea P., Kevrekidis T. & Mogias A., 2004.** Annual versus perennial growth cycle in *Ruppia maritima* L.: temporal variation in population characteristics in Mediterranean lagoons (Monolimni and Drana lagoons, Northern Aegean Sea). *Bot. Mar.*, **47**: 357–366.
- Mannino A. & Montagna, P. 1997.** Small-scale spatial variation of macrobenthic community structure. *Estuaries*, **20**: 159-173.

- Markert B.A., Breure A.M. & Zechmeister H.G., 2003.** Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment. Bioindicators and biomonitors: principles, concepts and applications. *Elsevier Science Limited*, pp. 3-39.
- Mars P., 1966.** Recherche sur quelques étangs du littoral méditerranéen français et leurs faunes malacologiques. *Vie et Milieu, suppl. 20* : 359p.
- Melita P., Daria E., Margita R., Nela S., Nedo V. & Igor I., 2012.** Age, growth and population structure of *Acanthocardia tuberculata* (Bivalvia: Cardiidae) in the eastern Adriatic Sea. *Scientia Marina* **76**(1): 59-66.
- Menif D. & Ben Hassine O.K., 2003.** La lagune de Kelibia : caractéristiques du milieu et biodiversité. *Revue F.S.B., 2* : 52p.
- Messerer Y., 1999.** Étude morphométrique et hydrologique du complexe lacustre d'El-Kala (Cas du lac Mellah et du lac Oubéira). Thèse Magister. Univ. Annaba : 123p.
- Mistri M., Rossi R. & Fano A., 2001.** Structure and secondary production of a soft bottom macrobenthic community in a brackish lagoon (Sacca di Goro, north-eastern Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **52**: 605-616.
- Mogias A. & Kevrekidis T., 2005.** Macrobenthic community structure in a poikilohaline Mediterranean lagoon (Laki lagoon, northern Aegean). *Helgol. Mar. Res.*, **59**: 167-176.
- Monbet Y., 1972.** Étude bionomique du plateau continental au large d'Arcachon (Application de l'analyse factorielle). Thèse 3^{ème} Cycle. Univ. d'Aix Marseille : 91p.
- Montaudouin X. & Bachelet G., 1996.** Experimental evidence of complex interactions between biotic and abiotic factors in the dynamics of an intertidal population of the bivalve *Cerastoderma edule*. *Oceanologica acta*. **19**(3/4): 449-464.
- Mouëza M., 1971.** Contribution à l'étude de l'écologie et de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque lamelibranche). Thèse Doct. Univ. Marseille : 130p.
- Muus B.J., 1967.** The fauna of Danish estuaries and lagoon, distribution and ecology dominating species in the shallows reaches of the mesohaline zone. *Meddr Danm. Fisc.-og. Havunders* **1**(NS): 3-316.
- Naylor E., 1972.** A synopsis of the British marine Isopods. Department of zoology, Univ. College of Swansea, Wales. *Linnaean Society Synopses of the British fauna*: 86p.
- Nicolaidou A., Petrou K., Kormas K., & Reizopoulou S., 2006.** Inter-annual variability of soft bottom macrofaunal communities in two Ionian Sea lagoons. *Hydrobiologia*, **555**: 89-98.
- Nixon S.W., 1982.** Nutrient dynamics, primary production and fisheries yields of lagoons. Actes du Symposium International sur les lagunes côtières, 8-14 septembre 1981, Bordeaux, France. *Oceanol. Acta, N°SP* : 357-371.
- Nuccio C., Melillo C., Massi L. & Innamorati M., 2003.** Phytoplankton abundance, community structure and diversity in the eutrophicated Orbetello lagoon (Tuscany) from 1995 to 2001. *Oceanologica Acta*, **26**: 15-25.
- Ounissi M., Haridi A. & Rétima A., 2002.** Variabilité du zooplancton de la lagune Mellah (Algérie) selon l'advection tidale en hiver et au printemps 1996-1997. *J. Rech. Océanogr.*, **27**(1) : 1-13.
- Pagès J., Andrefouet S., Delesalle B. & Prasil V., 2001.** Hydrology and trophic state in Takapoto Atoll lagoon: comparison with other Tuamatu lagoons. *Aquat. Living ressources*, **14**: 183- 193.

- Parenzan P., 1970.** Carta d'identita della conchiglie del Mediterraneo. Vol. I : Gasteropodi. Ed. *Bios Taras-Twanto* : 282p.
- Parenzan P., 1974.** Carta d'identita della conchiglie del Mediterraneo. Vol. II : Bivalvia. Ed. *Bios Taras-Twanto* : 279p.
- Pasquaud S., 2006.** Les relations trophiques : éléments de structuration des peuplements ichtyologiques en milieu estuarien, application à l'estuaire de la Gironde. Thèse Doct. Univ. Bordeaux I : 239p.
- Pérès J.M. & Picard J., 1964.** Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. End.* **31**(47) : 137p.
- Persson L.E., 1976.** Abundance and growth of a *Cardium glaucum* Bruguière population in Hanö Bigth (Southen Baltic). *Ophelia*, **15**: 163-174.
- Pielou E.C., 1966.** The measurement of diversity in different types of biological collection. *J. Theor. Biol.*, **13**: 131-144.
- Plus M., Chapelle A., Menesguen A., Deslous-Paoli J.M. & Aubyd I., 2003.** Modelling seasonal dynamics of biomass and nitrogen contents in a seagrass meadow (*Zostera noltii* Hornem): application of the Thau lagoon (French Mediterranean coast). *Ecological Modelling*, **161**: 213-238.
- Ponsero A., Vidal J., Allain J., 2003.** Évaluation spatiale de la densité du gisement de coques de la baie de Saint-Brieuc. Réserve Naturelle Baie de St- Brieuc : 20p.
- Ponti M., Pinna M., Basset A., Moncheva S., Trayanova A., Georgescu L.P., Beqiraj S., Orfanidis S., & Abbiatim M., 2008.** Quality assessment of Mediterranean and Black Sea transitional waters: comparing responses of benthic biotic indices. *Aquatic Conserve. Mar. Freshw. Ecosyst.*, **18**: 62–75.
- Poppe G.T. & Gotto Y., 1991.** European seashells. Vol. I (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda). Ed. *Verlag Christa Hemmen*: 352p.
- Poppe G.T. & Gotto Y., 2000.** European Seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalva Cephalopoda). *Conchbooks. Ed. Verlag Christa Hemmen* : 221p.
- Rebzani-Zahaf C., 2003.** Les peuplements macrobenthiques des milieux portuaires de la côte algérienne : Alger, Bejaïa et Skikda. Thèse Doct. d'État, USTHB (Alger) : 251p. + annexes.
- Refes W., 1994.** Contribution à la connaissance de la population de *Ruditapes decussata* (Linnaeus, 1758) du lac Mellah (El-Kala, Algérie) : écologie, reproduction, dynamique des populations et exploitation. Thèse Magister en Océanographie biologique, ISMAL (Alger) : 197p.
- Reizopoulou S., Thessalou-Legaki M. & Nicolaidou A., 1996.** Assessment of disturbance in Mediterranean lagoons: an evaluation of methods. *Mar. Biol.*, **12**: 189–197.
- Reizopoulou, S. & Nicolaidou A., 2004.** Benthic diversity of coastal brackish-water lagoons in Western Greece. *Aquat. Conserv.*, **14** : 93–102.
- Reys J.P., 1971.** Analyses statistiques de la microdistribution des espèces benthiques de la région de Marseille. *Tethys*. **3**(2): 381-403.
- Riedl R., Abel E., Kohlmeyer J., Kusel H., Matthes D., Rossi I., Salvini-Plawen L., Sarà M. & Dworschak P., 1983.** Fauna und flora des mittelmeeres. Ed. *Verlag Paul Parey*. Hamburg und Berlin: 836p.

- Romdhane M.S. & Chakroun F.L., 1986.** Les peuplements benthiques de la lagune de Ghar El Melh. *Bull. Inst. Natl. Sci. Tech. Océano. Salammbô*, **13** : 95–108.
- Ruppert, E.E., Fox, R.S., & Barnes, R. D., 2004.** Invertebrate Zoology. (7 Ed.) *Brooks/Cole*: 367–403.
- Rygg B., 1970.** Studies on *Cerastoderma edule* (L.) and *Cerastoderma glaucum* (Poiret). *Sarsia*, **43**: 65-80.
- Samaan A.A., Ghobashy A.F.A. & Aboul-Ezz S.M., 1989.** The benthic fauna of lake Burollus. 1. Community composition and distribution of the total fauna. *Bull. Natl.Inst. Oceanogr. Fish*, **15**: 217–224.
- Sandro W., 1982.** The Amphipoda of the Mediterranean: Part 1 – Gammaridae. Mémoire de l'institut océanographique. Fondation Albert 1^{er}, Prince de Monaco, N°**13** : 365p.
- Semroud R., 1983.** Contribution à l'étude écologique des milieux saumâtres méditerranéens : le lac Mellah (El-Kala, Algérie). Thèse 3^{ème} Cycle, USTHB (Alger) : 137p.
- Sheldon A.L., 1969.** Equitability indices: dependence of the species. *Count. Ecology*, **50**: 467-466.
- Smaal A.C., Stralen M.R., 1990.** Average annual growth and condition of mussel as a function of food source, *Hydrobiologia*, **195** (1), 179–188.
- Smaal A.C., Vonck A.P.M.A. & Bakker M., 1997.** Seasonal variation in physiological energetic of *Mytilus edulis* and *Cerastoderma edule* of different size classes. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **77**: 817-838.
- Solidoro C., Pastres R., Cossarini G. & Ciavatta S., 2004.** Seasonal and spatial variability of water quality parameters in the lagoon Venice. *Journal of Marine Systems*, **51**: 7-18.
- Stora G., 1976.** Évolution des peuplements benthiques d'un étang marin soumis à un effluent d'eaux douces. *Bull. Ecol.*, **7**(3) : 275-282.
- Stora, G., Arnoux A., & Gralas M. 1995.** Time and spatial dynamics of Mediterranean lagoon macrobenthos during an exceptionally prolonged interruption of freshwater inputs. *Hydrobiologia* **300/301**: 123–132.
- Szefer P., Wolowicz M., Kusak A.M., Deslous-Paoli J., Czarnowski W., Frelek K. & Belzunce M.J., 1999.** Distribution of Mercury and Other Trace Metals in the Cockle *Cerastoderma*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **36**: 56–63.
- Tarnowska K., Wołowicz M., Chenuil A & F'eral J., 2009.** Comparative studies on the morphometry and physiology of European populations of the lagoon specialist *Cerastoderma glaucum* (Bivalvia). *Oceanologia*, **51**(3): 437-458.
- Tebble N., 1966.** British bivalve sea shells. *British museum (natural history)*, London: 212p.
- Teissier G., 1948.** La relation d'allométrie : sa signification statique et biologique. *Biometrics*, **4**(1) : 14-53.
- Teske P. & Wooldridge T., 2001.** A comparison of the macrobenthic faunas of permanently open and temporarily open/closed South African estuaries. *Hydrobiologia*, **464**: 227-243.
- Teske P. & Wooldridge T., 2003.** What limits the distribution of subtidal macrobenthos in permanently open and temporarily open/closed South African estuaries- Salinity vs. sediment particle size. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, **57**: 225- 238.

- Thomas J.P., Bougazelli N. & Attender M., 1973.** Projet de parc national marin, lacustre et terrestre d'El-Kala, Annaba, Algérie. Rapport de création de projet d'un parc national. Ministère de l'hydrologie, de l'environnement et des forêts : 64p.
- Tongiorni P., Nardi P., Galleli L., Nigrom & Salgheti., 1981.** Deeding habits of *Ocenebrina eduardsi* (Mollusca Prosobranchia) a common murel drill of Italian coasts. *Marine Ecology*, **2**: 129-146.
- Tortonese T., 1965.** Fauna d'Italia: Echinodermata. Calderini. Istit. Zool. Univ. Torino: 419p.
- Verschuren D., Tibby J., Sabbe K., & Roberts N., 2000.** Effect of depth, salinity, and substrate on the invertebrate community of a fluctuating tropical lake. *Ecology*, **61**: 70-82.
- Vignali R., Galleli P., 1986.** The beach shell assemblage of pontedoro: preliminary list of mollusc species with some notes on predation phenomena. *Atti. Tosc. Nat., Mem. Series B*, **93**: 1-10.
- Wenne R., Styczyńska-Jurewicz E., 1985.** Age-dependence of condition and lipid and carbohydrate contents in *Macoma balthica* (L.) from the Gdańsk Bay (South Baltic), *Pol. Arch. Hydrobiol.*, **32**: 65-70.
- Wenne R., Styczyńska-Jurewicz E., 1987.** Gross biochemical composition of the bivalve *Macoma balthica* from the Gulf of Gdańsk (Southern Baltic), *Mar. Biol.*, **96** (1), 73-78.
- Wołowicz M., 1991.** Geographical differentiation of *Cerastoderma glaucum* Bruguiere (Bivalvia) populations. Hypothesis concerning the origin and migration pathways. *Wyd. UG, Gdańsk*: 151p.
- Woodin S.A., 1976.** Adult-larval interactions in dense infaunal assemblage: patterns of abundance. *Journal of marine research*, **34**: 25-41.
- Ysebaert T. & Herman P., 2002.** Spatial and temporal variation in benthic macroinfauna and relationships with environmental variables in an estuarine, intertidal soft-sediment environment. *Marine Ecology Progress Series*, **244**: 105 -124.
- Zaouali J. 1970.** Contribution a la connaissance de la faune malacologique du la Ichkeul (Tunis septentrionale), étude du bivalve *Cerastoderma glaucum*. *Arch. inst. Pasteur Tunis*, **1-2** : 113-126.
- Zaouali J., 1974.** La faune malacologique du lac de Tunis (parties Nord et Sud) et de ses canaux (Canal Central, Canal Nord et Canal Sud). *Haliotis*, **4** : 179-186.
- Zaouali J., 1977.** Contribution à la connaissance de la faune malacologique du lac Ichkeul (Tunis septentrionale): étude du Bivalve *Cerastoderrma glaucum*. *Institut Pasteur de Tunis*. **54**(1-2) : 113-126.
- Zaouali J., 1979.** Étude écologique du lac du Bizerte. *Bull. Off. Natn. Pêches, Tunisie*, **3**(2) : 107-140.
- Zaouali J., 1980.** Étude du cycle sexuel de *Cerastoderma glaucum*. (Bivalvia, Eumelli-branchia, Cardiidae) dans le lac de Tunis et de la mer de Bou-Grara (Tunis). *Institut Pasteur de Tunis. Tome LVII*. **3** :281-295.

ANNEXES

I- PLANCHES

Planche I : Lagune Mellah



Planche II : Appareils de mesures et engins de prélèvements

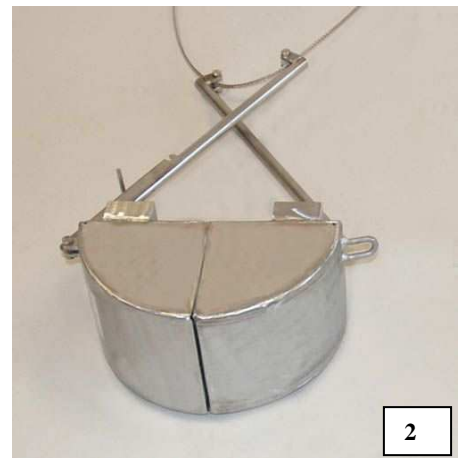
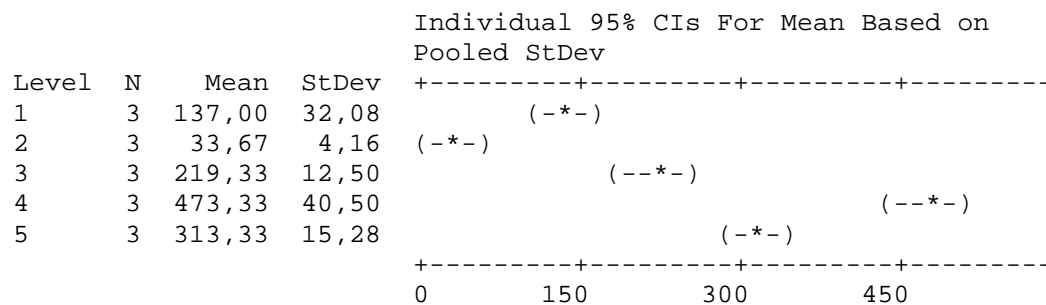


Planche III : Faunes malacologiques du Mellah





Pooled StDev = 24,80

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	473,33	A
5	3	313,33	B
3	3	219,33	C
1	3	137,00	D
2	3	33,67	E

Means that do not share a letter are significantly different.

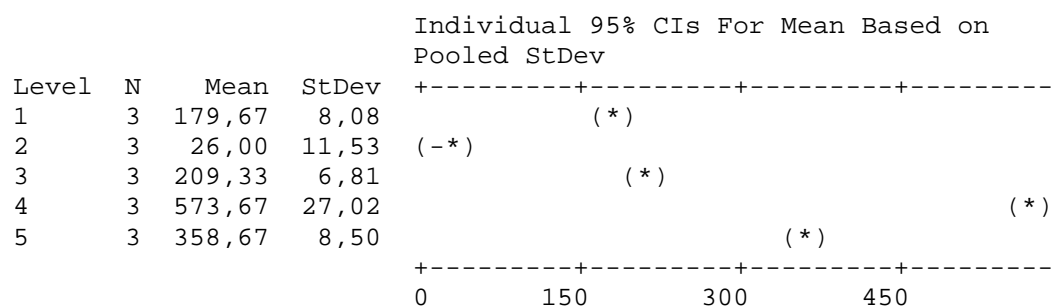
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Juin versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	514351	128588	613,88	0,000
Error	10	2095	209		
Total	14	516446			

S = 14,47 R-Sq = 99,59% R-Sq(adj) = 99,43%



Pooled StDev = 14,47

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	573,67	A

5	3	358,67	B
3	3	209,33	C
1	3	179,67	C
2	3	26,00	D

Means that do not share a letter are significantly different.

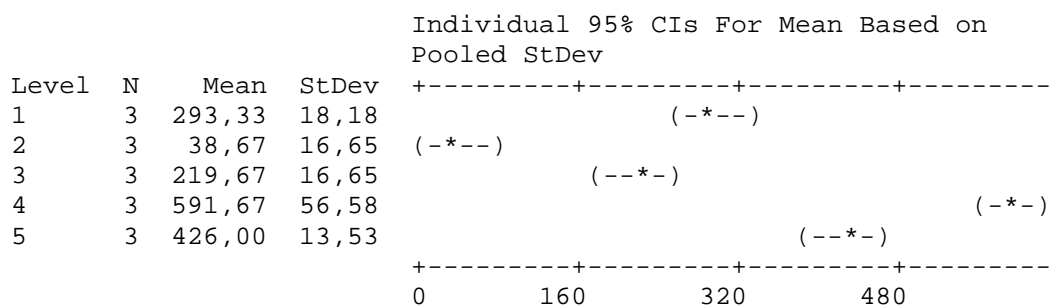
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Juillet versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	524331	131083	153,52	0,000
Error	10	8539	854		
Total	14	532870			

S = 29,22 R-Sq = 98,40% R-Sq(adj) = 97,76%



Pooled StDev = 29,22

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	591,67	A
5	3	426,00	B
1	3	293,33	C
3	3	219,67	C
2	3	38,67	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station

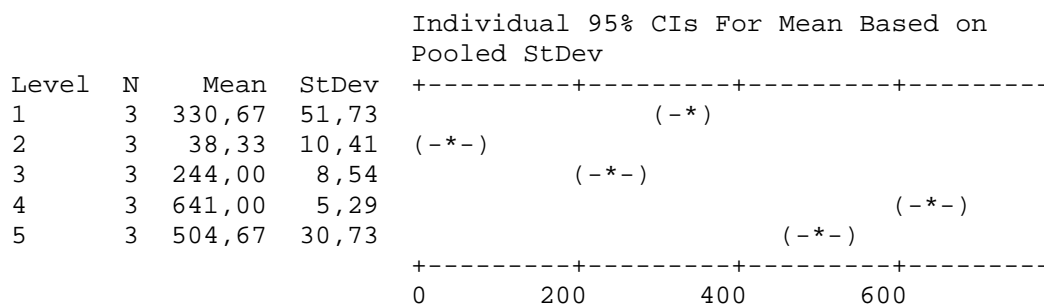
Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Aout versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	652001	163000	212,79	0,000

Error 10 7660 766
 Total 14 659661

S = 27,68 R-Sq = 98,84% R-Sq(adj) = 98,37%



Pooled StDev = 27,68

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	641,00	A
5	3	504,67	B
1	3	330,67	C
3	3	244,00	D
2	3	38,33	E

Means that do not share a letter are significantly different.

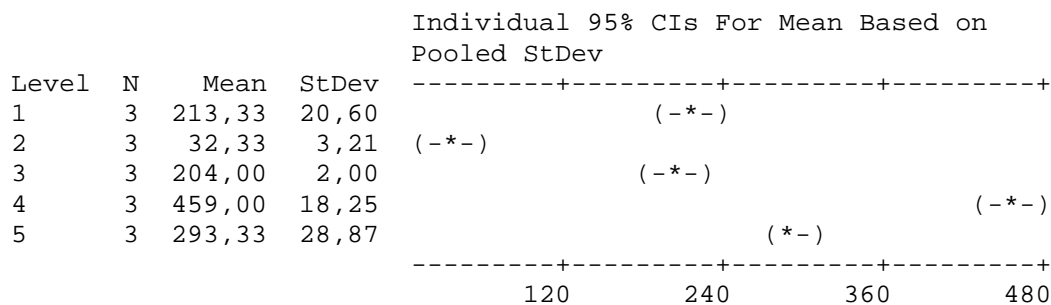
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Septembre versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	287812	71953	224,15	0,000
Error	10	3210	321		
Total	14	291022			

S = 17,92 R-Sq = 98,90% R-Sq(adj) = 98,46%



Pooled StDev = 17,92

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	459,00	A
5	3	293,33	B
1	3	213,33	C
3	3	204,00	C
2	3	32,33	D

Means that do not share a letter are significantly different.

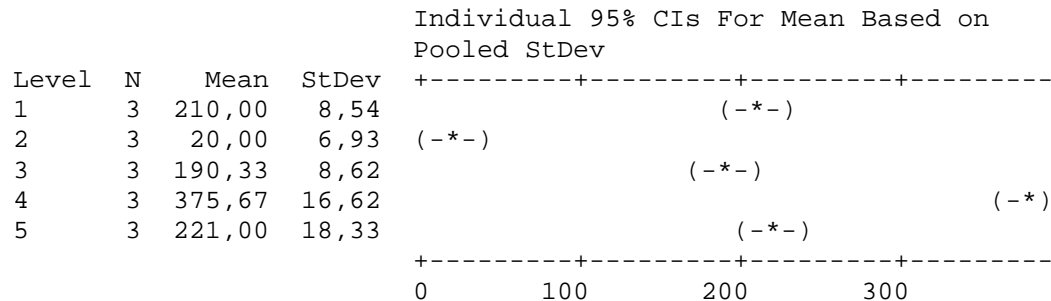
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Octobre versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	191506	47877	296,39	0,000
Error	10	1615	162		
Total	14	193122			

S = 12,71 R-Sq = 99,16% R-Sq(adj) = 98,83%



Pooled StDev = 12,71

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	375,67	A
5	3	221,00	B
1	3	210,00	B
3	3	190,33	B
2	3	20,00	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Novembre versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	61568	15392	80,50	0,000
Error	10	1912	191		
Total	14	63480			

S = 13,83 R-Sq = 96,99% R-Sq(adj) = 95,78%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI
1	3	143,00	15,00	(--*--)
2	3	8,00	4,00	(--*--)
3	3	136,00	26,51	(--*--)
4	3	202,00	3,00	(--*--)
5	3	147,00	1,73	(--*-)

0 60 120 180

Pooled StDev = 13,83

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	202,00	A
5	3	147,00	B
1	3	143,00	B
3	3	136,00	B
2	3	8,00	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Décembre versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	65050	16263	122,64	0,000
Error	10	1326	133		
Total	14	66376			

S = 11,52 R-Sq = 98,00% R-Sq(adj) = 97,20%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI
1	3	77,67	2,31	(--*--)
2	3	44,67	17,01	(--*--)
3	3	94,00	9,85	(--*-)

4	3	233,67	7,77		(--*-)
5	3	145,00	14,53		(-***)

Pooled StDev = 11,52

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	233,67	A
5	3	145,00	B
3	3	94,00	C
1	3	77,67	C
2	3	44,67	D

Means that do not share a letter are

One-way ANOVA: Janvier versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	67529	16882	137,93	0,000
Error	10	1224	122		
Total	14	68753			

S = 11,06 R-Sq = 98,22% R-Sq(adj) = 97,51%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	3	53,00	14,73	(--*-)
2	3	22,67	10,07	(--*-)
3	3	85,33	5,69	(-***)
4	3	215,67	10,69	(-*-)
5	3	127,00	12,12	(-***)

Pooled StDev = 11,06

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	215,67	A
5	3	127,00	B
3	3	85,33	C
1	3	53,00	D
2	3	22,67	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

stations*mois	44	618742	618742	14062	36,45	0,000
Error	120	46302	46302	386		
Total	179	4472915				

S = 19,6431 R-Sq = 98,96% R-Sq(adj) = 98,46%

Unusual Observations for AV2

Obs	AV2	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
25	384,000	434,333	11,341	-50,333	-3,14 R
27	476,000	434,333	11,341	41,667	2,60 R
31	100,000	137,000	11,341	-37,000	-2,31 R
40	433,000	473,333	11,341	-40,333	-2,51 R
42	514,000	473,333	11,341	40,667	2,54 R
70	529,000	591,667	11,341	-62,667	-3,91 R
72	639,000	591,667	11,341	47,333	2,95 R
76	271,000	330,667	11,341	-59,667	-3,72 R
78	363,000	330,667	11,341	32,333	2,02 R
88	472,000	504,667	11,341	-32,667	-2,04 R
103	260,000	293,333	11,341	-33,333	-2,08 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

```
MTB > Oneway 'Mars_1' 'station';
SUBC> Tukey 5.
```

Tableau V. Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la biomasse de la faune malacologique en fonction des mois (N = 3), selon les stations prospectées dans la lagune.

One-way ANOVA: Mars_1 versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	260,9254	65,2314	6744,03	0,000
Error	10	0,0967	0,0097		
Total	14	261,0221			

S = 0,09835 R-Sq = 99,96% R-Sq(adj) = 99,95%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled

StDev	Level	N	Mean	StDev
	1	3	3,7033	0,1327
	2	3	0,2471	0,0811
	3	3	4,7398	0,0907
	4	3	12,9552	0,0786
	5	3	5,5964	0,0988

0,0 3,5 7,0 10,5

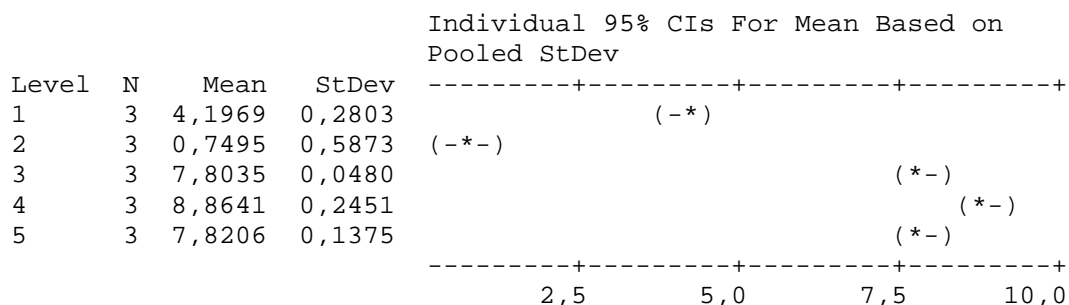
Pooled StDev = 0,0983

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	12,9552	A
5	3	5,5964	B
3	3	4,7398	C

Error 10 1,010 0,101
 Total 14 137,586

S = 0,3177 R-Sq = 99,27% R-Sq(adj) = 98,97%



Pooled StDev = 0,3177

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	8,8641	A
5	3	7,8206	B
3	3	7,8035	B
1	3	4,1969	C
2	3	0,7495	D

Means that do not share a letter are significantly different.

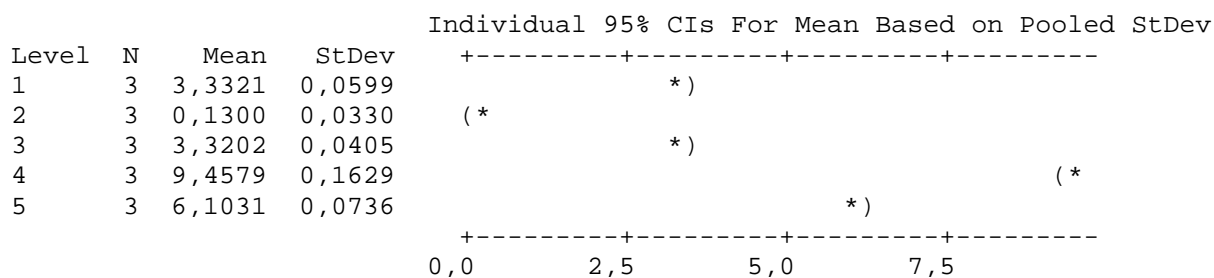
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Juin_1 versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	146,9963	36,7491	4801,33	0,000
Error	10	0,0765	0,0077		
Total	14	147,0728			

S = 0,08749 R-Sq = 99,95% R-Sq(adj) = 99,93%



Pooled StDev = 0,0875

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	9,4579	A
5	3	6,1031	B
1	3	3,3321	C
3	3	3,3202	C
2	3	0,1300	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

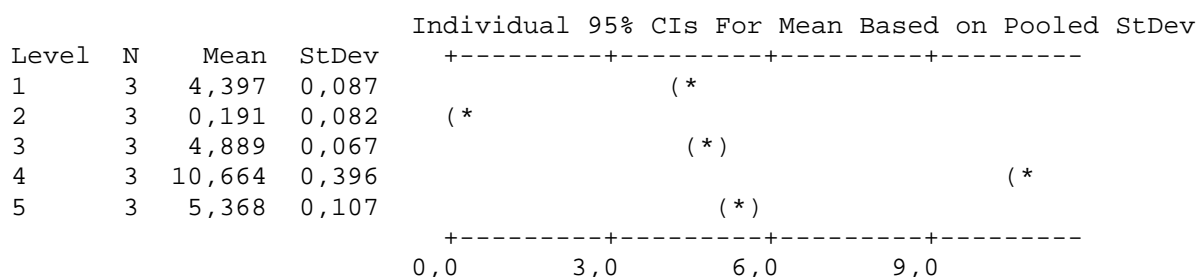
All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Juillet_1 versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	167,0123	41,7531	1115,19	0,000
Error	10	0,3744	0,0374		
Total	14	167,3867			

S = 0,1935 R-Sq = 99,78% R-Sq(adj) = 99,69%



Pooled StDev = 0,193

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	10,664	A
5	3	5,368	B
3	3	4,889	B C
1	3	4,397	C
2	3	0,191	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Aout_1 versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	211,6110	52,9028	1162,45	0,000
Error	10	0,4551	0,0455		
Total	14	212,0661			

S = 0,2133 R-Sq = 99,79% R-Sq(adj) = 99,70%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev			
1	3	5,354	0,368	+-----+-----+-----+-----+ (*)			
2	3	0,223	0,061	(*)			
3	3	4,417	0,050	(*)			
4	3	11,151	0,034	(*)			
5	3	8,776	0,291	(*)			
				+-----+-----+-----+-----+			
				0,0 3,0 6,0 9,0			

Pooled StDev = 0,213

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	11,151	A
5	3	8,776	B
1	3	5,354	C
3	3	4,417	D
2	3	0,223	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Septembre_1 versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	139,3523	34,8381	3394,77	0,000
Error	10	0,1026	0,0103		
Total	14	139,4549			

S = 0,1013 R-Sq = 99,93% R-Sq(adj) = 99,90%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev			
1	3	2,2405	0,1198	+-----+-----+-----+-----+ (*)			
2	3	0,1012	0,0220	*)			
3	3	5,2285	0,0120	(*)			
4	3	9,1695	0,1260	(*)			
5	3	4,4534	0,1430	(*)			
				+-----+-----+-----+-----+			

0,0 2,5 5,0 7,5

Pooled StDev = 0,1013

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	9,1695	A
3	3	5,2285	B
5	3	4,4534	C
1	3	2,2405	D
2	3	0,1012	E

Means that do not share a letter are significantly different.

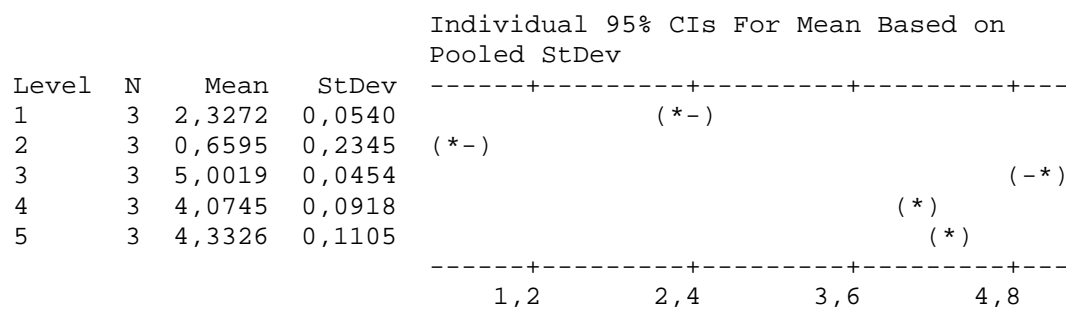
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Octobre_1 versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	37,4371	9,3593	580,53	0,000
Error	10	0,1612	0,0161		
Total	14	37,5983			

S = 0,1270 R-Sq = 99,57% R-Sq(adj) = 99,40%



Pooled StDev = 0,1270

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
3	3	5,0019	A
5	3	4,3326	B
4	3	4,0745	B
1	3	2,3272	C
2	3	0,6595	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Novembre_1 versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	26,65097	6,66274	1207,73	0,000
Error	10	0,05517	0,00552		
Total	14	26,70614			

S = 0,07427 R-Sq = 99,79% R-Sq(adj) = 99,71%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
1	3	3,0412	0,1092	(*)
2	3	0,0620	0,0543	(*)
3	3	3,5629	0,1097	(*)
4	3	3,5274	0,0227	(*)
5	3	1,7811	0,0122	(*)

0,0 1,0 2,0 3,0

Pooled StDev = 0,0743

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
3	3	3,5629	A
4	3	3,5274	A
1	3	3,0412	B
5	3	1,7811	C
2	3	0,0620	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Décembre_1 versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	36,12885	9,03221	1066,45	0,000
Error	10	0,08469	0,00847		
Total	14	36,21354			

S = 0,09203 R-Sq = 99,77% R-Sq(adj) = 99,67%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
1	3	1,8912	0,0265	(*)
2	3	1,0167	0,1238	(*)

3	3	3,5196	0,0544	(*)	
4	3	5,5400	0,0512		(*)
5	3	3,4374	0,1440	(*)	

Pooled StDev = 0,0920

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	5,5400	A
3	3	3,5196	B
5	3	3,4374	B
1	3	1,8912	C
2	3	1,0167	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Janvier_1 versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	78,6618	19,6654	425,86	0,000
Error	10	0,4618	0,0462		
Total	14	79,1236			

S = 0,2149 R-Sq = 99,42% R-Sq(adj) = 99,18%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	3	1,9482	0,2635	(-*)	
2	3	0,8738	0,3881	(*-)	
3	3	2,4685	0,0312	(*-)	
4	3	7,5156	0,0751		(-*)
5	3	2,8801	0,0649	(*-)	

Pooled StDev = 0,2149

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	7,5156	A
5	3	2,8801	B
3	3	2,4685	B C
1	3	1,9482	C
2	3	0,8738	D

Means that do not share a letter are significantly different.

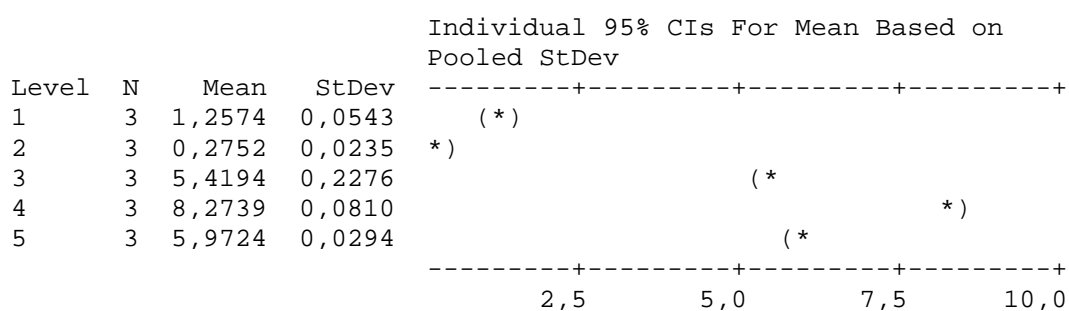
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Février_1 versus station

Source	DF	SS	MS	F	P
station	4	135,8403	33,9601	2707,72	0,000
Error	10	0,1254	0,0125		
Total	14	135,9657			

S = 0,1120 R-Sq = 99,91% R-Sq(adj) = 99,87%



Pooled StDev = 0,1120

Grouping Information Using Tukey Method

station	N	Mean	Grouping
4	3	8,2739	A
5	3	5,9724	B
3	3	5,4194	C
1	3	1,2574	D
2	3	0,2752	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station

Individual confidence level = 99,18%

Tableau VI. Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la biomasse de la faune malacologique dans les cinq stations durant la période d'étude.

General Linear Model: AV2_2 versus stations; mois

Factor	Type	Levels	Values
stations	fixed	5	1; 2; 3; 4; 5
mois	fixed	12	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12

Analysis of Variance for AV2_2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
stations	4	1311,919	1311,919	327,980	8539,50	0,000
mois	11	269,474	269,474	24,498	637,84	0,000
stations*mois	44	319,018	319,018	7,250	188,78	0,000
Error	120	4,609	4,609	0,038		
Total	179	1905,020				

S = 0,195978 R-Sq = 99,76% R-Sq(adj) = 99,64%

Unusual Observations for AV2_2

Obs	AV2_2	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
19	2,0456	1,2708	0,1131	0,7748	4,84 R
21	0,4960	1,2708	0,1131	-0,7748	-4,84 R
25	13,4929	13,1544	0,1131	0,3385	2,12 R
27	12,8159	13,1544	0,1131	-0,3385	-2,12 R
34	1,3368	0,7495	0,1131	0,5873	3,67 R
36	0,1622	0,7495	0,1131	-0,5873	-3,67 R
70	11,0601	10,6639	0,1131	0,3962	2,48 R
72	10,2677	10,6639	0,1131	-0,3962	-2,48 R
76	5,7228	5,3545	0,1131	0,3684	2,30 R
78	4,9861	5,3545	0,1131	-0,3684	-2,30 R
154	1,2619	0,8738	0,1131	0,3881	2,43 R
156	0,4858	0,8738	0,1131	-0,3881	-2,43 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

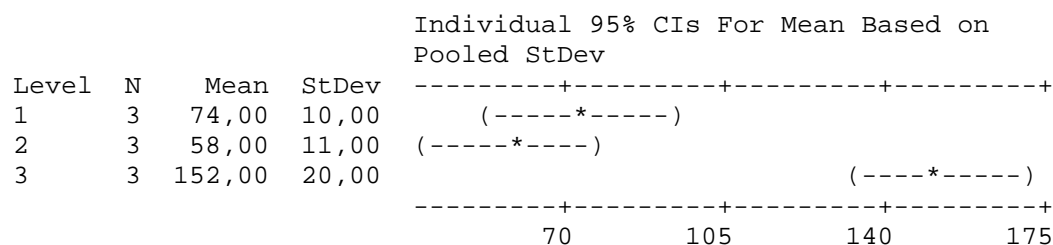
```
MTB > Oneway 'Mars_2' 'station_';
SUBC> Tukey 5.
```

Tableau III. Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois (N = 3), de la densité de la coque *cerastoderma glaucum* selon les stations prospectées dans la lagune.

One-way ANOVA: Mars_2 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	15176	7588	36,66	0,000
Error	6	1242	207		
Total	8	16418			

S = 14,39 R-Sq = 92,44% R-Sq(adj) = 89,91%



Pooled StDev = 14,39

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
----------	---	------	----------

3	3	152,00	A
1	3	74,00	B
2	3	58,00	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Avril_2 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	24056	12028	20,71	0,002
Error	6	3484	581		
Total	8	27540			

S = 24,10 R-Sq = 87,35% R-Sq(adj) = 83,13%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	3	74,00	15,00
2	3	60,00	19,00
3	3	176,00	34,00

Pooled StDev = 24,10

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	176,00	A
1	3	74,00	B
2	3	60,00	B

Means that do not share a letter are significantly different.

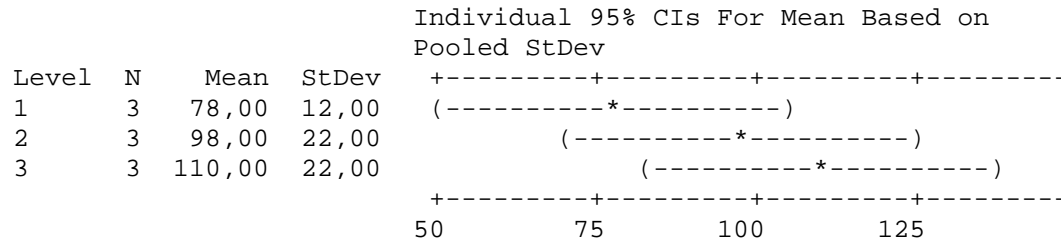
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Mai_2 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	1568	784	2,12	0,202
Error	6	2224	371		
Total	8	3792			

S = 19,25 R-Sq = 41,35% R-Sq(adj) = 21,80%



Pooled StDev = 19,25

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	110,00	A
2	3	98,00	A
1	3	78,00	A

Means that do not share a letter are significantly different.

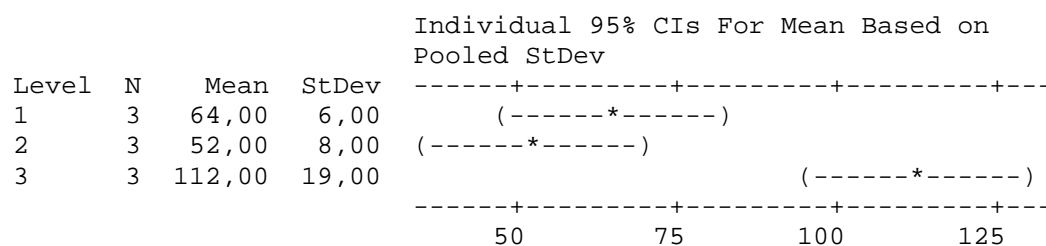
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Juin_2 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	6048	3024	19,68	0,002
Error	6	922	154		
Total	8	6970			

S = 12,40 R-Sq = 86,77% R-Sq(adj) = 82,36%



Pooled StDev = 12,40

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	112,00	A
1	3	64,00	B
2	3	52,00	B

Means that do not share a letter are significantly different.


```

3      3  124,00  22,00  (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
                      60          90          120          150

```

Pooled StDev = 18,16

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	124,00	A
1	3	74,00	B
2	3	62,00	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Septembre_2 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	5216	2608	4,58	0,062
Error	6	3418	570		
Total	8	8634			

S = 23,87 R-Sq = 60,41% R-Sq(adj) = 47,22%

```

                                Individual 95% CIs For Mean Based on
                                Pooled StDev
Level  N    Mean  StDev  -----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
1      3    52,00  14,00  (-----*-----)
2      3    64,00  28,00  (-----*-----)
3      3   108,00  27,00  (-----*-----)
                                -----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
                                35          70          105          140

```

Pooled StDev = 23,87

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	108,00	A
2	3	64,00	A
1	3	52,00	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Octobre_2 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	1448	724	4,42	0,066
Error	6	982	164		
Total	8	2430			

S = 12,79 R-Sq = 59,59% R-Sq(adj) = 46,12%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI
1	3	42,00	17,00	(-----*-----)
2	3	64,00	11,00	(-----*-----)
3	3	34,00	9,00	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
 20 40 60 80

Pooled StDev = 12,79

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
2	3	64,00	A
1	3	42,00	A
3	3	34,00	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Novembre_2 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	776,0	388,0	4,38	0,067
Error	6	532,0	88,7		
Total	8	1308,0			

S = 9,416 R-Sq = 59,33% R-Sq(adj) = 45,77%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI
1	3	22,000	11,000	(-----*-----)
2	3	38,000	8,000	(-----*-----)
3	3	44,000	9,000	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
 15 30 45 60

Pooled StDev = 9,416

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	44,000	A
2	3	38,000	A
1	3	22,000	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Décembre_2 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	2696	1348	7,26	0,025
Error	6	1114	186		
Total	8	3810			

S = 13,63 R-Sq = 70,76% R-Sq(adj) = 61,01%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI
1	3	56,00	8,00	(-----*-----)
2	3	40,00	13,00	(-----*-----)
3	3	82,00	18,00	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
 25 50 75 100

Pooled StDev = 13,63

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	82,00	A
1	3	56,00	A B
2	3	40,00	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Janvier_2 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	11912	5956	18,87	0,003
Error	6	1894	316		
Total	8	13806			

S = 17,77 R-Sq = 86,28% R-Sq(adj) = 81,71%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	3	22,00	9,00	(-----*-----)	
2	3	28,00	5,00	(-----*-----)	
3	3	102,00	29,00		(-----*-----)

0 35 70 105

Pooled StDev = 17,77

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	102,00	A
2	3	28,00	B
1	3	22,00	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Février_2 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	5256	2628	3,78	0,087
Error	6	4170	695		
Total	8	9426			

S = 26,36 R-Sq = 55,76% R-Sq(adj) = 41,01%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	3	74,00	20,00	(-----*-----)	
2	3	68,00	34,00	(-----*-----)	
3	3	122,00	23,00		(-----*-----)

35 70 105 140

Pooled StDev = 26,36

Grouping Information Using Tukey Method

A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

Tableau IX. Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la densité de la coque *cerastoderma glaucum* dans les trois stations durant la période d'étude.

General Linear Model: AV2_ versus stations_; mois_

Factor	Type	Levels	Values
stations_	fixed	3	1; 2; 3
mois_	fixed	12	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12

Analysis of Variance for AV2_, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
stations_	2	54200,0	54200,0	27100,0	81,67	0,000
mois_	11	47937,0	47937,0	4357,9	13,13	0,000
stations_*mois_	22	29632,0	29632,0	1346,9	4,06	0,000
Error	72	23890,0	23890,0	331,8		
Total	107	155659,0				

S = 18,2155 R-Sq = 84,65% R-Sq(adj) = 77,19%

Unusual Observations for AV2_

Obs	AV2_	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
16	210,000	176,000	10,517	34,000	2,29 R
18	142,000	176,000	10,517	-34,000	-2,29 R
103	102,000	68,000	10,517	34,000	2,29 R
105	34,000	68,000	10,517	-34,000	-2,29 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

```
MTB > Save "C:\Users\Khalil\Desktop\STATISTIQUE THESE MELOUAH.MPJ";
SUBC> Project;
SUBC> Replace.
```

Tableau X. Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la biomasse de la coque *cerastoderma glaucum* en fonction des mois (N=3), selon les stations prospectées dans la lagune.

One-way ANOVA: Mars_3 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	112,54	56,27	13,04	0,007
Error	6	25,90	4,32		
Total	8	138,43			

S = 2,078 R-Sq = 81,29% R-Sq(adj) = 75,06%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	3	4,520	0,611	3,298	5,742
2	3	3,540	0,671	2,202	4,878
3	3	11,483	3,482	4,520	18,446

Pooled StDev = 2,078

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	11,483	A
1	3	4,520	B
2	3	3,540	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Avril_3 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	125,65	62,83	10,27	0,012
Error	6	36,71	6,12		
Total	8	162,36			

S = 2,473 R-Sq = 77,39% R-Sq(adj) = 69,86%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	3	4,520	0,916	3,188	5,852
2	3	3,660	1,159	1,342	5,978
3	3	11,981	4,021	3,940	19,022

Pooled StDev = 2,473

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	11,981	A
1	3	4,520	B
2	3	3,660	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Mai_3 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	16,73	8,36	1,66	0,267
Error	6	30,20	5,03		
Total	8	46,93			

S = 2,244 R-Sq = 35,64% R-Sq(adj) = 14,19%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----
1	3	4,780	0,735	(-----*-----)
2	3	6,040	1,356	(-----*-----)
3	3	8,088	3,567	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
2,5 5,0 7,5 10,0

Pooled StDev = 2,244

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	8,088	A
2	3	6,040	A
1	3	4,780	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Juin_3 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	54,07	27,03	9,81	0,013
Error	6	16,54	2,76		
Total	8	70,60			

S = 1,660 R-Sq = 76,58% R-Sq(adj) = 68,77%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-+-----+-----+-----+-----
1	3	3,390	0,318	(-----*-----)

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	42,22	21,11	5,29	0,047
Error	6	23,94	3,99		
Total	8	66,16			

S = 1,998 R-Sq = 63,82% R-Sq(adj) = 51,75%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	3	4,520	1,161	2,198	6,842
2	3	3,780	0,732	2,316	5,244
3	3	8,700	3,176	2,348	15,052

3,0 6,0 9,0 12,0

Pooled StDev = 1,998

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	8,700	A
1	3	4,520	A
2	3	3,780	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Septembre_3 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	30,62	15,31	3,84	0,085
Error	6	23,95	3,99		
Total	8	54,56			

S = 1,998 R-Sq = 56,11% R-Sq(adj) = 41,48%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	3	3,160	0,851	1,458	4,862
2	3	3,900	1,706	1,488	6,312
3	3	7,390	2,888	1,602	13,178

2,5 5,0 7,5 10,0

Pooled StDev = 1,998

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	7,390	A
2	3	3,900	A
1	3	3,160	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Octobre_3 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	3,57	1,79	1,56	0,284
Error	6	6,85	1,14		
Total	8	10,42			

S = 1,069 R-Sq = 34,26% R-Sq(adj) = 12,35%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	3	2,560	1,036	(-----*-----)
2	3	3,900	0,670	(-----*-----)
3	3	2,568	1,379	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----
1,2 2,4 3,6 4,8

Pooled StDev = 1,069

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
2	3	3,900	A
3	3	2,568	A
1	3	2,560	A

Means that do not share a letter are significantly different.

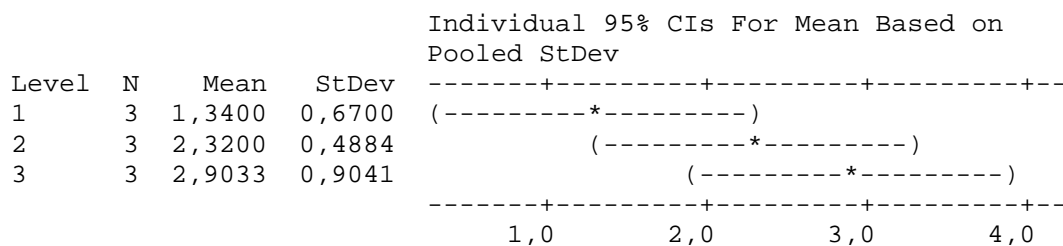
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Novembre_3 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	3,745	1,872	3,73	0,088
Error	6	3,010	0,502		
Total	8	6,754			

S = 0,7083 R-Sq = 55,44% R-Sq(adj) = 40,59%



Pooled StDev = 0,7083

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	2,9033	A
2	3	2,3200	A
1	3	1,3400	A

Means that do not share a letter are significantly different.

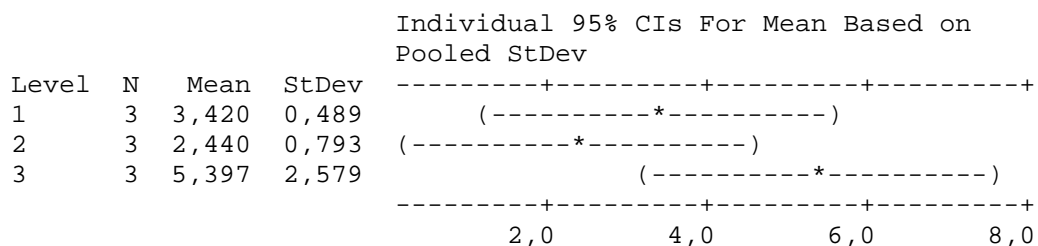
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

One-way ANOVA: Décembre_3 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	13,61	6,81	2,72	0,145
Error	6	15,04	2,51		
Total	8	28,65			

S = 1,583 R-Sq = 47,52% R-Sq(adj) = 30,03%



Pooled StDev = 1,583

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	5,397	A
1	3	3,420	A
2	3	2,440	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

station_ = 1 subtracted from:

station_	Lower	Center	Upper	
-				+-----+-----+-----+-----
2	-4,946	-0,980	2,986	(-----*-----)
3	-1,989	1,977	5,944	(-----*-----)
-				+-----+-----+-----+-----
				-7,0 -3,5 0,0 3,5

station_ = 2 subtracted from:

station_	Lower	Center	Upper	
-				+-----+-----+-----+-----
3	-1,009	2,957	6,924	(-----*-----)
-)				+-----+-----+-----+-----
-				-7,0 -3,5 0,0 3,5

MTB > Oneway 'Janvier_3' 'station_';
SUBC> Tukey 5.

One-way ANOVA: Janvier_3 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	49,87	24,94	14,52	0,005
Error	6	10,31	1,72		
Total	8	60,18			

S = 1,311 R-Sq = 82,87% R-Sq(adj) = 77,16%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	3	1,340	0,548	(-----*-----)
2	3	1,700	0,304	(-----*-----)
3	3	6,504	2,182	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----
				0,0 2,5 5,0 7,5

Pooled StDev = 1,311

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	6,504	A
2	3	1,700	B

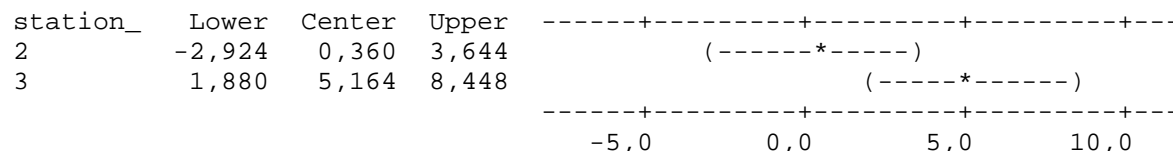
1 3 1,340 B

Means that do not share a letter are significantly different.

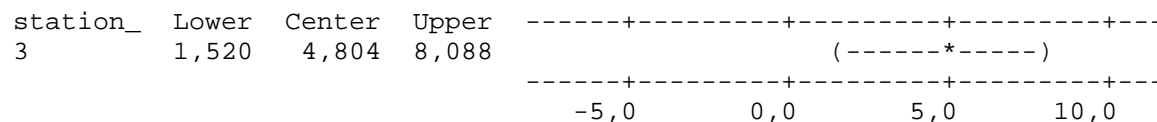
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

station_ = 1 subtracted from:



station_ = 2 subtracted from:

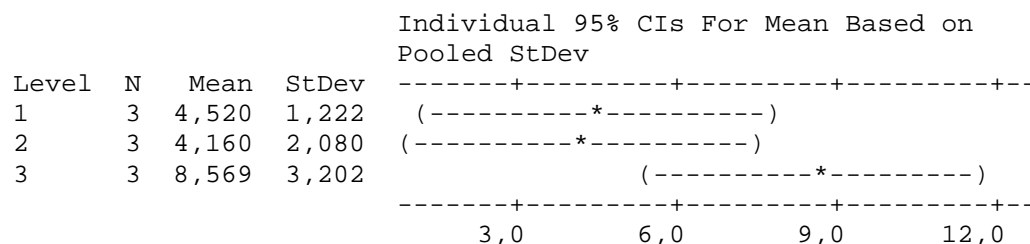


MTB > Oneway 'Février_3' 'station_';
SUBC> Tukey 5.

One-way ANOVA: Février_3 versus station_

Source	DF	SS	MS	F	P
station_	2	35,97	17,99	3,36	0,105
Error	6	32,15	5,36		
Total	8	68,12			

S = 2,315 R-Sq = 52,81% R-Sq(adj) = 37,08%



Pooled StDev = 2,315

Grouping Information Using Tukey Method

station_	N	Mean	Grouping
3	3	8,569	A
1	3	4,520	A
2	3	4,160	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of station_

Individual confidence level = 97,80%

station_ = 1 subtracted from:

station_	Lower	Center	Upper	
2	-6,160	-0,360	5,440	(-----*-----)
3	-1,750	4,049	9,849	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
-6,0 0,0 6,0 12,0

station_ = 2 subtracted from:

station_	Lower	Center	Upper	
3	-1,390	4,409	10,209	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
-6,0 0,0 6,0 12,0

MTB > GLM 'AV2_3' = 'stations_' 'mois_' 'stations_*' 'mois_';
SUBC> Brief 2 .

Tableau XI. Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la biomasse de la coque *cerastoderma glaucum* dans les trois stations durant la période d'étude.

General Linear Model: AV2_3 versus stations_ ; mois_

Factor	Type	Levels	Values
stations_	fixed	3	1; 2; 3
mois_	fixed	12	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12

Analysis of Variance for AV2_3, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
stations_	2	357,923	357,923	178,961	54,57	0,000
mois_	11	226,508	226,508	20,592	6,28	0,000
stations_*mois_	22	147,712	147,712	6,714	2,05	0,012
Error	72	236,131	236,131	3,280		
Total	107	968,275				

S = 1,81097 R-Sq = 75,61% R-Sq(adj) = 63,76%
Unusual Observations for AV2_3

Obs	AV2_3	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
-----	-------	-----	--------	----------	----------

III- ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES ET PÉDAGOGIQUES

I. PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Communications internationales

- 1- DRAREDJA B., BELDI H. & MELLOUAH K. "Abondance de la coque *Cerastoderma glaucum* (Mollusca, Bivalvia) dans la lagune Mellah (Algérie Nord-Est)". *Séminaire maghrébin sur la pêche et l'aquaculture, CNDPA, Bou-Ismaïl (Tipaza)* : 28- 29 janvier 2009.
- 2- DRAREDJA B., BENMARCE S. & MELLOUAH K. "Composition de la macrofaune benthique de la lagune Mellah (El-Kala, Algérie Nord-Est)". *12^{ème} journées tunisiennes des sciences de la mer. Hammamet (Tunisie)* : 18-21 décembre 2010.
- 3- BENMARCE S., MELLOUAH K. & DRAREDJA B. "Diversité et abondance des Polychètes de la lagune Mellah (Parc national d'El-Kala, El-Tarf)". *3^{ème} Séminaire International de Biologie Animale (SIBA), Université Mentouri Contantine* : 9-11 Mai 2011.
- 4- MELLOUAH K., DRAREDJA B., BENMARCE S. & BELDI H. "Diversité de la malacofaune de la lagune Mellah (Algérie Nord-Est). Effets du colmatage du chenal de communication avec la mer". *2^{ème} Séminaire Maghrébin : Gestion des Ressources Naturelles et Développement Durable, Sidi Bel-Abbès* : 17 & 18 Mai 2011.
- 5- MELLOUAH K., DRAREDJA B. & BELDI H. "Caractéristiques physico-chimiques d'un écosystème lagunaire méditerranéen : lagune Mellah (Algérie Nord-Est)". *VII^{ème} congrès international QPE-TV. Laboratoire LATVPEP. Faculté de Pharmacie de Monastir, Mahdia (Tunisie)* : 22-24 Avril 2012.
- 6- DRAREDJA B., MELLOUAH K. & BELDI H. "Biodiversité de la faune annélide de la lagune Mellah (Algérie Nord-Est)". *3^{ème} Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichtyologie. Marrakech (Maroc)* : 06-10 Novembre 2012.
- 7- MELLOUAH K., DRAREDJA B. & BELDI H. "Répartition spatiale de la densité et de la biomasse du gisement de la coque *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789) dans la lagune Mellah". *14^{èmes} Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer. Sousse (Tunisie)* : 15-18 Décembre 2012.
- 8- DRAREDJA B., MELLOUAH K. & BELDI H. "Caractéristiques granulométriques actuelles de la lagune Mellah (Algérie Nord-Est) : Effets de colmatage du chenal de communication avec la mer". *40^e Congrès de la Ciesm. Marseille* : 28 octobre - 01 Novembre 2013.
- 9- MELLOUAH K., DRAREDJA B. & BELDI H. "Recrutement de la coque *Cerastoderma glaucum* (Mollusque, Bivalve) dans la lagune Mellah (Algérie Nord-Est)". *40^e Congrès de la Ciesm. Marseille* : 28 octobre - 01 Novembre 2013.
- 10- MELLOUAH K., DRAREDJA B. & BELDI H. "Inventaire de la faune carcinologique de la lagune Mellah (Parc National d'El-Kala, Tarf)". *14^{èmes} Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer. 15^{ème} Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer & 3^{ème} Rencontre Tuniso-Française d'Ichtyologie. Mahdia (Tunisie)* : 14-17 Décembre 2013.

11- MELOUAH K., DRAREDJA B., & BELDI H. "Richesse spécifique de la macrofaune benthique de la lagune Mellah". *Journées Internationales de Limnologie et d'Océanographie: Vulnérabilité et résilience des écosystèmes continentaux et marins* (JILO), Marseille : 21-23 mai 2014.

Publication nationale

- MELOUAH K., DRAREDJA B. & BELDI H., 2014. Dynamique de la coque *Cerastoderma glaucum* (Mollusca, Bivalvia) dans la lagune Mellah (Algérie Nord-Est). *Revue Synthèse, Univ. Annaba. Rev. Sci. Technol., Synthèse*. **28** : 34-45. <http://www.univ-annaba.dz>

Publication internationale

- DRAREDJA B., MELOUAH K., BELDI H. & BENMARCE S., 2012. Diversité de la macrofaune benthique de la lagune Mellah (Parc national d'El-Kala, Algérie Nord-Est). *Bull. Soc. zool. Fr.*, **137**(1-4) : 73-86. <http://www.snv.jussieu.fr/zoologie>

Proceedings internationaux

1- MELOUAH K., DRAREDJA B. & BELDI H., 2013. Recrutement de la coque *Cerastoderma glaucum* (Mollusque, Bivalve) dans la lagune Mellah (Algérie Nord-Est). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **40** (Sous presse). http://www.ciesm.org/ciesm_fr

2- DRAREDJA B., MELOUAH K. & BELDI H., 2013. Caractéristiques granulométriques actuelles de la lagune Mellah (Algérie Nord-Est): Effets de colmatage du chenal de communication avec la mer. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **40** (Sous presse). http://www.ciesm.org/ciesm_fr

Participation aux projets de recherches

Membre du projet de recherche PNR-ANDRS. Intitulé : "*Biosurveillance du littoral Est algérien*". Agréé sous le numéro : N°118/PNR-ANDRS. Période 2011-2013. Porteur du projet : Pr. BELDI Hayet.

II. TÂCHES PÉDAGOGIQUES

Assistant des travaux pratiques durant les années universitaires 2010/2011 – 2011/2012 - 2011-2013 et 2013-2014 des matières suivantes :

- Physiologie des invertébrés (3^{ème} Année Licence en Sciences de la Mer),
- Ecologie des milieux marins (Partie Benthos) (3^{ème} Année Licence Biologie marine),
- Océanographie physique et risques naturels (Master 1 en Sciences de la Mer).

Planche I : Lagune Mellah

- 1- Photographie montrant le niveau de colmatage du chenal.
- 2- Embouchure du chenal (coté mer).
- 3- Chenal : à mi-distance entre la lagune et la mer.
- 4- Embouchure de l'Oued Bélaroug.
- 5- Embouchure de l'Oued El-Mellah.
- 6- Embouchure du Oued R'kibet.
- 7- Vue d'ensemble d'une bordigue.
- 8- Détail d'une bordigue (Chambre de la mort).

Planche II : Appareils de mesures et engins de prélèvements

- 1- Embarcation (chaland) utilisée lors des sorties dans la lagune Mellah.
- 2- Benne Van Veen.
- 3- Quadra métallique (1/4)m²
- 4- Disque de Secchi
- 5- Salinomètre de terrain (WTW Cond. 197i).

Planche III : Faunes malacologiques du Mellah

1- *Cerastoderma glaucum* (taille réelle : 13-38 mm).

2- *Cerastoderma glaucum* (face interne).

3- *Brachidontes marioni* (taille réelle : 6-14 mm).

4- *Abra ovata* (taille réelle : 12-20 mm).

5 - *Abra ovata* (face interne).

6- *Ruditapes decussatus* (taille réelle : 10-48 mm).

7- *Ruditapes decussatus* (face interne).

8- *Bulla utriculata* (taille réelle : 14-16 mm).

9- *Nassarius reticulatus* (taille réelle : 14-16 mm).

10- *Cyclope neritea* (taille réelle : 10-15 mm).

11 - *Cyclope neritea* (face ventrale).

12- *Loripes lacteus* (taille réelle : 13-27 mm).

13- *Loripes lacteus* (face interne).

14- *Rissoa ventricosa* (taille réelle : 2-5 mm).

15- *Rissoa pulchella* (taille réelle : 2-5 mm).

16- *Rissoa* sp. (taille réelle : 2-5 mm).

PUBLICATIONS

Dynamique de la coque *Cerastoderma glaucum* (Mollusca, Bivalvia) dans la lagune Mellah (Algérie Nord-Est)

Khalil Melouah¹, Brahim Draredja^{1*} & Hayet Beldi²

¹ Département des Sciences de la Mer, Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar- Annaba.
BP. 12, Annaba 23000, Algérie.

² Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar- Annaba.
BP. 12, Annaba 23000, Algérie.

Révisé le : 21.11.2013

Accepté le : 11.12.2013

يهتم هذا العمل الذي يمتد من مارس 2010 الى فيفري 2011 بالكثافة و توزيع الأطوال و كذا النمو عند الرخوي *Cerastoderma glaucum* في ثلاث محطات ساحلية (عمق >1,50 م) داخل بحيرة الملاح. ان كثافة *C. glaucum* تتراوح بين 22 ± 9 فردا/م² (محطة 1، جانفي) و 176 ± 22 فردا/م² (محطة 3، أفريل). و تتميز دورة حياة هذا الرخوي بظهور أقل أهمية للصغار في أوائل الربيع في حين أن تواجدهم خلال فصل الصيف هو أكبر و أهم. تظهر دراسة نمو هذا الرخوي باستخدام الطريقة الغير المباشرة نمو سريع في الطول خلال السنة الأولى من حياة الصغار حيث يصل طولهم الى 21.33 ملم. خلال السنة الثانية يقل نمو الأفراد ليصل 5.57 ملم فقط. من جهة أخرى العلاقة بين الطول والوزن عند هذا الرخوي يتناسب طرذا ($r = 0.90$). أما معامل المغايرة النسبية ($b = 2.62$) فهو أقل من 3 مما يعكس نمو أسرع للطول مقارنة بالوزن.

كلمات المفتاحية: الرخوي - *Cerastoderma glaucum* - الوفرة - النمو - بحيرة ملاح.

Résumé

Le travail présenté étudie sur un cycle (mars 2010 – février 2011) la densité, la structure des tailles et la croissance du mollusque *Cerastoderma glaucum* dans trois stations sur les berges (profondeur < 1.50 m) de la lagune Mellah. Les densités de *C. glaucum* varient entre 22 ± 9 ind.m⁻² (station 1, janvier) et 176 ± 22 ind.m⁻² (station 3, avril). Le cycle biologique de cette espèce est caractérisé par un recrutement moins abondant en début du printemps, alors que celui de l'été est plus important et s'étale de juin à septembre. L'étude de la croissance de ce bivalve en utilisant la méthode indirecte, montre une croissance rapide en longueur durant la première année, où les jeunes recrues gagnent jusqu'à 21.33 mm. Durant la deuxième année, l'allongement de la taille des individus diminue progressivement pour augmenter de 5.57 mm seulement. La relation entre la taille et le poids chez la coque du Mellah est proportionnelle, où le coefficient de corrélation est élevé ($r = 0.90$). Par ailleurs, le coefficient d'allométrie ($b = 2.62$) chez ce pélecypode est inférieur à 3, traduisant ainsi une allométrie minorante, pour laquelle la taille croît plus rapidement que le poids.

Mots clés : Bivalve – *Cerastoderma glaucum* – Abondance – Croissance – Lagune Mellah – El-Kala.

Abstract

This work studies on a cycle (March 2010 - February 2011) the density, size structure and growth of mollusc *Cerastoderma glaucum* in three stations on the shore (depth <1.50 m) of the Mellah lagoon. Densities of *C. glaucum* varies between 22 ± 9 ind.m⁻² (station 1, January) and 176 ± 22 ind.m⁻² (station 3, April). The life cycle of this species is characterized by less abundant recruitment in early spring, but the summer one is more important and lasts from June to September. The study of the growth of this bivalve using the indirect method shows a significant growth in length of recruits (21.33 mm) during the first year. Then, the annual extension progressively decreases as the size of individuals increases of only 5.57 mm in the second year. The relationship between length and weight for the cockle of the Mellah, is proportional, where the correlation coefficient is high ($r = 0.90$). Also, the allometric coefficient ($b = 2.62$) for this pelecypod is less than 3, reflecting a lower allometry which than the length grows faster than the weight.

Keywords: Bivalve - *Cerastoderma glaucum* - Abundance - Growth – Lagoon Mellah- El-Kala.

Auteur correspondant : draredja_brahim@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

Les milieux lagunaires sont des écosystèmes qui changent continuellement en fonction des conditions environnementales et surtout climatiques. Cette instabilité qui caractérise ces biotopes très particuliers se répercute directement sur les biocénoses qui les colonisent et, notamment la faune benthique composée essentiellement d'espèces sédentaires. Donc, une faune impuissante de changer son habitat et condamnée par conséquent à tolérer les conditions du milieu.

La lagune Mellah située au sein du parc national d'El-Kala [1] est l'unique milieu lagunaire en Algérie, c'est ainsi qu'elle a fait l'objet d'études à caractère écologique [2-5] et à caractère appliqué [6-10].

La Coque *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1758) est un bivalve abondant dans la lagune Mellah [4, 11]. C'est une espèce comestible notamment en Europe occidentale [12-14]; d'où l'intérêt de la présente étude. *Cerastoderma glaucum* est une espèce caractéristique des communautés benthiques phytophiles des systèmes lagunaires [12]. Elle se distingue de l'espèce voisine *C. edule*, très abondante dans la zone intertidale des côtes atlantiques françaises, par certains traits morphologiques (l'aspect du bord postérieur des valves, le profil des côtes et leur espacement) et écologiques (*C. edule* est une espèce surtout océanique), décrits par de nombreux auteurs dont [15-24].

La coque *Cerastoderma glaucum* a été citée pour la première fois dans la lagune Mellah lors de la campagne d'inventaire de la macrofaune benthique menée par Bakalem et Romano [25]. Puis, une série de travaux traitant essentiellement la répartition et la dynamique de la faune benthique incluant ce bivalve a été menée par Semroud [2]; Guelorget *et al.* [3]; Draredja [4]. A l'exception du travail effectué par Draredja [4] et Beldi *et al.* [11], l'ensemble des contributions citées se sont limitées seulement à la signalisation de la présence de ce Cardiidae dans la lagune.

En raison du double intérêt : écologique en tant qu'espèce eurytherme et euryhaline [12, 26-28], bioindicatrice de pollution [29-31]; et économique puisqu'elle fait l'objet d'une exploitation régulière sur la rive Nord-occidentale de la Méditerranée [14], une actualisation des informations concernant cette espèce s'avère nécessaire.

C'est dans ce contexte que nous avons abordé ce travail en relation avec la répartition et la dynamique de ce Cardiidae dans la lagune Mellah.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Description du site

La lagune Mellah est située au Nord-Est algérien (36°54' N - 8°20' E) à environ 10 km à l'Ouest de la ville d'El-Kala (Fig. 1). Elle est caractérisée par une forme générale ovoïde et totalise une superficie globale d'environ 865 hectares, avec une profondeur maximale ne dépassant pas 5.20 m [5, 32]. Sa relation avec la mer est assurée grâce à un chenal long (près de 900 m) et étroit (10 à 20 m). Les apports en eaux douces sont assurés par trois rivières saisonnières : R'kibet au Nord-Ouest, El-Mellah au Sud-Ouest et Bélaroug au Sud. La température et la salinité varient de 11.40 à 30.50°C et de 15.90 à 37.10 psu, respectivement [33].

2.2 Techniques d'échantillonnage

L'échantillonnage de la coque dans la lagune Mellah est réalisé durant un cycle de mars 2010 à février 2011. Le choix des stations est basé sur des études antérieures [5, 11], ainsi qu'en fonction de la présence des gisements de ce bivalve dans la lagune. C'est ainsi qu'on a retenu 3 stations (Fig. 1). La station 1 se situe sur le flanc Est de la lagune, caractérisée par un fond de sable fin dense en herbier du phanérogame *Rupia* sp. et située non loin des apports marins. La station 2 est fixée sur la rive Sud, avec les mêmes caractéristiques sédimentaires que la station précédente et elle est située à proximité de l'embouchure de l'oued El-Mellah. La station 3 est localisée au niveau de la berge Nord-Ouest de la lagune, avec une texture sédimentaire constituée de sable fin légèrement envasé, riche en herbier à *Rupia* sp. La profondeur des stations de prélèvement ne dépasse pas 1.20 m, immersion au-delà de laquelle l'effectif de la coque diminue graduellement. Les contraintes de la répartition bathymétrique sont surtout d'ordre édaphique et l'absence d'herbiers biotope préférentiels du bivalve, notamment pour les jeunes recrues [34]. L'échantillonnage de la coque a nécessité l'adoption de la technique utilisée pour la macrofaune fouisseuse intertidale, pratiquée par plusieurs auteurs [35], en délimitant une surface de prélèvement.

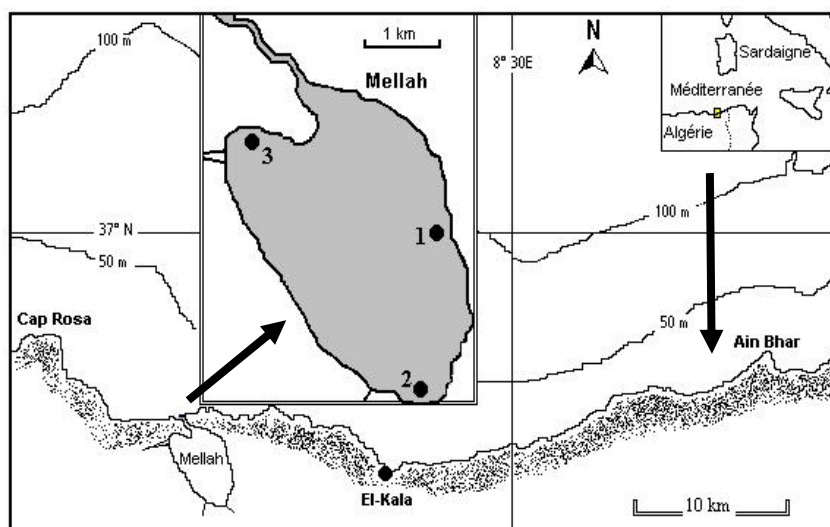


Figure 1. Localisation des stations échantillonnées.

C'est ainsi que nous avons utilisé un cadre métallique délimitant une surface de $1/4 \text{ m}^2$, sa hauteur est de 30 cm lui permettant ainsi une bonne pénétration sur le fond. Le cadre est enfoncé à environ 20 cm, puis on procède à prélever le sédiment à l'aide d'une pelle. Ensuite, le sédiment est tamisé sur place sur une maille carrée de 1 mm de côté, afin de récupérer les jeunes stades du bivalve. Au laboratoire, les coques sont dénombrées, mesurées puis pesées. Par ailleurs et afin d'éviter le problème de microrépartition, trois répliquats par station ont été effectués.

2.3 Structure démographique

2.3.1 Densité

L'analyse quantitative de l'espèce étudiée, nécessite l'emploi de paramètres analytiques, afin de comprendre leur répartition spatio-temporelle dans le milieu naturel. La densité est le nombre d'individus d'une espèce dans un prélèvement par unité de volume (m^3), ou de surface (m^2). Dans notre cas, l'espèce ciblée est un organisme benthique, par conséquent, la densité sera rapportée à une unité de surface.

2.3.2 Analyses de la fréquence des tailles

La longueur totale (L_t) exprimée en mm, a été mesurée à l'aide d'un pied à coulisse électronique d'une précision de 0.01 mm. Selon la recommandation de la majorité des auteurs [12, 22, 36], les individus sont répartis en classe de tailles de 2mm d'amplitude selon leur longueur totale (L_t), chaque mode des histogrammes de fréquences de tailles ainsi

établi correspond à une classe d'âge. L'interprétation des histogrammes n'est aisée que lorsque la période de reproduction est brève, et par conséquent on aura les générations successives qui seront bien individualisées [37].

2.4 Croissance

L'étude de la croissance est fondée sur l'étude de l'âge, l'étude de la croissance absolue linéaire et sur l'étude de la croissance relative (taille-poids).

2.4.1 Étude de l'âge

Suite à la difficulté de la lecture des marques d'accroissement, nous avons utilisé la méthode indirecte de Bhattacharya [38]. Cette méthode est basée sur une transformation logarithmique des effectifs regroupés en classes de tailles d'égales amplitudes de 2 mm. En effet, cette méthode est utilisée par plusieurs auteurs ayant travaillé sur les mollusques bivalves.

2.4.2 Croissance linéaire absolue

Pour cette étude, nous avons choisi le modèle de Bertalanffy [39]. Par ailleurs, ce modèle s'adapte le mieux pour exprimer la croissance individuelle en longueur notamment en ce qui concerne les juvéniles [13]. Le développement mathématique de cette méthode aboutit à l'équation de croissance linéaire absolue suivante :

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

L_t : longueur totale à l'âge t (mm);

L_∞ : longueur asymptotique ou longueur théorique maximale (mm);

K : taux de croissance ou coefficient instantané de la croissance ($K > 0$);

t_0 : âge théorique (année) que les individus auraient eu à la taille zéro ($L_t = 0$).

L'expression mathématique de Bertalanffy [39] fait apparaître trois paramètres d'ajustement L_∞ , t_0 et K qui sont déterminés dans le cas présent à l'aide du logiciel Fishsat (version 1.2.2).

2.4.3 Croissance relative

Les pesées des individus fraîchement échantillonnés sont réalisées à l'aide d'une balance de précision (± 0.01 g). Les dimensions poids et taille d'un organisme sont généralement liées par une relation dite "taille-poids", c'est une courbe de puissance de type :

$$W = aL^b \quad (2)$$

W : poids total, qui est le poids frais;

a : ordonnée à l'origine;

b : coefficient d'allométrie.

Les valeurs de (a) et (b), s'obtiennent après transformation logarithmique de la fonction exponentielle à une fonction linéaire de type : $\log Y = a \log X + \log b$.

La croissance relative entre deux variables biométriques, peut être ramenée à la loi d'allométrie simple de Huxley et Teissier [40]. La droite d'ajustement est calculée en utilisant la méthode de l'axe majeur réduit ou droite de Teissier [41], afin de tester l'existence d'une isométrie ou d'une allométrie entre les variables corrélées. On compare la valeur de la pente de la droite d'ajustement à une valeur théorique. Trois cas peuvent se présenter :

$b = 3$ on a une isométrie;

$b > 3$ on a une allométrie majorante;

$b < 3$ c'est une allométrie minorante.

2.5 Analyses statistiques

Les résultats des densités sont présentés sous forme de moyenne \pm écart-type. Une analyse de la variance à deux critères (AV2) de classification (ANOVA) et le test de Tukey ont été réalisés, afin d'estimer les effets temps et stations sur les échantillons. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide de MINITAB Software (version 16, State College PA, USA).

3. RÉSULTATS

3.1 Distribution et abondance

La distribution spatio-temporelle de la coque *Cerastoderma glaucum* dans la lagune Mellah durant la période d'étude (mars 2010 – février 2011), subit d'importantes fluctuations (Fig. 2). En effet, les extrêmes numériques passent par un minimum de 22 ± 9 ind.m⁻² (station 1, janvier) à un maximum de 176 ± 22 ind.m⁻² (station 3, avril). Par ailleurs, l'analyse ANOVA révèle des différences très hautement significatives ($P \leq 0.001$) entre les trois stations, traduisant ainsi un effet temps et un effet station. Toutefois, les stations 1 et 2, situées à l'Est et au Sud de la lagune, présentent une certaine similarité numérique confirmée par le test de Tukey avec un seuil de fiabilité de 95% (Tab. 1). A l'échelle de la lagune, les densités oscillent entre 34.66 ± 9.28 ind.m⁻² (novembre) et 103.33 ± 51.69 ind.m⁻² (avril) (Fig. 3).

3.2 Analyse de la structure des tailles

L'analyse des histogrammes de fréquences de tailles chez la coque *Cerastoderma glaucum* du Mellah (Fig. 4), fait apparaître au mois de mars un petit lot de juvéniles composé de 4 individus appartenant à la plus petite classe de tailles de 2-4 mm. Cette dernière disparaît, pour réapparaître au mois de juin et elle s'étale sur toute la saison estivale jusqu'au mois de septembre, où l'effectif de ces jeunes recrues oscille entre 4 (juin) et 20 individus (septembre). Durant la période d'étude, la plus petite classe de tailles rencontrée chez la coque *C. glaucum* de la lagune Mellah correspond à celle de 2-4 mm, où la taille minimale enregistrée est de 3.25 mm, relevée en septembre à la station 3 au Nord-Ouest de la lagune. Alors que la plus grande classe de tailles récoltée est relative à celle de 34-36 mm, avec une taille maximale individuelle de 35.86 mm, collectée en juin à la station 1 à l'Est de la lagune.

Tableau 1. Informations de groupement selon la méthode de Tukey (A et B: Groupement des stations).

Stations	N	Moyenne	Groupement
1	36	56.06	B
2	35	57.63	B
3	37	102.78	A

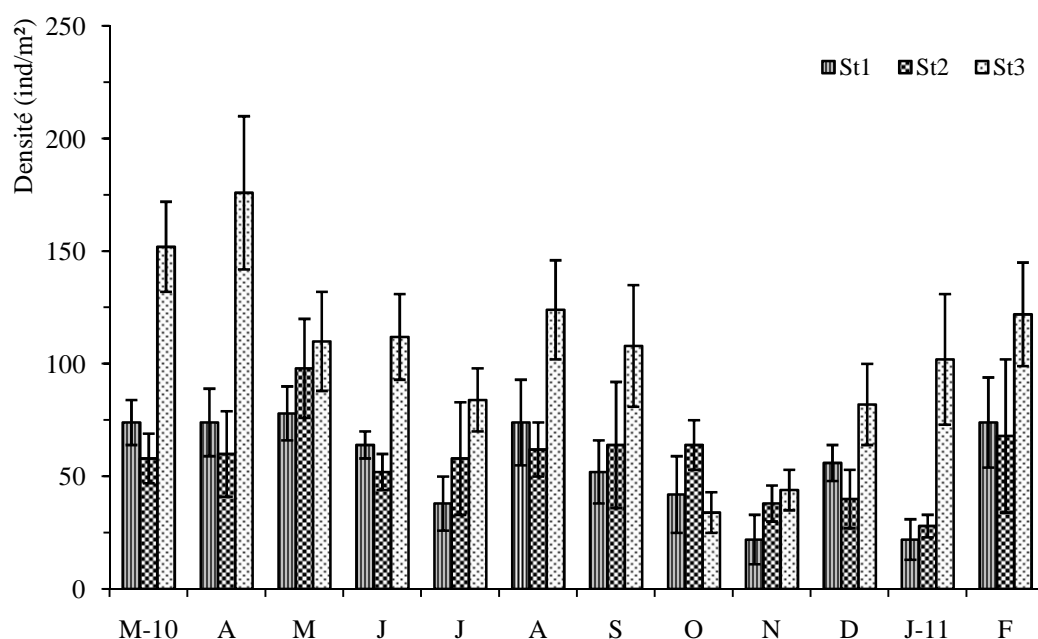


Figure 2. Variations spatio-temporelles de la densité (ind.m⁻²) de la coque *Cerastoderma glaucum* dans les trois stations prospectées dans la lagune Mellah (mars 2010 – février 2011).

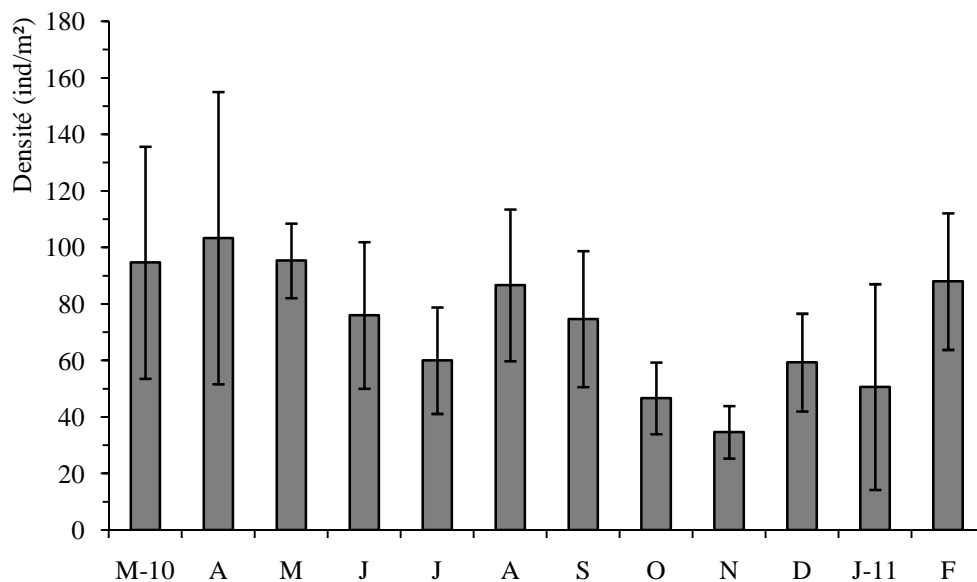


Figure 3. Variations mensuelles de la densité moyenne (ind.m⁻²) de la coque *Cerastoderma glaucum* à l'échelle de la lagune Mellah (mars 2010 – février 2011).

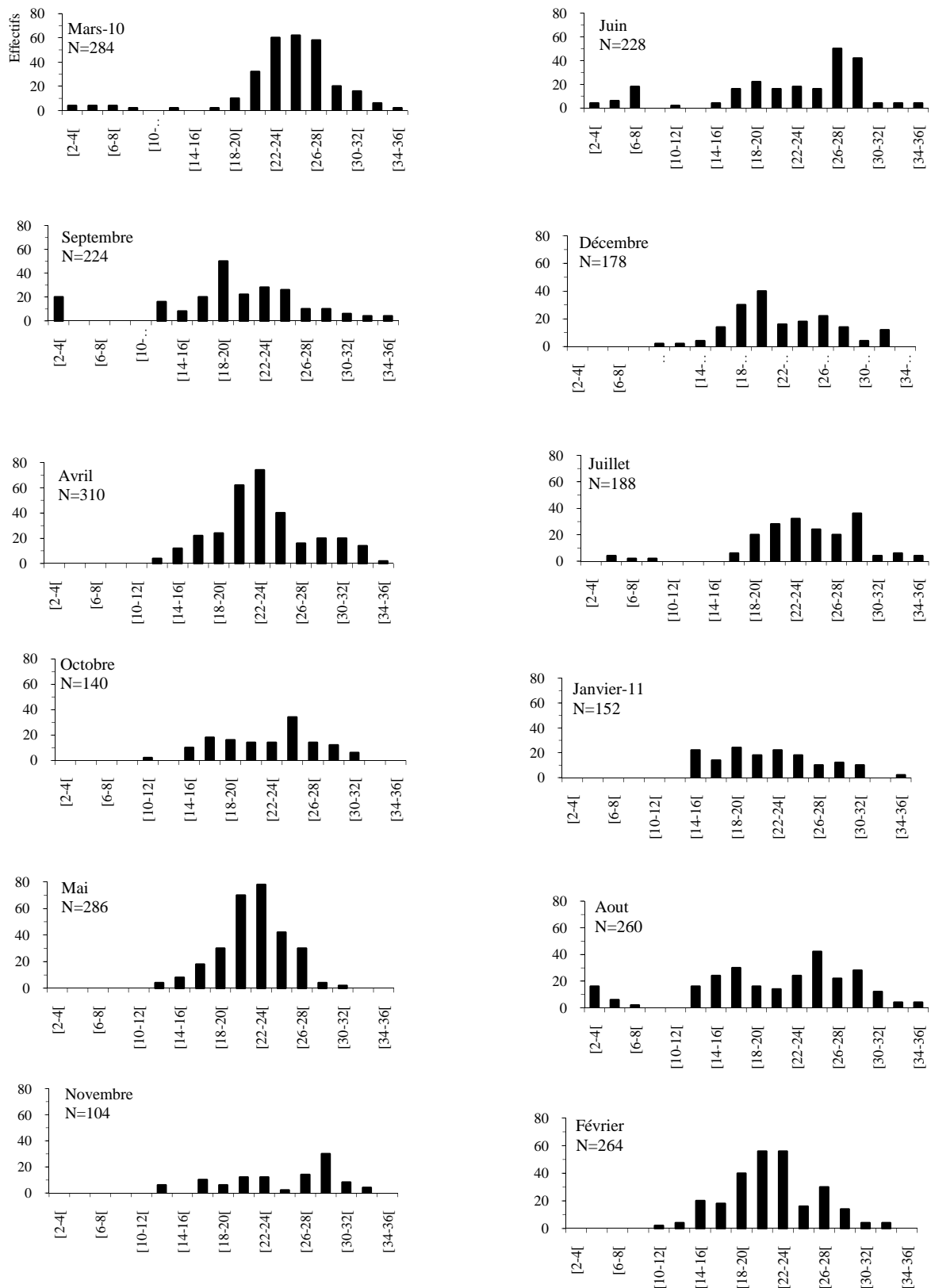


Figure 4. Structure des tailles (mm) chez la coque *Cerastoderma glaucum* de la lagune Mellah (mars 2010 – février 2011) (N : effectifs).

3.3 Croissance

3.3.1 Croissance linéaire absolue

L'application de la méthode de Battacharya [38], nous a amené à dresser des couples âges-longueurs (Tab. 2).

Tableau 2. Détermination des classes d'âge de *Cerastoderma glaucum* dans la lagune Mellah par la méthode de Battacharya.

Population totale (N = 2610)		
Âge	Longueur total (mm)	Écart-type
1	3.22	2.40
2	23.19	4.18

Par ailleurs, l'utilisation de ces couples à l'aide du logiciel Fishsat II (version 1.2.2) nous a permis d'établir l'équation du modèle de Bertalanffy [39] suivante :

$$Lt = 46.38 [1 - e^{-0.25(t + 1.42)}] \tag{3}$$

$$L_{\infty} = 46.38$$

$$k = 0.25$$

$$t_0 = -1.42$$

C'est ainsi que durant la première année, on assiste à une croissance en longueur importante

des individus appartenant à cette cohorte, celle-ci atteint 21.33mm. Ensuite, l'allongement annuel diminue progressivement et, où la taille des individus augmente de 5.57mm seulement durant la deuxième année (Fig. 5).

3.3.2 Relation taille – poids

L'examen de 200 individus pris au hasard dans nos échantillons correspondant aux quatre saisons et, représentant des longueurs totales Lt (mm) et des poids frais totaux Pt (mg) (Fig. 6), a permis d'établir la relation taille – poids suivante :

$$Pt = 0.0005L^{-2.62} \tag{4}$$

La relation entre la taille et le poids chez la coque du Mellah, montre une proportionnalité dans la croissance linéaire et pondérale, exprimée par un coefficient de corrélation élevé (r = 0.90). D'autre part, dans cette analyse, le coefficient d'allométrie "b = 2.62" est inférieur à 3, traduisant ainsi une croissance d'allométrie minorante, pour laquelle la taille croît plus rapidement que le poids.

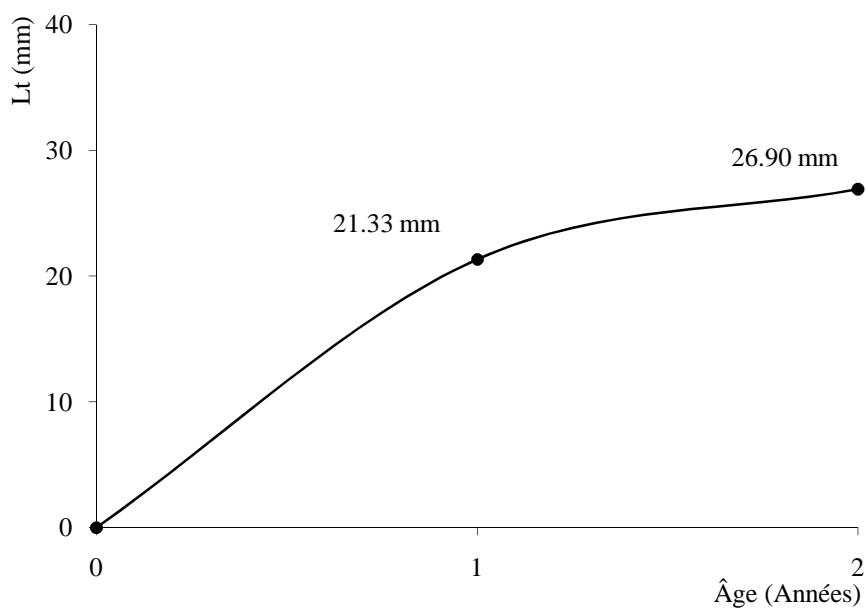


Figure 5. Croissance linéaire observée et théorique chez la population *Cerastoderma glaucum* de la lagune Mellah.

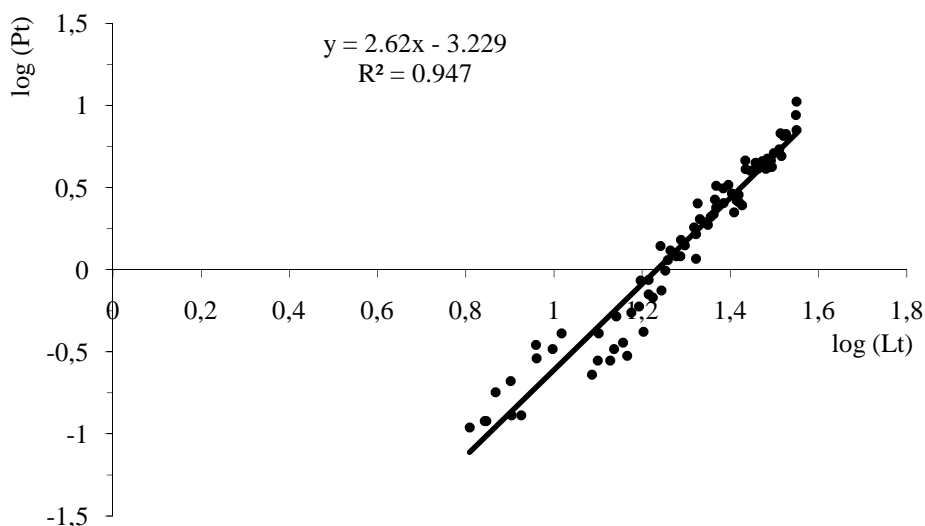


Figure 6. Relation biométrique entre la longueur (mm) et le poids (poids frais total en g) chez la coque *Cerastoderma glaucum* de la lagune Mellah : diagramme de dispersion et droite de régression.

4. DISCUSSION

Les variations spatio-temporelles de la densité de *Cerastoderma glaucum* dans les trois stations retenues : station 1 (rive Est), station 2 (rive Sud) et station 3 (rive Nord-Ouest) pendant un cycle (mars 2010 - février 2011) dans la lagune Mellah, montrent d'importantes fluctuations allant de $22 \pm 9 \text{ ind.m}^{-2}$ (station 1, janvier) à $176 \pm 22 \text{ ind.m}^{-2}$ (station 3, avril). La chute sensible du nombre des individus pendant la période hivernale, serait en rapport avec les conditions sévères du milieu ; où les organismes ont tendance à migrer dans les eaux plus profondes afin d'y trouver refuge et survivre aux situations écologiques défavorables lors des tempêtes et intempéries d'hiver. L'importance du rôle joué par les phénomènes climatiques sur les variabilités quantitatives de la répartition des peuplements benthiques des différents groupes zoologiques et notamment chez les mollusques fouisseurs a été déjà signalée par Cornet [42]. Les fortes densités en saison printanière sont rencontrées sur la rive Nord-Ouest de la lagune (station 3). Ces densités élevées dans ce secteur seraient en relation avec le transport et l'accumulation des jeunes individus sous l'effet des courants de marées ; notamment lors des phases de jusant. En effet, la courantologie de la lagune est surtout sous influence du phénomène de marées de type microtidales semi diurne [32]. Par ailleurs et suite à la configuration de la lagune, le Nord-Ouest du Mellah est une zone plus ou moins abritée et riche en herbier phanérogame *Ruppia* sp., offrant ainsi un biotope idéal pour

un développement optimal des jeunes individus. Cette même constatation a été déjà rapportée par Guelorget et Mazoyer-Mayère [13] ayant travaillé sur la même espèce dans l'étang de Prévost sur la côte Nord occidentale de la Méditerranéenne. En effet, ces mêmes auteurs expliquent les fortes densités de la coque à l'installation directe des larves sur le substrat d'une part, et à un recrutement supplémentaire par le biais des macroalgues où s'accrochent de nombreux jeunes individus d'autre part. Toutefois, les densités obtenues lors de notre étude restent inférieures à celles signalées par Beldi *et al.* [11], mentionnant des valeurs qui peuvent atteindre 376 ind.m^{-2} rencontrées sur la rive Sud en juillet 2001. D'autre part, Guelorget et Mazoyer-Mayère [13] signalent des densités très élevées dans l'étang de Prévost qui atteignent exceptionnellement 6000 ind.m^{-2} . La régression de l'abondance de *C. glaucum* dans la lagune Mellah aurait pour origine deux causes. L'exposition de ce bivalve au phénomène de prédation par les poissons voraces tels que la daurade, le bar et la sole et certains polychètes Nereidés et Aphroditidés notamment en ce qui concerne les jeunes coques [43-45]. À cela, s'ajouterait le phénomène d'ingestion des larves par les siphons des adultes [46]. Notons aussi l'état de colmatage du chenal de communication avec la mer, ce dernier n'a pas été aménagé depuis 1988. Cette situation va limiter sensiblement les échanges mer – lagune, se répercutant par conséquent sur la qualité physico-chimique et sédimentologique de la lagune [4, 5, 32]. Par ailleurs et à titre de comparaison, on signale que

sa congénère *Cerastoderma edule* très abondante dans les lagunes et sur une large proportion de la zone de balancement des marées, forme de véritables agrégats comme pour de nombreuses espèces benthiques endogées [47-49]. Les densités de ce Cardiidé peuvent varier de quelques individus à plusieurs milliers par mètre carré ; le maximum de 4600 ind.m⁻² a été observé dans la baie de Somme sur la Manche [50]. L'évaluation du recrutement est une étape nécessaire pour la compréhension de la dynamique des populations des bivalves [51]. La connaissance des modalités de recrutement et d'installation des individus de *C. glaucum*, est une donnée nécessaire pour une éventuelle exploitation rationnelle de cette espèce dans la lagune Mellah. Par ailleurs, le suivi de la structure des tailles permet la localisation dans le temps et dans l'espace l'arrivée des jeunes recrues de ce bivalve sur le fond. En effet, l'analyse des histogrammes des fréquences de tailles chez la coque du Mellah, fait apparaître des jeunes individus correspondant essentiellement à la classe de taille 2-4 mm en début du printemps (fin mars), notamment à la station 3 au Nord-Ouest de la lagune riche en herbier à *Ruppia* sp. En effet, ce tapis végétal constitue un abri idéal pour la survie des jeunes stades de développement constituant une proie facile pour plusieurs espèces prédatrices [11, 44, 45]. Ce recrutement se poursuit d'une façon irrégulière jusqu'à la fin de la saison estivale. Nos constatations concernant l'installation de nouvelles recrues (du printemps au début de l'automne) concordent avec les résultats rapportés par Labourg et Lasserre [12], évoquant un recrutement durant le printemps et l'été qui aboutit à la recolonisation plus ou moins massive du biotope par les juvéniles. Chez cette même espèce dans l'étang de Prévost, Guelorget et Mazoyer-Mayère [13] signalent un recrutement plus tardif en automne. Alors que Zaouali [52], indique trois périodes de recrutement chez ce bivalve ; de mai à juin, d'août à septembre et de décembre à janvier.

L'analyse des structures de tailles a permis de relever des fluctuations des effectifs au sein des classes de tailles de la coque. Ces variations numériques, peuvent provenir de l'action de certains facteurs naturels abiotiques [53-54] ou/et biotiques telles que la compétition interspécifique et la prédation [52]. L'action de ces facteurs peut intervenir à différents moments du cycle de développement d'un individu, depuis le recrutement jusqu'aux stades

adultes, notamment immédiatement après la ponte qui constitue un stade vulnérable, caractérisé par un affaiblissement physiologique. L'analyse modale a pour objectif de mettre en évidence les fluctuations mensuelles de la structure globale de la population de *C. glaucum* dans la lagune. En effet, l'évolution temporelle des structures des tailles montre dans la plupart des mois la présence de deux modes importants correspondant comme il a été déjà évoqué à deux périodes essentielles de recrutement : au printemps (moins étalée) et en été (englobant toute la saison). *Cerastoderma glaucum* de la lagune Mellah est caractérisée par une croissance rapide durant la première année atteignant une longueur de 21.33mm, ensuite elle subit un ralentissement remarquable pour aboutir à une valeur de 5.57mm seulement lors de la deuxième année. Dans ce contexte et chez cette même espèce, Zaouali [55] mentionne une croissance lors de la première année de 19.30mm ; donc plus ou moins similaire aux juvéniles du Mellah. Guelorget et Mazoyer-Mayère [13], signalent chez la *C. glaucum* de l'étang de Prévost de 10 mm en 8 mois. Par ailleurs, Bourget et Brock [56] ayant travaillé sur *C. edule*, indiquent un accroissement qui atteint 21.20mm lors de la première année. Alors que Brock [57], rapporte pour la même espèce une valeur de 16.10mm seulement.

Il faut noter également qu'il existe une bonne corrélation entre la taille et le poids de la coque du Mellah ($r = 0.90$). Cette forte relation entre la taille et le poids a été déjà signalée chez ce bivalve colonisant le lac Ichkeul en Tunisie [58]. D'autre part, le coefficient d'allométrie obtenu ($b = 2.62$) est inférieur à 3, expliquant ainsi une allométrie minorante où la taille de la coque croît plus rapidement que son poids. D'une manière générale, il faut noter que les facteurs qui peuvent affecter la croissance de la coque sont dus à la localisation géographique [59-60], aux variations thermiques des eaux [61], et également à la disponibilité de la nourriture [62-63].

5. CONCLUSION

L'étude de la structure démographique, de la population de *Cerastoderma glaucum* colonisant la lagune Mellah, montre d'importantes fluctuations saisonnières. En effet, les extrêmes numériques de ce bivalve passent de 22 ind.m⁻² (zone Est, janvier) à 176 ind.m⁻² (zone Nord-Ouest, avril). Les fortes

densités dans cette partie de la lagune seraient en relation avec le transport et l'accumulation des jeunes individus sous l'effet des courants, notamment le jusant. Par ailleurs, le tapis de l'herbier à *Ruppia* sp. qui caractérise ce secteur, offre un habitat (abri) idéal pour les jeunes individus. L'analyse des structures de tailles chez la coque du Mellah, fait apparaître des jeunes recrues de 2-4mm à partir de mars. Ce recrutement se poursuit et s'étale pour englober toute la saison estivale. Durant la période d'étude, la plus petite taille rencontrée chez la coque est de 3.25mm (septembre), tandis que la plus grande taille récoltée est de 35.86mm (juin). Par ailleurs, *C. glaucum* du Mellah est caractérisée par une croissance très rapide ($L_t = 21.33\text{mm}$) lors de la première année, ensuite elle décline rapidement lors de la deuxième année pour se stabiliser à 5.57mm seulement. La corrélation entre la taille et le poids est très forte ($r = 0.90$). D'autre part, le coefficient d'allométrie obtenu ($b = 2.62$) est inférieur à 3, traduisant ainsi une allométrie minorante, où la taille des individus croît plus rapidement que leur poids. Etant donné la faible abondance de ce bivalve dans son milieu naturel, il nous est impossible d'envisager une éventuelle exploitation rationnelle de ce Cardiidé dans la lagune Mellah. Par ailleurs, il est recommandé d'établir un plan d'aménagement du chenal de communication avec la mer, afin d'augmenter les échanges mer - lagune pour aboutir à un renouvellement et enrichissement satisfaisant des eaux de la lagune. Ceci favorisera un développement optimum de la faune et de la flore, notamment les espèces d'intérêt économique, telles que la palourde *Ruditapes decussatus* et la coque *Cerastoderma glaucum*. L'abondance de la coque dans la lagune semble moins importante comparativement à des lagunes similaires exploitées. Cette situation peut être remédiée également par des études consacrées à la relation entre la coque et ses principaux prédateurs (crabes, daurades, etc.), pouvant ainsi expliquer le degré de prédation de ce bivalve et comprendre le déséquilibre qui peut s'y établir.

REFERENCES

- [1] Thomas J.P., Bougazelli N. & Attender M., 1973. Projet de parc national marin, lacustre et terrestre d'El-Kala, Annaba, Algérie. Rapport du projet de création d'un parc national. Ministère de l'Environnement et des Forêts. 64p.
- [2] Semroud R., 1983. Contribution à l'étude écologique des milieux saumâtres méditerranéens: le lac Mellah (El-Kala, Algérie). Thèse 3^{ème} cycle en Écologie marine. USTHB, Alger. 137p.
- [3] Guelorget O., Frisoni G.F., Ximenes M.C. & Perthuisot J.P., 1989. Expression biologique du confinement dans une lagune méditerranéenne : le lac Mellah (Algérie). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 87-99.
- [4] Draredja B., 2005. Structure et organisation de la macrofaune benthique de la lagune Mellah (Méditerranée Sud-Occidentale, Algérie). *Journal de Recherche Océanographique*, Vol. 30 (1-2), 24-33.
- [5] Draredja B., 2007. Structure et fonctionnement d'un milieu lagunaire méditerranéen : lagune Mellah (Algérie Nord-Est). Thèse de Doctorat d'État en Écologie marine. Université Badji Mokhtar, Annaba. 225p.
- [6] Anonyme, 1979. Etude préliminaire du lac Mellah (El-Kala). Rapport du Centre de Recherche Océanographique et de la Pêche (CROP), juin 1979. 79p.
- [7] Gimazane J.P., 1982. L'exploitation conchylicole du lac Mellah, Algérie. Rapport FAO/MEDRAP. 13p.
- [8] Cataudella S., 1982. Rapport de la mission effectuée du 19 au 29 octobre en Algérie (lac Mellah et lac Oubéira). Rapport FAO/MEDRAP. 37p.
- [9] Kara M.H. & Chaoui L., 1998. Niveau de production et rendement d'une lagune méditerranéenne : le lac Mellah (Algérie). Rapport de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée, Vol. 35, 548-549.
- [10] Chaoui L., Kara M. H., Faure E. & Quignard J. P., 2006. L'ichtyofaune de la lagune du Mellah : diversité, production et analyse des captures commerciales. *Cybiuim*, Vol. 30 (2), 123-132.
- [11] Beldi H., Draredja B. & Soltani N., 2004. Données préliminaires sur la coque *Cardium glaucum* dans la lagune Mellah (Algérie Nord-Est). Septièmes journées tunisiennes des Sciences de la Mer, Zarzis (Tunisie) du 18 au 22 décembre 2004.
- [12] Labourg J.P. & Lasserre G., 1980. Dynamique des populations de *Cerastoderma glaucum* dans une lagune aménagée de la région d'Arcachon. *Marine Biology*, Vol. 60, 147-157.
- [13] Guelorget O. & Mazoyer-Mayère C., 1985. Croissance, biomasse et production de *Cerastoderma glaucum* dans une lagune méditerranéenne : l'étang de Prévost (Hérault, France). *Vie marine*, Vol. 7, 15-27.
- [14] FAO, 2008. Site web: <http://www.fao.org/fishery/species/3535/en>.
- [15] Høpner Peterson G.M., 1958. Notes on the growth and biology of the different *Cardium* species

in Danish water areas. *Meddelelser fra Danmarks Fiskeri-og Havundersøgelser*, Vol. 2, 1-31.

[16] Tebble N., 1966. British bivalve seashells. *British museum (natural history)*, London, 212p.

[17] Muus B.J., 1967. The fauna of Danish estuaries and lagoon, distribution and ecology dominating species in the shallows reaches of the mesohaline zone. *Meddelelser fra Danmarks Fiskeri-og Havundersøgelser*, N.S, Vol. 1, 1-316.

[18] Rygg B., 1970. Studies on *Cerastoderma edule* (L.) and *Cerastoderma glaucum* (Poiret). *Sarsia*, Vol. 43, 65-80.

[19] Boyden C.R., 1972. Relationship of size to age in the cockles *Cerastoderma edule* and *C. glaucum* from the rive Crouch Estuary, Essex. *Journal of Conchology*, London, Vol. 27, 475-489.

[20] Boyden C.R. & Russel J.C., 1972. The distribution and habitat of the brackish water *Cardium* (*Cerastoderma*) in the British Isles. *Journal of Animal Ecology*, Vol. 41, 719-734.

[21] Barnes R.S.K., 1973. The intertidal lamellibranches of Southampton water, with particular reference of *Cerastoderma edule* and *Cardium glaucum*. *Proceedings of the Malacological Society of London*, Vol. 40, 413-433.

[22] Persson L.E., 1976. Abundance and growth of a *Cardium glaucum* Bruguière population in Hanö Bigth (Southern Baltic). *Ophelia*, Vol. 15, 163-174.

[23] Koulmann J.G. & Wolff W.J., 1977. The mollusca of the estuarine region of the rivers Rhine, Meuse, and Scheldt in relation to the hydrography of the area. 5. The Cardiidae. *Basteria*, Vol. 41 (1-4), 21-32.

[24] Brock V., 1979. Habitat selection of two congeneric bivalves, *Cardium edule* (L.) and *C. glaucum* (Bruguière) in sympatric and allopatric populations. *Marine Biology*, Vol. 54, 149-156.

[25] Bakalem A. & Romano J.C., 1979. Les peuplements benthiques du lac Mellah. Rapport de la mission sur le lac Mellah, Rapport du Centre de Recherche Océanographique et de la Pêche (CROP), juin 1979. 13-22.

[26] Mars P., 1966. Recherche sur quelques étangs du littoral méditerranéen français et leurs faunes malacologiques. *Vie et Milieu*, Vol. 20, 1-359.

[27] Zaouali J., 1974. La faune malacologique du lac de Tunis (parties Nord et Sud) et de ses canaux (Canal Central, Canal Nord et Canal Sud). *Haliotis*, Vol. 4, 179-186.

[28] Rygg B., 1970. Studies on *Cerastoderma edule* (L.) and *Cerastoderma glaucum* (Poiret). *Sarsia*, Vol. 43, 65-80.

[29] Szefer P., Wolowicz M., Kusak A.M., Deslous-Paoli J., Czarnowski W., Frelek K. & Belzunce M.J., 1999. Distribution of mercury and other trace metals

in the cockle *Cerastoderma*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol. 36, 56-63.

[30] Machreki-Ajmi M. & Hamza-Chaffai A., 2006. Accumulation of Cadmium and Lead in *Cerastoderma glaucum* originating from the Gulf of Gabès, Tunisia. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol. 76, 529-537.

[31] Machreki-Ajmi M., Ketata I., Ladhachchaabouni R. & Hamza-Chaffai A., 2008. The effect of in situ cadmium contamination on some biomarkers in *Cerastoderma glaucum*. *Ecotoxicology*, Vol. 17 (1), 1-11.

[32] Ounissi M., Haridi A. & Rétime A., 2002. Variabilité du zooplancton de la lagune Mellah (Algérie) selon l'advection tidale en hiver et au printemps 1996-1997. *Journal de Recherche Océanographique*, Vol. 27 (1), 1-13.

[33] Draredja B., Melouah K., Beldi H. & Benmarce S., 2012. Diversité de la macrofaune benthique de la lagune Mellah (Parc national d'El-Kala, Algérie Nord-Est). *Bulletin de Société Zoologique de France*, Vol. 137 (1-4), 73-86.

[34] Draredja B. & Beldi H., 2002. Contribution à la connaissance des mollusques testacés de la lagune du Mellah (Nord-Est algérien). Actes des cinquièmes journées tunisiennes des sciences de la mer, Ain Draham (Tunisie) : 21-24 décembre 2002. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologie de la Mer*. N.S, Vol. 7, 29-32.

[35] Lemoine M., Desprez M. & Ducrotoy J.P., 1988. Exploitation des ressources en bivalves de la baie de Somme : aménagement de la pêche et état de la ressource en coques. Rapport scientifique et techniques de l'Institut Français pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), Vol. 8. 172p.

[36] Zaouali J. 1977. Contribution a la connaissance de la faune malacologique du lac Ichkeul (Tunis septentrionale), étude du bivalve *Cerastoderma glaucum*. *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, Vol. 1-2, 113-126.

[37] Mouëza M., 1971. Contribution à l'étude de l'écologie et de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque lamellibranche). Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques. Université de Marseille, France. 130p.

[38] Bhattacharya G.G., 1967. A sample method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, Vol. 137 (1), 137-143

[39] Bertalanffy, L. Von. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, Vol. 10 (2), 181-213.

[40] Huxley J.S. & Teissiert G., 1936. Terminologie et notation dans la description de la Croissance relative. *Comptes Rendus de la Société de Biologie*, Vol. 121, 934-936.

- [41] Teissier G., 1948. La relation d'allométrie : sa signification statique et biologique. *Biometrics*, Vol. 4 (1), 14-53.
- [42] Cornet M., 1986. Estimation de la production annuelle de la population d'*Abra alba* (Mollusque bivalve) du plateau continentale Sud Gascogne. *Oceanologica Acta*, Vol. 9, 323-332.
- [43] Tongiorni P., Nardi P., Galleli L., Nigrom & Salgheti., 1981. Deeding habits of *Ocenebrina edwardsi* (Mollusca Prosobranchia) a common munel drill of Italian coasts. *Marine Ecology*, Vol. 2, 129-146.
- [44] George C.J., 1966. The use of beached valves of the lamellibranches mollusks *Glycimeris glycimeris* L., *Donax semistriatus* Poli and *Donax trunculus* L. for the determination of percentage mortality by *Natica* spp. *Doriana*, Vol. 4 (164), 1-8.
- [45] Vignali R. & Galleli P., 1986. The beach shell assemblage of pontedoro: preliminary list of mollusc species with some notes on predation phenomena. *Atti della Società Toscana de Scienze Naturali di Pisa, Series B*, Vol. 93, 1-10.
- [46] Woodin S.A., 1976. Adult-larval interactions in dense infaunal assemblage: patterns of abundance. *Journal of Marine Research*, Vol. 34, 25-41.
- [47] Reys J.P., 1971. Analyses statistiques de la microdistribution des espèces benthiques de la région de Marseille. *Tethys*, Vol. 3 (2), 381-403.
- [48] Elliott J.M., 1977. Some methods of the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. *Freshwater Biological Association, Scientific Publication*, Vol. 25, 156p.
- [49] Downing J.A., 1979. Aggregation, transformation and the design of benthos sampling programs. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, Vol. 36, 1454-1463.
- [50] Bachelet G. Desperez M., Ducrotoy J.P., Guillou J., Labourg J.P., Rybarczyk H., Sauriau P.G., Elkaïm B. & Glémarec M., 1992. Rôle de la compétition intraspécifique dans la régulation du recrutement *Cerastoderma edule*. *Annales de l'Institut Océanographique*, Paris, Vol. 68 (1-2), 75-87.
- [51] Borsa P. & Millet B., 1992. Recruitment of the clam *Ruditapes decussatus* in the lagoon of Thau mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 35, 289-300.
- [52] Zaouali J., 1980. Étude du cycle sexuel de *Cerastoderma glaucum*. (Bivalvia, Eumellibranchia, Cardiidae) dans le lac de Tunis et de la mer de Bou Grara (Tunis). *Institut Pasteur de Tunis*. Tome LVII. Vol. 3, 281-295.
- [53] Desperez M., Ducrotoy J.P. & Elkaim, B., 1987. Crise de la production des coques (*Cerastoderma edule*) en baie de Somme. I Synthèse des connaissances biologiques. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, Vol. 49, 215-230.
- [54] Guillou J. & Tartu C., 1992. Reproduction et recrutement de la coque *Cerastoderma edule* L. à Saint-Pol-de-Léon (Bretagne-Nord). *Société française de Malacologie*, Aspects récents de la biologie des Mollusques, Actes de colloques, IFREMER, Vol. 13, 29-38.
- [55] Zaouali J., 1979. Etude écologique du lac du Bizerte. *Bulletin de l'Office National des Pêches*, Tunisie, Vol. 3 (2), 107-140.
- [56] Bourget E. & Brock V. 1990. Short-term shell growth in bivalves: individual, regional and age-related variations in the rhythm of deposition of *Cerastoderma* (= *Cardium*) *edule*. *Marine Biology*, Vol. 106, 103-108.
- [57] Brock V., 1980. Notes on relations between density, setting and growth of two sympatric cockle *Cardium edule* and *C. glaucum*. *Orphelia*, Vol. 1, 241-248.
- [58] Zaouali J., 1974. Les peuplements malacologiques dans les biocénoses lagunaires tunisiennes. Étude de l'espèce pionnière *Cerastoderma glaucum*. Thèse de Doctorat en Sciences naturelles, Université de Caen, France. 345p.
- [59] Hancock D.A., 1967. Growth and mesh selection in the edible cockle (*Cardium edule* L.). *Journal of Applied Ecology*, Vol. 4, 137-157.
- [60] Ducrotoy C.R., Rybarczyk H., Souprayan J., Bachelet G., Beukema J.J., Desprez M., Dörjes J., Essink K., Guillou J., Michaelis H., Sylvand B., Wilson J.G., Elkaïm B. & banez F., 1991. A comparison of the population dynamics of the cockle (*Cerastoderma edule*) in North-Western Europe. ECSCA 19. *Proceeding of the Estuarine and Coastal Sciences Association Symposium*. Estuaries and Coasts: Spatial and Temporal Intercomparisons. 173-184.
- [61] Smaal A.C., Vonck A.P.M.A. & Bakker M., 1997. Seasonal variation in physiological energetic of *Mytilus edulis* and *Cerastoderma edule* of different size classes. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, Vol. 77, 817-838.
- [62] Jensen K.T., 1993. Density dependant growth in cockles (*Cerastoderma edule*): evidence from interannual comparisons. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, Vol. 73 (2), 333-342.
- [63] Montaudouin X. & Bachelet G., 1996. Experimental evidence of complex interactions between biotic and abiotic factors in the dynamics of an intertidal population of the bivalve *Cerastoderma edule*. *Oceanologica Acta*. Vol. 9 (3-4), 449-464.

Biodiversité

DIVERSITÉ DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE DE LA LAGUNE MELLAH (PARC NATIONAL D'EL-KALA, ALGÉRIE NORD-EST)

par

Brahim DRAREDJA ^{1*}, Khalil MELOUAH,

Hayet BELDI ², Souheila BENMARCE

La présente étude analyse la composition et la répartition de la macrofaune benthique dans la lagune Mellah. Cet écosystème d'eau saumâtre est situé au Nord-Est algérien au sein du parc national d'El-Kala. Depuis la fin des années 1990, aucune étude n'aurait été effectuée sur le benthos du Mellah, alors que les milieux lagunaires sont définis comme étant des écosystèmes fragiles et surtout instables. Les prélèvements ont été réalisés mensuellement de juillet 2008 à juin 2009 à l'aide d'une benne Van Veen, sur 5 stations réparties selon un choix raisonné. Le tamisage du sédiment a été effectué sur une maille de 1 mm². Le tri, l'identification et le dénombrement des individus ont été réalisés au laboratoire. La température et la salinité ont été mesurées *in situ* à chaque station et à chaque date de prélèvement, elles varient de 11,4 à 30,5°C et de 15,9 à 37,1°C respectivement. L'inventaire de la macrofaune benthique du Mellah a révélé la présence de 50 espèces dont 22 Annélides (21 Polychètes et 1 Oligochète), 11 Mollusques (5 Bivalves et 6 Gastéropodes), 11 Crustacés (4 Amphipodes, 4 Isopodes, 2 Décapodes et 1 Cirripède). La densité moyenne de la macrofaune benthique dans la lagune s'élève à 1640 ind.m². Le Nord de la lagune sous influence marine est plus riche en espèces (39 espèces) et mieux structuré ($H'=2,46$, $E=0,63$) par rapport au centre de la lagune (31 espèces, $H'=2,08$, $E=0,55$).

Mots-clés : macrozoobenthos, biodiversité, inventaire, lagune Mellah, Algérie.

1. Département des Sciences de la Mer, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.

2. Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.

* draredja_brahim@yahoo.fr

Bulletin de la Société zoologique de France 137 (1-4)

Benthic macrofauna diversity of the Mellah lagoon (El-Kala National Park of northeast Algeria)

This study provides an update of the inventory of the benthic macrofauna, based on sampling carried out between July 2008 and June 2009 in Mellah lagoon, located in El-Kala National Park, Northeast Algeria (36°54' N - 8°20' E). This lagoon is connected to the sea by a long (900 m) and narrow (10 to 20 m) channel. Since the end of the 1990s, no studies have been made of the benthos of the Mellah, even though lagoons are fragile and unstable ecosystems. The sampling of sediment was carried out with a Van Veen grab from 5 stations (3 replicates per station). Sieving of the sediment was performed with a 1 mm mesh. Sorting, identification and enumeration of individuals were performed in the laboratory. Parallel to the sediment samples, *in situ* measurements of temperature and salinity were taken.

The results obtained show that the minimal temperature was 11.4°C (January), while the maximal value was 30.5°C (August). The extremes of salinity were 15.9 (April) and 37.1 (October). Salinity variations in the lagoon are under the influence of exchange with the sea and freshwater inflows. Qualitative analysis of the macrozoobenthos of the Mellah allowed the identification of 50 species: 22 Annelids (21 polychaetes and 1 oligochaete), 11 molluscs (5 bivalves and 6 gastropods), 11 crustaceans (4 amphipods, 4 isopods, 2 decapods and 1 maxillopod) and 6 species attributed to a group called "various", including taxa with low diversity: nemathelminthes, nemerteans, echinoderms, cnidarians, platyhelminthes and larvae of chironomids. Station 1, in the north of the lagoon under strong marine influence was the richest in species (39). Station 2 located in the center of the lagoon (5.2 m), contained the lowest number of species (31). Throughout the lagoon, the average density is 1640 ind.m⁻², with temporal fluctuations between 928 ind.m⁻² (in August) and 2631 ind.m⁻² (in July). The benthic macrofauna of Mellah lagoon is composed mainly of polychaetes (57.31%) and crustaceans (26.26%), followed by molluscs (11.46%) and "various" (4.97%). In terms of species, the benthic macrofauna is mainly dominated by the polychaete *Capitella capitata* (40.78%) and the crustacean *Corophium insidiosum* (19.02%). Shannon diversity (H') and evenness (E) indices vary from one station to another. Thus station 1 (H'=2.46, E=0.63), under greatest marine influence, and station 2 (H'=2.08, E=0.55), the deepest, showed the extreme values for these two indices. Indeed, the center of the lagoon appears to be an area of vulnerability in relation to the low species number, probably in relation to the depth insulating the bottom of the lagoon. Finally, the conflict of usages of this site, belonging to the El-Kala national reserve, leads to uncoordinated activities. This inadequate management has led to an increased clogging of the channel, despite the critical ecological and economic consequences.

Keywords: macrozoobenthos, biodiversity, inventory, Mellah lagoon, Algeria.

Introduction

Le littoral situé à la limite entre le continent et la mer renferme une mosaïque d'écosystèmes qui, malgré leur faible surface, présentent un intérêt écologique et économique souvent exceptionnel. Les milieux lagunaires, dont la superficie à l'échelle du globe est estimée à 483 000 hectares (KAPETSKY, 1984), sont définis comme des écosystèmes peu profonds, reliés à la mer par une ou plusieurs admissions restreintes. Le mélange des eaux marines et continentales fait de ces plans d'eau des systèmes uniques. Ces milieux offrent ainsi des zones d'habitats particuliers pour la faune et la flore, d'où l'intérêt de les étudier. Les travaux antérieurs

Macrozoobenthos de la lagune Mellah

(SEMROUD, 1983 ; GUELORGET *et al.*, 1989 ; DRAREDJA, 1992, 2005) sont anciens et limités et ne permettent pas d'étudier l'effet du colmatage du chenal de communication avec la mer (non aménagé depuis 1988) sur l'évolution de la diversité du benthos.

La méconnaissance de ce milieu avec ses particularités environnementales et son intérêt socio-économique (KARA & CHAOUI, 1998), constitue une forte motivation de cette étude. Par ailleurs, en raison de ses vocations et son appartenance au parc national d'El-Kala, la lagune Mellah constitue une véritable situation conflictuelle d'usage. L'objectif de la présente étude est la mise à jour de la diversité des peuplements macrozoobenthiques du Mellah, en relation avec les conditions hydrologiques actuelles liées au niveau de colmatage du chenal qui la relie à la mer.

Matériel et méthodes

Présentation du site d'échantillonnage

Localisée dans un site naturel appartenant au parc national d'El-Kala, le Mellah est l'unique lagune en Algérie. Elle est située au Nord-Est algérien ($36^{\circ}54' N - 8^{\circ}20' E$) et communique avec la mer par un long (900 m) et étroit (10-20 m) chenal (Fig. 1). Ce dernier n'a pas été aménagé depuis 1988, son colmatage a réduit les échanges hydriques entre la lagune et le littoral adjacent (OUNISSI *et al.*, 2002). D'une forme ovoïde, cette lagune totalise une superficie de 865 hectares, avec une profondeur maximale ne dépassant pas 5,2 m. Les apports en eaux douces sont assurés par trois rivières saisonnières.

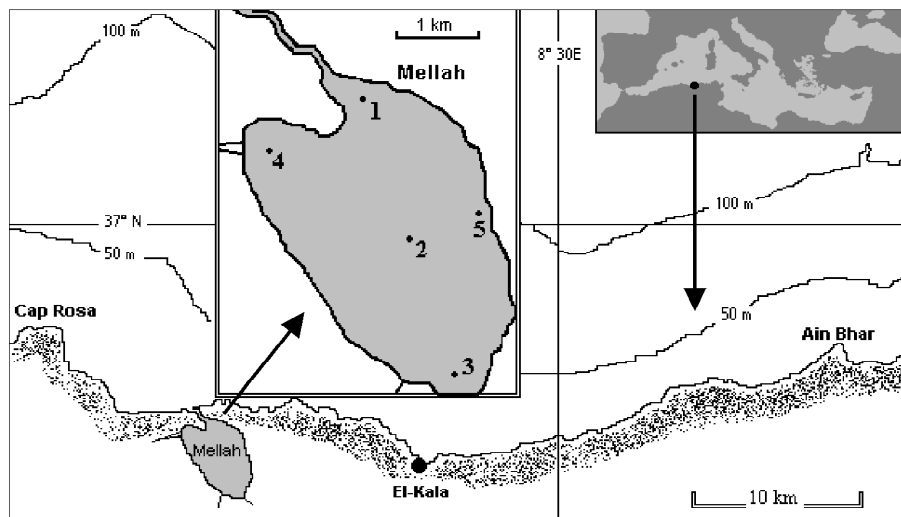


Figure 1

Position géographique de la lagune Mellah et localisation des stations échantillonnées.
Geographical position of Mellah lagoon and location of the sampling stations.

Bulletin de la Société zoologique de France 137 (1-4)

Tableau 1

Description des stations échantillonnées. VP : vase pure, VLS : vase légèrement sableuse,
SP : sable pur, SLV : sable légèrement envasé, *Ruppia* : herbier à *Ruppia* sp.

*Description of the sampling stations. VP: mud, VLS: sandy mud,
SP: sand, SLV: silty sand, Ruppia: Seagrass bed with Ruppia sp.*

Station	Profondeur (m)	Nature du substrat	Caractéristiques
1	3,1	VLS	Au nord de la lagune, en face du chenal de communication avec la mer, sous influence marine.
2	5,2	VP	Au centre, la zone la plus profonde de la lagune.
3	1,2	SP à <i>Ruppia</i>	Au sud de la lagune, sous influence continentale, non loin des apports de la rivière Bélaroug.
4	1,5	SLV à <i>Ruppia</i>	Au nord-ouest de la lagune, en face des apports de la rivière R'kibet.
5	1,5	SP à <i>Ruppia</i>	Sur la rive Est de la lagune.

Choix des stations et échantillonnage

La faune benthique a été prélevée chaque mois de juillet 2008 à juin 2009, grâce à une benne Van Veen (0,1 m²) sur 5 stations (Fig. 1) à raison de 3 répliqués par station. Le choix des stations a été fixé en tenant compte des influences marines, des eaux douces, de la bathymétrie et de la nature du substrat (Tab. 1). Parallèlement aux prélèvements des sédiments, des mesures *in situ* de la température et de la salinité ont été réalisées.

Traitement des échantillons

Les sédiments prélevés sont tamisés (1 mm²), puis conservés dans du formol à 10 % neutralisé. Au laboratoire, la macrofaune benthique est triée par groupe zoologique, puis chaque individu est déterminé sous une loupe binoculaire, ou au microscope en cas de nécessité.

Expression des résultats

La densité, la richesse spécifique ainsi que l'indice de diversité de Shannon (H') et celui d'équitabilité (E) (déterminés à partir du logarithme de base 2) ont été calculés chaque mois pour chaque station. La part des différents groupes zoologiques et des espèces principales a été calculée à l'échelle de la lagune et sur l'ensemble du suivi.

Macrozoobenthos de la lagune Mellah

Résultats

Variations de la température et de la salinité

La température et la salinité ont été mesurées de juillet 2008 à juin 2009 (Fig. 2). La température minimale est de 11,40°C (station 1, janvier), alors que la valeur maximale atteinte est de 30,5°C (station 1, août). Les extrêmes halins sont de 15,9 g/L (station 3, avril) et 37,1 g/L (station 3, octobre).

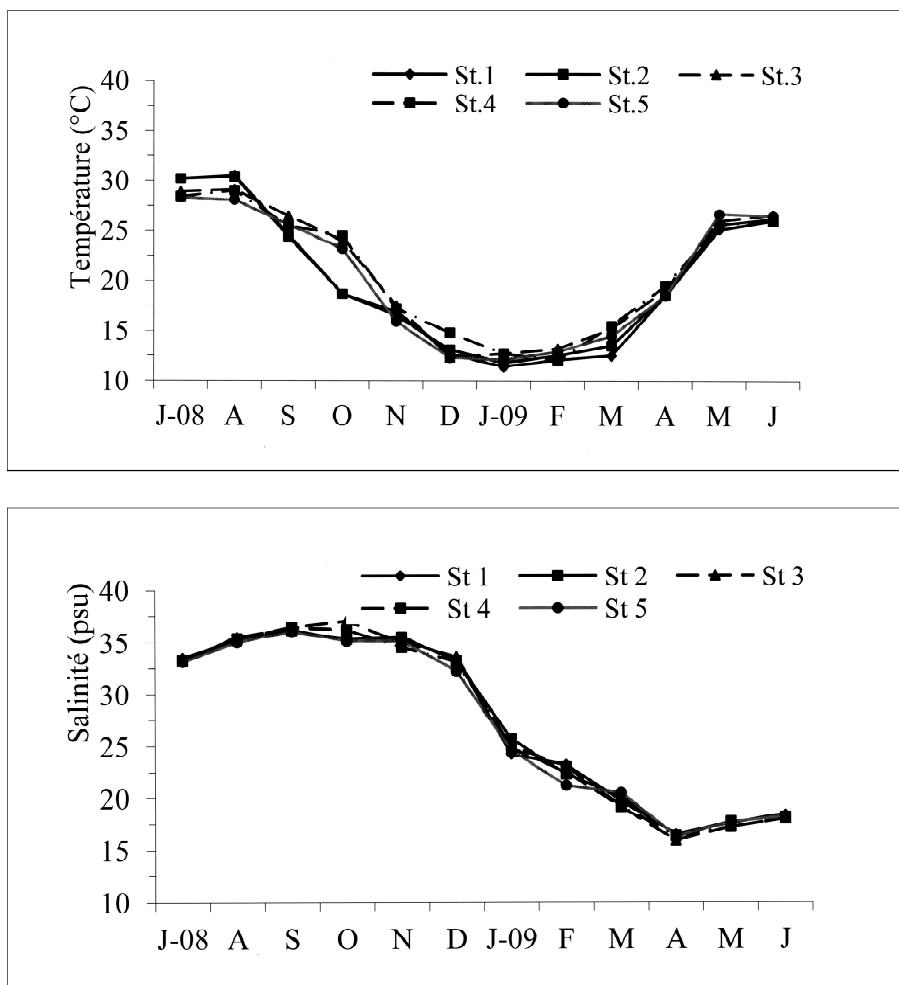


Figure 2

Variations de la température et de la salinité des eaux des stations prospectées dans la lagune Mellah entre juillet 2008 et juin 2009.

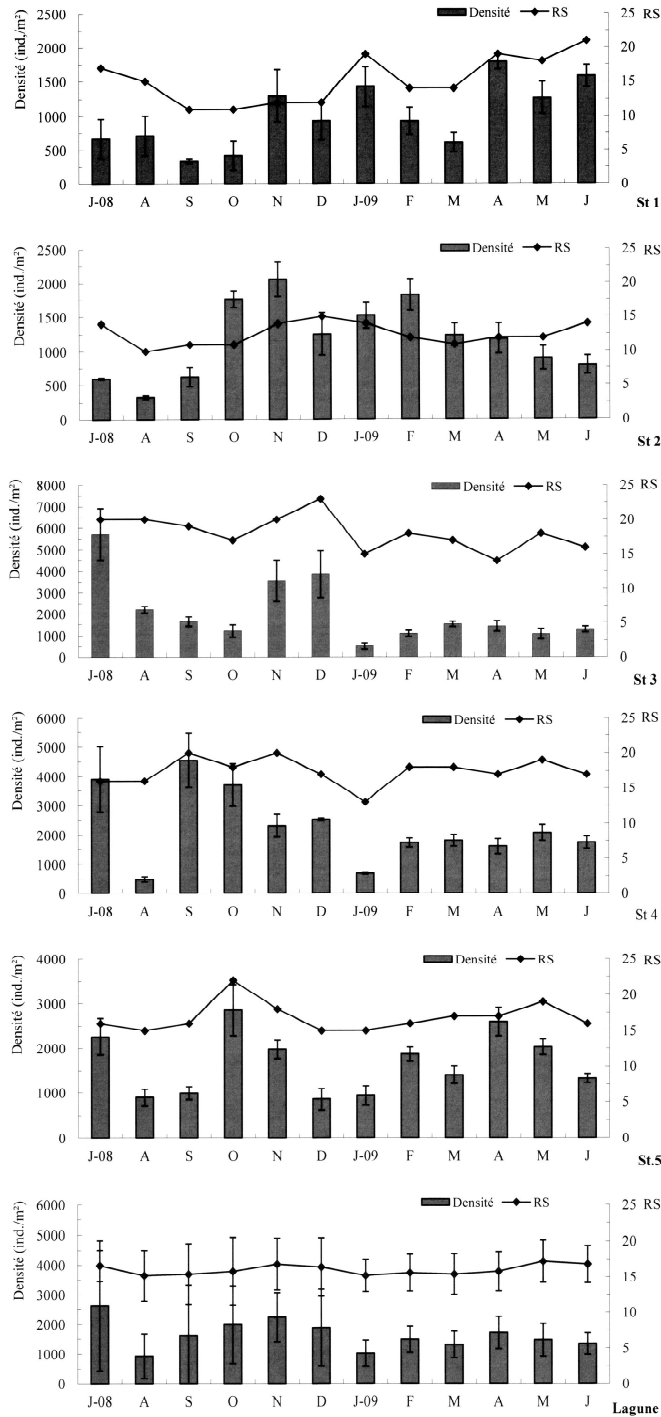
Variations of temperature and salinity at stations surveyed in the Mellah lagoon between July 2008 and June 2009.

Tableau 2

Liste taxonomique des espèces macrozoobenthiques recensées dans la lagune Mellah de juillet 2008 à juin 2009.
Taxonomic list of macrozoobenthic species sampled in Mellah lagoon between July 2008 and June 2009.

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Espèce		
Mollusca	Bivalvia	Veneroïda	Cardiidae	<i>Cerastoderma glaucum</i> (Brugnière, 1789)		
			Veneridae	<i>Venerupis decussata</i> (Linnaeus, 1758)		
			Semellidae	<i>Abra segmenum</i> (Récluz, 1843)		
			Lucinoida	<i>Loripes lucinalis</i> (Linnaeus, 1818)		
	Gastropoda	Neogastropoda	Mytiloïda	Mytilidae	<i>Brachidontes marioni</i> (Locard, 1889)	
			Bullomorpha	Nassariidae	<i>Nassarius reticulatus</i> (Linnaeus, 1758)	
				Bullidae	<i>Cylope neritea</i> (Linnaeus, 1758)	
			Littorinimorpha	Rissoïda		<i>Bulla utriculata</i> (Brocchi, 1814)
						<i>Rissoa ventricosa</i> Desmarest, 1814
						<i>Rissoa pulchella</i> (Risso, 1826)
		<i>Rissoa</i> sp.				
	Annelida	Polychaeta	Phyllodocta	Nereididae	<i>Platynereis coccinea</i> (della Chiaje, 1822)	
					<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	
					<i>Micronereis variegata</i> Claparède, 1863	
				<i>Phyllodoce pusilla</i> (Claparède, 1870)		
Capitellida			Syllidae	Phyllodoce sp.		
				Aphroditidae	<i>Harmathoë spinifera</i> (Ehlers, 1864)	
				Hesionidae	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Kefertein, 1863)	
					<i>Fauvelia maritimensis</i> Gravier, 1900	
					<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	
					<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	
Spionida	Spionidae		<i>Capitellides giardi</i> Mesnil, 1897			
			<i>Spio filicornis</i> (Müller, 1776)			

Bulletin de la Société zoologique de France 137 (1-4)



Macrozoobenthos de la lagune Mellah

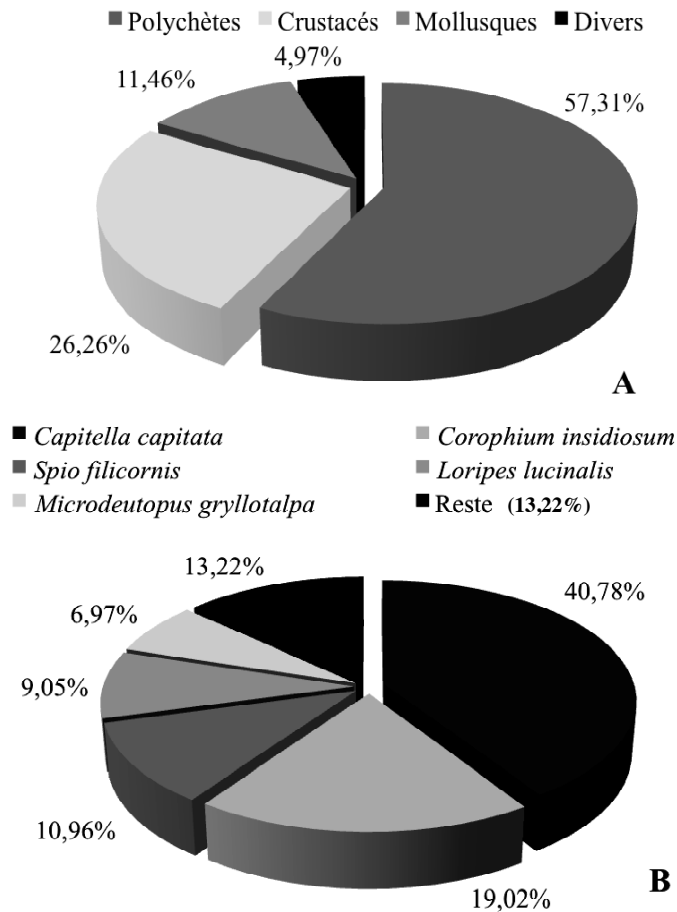


Figure 4

Part (% du nombre d'individus) des différents groupes zoologiques (A) et des principales espèces macrozoobenthiques (B) récoltés dans la lagune Mellah de juillet 2008 à juin 2009.

Percentages of the different zoological groups (A) and the main macrozoobenthic species (B) collected in Mellah lagoon between July 2008 and June 2009.

Figure 3 (ci-contre)

Variations de la richesse spécifique (RS) et de la densité (ind.m⁻²), de la macrofaune benthique dans chacune des stations ($m \pm s$; $n = 3$) et globalement dans la lagune Mellah ($m \pm s$; $n = 5$) de juillet 2008 à juin 2009.

Variations in species richness (SR) and density (ind.m⁻²) of benthic macrofauna at the sampled stations (mean \pm SD; $n = 3$) and in Mellah lagoon (mean \pm SD; $n = 5$) between July 2008 and June 2009.

Bulletin de la Société zoologique de France 137 (1-4)

Macrofaune benthique

L'analyse qualitative du macrozoobenthos de la lagune Mellah a permis l'identification de 50 espèces (Tab. 2) : 22 Annélides (21 Polychètes et 1 Oligochète), 11 Mollusques (5 Bivalves et 6 Gastéropodes), 11 Crustacés (4 Amphipodes, 4 Isopodes, 2 Décapodes et 1 Maxillopode) et 6 espèces rassemblées dans un groupe nommé Divers dont la représentation numérique est faible : Némathelminthes, Némertiens, Échinodermes, Plathelminthes, Cnidaires et les larves de Chironomidés. À l'échelle de la lagune, la densité moyenne est de 1640 ind.m⁻², avec des fluctuations temporelles allant de 928 (août) à 2631 ind.m⁻² (juillet) (Fig. 3).

La macrofaune benthique de la lagune Mellah est composée essentiellement de Polychètes (57,31 % des individus récoltés) et de Crustacés (26,26 %), alors que les Mollusques (11,46 %) et le groupe nommé Divers (4,97 %) sont faiblement représentés (Fig. 4A). Du point de vue spécifique, la macrofaune benthique est dominée par le Polychète *Capitella capitata* (40,78 %) et le Crustacé *Corophium insidiosum* (19,02 %) (Fig. 4B).

La station 1, au Nord de la lagune et sous influence marine est la plus riche avec 39 espèces observées au total, la richesse spécifique oscille entre 11 en août-septembre et 21 en juin (Fig. 3). La station 2, au centre de la lagune, est la plus pauvre avec 31 espèces observées au total, avec des fluctuations allant de 10 (juillet) à 15 espèces (décembre). Quant à la densité, celle-ci varie entre 323 (station 2 en août) et 5716 ind.m⁻² (station 3 en juillet) (Fig. 3).

Les variations spatiales des indices de diversité de Shannon (H') et d'équité (E) dans la lagune, sont indiquées dans la figure 5. La station 1, sous influence marine, et la station 2, la plus profonde (5,2 m), enregistrent les valeurs extrêmes de ces deux indices soit 2,46 et 0,63 ; 2,08 et 0,55 respectivement.

Discussion et conclusion

La similarité des fluctuations thermiques enregistrées dans l'ensemble des stations prospectées a déjà été signalée dans la lagune Mellah par DRAREDJA (2005). Ceci est typique des lagunes méditerranéennes de faible profondeur (LENZI *et al.*, 2003). Les variations halines dans la lagune sont sous l'influence directe des échanges avec la mer et les apports en eaux douces. Le suivi d'un cycle annuel de la salinité a permis de déceler deux grandes phases halines. Une phase décroissante entre octobre (37,1) et avril (15,9), où les fluctuations de salinité dépendent plutôt de conditions météorologiques. Une phase croissante entre avril et octobre, où les influences marines s'affirment davantage.

La composition taxonomique du peuplement benthique de la lagune Mellah est caractérisée par un cortège faunistique constitué de trois principaux groupes zoologiques : Polychètes, Crustacés et Mollusques. Les différences entre stations s'expliquent par la nature du substrat. Le suivi d'un cycle annuel de la richesse spécifique et de l'abondance du macrozoobenthos révèle d'importantes fluctuations. Celles-ci

Macrozoobenthos de la lagune Mellah

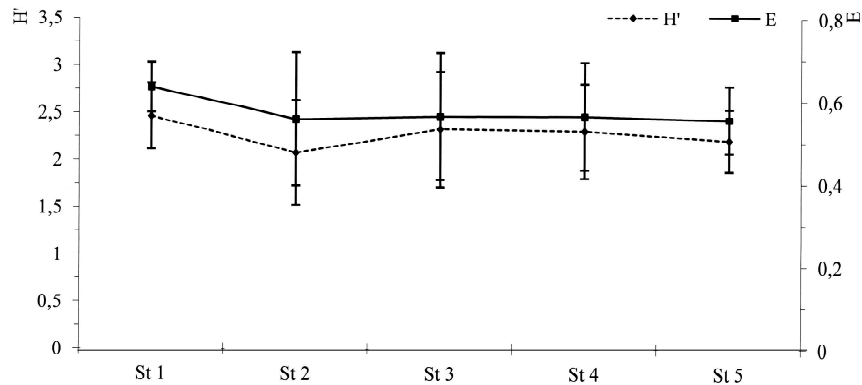


Figure 5

Variations spatiales ($m \pm s$; $n = 12$) des indices de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité (E) de la macrofaune benthique dans la lagune Mellah durant la période d'étude (de juillet 2008 à juin 2009).

Spatial variations in Shannon diversity (H') and evenness (E) indices (mean \pm SD; $n = 12$) of benthic macrofauna in Mellah lagoon during the study period (July 2008–June 2009).

semblent être gouvernées par les variations thermiques et halines, comme montré précédemment par DRAREDJA (2005). Sur le plan qualitatif, la macrofaune benthique du Mellah avec 50 espèces est comparable aux résultats obtenus par NICOLIDOU *et al.* (2006) dans les lagunes de Tsoukalio et Rodia en Grèce (48 espèces). Par ailleurs, dans la lagune de Venise (Italie) 44 espèces ont été inventoriées par MARCHINI & OCCHIPINTI-AMBROGI (2007). Alors que CHAOUTI & BAYED (2005), ayant travaillé dans la lagune de Smir (Maroc) ne signalent que 37 espèces. De même, MISTRI *et al.* (2000), dans la lagune de Valli di Comacchio (Italie) et MISTRI *et al.*, (2001) dans la lagune de Sacca Goro (Italie), signalent la présence de 37 espèces dans les deux biotopes étudiés. Des richesses spécifiques moins importantes ont été indiquées dans les lagunes de Merja Zerga au Maroc (20 espèces) (BAZAÏRI *et al.*, 2003) et Valli di Gorino en Italie (19 espèces) (MUNARI & MISTRI, 2008). Toutefois, l'évolution chronologique de la richesse spécifique de la macrofaune dans la lagune Mellah a connu d'importantes fluctuations depuis le début des années 1980 jusqu'à nos jours (Tab. 3). Les différences chronologiques de la composition qualitative peuvent être liées aux variations des conditions écologiques du milieu suite à l'état de colmatage progressif du chenal de communication avec la mer. En effet, comparativement aux travaux antérieurs (SEMROUD, 1983 ; DRAREDJA, 1992 et 2005), dans la présente étude on décèle la présence significative des espèces à affinité d'eaux saumâtres : *Capitella capitata*, *Corophium insidiosum*, *Loripes lucinalis* et l'apparition pour la première fois après l'aménagement du chenal, de certains organismes colonisant surtout les eaux douces, tels que l'Oligochète *Tubifex* sp. et les larves de Chironomidés. En parallèle, on observe la disparition des espèces à affinité marine telles que les Échinodermes des genres *Ophiura* et *Amphiura* (SEMROUD, 1983 ; DRAREDJA, 1992 et 2005).

Bulletin de la Société zoologique de France 137 (1-4)

Tableau 3

Variations chronologiques de la richesse spécifique
du macrozoobenthos de la lagune Mellah de 1980 à 2009.

*Temporal variations in species richness of macrozoobenthos
in Mellah lagoon between 1980 and 2009.*

	SEMROUD (1983)	DRAREDJA (1992)	DRAREDJA (2005)	Présente étude
Période de prélèvement	de janvier 1980 à décembre 1980	12 et 13 avril 1988	de janvier 1998 à décembre 1998	de juillet 2008 à juin 2009
Engin de prélèvement	Orange Peel	Van Veen	Van Veen	Van Veen
Nombre de stations	12	24	5	5
Richesse spécifique	37	56	43	50

À l'échelle des stations, le maximum d'espèces rencontré dans la station 1, est lié à sa proximité des influences marines. En effet, les eaux marines introduites lors de la phase des flots dispersent de nombreuses espèces en provenance du littoral adjacent et les plus euryhalines se maintiennent. La plus faible richesse en espèces est décelée à la station 2 au centre de la lagune, c'est la zone la plus profonde (5,2 m) où le taux de la fraction fine dépasse 90 % (DRAREDJA, 2007). En effet, selon GUELORGET *et al.* (1989) cette partie de la lagune est sous l'influence d'un confinement bathymétrique qui isole le fond et le rend presque anoxique. D'une manière générale, on relève dans la lagune Mellah, une certaine diminution de la richesse spécifique depuis les zones sous influence marine jusqu'aux zones les plus éloignées sous influence continentale. Ceci est un phénomène fréquent qui caractérise les milieux lagunaires.

L'analyse quantitative a montré des différences zonales dans la lagune Mellah. C'est ainsi que les densités les plus élevées sont décelées dans les stations situées dans les berges (< 1,50 m). Par ailleurs, on signale que les densités obtenues dans la présente étude sont sensiblement inférieures aux résultats des travaux antérieurs (SEMROUD, 1983 ; DRAREDJA, 1992). Les différences quantitatives peuvent être expliquées par l'évolution temporelle des conditions écologiques de la lagune. Les indices de diversité de Shannon (H') et celui d'équitabilité, varient sensiblement au sein de la communauté benthique du Mellah. Les valeurs maximales de ces indices sont observées au nord de la lagune près des enrichissements marins, d'où le rôle des apports marins dans l'optimisation de la richesse spécifique. Alors que la diversité et l'équitabilité minimales sont rencontrées au centre de la lagune la zone la plus confinée (GUELORGET *et al.*, 1989), où ne persiste que les espèces opportunistes.

À l'issue de cette étude, il faut noter qu'à l'opposé de la quasi-totalité des lagunes méditerranéennes en tant que bassins de concentration (BEN SOUISSI *et al.*, 2001 ; SOLIDORO *et al.*, 2004 ; IOUZZI *et al.*, 2007), la lagune Mellah est un bassin de dilution. Cette situation est le résultat d'un double processus ; un approvisionne-

Macrozoobenthos de la lagune Mellah

ment en eaux douces provenant de diverses sources (écoulement, nappe, précipitations directes), et aussi du fait d'un faible enrichissement en eaux marines, par suite du colmatage graduel du chenal limitant les entrées marines. C'est ainsi que OUNISSI *et al.* (2002) estiment une diminution annuelle de la salinité des eaux de la lagune d'environ 1 unité. Cette situation pourrait être une des conséquences de dégradation de la qualité hydrologique de la lagune, se répercutant sur la répartition du benthos. Sur le plan quantitatif la lagune Mellah, contrairement à la majorité des lagunes méditerranéennes offre des densités faibles, reflétant ainsi l'état de comblement du chenal. Le centre de la lagune apparaît comme une zone de grande fragilité au regard de la faible richesse spécifique obtenue, sans doute par suite d'un confinement bathymétrique isolant le fond de la lagune. Enfin, il faut rappeler que le conflit d'usage de ce site, appartenant à la réserve du Parc National d'El-Kala, amène à des exploitations anarchiques non coordonnées. Cette gestion a conduit à une prolongation de l'état de colmatage du chenal de communication, ayant pourtant des conséquences écologiques et économiques décisives.

Remerciements

Cette étude a été financée par le fond algérien pour la recherche scientifique, ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique de l'Algérie (CNEPRU projet F.01120080114).

RÉFÉRENCES

- BAZAÏRI, H., BAYED, A., GLEMAREC, M. & HILY, C. (2003).- Spatial organization of macrozoobenthic communities in a response to environmental factors in coastal lagoon of the NW African coast (Merja Zerga, Morocco). *Oceanol. Acta*, **26**, 457-471.
- BEN SOUSSI, J., REZIG, M. & ZAOUALI, J. (2001).- Variabilités des facteurs abiotiques dans les eaux d'une lagune méditerranéenne le lac Sud de Tunis (Tunisie). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **36**, 360.
- CHAOUTI, A. & BAYED, A. (2005).- Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des substrats meubles de la lagune de Smir. *Travaux de l'Institut Scientifique*, Rabat, série générale n°4, 33-42.
- DRAREDJA, B. (1992).- *Conditions hydrosédimentaires et structure de la macrofaune benthique en période printanière d'un écosystème lagunaire méditerranéen : lac Mellah (Algérie)*. Thèse de Magister en Océanographie biologique, ISMAL (Alger), 147 p.
- DRAREDJA, B. (2005).- Structure et organisation de la macrofaune benthique de la lagune Mellah (Méditerranée Sud-Occidentale, Algérie). *J. Rech. Océanographique*, **30** (1-2), 24-33.
- DRAREDJA, B. (2007).- *Structure et fonctionnement d'un milieu lagunaire méditerranéen : lagune Mellah (El-Kala, Algérie Nord-Est)*. Thèse de Doct. d'État, Univ. Annaba, 225 p.
- GUELORGET, O., FRISONI, G.F., XIMENES, M.C. & PERTHUISOT, J.P. (1989).- Expression biologique du confinement dans une lagune méditerranéenne : le lac Mellah (Algérie). *Rev. Hydrobiol. Trop.*, **22** (2), 87-99.
- IOUZZI, N., MAGOUA, M. & HAMOUMI, N. (2007).- Évolution de la qualité des eaux de la lagune de Nador (Littoral méditerranéen oriental, Maroc) durant la période 2003-2005. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **38**, 674.

Bulletin de la Société zoologique de France 137 (1-4)

- KAPETSKY, J.M. (1984).- Coastal lagoon fisheries around the world: some perspectives on fishery yields and other comparative fishery characteristics. In *Management of coastal lagoon fisheries*, Kapetsky, J.M. & Lasserre G. (Editors). FAO, Rome, Stud. Rev. GFCM/Etud. Rev. CGPM, **61** (1), 97-139.
- KARA, M.H. & CHAOUI, L. (1998).- Niveau de production et rendement d'une lagune méditerranéenne : le lac Mellah (Algérie). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **35**, 548-549.
- LENZI, M., PALMIERI, R. & PORELLO, S. (2003).- Restoration of the trophic Orbetello lagoon (Tyrrhenian Sea, Italy), water quality management. *Mar. Poll. Bull.*, **46**, 1540-1548.
- MARCHINI, A. & OCCHIPINTI-AMBROGI, A. (2007).- Taxonomic and functional structure of sessile macrobenthos in the lagoon of Venice. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **38**, 535.
- MISTRI, M., FANO, G., ROSSI, K., CASELLI, M. & ROSSI, R. (2000).- Variability in macrobenthos communities in the Valli di Comacchio, Northern Italy, a hypereutrophized lagoonal ecosystem. *Estuarine Coastal Shelf Sci.*, **51**, 599-611.
- MISTRI, M., ROSSI, R. & FANO, A. (2001).- Structure and secondary production of a soft bottom macrobenthic community in a brackish lagoon (Sacca di Goro, north-eastern Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **52**, 605-616.
- MUNARI, C. & MISTRI, M. (2008).- The performance of benthic indicators of ecological change in Adriatic coastal lagoons: Throwing the baby with the water? *Mar. Poll. Bull.*, **56**, 95-105.
- NICOLAIDOU, A., PETROU, K., KORMAS, K., & REIZOPOULOU, S. (2006).- Inter-annual variability of soft bottom macrofaunal communities in two Ionian Sea lagoons. *Hydrobiologia*, **555**, 89-98.
- OUNISSI M., HARIDI A. & RETIMA A. (2002).- Variabilité du zooplancton de la lagune Mellah (Algérie) selon l'advection tidale en hiver et au printemps 1996-1997. *J. Rech. Océanographique*, **27** (1), 1-13.
- SEMROUD, R. (1983).- *Contribution à l'étude écologique des milieux saumâtres méditerranéens : le lac Mellah (El-Kala, Algérie)*. Thèse 3^{ème} Cycle, USTHB (Alger), 137.
- SOLIDORO, C., PASTRES, R., COSSARINI, G. & CIAVATTA, S. (2004).- Seasonal and spatial variability of water quality parameters in the lagoon Venice. *J. Mar. Syst.*, **51**, 7-18.

(reçu le 27/01/12 ; accepté le 31/05/12)