



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

التعليم

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA

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

THÈSE DE DOCTORAT (LMD)  
Spécialité : Sciences de la Mer  
Option : Bioressources Marines



Intitulé :

**STRUCTURE ET DYNAMIQUE DE LA POPULATION DE  
*Donax trunculus* (MOLLUSQUE, BIVALVE),  
ESPÈCE EXPLOITÉE DANS LE GOLFE D'ANNABA**



Présentée par : Imed HAFSAOUI



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 BELDI H. (Professeur, Université Badji Mokhtar - Annaba)

M. REFES W. (MCA, ENSSMAL - Alger)

## 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, Laboratoire d'Ecobiologie des Milieux Marins et Littoraux, 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 de la thèse et mener à terme ce travail.

Monsieur **Mohamed Hichem KARA**, Professeur au Département des Sciences de la Mer et Directeur du Laboratoire Bioressources Marines (LBM), 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 **Hayet BELDI**, Professeur au Département des Sciences de la Mer et membre du Laboratoire de Biologie Animale appliquée (LBAA), Université Badji Mokhtar - Annaba, a répondu favorablement à l'évaluation de mon travail de thèse. Ayant déjà travaillé sur ce Bivalve Donacidae, ces critiques et remarques me seront d'un grand intérêt. Je lui témoigne donc tous mes respects.

Monsieur **Wahid REFES**, Maitres de conférences à l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Territoire – Alger et membre du Laboratoire des Ecosystèmes Marins et Littoraux (LEML), m'a fait un très grand plaisir en acceptant d'examiner mon travail de thèse. Ses remarques et critiques ; notamment dans le domaine de l'écologie marine seront les bienvenues. Je tiens donc, à lui exprimer mes sincères reconnaissances. Par ailleurs, son expérience dans le domaine de l'écologie benthique me sera très utile et va certainement enrichir le débat le jour de la soutenance.

Je tiens également à remercier :

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

Un remerciement particulier à mon ami **Issam MASMOUDI**, Doctorant au Laboratoire Bioressources Marines, Département des Sciences de la Mer, qui a contribué sans hésitation au perfectionnement du texte en anglais lors de la rédaction de mes publications. A cet égard, je lui rends un sincère hommage.

Je tenais à remercier Monsieur **Adnène Ibrahim BELABED** Maitres de conférences au Département de Biologie, Université Badji Mokhtar – Annaba, pour sa serviabilités et pour son aide.

Par ailleurs, je n'oublie pas tous les membres du laboratoire Bioressources marines et du département des sciences de la mer pour leur disponibilité et leur soutien ainsi que pour les nombreuses discussions que nous avons eues, et qui m'ont permis de surmonter bon nombre de choses au cours de mes travaux de thèse, particulièrement: Hamdi, Ibrahim, Sofiane, Rabie, Raouf, Digou, Kader, Ali, Fatma, Rym, Imène, Radia, Soumia, Nihed, Sara, Souad, Naima, Nadjette, et Chafia.

Mille mercis ne suffisent pas pour exprimer ma grande gratitude à mes chers parents, mes sœurs, et mes frères qui n'ont jamais cessé de me soutenir. Que ce travail soit le témoignage de ma profonde reconnaissance et de mon affection.

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
<b>Première chapitre : Généralités</b>		
Figure 1	Position géographique du golfe d'Annaba.	6
Figure 2	Texture sédimentaire du golfe d'Annaba (Vaissière et Fredj, 1963).	7
Figure 3	Courantologie du golfe d'Annaba (Anonyme, 1976).	8
Figure 4	Morphologie externe ( <b>A</b> ) et interne ( <b>B</b> ) de <i>Donax trunculus</i> .	10
Figure 5	Anatomie de <i>Donax trunculus</i> .	11
Figure 6	La répartition géographique du <i>Donax trunculus</i> (FAO, 1987).	11
Figure 7	Aspect externe des gonades chez <i>Donax trunculus</i> ( <b>A</b> : mâle, <b>B</b> : femelle).	13
Figure 8	Cycle biologique d'un mollusque bivalve (www.asnailsodyssey.com).	14

N° figure	Deuxième chapitre : Méthodologie de travail	Page
Figure 9	Localisation des sites d'échantillonnage (Sidi Salem et Echatt) dans le golfe d'Annaba.	16
Figure 10	Emplacement des stations de prélèvement des sédiments pour les analyses granulométriques et la cartographie sédimentaire de la plage de Sidi Salem.	19
Figure 11	Emplacement des stations de prélèvement des sédiments pour les analyses granulométriques et la cartographie sédimentaire de la plage de la plage d'Echatt	19
Figure 12	Tamisage du sédiment en utilisant le vibreur automatique.	20
Figure 13	Schéma descriptif du cope ( <b>a</b> ) et méthode de pêche de <i>Donax trunculus</i> ( <b>b</b> ).	23
Figure 14	Prélèvement de la gonade sur des individus matures fraîchement collectés.	25
Figure 15	L'appareillage automatisé de traitement histologique des gonades femelles.	26
Figure 16	Paramètres linéaires considérés pour l'étude biométrique de <i>Donax trunculus</i> .	28
Figure 17	La collecte des haricots de mer en utilisant le râteau à main (le cope).	30
Figure 18	Emplacement des stations de prélèvement de <i>D. trunculus</i> pour l'estimation du stock naturel dans la plage de Sidi Salem.	32
Figure 19	Emplacement des stations de prélèvement de <i>D. trunculus</i> pour l'estimation du stock naturel dans la plage d'Echatt.	32

N° figure	Troisième chapitre : Résultats	Page
Figure 20	Variations spatio-temporelles de la température (°C) dans les stations prospectées, durant l'année 2012.	33
Figure 21	Variations spatio-temporelles de la salinité (psu) dans les stations prospectées, durant l'année 2012.	34
Figure 22	Variations spatio-temporelles du pH dans les stations prospectées, durant l'année 2012.	34
Figure 23	Variations spatio-temporelles de l'oxygène dissous dans les stations prospectées, durant l'année 2012.	35
Figure 24	Évolution mensuelle de la teneur en matière en suspension (M.E.S) dans les eaux des stations prospectées, durant l'année 2012.	35
Figure 25	Évolution mensuelle de la teneur en matière organique particulaire (M.O.P) des eaux des stations prospectées, durant l'année 2012.	36
Figure 26	Variations spatio-temporelles de la teneur en matière inorganique particulaire (M.I.P) des eaux des stations d'étude durant l'année 2012.	36
Figure 27	Évolution mensuelle de la teneur en chlorophylle a ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ ) dans les stations prospectées, durant l'année 2012.	37
Figure 28	Courbes des fréquences cumulées des stations prospectées ( <b>A</b> : Echatt, <b>B</b> : Sidi Salem).	38
Figure 29	Histogrammes de fréquences des grains dans les stations prospectées ( <b>A</b> : Echatt, <b>B</b> : Sidi Salem).	39
Figure 30	Cartographie sédimentaire des rives (< 1,50 m) de la plage de Sidi Salem.	40

Liste des figures (suite) :

N° figure	Titre	Page
Figure 31	Cartographie sédimentaire des rives (< 1,50 m) de la plage d'Echatt.	41
Figure 32	Dominance (%) de <i>Donax trunculus</i> dans les deux plages : Sidi Salem ( <b>A</b> ) et Echatt ( <b>B</b> ) (Juin 2012).	42
Figure 33	Variations spatio-temporelles de la densité ( $m \pm s$ ) de <i>Donax trunculus</i> dans le golfe d'Annaba durant l'année 2012.	43
Figure 34	Variations mensuelles de la biomasse ( $g.m^{-2}$ , en PS et PSLC) et de la densité ( $ind.m^{-2}$ ) dans le site d'Echatt.	44
Figure 35	Variations mensuelles de la biomasse ( $g.m^{-2}$ , en PS et PSLC) et de la densité ( $ind.m^{-2}$ ) dans le site de Sidi Salem.	45
Figure 36	Fréquence relative des sexes dans les deux stations prospectées pendant l'année 2012.	46
Figure 37	Variations mensuelles de l'indice de condition (I.C) chez <i>Donax trunculus</i> pêchée à Echatt et Sidi Salem, durant l'année 2012.	47
Figure 38	Distribution mensuelle des fréquences de tailles chez <i>Donax trunculus</i> pêchée à Echatt et à Sidi Salem, durant l'année 2012.	48
Figure 39	Stade 0 : "Repos sexuel", apparition d'acinis de taille réduite à l'intérieur desquels on distingue des ovogonies. <b>A</b> : Ovaire en octobre (Gx100), <b>B</b> : Ovaire en novembre (Gx100).	49
Figure 40	Stade I : "Reprise de l'activité sexuelle". <b>A</b> : ovaire en décembre (Gx200) ; <b>B</b> : ovaire en janvier (Gx200) ; <b>C &amp; D</b> : Biométrie.	50
Figure 41	Stade II : Maturation des gonades. <b>A</b> : ovaire en février (Gx100) ; <b>B</b> : ovaire en mars (Gx100) ; <b>C &amp; D</b> : Biométrie (Gx400).	51
Figure 42	Stade III : Maturation des ovocytes et émission gamétique. <b>A</b> : ovaire en mars (Gx100) ; <b>B</b> : ovaire en avril (Gx400) ; <b>C &amp; D</b> : Biométrie (Gx400).	52
Figure 43	Droites de régression de la largeur en fonction de la longueur chez la population de <i>D. trunculus</i> ( <b>A</b> : Echatt et <b>B</b> : Sidi Salem).	53
Figure 44	Droites de régression de l'épaisseur en fonction de la longueur chez la population de <i>D. trunculus</i> ( <b>A</b> : Echatt et <b>B</b> : Sidi Salem).	53
Figure 45	Les différents groupes d'âges chez <i>D. trunculus</i> dans les deux sites d'étude : Sidi Salem ( <b>A</b> ) et Echatt ( <b>B</b> ), selon la méthode de Battacharya (1967).	54
Figure 46	Croissance linéaire observée et théorique chez la population de <i>D. trunculus</i> dans les sites de Sidi Salem ( <b>A</b> ) et d'Echatt ( <b>B</b> ).	56
Figure 47	Courbe exponentiel du poids frais total (g) en fonction de la longueur (mm) chez <i>D. trunculus</i> dans les deux sites prospectés (Sidi Salem : <b>A</b> et Echatt : <b>B</b> ).	57

## LISTE DES TABLEAUX

N° tableau	Titre	Page
<b>Premier Chapitre : Généralités</b>		
Tableau I	Description des espèces appartenant au genre <i>Donax</i> en Mer Méditerranée et en Océan Atlantique.	15
<b>Troisième Chapitre : Résultats</b>		
Tableau II	Inventaire de la faune accompagnatrice de l'haricot de mer dans le golfe d'Annaba (A : Sidi Salem, B : Echatt), durant l'année 2012.	42
Tableau III	Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois de la densité. 1 : Echatt, 2 : Sidi Salem.	43
Tableau IV	Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la densité de <i>D. trunculus</i> dans les deux sites durant la période d'étude.	44
Tableau V	Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois de la biomasse. 1 : Echatt ; 2 : Sidi Salem.	45
Tableau VI	Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la biomasse de <i>D. trunculus</i> dans les deux sites durant la période d'étude.	45
Tableau VII	Les équations des différents caractères métriques (H: largeur et E : épaisseur) en fonction de la longueur (Lt) chez <i>D. trunculus</i> , collectée à Sidi Salem et à Echatt, durant l'année 2012.	54
Tableau VIII	Détermination des groupes d'âge chez <i>D. trunculus</i> dans les deux sites prospectés (Sidi Salem et Echatt) selon la méthode de <a href="#">Battacharya (1967)</a> .	55
Tableau IX	Les différents paramètres du modèle de Bertalanffy chez <i>D. trunculus</i> dans les sites prospectés.	55
Tableau X	La relation taille poids chez la population de <i>D. trunculus</i> colonisant les sites de Sidi Salem et d'Echatt.	57
Tableau XI	Résultats de l'enquête réalisée auprès des pêcheurs de l'haricot de mer <i>Donax trunculus</i> collecté dans la partie Sud du golfe d'Annaba (Avril 2014).	58
<b>Quatrième Chapitre : Discussion</b>		
Tableau XII	Les différents paramètres du mode Von Bertalanffy chez <i>Donax trunculus</i> en Méditerranée et en Atlantique.	71
Tableau XIII	Les différents paramètres du mode Von Bertalanffy chez <i>Donax</i> à travers le monde.	72
Tableau XIV	Cycle de reproduction chez <i>Donax trunculus</i> en Méditerranée et en Atlantique.	75
Tableau XV	Cycle de reproduction chez d'autres <i>Donax</i> en Méditerranée et en Atlantique.	76

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b>	1
---------------------	---

## CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

<b>1. Présentation du golfe d'Annaba</b>	6
1.1. Position géographique et description	6
1.2. Configuration du fond et sédimentologie	7
1.3. Hydrodynamisme	8
1.3.1. Courants	8
1.3.2. Houles	8
1.3.3. Marées	9
1.4. Principaux caractères physico-chimiques	9
1.4.1. Salinité	9
1.4.2. Température	9
1.4.3. Transparence des eaux	9
<b>2. Présentation de l'espèce étudiée</b>	9
2.1. Position systématique	9
2.2. Noms vernaculaires	10
2.3. Morphologie et anatomie	10
2.4. Grands caractères écobioécologiques	11
2.4.1. Répartition géographique	11
2.4.2. Biotope	12
2.4.3. Distribution spatiale	12
2.4.4. Nutrition	12
2.4.5. Reproduction et développement	13
<b>3. Description des espèces du genre <i>Donax</i> colonisant la Mer Méditerranée et l'Océan Atlantique</b>	15

## CHAPITRE II : MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

<b>1. Choix et localisation des sites d'échantillonnage</b>	16
<b>2. Mesures des paramètres physico-chimiques</b>	16
2.1. Température, salinité, pH et oxygène dissous	16
2.2. Matière en suspension (M.E.S)	17
2.3. Matière organique particulaire (M.O.P) et matière inorganique particulaire (M.I.P)	17
2.4. Dosages de la chlorophylle <i>a</i>	18

<b>3. Prélèvement et analyses sédimentologiques</b>	18
3.1. Prélèvement	18
3.2. Analyses sédimentaires	19
3.2.1. Évaluation des pélites	19
3.2.2. Analyse granulométrique	20
3.2.3. Évaluation de la teneur en matière organique sédimentaire (M.O.S)	20
3.3. Expression des résultats	21
3.3.1. Histogrammes de fréquence	21
3.3.2. Courbes cumulatives	21
3.3.3. Indices granulométriques	21
<b>4. Faune accompagnatrice des haricots de mer</b>	22
4.1. Prélèvement et conservation	22
4.2. Tri et identification	22
<b>5. Étude de l'haricot de mer <i>Donax trunculus</i></b>	23
5.1. Technique d'échantillonnage	23
5.2. Étude quantitative	24
5.2.1. Densité	24
5.2.2. Biomasse	24
5.2.3. Indice de condition	24
5.2.4. Fréquences de tailles	24
5.2.5. Sex-ratio	25
5.3. Gamétogenèse	25
5.3.1. Prélèvement et conservation des gonades	25
5.3.2. Techniques histologique	26
5.3.3. Échelle adopté pour l'étude de l'ovogenèse	27
5.4. Croissance	27
5.4.1. Mensurations et pesées	27
5.4.2. Étude de l'âge	28
5.4.3. Croissance absolue	28
5.4.4. Croissance relative	28
5.5. Pêche et estimation du stock naturel existant	29
5.5.1. Exploitation	29
5.5.2. Estimation du stock naturel	31
<b>6. Analyses statistiques</b>	32

## CHAPITRE III : RÉSULTATS

<b>1. Introduction</b>	33
<b>2. Hydrologie</b>	33
2.1. Température, salinité	33
2.2. pH et oxygène dissous	34
2.3. Teneurs en matière en suspension organique et inorganique	35
2.3.1. Teneurs en matière en suspension	35

2.3.2. Matière organique particulaire (M.O.P) et matière inorganique particulaire (M.I.P)	35
2.3.3. Teneurs en chlorophylle <i>a</i>	37
<b>3. Caractéristiques sédimentaires</b>	37
3.1. Nature du substrat des stations étudiées	37
3.2. Facteur hydrodynamique (FH)	38
3.3. Teneurs en matière organique sédimentaire (M.O.S)	39
3.4. Cartographie sédimentaire des plages de Sidi Salem et d'Echatt	40
<b>4. Étude de la faune accompagnatrice des haricots de mer</b>	41
4.1. Composition qualitative	41
4.2. Dominance de <i>Donax trunculus</i>	42
<b>5. Structure et dynamique de population</b>	43
5.1. Évolution de la densité	43
5.2. Variations de la biomasse	44
5.3. Évolution du sex-ratio	45
5.4. Fluctuations de l'indice de condition (I.C)	46
5.5. Répartition des classes de tailles et détermination du recrutement	47
5.6. Étude de l'ovogénèse	49
5.7. Étude de biométrie et de la croissance	53
5.7.1. La biométrie	53
5.7.2. La croissance	54
<b>6. Statistiques de pêche et estimation du stock naturel de l'haricot de mer</b>	57
6.1. Exploitation et production	57
6.2. Commercialisation	59
6.3. État actuel du stock naturel	59

## CHAPITRE IV : DISCUSSION

<b>1. Conditions physico-chimiques</b>	60
<b>2. Caractéristiques sédimentologiques</b>	64
<b>3. Faune associée à <i>Donax trunculus</i></b>	65
<b>4. Structure et dynamique de la population <i>Donax trunculus</i></b>	66
<b>5. Exploitation et état du stock naturel</b>	76
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b>	77

## **RÉSUMÉS**

Français	79
Anglais	80
Arabe	81

<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>82</b>
------------------------------------	-----------

<b>ANNEXES</b>	<b>104</b>
----------------	------------

## INTRODUCTION

La dynamique des populations est définie comme étant l'étude quantitative des variations d'abondance des populations dans le temps et/ou l'espace et des facteurs qui en sont responsables. En d'autres termes, la dynamique des populations vise à quantifier et à déterminer la croissance, la diminution ou la stabilité de la population, ainsi que les modifications de sa structure (Jacquet, 2000). En tant que discipline scientifique, la dynamique des populations s'est construite par fusion de diverses approches, empiriques comme théoriques. Elle s'appuie sur la notion centrale de système population- environnement. On considère alors les individus d'une population et les interactions les plus directes avec leur environnement comme un système biologique raisonnablement isolé, en première approximation, d'un réseau d'interactions plus complexes au niveau de la communauté ou de l'écosystème. Le système population-environnement reste cependant encore un objet biologique complexe. Pour tenter d'en comprendre les mécanismes, la dynamique des populations « moderne » recourt de façon permanente à la modélisation. L'étude de la dynamique des populations intègre donc plusieurs paramètres tels que la croissance, le taux de natalité, de fécondité, etc. Ces mêmes facteurs sont soumis aux interactions plus complexes avec l'environnement (facteurs biotiques et abiotiques). En milieu marin, on distingue en général la dynamique des populations exploitées et la dynamique des populations non exploitées. Les recherches dans le premier axe (populations exploitées) visent principalement à définir des termes liés à la gestion des stocks et l'aménagement des stratégies de pêche en relation directe avec l'aspect législatif encadrant les activités d'exploitations (Laurec et Le Guen, 1981).

L'espace marin, dont la superficie représente 71% du globe terrestre, constitue une immense réserve de ressources énergétiques, minérales et biologiques. Les milieux littoraux ouverts du monde, sont dominés presque de 70% de plages sablonneuses (Bascom, 1964 ; McLachlan et Brown, 2006), où environ 39% de la population humaine globale vivent à moins de 100 kilomètres de la côte (CIESIN, 2000). Les plages sablonneuses exposées sont l'un des environnements les plus dynamiques, où le sédiment est constamment déplacé par des vagues, des vents, et des marées (McLachlan et Brown, 2006). Plusieurs travaux ont démontré l'influence des paramètres écologiques (Defeo *et al.*, 1992 ; Defeo et de Alava, 1995 ; Defeo, 1996), et humaine (Defeo, 1998 ; Brazeiro et Defeo 1999), sur la dynamique des populations et des communautés. Cependant, les paramètres physiques principalement hydrodynamiques et édaphiques, sont suggérés comme facteurs principaux commandant les réponses des populations et des communautés de la macrofaune benthiques (McLachlan *et al.* 1995 ; McLachlan *et al.* 1996a). Les plages sablonneuses sont les environnements extrêmement dynamiques où la masse du sable et d'eau, sont toujours en mouvement (Komar, 1998 ; Short, 1999), ce type d'environnement est important comme habitat pour les espèces filtreuses. Les plages sablonneuses intertidales sont normalement exemptes de la macroflore, de sorte que la

microflore et les détritiques atteignent une signification importante comme ressource de nourriture pour les spécimens vivant dans ce type d'environnement. La microflore des plages sablonneuses se compose habituellement de micro-algues benthiques et de phytoplancton, qui sont régulièrement dominées par des diatomées (Herrmann, 2008) ; sources de nourriture de plusieurs mollusques bivalves filtreurs.

Les mollusques bivalves sont généralement les principaux consommateurs primaires dans les communautés des plages sablonneuses à cause de leur capacité de filtration, ils peuvent contribuer jusqu'à 95% de la biomasse totale (McLachlan *et al.*, 1981 ; Arntz et Fahrbach, 1991 ; Ieno et Bastida, 1998). Les bivalves sont sans doute le moyen le plus efficace de convertir la matière organique produite par l'organisme marin autotrophe situé au premier niveau de la chaîne alimentaire (phytoplancton) en une nourriture humaine agréable et riche. Ils représentent des modèles particulièrement intéressants en terme écologique (ils ont un rôle majeur dans le fonctionnement des écosystèmes) et économique (certaines espèces étant commercialisées). Les bivalves sont en deuxième position en tant que source de protéines animales marines (Laubier, 1987). Des statistiques mondiales sur les produits de la pêche montrent que le groupe zoologique des mollusques et celui des crustacés constituent la principale ressource d'invertébrés marins (Laubier, 1987).

Les formes adultes des bivalves étant généralement sessiles ou sédentaires, c'est pour cela ils possèdent un bon reflet de l'état qualitatif du milieu environnant. À cause de leur capacité de filtration et d'accumulation importante des particules et des polluants organiques et inorganiques, notamment les métaux (Livingstone, 1993 ; Gunter *et al.*, 1999 ; Miller *et al.*, 2000), leur large distribution géographique, leur facilite d'échantillonnage et de maintien au laboratoire, les mollusques bivalves ont été retenus comme des excellentes espèces sentinelles du milieu (Cajaraville *et al.*, 2000 ; Rank *et al.*, 2005 ; Zorita *et al.*, 2006 ; Viarengo *et al.*, 2007 ; Berthet, 2008). En effet, l'ensemble de ces caractéristiques en font de bons indicateurs biologiques qualitatifs et quantitatifs de l'état de santé et de la contamination du milieu marin (Cossa, 1985 ; Livingstone *et al.*, 1997 ; Regoli, 1998 ; Mora *et al.*, 1999 ; Narbonne *et al.*, 2005 ; Rittschof et McClellan-Green, 2005 ; Huang *et al.*, 2006 ; Ricciardi *et al.*, 2006 ; Espinosa *et al.*, 2007).

La famille des Donacidae au sein des bivalves colonisant les plages sablonneuses intertidales exposées, est constituée par trois genres : *Donax*, *Egeria* et *Iphigenia*. Leurs individus, sont les habitants typiques des environnements à fort hydrodynamisme (vagues, houle et courants) et peu profonds ne dépassant pas 5 m (Ansell, 1983). Des travaux ont affirmé que plusieurs espèces du genre *Donax* sont confinées aux régions zoogéographiques distinctes (Ansell, 1983). En effet, environ 77% des espèces de ce genre colonisent les eaux tropicales, 22% dans la zone subtropicale, et 5% prolongent leur distribution aux régions tempérées froides (Bally, 1986). Les espèces appartenant à ce genre sont des consommateurs primaires principaux dans les communautés de plages sablonneuses soutenues par des niveaux élevés de production de microphytobentique (Wade, 1967 ; McLachlan et Lewin, 1981). Alternativement, elles sont sujettes à la prédation par une large variété d'invertébrés, poissons, oiseaux et mammifère (Peterson *et al.*, 2000 ; Luzzatto et Penchaszadeh, 2001 ; Salas *et al.*,

2001), et sont des ressources récréatives et commerciales importantes dans beaucoup de secteurs (McLachlan *et al.*, 1996b). Plusieurs d'autres espèces de *Donax* telles que *D. denticulatus* et *D. striatus* dans les Caraïbes, *D. trunculus* en Europe, *D. serra* en Afrique, *D. cuneatus* et *D. faba* en Asie, et *D. deltoïdes* en Australie, font l'objet d'exploitation par la pêche commerciale et artisanale (McLachlan *et al.*, 1996b).

La côte algérienne s'étend sur environ 1622 km. La zone littorale représente 1,9% de la superficie globale du pays, qui compte à elle seule près de 40% de la population totale (Grimes *et al.*, 2004). Elle est considérée écologiquement comme un système aquatique d'une très grande variété d'espèces animales (Grimes, 2010). La quasi-totalité des activités socio-économiques sont concentrées le long de la côte. Elle est liée à des grandes agglomérations urbaines (Alger, Oran, Annaba) et aux grands pôles industriels (Oran, Arzew, Alger, Skikda, Annaba). La pollution de ces côtes par des diverses substances chimiques peut avoir des conséquences graves sur la qualité des eaux marines et sur l'équilibre écologique (Ounissi *et al.*, 1998 ; Gouiez *et al.*, 2006 ; Ounissi, 2007).

Le golfe d'Annaba l'un des plus importantes zones côtières en Algérie se situe à l'Est des côtes du pays. Mis à part sa richesse en ressources halieutiques (Derbal et Kara, 2001) et macrofaunes benthiques (Grimes, 2010), il offre de grandes possibilités pour des investissements du tourisme et des activités de pêche professionnelle et présente un intérêt économique important. Mais aujourd'hui, ce golfe n'échappe pas à la situation des côtes algériennes, car il reçoit en effet les apports continentaux provenant des oueds Seybouse et Boudjemâa et les rejets urbains et industriels sans traitement préalable d'une ville fortement industrialisée et urbanisée (Frehi, 2007), ces rejets exerçant une grande pression anthropique sur le milieu marin (Laabed *et al.*, 2006).

L'espèce cible dans la présente étude est le Donacidae *Donax trunculus*, c'est un mollusque bivalve atlantico-méditerranéen colonisant les plages à sable fin (Ansell et Lagardère, 1980). C'est une espèce fouisseuse strictement intertidale qui domine dans les petits fonds (< 7 m), en appréciant la zone de déferlement des vagues où l'hydrodynamisme est fort (Degiovanni et Mouëza, 1972). La forte agitation des eaux favorisant la remise en suspension des particules. Ce bivalve est un filtreur de matière organique en suspension (Wade, 1964), notamment le phytoplancton (Mouëza & Chessel, 1976). En Méditerranée, dans l'infralittoral supérieur, *D. trunculus* occupe une zone relativement étroite dans le sublittoral peu profond à des immersions qui varient entre quelques centimètres et 2 m (Salas-Casanova, 1987). Par ailleurs, en Atlantique ce Donacidae est présent dans l'intervalle de 0 à 6 m, avec une profondeur préférentielle de 0 à 3 m, où il peut atteindre les plus fortes densités (Gaspar *et al.*, 2002a). Cette espèce présente une tolérance aux variations des facteurs physico-chimiques du milieu dans la mesure où ces variations ne sont pas trop brutales (Marobin *et al.*, 2007).

C'est une espèce d'un intérêt économique non négligeable. La production mondiale de *Donax trunculus* a été estimée à 975 tonnes en 2008 (FAO, 2010), dont 596 tonnes ont été capturées en Atlantique Nord, 347 tonnes en Méditerranée et en Mer Noire et seulement 32

tonnes en Atlantique Sud. Le Portugal demeure le premier pays producteur de ces bivalves avec 588 tonnes (FAO, 2010).

*Donax trunculus* a fait l'objet de nombreux travaux concernant sa biologie et son écologie dans des biotopes divers, tels que la Méditerranée (Mouëza et Renault, 1970 ; Badino et Marchionni, 1972 ; Mouëza, 1972 ; Mouëza et Frenkiel-Renault, 1973 ; Mouëza et Chessel, 1976 ; Bodoy et Massé, 1978 ; Ansell et Bodoy, 1979 ; Ansell *et al.*, 1980 ; Costa *et al.*, 1987 ; Neuberger Cywiak *et al.*, 1990 ; Ramón *et al.*, 1995 ; Deval, 2009 ; Çolako lu et Tokaç, 2011 ; Tlili *et al.*, 2011 ; Çolako lu, 2014) et l'Atlantique (Ansell et Lagardère, 1980 ; Guillou et Le Moal, 1980 ; Bayed et Guillou, 1985 ; Bayed, 1990 ; Bayed, 1991a et b ; Guillou et Bayed, 1991 ; Bayed, 1998 ; Gaspar *et al.*, 1999). Comme la majorité des bivalves filtreurs, *D. trunculus* joue un rôle important dans la bioaccumulation des polluants car elle a l'avantage d'être en contact direct avec l'eau, le sédiment et la nourriture contaminés (Gunther *et al.*, 1999 ; Miller *et al.*, 2000), d'où l'importance de l'utilisation de cette espèce pour évaluer l'état de santé des eaux marines (Romeo et Gnassia-Barelli, 1988 ; Fishelson *et al.*, 1999 ; Moukrim *et al.*, 2004 ; Usero *et al.*, 2005 ; Bordajandi *et al.*, 2006 ; Boussoufa *et al.*, 2007 ; Neuberger-Cywiak *et al.*, 2007 ; Maha *et al.*, 2008 ; Ozden *et al.*, 2009 ; Tlili *et al.*, 2010 ; Ywatez *et al.*, 2010 ; Colakoglu *et al.*, 2012 ; Tlili *et al.*, 2013).

*Donax trunculus* est très abondante dans le golfe d'Annaba (Beldi, 2007), où elle fait l'objet d'une exploitation artisanale non contrôlée. Malgré l'intérêt socio-économique de ce bivalve, à l'exception de quelques études relatives à la biosurveillance des eaux du golfe d'Annaba en utilisant cette espèce comme bioindicateur de l'état de santé du milieu (Beldi *et al.*, 2006 ; Sifi *et al.*, 2007 ; Sifi, 2009 ; Drif et Abdennour, 2010 ; Amira *et al.*, 2011 ; Hamdani et Soltani-Mazouni, 2011 ; Soltani *et al.*, 2012 ; Belabed et Soltani, 2013 ; Sifi *et al.*, 2013), aucune étude traitant sa répartition et sa dynamique n'a été réalisée.

La présente investigation s'intéresse à l'étude de la structure et la dynamique de la population de *Donax trunculus* dans le golfe d'Annaba (plages d'Echatt et Sidi Salem). C'est une espèce côtière qui descend jusqu'à 5 à 7 m de profondeur au maximum. Toutefois et d'après plusieurs auteurs, elle est présente préférentiellement sur les fonds sablonneux qui se situent entre 0 et 2 m de profondeur (Massé, 1971 ; Amouroux, 1974 ; Salas-Casanova, 1987 ; Costa *et al.*, 1987 ; Neuberger-Cywiak *et al.*, 1990 ; Mariani *et al.*, 1998 ; Manca Zeichen *et al.*, 2002). C'est un bivalve suspensivore strictement intertidale et domine nettement les rives Sud du golfe d'Annaba, en formant un faciès longeant les petits fonds de ce secteur du golfe (Beldi, 2007).

Parmi les activités de pêche artisanale pratiquées dans le golfe d'Annaba, la pêche des bivalves (haricot de mer et moule), elle forme une activité non contrôlée dans la région. Des observations personnelles montrent des prises non négligeables (quelques dizaines de tonnes) de ce bivalves, sont réalisées chaque année et plusieurs dizaines de personnes sont engagées, directement ou indirectement, dans l'exploitation de ce mollusque. Malgré cette importante activité de pêche, jusqu'à ce jour la tutelle (Direction de pêche) ne possède des données

fiables ni sur les statistiques de pêche ni sur les retombées socio-économiques concernant cette activité.

Cependant, l'importance écologique et socio-économique de cette espèce, et le manque d'informations sur celle-ci, nous ont motivé à entreprendre la présente investigation. L'étude de la structure et de la dynamique de cette espèce, présente un intérêt scientifique indéniable. En effet, des informations sur la répartition, l'abondance, la croissance, le cycle de reproduction chez ce bivalve, ainsi que des connaissances relatives à certains paramètres du milieu (physico-chimie, sédimentologie, etc.), peuvent constituer des données de base nécessaires soit pour son exploitation ou son utilisation dans la biosurveillance du littoral.

Les objectifs de cette investigation sont les suivants :

- Connaitre les principaux facteurs écologiques (physico-chimiques et édaphiques) conditionnant la répartition de l'espèce étudiée.
- Étude quantitative (abondance, biomasse, etc.) du stock de *Donax* dans son biotope naturel.
- Étude de la croissance (relative et absolue) et détermination de l'arrivée des jeunes recrues dans le temps.
- Étude du cycle de reproduction de ce bivalve (l'ovogénèse, le sexe ratio, la période d'activité sexuel, etc.).
- Estimation du stock existant pour une exploitation rationnelle, durable et la sauvegarde du gisement naturel.

Il en résulte la proposition des mesures de gestion durable de la pêche de ce bivalve, car la ressource est fragile et il est nécessaire de la préserver.

Le document présenté est structuré selon quatre principaux chapitres. Le premier chapitre est relatif à des généralités où on décrit sommairement le milieu et l'espèce étudiée. Le second chapitre s'intéresse à la méthodologie de travail adoptée. Le troisième chapitre est consacré aux différents résultats obtenus. Le quatrième et dernier chapitre est réservé à la discussion et l'interprétation des résultats. Enfin, on termine la thèse par une conclusion et des perspectives.

La présente thèse a été soutenue par deux projets nationaux ; le premier intersectoriel (PNR-ANDRS) et le second sectoriel (CNEPRU) :

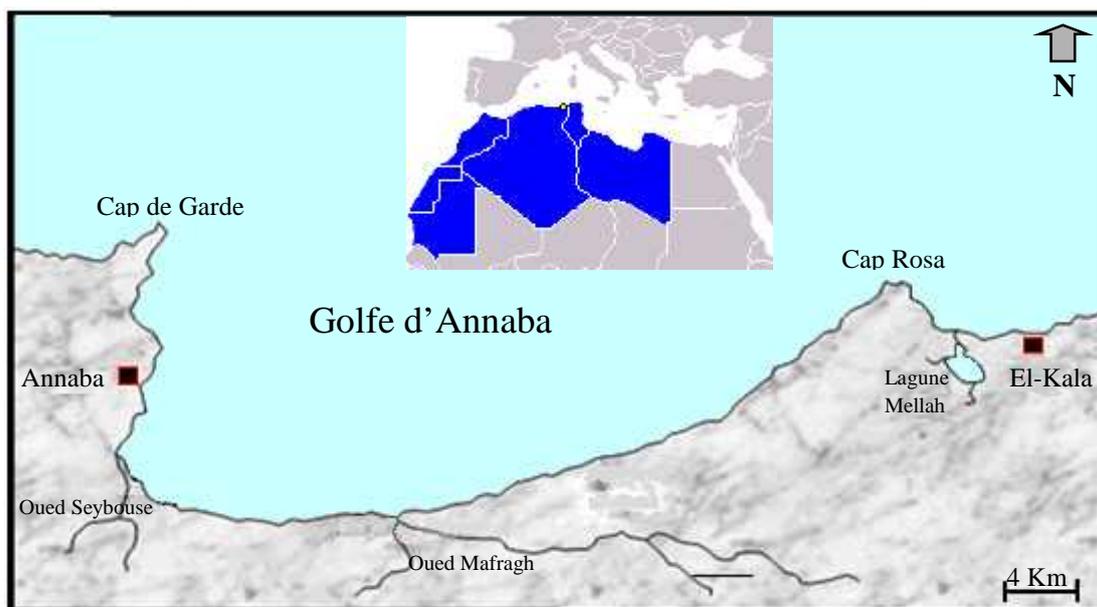
N°	Intitulé	Nature	Code	Responsable	Période
1	Biosurveillance du littoral Est algérien	PNR-ANDRS	8/u23/686	Beldi Hayet	11-13
2	Pollution et biodiversité floro-faunistique du littoral Est algérien	CNEPRU	F.01120120112	Draredja Brahim	13-16

## Chapitre I : Généralités

### 1. Présentation du golfe d'Annaba

#### 1.1. Position géographique et description

Le golfe d'Annaba se situe à l'extrême Est de l'Algérie entre deux caps ; Cap de Garde à l'Ouest ( $7^{\circ}16'E - 36^{\circ}68'N$ ) et Cap Rosa à l'Est ( $8^{\circ}15'E - 36^{\circ}38'N$ ), distants d'environ 40 km l'un de l'autre. La profondeur maximale ne dépasse pas 65 m (Anonyme, 1976). Le golfe reçoit les eaux douces par le biais de deux oueds : Mafragh à l'Est et Seybouse au Sud-Est (Fig. 1), dont le débit est très irrégulier suivant les saisons. Le débit de la Seybouse est de l'ordre de  $15 \text{ millions m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  et décharge annuellement dans la baie environ un demi-milliard de mètres cubes d'eau (Anonyme, 1976). Ces oueds apportent des matières minérales et organiques de différentes origines : terrigène, agricole, domestique et industrielle (Khélifi-Touhami *et al.*, 2006 ; Ounissi, 2007). D'après Djabri (1995), les eaux de l'oued Seybouse sont excessivement riches en nutriments (nitrites, ammonium et azote) ; engendrant une eutrophisation du milieu (Djabali *et al.*, 1993), qui s'étend jusqu'au littoral adjacent où de fortes concentrations en sels nutritifs et en chlorophylle *a* sont observés (Ounissi *et al.*, 1998 ; Fréhi, 2007). Le golfe d'Annaba reçoit de la Seybouse des quantités excessives d'azote minéral ( $4,3 \text{ tonnes} \cdot \text{j}^{-1}$ ), de phosphates ( $0,7 \text{ tonnes} \cdot \text{j}^{-1}$ ) et de carbone organique dissous ( $2,3 \text{ tonnes} \cdot \text{j}^{-1}$ ) (Ounissi *et al.*, 2002). Il reçoit également les eaux de l'oued Mafragh. Ces eaux sont généralement troubles tout le long de la côte jusqu'à la plage Draouch et parfois au-delà. Elles sont fortement eutrophes et mal renouvelées (Ounissi *et al.*, 2002 ; Khelifi-Touhami *et al.*, 2006).

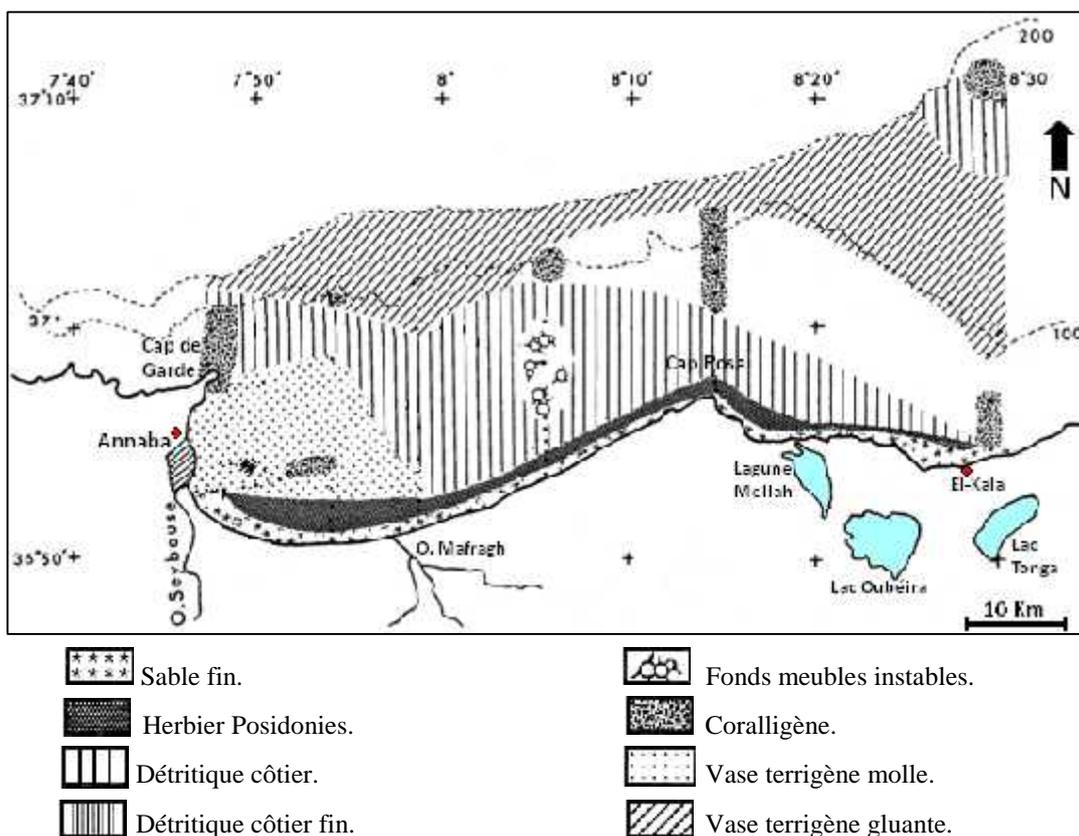


**Figure 1.** Position géographique du golfe d'Annaba.

## 1.2. Configuration du fond et sédimentologie

Le plateau continental dans la région d'Annaba est très étroit et accidenté, surtout au voisinage des deux caps ([Gruvel, 1926](#)). Il est nettement restreint (4,5 milles) au Nord du Cap de Garde, puis s'élargit dans le golfe jusqu'à 14,50 milles et se rétrécit légèrement à l'Est ([Vaissière et Fredj, 1963](#)). La profondeur maximale du golfe est de -64 m. Les isobathes -5, -10, -20, -30 m sont assez éloignées les uns des autres au Sud de la baie et plus rapprochées vers le Nord au niveau du Cap de Garde ([Gruvel, 1926](#)).

Le fond du golfe, comme il a été décrit par [Vaissière et Fredj \(1963\)](#) débute par des sables fins près de la rive, puis il succède d'une chaîne d'herbiers à posidonie. Cette dernière montre actuellement des signes de dégradation surtout à l'Est des deux oueds précités, probablement en raison de l'effet délétère des polluants chimiques rejetés par les deux complexes industriels d'El-Hadjar (complexe sidérurgique) et Asmidal (complexe d'engrais phosphatés). Au large, de la vase terrigène molle mélangée à des sables et des débris de coquilles (**Fig. 2**).



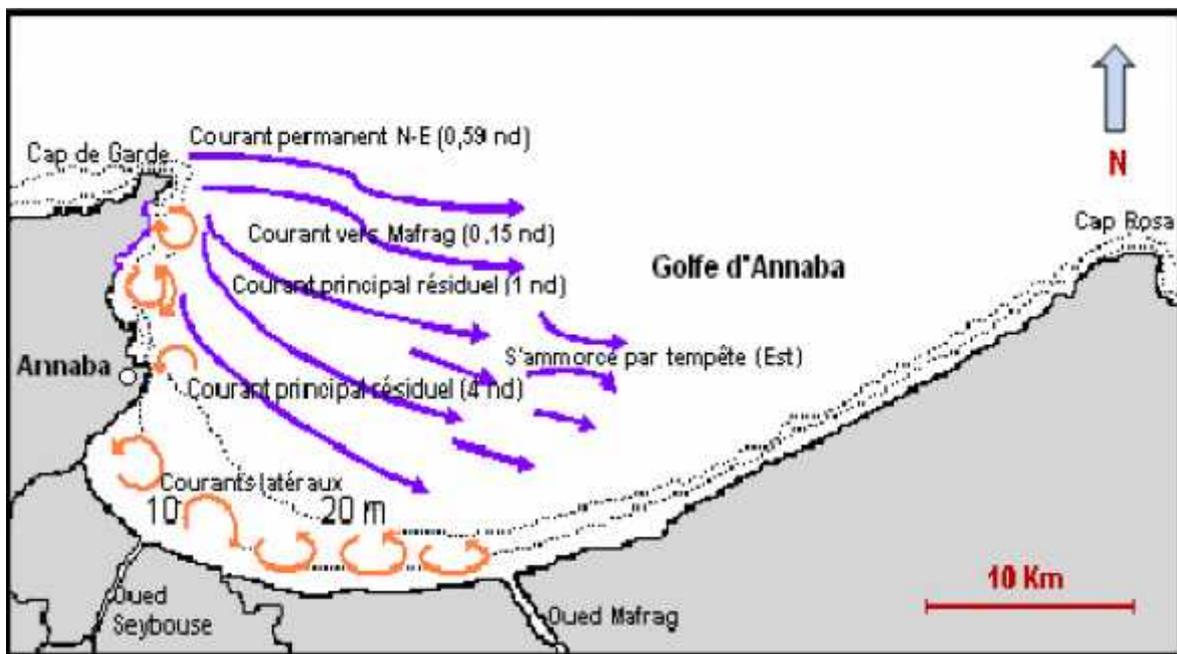
**Figure 2.** Texture sédimentaire du golfe d'Annaba ([Vaissière et Fredj, 1963](#)).

Alors que des études du laboratoire central d'hydraulique français ([Anonyme, 1976](#)), montrent que les vases pures ne se rencontrent que par des fonds supérieurs à 20 m, et sont totalement absentes entre la côte et le fond de -13 m. Les sables grossiers se trouvent sur les accumulations côtières des plages et s'étendent jusqu'aux fonds de -15 m, alors que les sables moyens bordent vers le large ([Anonyme, 1976](#)).

### 1.3. Hydrodynamisme

#### 1.3.1. Courants

Le régime des courants dans le golfe d'Annaba est mentionné dans la **figure 3**. Il se présente comme suit : à l'ouverture du golfe, après le Cap de Garde, se fait sentir une circulation générale méditerranéenne, orientée d'Ouest en Est avec une vitesse fluctuante selon les saisons, et qui pourraient atteindre  $0,50$  à  $1 \text{ m.s}^{-1}$  (Anonyme, 1976). Ce courant relativement permanent, tend à se propager dans l'échancrure du golfe, en s'infléchissant vers le Sud-Est et en diminuant d'intensité jusqu'à  $0,50 \text{ m.s}^{-1}$ . Le courant décolle de la face Sud-Est du Cap de Garde en direction de l'embouchure de l'oued Mafrag, de lents tourbillons plus au moins vastes prennent naissance. Les plus amples, animés des plus faibles vitesses sont observables dans l'aire, doublement abritée de la circulation extérieure, qui s'étend au Sud et au Sud-Est du port (Anonyme, 1976).



**Figure 3.** Courantologie du golfe d'Annaba (Anonyme, 1976).

#### 1.3.2. Houles

Selon le Laboratoire Central de l'Hydraulique de France (Anonyme, 1976), les houles du golfe d'Annaba proviennent du large et sont d'origine Nord-Ouest à Est-Nord-Est. Les différentes directions des houles que reçoit le golfe sont :

- Deux directions du large Nord-Est et Est-Nord-Est avec une amplitude de 6 m (fréquence 30% de l'année).
- Deux directions Ouest et Ouest-Nord-Ouest avec une amplitude de 1 à 5 m (fréquence 50% de l'année).
- Des houles de 1 à 2 m d'amplitude qui proviennent de différentes directions (fréquence 20%).

### 1.3.3. Marées

Les fluctuations de la marée sont très faibles et insensibles ; en raison de l'étroitesse du plateau continental d'Annaba. La marge de ces fluctuations est de l'ordre de quelques centimètres seulement, l'alternance journalière entre deux marées différentes est de 7 à 20 cm (Anonyme, 1976).

## 1.4. Principaux caractères physico-chimiques

### 1.4.1. Salinité

Dans le secteur Sud-Est du golfe d'Annaba, la salinité varie sensiblement entre 31,6 et 37 psu, en raison des phénomènes de dilution engendrés par les apports continentaux, alors qu'au Nord-Ouest, elle est comprise entre 35,1 et 38,1 psu (Ounissi *et al.*, 1998 ; Fréhi *et al.*, 2004 ; Fréhi, 2007 ; Kerdoussi, 2010).

### 1.4.2. Température

Comme pour la salinité, la température diffère entre les secteurs du golfe d'Annaba (Nord-Est et Sud-Ouest). Globalement, la température fluctue au cours de l'année entre 7 et 29°C (Ounissi *et al.*, 1998 ; Fréhi *et al.*, 2004 ; Fréhi, 2007 ; Kerdoussi, 2010).

### 1.4.3. Transparence des eaux

Les eaux du golfe sont caractérisées par une charge particulière importante, ils sont très turbides en hiver, où la transparence oscille entre 0,5 et 1,4 m. La transparence augmente pour atteindre son maximum de 5,3 m en été (Fréhi, 2007).

## 2. Présentation de l'espèce étudiée

### 2.1. Position systématique

La classification de l'haricot de mer est différente selon les auteurs. Elle est basée sur plusieurs critères à savoir ; la forme de la coquille, la charnière et la structure des branchies. La position systématique de ce bivalve d'après la source d'inventaire national du patrimoine naturel de France (MNHN, 2006) est la suivante :

- Embranchement : Mollusca
- Classe : Bivalvia
- Sous-classe : Eulamellibranchia
- Super-ordre : Heterodonta
- Ordre : Veneroida
- Famille : Donacidae
- Genre : *Donax*
- Espèce : *trunculus* (Linnaeus, 1758).

## 2.2. Noms vernaculaires

*Donax trunculus*, également connue sous l'appellation de telline, dans la baie d'Annaba les pêcheurs l'appelle "haricot de mer". Les pêcheurs français ont coutume de l'appeler "poulig, blanchette, pignon, flion" et commercialisée sous l'appellation de "olive de mer". En Espagne, elle est commercialisée sous le nom de "tallarina" (catalan), "tellerina ou coquina" (castillan). Elle est dénommé "conquilha ou cadelinha" au Portugal et "tellina" en Italie. Enfin, elle est également consommé au Japon, sous le nom de "naminoko" (Théband *et al.*, 2005). En Angleterre, on la dénomme "truncate donax".

## 2.3. Morphologie et anatomie

*Donax trunculus* est un mollusque bivalve à symétrie bilatérale, recouvert par deux coquilles calcifiées, solides, peu renflées, avec un contour allongé-triangulaire et en général inéquilatérale, avec la partie postérieure des valves plus courte que l'antérieure (Poutier, 1978; IFREMER, 1992). La charnière est munie de deux petites dents cardinales et des dents latérales à chaque valve. La surface externe des valves est assez brillante, entièrement blanche ou avec une coloration variable sur fond blanc, la plupart du temps relativement claire. La teinte de fond pouvant se nuancer de jaune ou d'orangé. La coloration externe montre le plus souvent des rayons et des bandes concentriques de dimensions et d'intensité de couleur variables, mais généralement violacés, brunâtres à grisâtres. Quant à la coloration interne, elle peut être entièrement blanche ou plus ou moins maculée de violet ou de brunâtre (Fig. 4).



**Figure 4.** Morphologie externe (A) et interne (B) de *Donax trunculus*.

Les dimensions sont en moyenne de 36 mm de largeur, 19 mm de hauteur et 12,50 mm de renflement. Les plus grands individus peuvent atteindre une longueur de 47 mm (Parenzan, 1976). Les pêcheurs camarguais ont mentionné des tailles de telline pouvant atteindre 60 mm (Marobin *et al.*, 2007). Le corps est acéphale, mou, non segmenté, comprimé latéralement, et enveloppé par un manteau (Fig. 5), constitué de deux lobes qui secrètent et supportent chacune des deux valves. Les bords externes du manteau sont plus ou moins soudés, formant vers l'arrière deux siphons séparés et relativement courts permettant l'entrée de l'eau (siphon inhalant ou ventral) ou son rejet vers l'extérieur (siphon exhalant ou dorsal). Le déplacement ou le fouissage sont assurés à l'aide d'un muscle ventral : le pied (Fischer *et al.*, 1987).

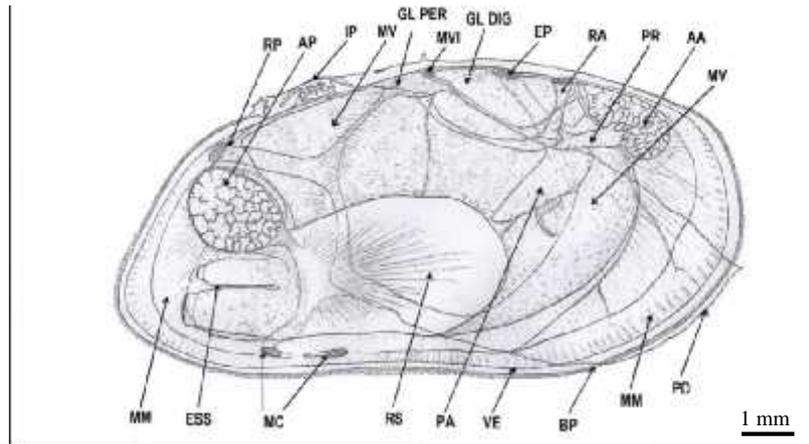


Figure 5. Anatomie de *Donax trunculus*.

AA : adducteur antérieur ; AP : adducteur postérieur ; BP : bord palléal ; EP : élévateur du pied ; ESS : espace siphonal ; IP : isthme palléal ; GLDIG : glande digestive ; GLPER : glande péricardique ; MC : muscle cruciforme ; MM et MV : manteaux musculaire et viscéral ; MVI : muscle viscéral ; PA : palpe ; PD : pied ; PR : protracteur ; RA, RP et RS : rétracteurs antérieur, postérieur et siphonal ; VE : voile externe.

## 2.4. Grands caractères écobioécologiques

### 2.4.1. Répartition géographique

*Donax trunculus* est une espèce atlantico-méditerranéenne qui domine la macrofaune des plages à sable fin. Sa distribution géographique s'étend des côtes atlantiques françaises (Guillou et Le Moal, 1980) aux côtes sénégalaises (Fischer *et al.*, 1987). Elle est largement répandue en Mer Méditerranée et en Mer Noire (Ramón *et al.*, 1995 ; Marobin *et al.*, 2007 ; Deval, 2009) (Fig. 6).



Figure 6. La répartition géographique de *Donax trunculus* (FAO, 1987).

Cette espèce est typiquement intertidale en Atlantique et plutôt subtidale superficielle en Méditerranée (Fishelson *et al.*, 1999), où la profondeur maximale de son aire de répartition n'excède pas 7 m (Marobin *et al.*, 2007).

### 2.4.2. Biotope

*Donax trunculus* est une espèce fouisseuse qui vit en zone côtière. Elle est ancrée dans le sédiment à l'aide de son pied turgescent, ses siphons affleurent à la surface du sable. Son biotope préférentiel est un sédiment constitué de sable fin dont la médiane granulométrique est de 125 µm, des fonds meubles remontant vers les plages en pente douce et régulière avec une forte exposition à la houle et un hydrodynamisme marqué ; favorisant la présence des particules en suspension et empêchant la sédimentation rapide de la matière organique et bénéficiant également d'une bonne oxygénation des eaux (Degiovanni et Mouëza, 1972). Comme cette espèce vit dans les petits fonds marins (zones des déferlements des vagues), soumis à des variations de température, de salinité et bénéficie d'une oxygénation importante, donc elle a une grande capacité de résistance aux variations des facteurs physico-chimiques du milieu dans la mesure où ces variations ne sont pas trop brutales (Marobin *et al.*, 2007). Dans le golfe d'Annaba, la présence abondante de *D. trunculus* est signalée sur un sédiment de sable fin terrigène jusqu'à une profondeur de 5 à 7 m, et sur un fond vaseux de 20 m (Degiovanni et Mouëza, 1972). Beldi (2007), signale que *D. trunculus* colonise les petits fonds du golfe d'Annaba, constitués essentiellement de sable fin et moyen.

### 2.4.3. Distribution spatiale

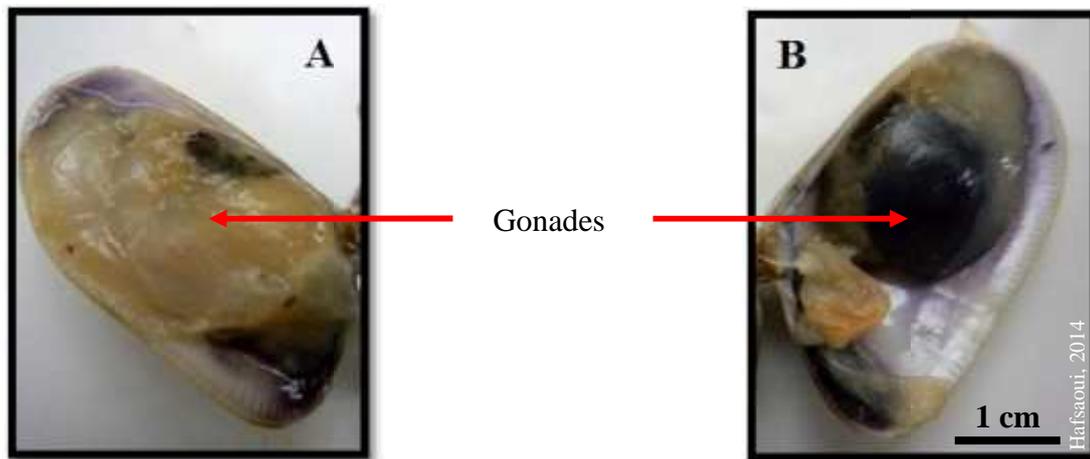
Les plus jeunes individus de *Donax trunculus* occupent généralement le haut des plages. La répartition se fait ensuite selon un gradient croissant de taille. Lorsque l'on va vers les niveaux les plus bas les plus gros individus colonisent les espaces correspondants à la limite inférieure de répartition de l'espèce. Les secteurs majoritairement occupés par les adultes sont très souvent moins denses en individus que ceux colonisés par les juvéniles. Cette règle générale de distribution a été décrite par de nombreux auteurs en Atlantique, notamment sur deux plages de l'île d'Oléron (Anselle et Lagardere, 1980 ; Thébaud *et al.*, 2005), mais également en Méditerranée, sur la côte italienne de l'Adriatique (Manca Zeichen, 2002 ; Thébaud *et al.*, 2005).

### 2.4.4. Nutrition

Les Donacidés se nourrissent de la matière organique présente dans l'eau (Wade, 1964), sélectionnant les éléments par la taille et non selon leur nature (plancton, bactéries, particules assimilables). Elles absorbent les particules en suspension les plus fines (suspensivore) comme le phytoplancton (Mouëza et Chessel, 1976), ou récoltent celles déposées sur le sédiment grâce à leur siphon allongé (dépositivore). Elles assurent ces échanges avec le milieu extérieur par une circulation constante d'eau véhiculant nourriture et oxygène dissous à travers la cavité palléale, ce qui permet la collecte des particules en suspension (Degiovanni et Mouëza, 1972). Dans le golfe d'Annaba les charges en matières en suspension sont importantes de l'ordre de 15 à 35 mg.l<sup>-1</sup> (Beldi, 2007), elles sont riches en phytoplancton (Fréhi *et al.*, 2004 et 2007).

### 2. 4. 5. Reproduction et développement

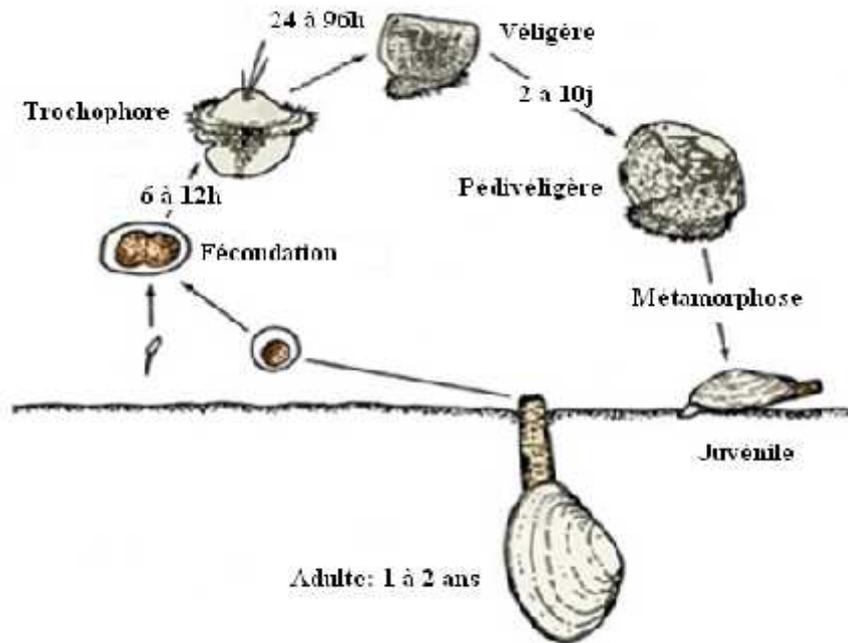
*Donax trunculus* est une espèce gonochorique avec un rapport mâle/femelle le plus souvent équilibré : 52% en faveur des mâles (Lucas, 1965). Le cycle gonadique est synchrone chez les mâles et les femelles. A maturité, l'appareil reproducteur des mâles apparaît sous forme d'une glande blanche ou jaunâtre ; les produits sexuels sont blancs et visqueux (Fig. 7). Les femelles ont une glande d'un bleu intense, les produits sexuels sont bleus et granuleux (Lucas, 1965 ; Mouëza et Frankiel-Renault, 1973).



**Figure 7.** Aspect externe des gonades chez *Donax trunculus* (A : mâle, B : femelle).

L'examen microscopique des gonades décrit par Gaspar et Monteiro (1998) et Wilson (1999) chez certains bivalves, a permis d'assigner les stades de développement gonadique comme suit: Stade 0 : repos sexuel ; Stade I : reprise de l'activité gonadique ; Stade II : développement ; Stade III : maturité ; Stade IV : expulsion partielle des gamètes ; Stade V : régression.

La fécondation est externe et les œufs mesurent environ 70 µm. Les gamètes sont expulsés dans le milieu extérieur à travers le siphon exhalant. L'œuf se segmente spiralement et la gastrulation s'effectue par épibolie. La gastrulation donne naissance à une larve nageuse ayant une forme caractéristique de toupie avec des groupes de cils au niveau apical et en couronne périphérique, c'est la larve trochophore. Puis une première ébauche de coquille se développe et deux valves minéralisées se forment donnant la larve véligère caractérisée par un velum, servant d'organe natatoire, respiratoire et nourricier. Lorsque la véligère est totalement formée, le velum se résorbe, les branchies apparaissent et le pied se développe ventralement c'est le stade pédivéligère (Prieur, 1971). A ce stade, les véligères nagent activement. Elles restent planctoniques quelques jours ou quelques semaines. Généralement pour la majorité des lamellibranches, Thorson (1961) estime une durée de la vie planctonique n'excédant pas un mois et demi, puis les larves se fixent pour se métamorphoser (Fig. 8). La métamorphose conduit à la vie benthique définitive. Le développement est fréquemment indirect et condensé (Cassier *et al.*, 1967 ; Mouëza, 1971). Après fixation, le velum se résorbe, la plupart des tissus et des organes se réorganisent donnant l'adulte avec un cœur, des reins, des branchies, des gonades, etc.



**Figure 8.** Cycle biologique d'un mollusque bivalve ([www.asnailsodyssey.com](http://www.asnailsodyssey.com)).

Le cycle sexuel est rythmé par les facteurs climatiques saisonniers. La reproduction est déclenchée par des variations brutales de la température et/ou de la salinité. Elle peut aussi être déclenchée par d'autres facteurs tels que les blooms phytoplanctoniques ou la présence dans l'eau de gamètes d'individus de la même espèce (Gouletquer, 1997). L'émission des gamètes nécessite une grande consommation d'énergie et d'oxygène, et entraîne un affaiblissement général des individus, qui se concrétise par une importante perte de poids (19 à 27% du poids sec) (Marobin *et al.*, 2007). Sous des conditions favorables *D. trunculus* peut atteindre sa maturité sexuelle au cours de sa première année (Deval, 2009). *D. trunculus* se reproduit à l'âge d'un an environ lorsqu'elle fait approximativement 10 mm de longueur. La croissance est rapide pendant la période printemps et été, et lente voire arrêtée en fin d'automne et d'hiver (Marobin *et al.*, 2007).

Selon Mazé (1987), en Atlantique, le plus petit spécimen pour lequel la différenciation sexuelle a été observée mesurait 20 mm. A Málaga (Sud-Est de l'Espagne), elle a été signalée en octobre à 11,50 mm (Thébaud *et al.*, 2005). En Algérie dans la baie de Bou-Ismaïl, si les plus petits individus matures font 8 mm, la taille de maturité sexuelle (taille pour laquelle 50% des individus peuvent être se reproduire) est de 16 mm (Mouëza et Frankiel-Renault, 1973). Dans le site de Morgat (en Bretagne), la période de reproduction est assez courte avec un maximum de maturité de mai à juin (Lucas, 1965). Les observations faites à Oléron laissent supposer qu'il n'existe qu'un recrutement annuel sur le littoral atlantique français, principalement centré sur la période allant de juillet à septembre (Anselle et Lagardere, 1980). Plus au Sud, au Portugal et en Espagne, la période de reproduction peut aller de février à octobre avec deux pics principaux de ponte en mars et en août (Tirado et Salas, 1998). Dans les côtes algéroises la période d'activité est comprise entre février et septembre (Mouëza, 1971), mais au niveau du golfe d'Annaba la période d'activité sexuelle s'étend de mars à août (Beldi, 2007). D'une manière générale, la période de reproduction diffère d'une région à une autre et elle est sous influence essentiellement des paramètres physico-chimiques.

### 3. Description des espèces du genre *Donax* colonisant la Mer Méditerranée et l'Océan Atlantique

Le **tableau I**, résume les principaux caractères morphologiques et la répartition géographique en Mer Méditerranée et en Océan Atlantique des espèces appartenant au genre *Donax*.

**Tableau I.** Principaux caractères morphologiques des espèces du genre *Donax*, colonisant la Mer Méditerranée et l'Océan Atlantique.

Genre	Espèces	Principaux caractères morphologiques	Distribution	
			MM	OA
<i>Donax</i>	<i>trunculus</i> Linnaeus, 1758	Coquille triangulaire, légèrement inéquivalve, tronqué à l'extrémité postérieure, pratiquement lisse; avec des anneaux de croissance plus sombres, le sinus palléal dorsal légèrement vers le haut, la marge ventrale interne dentelé. Taille max: 50 mm.	+	+
	<i>semistriatus</i> Poli, 1795	Coquille équivalve, surface externe des valves présentant une sculpture treillissée sur les postérieurs et de forts sillons concentriques. Couleur blanche. Taille max: 35 mm.	+	+
	<i>variegatus</i> Gmelin, 1791	Coquille de forme triangle rectangle, peu bombée, assez allongée et vernissé, marges internes non crénelées, lisse, Couleur: brun clair avec une bande blanche rayonnante. Taille max: 40 mm.	+	+
	<i>venustus</i> Poli, 1795	Coquille cunéiforme, gonflée, marges internes crénelées, surface externe des valves ne présentant pas de sculpture treillissée. Couleur: claire avec de brun-violet radial. Taille max: 40 mm.	+	+
	<i>vittatus</i> da Costa, 1778	Coquille cunéiforme, l'extrémité antérieure est arrondie et plus longue que l'extrémité postérieure tronquée obliquement, la marge est finement striée, le sinus palléal ovale se prolonge jusqu'au milieu de la valve. Taille max: 40 mm.	+	+
	<i>variabilis</i> Say, 1822	Coquille légèrement gonflé, allongé; l'extrémité antérieure plus longue et largement arrondie; l'extrémité postérieure courte, plus anguleux. Taille max: 25 mm.	+	+
	<i>hanleyanus</i> Philippi, 1847	Cette espèce a une coquille fragile, triangulaire avec l'extrémité postérieure tronqués et finement dentelées. Couleur : très variable. Taille max: 40 mm	-	+
	<i>serra</i> Röding, 1798	Cunéiforme coquille, avec des stries grossières à travers l'extrémité postérieure tronquée. marge intérieure de coquille ridée et la surface intérieure généralement pourpre. Ligament large et externe, environ un tiers de l'extrémité postérieure. Taille max : 88 mm.	-	+
	<i>striatus</i> Linnaeus, 1767	Coquille cunéiforme, gonflée, l'extrémité postérieure plate ou concave, avec des radiales fines. Couleur: variable habituellement crème avec violacée ou teinté bleuâtre. Taille max: 40 mm.	-	+
	<i>denticulatus</i> Linnaeus, 1758	Coquille cunéiforme, gonflée, sculpture de surface composée de rainures radiales fines pointes d'épingle microscopiques. Couleur: variable habituellement brune, jaunâtre ou violet, avec des rayons de teintes plus foncé. Taille max: 35 mm.	-	+
	<i>sordidus</i> Hanley, 1845	Coquille lisse triangulaire, à l'exception de quelques crêtes fines sur l'extrémité postérieure tronquée. Taille max: 26 mm.	-	+
<i>carinatus</i> Hanley, 1843	Forme trigonale, forte sculpture, la composition d'angulation aigu de l'extrémité postérieure est une marque d'identification. Couleur: brun violacé, pourpre à l'intérieur. Taille max: 45 mm.	-	+	

MM : Mer Méditerranée, OA : Océan Atlantique, + : Présence, - : Absence.

## CHAPITRE II : MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

### 1. Choix et localisation des sites d'échantillonnage

La première station d'étude est celle d'Echatt ( $36^{\circ}50'N - 8^{\circ}50'E$ ), elle se trouve à l'Ouest de l'oued Mafragh, entre la plage de Sidi Salem et celle d'El Battah (**Fig. 9**). Cette station est choisie comme un site témoin, en raison de son retrait des sources de rejets industriels, par conséquent elle est soumise à un fort hydrodynamisme favorisant la dilution et la dispersion des polluants. La deuxième station est celle de Sidi Salem ( $36^{\circ}50'N - 7^{\circ}47'E$ ), elle est localisée à l'Est de l'oued Seybouse (**Fig. 9**). C'est une zone qui est caractérisée par la présence de lents tourbillons (Anonyme, 1976). Elle reçoit par le biais de l'oued Seybouse des polluants agricoles (régions de Guelma, Tarf et Annaba) et surtout industriels du complexe FERTIAL (production de fertilisants et de produits phytosanitaires). À cela s'ajoute une pollution issue des activités portuaires notamment les eaux usées (8 égouts y déverse) et les hydrocarbures (bateaux de pêche et commerciaux).



**Figure 9.** Localisation des sites d'échantillonnage (Sidi Salem et Echatt) dans le golfe d'Annaba.

### 2. Mesures des paramètres physico-chimiques

#### 2.1. Température, salinité, pH et oxygène dissous

La salinité et la température sont les deux paramètres les plus influant sur la répartition des organismes marins ; notamment en ce qui concerne les formes benthiques, telles que les

espèces fouisseuses, cas des bivalves Donacidés. Les variations de la température de la zone de déferlement sont importantes en raison de la faible profondeur.

La température, la salinité, le pH et l'oxygène dissous sont mesurées à l'aide d'un multiparamètre de terrain type "HANNA HI9828", de précisions respectives de 0,01°C pour la température, 0,01 psu pour la salinité, 0,01 pour le pH et 0,01 mg.l<sup>-1</sup> pour l'oxygène dissous. Les mesures de ces paramètres sont effectuées à chaque sortie, après étalonnage de l'appareil.

## 2.2. Matière en suspension (M.E.S)

Les prélèvements d'eau (1,5 litre) pour l'évaluation de la matière en suspension (M.E.S), ont été effectués à environ 30 cm de la surface. Une fois au laboratoire, chaque échantillon est filtré sous vide grâce à une pompe en utilisant une unité de filtration en verre munie d'un filtre en fibre de verre Watman GF/C de 0,45 µm d'ouverture de pores, afin de retenir l'ensemble des particules en suspension.

Le filtre est séché puis pesé avant (P<sub>1</sub>) et après la filtration (P<sub>2</sub>). Le séchage après la filtration s'effectue à une température de 80°C jusqu'à poids constant. Les différentes pesées ont été réalisées à l'aide d'une balance sensible d'une précision de 0,1 mg, celle utilisée est de type Mettler H80. La différence de poids permet de connaître le poids sec total de matière en suspension dans le volume filtré (V) correspondant (Aminot et chaussepied, 1983).

$$M.E.S (mg.l^{-1}) = (P_2 - P_1)/V$$

P<sub>1</sub> : Poids du filtre avant filtration (mg.l<sup>-1</sup>),

P<sub>2</sub> : Poids du filtre après filtration (mg.l<sup>-1</sup>),

V : Volume filtre en (l).

## 2.3. Matière organique particulaire (M.O.P) et matière inorganique particulaire (M.I.P)

L'incinération du filtre avec sa charge en matière en suspension séchée, pendant 2 heures à 450°C au four à moufle (Arzule *et al.*, 1990), permet de connaître le poids de la matière organique particulaire (M.O.P), en appliquant la formule suivante :

$$M.O.P (mg.l^{-1}) = (P_2 - P_3)/V$$

P<sub>2</sub> : Poids du filtre avant incinération (mg)

P<sub>3</sub> : Poids du filtre après incinération (mg).

V : Volume filtré (l).

La matière inorganique particulaire (M.I.P) de chaque prélèvement est obtenue à partir de l'équation suivante:

$$M.I.P (mg.l^{-1}) = M.E.S - M.O.P$$

## 2.4. Dosages de la chlorophylle *a*

Les prélèvements d'eau pour l'analyse de la chlorophylle *a*, ont été effectués dans les deux stations précédemment citées. Pour cela, un volume d'eau de 1,5 litre est échantillonné et conservé dans des flacons en verre à l'abri de la lumière, jusqu'à son traitement. Afin de doser la chlorophylle *a*, on a utilisé la technique spectrophotométrique de [Lorenzen \(1967\)](#). La filtration des échantillons d'eau est réalisée à l'aide de filtres en fibre de verre (Wattman GF/C) d'une porosité de 0,45  $\mu\text{m}$ . Pour éviter la dégradation de la chlorophylle, une suspension de carbonate de magnésium est rajoutée à l'échantillon. Le filtrat recueilli sur le filtre a été conservé à  $-20^{\circ}\text{C}$  et à l'obscurité jusqu'à l'opération de dosage. L'extraction des pigments est réalisée par la mise en contact des filtres avec 10 ml d'acétone à 90% pendant 24 heures à  $6^{\circ}\text{C}$ , puis la centrifugation à 300 tours/mn afin de clarifier les extraits. Les mesures sont effectuées sur le surnageant acétonique à l'aide d'un spectrophotomètre à une ou plusieurs longueurs d'ondes (665 et 750 nm), avant et après acidification avec de l'acide chlorhydrique à 0,3 N ([Strickland et Parsons, 1972](#)). Les concentrations en chlorophylle *a* sont calculées suivant les équations usuelles de [Lorenzen \(1967\)](#).

## 3. Prélèvement et analyses sédimentologiques

Il y a près de 80 ans que [Prenant \(1932\)](#) a montré l'existence d'une étroite dépendance entre la faune benthique et la granulométrie des substrats qu'elle colonise. Par ailleurs, de nombreux auteurs se sont intéressés aux études sédimentologiques et morphologiques littorales et aux mouvements des sédiments sur les plages de la Méditerranée ([Rivier, 1949 a et b](#) ; [Rivier et Venhet, 1953 et 1962](#) ; [Blanc, 1958](#) ; [Steinberg, 1959](#) ; [Arbey, 1961 a et b](#)). Cependant, ces travaux sur la granulométrie ont été suffisamment riches en renseignements pour que cette méthode ait été adoptée par tous les biologistes s'intéressant à la faune des sédiments meubles ([Bietlot, 1941](#) ; [Berthois, 1958](#) ; [Amoureux, 1960](#)).

### 3.1. Prélèvement

L'échantillonnage du sédiment est réalisé en plongées (en apnée, lorsque la profondeur est 1 m) à trois profondeurs croissantes : 0,5 ; 1 et 1,5 m, à l'endroit même du prélèvement de l'haricot de mer dans les deux stations retenues. Par ailleurs, une cartographie sédimentaire est réalisée le long des rives des deux plages (Sidi Salem et Echatt). Afin d'établir cette carte sédimentaire, 20 radiales dans la plage de Sidi Salem (**Fig. 10**) et 22 radiales dans la plage d'Echatt (**Fig. 11**), ont été fixées, espacées d'environ 100 m l'une de l'autre. Chaque radiale est constituée de 3 stations (A, B et C), réparties selon les profondeurs croissantes : 0,5 ; 1 et 1,50 m, soit 126 stations de prélèvement (Sidi Salem : 60 stations - Echatt : 66 stations) (**Figs. 10 et 11**). Le sédiment récolté est ensaché et numéroté selon les stations puis séparé en deux fractions : La première fraction (environ 500 g), sera destinée à la détermination du taux de pélites et l'analyse granulométrique. La deuxième fraction (environ 20 g) a concerné uniquement les stations de prélèvement des haricots de mer, est congelée à  $-20^{\circ}\text{C}$  ; afin de déterminer sa teneur en matière organique sédimentaire (M.O.S).



**Figure 10.** Emplacement des stations de prélèvement des sédiments pour les analyses granulométriques et la cartographie sédimentaire de la plage de Sidi Salem.



**Figure 11.** Emplacement des stations de prélèvement des sédiments pour les analyses granulométriques et la cartographie sédimentaire de la plage de la plage d'Echatt.

### 3.2. Analyses sédimentaires

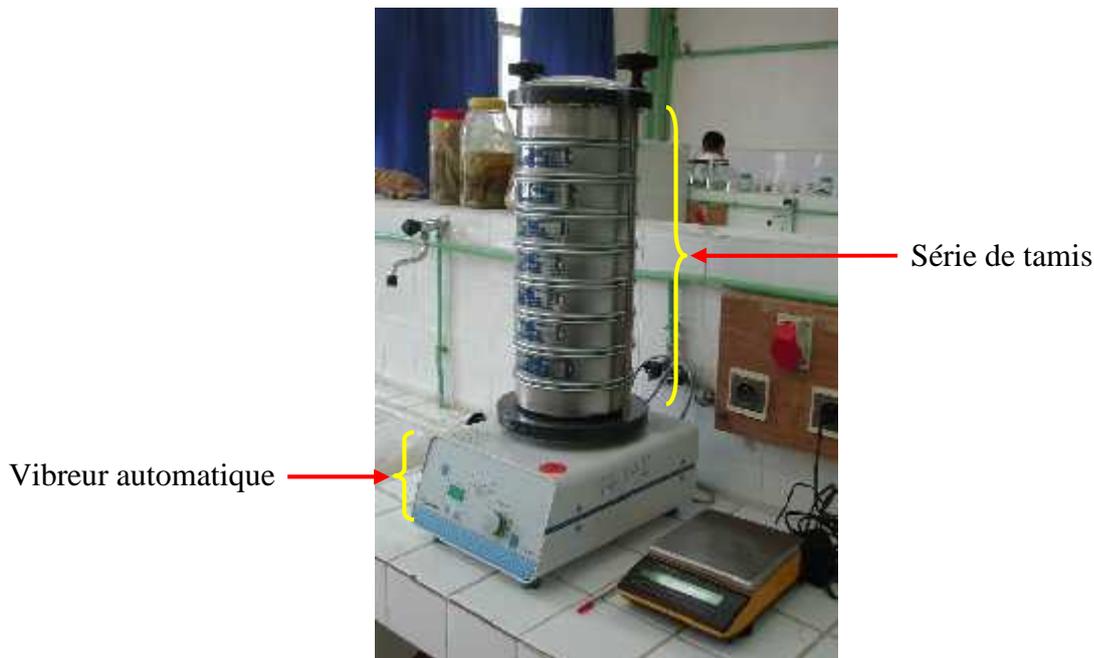
#### 3.2.1. Évaluation des pélites

Avant d'effectuer l'analyse granulométrique, on procède à l'évaluation du taux de pélites par station. La méthode consiste à sécher le sédiment (environ 500 g) dans une étuve, celle utilisée est de type Carbolite AX120, à 110°C, pendant 24 heures jusqu'à déshydratation

complète. Puis, on pèse (environ 400 g :  $P_1$ ) sur une balance sensible, celle utilisée est de type Kern d'une précision 0,01 g. L'échantillon est séché une deuxième fois dans les mêmes conditions, après l'avoir lavé sur un tamis de 40  $\mu\text{m}$ , jusqu'à ce que l'eau de lavage se clarifie, afin de se débarrasser de toute la fraction fine, puis on repèse ( $P_2$ ). La différence de poids ( $P_1 - P_2$ ) représente la quantité de pélites (fraction fine) contenue dans le sédiment. Enfin, La quantité de pélites obtenue est exprimée en pourcentage.

### 3.2.2. Analyse granulométrique

Environ 200 g du refus de tamis préalablement lavés sur un tamis de 40  $\mu\text{m}$ , sont séchés dans une étuve à 120°C jusqu'à déshydratation complète, puis tamisés pendant 15 minutes grâce à un vibreur automatique de type RETCH VS 100 (**Fig. 12**), munie de 18 tamis de mailles décroissantes : 2000, 1600, 1250, 1000, 710, 630, 355, 280, 250, 180, 140, 125, 90, 80, 63, 50, 40  $\mu\text{m}$ . Les différents pourcentages en poids des refus de tamis servent à établir la courbe cumulative réalisée sur du papier semi-logarithmique ; permettant ainsi d'obtenir les paramètres caractérisant le sédiment analysé, tels que la médiane et l'indice de classement.



**Figure 12.** Tamisage du sédiment en utilisant le vibreur automatique.

### 3.2.3. Évaluation 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 ou perte au feu (Kamp-Nielsen, 1974). La fraction sédimentaire conservée à -20°C, est décongelée. Environ 15 g de sédiment sont séchés dans l'étuve 80°C pendant 24 heures jusqu'à un poids constant, puis peser 5 g ( $P_1$ ). Ces derniers sont incinérés à 600°C dans un four à moufle durant 2 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.

### 3.3. Expression des résultats

L'analyse granulométrique et le calcul de certains indices, permettent de déterminer les faciès sédimentaires, ainsi que l'intensité hydrodynamique subit par le substrat ; à partir des données pondérales et dimensionnelles des particules. Les particules sédimentaires sont classées en trois catégories (Larsonneur, 1977) :

- Graviers > 2 mm
- Sable de 0,04 à 2 mm et comprenant sous fractions :
  - sables grossiers : fraction de 0,50 à 2 mm,
  - sables moyens : fraction de 0,20 à 0,50 mm,
  - sables fins : fraction de 0,04 mm à 0,20 mm,
- Pérites < 40  $\mu\text{m}$ .

#### 3.3.1. Histogrammes de fréquences

Les histogrammes de fréquences permettent du premier coup d'œil d'apprécier le mode granulométrique, c'est-à-dire la fraction granulométrique dominante dans l'échantillon. Cette méthode a aussi l'avantage de faire apparaître les irrégularités de la suite dimensionnelle, qui peuvent se traduire par l'absence de certaines classes. Le nombre de modes révèle aussi l'existence du nombre de stocks sédimentaires ; l'aspect unimodal signifie un sédiment homogène alors que l'aspect bi, tri ou pluri modal signifie un sédiment hétérogène.

#### 3.3.2. Courbes cumulatives

Pour traduire graphiquement les résultats des analyses granulométriques, une courbe cumulative est établie, elle a pour axe des ordonnées le pourcentage cumulé des masses de refus de tamis, et pour axe des abscisses le diamètre des mailles. Cette représentation a pour but de calculer les différents indices granulométriques à partir des percentiles, 25% ( $Q_1$ ), 50% ( $Q_2$ ), 75% ( $Q_3$ ).

#### 3.3.3. Indices granulométriques

- **Médiane ( $Q_2$ )** : Elle représente les diamètres moyens des grains, permettant ainsi de définir le type dimensionnel du sédiment de chaque station à partir d'une échelle de classification. Dans notre étude, nous avons adopté la classification de Larseneur (1977) la plus utilisée, avec une légère modification sur la taille de fraction fine. Cette dernière a été fixée à 40  $\mu\text{m}$  au lieu de 63  $\mu\text{m}$ , afin de s'aligner avec la majorité des hauteurs (Chassefiere, 1968 ; Guelorget et Michel, 1976 et 1977).

- **Indice de Classement ( $S_0$ )** : L'indice de classement ou le Sorting de Trask ( $S_0$ ), évalue la pente de la partie centrale des courbes cumulatives semi-logarithmiques. Cet indice est donné par le rapport :

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

Q<sub>1</sub>: Taille (µm) correspond à 25 % du poids relatif cumulé.

Q<sub>3</sub>: Taille (µm) correspond à 75 % du poids relatif cumulé.

La classification utilisée est celle proposée par [Folk et Ward \(1957\)](#), qui consiste à classer le sédiment en trois subdivisions :

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

- **Facteur hydrodynamique (FH)** : Ce facteur permet d'avoir une idée générale sur le degré de l'intensité hydrodynamique, à partir de la taille des percentiles 25%, 75%, 95% du poids relatif cumulé, il est calculé à partir de la formule suivante :

$$FH = [\phi_{95} - \phi_{75}] / [2,44 (\phi_{75} - \phi_{25})] - [(\phi_{75} - \phi_{25}) / 2]$$

Les unités sont les logarithmes à base 2 de l'inverse de dimension des particules en mm. L'échelle de FH proposée est celle de [Thomassin \(1978\)](#) :

- $FH > 2$  : Hydrodynamisme très fort,
- $1 < FH < 2$  : Hydrodynamisme fort,
- $0,5 < FH < 1$  : Hydrodynamisme moyen,
- $FH \approx 0$  : Hydrodynamisme faible,
- $FH \approx -1$  : Hydrodynamisme très faible.

## 4. Faune accompagnatrice des haricots de mer

### 4.1. Prélèvement et conservation

Les sédiments prélevés grâce à un quadra (3 X 1 m<sup>2</sup>), sont immédiatement tamisés sur un tamis de 1 mm<sup>2</sup> de vide de maille. Les résidus du tamisage sont conservés dans des bocaux en plastique (étiquetés : date, lieu et numéro de la station), puis fixés au formol dilué à 10% et neutralisé au borax (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O) (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. 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 selon quatre groupes zoologiques : Mollusques, Polychètes, Crustacés et un groupe nommé Divers regroupant les groupes zoologiques les moins abondants.

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

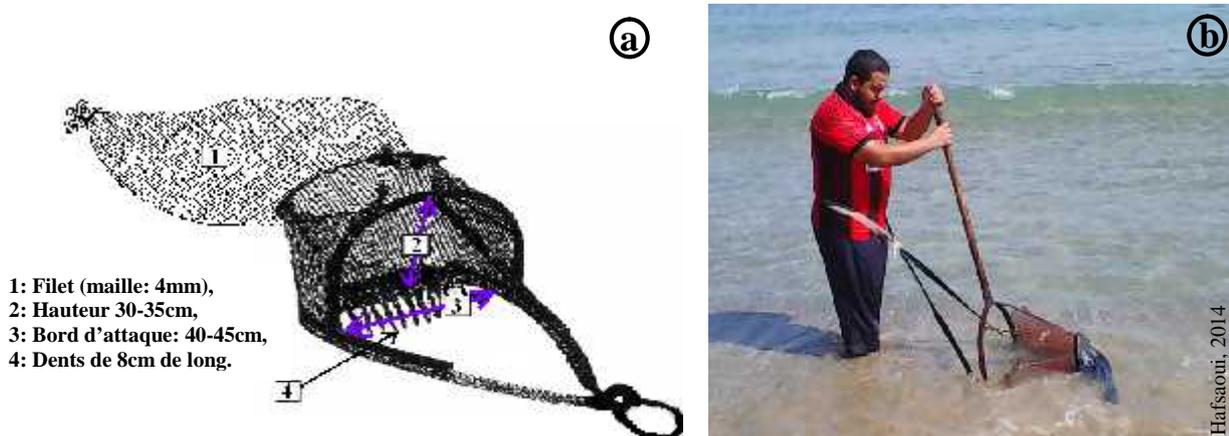
- Les Mollusques : [Bellon - Humbert \(1962 a, b et 1973\)](#) ; [Parenzan \(1970 et 1974\)](#) ; [Pope et Gotto \(1991 et 2000\)](#).
- Les Polychètes : [Fauvel \(1923 a, b\)](#) ; [Day \(1967 a, b\)](#) ; [Light \(1975\)](#).
- Les Crustacés : [Chevreux et Fage \(1925\)](#) ; [Sandro \(1982\)](#) ; [Naylor \(1972\)](#) ; [Lincoln \(1979\)](#).
- Les Divers : [Tortonese \(1965\)](#) ; [Campbell et Nicholls \(1979\)](#) ; [Riedl et al. \(1983\)](#).

## 5. Étude de l'haricot de mer *Donax trunculus*

### 5.1. Technique d'échantillonnage

La pêche de l'haricot de mer *Donax trunculus* dans le Sud et le Sud-Est du golfe d'Annaba est ouverte toute l'année. C'est une activité artisanale comme dans la plupart des régions, où elle fait l'objet d'une exploitation régulière en raison de son abondance dans des eaux peu profondes (< 2 m) facilement accessible.

Dans la présente étude, un échantillonnage mensuel de *D. trunculus* durant l'année 2012 est réalisé à l'aide d'un chalut râteau communément appelé "cope" (**Fig. 13a**), constitué d'une armature métallique et d'un filet en forme de poche. L'engin de collecte est accroché par un baudrier à la taille du pêcheur (**Fig. 13, b**).



**Figure 13.** Schéma descriptif du "cope" (a) et méthode de pêche de *Donax trunculus* (b).

Le pêcheur recule en tirant "le cope" qui fouille le sable à l'aide d'une lame d'environ 10 cm, dans une profondeur d'eau qui varie entre 1 et 1,5 m, les individus sont ainsi récupérés dans la poche constituée d'un filet d'une maille d'environ 1 cm de côté (pour les pêcheurs) et de 0,5 cm (pour notre étude). Le choix de cette maille est justifiée par la taille des juvéniles après sédentarisation ([Mouëza, 1971](#)).

La séparation des coquillages des grains de sables est assurée en remuant dans l'eau de mer la poche remplie. Afin d'avoir une image aussi réelle de la répartition des haricots de mer dans leur milieu naturel, l'engin de prélèvement est traîné par le pêcheur à deux profondeurs successives de 1 et 1,5 m. Cette méthode de collecte a été déjà décrite dans plusieurs travaux traitant la dynamique de ce bivalve ; en Italie (Sud de la Mer Adriatique) (Manca Zeichen *et al.*, 2002) et au Portugal (côte Atlantique) (Gaspar *et al.*, 2002a).

## 5.2. Étude quantitative

### 5.2.1. Densité

En benthos, la densité est le nombre d'individus d'une espèce donnée dans un prélèvement donné, rapportée à une surface de sédiment d'un mètre carré, elle est exprimée en nombre d'ind.m<sup>-2</sup>. Afin d'avoir une idée aussi précise que possible de la répartition des *Donax* au sein de la zone étudiée, chaque station a fait l'objet de deux traits de 5 m (à 1 m et 1,5 m de profondeur). Les densités obtenues sont exprimées en nombre d'individus par mètre carré.

### 5.2.2. Biomasse

La biomasse est la masse totale des êtres vivants subsistants en équilibre (en g) par unité de surface du substrat ou dans un volume d'eau de mer. Pour les mollusques à test (cas des haricots de mer), il faut procéder à la décalcification des individus à l'aide de l'acide chlorique dilué à 50%. Ensuite, on rince abondamment la chair avec l'eau de robinet, puis le séchage de cette chair dans une étuve à 80°C, pendant 24 heures jusqu'à déshydratation complète. La masse viscérale séchée (poids sec ou P.S) est pesée à l'aide d'une balance sensible (Mettler H80) d'une précision de 0,1 mg. On obtient alors la biomasse de *Donax trunculus* exprimée en P.S (P<sub>1</sub>). On peut également exprimer la biomasse en poids sec libre de cendre (P.L.S.C) ; dans ce cas on procède à l'incinération de la chair (exprimée en P.S) en utilisant un four à moufle à 600°C pendant 2 heures. On repese avec la même balance sensible et on obtient le poids des cendres (P<sub>2</sub>). La biomasse exprimée en P.S.L.C correspond à la différence pondérale P<sub>1</sub> – P<sub>2</sub>.

### 5.2.3. Indice de condition

Dans une étude de suivi environnemental, l'indice de condition (I.C) permet d'évaluer l'état général de l'animal, son état bioénergétique et son état reproducteur (Pellerin-Massicotte *et al.*, 1989). En effet, le suivi de l'indice de condition permet de connaître les étapes de la gamétogenèse et les périodes des émissions gamétiques. L'indice de condition en chair est calculé de la manière suivante :

$$I.C = \text{Poids frais de la chair} / \text{Poids total}$$

### 5.2.4. Fréquences de tailles

Les individus récoltés sont dénombrés et répartis en classe de taille selon leurs longueurs totales avec une amplitude de 2 mm, et ceci afin de calculer la distribution des

fréquences de tailles (Mouëza, 1971 ; Guillou et Le Moal, 1980 ; Bayed et Guillou, 1985 ; Gaspar *et al.*, 2002a). Le choix des classes de taille bimillimétriques nous a été imposé par la taille de sédentarisation du naissain qui est de 2 à 4 mm (Mouëza, 1971). Chaque mode de polygone de fréquence établis correspond à une classe d'âge. L'interprétation des courbes n'est aisée que lorsque la période de reproduction est brève, et par conséquent les générations successive bien isolées. Dans le cas de *D. trunculus*, l'étalement de la période de la reproduction rend cette interprétation un peu délicate (Mouëza, 1971). Lors de cette étude 8268 et 4661 individus ont fait l'objet de mensurations dans les deux sites respectifs Echatt et Sidi Salem.

### 5.2.5. Sex-ratio

C'est le rapport entre le nombre d'individus mâles et celui des femelles dans une population données. Les gonades mâles ont un aspect visqueux et blanchâtre à orange alors que les ovaires sont sombres bleuâtre. Chez les haricots de mer la différenciation sexuelle n'est possible qu'en période d'activité sexuelle qui s'étale de février à octobre (Beldi, 2007). C'est ainsi que le suivi du sex-ratio a été limité pendant cette période, lorsque les sexes des différentes individus sont facilement reconnaissables.

## 5.3. Ovogénèse

### 5.3.1. Prélèvement et conservation des gonades

Dans ce volet, nous allons définir le déroulement de l'ovogénèse au cours d'un cycle annuel. Après la collecte des haricots de mer, on sélectionne les individus femelles matures (> 10 mm) fraîchement prélevés (juste après la sortie). Afin de prélever la gonade femelle (couleur noire), on ouvre les deux valves, puis à l'aide d'un micro-ciseau on dissèque l'ovaire (Fig. 14) et identifiée grâce à sa coloration sombre bleuâtre (Fig. 7). Les gonades prélevées sont conservées dans une solution de formol à 10%, jusqu'à la phase de l'étude histologique.

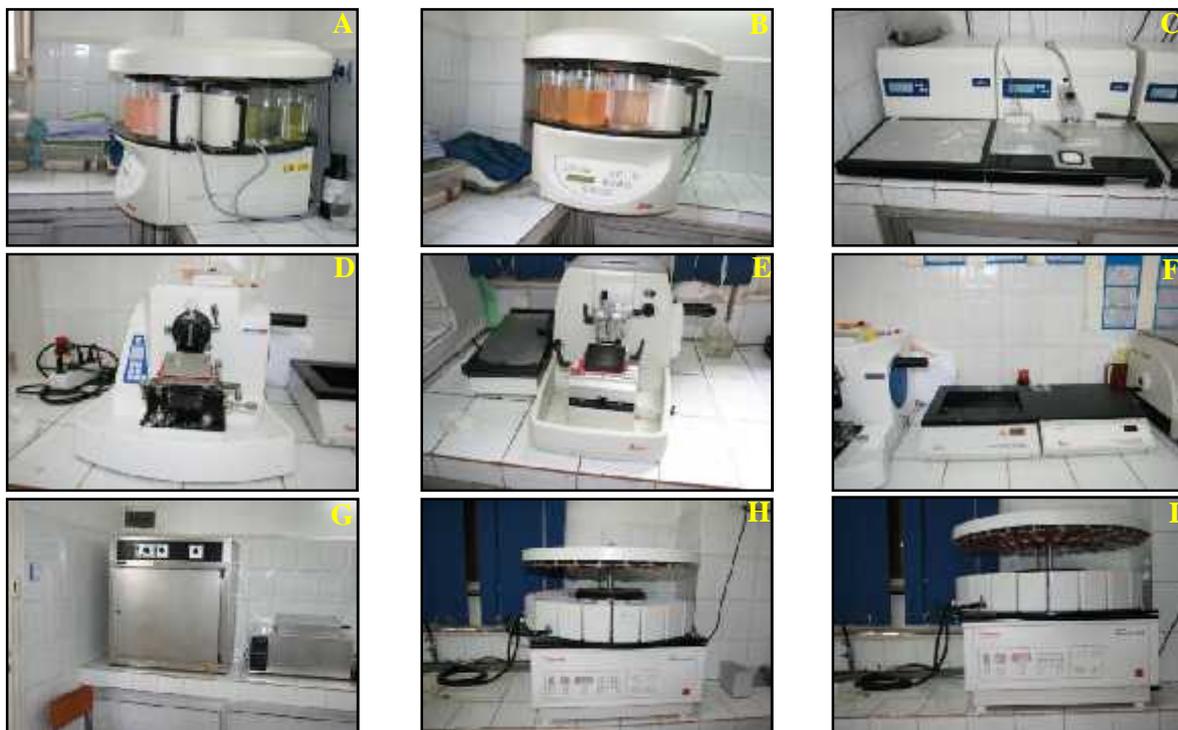


**Figure 14.** Prélèvement de la gonade sur des individus matures fraîchement collectés.

### 5.3.2. Techniques histologiques

L'étude histologique de l'ovogenèse du bivalve *D. trunculus* a été très aimablement réalisée par le service d'anatomie pathologique de l'hôpital "Ibn Rochd". Les étapes de préparation histologique faites au cours de cette étude restent à la base les mêmes décrites par [Martoja et Martoja \(1967\)](#), mais notre choix s'est porté sur une technique plus récente utilisant un appareillage automatisé "Tissu Tech. 11" (**Fig. 15**).

Les gonades préalablement fixées dans le formol pour coaguler, précipiter et insolubiliser les constituants chimiques des tissus, surtout les protéines qui forment la charpente de la matière vivante puis sont rincées pour ensuite subir une décalcification dans une série de six bains d'alcool, de concentration croissante (80-100) dans un appareil automatique à rotation appelé automate. L'éclaircissement se fait par immersion dans 3 bains de xylène, afin de rendre les pièces transparentes ([Headden et Williams, 1968](#) ; [Bucke, 1972](#)). Puis, on procède à une imprégnation et inclusion dans deux bains de paraffine à 60°C. Ensuite, on effectue des coupes semi fines (2 à 3 µm) à partir des blocs obtenus. Ces coupes sont réalisées grâce à un microtome, puis on les monte sur des lames maintenues dans une petite goutte de gélatine, et mise sur une platine chauffante à 60°C afin d'éliminer les plis. Les coupes sont déparaffinées pour hydrater les tissus ; ainsi elles subissent différents bains de hématoxyline-éosine. Cette coloration au hématoxyline-éosine est reconnue comme standard chez les bivalves, car elle contraste clairement les différents tissus ([Bensalem-Bendjellou, 1998](#)). Enfin, les coupes ainsi différenciées sont prêtes à l'observation sous microscope afin d'entamer l'étude de la gamétogenèse.



**Figure 15.** L'appareillage automatisé de traitement histologique des gonades femelles. (A: Préparateur de tissus vu latérale (Leica TP1020) ; B: Préparateur de tissus de face (Leica TP1020) ; C: Module d'inclusion (Leica EG1150 H) ; D: Microtome vibrant ; E: Microtome ; F: Platine pour système modulaire d'enrobage de tissu (Leica EG1150C) ; G: Étuve ; H: Système de coloration rotative ; I: Système de coloration rotative).

### 5.3.3. Échelle adoptée pour l'étude de l'ovogénèse

Chez *Donax trunculus*, les phénomènes sexuels sont subdivisés en plusieurs étapes définies par des caractères macroscopiques et histologiques de la gonade. Au total, on retient quatre stades du cycle de la reproduction chez la majorité des bivalves. Ces stades ont été identifiés et caractérisés en se basant sur des critères morphologiques et cytologiques décrits par un certain nombre d'auteurs ; parmi eux on cite : [Mouneyrac et al. \(2008\)](#) chez le Semelidae *Scrobicularia plana*, [Delgado et Pérez-Camacho \(2005\)](#) chez le Veneridae *Ruditapes decussatus*, [Gaspar et Monteiro \(1998\)](#) chez le Pharidae *Ensis siliqua* et le Veneridae *Venus striatula*, ainsi que [Gaspar et al. \(1999\)](#) et [Tlili \(2012\)](#) chez le Donacidae *Donax trunculus*. Ces différents stades se présentent comme suit :

**Stade 0 :** repos sexuel, les ovocytes de taille très réduite. On observe un tissu gonadique constitué majoritairement d'un tissu conjonctif. Il est impossible d'identifier le sexe des bivalves à ce stade.

**Stade I :** reprise de l'activité génitale, à ce stade les gonies se multiplient d'où l'augmentation du volume des ovocytes aux dépens du tissu conjonctif. Le sexe des bivalves peut alors être identifié. On peut observer des ovogonies sur la paroi et quelques ovocytes en vitellogenèse. On observe une apparition de follicules dispersés dans le tissu conjonctif et présentant des ovocytes en maturation et collés à la paroi.

**Stade II :** gamétogénèse, on observe sur la paroi des ovocytes pédonculés en cours de détachement et des ovocytes matures qui acquièrent une forme polygonale du fait de leur entassement à la lumière des tubules gonadiques. Le tissu conjonctif est rétréci en faveur des follicules en développement qui présentent en leur lumière des ovocytes matures.

**Stade III :** maturité génital, à ce stade, les ovocytes sont partiellement ou totalement vidés de leur contenu. Parfois, il y a présence d'ovocytes résiduels non émis à la fin du cycle. Les acini ont un aspect déchiré et seront résorbés par l'organisme. Le tissu gonadique sera envahi à nouveau par le tissu conjonctif.

## 5.4. Croissance

### 5.4.1. Mensurations et pesées

Les différentes mensurations des individus fraîchement échantillonnés de *Donax trunculus* ont été réalisées à l'aide d'un pied à coulisse avec une précision de 0,50 mm. Les paramètres linéaires mesurés (en mm) dans cette étude sont mentionnés dans la (**Fig. 16**).

- La longueur totale (Lt) qui est la plus grande mensuration dans le sens antéro- postérieur.
- La hauteur (H) allant de la charnière dorsale au bas ventral.
- L'épaisseur (Ep) est la largeur maximale de la convexité des deux valves réunies.

Le choix de la longueur totale pour l'étude de l'évolution des structures de tailles n'est pas fortuit. En effet, de nombreux auteurs se basent sur ce paramètre linéaire pour ce type d'étude ([Hilt, 1976](#) ; [Guillon et Le Moal, 1980](#) ; [Le Bris, 1988](#)).



**Figure 16.** Paramètres linéaires considérés pour l'étude biométrique de *Donax trunculus*.

#### 5.4.2. Étude de l'âge

Suite à la difficulté de la lecture des marques d'accroissement pour la détermination de l'âge de *Donax trunculus*, nous avons adopté la méthode indirecte de [Bhattacharya \(1967\)](#). Elle 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 ce mollusque bivalve ([Bodoy, 1982](#) ; [Ramón et Richardson, 1992](#)).

#### 5.4.3. 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 (*Donax trunculus* : [Guillou et Le Moal, 1980](#) ; [Ansell et Lagardère, 1980](#) ; [Bodoy, 1982](#) ; [Bayed et Guillou, 1985](#) ; [Mazè et Laborda, 1988](#) ; [Vakily, 1992](#) ; [Ramón et al., 1995](#) ; [Gaspar et al., 1999](#) ; [Manca Zeichen et al., 2002](#) ; [Deval, 2009](#) ; [Çolako lu et Tokaç, 2011](#) ; [Çolako lu, 2014](#)). Autres bivalves : [Brock, 1980](#) ; [Guelorget et al., 1985](#) ; [Grimes, 1994](#) ; [Etim et al., 1998](#) ; [Melita et al., 2012](#)). Le développement mathématique de cette méthode aboutit à l'équation de croissance linéaire absolue suivante :

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

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).

#### 5.4.4. Croissance relative

Les pesées des individus fraîchement échantillonnés sont réalisées à l'aide d'une balance de précision ( $\pm 0,01$  g). Les paramètres taille et poids d'un organisme sont

généralement coordonnés par une relation dite "taille - poids". C'est une courbe de puissance de type :

$$W = a L^b$$

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 = 5%, 2%, 1%, 0,2% et 0,1% à l'aide du test t de Student ([Dagnelie, 1975](#)) :

$$t_{obs} = \frac{\left( b^2 - b_0^2 \sqrt{n-2} \right)}{\left( 2b_0 * b \sqrt{1-r^2} \right)}$$

n : effectif. b : pente.  $b_0$  : pente théorique ( $b_0 = 3$ ). 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  $\alpha$  représente le seuil de confiance au risque d'erreur de 5% pour  $n - 2$  degré de liberté. Trois cas peuvent alors se présenter :

- $b < 3$ , l'allométrie est minorante,
- $b = 3$ , il y a isométrie,
- $b > 3$ , l'allométrie est majorante.

## 5.5. Pêche et estimation du stock naturel existant

Cette partie décrit la pêche artisanale du mollusque bivalve *Donax trunculus* dans le golfe d'Annaba, en rapportant les différents sites de pêche, la technique de pêche employée dans cette région et une estimation du stock naturel existant. Des données ont été recueillies sur le terrain, grâce aux interviews réalisées auprès des pêcheurs et l'autorité locale compétente (Direction de pêche de la wilaya).

### 5.5.1. Exploitation

Dans le golfe d'Annaba, on recense deux zones de pêche essentielles de l'haricot de mer : la plage de Sidi Salem et celle d'Echatt. Ce mollusque est pratiquement le seul bivalve exploité dans la région à l'exception de la cueillette occasionnelle de la moule africaine *Perna*

*perna*, assurée par une population de pêcheurs au nombre de très réduit (quelques dizaines). Pratiquement toute la production (produit frais) est destinée pour l'approvisionnement des hôtels du pays, alors que le reste de la production est réservé au marché local.

La cueillette de ce bivalve se fait à l'aide d'un râteau à main, appelé localement "le cope". Le pêcheur vêtu généralement d'une combinaison de plongée tire en reculant le râteau (cope) mené d'un manche en bois ou en métal ; certains pêcheurs le préfèrent en métal pour sa solidité (**Fig. 17**). L'engin de pêche est accroché par un baudrier à la taille du pêcheur. Les râtaux utilisés se composent d'une armature métallique et d'une barre en métal sous forme de peigne supportant des dents de nombre et longueur variables. Une poche de filet est attachée à l'armature métallique ayant pour rôle d'accumuler et de stocker les captures.



**Figure 17.** La collecte des haricots de mer en utilisant le râteau à main (le cope).

En effet, le râteau se compose de 4 parties essentielles (**Fig. 13, a**) : (1) Un large manche en bois dont la longueur varie en fonction de la taille de l'utilisateur (variable de 1 à 1,5 m). (2) : Une poche réceptrice en arrière du râteau sous forme de sac en grillage de maille de 18 mm et de longueur supérieur à 2 m. (3) : Une tôle dentée soudée à l'armature métallique qui racle le fond et sur laquelle est attachée la nappe de filet. Sa dimension peut varier en fonction de la force de traction humaine. (4) : Un câble d'acier fixé à la tôle par une chaîne et se terminant à son extrémité antérieure par une sangle de traction.

Par des mouvements de zigzag en reculant, le râteau à main fouille le sable, les coquillages sont ensuite récupérés dans la poche du filet. Une fois remplie, cette dernière est vidée dans un sac posé sur la plage. Cet engin est utilisé pour la pêche à pied dans la zone infralittoral ou la profondeur ne dépasse pas 1,5 m. L'opération est conduite par une seule personne qui pénètre dans l'eau à une profondeur variant de 0,5 à 1,5 m du bas de plage. En raison de l'enfoncement du pêcheur dans l'eau, cette activité ne peut être pratiquée quand celle-ci est

froide ou qu'elle est fortement agitée. C'est ainsi que le pêcheur s'avance dans l'eau jusqu'à une profondeur où il est possible de manier le râteau par le bout (<1,50 m), en s'aidant de ses pieds, il exerce une pression sur la face supérieure de l'armature de la tôle pour l'enfoncer dans le sable. Après avoir passé la sangle autour de sa ceinture, le pêcheur incline le large manche à un point jugé adéquat à sa force de traction (**Fig. 17**). Il tend la main, empoigne le manche par son extrémité, le tire en le gardant incliné, et tout en reculant, il fait des zigzags. La sangle de traction permet ainsi le renforcement de la puissance de traction manuelle. Et ainsi de suite, le pêcheur par expérience, connaît quand la poche réceptrice est pleine et qu'il faut sortir la vider. Le nombre de fois de cette opération dépendent de l'endurance de la personne mais en moyenne ; on pratique 5 à 6 d'entrée-sorties par jour de pêche, chacune dure 20 minutes environ.

Afin de comprendre l'exploitation de *Donax trunculus* dans la région, nous avons mené une enquête et un questionnaire a été établi pour les pêcheurs ; dans le but d'obtenir des données sur les méthodes de pêche, les périodes de collecte de ce bivalve, sa commercialisation et sur les aspects socio-économiques de cette activité dans la région.

### 5.5.2. Estimation du stock naturel

La méthode générale de l'évaluation des stocks de coquillages 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 (Gulland, 1969). 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).

Pour l'estimation du stock naturel de *Donax trunculus* dans la zone d'étude, on a réalisé un échantillonnage très serré dans les deux plages (Sidi Salem et Echatt), où abonde cette espèce (**Figs 18 et 19**). Dans cette étude, nous avons pu réaliser 39 traits (15 m par trait), au niveau de la plage de Sidi Salem (**Fig. 18**) et 45 traits dans la plage d'Echatt (**Fig. 19**). L'échantillonnage dans les deux plages est réparti comme suit : 13 stations dans la plage de Sidi Salem (**Fig. 18**) et 15 dans la plage d'Echatt (**Fig. 19**) espacé d'environ 150 m l'une de l'autre avec 3 répliquas (traits) à différentes profondeurs (0,5 ; 1 et 1,5 m).



**Figure 18.** Emplacement des stations de prélèvement de *D. trunculus* pour l'estimation du stock naturel dans la plage de Sidi Salem.



**Figure 19.** Emplacement des stations de prélèvement de *D. trunculus* pour l'estimation du stock naturel dans la plage d'Echatt.

## 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 des deux 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

### 1. Introduction

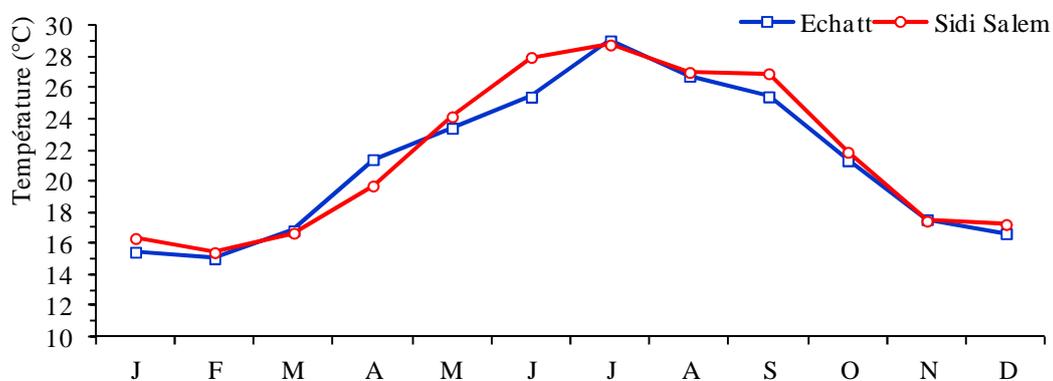
Il existe une relation directe entre la répartition des organismes macrozoobenthiques et les facteurs écologiques environnants (température, salinité, oxygène dissous, etc.). Par ailleurs, les facteurs édaphiques (granulométrie, taux de pélites, teneurs en matière organique sédimentaire), sont également déterminants dans la distribution spatiale de la majorité des invertébrés benthiques, notamment en ce qui concerne les espèces fouisseuses ; telle que l'haricot de mer *Donax trunculus*.

### 2. Hydrologie

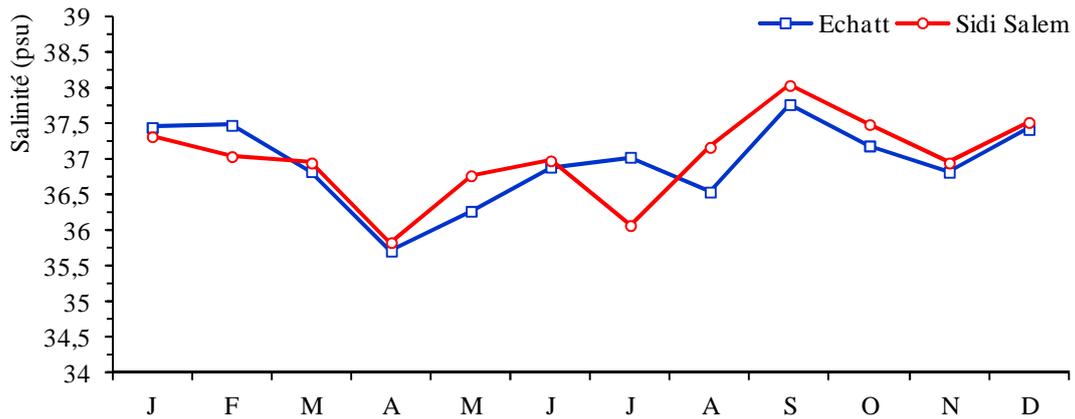
#### 2.1. Température et salinité

Les variations mensuelles de la température de l'eau dans les deux sites de prélèvement sont importantes (**Fig. 20**), où elle passe de 15,02°C en février (Echatt) à 29,04°C en juillet (Echatt), soit une amplitude de 14,02°C. Par ailleurs, les différences thermiques entre les deux sites sont généralement faibles, toutefois elles peuvent augmenter pour atteindre 1,70°C relevée en avril, voire plus élevées pour enregistrer 2,56°C en juin. Généralement les eaux de Sidi Salem sont légèrement plus chaudes par rapport à celles d'Echatt (**Fig. 20**).

Les fluctuations de la salinité (**Fig. 21**) sont moins marquées par rapport à celles de la température. En effet, les valeurs extrêmes de ce paramètre oscillent entre 35,71 en avril (Echatt) et 38,05 psu en septembre (Sidi Salem) soit une amplitude annuelle de 2,34 psu.



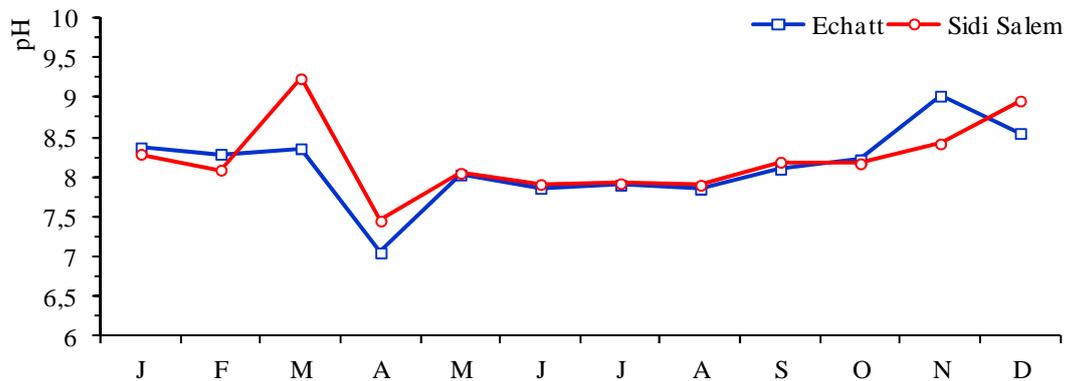
**Figure 20.** Variations spatio-temporelles de la température (°C) dans les stations prospectées, durant l'année 2012.



**Figure 21.** Variations spatio-temporelles de la salinité (psu) dans les stations prospectées, durant l'année 2012.

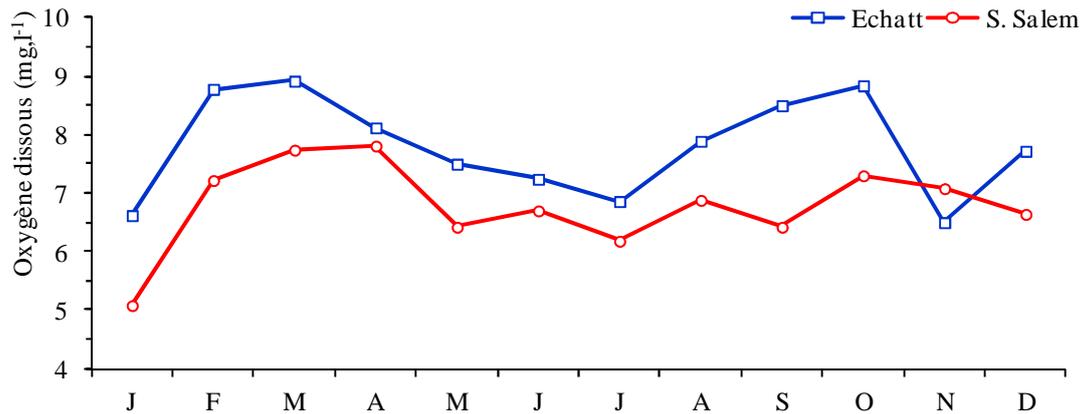
## 2.2. pH et oxygène dissous

Les eaux des deux sites prospectés sont légèrement alcalines (**Fig. 22**). En effet, les valeurs obtenues de ce paramètre varient entre 7,05 en avril (Echatt) et 9,24 en mars (Sidi Salem), soit une amplitude de 2,19. Dans l'ensemble les eaux de Sidi Salem sont plus alcalines par rapport à celles d'Echatt.



**Figure 22.** Variations spatio-temporelles du pH dans les stations prospectées, durant l'année 2012.

Les variations mensuelles de l'oxygène dissous révèlent des différences très importantes entre les deux sites (**Fig. 23**). En effet, le site d'Echatt montre des valeurs plus élevées pendant l'hiver et l'automne avec un maximum de 8,92 mg.l<sup>-1</sup> (mars), puis diminue graduellement pour atteindre 6,86 mg.l<sup>-1</sup> (juillet). A l'approche de l'automne coïncidant avec la baisse de température, les teneurs en oxygène dissous augmente progressivement pour atteindre 8,84 mg.l<sup>-1</sup> (octobre) (**Fig. 23**). Dans la plage de Sidi Salem, les fluctuations de ce paramètre sont très similaires à celles enregistrées dans la plage d'Echatt, avec un léger écart en faveur de cette dernière. En effet, les valeurs extrêmes dans la plage de Sidi Salem oscillent entre 5,08 (janvier) à 7,81 mg.l<sup>-1</sup> (avril). Par ailleurs, durant la période d'étude l'écart entre les valeurs extrêmes a atteint 3,84 mg.l<sup>-1</sup>.

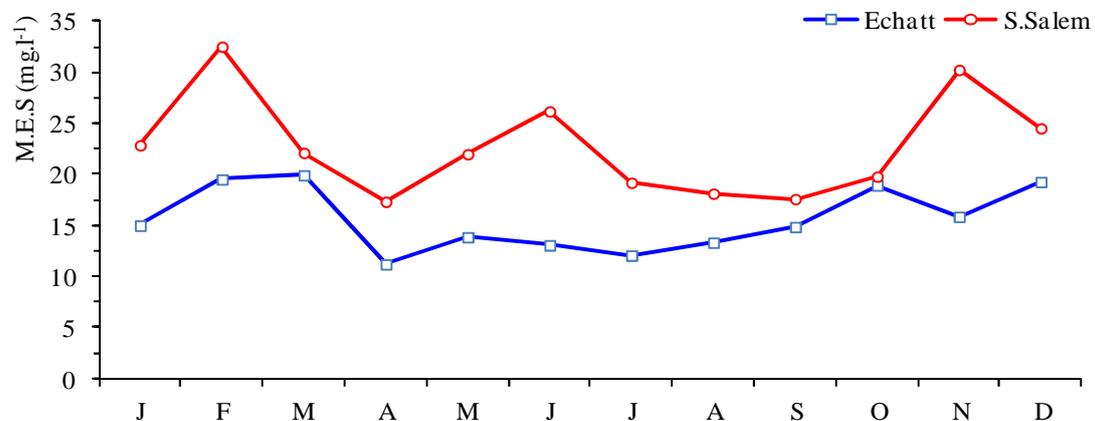


**Figure 23.** Variations spatio-temporelles de l'oxygène dissous dans les stations prospectées, durant l'année 2012.

### 2.3. Teneurs en matière en suspension organique et inorganique

#### 2.3.1. Teneurs en matière en suspension (M.E.S)

Les courbes de variations de la teneur en matière en suspension (M.E.S) présentent des différences spatio-temporelles remarquables (**Fig. 24**). C'est ainsi que dans le site de Sidi Salem on enregistre trois pics ; en février (32,53 mg.l<sup>-1</sup>), en juin (26,20 mg.l<sup>-1</sup>) et en novembre (30,27 mg.l<sup>-1</sup>). Dans le site d'Echatt les valeurs les plus élevées sont relevées en mars (19,93 mg.l<sup>-1</sup>) et en octobre (18,93 mg.l<sup>-1</sup>). D'une manière générale, les eaux de Sidi Salem sont plus chargées en matière en suspension par rapport à celles d'Echatt.

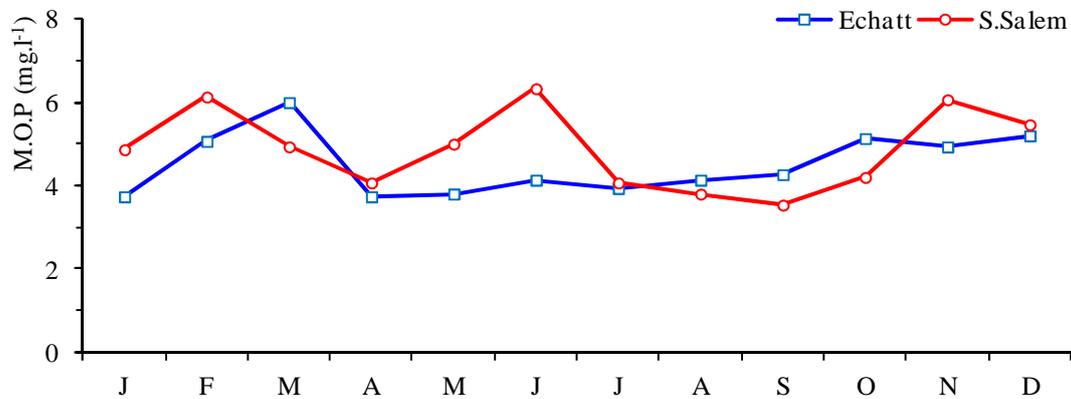


**Figure 24.** Évolution mensuelle de la teneur en matière en suspension (M.E.S) dans les eaux des stations prospectées, durant l'année 2012.

#### 2.3.2. Matière organique particulaire (M.O.P) et matière inorganique particulaire (M.I.P)

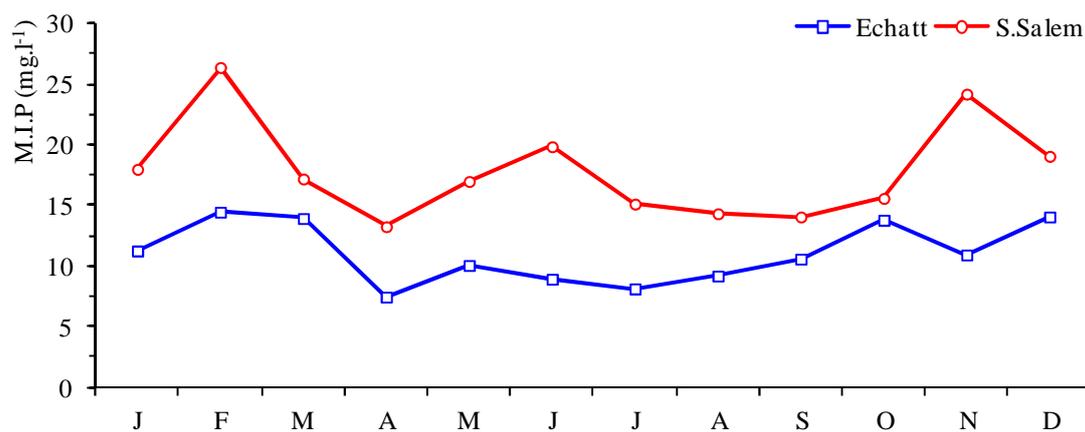
L'étude de la teneur en matière organique particulaire (M.O.P) dans les eaux des sites d'étude (Sidi Salem et Echatt) révèle des variations spatio-temporelles importantes (**Fig. 25**), où les valeurs passent de 3,53 mg.l<sup>-1</sup> en septembre (Sidi Salem) à 6,33 mg.l<sup>-1</sup> en mois de juin (Sidi Salem). Dans le site de Sidi Salem, on enregistre

trois pics de la teneur en M.O.P ; le premier en février avec  $6,13 \text{ mg.l}^{-1}$ , le deuxième en juin avec  $6,33 \text{ mg/l}$  et le troisième en novembre avec  $6,07 \text{ mg.l}^{-1}$ . Par ailleurs, le site d'Echatt est caractérisé par un seul pic, enregistré en mars avec  $6 \text{ mg.l}^{-1}$ , alors que le reste de l'année les valeurs de M.O.P sont presque constantes.



**Figure 25.** Évolution mensuelle de la teneur en matière organique particulaire (M.O.P) des eaux des stations prospectées, durant l'année 2012.

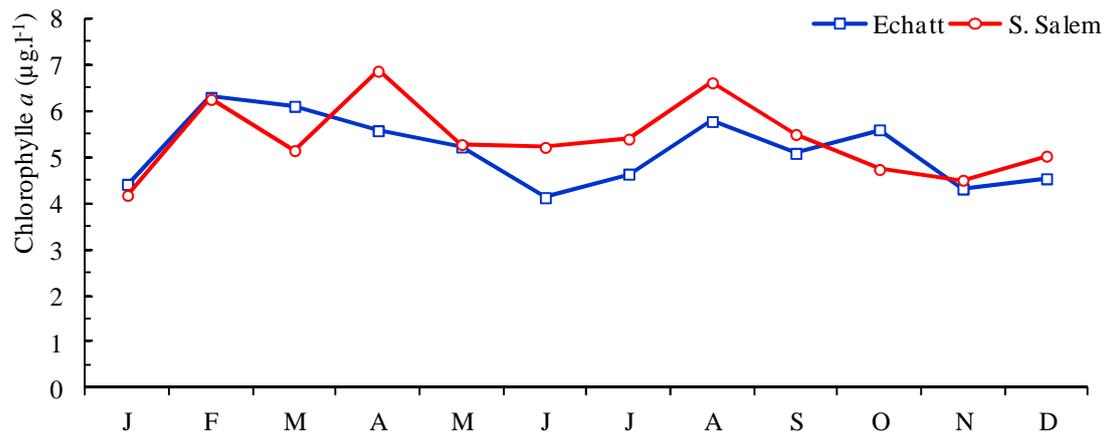
L'évolution mensuelle de la teneur en matière inorganique particulaire (M.I.P) des eaux de la plage de Sidi Salem et d'Echatt (**Fig. 26**), montre des variations très importantes entre ces deux sites où les valeurs de M.I.P dans la plage de Sidi Salem est presque le double des valeurs de la plage d'Echatt avec un maximum de  $26,4 \text{ mg.l}^{-1}$  en mois de février à la plage de Sidi Salem et un minimum de  $7,47 \text{ mg.l}^{-1}$  en mois d'avril dans la plage d'Echatt.



**Figure 26.** Variations spatio-temporelles de la teneur en matière inorganique particulaire (M.I.P) des eaux des stations d'étude durant l'année 2012.

### 2.3.3. Teneurs en chlorophylle *a*

Les résultats du dosage de la chlorophylle *a*, révèlent d'importantes fluctuations temporelles et moins marquées entre les deux sites (**Fig. 27**). Dans le site de Sidi Salem, on enregistre des valeurs extrêmes qui passent de  $4,18 \mu\text{g.l}^{-1}$  (janvier) à  $6,87 \mu\text{g.l}^{-1}$  (avril). Alors que le site d'Echatt, offre des teneurs moins importantes qui oscillent entre  $4,13 \mu\text{g.l}^{-1}$  (janvier) et  $6,30 \mu\text{g.l}^{-1}$  (août). Par ailleurs, on décèle une biomasse chlorophyllienne légèrement plus élevées dans les eaux de Sidi Salem par rapport à celles d'Echatt.



**Figure 27.** Évolution mensuelle de la teneur en chlorophylle *a* ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ ) dans les stations prospectées durant l'année 2012.

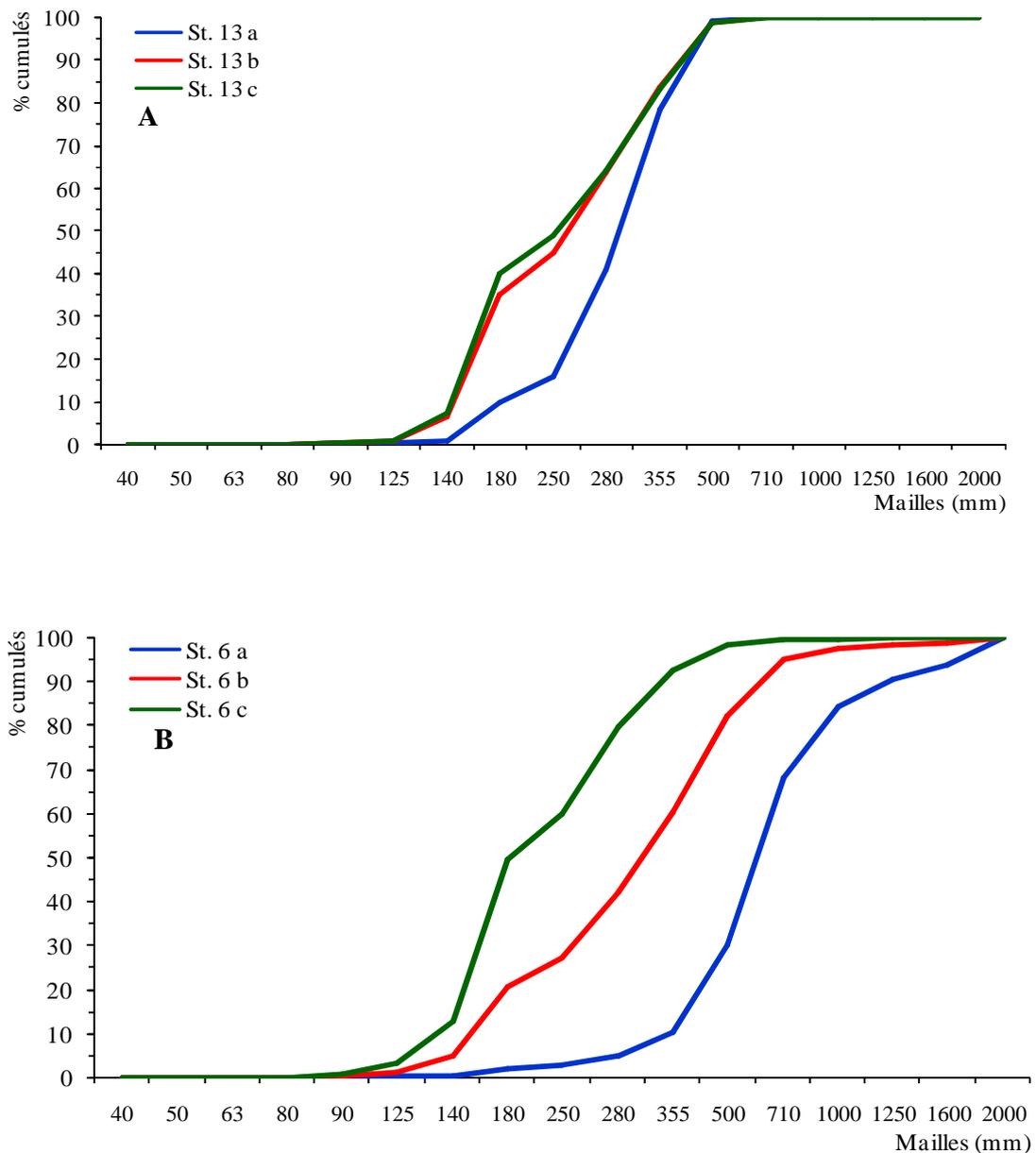
## 3. Caractéristiques sédimentaires

### 3.1. Nature du substrat des stations étudiées

Après lavage des sédiments des six stations retenues (trois par site) sur un tamis de  $40 \mu\text{m}$ , nous avons obtenu une fraction pélitique très faible. Celle-ci ne dépasse pas 1,41% pour les berges de Sidi Salem et 1,08% seulement pour la plage d'Echatt. Cette situation témoigne l'effet de l'intensité hydrodynamique réduisant ainsi l'installation des fractions fines, d'où l'existence d'un substrat composé exclusivement de sables purs pour toute la zone d'étude.

L'analyse granulométrique des sédiments des deux sites prospectés (3 stations par site) exprimée par les courbes cumulatives (**Fig. 28**), montrent que les plages d'Echatt et de Sidi Salem sont caractérisées par des sables moyens avec des médianes ( $Q_2$ ) qui oscillent entre 0,255 et 0,420 mm. Cependant, les deux sites, dont la profondeur est inférieure à 1,50 m, présentent un substrat dominé par du sable moyen.

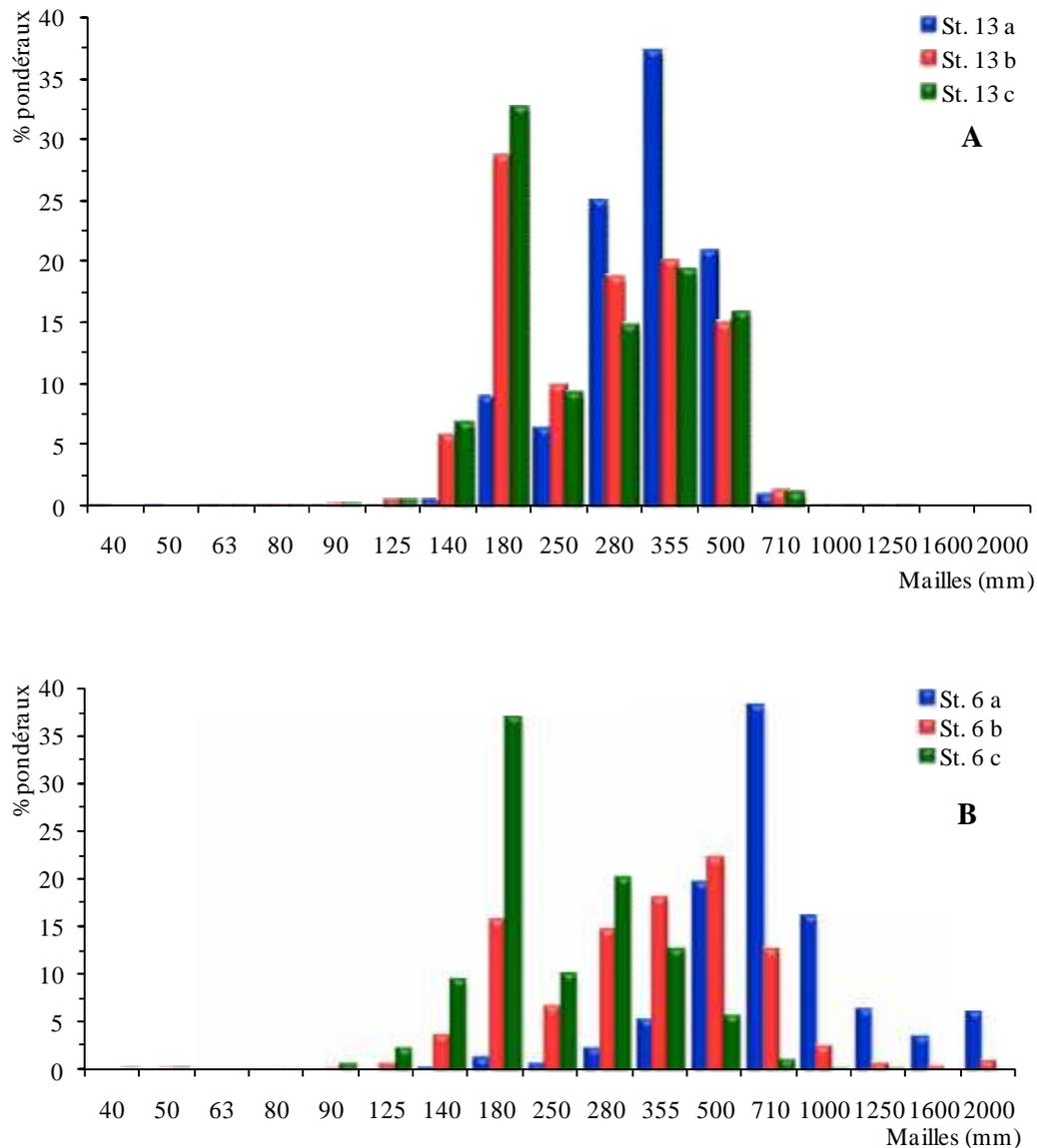
La présentation bimodale des histogrammes des fréquences pondérales des sédiments dans l'ensemble des stations prospectées (**Fig. 29**), montre la composition hétérogène des substrats analysés. Ces derniers, sont composés d'une fraction de sable fin, mais la fraction de sable moyen prédomine. L'indice de classement pour les deux sites prospectés oscille entre 1,24 et 1,64 (**Tab. I et II, annexes**), ce qui signifie qu'on est en présence d'un sédiment très bien classé.



**Figure 28.** Courbes des fréquences cumulées des stations prospectées (**A** : Echatt, **B** : Sidi Salem).

### 3.2. Facteur hydrodynamique (FH)

Afin de qualifier l'intensité hydrodynamique dans la zone d'étude, on a calculé le facteur hydrodynamique (FH). Les valeurs de cet indice varient entre 0,93 dans la plage d'Echatt et 1,36 dans la plage de Sidi Salem. Il y a une relation opposée entre ce facteur et la profondeur. En effet, dans la plage de Sidi Salem le FH oscillent entre 0,94 (0,5 m) et 1,36 (1,5 m). De même, dans la plage d'Echatt les valeurs de ce facteur fluctuent entre 0,93 (0,5 m) à 0,97 (1,5 m). Curieusement, l'intensité hydrodynamique est forte dans la plage de Sidi Salem et qualifiée de moyenne dans la plage d'Echatt.



**Figure 29.** Histogrammes de fréquences des grains dans les stations prospectées (**A** : Echatt, **B** : Sidi Salem).

### 3.3. Teneurs en matière organique sédimentaire (M.O.S)

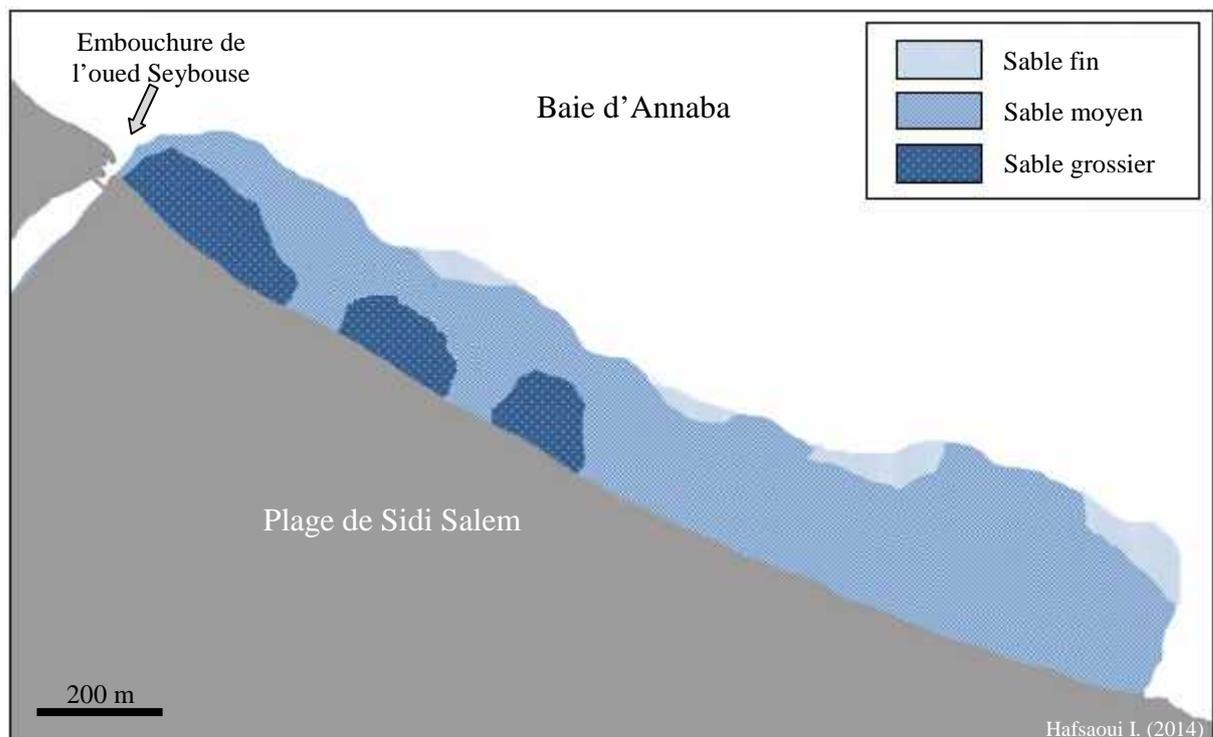
L'étude de la matière organique sédimentaire dans la zone prospectée, nous a permis de relever des variations non négligeables entre la plage de Sidi Salem et celle d'Echatt, où les valeurs passent de 1,68% (dans le site de Sidi Salem) à 7,18% (pour le site d'Echatt). Malgré la pauvreté des sédiments en matière organique, on note qu'il y a une relation entre la profondeur et la distribution de la matière organique sédimentaire. En effet, les teneurs en M.O.S dans la plage de Sidi Salem passent de 1,68% (profondeur de 0,5 m) à 4,09% (profondeur de 1,5 m), et dans la plage d'Echatt celle-ci oscille entre 5,14% (profondeur de 0,5 m) et 7,18% (profondeur de 1,5m).

### 3.4. Cartographie sédimentaire des plages de Sidi Salem et d'Echatt

L'étude de la cartographie sédimentaire des petits fonds (< 1,5 m) dans les deux plages prospectées (Sidi Salem et Echatt), et en tenant compte de la médiane ( $Q_2$ ), nous a permis de distinguer trois types de sédiments (sables fins, sables moyens et sables grossiers). Toutefois, les sables moyens dominent nettement dans les deux rives (Figs 30 et 31).

#### Sidi Salem (Fig. 30)

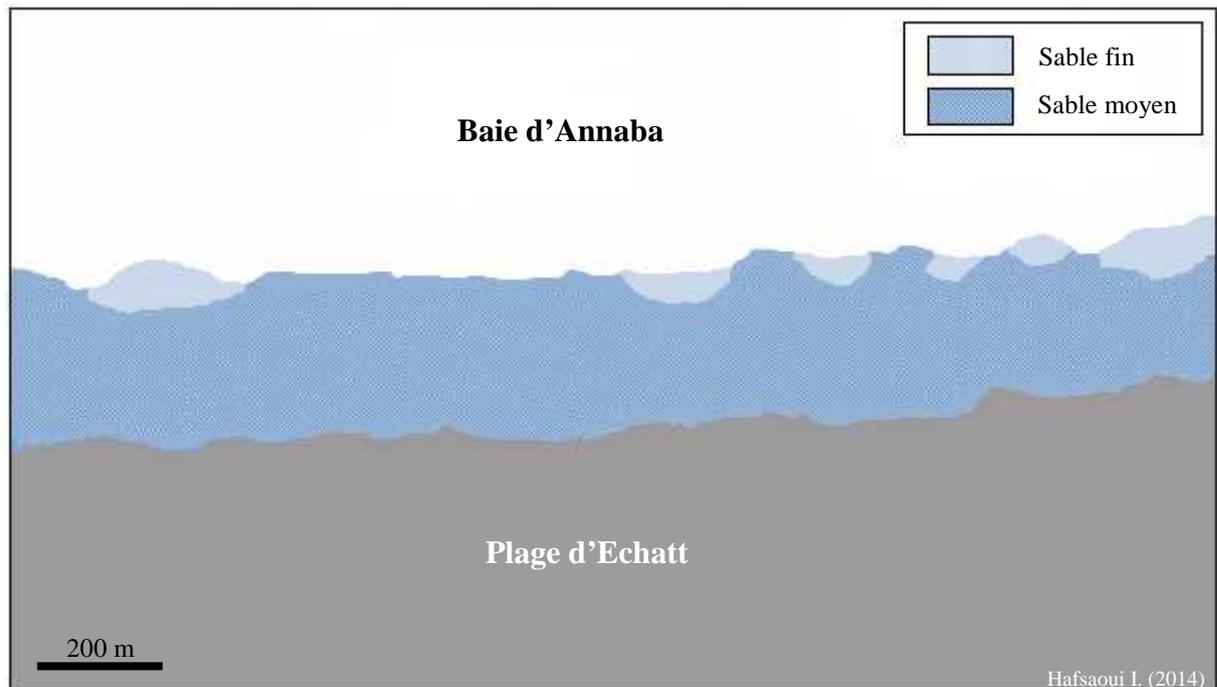
- *Sables grossiers* : Ce type de sédiment est présent surtout dans la partie Ouest de la plage. Cette nature de substrat se rencontre à proximité de l'embouchure de l'oued de la Seybouse sur la bande qui correspond à la rive de 0,5 m de profondeur, dans les stations : 1A, 2A, 3A, 5A, 6A et 8A.
- *Sables moyens* : Ce type de fond est décelé dans la presque totalité de cette plage. Sur la bande de 0,5 m dans les stations : 4A, 7A, 9A, 10A, 11A, 12A, 13A, 14A, 15A, 16A, 17A, 18A, 19A et 20A, sur toute la bande de 1 m de profondeur, dans les stations : 1C, 2C, 3C, 4C, 5C, 7C, 8C, 9C, 11C, 14C, 15C, 16C et 17C de la profondeur de 1,5 m.
- *Sables fins* : Dans ce site, les sables fins sont présents dans sept stations de la profondeur de 1,5 m, il s'agit des stations : 6C, 10C, 12C, 13C, 18C, 19C et 20C).



**Figure 30.** Cartographie sédimentaire des rives (< 1,50 m) de la plage de Sidi Salem.

**Echatt (Fig. 31)**

- *Sables moyens* : Dans ce site, ce sédiment recouvre presque toute la plage, où le rencontre dans les deux premières bandes (correspondant aux deux isobathes : 0,5 et 1m), dans les stations : 1C, 5C, 6C, 7C, 8C, 9C, 10C, 13C, 15C, 17C et 19C.
- *Sables fins*: Ce type de substrat se limite aux stations : 2C, 3C, 4C, 11C, 12C, 14C, 16C, 18C, 20C, 21C et 22C.



**Figure 31.** Cartographie sédimentaire des rives (< 1,50 m) de la plage d'Echatt.

#### 4. Étude de la faune accompagnatrice des haricots de mer

##### 4.1. Composition qualitative

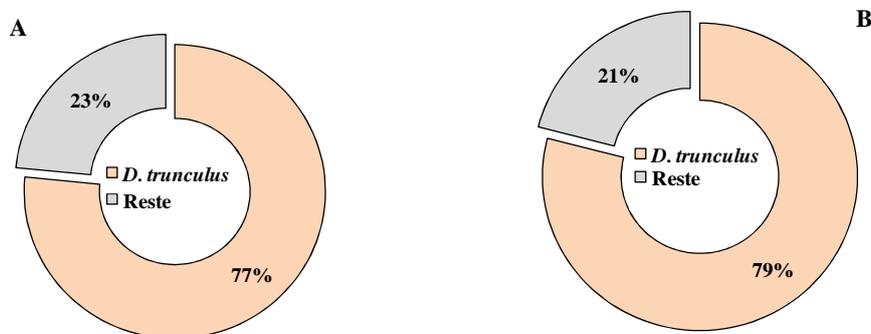
Dans les faciès à *Donax* du golfe d'Annaba (plages de Sidi Salem et d'Echatt) durant l'année 2012, on a pu recenser 19 espèces macrozoobenthiques (**Tab. II**), réparties comme suit : 7 Mollusques (5 bivalves et 2 gastéropodes), 5 Polychètes (2 sédentaires et 3 errantes), 6 Crustacée (3 amphipodes, 1 isopode, 1 cumacé et 1 décapode) et 1 Échinoderme (1 ophiure). Par ailleurs, la plage d'Echatt offre un nombre d'espèces plus important (17) par rapport à celle de Sidi Salem (11) (**Tab. II**).

**Tableau II.** Inventaire de la faune accompagnatrice de l'haricot de mer dans le golfe d'Annaba (A : Sidi Salem, B : Echatt), durant l'année 2012.

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Espèce	
Mollusca			Cardiidae	<i>Acanthocardia echinata</i> (Linnaeus, 1758) <sup>(A,B)</sup>	
			Mactridae	<i>Spisula subtruncata</i> (da Costa, 1778) <sup>(A,B)</sup>	
			Tellinidae	<i>Tellina pulchella</i> (Lamarck, 1818) <sup>(B)</sup>	
			Veneridae	<i>Venus verrucosa</i> (Linnaeus, 1758) <sup>(A,B)</sup>	
	Gastropoda	Neogastropoda	Corbulidae	Myoida	<i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792) <sup>(A,B)</sup>
				Nassariidae	<i>Nassarius mutabilis</i> (Linnaeus, 1758) <sup>(B)</sup> <i>Nassarius incrassatus</i> (Ström, 1768) <sup>(A,B)</sup>
Annelida	Polychaeta	Capitellida	Capitellidae	<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780) <sup>(A)</sup>	
			Arenicolidae	<i>Arenicola marina</i> (Lamarck, 1801) <sup>(A,B)</sup>	
		Eunicida	Eunicidae	<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828) <sup>(B)</sup>	
		Phyllodocida	Nephtyidae	<i>Nephtys caeca</i> (Fabricius, 1780) <sup>(A,B)</sup>	
			Glyceridae	<i>Glycera convulata</i> (Keferstein, 1862) <sup>(B)</sup>	
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Ampeliscidae	<i>Ampelisca brevicornis</i> (Costa, 1853) <sup>(B)</sup> <i>Ampelisca macrocephala</i> (Liljeborg, 1852) <sup>(A,B)</sup>	
			Aoridae	<i>Aora typica</i> (Krøyer, 1845) <sup>(A)</sup>	
			Isopoda	Gnathiidae	<i>Gnathia maxillaris</i> (Montagu, 1804) <sup>(B)</sup>
		Cumacea	Bodotriidae	<i>Iphinoë serrata</i> (Norman, 1867) <sup>(B)</sup>	
		Decapoda	Portunidae	<i>Carcinus maenas</i> (Linnaeus, 1758) <sup>(A,B)</sup>	
Echinodermata	Ophiuroidea	Ophiurida	Ophiuridae	<i>Amphiura chiajei</i> (Forbes, 1843) <sup>(B)</sup>	

#### 4.2. Dominance de *Donax trunculus*

Cette étude quantitative a été effectuée au début de la saison estivale. Dans les deux plages le bivalve *Donax trunculus* domine nettement (**Fig. 32**). Cette situation permet la qualification des deux sites de faciès à *Donax*.

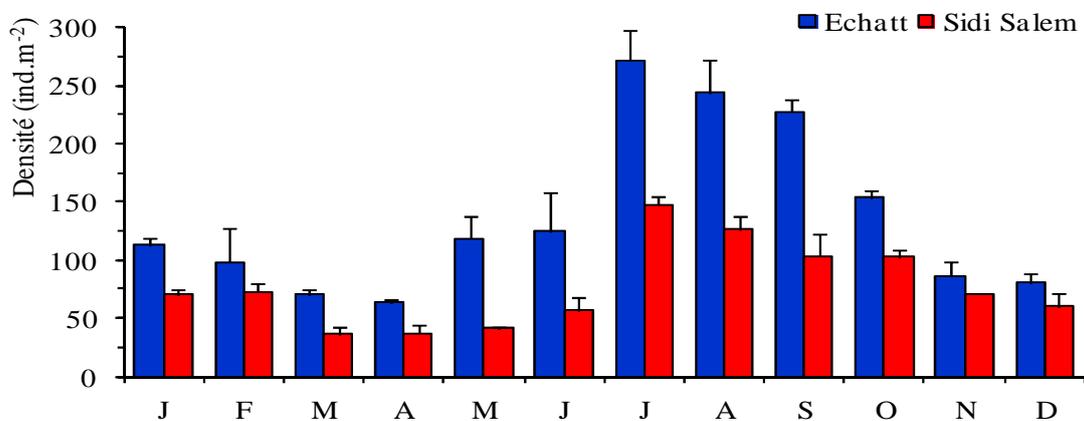


**Figure 32.** Dominance (%) de *Donax trunculus* dans les deux plages : Sidi Salem (A) et Echatt (B) (Juin 2012).

## 5. Structure et dynamique de population

### 5.1. Évolution de la densité

L'évolution quantitative chez *Donax trunculus* dans la zone d'étude est estimée à partir des variations spatio-temporelles de la densité dans les deux sites retenus (Sidi Salem et Echatt) (**Fig. 33**). La répartition annuelle des densités révèle d'importantes fluctuations passant de 36 ind.m<sup>-2</sup> en mars (Sidi Salem) à 272 ind.m<sup>-2</sup> en juillet (Echatt). D'avril à juillet, on décèle une augmentation remarquable de la densité pour atteindre une valeur maximale de 272 ind.m<sup>-2</sup> pour la plage d'Echatt et 148 ind.m<sup>-2</sup> pour celle de Sidi Salem, puis on enregistre une diminution graduelle durant le reste de l'année jusqu'à décembre. Par ailleurs, durant toute la période d'étude on relève une différence numérique entre les deux sites étudiés. Celle-ci est nettement en faveur de la plage d'Echatt ; dans certaines situations elle représente le double ou un peu plus, notamment entre juillet et septembre (**Fig. 33**).



**Figure 33.** Variations spatio-temporelles de la densité ( $m \pm s$ ) de *Donax trunculus* dans le golfe d'Annaba durant l'année 2012.

Les résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (**Tab. III**), montrent qu'il existe une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les deux stations pendant la majorité des mois d'étude, à l'exception en février, juin, novembre et décembre ; où on enregistre des différences non significatives.

**Tableau III.** Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois de la densité. 1 : Echatt, 2 : Sidi Salem.

Mois	F <sub>obs</sub>	P	Tukey
Janvier	60,76	0,016*	1 [A] - 2 [B]
Février	1,52	0,34 N.S	1 [A] - 2 [A]
Mars	42,20	0,023*	1 [A] - 2 [B]
Avril	29,62	0,032*	1 [A] - 2 [B]
Mai	33,67	0,028*	1 [A] - 2 [B]
Juin	7,85	0,107 N.S	1 [A] - 2 [A]
Juillet	39,49	0,024*	1 [A] - 2 [B]
Aout	30,48	0,031*	1 [A] - 2 [B]
Septembre	58,31	0,017*	1 [A] - 2 [B]
Octobre	65,42	0,015*	1 [A] - 2 [B]
Novembre	3,05	0,223 N.S	1 [A] - 2 [A]
Décembre	3,93	0,186 N.S	1 [A] - 2 [A]

Par ailleurs, pour l'analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) (**Tab. IV**), on décèle une différence très hautement significative pour les facteurs temps, stations et l'interaction temps/ stations ( $p = 0,001$ ).

**Tableau IV.** Analyse de la variance à deux critères de classification (stations, mois) de la densité de *D. trunculus* dans les deux sites prospectés durant la période d'étude.

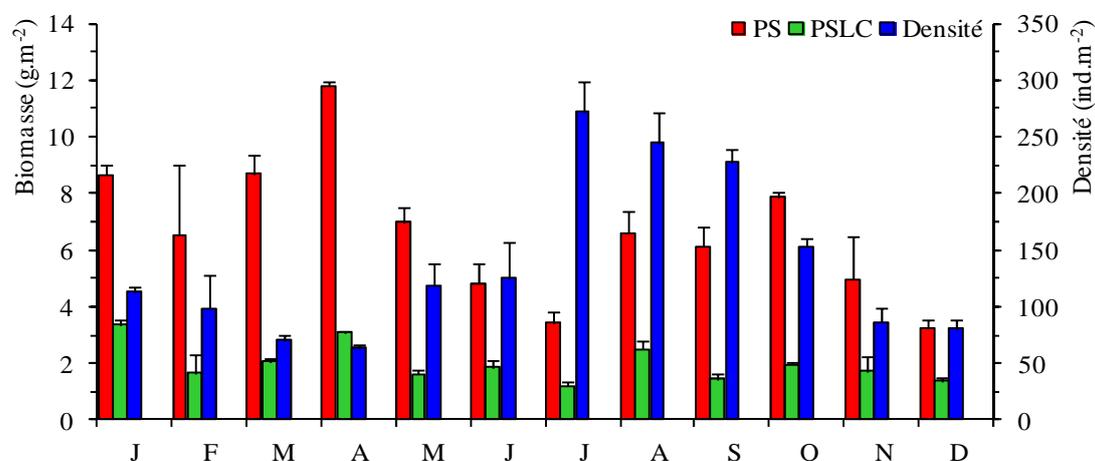
Sources de variation	F <sub>obs</sub>	P
Stations	199,76	0,000***
Mois	50,43	0,000***
Stations*Mois	8,08	0,000***

## 5.2. Variations de la biomasse

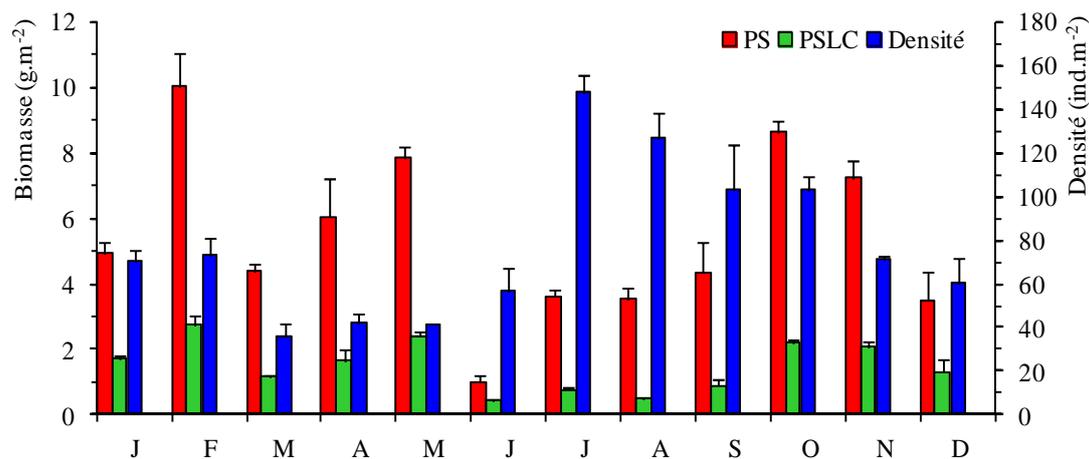
**Site d'Echatt :** Dans ce site, les variations temporelles de la biomasse révèlent d'importantes variations (**Fig. 34**). En effet, les valeurs exprimées en PS passent de 3,25 g.m<sup>-2</sup> (décembre) à 11,78 g.m<sup>-2</sup> (avril). D'une manière générale, chez ce bivalve on enregistre une augmentation pondérale au printemps et en automne ; coïncidant avec les deux phases majeures de recrutement de l'espèce, et une baisse en hiver et en été. Par ailleurs, la biomasse exprimée en PSLC passe de 1,19 g.m<sup>-2</sup> (juillet) à 3,37 g.m<sup>-2</sup> (janvier).

**Site de Sidi Salem :** Dans cette plage, les valeurs les plus remarquables de la biomasse sont enregistrées juste avant la ponte, en hiver avec 10 g/m<sup>2</sup> (PS), et 2,75 g/m<sup>2</sup> (PSLC) (février) (**Fig. 35**). Alors que, les biomasses les plus basses sont relevées au début de l'été (juin) avec 1,01 g.m<sup>-2</sup> (PS) et 0,42 g.m<sup>-2</sup> (PSLC).

Les résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (**Tab. V**), indiquent une différence hautement significative ( $p = 0,01$ ) entre les deux sites en janvier. Alors qu'en mars, avril, juin et août, l'analyse confirme l'existence d'une différence significative ( $p = 0,05$ ). Par ailleurs, les autres mois du cycle la différence est non significative.



**Figure 34.** Variations mensuelles de la biomasse (g.m<sup>-2</sup>, en PS et PSLC) et de la densité (ind.m<sup>-2</sup>) dans le site d'Echatt.



**Figure 35.** Variations mensuelles de la biomasse ( $\text{g.m}^{-2}$ , en PS et PSLC) et de la densité ( $\text{ind.m}^{-2}$ ) le site de Sidi Salem.

**Tableau V.** Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois de la biomasse. 1 : Echatt ; 2 : Sidi Salem.

Mois	$F_{\text{obs}}$	$p$	Tukey
Janvier	102,13	0,010**	1 [A] - 2 [B]
Février	3,29	0,211 N.S	1 [A] - 2 [A]
Mars	81,02	0,012*	1 [A] - 2 [B]
Avril	45,17	0,021*	1 [A] - 2 [B]
Mai	4,06	0,181 N.S	1 [A] - 2 [A]
Juin	53,34	0,018 *	1 [A] - 2 [B]
Juillet	0,38	0,601 N.S	1 [A] - 2 [A]
Aout	26,29	0,036*	1 [A] - 2 [B]
Septembre	4,88	0,158 N.S	1 [A] - 2 [A]
Octobre	6,60	0,124 N.S	1 [A] - 2 [A]
Novembre	4,19	0,177 N.S	1 [A] - 2 [A]
Décembre	0,13	0,750 N.S	1 [A] - 2 [A]

L'analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) (**Tab. VI**), montre une différence très hautement significative pour les facteurs temps, stations et l'interaction temps/ stations ( $p = 0,001$ ).

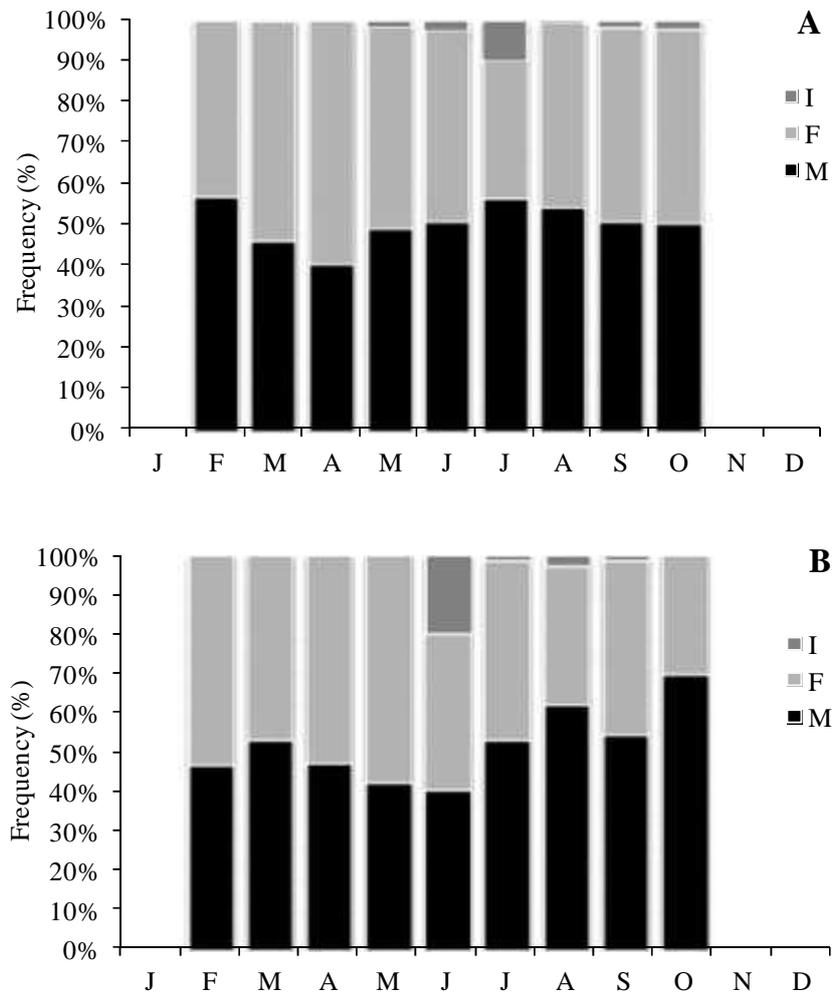
**Tableau VI.** Analyse de la variance à deux critères de classification (stations, mois) de la biomasse de *D. trunculus* dans les deux sites durant la période d'étude.

Sources de variation	$F_{\text{obs}}$	$P$
Stations	26,60	0,000***
Mois	24,61	0,000***
Stations*Mois	12,62	0,000***

### 5.3. Évolution du sex-ratio

Chez *Donax trunculus*, la différenciation sexuelle n'est possible que pendant la période d'activité sexuelle. Par conséquent, le rapport entre les deux sexes a été calculé pendant cette période qui s'étale de février à octobre, où le sexe est macroscopiquement identifiable.

Globalement, les fréquences relatives des deux sexes montrent une certaine égalité entre les mâles et les femelles dans les deux sites d'étude (**Fig. 36**). Les individus immatures sont décelés durant la période qui s'étale de mars à octobre (phase de recrutement). Leur présence demeure faible (0,33 – 3,03%), à l'exception en mois de juillet à la plage d'Echatt (9%) et en juin à la plage de Sidi Salem (20%).

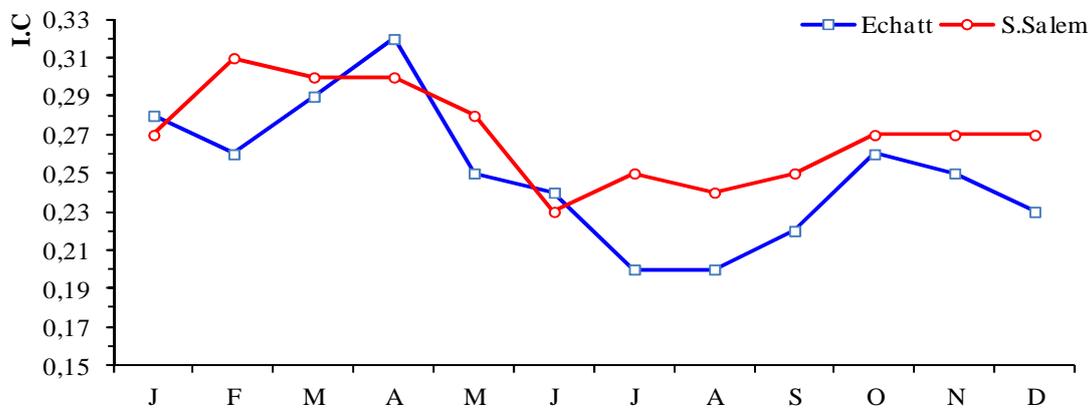


**Figure 36.** Fréquence relative des sexes dans les deux stations prospectées pendant l'année 2012. (A: Echatt, B: Sidi Salem, M: mâles, F: femelles, I: indifférenciés).

#### 5.4. Fluctuations de l'indice de condition (I.C)

Le suivi mensuel de l'indice de condition (I.C) chez *Donax trunculus* prélevée dans les deux sites d'étude, révèle d'importantes fluctuations spatio-temporelles (**Fig. 37**). Les plus importantes valeurs de cet indice sont enregistrées au printemps et en automne avec un maximum de 0,32 en avril (Echatt). Par ailleurs les valeurs les plus basses sont relevées en hiver et surtout en été avec un minimum de 0,20 en juillet et août dans le même site. Dans la plage de Sidi Salem l'indice de condition passe de 0,23 (juin) à 0,31 (février). Par ailleurs, les valeurs obtenues concernant cet indice, montrent une légère augmentation en faveur des individus récoltés dans la plage de

Sidi Salem, traduisant ainsi une biomasse légèrement plus élevée par rapport à la population colonisant la plage d'Echatt.



**Figure 37.** Variations mensuelles de l'indice de condition (I.C.) chez *Donax trunculus* pêchée à Echatt et Sidi Salem, durant l'année 2012.

### 5.5. Répartition des classes de tailles et détermination du recrutement

L'étude de la structure de tailles d'une espèce est d'un grand intérêt ; notamment la connaissance instantanée des tailles les plus représentatives, les périodes de ponte et la durée de vie des différentes classes de tailles (Bachelet, 1981 ; Dauvin, 1988 ; Bazairi, 1999 ; Zine, 2004).

La **figure 38** explique la répartition des histogrammes relatifs à la distribution mensuelle des fréquences de tailles des individus du bivalve *D. trunculus* prélevés dans les deux sites d'Echatt et de Sidi Salem, pendant la période d'étude (2012).

La répartition temporelle des fréquences de tailles chez ce Donacidé, montre une évolution relativement similaire des différentes classes de tailles pour les deux sites prospectés ; avec un déplacement vers la gauche du mode de janvier à juin. Au mois d'avril, le site d'Echatt montre l'apparition de nouvelles recrues de la classe de taille [4-6[ mm avec une fréquence de 0,63%, soit deux individus appartenant à la plus petite classe de tailles. Cependant, cette classe de taille n'apparaît à Sidi Salem qu'au mois de mai avec une fréquence de 0,96% soit deux individus. Globalement, on enregistre deux phases de recrutement ; la première phase de recrutement apparaît à la fin du printemps (en mai pour le site d'Echatt et en juin pour le site de Sidi Salem), qui s'étale pendant la saison estivale (moins intense en août), et une seconde phase automnale (septembre – octobre) dans les deux sites.

De juin à décembre, on enregistre une évolution croissante des classes de tailles pour les deux sites d'étude. Durant la période d'étude, la plus petite taille rencontrée chez *D. trunculus* appartient à la classe de taille [4-6[ mm, avec une taille de 4,88 mm (mai, Echatt). Alors que la plus grande taille décelée est de 39,67 mm (avril, Echatt), appartenant à la classe de tailles [38-40[ mm.

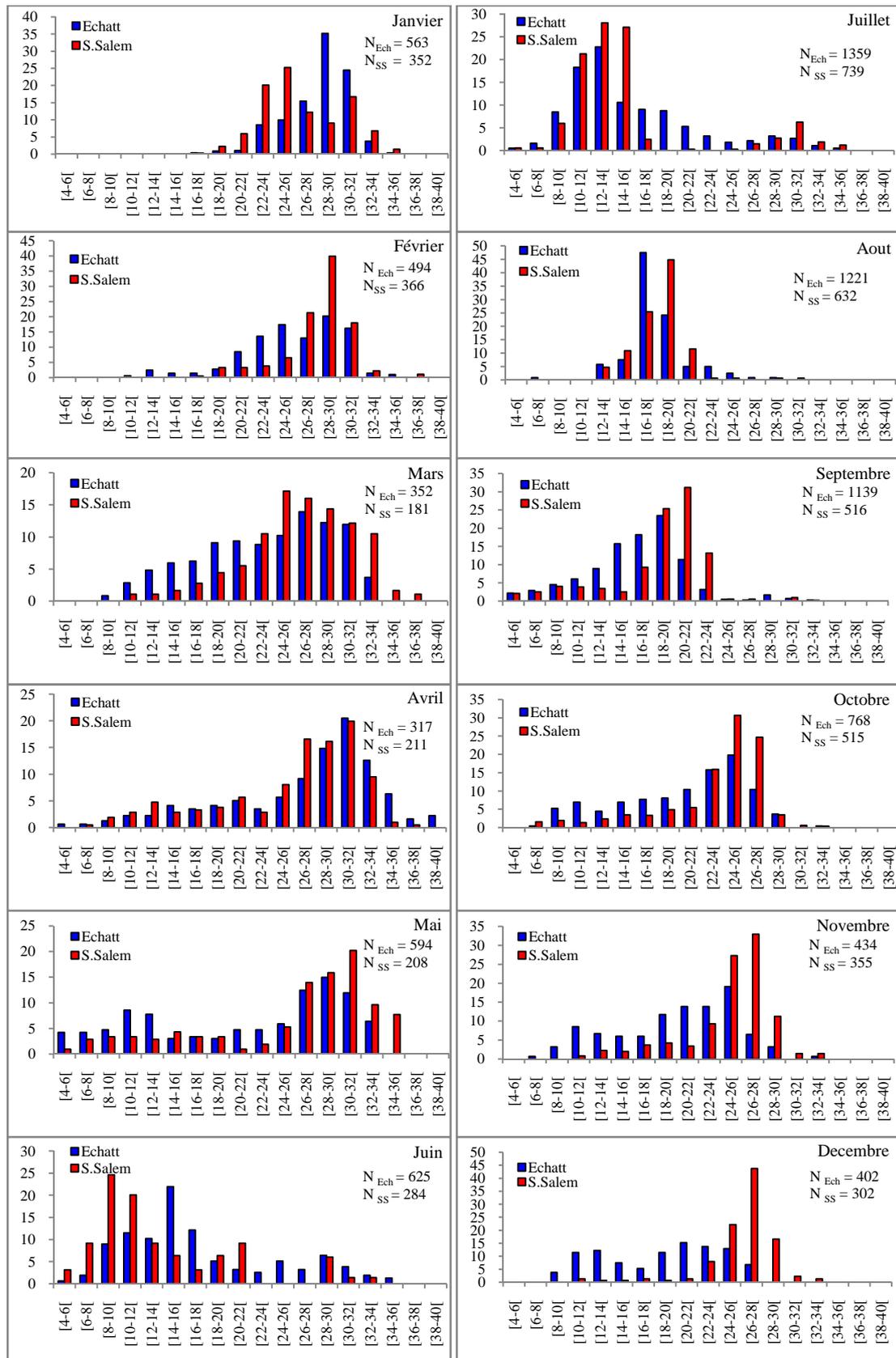
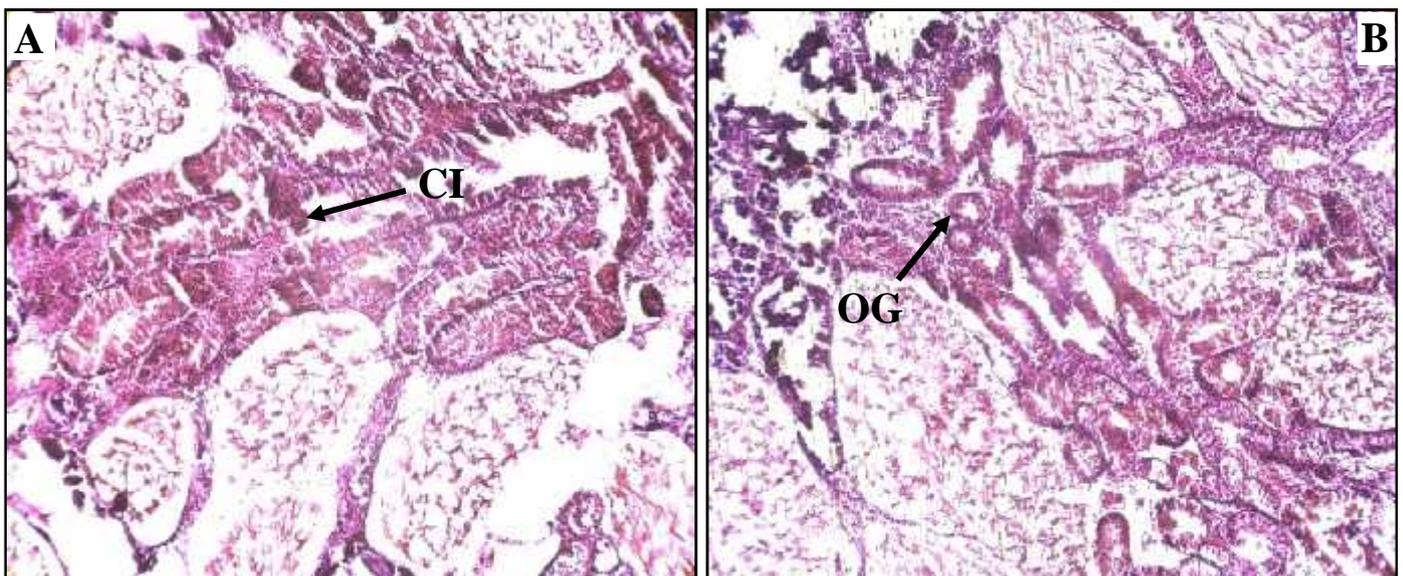


Figure 38. Distribution mensuelle des fréquences de tailles chez *Donax trunculus* pêchée à Echatt et à Sidi Salem, durant l'année 2012.

## 5.6. Étude de l'ovogénèse

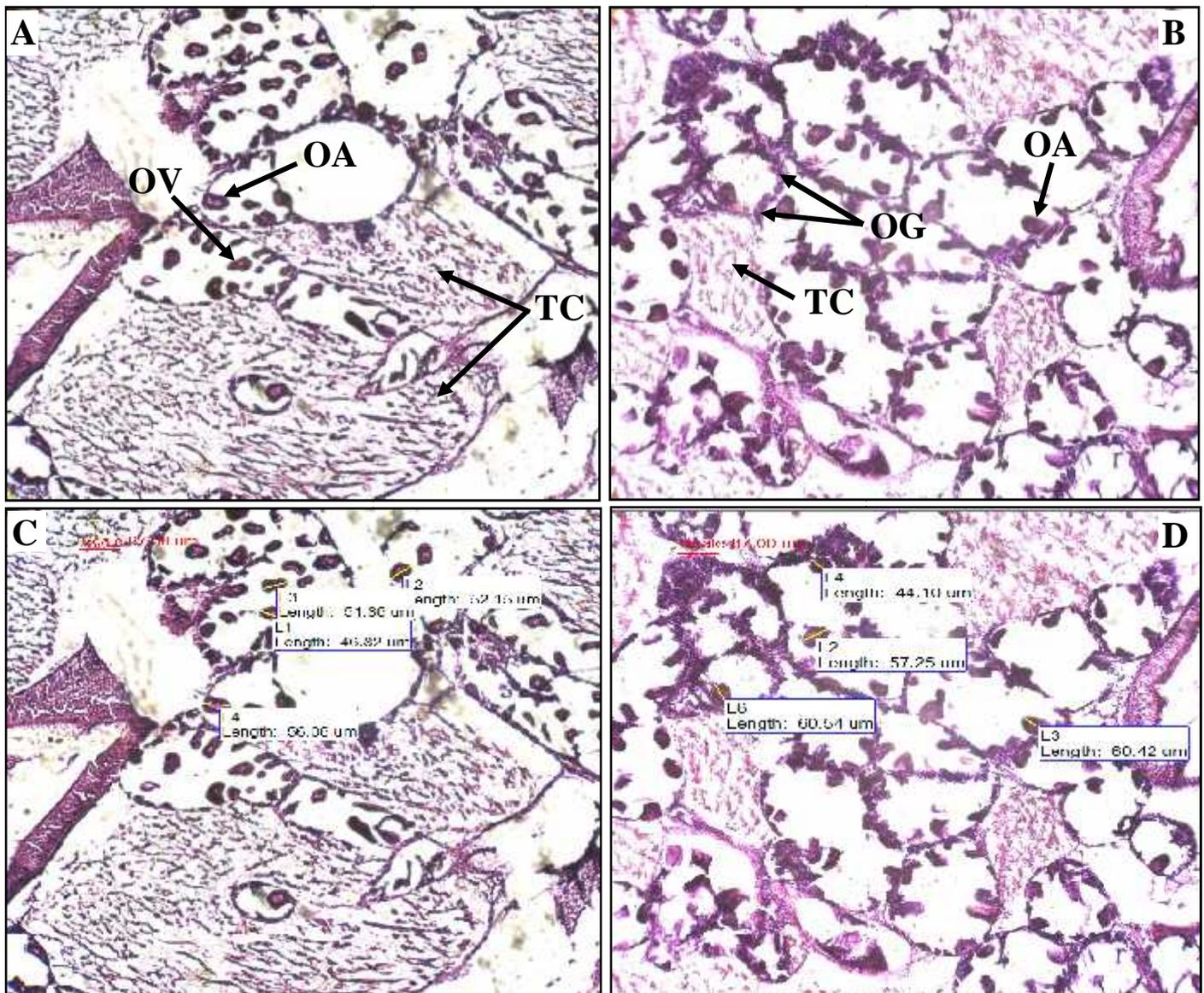
L'objectif de cette étude est de suivre l'évolution de l'ovogénèse et la caractérisation des différents stades de son développement, ainsi que la détermination d'éventuelles perturbations du cycle de la reproduction chez *Donax trunculus* prélevée dans les deux sites retenus; différents par leur degré de pollution. A cet effet, des femelles matures (> 10 mm) ont été collectées mensuellement durant un cycle (2012) dans un site exposé à la pollution : plage de Sidi Salem, et dans un autre site plus ou moins éloigné des sources de contamination : plage d'Echatt. L'examen histologique de la gonade femelle dans les deux sites, a permis l'identification de quatre stades de développement gamétogénique : (1) repos sexuel, (2) reprise de l'activité génitale, (3) gamétogénèse, (4) maturité génitale. Les caractéristiques morphologiques et cytologiques de différenciation entre ces stades sont :

**Stade 0** : repos sexuel, les ovocytes sont de taille très réduite. On observe un tissu gonadique constitué majoritairement d'un tissu conjonctif (**Fig. 39**). Cette phase est caractérisée par l'accumulation des réserves adipogranuleuses et des cellules vésiculeuses. Le manteau est alors homogène et transparent. Par conséquent, il est impossible d'identifier le sexe de *D. trunculus* à ce stade.



**Figure 39. Stade 0** : "Repos sexuel", apparition d'acinis de taille réduite à l'intérieur desquels on distingue des ovogonies. **A**: Ovaire en octobre (Gx100), **B**: Ovaire en novembre (Gx100). **CI**: cellule indifférencié ; **OG**: ovogonie.

**Stade I** : reprise de l'activité génitale, à ce stade les gonies se multiplient d'où l'augmentation du volume des ovocytes au dépend du tissu conjonctif. Le sexe de l'haricot de mer peut alors être identifié. On peut observer des ovogonies sur la paroi des ovaires et quelques ovocytes en vitellogénèse (**Fig. 40**). On distingue également une apparition de follicules dispersés dans le tissu conjonctif et présentant des ovocytes en maturation et collés à la paroi. À ce stade, le diamètre ovocyttaire moyen est d'environ 79  $\mu\text{m}$ .

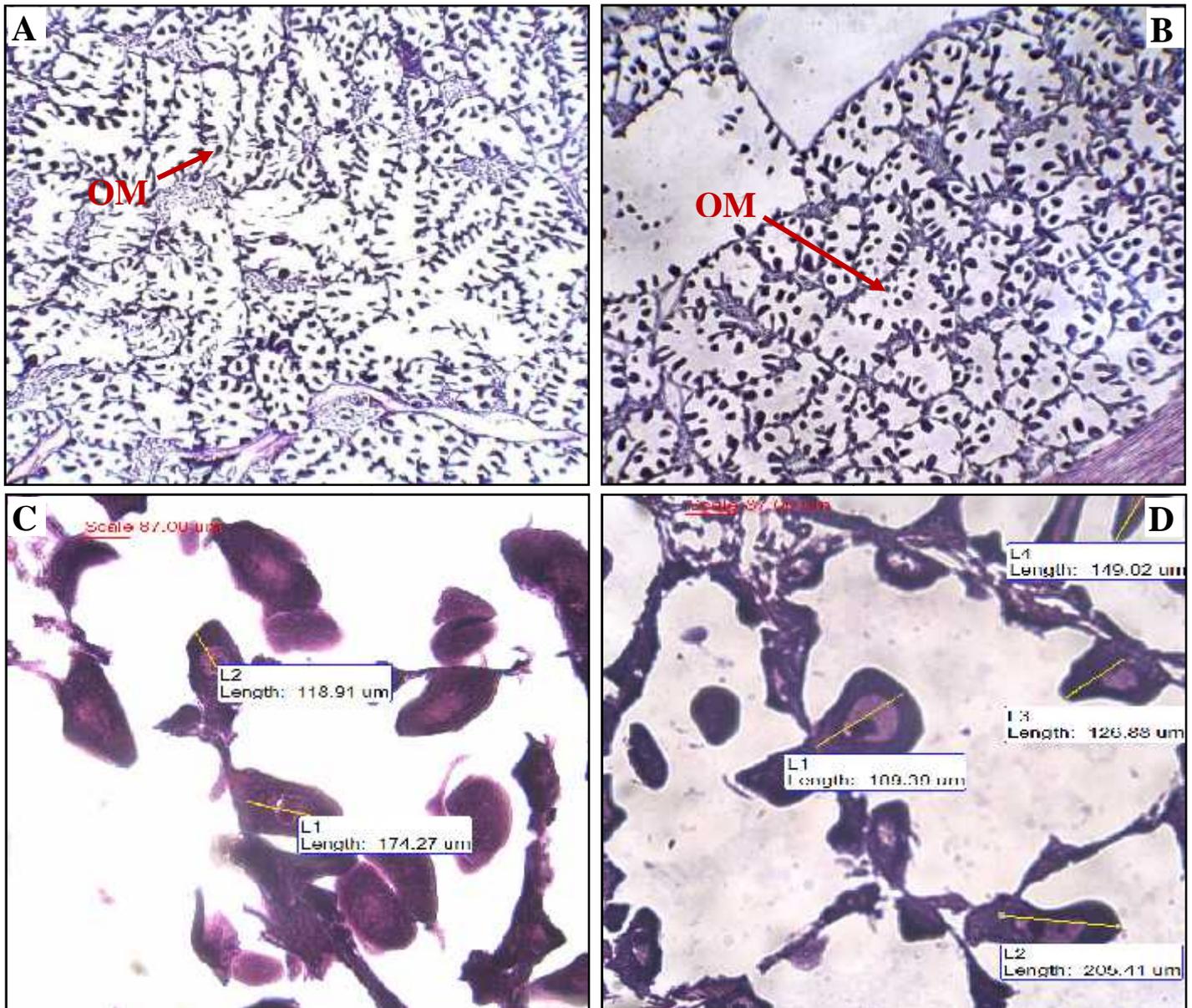


**Figure 40. Stade I :** "Reprise de l'activité sexuelle". **A:** ovaire en décembre (Gx200) ; **B:** ovaire en janvier (Gx200) ; **C & D :** Biométrie. **OA:** ovocyte adhérent ; **OG:** ovogonie ; **OV:** ovocyte vitéllogénétique ; **TC:** tissu conjonctive.

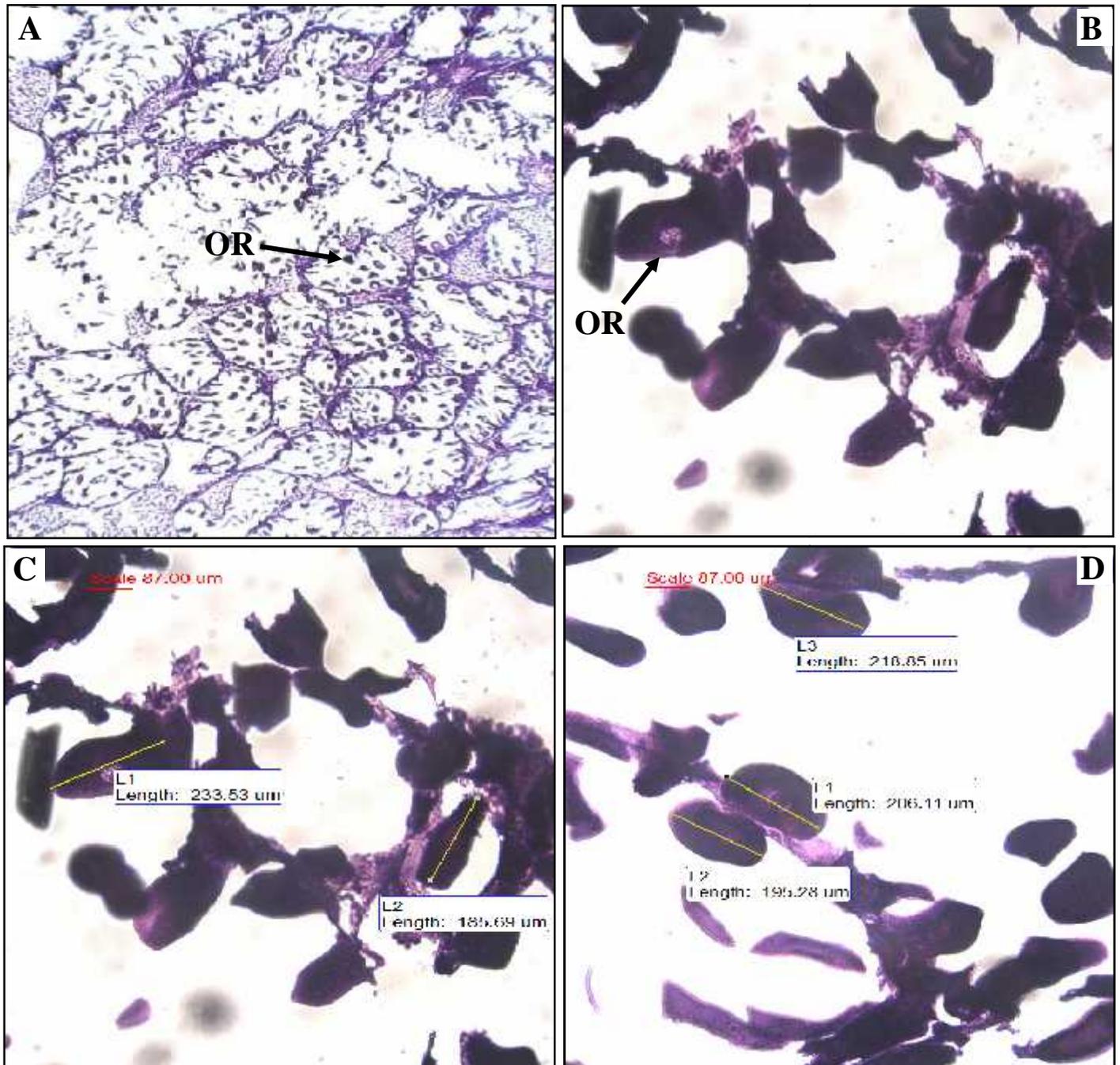
**Stade II :** gamétogenèse, on observe sur la paroi des ovaires des ovocytes pédonculés en cours de détachement et des ovocytes matures qui acquièrent une forme polygonale du fait de leur entassement à la lumière des tubules gonadiques. Lors de cette phase, le diamètre ovocyttaire moyen est d'environ 120  $\mu\text{m}$ . Le tissu conjonctif est rétréci en faveur des follicules en développement qui présentent en leur lumière des ovocytes matures (**Fig. 41**). À ce stade les individus sont facilement excitables et libèrent leurs gamètes sous l'action des stimuli externes.

**Stade III :** maturité génitale, à ce stade les ovocytes sont partiellement ou totalement vidés de leur contenu. Parfois, il y a présence d'ovocytes résiduels avec un diamètre moyen d'environ 122  $\mu\text{m}$ , non émis à la fin du cycle (**Fig. 42**). Les acini ont un aspect

déchiré et seront résorbés par l'organisme. Le tissu gonadique sera envahi à nouveau par le tissu conjonctif. C'est la restauration de la gonade le renouvellement gamétique à lieu. Au cours de ce stade, l'activité germinale s'arrête complètement. D'importants phénomènes ont lieu dans le manteau. Les follicules s'écroulent et dégènèrent. Les amoebocytes attaquent les gamètes non pondus. On observe souvent dans la lumière des follicules et des débris cellulaires. L'animal se trouve de nouveau au stade de repos sexuel.



**Figure 41. Stade II :** Maturation des gonades. **A :** ovaire en février (Gx100) ; **B :** ovaire en mars (Gx100) ; **C & D :** Biométrie (Gx400). Les ovocytes acquièrent une forme polygonale, le tissu conjonctif rétrécit en faveur des follicules en développement. **OM :** ovocyte mature.



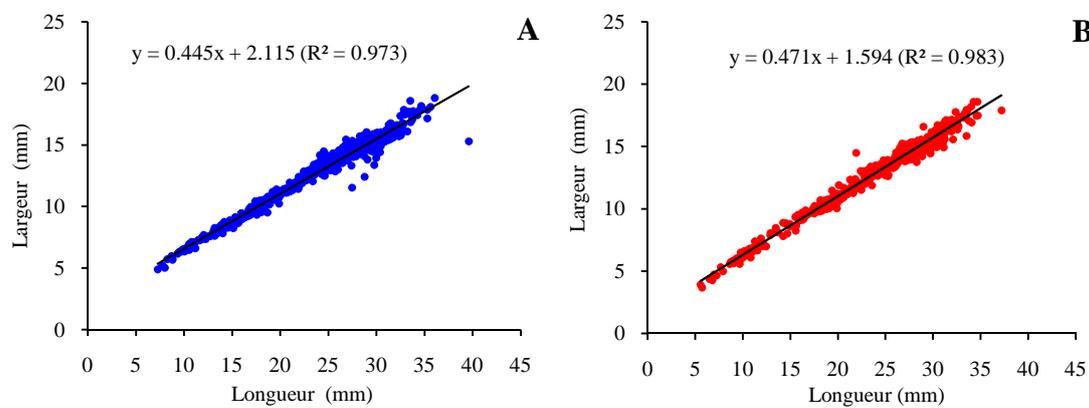
**Figure 42. Stade III : Maturation des ovocytes et émission gamétique. A:** ovaire en mars (Gx100); **B:** ovaire en avril (Gx400); **C & D :** Biométrie (Gx400). **OR:** ovocyte résiduelle.

## 5.7. Étude de biométrie et de la croissance

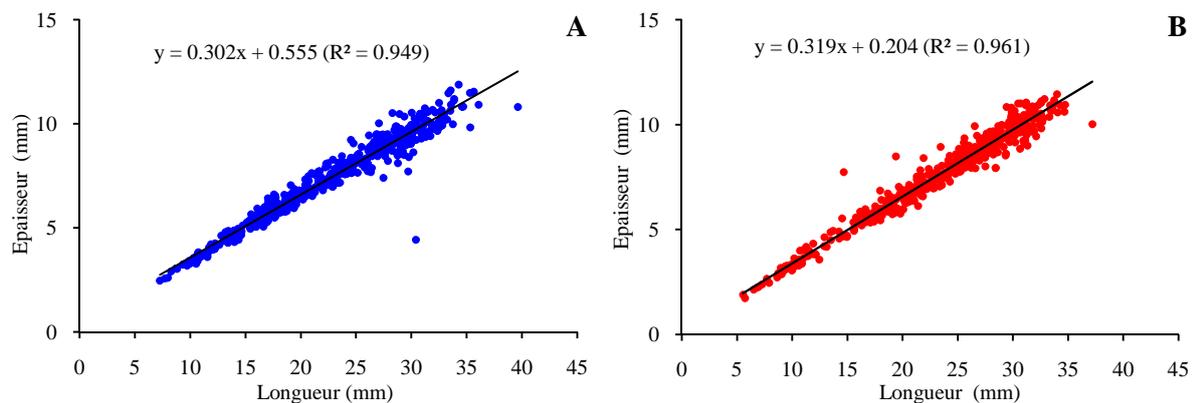
### 5.7.1. Biométrie

Les équations des différents caractères métriques (la largeur H et l'épaisseur E) en fonction de la longueur ( $L_t$ ), leur coefficient de corrélation (R), leur effectif, leur coefficient d'allométrie et leurs valeurs limites sont présentées dans le **tableau VII**. Ces différents paramètres métriques en fonction de la longueur sont représentés par des courbes linéaires (**Figs 43 et 44**).

L'étude biométrique de la population de *D. trunculus* collectée dans les deux sites d'étude (Sidi Salem et Echatt), montre une corrélation très hautement significative ( $0,98 \leq r \leq 0,99$  ;  $p < 0,001$ ) entre la largeur (H) et la longueur ( $L_t$ ) et aussi pour l'épaisseur (E) et la longueur ( $L_t$ ) ( $0,97 \leq r \leq 0,98$  ;  $p < 0,001$ ). Ces paramètres décèlent une allométrie minorante chez la population étudiée dans les deux sites prospectés.



**Figure 43.** Droites de régression de la largeur en fonction de la longueur chez la population de *D. trunculus* (A : Echatt et B : Sidi Salem).



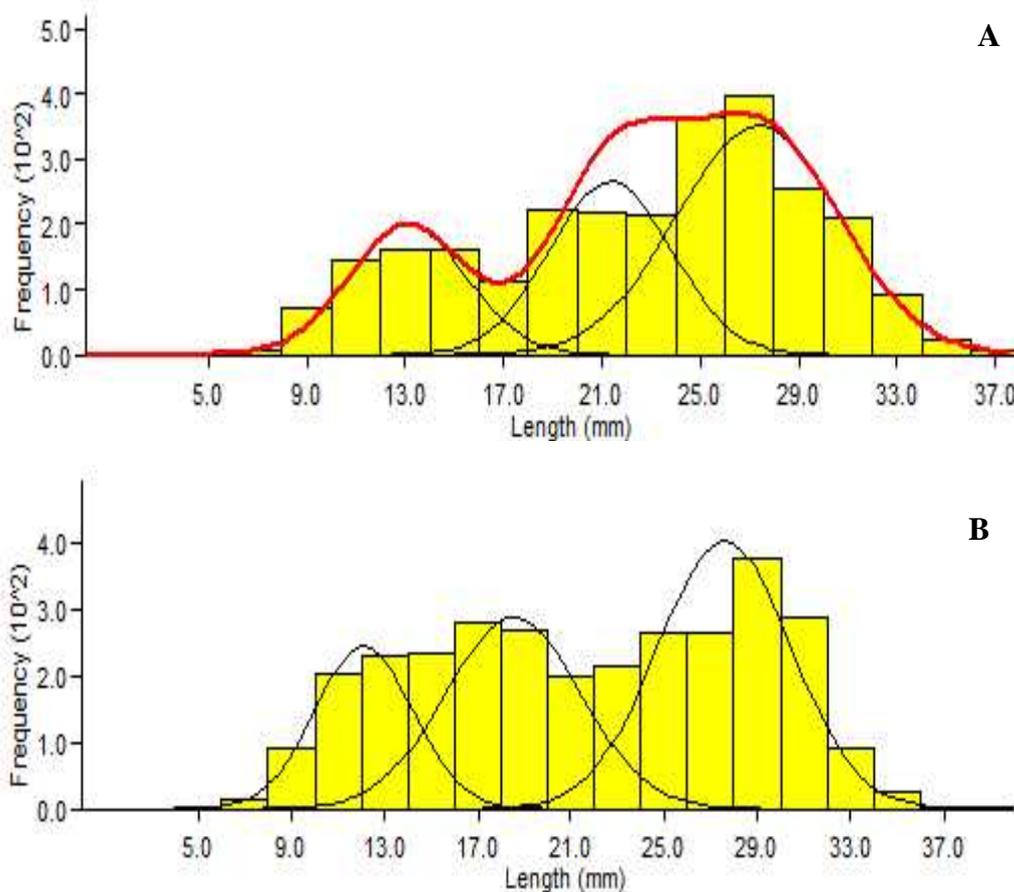
**Figure 44.** Droites de régression de l'épaisseur en fonction de la longueur chez la population de *D. trunculus* (A : Echatt et B : Sidi Salem).

**Tableau VII.** Les équations des différents caractères métriques (H: largeur et E : épaisseur) en fonction de la longueur ( $L_t$ ) chez *D. trunculus*, collectée à Sidi Salem et à Echatt, durant l'année 2012.

Fonction	R	Effectif (N)	Equation linéaire	Equation de régression	Relation biometrique	Les valeurs limite
H = f( $L_t$ ) Sidi Salem	0,99	480	$H = 0,84L_t^{-0,05}$	$H = 0,89L_t^{0,84}$	Allométrie minorante	$5,53 < L < 37,17$ $3,92 < H < 17,9$
E = f( $L_t$ ) Sidi Salem	0,98	480	$E = 0,97L_t^{-0,45}$	$E = 0,35L_t^{0,97}$	Allométrie minorante	$5,53 < L < 37,17$ $1,9 < E < 10,02$
H = f( $L_t$ ) Echatt	0,99	480	$H = 0,8L_t^{-0,004}$	$H = 0,98L_t^{0,8}$	Allométrie minorante	$7,27 < L < 39,61$ $4,89 < H < 15,28$
E = f( $L_t$ ) Echatt	0,98	480	$E = 0,93L_t^{-0,39}$	$E = 0,4L_t^{0,93}$	Allométrie minorante	$7,27 < L < 39,61$ $2,46 < E < 10,8$

### 5.7.2. Croissance

- **Croissance linéaire absolue** : L'application de la méthode de [Bhattacharya \(1967\)](#), nous a permis de déceler trois cohortes concernant trois groupes d'âges différents pour les deux sites d'étude (**Fig. 45**). Cette méthode nous a permis également de dresser les couples âges - longueurs (**Tab. VIII**).



**Figure 45.** Les différents groupes d'âges chez *D. trunculus* dans les deux sites d'étude : Sidi Salem (A) et Echatt (B), selon la méthode de [Bhattacharya \(1967\)](#).

**Tableau VIII.** Détermination des groupes d'âge chez *D. trunculus* dans les deux sites prospectés (Sidi Salem et Echatt) selon la méthode de [Battacharya \(1967\)](#).

Site	Âge (ans)	Longueur total (mm)	Écart-type
Sidi Salem (N = 2653)	1	13,10	2,37
	2	21,35	2,47
	3	27,35	3,31
Echatt (N = 3043)	1	12,10	2,1
	2	18,52	2,9
	3	27,61	2,85

L'utilisation de ces couples d'âges-longueurs à l'aide du logiciel Fishsat II ([version 1.2.3](#)), nous a permis d'établir les différents paramètres du modèle de [Von Bertalanffy \(1938\)](#) avec l'équation de ce modèle rapportée dans le **tableau IX**.

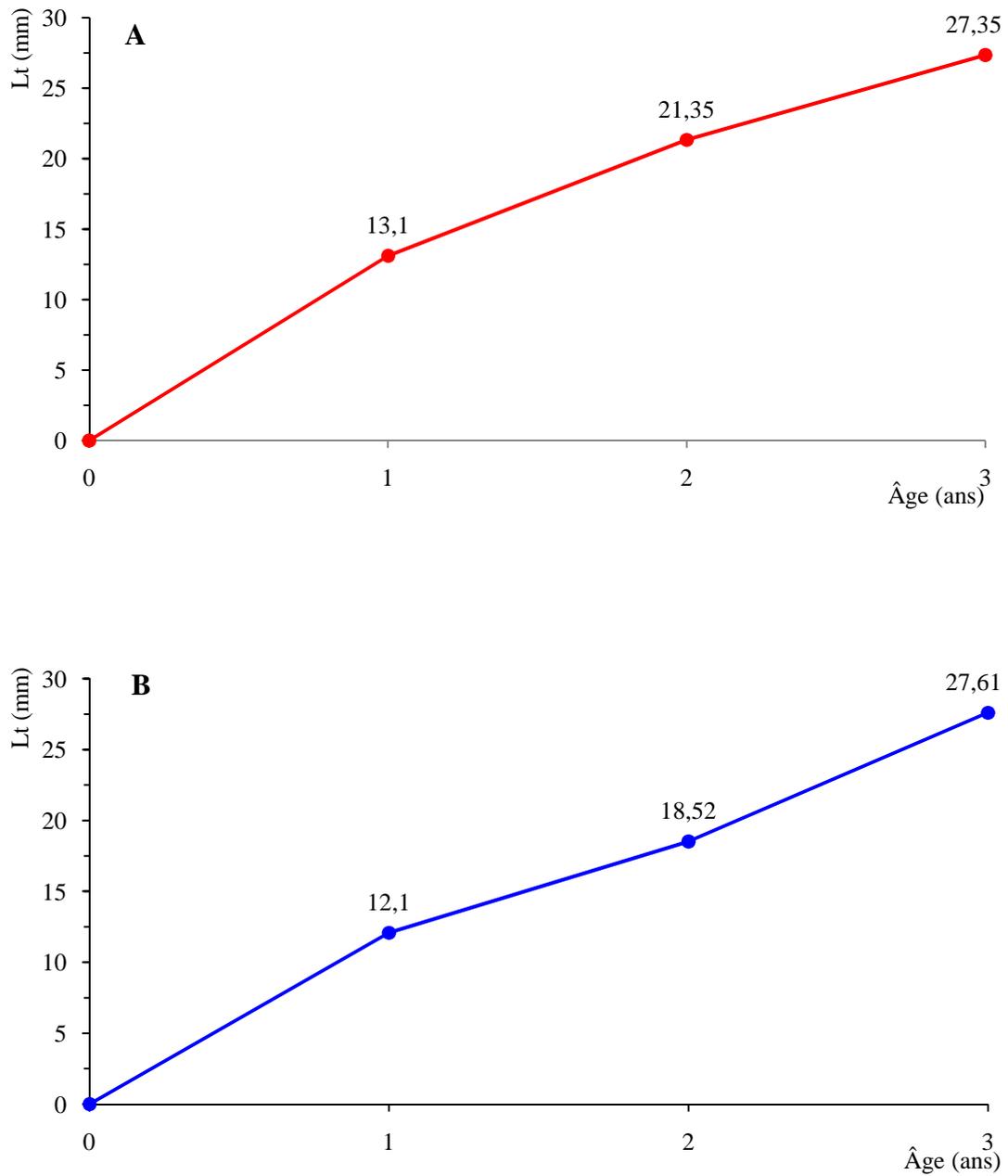
**Tableau IX.** Les différents paramètres du modèle de Bertalanffy chez *D. trunculus* dans les sites prospectés.

Site	L	K	t <sub>0</sub>	Équation	Effectif (N)	Limites d'âge (année)
Sidi Salem	54,70	0,15	- 1,24	$L_t = 54,70 [1 - e^{-0,15(t+1,24)}]$	2653	1-3
Echatt	55,22	0,14	- 1,21	$L_t = 55,22 [1 - e^{-0,14(t+1,21)}]$	3043	1-3

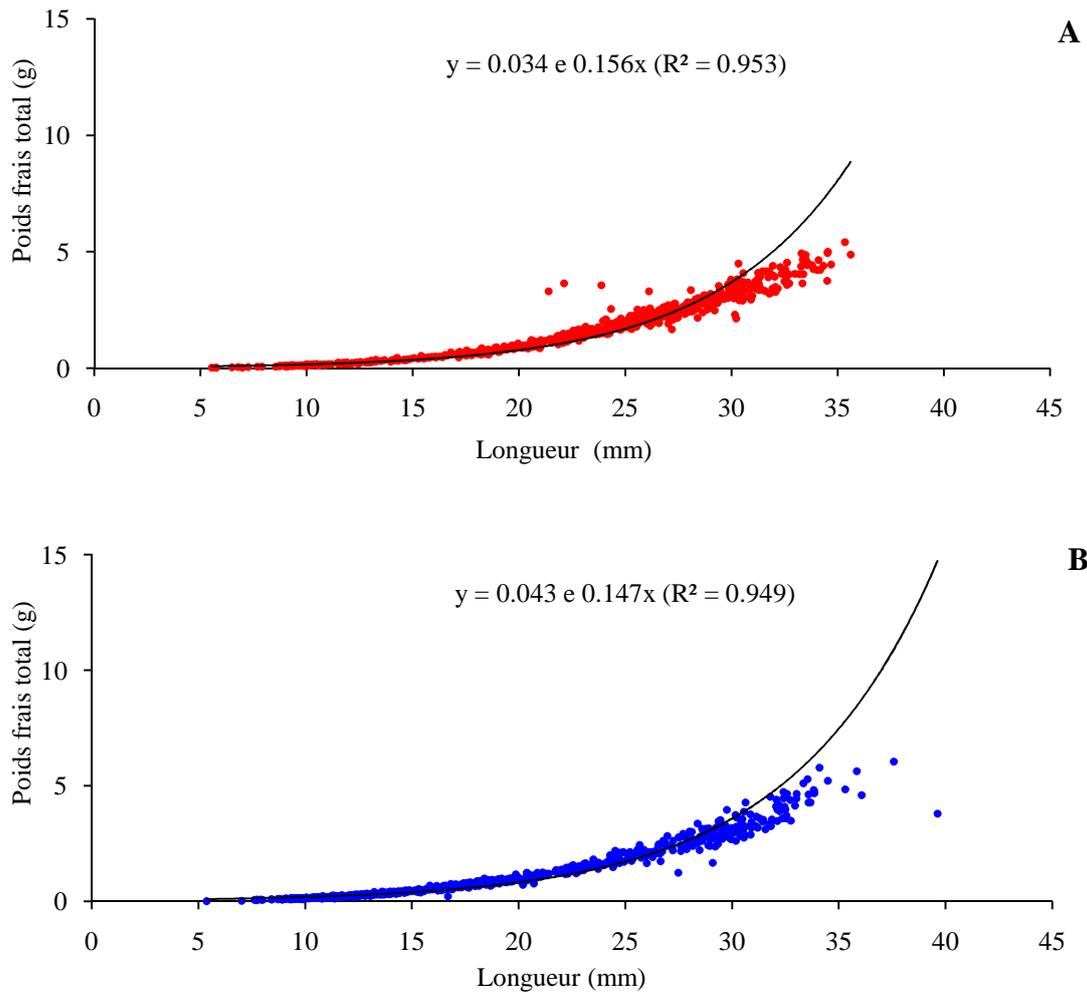
Chez la population de *D. trunculus* pêchée dans les deux sites (Sidi Salem et Echatt), le taux de croissance annuel est élevé durant la première année : 12,10 mm (individus d'Echatt) et 13,10 mm (individus de Sidi Salem). Puis, ce taux de croissance diminue progressivement durant la deuxième année : 6,42 mm (individus d'Echatt) et 8,25 mm (individus de Sidi Salem), et la troisième année : 9,09 mm (individus d'Echatt) et 6 mm (individus de Sidi Salem) (**Fig. 46 A, B**).

- **Croissance relative** : L'étude de la croissance relative ou la relation taille-masse sur 720 individus de *D. trunculus*, pris au hasard dans l'ensemble de nos échantillons de Sidi Salem (**Fig. 47, A**) et de ceux d'Echatt (**Fig. 47, B**), a permis d'établir l'équation de croissance, ainsi que ces paramètres ( $r$ ,  $b$ ,  $t_{obs}$  et le type d'allométrie correspondant) rapportés dans le **tableau X**.

Chez *D. trunculus* pêchée dans les deux sites, on a décelé une corrélation très hautement significative entre le poids frais total et la longueur ( $r = 0,99$  ;  $p < 0,001$ ). D'autre part, dans cette analyse les coefficients d'allométrie ( $b = 2,82$  ;  $t_{obs} = 11,91$  pour le site d'Echatt et  $b = 2,93$  ;  $t_{obs} = 4,57$  pour le site de Sidi Salem), sont inférieurs à 3, traduisant ainsi une croissance d'allométrie minorante, pour laquelle la taille croît plus rapidement que le poids pour les deux sites.



**Figure 46.** Croissance linéaire observée et théorique chez la population de *D. trunculus* dans les sites de Sidi Salem (A) et d'Echatt (B).



**Figure 47.** Courbe exponentiel du poids frais total (g) en fonction de la longueur (mm) chez *D. trunculus* dans les deux sites prospectés (Sidi Salem : **A** et Echatt : **B**).

**Tableau X.** La relation taille poids chez la population de *D. trunculus* colonisant les sites de Sidi Salem et d'Echatt.

Site	R	N	b	$t_{obs}$	Equation de régression	Type d'allométrie
Sidi Salem	0,99	720	2,93	4,57	$P = 0,0001 L^{-2,93}$	Allométrie minorante
Echatt	0,99	720	2,82	11,91	$P = 0,0002 L^{-2,82}$	Allométrie minorante

## 6. Statistiques de pêche et estimation du stock naturel de l'haricot de mer

### 6.1. Exploitation et production

L'haricot de mer est un coquillage emblématique du golfe d'Annaba (partie Sud). Le métier de pêcheur d'haricot de mer dans la région a fait intéresser plusieurs jeunes pêcheurs pendant plusieurs années. Toutefois, la production ne cesse de baisser et il devient difficile de vivre de ce coquillage plébiscité localement.

Afin de mieux comprendre l'exploitation actuelle de l'haricot de mer dans le golfe d'Annaba, une enquête a été réalisée auprès d'un certain nombre de pêcheurs de la région. Cette étape permet de recueillir des informations chez des personnes directement impliquées dans l'activité et détenant souvent des données importantes et inédites. Ces pêcheurs ont également la possibilité de donner leur opinion sur cette activité.

Au total, nous avons pu réaliser une prospection auprès de 7 pêcheurs de la région. Le **tableau XI** résume les résultats de l'enquête qui a été effectuée avec des pêcheurs de ce bivalve. L'activité de pêche de l'haricot de mer se pratique essentiellement le long de la plage d'Echatt et d'une façon occasionnelle dans la plage de Sidi Salem, jusqu'à une profondeur ne dépassant pas 1,50 m. Elle se pratique à pied depuis la côte avec un cope, sorte de drague manuelle qui tamise le sable et retient les coquillages. Cette pêche regroupe sur la zone Sud du golfe des pêcheurs non déclarés, dont la majorité provient principalement du quartier de Sidi Salem ; un quartier riverain de la ville d'Annaba. Il est à noter que des zones de concentration d'haricot de mer existent, et que ces zones se déplacent aux grés des contraintes hydrodynamiques et de leur exploitation (épuisement du stock). L'ensemble des pêcheurs vendent directement leur récolte à des mandateurs sans purification des coquillages.

**Tableau XI.** Résultats de l'enquête réalisée auprès des pêcheurs de l'haricot de mer *Donax trunculus* collecté dans la partie Sud du golfe d'Annaba (Avril 2014).

Numéro du Pêcheurs	1	2	3	4	5	6	7
Nombre de pêcheurs	18	15-18	18	15-18	18	16	19
Engin de pêche	Cope						
Quantité journalière /pêcheur (Kg)	15	15-25	20	15-25	18	23	15-20
Durée d'activité de pêche (Jours)	170	180-210	150-160	190-210	165-185	210	190
Quantité annuelle/pêcheur (Tonne)	0,15	0,25	0,10	0,25	0,15	0,20	0,20
Période de repos de pêche (Jours)	195	155-185	205-215	155-175	180-200	155	175
Quantité commercialisée localement	18%	25%	15%	20%	15%	20%	25%
Quantité destinée aux hôtels d'Alger	82%	75%	85%	80%	85%	80%	75%
Existence d'une réglementation	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non

L'engin de pêche adopté par les jeunes pêcheurs dans la région est le râteau trainé appelé communément "le cope". Le nombre de pêcheurs varie selon les jours entre 15 et 18, dont l'âge oscille entre 20 et 40 ans. Pendant l'année, l'activité de pêche est irrégulière selon les conditions météorologiques d'une manière générale et l'état de la mer en particulier. Selon les pêcheurs questionnés, un collecteur d'haricot de mer peut collecter entre 15 et 25 Kg par jour ; soit 0,15 et 0,25 tonne par an par pêcheur. Les haricots de mer pêchés suivent deux destinations ; entre 15 et 25% sont commercialisés localement et 75 à 85% sont vendus aux hôtels notamment d'Alger. D'après notre enquête, jusqu'aujourd'hui la pêche de ce coquillage n'obéit à aucune réglementation en Algérie. Par conséquent, aucune donnée concernant les statistiques de pêche des mollusques d'une manière générale n'est disponible au niveau de la tutelle (Direction de la pêche).

## 6.2. Commercialisation

Les haricots de mer récoltés ne passent pas par la halle aux poissons, et sont vendus aux mandateurs au niveau des sites de pêche. Les coquillages sont stockés dans des sacs en fibre de plastique, d'une capacité d'environ 50 à 60 kg. La production principale (plus de la moitié) est transportée dans des camions frigorifiques destinée à l'hôtellerie du pays notamment celle de la capitale. L'autre partie de cette production sera vendue dans les marchés locaux. Les haricots de mer sont commercialisés frais.

## 7.3. État actuel du stock naturel

*Donax trunculus* colonise les rives du secteur Sud et Sud-Est du golfe d'Annaba jusqu'à une profondeur d'environ 7 m, soit une bande large d'environ 50 m dans la plage de Sidi Salem et d'environ 70 m dans la plage d'Echatt ; ceci en se basant sur la bathymétrie de chaque zone. Sachant que la longueur de la rive de la plage de Sidi Salem est d'environ 4250 m et celle d'Echatt est d'environ 5000 m, donc la surface de distribution de ce bivalve est de 212500 m<sup>2</sup> (21,25 ha) pour la plage de Sidi Salem et de 350000 m<sup>2</sup> (35 ha). Par ailleurs, le poids frais moyen avec test de l'haricot de mer à l'échelle de la zone de répartition est de 0,13 Kg.m<sup>-2</sup> pour la plage de Sidi Salem et de 0,21 Kg.m<sup>-2</sup> pour la plage d'Echatt.

Le stock naturel total (poids humide avec test) limité à la ceinture côtière (< 7 m) des deux plages : Sidi Salem et Echatt (environ 56,25 ha) sera estimée à 5,52 tonne pour la plage de Sidi Salem et à 14,7 tonne pour la plage d'Echatt.

$$B_{SS} = 0,13(212\ 500/5)X(1/1) = 5\ 525\ \text{Kg}$$

$$B_{Ech} = 0,21(350\ 000/5)X(1/1) = 14\ 700\ \text{Kg}$$

## CHAPITRE IV : DISCUSSION

### 1. Conditions physico-chimiques

Les variations de la température de l'eau sont tributaires des variations de la température atmosphérique ambiante et qui dépend elle aussi des variations saisonnières (Neveu *et al.*, 2001). De ce fait, les écarts thermiques en Méditerranée sont importants et peuvent atteindre 13°C (Barnabé et Barnabé-Quest, 1997). Par ailleurs, la température atmosphérique a également une action directe sur l'évaporation de l'eau et par conséquent sur la salinité des eaux superficielles (Belkheir et Hadj Ali, 1991).

Dans cette étude, les relevés de température effectuée au niveau de la plage de Sidi Salem et celle d'Echatt au cours de l'année 2012, révèlent une certaine similitude entre les deux sites ; où les fluctuations thermiques passent par un minimum de 15,02°C (février) à un maximum de 29,04°C (juillet), soit une amplitude annuelle de 14,02°C. La comparaison entre les températures moyennes des deux sites, montre que les eaux de Sidi Salem sont légèrement plus chaudes (21,76°C) par rapport à celles d'Echatt (21,28°C). Cette légère différence en faveur des eaux de Sidi Salem, serait probablement liée à l'influence des eaux de refroidissement du complexe FERTIAL (fertilisants d'Algérie), qui déversent non loin de cette plage. L'amplitude thermique au cours de la présente étude est très similaire à celle enregistrée dans différents travaux antérieurs réalisés dans le golfe d'Annaba (Frehi, 1995 ; Nouacer, 2002 ; Beldi, 2007 ; Khati-Hadj Moussa, 2009 ; Sifi, 2009 ; Hamdani, 2012), où l'amplitude était proche de 15°C. Alors que Frehi (2007), enregistre une amplitude plus faible de 12°C. Ces résultats sont bien supérieurs à ceux relevés dans les eaux du large du bassin algérien, où la température oscille entre 8 et 23°C, soit un écart de 8°C seulement (Benzohra, 1993). Au Nord du Maroc Chouikhi *et al.* (1993), signalent des extrêmes thermiques qui oscillent entre 14 et 23°C. Au Sud-Ouest de la France dans le golfe du Lion, la température fluctue entre 13,5 et 19°C (Conan *et al.*, 1998).

La température est l'un des premiers facteurs qui contrôlent l'essentiel des activités biologiques et écologiques des êtres vivants (Thiery, 1987). Elle agit même sur les autres paramètres physico-chimiques tels que la salinité, le pH, la viscosité, la densité, la solubilité des gaz dans l'eau (notamment l'oxygène dissous), et aussi sur les réactions chimiques et biochimiques (Bremond et Perrodon, 1979). Elle joue un rôle important dans le contrôle de divers processus biologiques et physiologiques tels que le métabolisme, la reproduction, la croissance et la répartition biogéographique des espèces aquatiques, soit directement ou en relation avec d'autres facteurs écologiques (Parsons, 1989 ; Imasheva *et al.*, 1997). Par ailleurs, l'élévation de la température de l'eau favorise la sédimentation des éléments en suspension (Ottman, 1965). L'augmentation de la température peut également favoriser l'adsorption de sédiment des micropolluants, notamment les métaux lourds (Rodier, 1984). Il existe une relation étroite entre la pollution métallique et les températures élevées chez les organismes aquatiques (Dunca *et al.*, 2005 ; Hallare *et al.*, 2005 ; Cherkasov *et al.*, 2006). En effet, l'exposition des huîtres *Crassostrea virginica* au cadmium à des températures élevées,

limite la respiration de cette espèce (Lannig *et al.*, 2006). Rappelons également que des études menées par plusieurs auteurs (Pazos *et al.*, 1996 ; Rodriguez-Rua *et al.*, 2003 ; Darriba *et al.*, 2004), démontrent qu'il existe une forte corrélation entre la température et la disponibilité alimentaire. En effet, Ansell et Lagardère (1980), ont signalé qu'il y a une relation entre la croissance chez *Donax trunculus* et les fluctuations de la température. C'est ainsi qu'ils ont observé une croissance débutant au printemps avec l'augmentation de la température et une diminution voire un arrêt de la croissance avec la diminution de la température en automne. Des résultats similaires sont rapportés par Gaspar *et al.* (1999) et Beldi (2007) sur cette même espèce. Les mêmes observations sont enregistrées chez d'autres bivalves comme *Meretrix meretrix* (Hamai, 1935), *Venus striatula* (Ansell, 1961), *Mercenaria mercenaria* (Ansell, 1968), *Ostrea edulis* (Askew, 1972), *Macoma balthica* (Beukema et De Bruin, 1977). Récemment, Loayza-Muro et Elias-Letts (2007), ont trouvé que la moule *Anodontites trapesialis* exposée à de faibles températures de 5 à 10°C, induit à une diminution du taux de filtration de 80%. Ceci a été expliqué par une production abondante de mucus. Celui-ci, tend à s'accumuler le long des valves et couvre l'organisme, empêchant ainsi la filtration et donc la nutrition, la respiration et l'accumulation des réserves pour la croissance et autres processus physiologiques.

La température est l'un des facteurs majeurs qui contrôlent la reproduction de la plus part des organismes marins. Elle est considérée comme le facteur principal affectant le développement gonadique chez ces organismes inclus les bivalves marins. Pour *D. trunculus*, à l'exception du travail de Ruiz-Azcon *et al.* (1996) qui ont signalé qu'à une température de 20°C, les larves de ce Donacidae ont un grand pourcentage de survie, aucune étude n'a démontré le développement contrôlé des ovocytes et exactement leur relation avec la température. Chez les autres mollusques, de nombreux recherches révèlent que la température peut agir sur l'éclosion des œufs des mollusques, leur vitesse de maturité sexuelle (Mann, 1979 ; Deslous-Paoli *et al.*, 1982 ; Muranaka et Lannan, 1984 ; Benmessaoud, 1987 ; Chavez-Villalba *et al.*, 2003a). Chez les huitres *Crassostrea gigas* Lubert (1976) et Chavez-Villalba *et al.* (2003b), ont marqué un déclenchement de la gamétogenèse à partir d'une température de 8 à 9°C dans la Manche et de 10°C dans la baie de Veys (Manche) ; avec une émission des gamètes induite par une valeur seuil inférieure à 19-20°C.

La salinité des eaux à faible profondeur est influencée par la variation saisonnière de la température, elle dépend de l'évaporation d'une part, et des arrivées des eaux douces, dont le débit peut varier considérablement en fonction de la pluviométrie d'autre part. En effet, les élévations de la température durant la saison estivale provoquent une forte évaporation, et la baisse des précipitations induisent une augmentation de la salinité. Alors que, les faibles températures et les fortes précipitations pendant la saison hivernale provoquent une diminution du phénomène d'évaporation et une dilution des eaux marines et par conséquent une baisse de la salinité (Soucek, 2007).

Dans la présente étude les fluctuations mensuelles de la salinité ne montrent pas une variation remarquable entre les deux sites d'étude, avec des salinités moyennes très proches ; 37,08 psu pour le site de Sidi Salem et de 37,05 psu pour le site d'Echatt. La salinité varie dans un intervalle de 35,71 (avril, Echatt) et 38,05 psu (septembre, Sidi Salem). Ces résultats sont globalement en accord avec les travaux antérieurs réalisés dans le golfe d'Annaba. En effet, la

salinité fluctue entre 35 et 38 psu (Frehi, 1995 et 2007 ; Beldi, 2007 ; Sifi, 2009 ; Hamdani, 2012). Toutefois, nos résultats sont relativement plus élevés par rapport à ceux signalés par Ounissi *et al.* (1998) ayant travaillé non loin de l'embouchure de l'oued Mafragh, signalant ainsi des valeurs comprises entre 32 et 37 psu. Dans le bassin algérien, Benzohra (1993) a enregistré une salinité qui varie entre 36,5 et 38 psu.

La salinité est un facteur écologique qui 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). De nombreux travaux, montrent la relation entre la salinité et le processus métabolique chez les mollusques bivalves. En effet, les faibles salinités provoquent un fort taux d'assimilation de la nourriture, alors que des valeurs halines plus élevées diminuent d'environ 59% le taux d'assimilation chez *Mytilus trossulus* (Widmeyer et Bendell-Young, 2007). D'autres études indiquent que les espèces exposées à de faibles salinités, augmentent leur consommation d'oxygène et altèrent l'utilisation du métabolisme énergétique (Aarset et Aunaas, 1990 ; Guerin et Stickle, 1992 ; Einarson, 1993). Soucek (2007), a révélé que de fortes salinités réduisent le métabolisme énergétique chez *Corbicula fluminea*. Cependant, la salinité ne semble pas affecter l'abondance larvaire chez la palourde européenne *Ruditapes decussatus* (Chicharo et Chicharo, 2001).

Parmi les paramètres physico-chimiques le pH est l'un des facteurs écologique indispensable qui conditionne la vie aquatique. Il dépend surtout de l'origine des eaux, de la nature pétrographique des fonds et de la qualité et la quantité des rejets des eaux usées (Dussart, 1966 ; Nisbet et Vernaux, 1970). Il est très sensible aux fluctuations de la température, la salinité, l'intensité de l'assimilation chlorophyllienne et à la respiration des organismes (Kourradi, 2007).

Les données de pH obtenues dans les deux sites durant la période d'étude, montrent une certaine similarité entre les deux sites d'étude. C'est ainsi que les eaux de Sidi Salem sont très légèrement alcalines (8,21) que les celles d'Echatt (8,11) ; avec une fourchette annuelle qui oscille entre 7,05 à 9,24 pour les deux plages. Ces résultats sont assez semblables aux valeurs signalées dans des travaux antérieurs réalisé dans le golfe d'Annaba (Dahel, 2009 ; Sifi, 2009 ; Hamdani, 2012), et dans la majorité des eaux côtières méditerranéennes (7,9 à 8,3 (Bernabe, 1991). La tendance légèrement basique du pH des eaux des deux sites est un phénomène connu des milieux marins qui sont caractérisés comme une solution tampon maintenant approximativement le même pH (légèrement alcalin, autour de 8,30). La formation d'un mucus est observée chez les individus exposés à un stress au pH, sa formation fait barrière à l'oxygène ce qui conduit à la mort de l'organisme par suffocation (Pynnönen, 1990). De plus, un mucus excessif affecte la nutrition ce qui explique les faibles taux de filtration à un pH acide (Holwerda et Veenhof, 1984). Le pH influence également la reproduction chez les bivalves. Les juvéniles d'*Anodontites trapesialis* sont sensibles au pH (Loayza-Muro et Elias-Letts, 2007). Dimock et Wright (1993), ont démontré que les juvéniles d'*Unio imbecillis* et *Pyganodon cataracta* ne peuvent pas survivre à un pH acide.

La concentration des eaux en oxygène dissous est une variable d'état fondamental, qui intervient dans beaucoup de processus, c'est également un bon indicateur de l'état de santé d'un écosystème (Bourlange, 2000). Ce facteur dépend de la température du milieu et de leur

intensité hydrodynamique. La forte oxygénation d'un milieu, relevée en période froide, est souvent due aux basses températures et aux agitations mécaniques provoquées par les vents. Les températures sont des facteurs dominants dans le contrôle de la concentration en oxygène dissous de l'eau (Antoine et Bowker, 1996). La teneur en oxygène dissous dépend d'un grand nombre de facteurs biotiques et abiotiques ; elle dépendrait de l'activité biologique du milieu, c'est à dire l'équilibre photosynthèse-respiration, des vents et de la température (Khattabi, 2002). Alors que la faible oxygénation d'un milieu relevée en période estivale serait liée non seulement à la forte élévation de la température et de la salinité ; mais aussi à la respiration des organismes aquatiques (faune et flore) et au calme hydrodynamique empêchant le brassage de l'eau (Lacaze, 1996).

Les résultats de l'oxygène dissous montrent que, les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant les saisons froides (automne et hiver). Par ailleurs, les valeurs moyennes annuelles de ce paramètre révèlent que, globalement les eaux d'Echatt sont plus oxygénées (7,79 mg.l<sup>-1</sup>) par rapport à celles de Sidi Salem (6,78 mg.l<sup>-1</sup>). En effet, la plage d'Echatt est plus exposée aux vents dominant du secteur Nord-Ouest, créant ainsi une action hydrodynamique plus intense favorisant une oxygénation plus importante en comparaison de la plage de Sidi Salem. Selon la classification des eaux en fonction de leur teneur en oxygène dissous (Beupoil et Bornens, 1997), les eaux des deux plages étudiées avec des taux supérieurs à 5 mg.l<sup>-1</sup>, sont considérées comme des eaux de qualité acceptable à excellente.

Plusieurs travaux ont montré les relations entre les teneurs en oxygène dissous et les différents processus biologiques chez les bivalves (Wilson, 1999 ; De la Huz *et al.*, 2002 ; Pörtner *et al.*, 2006). Une faible respiration chez *Donax trunculus* est accompagnée par une large réduction du taux de croissance (De la Huz *et al.*, 2002). Wilson (1999) a observé chez *D. variabilis* une augmentation de la consommation de l'oxygène dissous en hiver par rapport à l'été. Les invertébrés aquatiques incluant les bivalves (Pörtner *et al.*, 2006) et les crustacés (Frederich et Pörtner, 2000), montrent une réduction de la consommation d'oxygène dissous à des températures élevées.

Le suivi mensuel des charges en matière en suspension (M.E.S) dans les deux plages, révèle des variations importantes. En effet, les eaux de Sidi Salem sont plus chargées en matière en suspension par rapport à celles d'Echatt avec des valeurs extrêmes qui fluctuent entre 11,20 et 32,53 mg.l<sup>-1</sup>. La différence de charge en M.E.S qui est en faveur du site de Sidi Salem, peut être justifiée par l'influence des apports de l'oued Seybouse (Gouiez, 2006 ; Guettaf, 2007). L'apparition de blooms phytoplanctoniques importants pourrait engendrer également des augmentations de la teneur en M.E.S. En effet, (Frehi *et al.*, 2004), ont enregistré une augmentation de la biomasse phytoplanctonique à partir du mois de mai.

Les concentrations en M.E.S dans les deux sites sont en parfaite concordance avec les valeurs obtenues concernant la matière organique particulaire (M.O.P) et celles de la matière inorganique particulaire (M.I.P). Par ailleurs, nos résultats sont assez similaires par rapport à ceux signalés par Beldi (2007) ayant travaillé dans ces sites du golfe.

Les fluctuations spatio-temporelles de la biomasse chlorophyllienne des eaux de la région prospectée, sont liées aux conditions physico-chimiques du milieu et à son enrichissement par les apports anthropiques (Frehi, 2007). Les variations de ce facteur dans les eaux des deux sites retenues, montrent une forte charge en chlorophylle *a* à la fin de l'hiver, durant

la saison printanière une et à la fin de l'été avec des extrêmes annuels qui oscillent entre 4,13 et 6,87  $\mu\text{g.l}^{-1}$ . Nos résultats sont bien inférieurs de ceux signalés par Frehi (1995 et 2007) qui rapporte des concentrations variant entre (0,20 et 39,51  $\mu\text{g.l}^{-1}$ ). Gaumer (1981) et Samson-Kechacha (1981) ont enregistré des valeurs de 0,1 et 12  $\mu\text{g.l}^{-1}$  dans la baie d'Alger. Par ailleurs, dans les eaux de surface en Méditerranée, Bologna *et al.* (1995) ont signalé des teneurs allant de 0,40 et 1  $\mu\text{g.l}^{-1}$  dans sa partie occidentale et 0,7 à 10  $\mu\text{g.l}^{-1}$  dans la région septentrionale. Les faibles concentrations en chlorophylle *a* durant l'automne et à la fin de l'hiver seraient en relation avec les basses températures et l'importance des apports en eau douce, qui affectent les communautés phytoplanctoniques et donc la diminution de la teneur en chlorophylle *a* (Huszar et Reynolds, 1971 ; Zolocar et Domitrovie, 1992 ; Engel et Melck, 1993). La température n'est pas le seul facteur affectant les teneurs en chlorophylle *a*, la lumière et la disponibilité en nutriments aussi sont des facteurs fondamentaux. Mihnea (1997), ayant travaillé en Mer Adriatique et en Mer Noire, considère que le milieu est eutrophe si la teneur en chlorophylle *a* arrive à 5  $\mu\text{g.l}^{-1}$ , et hyper eutrophe s'il atteint une concentration de 10  $\mu\text{g.l}^{-1}$ . Dans notre étude, la valeur moyenne annuelle est de 5,27  $\mu\text{g.l}^{-1}$  donc on est en présence d'un milieu eutrophe. Alors que, Frehi (2007) considèrent la baie d'Annaba (notamment le Sud Ouest de la baie) comme un milieu hyper eutrophe avec une teneur moyenne annuelle qui atteint 12  $\mu\text{g.l}^{-1}$ .

## 2. Caractéristiques sédimentologiques

Pour bien comprendre la dynamique d'une espèce benthique, il faut avoir une idée sur la nature de leur substrat ; l'un des facteurs fondamentaux responsable de la distribution de la faune benthique (Pères et Picard, 1964 ; Cabioch et Gentil, 1975 ; Gentil, 1976 ; Gray, 1981 ; Gomez Noguera et Hendrickx, 1997 ; Mannino et Montagna, 1997 ; Teske et Wooldridge, 2001 ; Ysebaert et Herman, 2002). *Donax trunculus* du golfe d'Annaba se trouve en abondance dans les petits fonds où la profondeur ne dépasse pas 1,50 m (Beldi, 2007). Cette distribution bathymétrique est conforme aux observations rapportées par plusieurs auteurs ayant travaillé sur les côtes méditerranéennes (Costa *et al.*, 1987 ; Salas-Casanova, 1987 ; Neuberger-Cywiak *et al.*, 1990 ; Ramon Herrero, 1993 ; Mariani *et al.*, 1998 ; Manca Zeichen *et al.*, 2002 ; La Valle *et al.*, 2007). L'haricot de mer *D. trunculs* est l'un des bivalves qui colonise les petits fonds à sable fin (Bayed et Guillou, 1985 ; Guillou et Bayed, 1991 ; Dhaoui-Ben Khedher *et al.*, 2003).

Les résultats de l'analyse granulométrique dans les deux sites d'étude, montrent une dominance des sables moyens (médiane entre 210 et 490  $\mu\text{m}$ ) pur (teneur en sable entre 97,50 et 98,80%) dans les deux sites. Les sables fins (180 - 190  $\mu\text{m}$ ) occupent environ la moitié de la troisième radiale (1,50 m). Dans la plage de Sidi Salem située non loin de l'embouchure de l'oued Seybouse, on signale la présence des sables grossiers (510 - 850  $\mu\text{m}$ ) au niveau de la première radiale (0,5 m) en plus des sables moyens et fins (1 et 1,5 m), sous l'action directe de l'agitation de l'eau, notamment dans la zone de déferlement des vagues.

La fraction fine (< 40 $\mu\text{m}$ ) est presque absente (< 1,41%) dans les deux plages. Cette texture est sans doute la conséquence directe de la forte intensité hydrodynamique dans cette partie du golfe. En effet, la plage d'Echatt et celle de Sidi Salm sont directement exposées aux vents dominants du secteur Nord-Ouest. Selon Bayed (1998), la présence d'un sédiment grossier

(ou moyen) exclut la présence de ce bivalve, alors que nos résultats et ceux de [Beldi \(2007\)](#) ont montré un bon développement de ce bivalve dans des substrats à sable moyen caractérisant presque la quasi-totalité des petits fonds (< 1,50 m) des deux plages prospectées. De même, [La Valle et al. \(2011\)](#) ayant utilisé *D. trunculus* comme espèce potentiellement indicatrice de la taille des grains de sable, signalent que ce bivalve colonise les substrats à sable fin notamment en ce qui concerne les stades juvéniles, mentionnent également une forte présence de cette espèce dans des fonds à sable moyen, voire grossier sur les plages américaines. D'après plusieurs auteurs ([Bally, 1983](#) ; [Alexander et al., 1993](#) ; [De la Huz et al. 2002](#) ; [Nel et al., 2001](#) ; [La Valle, 2005](#) ; [La Valle et al., 2007](#)), la distribution de l'haricot de mer est très sensible aux variations de la taille des grains de sable. De plus, *D. trunculus* est considérée comme un descripteur utile de l'environnement dans les plages sablonneuses ; dû à sa sensibilité à la nature du substrat (dépendant strictement de la nature et de la composition du sédiment), pendant leur cycle de vie ([Alexandre et al., 1993](#) ; [de La Huz et al., 2002](#)) et leur fidélité à l'habitat ([Picard, 1965](#)).

### 3. Faune associée à *Donax trunculus*

L'inventaire de la faune accompagnatrice ou associée (faune benthique) à *Donax trunculus* dans la zone d'étude (plages de Sidi Salem et d'Echatt), montre qu'il est représenté par 19 espèces. Parmi cette liste faunistique, on y trouve 7 Mollusques, 5 Polychètes, 6 Crustacée et 1 Échinoderme. Notre résultat est proche de celui de [Çolako lu \(2014\)](#) en Turquie dans la Mer de Marmara, qui signale la présence de 16 espèces (9 Bivalves, 5 Gastéropodes, 1 Crustacé et 1 Asropectinidé). Par ailleurs, [Bayed \(2003\)](#) a collecté 33 espèces sur 15 plages de la côte atlantique marocaine. Dans la Mer du Nord, près de l'île de Sylt au Danemark, 41 espèces macrozoobenthiques ont été identifiées ([Asmus, 1987](#)). La différence en nombre d'espèces entre les deux sites (Echatt : 17 espèces et Sidi Salem : 11 espèces), peut être liée à plusieurs facteurs en relation avec les variations des conditions écologiques du milieu (facteurs hydrodynamiques, topographiques, édaphiques, pollution, etc.). La granulométrie en tant que facteur responsable de la richesse spécifique de la macrofaune benthique, ce facteur édaphique n'a pas été considéré comme paramètre distinctif unique ([Eleftheriou et Nicholson, 1975](#)). Alors que, [McLachlan \(1980\)](#) a rendu une approche concernant la distribution des espèces en tenant compte de l'ensemble des paramètres biologiques, topographiques et granulométriques. Par ailleurs, en Algérie les oueds sont connus pour être l'une des principales causes de dégradation des eaux marines ([Bakalem et al., 2009](#)) ; en causant d'importantes perturbations aux communautés benthiques en raison de leur sédentarisation. C'est le cas de notre zone d'étude sous influence des oueds Boudjemaa et Seybouse à l'Ouest et oued Mafragh à l'Est.

Une étude menée par [Grimes \(2010\)](#) sur la macrofaune benthique des golfes, baies et ports des côtes algériennes, a montré que la richesse spécifique du golfe d'Annaba peut atteindre 50 espèces et le considère comme un écosystème riche. D'après cet auteur, "le golfe d'Annaba révèle une situation en mosaïque dans la distribution spatiale de la richesse spécifique. La zone la moins riche se situe plutôt à l'Est, contrairement aux prévisions liées à la localisation du port d'Annaba et des principales unités industrielles qui sont plus proches du secteur Ouest de ce golfe. À partir du port, dans un axe SSW-NNE une zone relativement pauvre est mise en

évidence. Cette zone est également sous l'influence de l'oued Seybouse". Selon cet auteur, dans les profondeurs supérieures à 10 m le groupe zoologique le mieux représenté est celui des polychètes (52%), suivi des mollusques (29%). Alors que nos résultats montrent, qu'à lui seul le bivalve *Donax trunculus* représente presque 80% de la macrofaune benthique dans la zone d'étude. En effet, plusieurs auteurs ont confirmés la dominance du genre *Donax* par rapport aux autres espèces et groupes zoologiques de la macrofaune benthique dans les écosystèmes marins où vit ce bivalve ; dans les côtes Sud-Est des Etats-Unis (Pearse *et al.*, 1942), dans le golfe de Mexique (Ruppert et Fox, 1988) et dans la Nouvelle Damiette d'Egypte (El-Ghobashy *et al.*, 2011).

Enfin et comme il a été rapporté par Grimes (2010), la diversité des espèces n'est pas toujours considérée comme un signe de bonne qualité écologique du milieu. L'auteur prend comme exemple la baie d'Alger, où certains peuplements sont relativement bien diversifiés avec des valeurs des indices biotiques les classant soit dans la catégorie bonne ou même très bonne qualité écologique, alors que les connaissances sur la qualité chimique du milieu et notamment du sédiment superficiel indiquent le contraire.

#### 4. Structure et dynamique de la population de *Donax trunculus*

Durant un cycle d'échantillonnage (2012) de *Donax trunculus* dans les deux sites (Echatt et Sidi Salem) du golfe d'Annaba, nous avons enregistré d'importantes variations quantitatives spatio-temporelles. En effet, les extrêmes d'abondance de ce bivalve dans la plage d'Echatt fluctuent entre 63 (avril) et 272 ind.m<sup>-2</sup> (juillet). Ces valeurs sont nettement supérieures par rapport à celles de Sidi Salem qui oscillent entre 36 (mai) et 148 ind.m<sup>-2</sup> (juillet). Cette différence numérique entre les deux sites, pourrait être à l'origine du niveau de pollution (Beldi *et al.*, 2006 ; Guettaf, 2007 ; Saker, 2007) de la plage de Sidi Salem située non loin des rejets industriels de l'oued Seybouse et des rejets directs du complexe des produits phytosanitaires de FERTIAL, installé sur la côte près de cette station.

En comparaison avec les travaux de Beldi (2007), les densités de l'haricot de mer *D. trunculus* ont sensiblement chuté dans cette partie du golfe. En effet, nos résultats montrent des maxima d'abondance allant de 148 à 272 ind.m<sup>-2</sup>, alors que Beldi (2007) signale des densités qui atteignent 379 ind.m<sup>-2</sup>. Par ailleurs, nos densités sont moins élevées par rapport à celles rapportées par Mouëza (1975) dans la baie de Bou-Ismaïl (Alger), avec des densités maximales qui oscillent entre 200 et 500 ind.m<sup>-2</sup>, et de celles signalées par Lucas (1965) dans le Finistère (France), avec des abondances records qui atteignent 600 à 700 ind.m<sup>-2</sup>. Dans le Parc Naturel Régional de Camargue, les densités sont plus importantes encore et peuvent atteindre 1000 ind.m<sup>-2</sup>. Ces valeurs élevées sont proches de celles enregistrées dans la baie de Haïfa (Palestine), où on enregistre des densités entre 417 ind.m<sup>-2</sup> et 1130 ind.m<sup>-2</sup> dans des fonds compris entre 0,20 et 1 m (Fishelson *et al.*, 1999). Par contre, Amouroux (1974) souligne le long des côtes du Roussillon (France), que les populations sont rencontrées dans les hauts niveaux très instables, avec une densité de 40 ind.m<sup>-2</sup> dans les fonds de 1 m et avec une densité plus faible de l'ordre de 20 ind.m<sup>-2</sup> dans la profondeur de 2,50 m. En Italie dans la région du Latium (près de Rome), les densités relevées sont plus faibles avec une valeur moyenne de 11,9 ind.m<sup>-2</sup> seulement (La Valle, 2005). Ces abondances coïncident avec celles obtenues par Mariani *et al.* (1998) en Mer Adriatique, qui rapportent des valeurs comprises

entre 0,97 et 15,39 ind.m<sup>-2</sup>. Toutefois, dans la Nouvelle Damiette (Egypte), on décèle des densités nettement plus élevée (624 à 1945 ind.m<sup>-2</sup>) pour sa congénère *Donax variabilis* (El-Ghobashy *et al.*, 2011).

Les variations de la distribution des abondances peuvent être liées à la concurrence intra-spécifique (Guillou et Le Moal, 1978 ; Ansell et Lagardère, 1980), à la granulométrie des fonds (Maze et Laborda, 1988), aux variations de la température des eaux (Donn, 1990 ; Donn et Els, 1990), ou encore à l'élévation de la température de sable où s'enfouit l'espèce (Bayed et Guillou 1985). Ces fluctuations spatiales de la densité de l'haricot de mer dans les plages sablonneuses sont également sous influence de l'intensité hydrodynamique, notamment dans la zone de déferlement des vagues (Defeo *et al.*, 1986 ; McLachlan, 1990 ; McArdle et McLachlan, 1992). Toutefois, l'hydrodynamisme n'est pas le seul facteur qui pourrait affecter la distribution de ce bivalve ; selon Schoeman (1997), la présence des entrées d'eau douce est également responsable de la baisse des densités de l'haricot de mer. Toutes ces considérations et argumentations ou certaines parmi elles, pourraient être à l'origine des différences numériques entre les deux sites retenus dans notre étude. Cette différence numérique est faveur de la plage d'Echatt relativement loin des apports d'eau douce et caractérisée par une intensité hydrodynamique plus active.

Par ailleurs, les variations temporelles de la densité chez *D. trunculus* sont remarquables. En effet, les pics des abondances dans les deux sites ont été enregistrés principalement pendant la saison estivale (de juillet à septembre). Ces fluctuations seraient en relation avec le cycle reproducteur de l'espèce, comme il a été déjà suggéré par plusieurs auteurs (Neuberger-Cywiak *et al.*, 1990 ; Le Moal, 1993 ; Gaspar *et al.*, 1999 et 2002a ; La Valle, 2005, 2011).

Concernant la biomasse, on a enregistré d'importantes différences entre les deux sites d'étude, où les valeurs de biomasse en PSLC (poids sec libre de cendre) passent de 0,42 g.m<sup>-2</sup> à 3,37 g.m<sup>-2</sup>, les basses valeurs de ce paramètre sont enregistrées en été 0,42 g.m<sup>-2</sup> (juin, Sidi Salem) et 1,19 g.m<sup>-2</sup> (juillet, Echatt). Alors que, les valeurs les plus élevées sont enregistrées en hiver avec 2,75 g.m<sup>-2</sup> (février, Sidi Salem) et 3,37 g.m<sup>-2</sup> (janvier, Echatt). Ces résultats sont proches de ceux rapportés par Mazé (1990), ayant travaillé sur la même espèce en signalant des valeurs qui oscillent entre 0,1 et 2 g.m<sup>-2</sup>. Plusieurs autres travaux sur des espèces appartenant à ce genre, sont dans le même ordre de valeurs (Ansell *et al.*, 1978 ; Warwick *et al.*, 1978 ; McLachlan et van der Horst, 1979 ; McLachlan *et al.*, 1981 ; Wilson, 1999). Cependant, pour sa congénère *D. serra*, Laudien (2002) rapporte des valeurs de biomasse remarquables (en PSLC), qui fluctuent entre 141 et 546 g.m<sup>-2</sup>.

L'étude de la distribution des fréquences de tailles d'une espèce est souvent d'un intérêt multiple ; notamment la connaissance instantanée des tailles les plus représentatives, les périodes de ponte et la durée de vie des différentes classes de taille (Bachelet, 1981 ; Dauvin, 1988 ; Bazairi, 1999 ; Zine, 2004). De nombreuses recherches ont montré également que pour une même espèce les préférences physico-chimiques vis-à-vis des caractéristiques du biotope varient en fonction des classes de taille (Jensen, 1993 ; Montaudouin et Bachelet, 1996).

L'analyse des différents histogrammes de fréquences de taille, a permis la mise au point de la structure démographique de *D. trunculus* durant l'année 2012 dans les deux sites prospectés.

Cependant, on a pu enregistrer deux périodes de recrutement de jeunes individus (recrutement bimodal) ; la première à la fin du printemps jusqu'à la fin de l'été, où elle devient moins intense et seconde phase automnale. Ces résultats sont en accord avec les travaux de (Aouadène, 2003 ; Beldi, 2007 ; Hamdani, 2012) dans le golfe d'Annaba, de (Mouëza et Frenkiel-Renault, 1973 ; Ansell *et al.*, 1980 ; Bakalem 1981) pour les populations des côtes algéroises, de (Bayed et Guillou, 1985 ; Bayed, 1990 ; Guillou et Bayed, 1991) dans les côtes marocaines, de (Mazé et Laborda, 1990 ; Ramon *et al.*, 1995) dans les côtes espagnoles, de (Bodoy et Massé, 1978 ; Ansell et Bodoy, 1979) dans les côtes françaises et de (Badino et Marchionni, 1972) dans les côtes italiennes. Par contre, nos résultats sont en désaccord avec les travaux de Sifi, (2009) dans le golfe d'Annaba, où l'auteur révèle un recrutement unimodal pour la même espèce étudiée. Plusieurs travaux aussi rapportent un recrutement unimodal chez les populations de *D. trunculus* soit en Atlantique soit en Méditerranée (Ansell et Lagardère, 1980 ; Guillou, 1980 ; Guillou et le Moal, 1980 ; Neuberger-Cywiak *et al.*, 1990 ; Voliani *et al.*, 1997 ; Manca-Zeichen *et al.*, 2002). Alors que, plusieurs auteurs ont considéré le recrutement bimodal comme une caractéristique pour les populations de Méditerranée (Bodoy et Massé, 1978 ; Bayed et Guillou, 1985), alors que l'aspect unimodal comme caractéristique des populations atlantiques (Ansell et Lagardère, 1980 ; Guillou et Le Moal, 1980 ; Gaspar *et al.*, 1999 ; Manca-Zeichen *et al.*, 2002). Le recrutement bimodal est observé aussi chez d'autres espèces de Donacidés telles que *D. Variabilis* en Caroline du Sud (U.S.A) (Wilson, 1999) ; *D. semistriatus* en Palestine (Neuberger-Cywiak *et al.*, 1990) et *D. sordidus* dans la baie d'Algoa en Afrique du Sud (McLachlan et Van der Horst, 1979). Toutefois, Ansell (1972) signale un recrutement continu chez *D. vittatus* dans la baie de Kames en Écosse. Alors que, Bayed (1991) note une variabilité ou irrégularité dans le recrutement avec un recrutement bimodal en 1985 et 1987 et un recrutement unimodal en 1986 et 1988 chez *D. trunculus* dans les plages d'Essaouira au Maroc (Atlantique).

Le retard enregistré dans le recrutement des jeunes individus à Sidi Salem est probablement dû à une perturbation de la reproduction et de l'émission des gamètes chez les individus colonisant ce site soumis à différentes sources de pollution. Nos résultats sont en accord avec ceux observés par Guerlet *et al.* (2007), qui signalent un retard dans la maturité et l'émission des gamètes chez la moule *Dreissena polymorpha* exposée à la pollution. Le retard observé dans la ponte au sein des sites pollués ; peut s'expliquer par une adaptation des espèces qui dépenseraient moins d'énergie lors de leur activité sexuelle, alors que la majorité de cette énergie sera mobilisée pour la lutte contre la pollution (Benomar *et al.*, 2006). D'autres facteurs environnementaux peuvent aussi être responsables de l'extension de la période d'émission des gamètes, tels que l'augmentation de la température ou des changements brutaux dans la salinité et la biodisponibilité de la nourriture et de l'oxygène (Grant et Creese, 1995 ; Benomar *et al.*, 2006). Ramón *et al.*, (1995), ont rapporté que la progression mensuelle de la distribution des fréquences des classes de taille montre un profil saisonnier dans la croissance des populations de *D. trunculus* sur les côtes espagnoles. En effet, Fishelson *et al.*, (1999), ont observé chez cette même espèce une dominance des juvéniles en automne et des adultes au printemps et en été. Alors que, nos résultats révèlent une dominance des juvéniles en été (surtout en juin et juillet) et de façon moindre en automne. Cependant, Neuberger-Cywiak *et al.* (1990), ont observé une augmentation du pourcentage des juvéniles en automne. Les faibles pourcentages des juvéniles dans nos résultats sont probablement dû aux

déplacements de ces jeunes individus à cause de l'hydrodynamisme intense. Une étude dans la baie de Douarnenez menée par [Guillou et Le Moal, 1978](#), a montré que les individus juvéniles (de 2 à 5 mm) s'installeraient dans des profondeurs plus importantes allant jusqu'à 5 m. Par ailleurs, [Lastra et McLachlan \(1996\)](#) ont expliqué l'altération de la croissance et du recrutement des juvéniles en fonction de la nature du sédiment, où ils ont montré que *Donax serra* est sensible à la taille du sédiment durant les premiers stades de croissance chez les jeunes recrues et leur sensibilité diminue avec la croissance des individus. C'est ainsi que, [De la Huz et al. \(2002\)](#) ont rapporté que les individus de *D. trunculus* avec une taille inférieure à 25 mm, préfèrent un sable moyen et grossier, alors que ceux de taille supérieure à 25 mm préfèrent un sable fin à moyen.

La taille maximale enregistrée chez *D. trunculus* durant la période d'étude dans les deux sites est de 39,67 mm dans la plage d'Echatt et de 37,17 mm dans la plage de Sidi Salem. Cette différence entre les deux sites serait en relation avec l'effet négatif de la pollution sur la croissance des individus de *D. trunculus* dans le site de Sidi Salem. Cette hypothèse est confirmée par des travaux déjà effectués sur cette même espèce dans le golfe d'Annaba. [Beldi \(2007\)](#) a révélé une taille de 38 mm à la plage d'Echatt contre une taille de 35 mm à Sidi Salem, [Sifi \(2009\)](#) a rapporté une taille maximale de 36 mm à El Battah (non loin d'Echatt) contre 34 mm à Sidi Salem et récemment, [Hamdani \(2012\)](#) a enregistré une taille maximale de 39 mm à El Battah contre 35 mm à Sidi Salem. Dans la baie d'Alger [Mouëza \(1971\)](#) a signalé une taille maximale qui ne dépasse pas 36 mm. Globalement, les populations méditerranéennes de *D. trunculus* ont des tailles maximales qui oscillent entre 34 à 45 mm. Sur les côtes françaises, la taille maximale est de 36 mm ([Bodoy et Massé, 1978](#)), sur les côtes italiennes, elle est de 37 mm ([Manca-zeichen et al., 2002](#)), en Espagne elle atteint 40 mm ([Ramón et al., 1995](#)) jusqu'à 45 mm ([Huz et al., 2002](#)) et dans la Mer de Marmara (Turquie) elle est de 42 mm ([Çolako lu et Tokaç, 2011 ; Çolako lu, 2014](#)) jusqu'à 44,8 mm ([Deval, 2009](#)). Alors que la plus petite taille maximale enregistrée en Méditerranée est de 34 mm relevée dans la baie de Haïfa en Palestine ([Fishelson et al., 1999](#)). Concernant les populations atlantiques, les longueurs maximales enregistrées sont de 40 mm dans l'Ile d'Oléron ([Ansell et Lagardère, 1980](#)) et de 45 mm dans la baie de Douarnenez ([Guillou et Le Moal, 1980](#)). Tandis qu'au Maroc (côte atlantique), [Bayed \(1991\)](#) a révélé des longueurs maximales ne dépassant pas 36 mm.

Les premières études sur la croissance des Donacidés a été entreprises par [Nayar \(1955\)](#) sur *Donax cuneatus* aux Indes. Il a conclu que la croissance en hauteur par rapport à la croissance en longueur était dans un rapport allométrique simple, représenté graphiquement par une droite. Il en est de même pour l'épaisseur. Ce rythme d'accroissement régulier a permis à cet auteur de baser l'étude de la croissance sur la longueur de la coquille, dimension facile à mesurer sur laquelle les erreurs sont les plus faibles.

Dans notre étude, le suivi de la croissance à travers la détermination des différentes relations reliant les paramètres biométriques linéaires entre eux : hauteur/longueur (H/L) et épaisseur/longueur (E/L), montre que la relation (H/L) est caractérisée par une croissance de type allométrie minorante (la longueur croît plus vite que la hauteur) avec  $b = 0,84$  pour le site Sidi Salem et  $b = 0,80$  pour le site d'Echatt. Ces résultats sont en accord avec ceux d'[Aouadène \(2003\)](#) ayant travaillé dans la même zone. Alors que, dans la baie de Bou Ismail

(Alger), [Mouëza \(1971\)](#) chez la même espèce trouve une croissance isométrique pour la relation (H/L). Plusieurs travaux concernant ce bivalve en Méditerranée, montrent une croissance de type allométrie minorante entre H et L : à Malaga ([Salas, 1987](#)) et à Valence ([Ramón, 1993](#)) en Espagne, au Sud du Portugal ([Gaspar et al., 2002b](#)) et enfin dans la Mer de Marmara en Turquie ([Çolako lu, 2014](#)). Les seules exceptions concernant cette tendance générale est une allométrie majorante (la longueur croît moins vite que la hauteur), sont signalées sur les côtes Atlantiques par [Fernández et al, \(1984\)](#) à Galice (Espagne) et [Bayed \(1998\)](#) entre Tanger et Tarfaya (Maroc). Ce type d'allométrie qui caractérise la relation (H/L) chez la population de *D. trunculus* dans notre étude est peut être un genre d'adaptation morphologique qui correspond à une stratégie qui augmente la profondeur de l'enfouissement dans le sédiment ([Lauzier et al., 1998](#)). En effet, les espèces du genre *Donax* sont des bivalves à enfouissement rapide ([Thayer, 1975](#) ; [Donn et al., 1986](#) ; [Ramón et al., 1995](#) ; [Gaspar et al., 1999](#)). La forme comprimée ainsi que la régularité de la surface de la coquille facilitent l'enfouissement dans le sédiment ([Trueman et Ansell, 1969](#) ; [Vermeij, 1978](#) ; [McLachlan et Young, 1982](#)). L'enfouissement de ces espèces est aussi en relation avec la taille des grains de sédiment ([Brown et McLachlan, 1990](#) ; [McLachlan et al., 1995](#)). En effet, *D. trunculus* présente un temps d'enfouissement plus lent dans un sédiment grossier comparativement à un sédiment fin ([De la Huz et al., 2002](#)). Ces caractéristiques peuvent également contribuer à un plus profond enfouissement, ce qui est particulièrement important pour éviter d'éventuels prédateurs, et par conséquent une réduction de la mortalité ([Zaklan et Ydenberg, 1997](#)).

En ce qui concerne la relation (E/L), les résultats obtenus montrent qu'elle est de type d'allométrie minorante pour les individus d'Echatt et de type isométrie pour ceux de Sidi Salem. De même, [Mouëza \(1971\)](#) dans la baie de Bou Ismail (Alger) et [Bayed \(1998\)](#) sur la côte atlantique marocaine, la croissance chez ce Donacidé est de type isométrique.

Par ailleurs, l'étude de [Gaspar et al, \(2002b\)](#) sur la relation reliant les paramètres suivant : H/L, E/L, P/L chez *D. trunculus* échantillonnée à partir des différentes profondeurs (0,5 - 6 m) au Portugal, a montré que seulement la relation (E/L) connaît une variation en fonction de la profondeur ; variant ainsi d'une allométrie majorante pour les individus des profondeurs entre 0,5 et 2 m, à une croissance isométrique pour ceux des profondeurs entre 3 et 6 m. Pour cette relation (E/L) l'allométrie minorante cause un élargissement du volume de la coquille durant la croissance et permet aux individus de générer plus de masse viscérale qui augmente considérablement pendant les phases de reproduction ([Mouëza et Frankiel-Renault, 1973](#) ; [Bayed, 1990](#)).

Les résultats de la relation taille-poids (P/L) dans cette étude, montrent que la croissance est de type allométrie minorante pour les deux sites : Sidi Salem ( $b = 2,93$ ) et Echatt ( $b = 2,82$ ). Ce type de croissance chez *D. trunculus*, est en accord avec plusieurs travaux en Méditerranée en Méditerranée ([Mazé et Laborda, 1990](#) ; [Ramón, 1993](#) ; [Gaspar et al., 2002b](#) ; [Deval, 2009](#) ; [Çolako lu et Tokaç, 2011](#) ; [Çolako lu, 2014](#)) et en Atlantique ([Ansell et Lagardère, 1980](#) ; [Bayed, 1990](#) ; [Gaspar et al., 2002a](#)). Toutefois, les différences de croissance entre les sites et écosystèmes pourraient être à l'origine des variations des paramètres physico-chimiques et la pollution. En effet, [Fishelson et al. \(1999\)](#) ont révélé que la croissance chez *D. trunculus* collectée dans un site non pollué est meilleure que celle des individus collectés dans un site pollué par des huiles et des résidus pétrochimiques dans la baie de Haïfa (Palestine). [Anderlini \(1990\)](#), a mis en évidence l'impact négatif d'eau d'égouts sur la croissance d'autres bivalves :

*Mytilus edulis* et *Perna perna*. Une réduction de la croissance est également observée chez des moules asiatiques transplantées dans un environnement pollué par du sodium sulfate (Kennedy *et al.*, 2003).

L'estimation de l'âge maximum atteint chez la population de *D. trunculus* du golfe d'Annaba à l'aide de la méthode de Bhattacharya (1967), révèle que l'haricot de mer du Sud du golfe peut vivre jusqu'à 3 ans. Chez la population méditerranéenne l'âge maximum est de 3 ans dans les côtes espagnoles (Mazé et Laborda, 1988 ; Ramón *et al.*, 1995 ; Voliani *et al.*, 1997) et sur les côtes palestiniennes (Neuberger-Cywiak *et al.*, 1990). *D. trunculus* peut vivre jusqu'à 4 ans sur les côtes italiennes (Manca-zeichen *et al.*, 2002) et aussi en Turquie (Çolako lu et Tokaç, 2011 ; Çolako lu, 2014). Alors qu'elle peut atteindre 6 ans au Nord de la Mer Marmara en Turquie (Deval, 2009). Par ailleurs, en Atlantique l'âge maximum est de 3 ans au Maroc (Bayed et Guillou, 1985) et 5 ans sur les côtes Françaises (Guillou et Le Moal, 1980 ; Ansell et Lagardère, 1980). Pour les autres espèces de genre *Donax* l'âge maximum varie entre 1,5 et 5 ans. Les populations les moins âgées sont ceux de *D. striatus* (McLachlan *et al.*, 1996b) ; *D. denticulatus* (Vélez *et al.*, 1985) du Venezuela et *D. hanleyanus* du Brésil (Cardoso et Veloso, 2003) avec seulement 1,5 ans. Concernant *D. hanleyanus* de la côte d'Argentine, la longévité varie entre 3 ans (Penchaszadeh et Olivier, 1975) et 5 ans (Herrmann *et al.*, 2009). La population qui possède la plus importante longévité chez les autres espèces, est celle de *D. serra* de l'Afrique du Sud avec plus de 5 ans (Villiers, 1975).

L'utilisation du mode de Von Bertalanffy pour la croissance linière chez *D. trunculus*, nous a permis d'obtenir des taux de croissances (K) basses pour les deux sites d'étude (0,15 pour le site de Sidi Salem et 0,14 pour le site d'Echatt), les valeurs de (L ) sont les suivantes (Sidi Salem : 54,70 mm et Echatt : 55,22 mm). La croissance de la population de *D. trunculus* du golfe d'Annaba est faible comparée à d'autres sites (Tab. XII).

**Tableau XII.** Les différents paramètres du mode Von Bertalanffy chez *Donax trunculus* en Méditerranée et en Atlantique.

Côte	Pays	L	K	Auteurs
Méditerranée	France	35,90	0,96	Bodoy (1982)
	Espagne	41,80	0,71	Ramón <i>et al.</i> (1995)
	Italie	47,56	0,30	Manca-zeichen <i>et al.</i> (2002)
	Turquie	44,15	0,62	Deval (2009)
	Turquie	40,05	0,69	Çolako lu et Tokaç (2011)
	Turquie	44,10	0,76	Çolako lu (2014)
	Algérie	55,22	0,14	Présente étude
Atlantique	France	43,48	0,77	Ansell et Lagardère (1980)
	France	48,90	0,38	Guillou et Le Moal (1980)
	Espagne	43,80	0,97	Fernández <i>et al.</i> (1984)
	Espagne	52,84	0,55	Mazé et Laborda (1988)
	Portugal	47,30	0,58	Gaspar <i>et al.</i> (1999)
	Maroc	42,50	-	Bayed et Guillou (1985)

Ce ralentissement de croissance est peut être due à la pollution du site et aux conditions physico-chimiques et édaphique du milieu. La valeur la plus élevée de L (52,84 mm) est rencontrée sur la côte atlantique (Mazé et Laborda, 1988) et la plus basse (35,9 mm) est celle

de la Mer Méditerranée (Bodoy, 1982). Alors que, le taux de croissance le plus bas ( $K = 0,30$ ) est relevé en Méditerranée (Manca-zeichen *et al.*, 2002), il peut atteindre 0,97 en Atlantique (Fernández *et al.*, 1984) pour la même espèce. Chez les autres espèces du genre *Donax*, il existe plusieurs travaux à travers les différentes zones géographiques du monde (Tab. XIII).

**Tableau XIII.** Les différents paramètres du mode Von Bertalanffy chez *Donax* à travers le monde.

Espèce	Pays	L	K	Auteurs
<i>D. hanleyanus</i>	Argentine	44,00	0,48	Herrmann <i>et al.</i> (2009)
	Uruguay	33,00	0,80	Defeo (1996)
	Brésil	28,82	0,09	Gil et Thomé (2000)
<i>D. denticulatus</i>	Venezuela	31,47	1,48	Garcia <i>et al.</i> (2003)
	Venezuela	30,02	1,79	Marcano <i>et al.</i> (2003)
<i>D. dentifer</i>	Costa Rica	46,00	0,30	Palacios <i>et al.</i> (1983)
	Colombie	29,30	0,62	Riascos et Urban (2002)
<i>D. cuneatus</i>	Inde	33,02	0,04	Talikhedkar <i>et al.</i> (1976)
<i>D. faba</i>	Inde	26,15	0,10	Alagarswami (1966)
<i>D. striatus</i>	Venezuela	20,20	0,29	McLachlan <i>et al.</i> (1996b)
	Brésil	25,10	1,16	Rocha-Barreira <i>et al.</i> (2002)
<i>D. incarnatus</i>	Inde	29,04	0,09	Ansell (1972)
	Inde	30,94	0,16	Thippeswamy et Joseph (1991)
<i>D. marincovichi</i>	Pérou	46,00	1,00	Arntz <i>et al.</i> (1987) (avant El Niño)
	Pérou	35,00	1,17	Arntz <i>et al.</i> (1987) (pendant El Niño)
	Pérou	42,00	0,70	Arntz <i>et al.</i> (1987) (après El Niño)
<i>D. vittatus</i>	France	31,28	1,06	Ansell et Lagardère (1980)
	France	38,00	0,68	Guillou et Le Moal (1980)
<i>D. deltoides</i>	Australie	59,00	0,86	King (1985)
	Australie	56,00	1,59	Laudien <i>et al.</i> (2003)
<i>D. serra</i>	Afrique du Sud	82,00	0,28	De Villiers (1975)
	Afrique du Sud	79,00	0,46	Laudien <i>et al.</i> (2003)

L'indice de condition (IC) est l'un des indices qui ont une relation avec la reproduction, l'étude de cet indice peut apporter des renseignements complémentaires sur ce processus (Beukema et de Bruin, 1977 ; Bodoy et Massé, 1978). Le suivi mensuel de l'IC dans les deux sites d'études, montre des variations saisonnières importantes avec une augmentation au printemps et en automne (0,31 pour le site de Sidi Salem et 0,32 pour le site d'Echatt) et une diminution en été (0,23 pour le site de Sidi Salem et 0,20 pour le site d'Echatt). Ces fluctuations sont dues à plusieurs paramètres, dont l'état de reproduction et de nutrition (Crosby et Gale, 1990 ; Boscolo *et al.*, 2003 ; Smolders *et al.*, 2004 ; Pampanin *et al.*, 2005). En effet, l'indice de condition est un indicateur de l'état physiologique des bivalves. La diminution des valeurs de l'IC débute en mai en coïncidant avec la première apparition des juvéniles ; ce qui laisse penser que le déclin de cet indice fait suite à des émissions des gamètes induisant une perte du poids des individus matures. Par contre, l'augmentation de celui-ci qui débute en automne peut être due à une maturation ou un redéveloppement des gonades. En effet, l'étude histologique des gonades, nous a permis de confirmer l'hypothèse précédente. Plusieurs auteurs ont observé des résultats similaires chez *D. trunculus* et chez d'autres bivalves (Laziak et Barnard, 1995 ; Mcquaid et Lawrie, 2005 ;

Tlili *et al.*, 2011). En Méditerranée, l'indice de condition présente de fortes valeurs de février à juin (Ansell et Bodoy, 1979), ce qui traduit l'allongement de la période de reproduction chez cette espèce. Selon Roméo *et al.*, (2000), l'IC serait associé à la température de l'eau et correspondrait au taux de remplissage de la coquille par les tissus mous, et nous informe par conséquent sur l'état nutritionnel et physiologique de l'animal. Par ailleurs, plusieurs auteurs ont trouvé une corrélation de l'IC avec la concentration en contaminants. En effet, il permet de déterminer un modèle de correction du signal de la pollution obtenue (Margus, 1985 ; Hariati, 1986 ; Okumus et Stirling, 1998 ; Orban *et al.*, 2002). Les variations de l'IC peuvent être aussi dues aux conditions trophiques qui sont sous l'influence de conditions environnementales y compris la pollution (De Zwaan *et al.*, 1995 ; Nicholson, 1999 ; Damiens *et al.*, 2007 ; Merzouki *et al.*, 2009 ; Erica *et al.*, 2010).

L'étude du sex-ratio chez la population de *Donax trunculus* dans les sites d'étude pendant la période d'activité sexuelle (février - octobre), montrent une certaine égalité numérique entre les mâles et les femelles, avec une prédominance des femelles en avril pour le site d'Echatt, décalée d'un mois dans le site de Sidi Salem. Puis, on atteint l'équilibre en mai dans le site d'Echatt et en juin pour le site de Sidi Salem. Après la ponte, le pourcentage des femelles diminue d'avantage, et on assiste à une légère prédominance des mâles qui se poursuit jusqu'à l'hiver. Nos résultats sont en accord avec ceux de Gaspar (1999) au Portugal, de Deval (2009) dans les côtes turques de la Mer de Marmara, de Tlili *et al.* (2011) en Tunisie et de Hamdani (2012) dans le golfe d'Annaba. Toutefois, cette situation diffère par rapport aux résultats signalés par Badino et Marchionni (1972) en Italie ; qui notent un certain équilibre entre les deux sexes le long du cycle. Signalons aussi que la diminution des femelles après la ponte, pourrait être expliquée par la mortalité différentielle en raison de l'effort de la reproduction (Gaspar, 1999).

La compréhension de la biologie de la reproduction est une donnée importante pour la connaissance des renouvellements de stocks naturels, et pour l'interprétation des rythmes de croissance ; notamment dans le cas d'organismes soumis à une exploitation. Le cycle de reproduction des mollusques bivalves comme chez la majorité des organismes aquatiques, est régulé par l'action de plusieurs facteurs abiotiques du milieu environnant (température, disponibilité alimentaire, etc.) et d'autres facteurs endogènes en relation avec l'état physiologique des espèces (balance des hormones stéroïdiennes, métabolisme, etc.) (Purchon, 1977 ; Mathieu, 1994 ; Mouneyrac *et al.*, 2008). Toutefois, l'exposition des bivalves aux polluants chimiques peut également affecter le cycle de la reproduction (avancement ou retardement) (Benelli *et al.*, 2001 ; Gauthier-Clerc *et al.*, 2002 ; Siah *et al.*, 2003).

*Donax trunculus* est une espèce gonochorique qui peut atteindre sa maturité dès sa première année même dans les conditions les plus favorables de son aire de distribution (Anonyme, 2007). Les gamètes sont relâchés dans l'eau environnante, après une courte période de vie planctonique, la larve se métamorphose et adopte une vie benthique. La reproduction chez *D. trunculus* dans le golfe d'Annaba n'a fait l'objet que d'une seule tentative en étudiant les variations de la composition biochimique des gonades en relation avec le cycle reproducteur de l'espèce et l'état de pollution des sites étudiés (Hamdani et Soltani-Mazouni, 2011). Chez *D. trunculus*, le cycle sexuel est rythmé par les facteurs climatiques saisonniers. La

reproduction est déclenchée par des variations brutales de la température et/ou de la salinité. D'une façon générale, la période de ponte s'étend du printemps jusqu'au début de l'automne ; avec deux émissions massives des gamètes en mars - avril et septembre – octobre. L'émission des gamètes nécessite une grande consommation d'énergie et d'oxygène, et entraîne un affaiblissement général des individus qui se concrétise par une importante perte de poids (19 à 27% du PS) (Anonyme, 2007).

L'étude histologique de l'ovogenèse chez *D. trunculus* durant un cycle dans les deux sites d'étude, nous a permis de constater que le développement des gonades femelles s'amorce à partir de décembre pour les deux sites. Cette période coïncide avec le refroidissement des eaux (16 à 17°C). Ceci témoigne l'importance des facteurs abiotiques dans la reproduction des invertébrés marins d'une manière générale (Pearse, 1999), et chez les mollusques bivalves en particulier (Enriquez-Daiz, 2004 ; Fabiaux *et al.*, 2004 ; Samain *et al.*, 2007). Mouëza (1971), signale que les basses de température enclenchent la maturation des gonades et quand celle-ci augmente jusqu'à un certain degré (20°C), l'émission des gamètes est alors amorcée. Par ailleurs, cet auteur rapporte également que la température n'est pas le seul facteur déclenchant ni le seul facteur limitant, et qu'elle est à prendre d'un point de vue différent pour les adultes et les juvéniles. En effet, chez les juvéniles classés entre 8 et 16 mm, la maturité intervient plus tardivement que chez les adultes (Mouëza, 1971). Chez d'autres bivalves, les cellules germinales produisent des jeunes ovocytes pendant la période automnale. Leur développement et leur émission, se produisent lorsque la température et la disponibilité de la nourriture augmentent (Lango-Reynoso *et al.*, 2000).

Dans les deux sites, l'émission des gamètes débute à partir de mars et se poursuit jusqu'à la fin septembre. Par ailleurs, le début de la phase de recrutement est en léger décalage et ne débute qu'à la fin mars et se maintient pendant toute la saison printanière. Nos résultats concordent avec ceux signalés par Hamdani (2012) ayant travaillé sur cette même espèce dans la même région. Alors que, Mouëza et frenkiel-Renault (1973) ainsi que Ansell *et al.* (1980), notent également deux principales périodes de ponte, mais une en automne et l'autre en hiver. Dans le même contexte, Tlili *et al.* (2011), ayant travaillé sur la même espèce dans le golfe de Tunis, rapportent une période d'activité sexuelle très similaire à celle signalée dans nos résultats. Cependant, on note que cette activité physiologique est en étroite relation avec la position géographique où vit l'espèce. C'est ainsi que chez ce même bivalve, en Espagne (Tirado et Salas, 1998) et en Turquie (Deval, 2009), on a relevé une seule période de ponte durant la saison estivale. Ces différences saisonnières, peuvent être expliquées par les variations des conditions environnementales qui agissent sur la fréquence, le temps et la durée de la gamétogénèse.

Néanmoins, il est intéressant de signaler que lors de notre étude, nous avons relevé un certain blocage (d'environ un mois) du stade III au niveau du site de Sidi Salem. Ce décalage temporel au niveau de cette plage située à proximité des rejets de l'oued Seybouse, serait en relation avec les effets négatifs des polluants contaminant les eaux environnantes et se répercutant par conséquent sur la physiologie de la reproduction de ce bivalve colonisant ce site. Cette même constatation a été rapportée par Tlili (2011), qui a noté un retard dans le stade III au niveau d'un site pollué par rapport à celui qui est moins pollué. L'influence négative des polluants sur la physiologie de la reproduction chez les bivalves marins, a été déjà signalée dans d'autres travaux (Neudecker, 1981 ; Steele et Mulcahy, 1999).

Plusieurs études révèlent que le déclenchement et la durée et la reproduction chez *Donax trunculus*, varient selon les positions géographiques des sites où se développe ce bivalve (**Tab. XIV**). Ces variations temporelles dépendent essentiellement des conditions environnementales déjà signalées.

**Tableau XIV.** Cycle de reproduction chez *Donax trunculus* en Méditerranée et en Atlantique.

Côte	Pays	Période d'activité	Période de repos	Auteurs
Mer Méditerranéenne	Algérie (Alger)	Février - Septembre	Octobre - Janvier	Mouëza et Frankiel-Renault (1973)
	Algérie (Annaba)	Décembre - Août	Septembre-Novembre	Hamdani (2012)
	Espagne	Février – Octobre	Octobre - Janvier	Tirado et Salas (1998)
	Palestine	Janvier – Août	Septembre - Décembre	Neuberger-Cywiak <i>et al.</i> (1990)
	Maroc	Janvier – Août	Septembre - Décembre	Lagbouri et Moukrim (1999)
	Tunisie	Novembre - Juillet	Août - Octobre	Dhaoui-Ben Khedher <i>et al.</i> (2003)
	Italie (Mer Tyrrhénienne)	Avril – Août	Septembre – Mars	Voliani <i>et al.</i> (1997)
	Italie (Mer Tyrrhénienne)	Février – Août	Septembre – Janvier	Manca-Ziechen <i>et al.</i> (2002)
	Italie	Mars– Août	Septembre – Février	Guido et Valeria (2009)
	Turquie	Avril – Août	Septembre – Novembre	Deval (2009)
	Egypte	Février – Août	Septembre – Janvier	Alkaradawe <i>et al.</i> (2014)
Atlantique	Espagne	Décembre – Juillet	Août – Novembre	Fernández Otero (1986)
	Portugal	Novembre – Août	Septembre – Octobre	Gaspar <i>et al.</i> (1999)
	Maroc	Décembre – Juillet	Août - Novembre	Bayed (1990)

Chez les espèces appartenant au genre *Donax*, les phases de la reproduction sont très hétérogènes, et se manifestent selon les exigences écologiques des espèces et la gamétogenèse est variables entre les régions du monde (**Tab. XV**). La plus part des études sur la reproduction des bivalves des régions tempérées, montre que la gamétogénèse s'arrêtent pendant l'automne et l'hiver lorsque les conditions abiotiques ne sont pas optimales au développement larvaire (Ruiz *et al.*, 1992 ; Paulet *et al.*, 1992 ; Brosseau, 1995). Ceci est en accord avec nos résultats, où on enregistre une période de repos sexuel automnale. Plusieurs questions concernant les facteurs qui permettent le déclenchement de la gamétogénèse chez les mollusques bivalves peuvent être posées. Lubet (1976), émet l'hypothèse que l'activité génitale serait sous l'influence d'une horloge interne neuroendocrinienne qui déterminerait l'amplitude du cycle sexuel, et que se rythme est influençable par les facteurs externes parmi lesquels ; la température jouerait un rôle important. Ce qui est prouvé chez d'autres bivalves chez qui les cellules germinales produisent de jeunes ovocytes pendant la période automnale, ces cellules reste dans leur état de développement avancé et cela durant tout l'hiver, et puis la

réactivation de leur développement et leur émission se produit lorsque la température et la nourriture ont atteint un pique optimal (Lango-Reynoso *et al.*, 2000).

**Tableau XV.** Cycle de reproduction chez d'autres *Donax* en Méditerranée et en Atlantique.

<i>Donax vittatus</i>				
Côte	Pays	Période d'activité	Période de repos	Auteurs
Méditerranéenne	Espagne	Février – Novembre	Décembre - Janvier	Tirado et Salas (1999)
<i>Donax semistriatus</i>				
Méditerranéenne	Espagne	Janvier - Décembre	Octobre – Janvier	Tirado et Salas (1999)
<i>Donax hanleyanus</i>				
Atlantique	Argentine	Novembre - Mai	Juin – septembre	Metzner <i>et al.</i> (2005)
	Brésil	Octobre - juin	Juin - novembre	Guacira et José (2004)

## 5. Exploitation et état du stock naturel

Il est possible d'exploiter les espèces mais il faut toujours préserver les stocks naturels, il faut que la pêche et les collectes pratiquées soient rationnelles et responsables. En effet, si les espèces sont exploitées ou chassées plus vite qu'elles ne peuvent se reproduire, on parle alors d'une surexploitation. Cette activité d'exploitation ne sera pas durable et peut à long ou à court terme entraîner l'extinction de l'espèce cible. De nombreuses espèces ont souffert de la surexploitation et elles sont disparues avant que l'on puisse corriger le rythme auquel les animaux étaient exploités.

La pêche artisanale de l'haricot de mer *Donax trunculus* dans le golfe d'Annaba fait bénéficier un certain nombre de jeunes pêcheurs de la population locale ; qui y sont impliqués et cette activité leur représente un moyen de subsistance assez important. Toutefois, cette pêcherie est jusqu'à présent peu connue, et ses statistiques ignorées par la tutelle, du fait que la production débarquée échappe à tout contrôle de la hiérarchie.

Le stock global de *D. trunculus* dans les deux sites d'étude (Echatt et Sidi Salem environ 0,56 Km<sup>2</sup>) où elle abonde, est estimé à environ 20,23 tonnes (14,7 tonnes pour la plage d'Echatt et 5,53 tonnes pour celle de Sidi Salem). Ce stock est très important par rapport à celui de la partie marine de la région de Zarzis (1166,8 Km<sup>2</sup>) en Tunisie (Ben Abdallah *et al.*, 2006), estimé à 13 tonnes. De même, notre stock est également supérieur en comparaison avec celui du golfe de Tunis (INSTM, 2005), estimé à environ 6 tonnes seulement. Toutefois, le stock du golfe du Gabès avec 738 tonnes dépasse de loin le stock notre région.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude de la dynamique de la population de *Donax trunculus* dans la zone de son abondance dans le golfe d'Annaba (Plages de Sidi Salem et d'Echatt) au cours d'un cycle (2012), nous a permis d'apporter quelques éléments fondamentaux pour la compréhension de la structure et l'organisation de ce bivalve dans le milieu naturel.

Le suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau, montre que les fluctuations thermiques sont importantes et sont sous l'influence directe de la température atmosphérique. Globalement la plage de Sidi Salem plus abritée, recevant les rejets des eaux de refroidissement du complexe de fertial, est caractérisée par des eaux relativement plus chaudes par rapport aux eaux de la plage d'Echatt ; plus exposée aux vents dominants du secteur Nord-Ouest.

Les variations halines sont moins importantes par rapport à ceux de la température. Le pH ne révèle aucune différence entre les deux sites avec un pH légèrement alcalin. L'évolution de la concentration en oxygène dissous montre, que le site de Sidi Salem est moins riche en oxygène par rapport au site d'Echatt ; plus exposé donc plus agité. Les résultats de la teneur en matière en suspension et de la chlorophylle *a* de la colonne d'eau, révèle une charge importante dans le site de Sidi Salem, en raison des apports respectifs l'oued Seybouse et les rejets (enrichissement en nutriments) du complexe de fertial.

De l'étude granulométrique des fonds des deux sites prospectés, il ressort que les plages de Sidi Salem et d'Echatt, sont constituées de sables moyens purs, où la fraction fine (pélique) est presque absente. Ce type de substrat serait le résultat de l'action hydrodynamique intense dans cette zone du golfe, sous l'effet des vents dominants du secteur Nord-Ouest, brassant constamment les rives Sud du golfe.

Habituellement, *Donax trunculus* colonise les fonds de sable fin, alors que curieusement nos résultats ont montré un bon développement de ce bivalve dans des substrats à sable moyen caractérisant la quasi-totalité des petits fonds (< 1,50 m) des deux plages prospectés.

L'étude quantitative de l'haricot de mer dans le secteur Sud du golfe d'Annaba, nous a permis de constater une légère baisse du stock naturel par rapport au gisement des années début 2000. Ce déclin de l'abondance serait en relation non seulement aux méfaits de la pollution, notamment pour le site de Sidi Salem ; mais aussi et sans doute à la surexploitation de l'espèce par les jeunes pêcheurs de la région, dont le nombre augmente d'une année à une autre sans aucune réglementation, ni contrôle par les autorités compétentes ou la tutelle (Direction de pêche), qui ne dispose d'aucune information concernant la collecte de ce bivalve dans la région.

Le suivi de la dynamique de population de *D. trunculus* a permis la mise en évidence deux périodes importantes de recrutement ; l'une printanière et l'autre automnale ; avec un léger décalage chronologique pour le site de Sidi Salem, soumis à différentes sources de pollution. Par ailleurs, la taille maximale de ce Donacidae (39,67 mm) dans le golfe est très comparable

à la majorité des tailles des haricots de mer colonisant les rives périméditerranéennes. L'analyse biométrique de ce bivalve, nous a permis de déterminer une croissance de type allométrie minorante pour l'ensemble des paramètres linéaires (longueur, hauteur, épaisseur) et pondéraux chez les individus des deux sites prospectés ; traduisant ainsi les différentes adaptations morphologiques et comportementales de cette espèce dans son milieu naturel. L'étude de l'indice de condition a montré que les individus du site de Sidi Salem (plus riche en nutriments), sont embonpoint par rapport à ceux d'Echatt, avec une diminution de cet indice durant la période de libération des gamètes dans le milieu environnant dans les deux sites d'étude. En effet, les plus faibles valeurs de l'indice de condition coïncide avec l'émission des gamètes au printemps et en été, d'où l'importance de la masse des gamètes dans la masse corporelle des individus chez ce bivalve Donacidae.

La différenciation sexuelle chez *D. trunculus* n'est possible que pendant la période d'activité sexuelle. D'une manière générale, les deux sexes sont équitablement répartis, et les différences entre les deux sexes à l'échelle d'un cycle sont faibles et se limitent aux mois qui suivent juste la ponte.

Comme dans la majorité des côtes méditerranéennes, la longévité de *Donax trunculus* dans le golfe d'Annaba est de 3 ans. La croissance est importante durant la première année, avec une diminution de celle-ci lors de deuxième et la troisième année.

L'étude histologique de l'ovogenèse chez *D. trunculus*, nous a permis de localiser la période de reproduction ; qui s'étale de février à octobre. Cette étude, nous a permis également de déterminer la chronologie et les conditions de maturation des gonades, ainsi que leur émission dans le milieu environnant. Par conséquent, il est intéressant de signaler un léger retard dans le développement de l'ovogenèse chez les femelles de la plage de Sidi Salem ; exprimé par un certain blocage du stade III. Ce phénomène pourrait être à l'origine des effets négatifs des différents polluants issus des rejets en provenance de l'oued Seybouse (pollution industrielle) et du port (eaux usées et hydrocarbures) sur la physiologie de la reproduction de ce bivalve.

Sur le plan exploitation, la collecte de l'haricot de mer par les jeunes pêcheurs dans le golfe d'Annaba, n'obéit à aucune réglementation. Par ailleurs, la tutelle (Direction des pêches), ne dispose d'aucune donnée sur les statistiques de pêche de ce bivalve régulièrement présent dans les marchés de poissons de la ville. Cette exploitation anarchique non contrôlée, peut conduire sans doute à une diminution du stock naturel de l'espèce.

Pour que la pêche et l'exploitation de ce bivalve dans la région soit une activité durable du point de vue de la gestion des ressources naturelles et du point de vue des retombés socio-économiques vis-à-vis des jeunes pêcheurs de la région, on propose les recommandations suivantes : (1) Établir un plan de gestion rationnelle relatif à l'exploitation de ce bivalve. (2) Sensibiliser les pêcheurs, afin que le débarquement des captures passe par la halle aux poissons, seul moyen d'obtenir des statistiques de pêche sûres et fiables. (3) Approfondir la recherche sur les aspects biotoxines marines en développant les coopérations avec les laboratoires de recherche et les universités nationales. (4) En raison de l'inexistence d'investigations scientifiques jusqu'à ce jour, il est impératif de développer des programmes d'études sur la dynamique des populations et sur la gestion des bivalves exploités le long du littoral Est algérien en général et dans notre région (golfe d'Annaba) en particulier.

## RÉSUMÉ

La présente étude vise à connaître la structure et la dynamique du bivalve Donacidae exploité *Donax trunculus* colonisant les petits fonds des plages de Sidi Salem et d'Echatt (Sud du golfe d'Annaba), durant l'année 2012.

Le suivi des paramètres physico-chimiques pendant la période d'étude a montré que les extrêmes thermiques fluctuent entre 15,02 (Echatt, février) et 29,04°C (Echatt, juillet), alors que la salinité oscille entre 35,71 (Echatt, avril) et 38,05 psu (Sidi Salem, septembre). Le pH des eaux des deux sites prospectés, est légèrement alcalin avec un intervalle de 7,05 (Echatt, avril) et 9,24 (Sidi Salem, mars). Les eaux de la zone d'étude sont généralement bien oxygénées ; avec des concentrations qui varient entre 5,08 (Sidi Salem, janvier) et 8,92 mg.l<sup>-1</sup> (Echatt, mars). Les résultats de la teneur en matière en suspension indiquent une charge particulaire importante avec des valeurs allant de 12,07 (Echatt, juillet) à 32,53 mg.l<sup>-1</sup> (Sidi Salem, février). L'habitat de l'haricot de mer est constitué essentiellement de sable moyen, contrairement à son biotope habituel formé surtout de sable fin.

Les variations des abondances de *Donax trunculus* dans les deux sites sont importantes, elles oscillent entre  $36 \pm 6$  ind.m<sup>-2</sup> (Sidi Salem, mars) et  $272 \pm 27$  ind.m<sup>-2</sup> (Echatt, juillet) ( $p < 0,05$ ). Cette différence numérique entre les deux sites, peut être expliquée par les effets négatifs de la pollution sur la distribution de ce bivalve. Le cycle biologique de *D. trunculus* est caractérisé par un recrutement bimodal qui s'étale d'avril à octobre avec deux grandes périodes d'activité ; au printemps et au début d'automne. La longévité de la population étudiée est de 3 ans en parfait accord avec l'âge moyen de la population méditerranéenne. Les paramètres de croissance sont de  $54,70 < L < 55,20$  mm et  $0,14 < K < 0,15$ . Par ailleurs, le coefficient d'allométrie  $b < 3$ , traduisant ainsi une allométrie minorante pour laquelle la taille croît plus rapidement que le poids.

L'indice de condition chez ce bivalve fluctue entre 0,20 (juillet et août) et 0,32 (avril). Les différences spatiales de cet indice sont en faveur du site de Sidi Salem (importance trophique). La différenciation sexuelle chez *D. trunculus* n'est possible que pendant la période de reproduction. Le rapport entre les deux sexes, est légèrement en faveur des individus mâles. L'étude de l'ovogenèse à travers les analyses histologiques chez *D. trunculus*, révèle que la reproduction s'amorce en décembre (stade I), avec une première émission gamétique en mars (stade III). Cette activité sexuelle se poursuit jusqu'à septembre, où on assiste au taux le plus élevé d'émission des gamètes dans le milieu environnant. Par ailleurs, le suivi de l'ovogenèse, montre un certain décalage dans le développement ovocytaire entre les deux sites. C'est ainsi qu'on décèle un blocage de l'évolution du stade III durant le mois de mars dans les ovaires des femelles prélevées du site de Sidi Salem. Ce phénomène pourrait s'expliquer par l'exposition de ce site aux différentes sources de pollution provenant du port et des effluents véhiculant des eaux usées et rejets industriels de la région.

Malgré l'importance de la collecte de *D. trunculus* dans le golfe d'Annaba, aucun contrôle ni réglementation régissent cette activité. D'autre part et malgré la fragilité du stock naturel, la tutelle ne dispose d'aucune donnée statistique sur la pêche de ce bivalve. Par conséquent, l'exploitation anarchique actuelle, conduira sans doute à la chute du stock naturel de l'espèce.

---

**Mots clés :** *Donax trunculus*, écobiologie, dynamique, exploitation, golfe d'Annaba.

## ABSTRACT

This study aims to understand the structure and dynamics of the exploited Donacidae *Donax trunculus* colonizing shallow beaches of Sidi Salem and Echatt (southern Gulf of Annaba) during 2012.

The monitoring of physicochemical parameters during the study period showed that thermal extremes fluctuate between 15.02 (Echatt, February) and 29.04°C (Echatt, July), while salinity varies from 35.71 (Echatt, April) to 38.05 psu (Sidi Salem, September). The pH of the two sites water is slightly alkaline with an interval of 7.05 (Echatt, April) and 9.24 (Sidi Salem, March). The waters of the study area are generally well oxygenated with concentrations which vary between 5.08 (Sidi Salem, January) and 8.92 mg l<sup>-1</sup> (Echatt, March). The results of the suspended matter content indicate a significant particulate load with values ranging from 12.07 (Echatt, July) to 32.53 mg l<sup>-1</sup> (Sidi Salem, February). The habitat of the wedge clam is composed primarily of medium sand, unlike its usual habitat which usually composed of fine sand.

The variations in abundances of *D. trunculus* at both sites are important, they are between 36 ± 6 ind.m<sup>-2</sup> (Sidi Salem, March) and 272 ± 27 ind.m<sup>-2</sup> (Echatt, July) ( $p < 0,05$ ). This numerical difference between the two sites can be explained by the negative effects of pollution on the distribution of this bivalve. The life cycle of *D. trunculus* is characterized by a bimodal recruitment which ran from April to October with two major periods of activity; in spring and early fall. The longevity of the population studied is 3 years in perfect accord with the mean age of the Mediterranean population. The growth parameters are 54.70 < L < 55.20 mm and 0.14 < K < 0.15. Furthermore, the allometric coefficient  $b < 3$ , reflecting a negative allometry, for which the size is growing faster than the weight.

The condition index at this bivalve fluctuates between 0.20 (July and August) and 0.32 (April). The spatial differences of this index are in favor of Sidi Salem site (trophic importance). Sexual differentiation at *D. trunculus* is not possible that for the period of reproduction. The relationship between the two sexes is generally in favor of males. The study of oogenesis across the histological analyzes of *D. trunculus* reveals that the reproduction begins in December (stage I) with a first emit of gametes in March (stage III). This sexual activity continues until September, when we witness the highest rate of emission of gametes into the surrounding environment. Moreover, monitoring of oogenesis shows a lag in the oocyte development between the two sites. Thus it detects a delay of the evolution of stage III during the month of March in the ovaries of females taken from the Sidi Salem site. This phenomenon could be explained by the exposure of the site to different sources of pollution from the port and effluent carrying sewage and industrial waste in the region.

In spite of the importance of the collection of *D. trunculus* in the gulf of Annaba, no control nor regulation govern this activity. In addition and in spite of the brittleness of natural stock, the supervision does not have any statistical data on the fishing of this bivalve. Consequently, the current anarchistic exploitation, will undoubtedly lead to the fall of the natural stock of the species.

---

**Keywords:** *Donax trunculus*, ecobiology, dynamics, exploitation, Gulf of Annaba.

## الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى فهم بنية وديناميكية الرخوي ذو الصدفتين *Donax trunculus* الذي يستوطن المياه الضحلة في شاطئ سيدي سالم و الشط (جنوب خليج عنابة) 2012.

أظهر رصد العوامل الفيزيوكيميائية خلال فترة الدراسة أن درجات الحرارة تتراوح بين 15,02 ( فيف ) °29,04 ( جويلية). أما فيما يخص الملوحة فتتراوح بين 35,71 ( أبريل ) 38,05 (سيدي سالم, pH فمياه الشاطئين تعد قاعدية نوعا ما إذ تتراوح بين 7,05 ( أبريل ) 9,24 (سيدي سالم, تعتبر مياه منطقة الدراسة مياهها متوسطة التشبع بالأكسجين المنحل في الماء فهي تتراوح بين 5,08 (سيدي سالم, 8,92 / ( جويلية). دلت النتائج المحصل عليها من دراسة المادة العضوية العالقة على وجود حمولة معتبرة تتراوح بين 12,07 ( جويلية) 32,53 / (سيدي سالم, فيفري). يتكون موطن هذا الرخوي من رمال متوسطة على عكس بيئته المعتادة التي تتألف عادة من رمال ناعمة.

تشهد كثافة الرخوي *Donax trunculus* تغيرات هامة على مستوى المنطقتين المدروستين حيث تتراوح بين  $6 \pm 36$  /  $27 \pm 272$  (سيدي سالم,  $^2 /$  ( جويلية)  $p = 0,05$ ). هذا التباين العددي الواضح في الكثافة يمكن أن يفسر بالتأثير السلبي للتلوث على توزع هذا الرخوي. تتميز دورة حياة الرخوي *Donax trunculus* بفترتين لظهور الصغار ممتدتين من شهر أبريل إلى شهر أكتوبر الأولى في فصل الربيع و الثانية في بداية فصل الخريف. 3 سنوات و ذلك يتوافق مع متوسط عمر هذا الرخوي في البحر الأبيض المتوسط.

فيما يخص معاملات النمو فهي كالآتي:  $L = 54,70$   $K = 0,14$   $b = 3$   $0,15$  مما يعني أن الطول ينمو أسرع من الوزن.

مؤشر الحالة الخاص بهذا الرخوي يتراوح 0,20 (جويلية و أوت) 0,32 (أفريل). التباين المكاني في هذا المؤشر لصالح شاطئ سيدي سالم (ذلك للتغذية الهامة).

دراسة مراحل تكوين البويضات من خلال الدراسة النسيجية للرخوي *Donax trunculus* تبين أن فترة التكاثر تبدأ في شهر ديسمبر (I) مع أول وضع للأمشاج خلال شهر مارس (III). عملية التكاثر هذه تدوم حتى شهر سبتمبر أين نلاحظ أكبر قدر من الأمشاج الموضوعة في البيئة المحيطة. خلال عملية رصد مراحل تكوين البويضات عن طريق الملاحظات المجهرية نلاحظ تباينا في تطور البويضات على مستوى الموقعين. كما نلاحظ أيضا تأخرا في تطور III خلال شهر مارس في مبايض الأفراد المأخوذة من موقع سيدي سالم. سبب حدوث هذه الظاهرة يمكن أن يكون كالميناء, مياه الصرف الصحي والنفايات الصناعية.

بالرغم من أهمية نشاط الصيد الممارس على هذا الرخوي على مستوى خليج عنابة فإننا نلاحظ الغياب التام لأية نصوص قانونية تنظم هذا النوع من الصيد. من جهة أخرى و بالرغم من ضعف المخزون الطبيعي لهذا الرخوي فإنه لا إحصائيات بخصوص الكميات المسموح بها قانونيا أو عدد الصيادين أو حتى فترات الصيد. اللاعقلاني لهذا النوع من الثروات الحيوانية سيؤدي حتما إلى إنخفاض كبير .

**الكلمات المفتاحية :** *Donax trunculus* ، البيئة و البيولوجية ، الديناميكية ، الإستغلال ، خليج عناب .

## Références bibliographiques

## A

- Aarset A.V. & Aunaas T., 1990.** Influence of environmental salinity on oxygen consumption and ammonia excretion of the arctic under-ice amphipod *Onisimus glacialis*. *Mar. Biol.*, **107**: 9–15.
- Adjei-Boateng D. & Wilson J.G., 2011.** Body condition and gametogenic cycle of *Galatea paradoxa* (Mollusca: Bivalvia) in the Volta River estuary, Ghana. *Journal of Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **132**: 94-98.
- Alagarwami K., 1966.** Studies on some aspects of biology of the wedgeclam *Donax faba* Gmelin from Mandapam coast in the Gulf of Mannar. *J. Mar. Biol. Assoc. India.*, **8**: 56-75.
- Alexander R.R., Stanton Jr.R.J. & Dodd J.R., 1993.** Influence of sediment grain size on the burrowing of bivalves: correlation with distribution and stratigraphic persistence of selected neogene clams. *Palaios*, **8**: 289–303.
- Aminot A. & Chaussepied M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. *Éd. CNEXO, Brest* : 395p.
- Amira A., Sifi K. & Soltani N., 2011.** Measure of environmental stress biomarkers in *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba (Algeria). *European Journal of Experimental Biology*, **1**(2): 7-16.
- Amoureux L., 1960.** Quelques observations de base concernant les méthodes granulométriques. *Rapp. C.I.E.S.M.M.*, **XVI**(3) : 704-10.
- Amouroux J.M., 1974.** Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. III. Variations spatiales et saisonnières. *Vie Milieu.*, **24**: 321-354.
- Anderlini V.C., 1990.** The effects of sewage on trace metal concentrations and scope for growth in *Mytilus edulis aoteanus* and *Perna perna* from Wellington Harbor, New Zealand. Paper presented at the International Conference on trace metals in the environment, Sydney (Australia), July 1990. *In: Trace metals in the aquatic environment. G. E. Batley.*, **125**: 263-288.
- Anonyme 1976.** Extension du port d'Annaba. Étude générale des conditions naturelles dans le golfe. Synthèse finale du rapport du LCHF: 50p.
- Ansell A.D., 1961.** Reproduction, growth and mortality of *Venus striatula* (da Costa) in Kames Bay, Millport. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*, **41**: 191-215.
- Ansell A.D., 1968.** The rate of growth of hard clam *Mercenaria mercenaria* (L.) throughout the geographical range. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, **31**: 364-409.
- Ansell A. D., 1972.** Distribution, growth and seasonal changes in biochemical composition for the bivalve *Donax vittatus* (da costa) from Kames Bay. Millport. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **10**: 137-150.
- Ansell A.D., 1983.** The biology of the genus *Donax*. *In: McLachlan A., Erasmus T., Junk W. (Eds), Developments in Hydrobiology Vol. 19. Sandy Beaches as Ecosystems. Dr. W. Junk Publ., The Hague, the Netherlands, 607-635.*
- Ansell A. D. & Bodoy A., 1979.** Comparison of events in the seasonal cycle for, *Donax vittatus* and *D. trunculus*. *Dans : Cyclic phenomena in marine plants and animals, Proc. Europ. mar. Bisl. Symp., Naylor, E. et Hartno, R.G. (eds). Pergamon Press, Oxford et New York: 191-198.*
- Ansell A.D., Frenkiel L. & Mouëza M., 1980.** Seasonal changes in tissue weight and biochemical composition for the Bivalve *Donax trunculus* L. on the Algerian Coast. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **45**: 105-116.
- Ansell A.D. & Lagardère F., 1980.** Observations on the biology of *Donax trunculus* and *Donax vittatus* at Ile d'Oléron (French Atlantic Coast). *Mar. Biol.*, **57**(4): 287-300.

- Ansell A.D., McLusky D.S., Stirling A. & Trevallion A., 1978.** Production and energy flow in the macrobenthos of two sandy beaches in south West India. *P. Roy. Soc. Edinb.* B **76**: 269-296.
- Antoine Y.W.S., Bowker D., 1996.** Hydrological and environmental characteristics of the River Taff, South Wales, U.K. *limnologica* ,**26**: 217-233.
- Aouadène A., 2003.** Evaluation spatio-temporelle de quelques paramètres biométriques et biochimiques chez *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) dans un environnement pollué (golfe d'Annaba). *Thèse de Magister*. Université d'Annaba : 88p.
- Arbey F., 1961a.** Études littorales sur la côte des Maures I. La croissance de plage. *Cahiers Océanogra.* XII(6) : 381-396.
- Arbey F., 1961b.** Études littorales sur la côte des Maures III. Les sinuosités rocheuses. *Cahiers océanogra.* XIII(10) : 727-733.
- Arntz W. E., Brey T., Tarazona J. & Robles A., 1987.** Changes in the structure of a shallow sandy-beach community in Peru during an El Niño event. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, **5**: 645-658.
- Arntz W.E. & Fahrbach E., 1991.** El Niño - Klimaexperiment der Natur: Die physikalischen Ursachen und biologischen Folgen. Birkhäuser, Basel, Bosten, Berlin. 264p.
- Arzule G., Chardy P., Gros P. & Monbet Y., 1990.** Apports nutritifs par la matière organique en suspension en baie de Saint- Brieuc. *J. R. O.*, 15 (3 et 4): 110-115.
- Askew C.G., 1972.** The growth of oysters *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* in Emsworth Harbor. *Aquaculture.*, **1**: 237-259.
- Asmus H., 1987.** Secondary production of an intertidal mussel bed community related to its storage and turnover compartments. *Marine ecology progress series. Oldendorf*, **39**(3): 251-266.

---

## B

---

- Bachelet G., 1981.** Données préliminaires sur l'organisation trophique d'un peuplement benthique marin. *Vie Milieu.*, **31**(3-4): 205-213.
- Badino G. & Marchionni B., 1972.** Neurosecretion and gonad maturation in a population of *Donax trunculus* L. from Leghorn (Italy). *Bull. Zool.*, **39**: 321-326.
- Bakalem A., 1981.** Biologie des principales espèces du peuplement des sables fins de la baie d'Alger. *Pelagos*, **6**(1) :165-220.
- Bally R., 1983.** Factors affecting the distribution of organisms in the intertidal zones of sandy beaches. In: McLachlan, A., Erasmus, T. (Eds.), *Sandy Beaches as Ecosystems*. Junk Publishers, The Hague, **11**: 391-404.
- Bally R., 1986.** The biogeography of *Donax* (Mollusca; Bivalvia). In: Donn, T.E. (Ed.), *Biology of the Genus Donax in Southern Africa. Inst. Coast. Res. Univ. Port Elizabeth Rep.* **5**, 7-12.
- Baranabé G. & Barnabé-Quest R., 1997.** Ecologie et aménagement des eaux côtières. Eds. Lavoisier, Paris, 391p.
- Barnabé G., 1991.** Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. *Edition Lavoisier*. Paris : 500p.
- Bascom W.N., 1964.** Waves and Beaches, the Dynamics of the Ocean Surface. Garden City, *Anchor Books*, New York, 267p.
- Bayed A., 1990.** Reproduction de *Donax trunculus* sur la côte atlantique marocaine. *Cah. Biol. Mar.*, **31**: 159-169.
- Bayed A., 1991a.** Étude écologique des écosystèmes de plages de sable fin de la côte atlantique marocaine: Modèles de zonation, biotypologie, dynamique de populations. Thèse Doct. d'État. Univ. Mohammed V, Rabat : 229p.

- Bayed A., 1991b.** Variabilité de la croissance de *Donax trunculus* sur le littoral Marocain. *Cah. Biol. Mar.*, **31**: 159-169.
- Bayed A., 1998.** Variabilité de la croissance des populations du Mollusque *Donax trunculus* sur le littoral atlantique marocain. *Cahiers Options méditerranéennes*, **35**: 11-23.
- Bayed A., 2003.** Influence of morphodynamic and hydrodynamic factors on the macrofauna of Moroccan sandy beaches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **58S**, 71–82.
- Bayed A. & Guillou J., 1985.** Contribution à l'étude des populations du genre *Donax*: La population de *D. trunculus* L. (Mollusca, Bivalvia) de Mehdia (Maroc). *Ann. Inst. Oceanogr., Paris*, 61(2) : 139-147.
- Bazairi H., 1999.** La faune macrobenthique de la lagune de Moulay Bouselham : Structure des peuplements et successions spatio-temporelles. Thèse doctorat. Université Mohammed V, Rabat, Maroc : 199p.
- Beaupoil C., et Bornens P., 1997.** Oxygène dissous et toxicité de l'ammoniaque en zones estuariennes : seuils d'acceptabilité. Station de Biol. Mat. (Concarneau). Ed. Agence de l'Eau Loire-Bretagne : 48p.
- Belabed S. & Soltani N., 2013.** Acute toxicity of cadmium on *Donax trunculus* acetylcholinesterase, glutathione S-Transferase activities and pattern of recovery. *Eur. J. Exp. Biol*, **3**(2): 54-61.
- Beldi H., 2007.** Étude de *Gambusia affinis* (Poisson, Téléostéen) et *Donax trunculus* (Mollusque, Pélécy-pode) : écologie, physiologie et impacts de quelques altéragènes. Thèse doct. Ecologie marine. Univ. Annaba : 106p (+ annexes).
- Beldi H., Gimbert F., Maas S., Scheiffler R. & Soltani N., 2006.** Seasonal variations of Cd, Cu, Pb and Zn in the edible mollusc *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from gulf of Annaba, Algeria. *Afric. J. Agricul. Res.*, **1**(4): 85-90.
- Belkheir M. & Hadj Ali S. M., 1991.** Contribution à l'étude des mécanismes d'eutrophisation dans le lac de Tunis : évolution des paramètres physico-chimiques et biologiques. *Bull. Inst. Scient. Tech. océanogr. Pêche. Salombo. Tunis*, **8**: 81-98.
- 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.
- Benmassaoud F., 1987.** Étude de deux mollusques lamellibranches: *Cerastoderma edule* (L., 1767) et *Venerupis decussata* (L., 1758) dans l'estuaire du Bou-Regreg. *Thèse de 3 ème cycle, Univ. Mohammed V, Rabat* : 119p. (+ annexes).
- Benomar S., Bouhaimi A., El-Hamidi F., Mathieu M., Ouichou A. & Moukrim A., 2006.** Cycle de reproduction de la moule africaine *Perna perna* (Mollusca, Bivalvia) dans la baie d'Agadir: Impact des rejets d'eaux usées domestiques et industrielles. *Biol. Santé.*, **6**(1): 25-36.
- Bensalem-Bendjelloui M., 1998.** Techniques histologique théorie et pratique. Office des Publications Universitaires, Alger : 109p.
- Benzohra M., 1993.** Les structures hydrologiques le long des côtes algériennes. In: Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb, INOC, Izmir : 33-46.
- Bertalanffy, L. Von. 1938.** A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, **10**(2): 181-213.
- Berthet B., 2008.** Les espèces sentinelles. Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques. *Lavoisier, Tec&Doc, Paris*, 121-148.

- Berthois L., 1958.** Techniques de l'analyse granulométrique. *C.P.U.*, Paris : 64p.
- Beukema J.J. & De Bruin, W., 1977.** Seasonal changes in dry weight and chemical composition of soft parts of the telline *Macoma balthica* in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea. Res.*, **11**(1): 42-55.
- Bhattacharya G.G., 1967.** A sample method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, **137**(1): 137-143.
- Bietlot A., 1941.** Méthodes d'analyses granulométriques. Applications à quelques sables éocènes belges. *Mém. Soc. Géol. Belgique*, **64**(2) : 81-170.
- Blanc J. J., 1958.** Recherche de sédimentologie littorale et sous-marine en provence occidentale. *Ann. Inst. Océanogr.* **25** (1) : 1-140.
- Bodoy A., 1982.** Croissance saisonnière du bivalve *Donax trunculus* L. en Méditerranée Nord Occidentale (France). *Malacologia.*, **22** (1-2): 353-358.
- 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.
- Bordajandi L.R., Martin I., Abad E., Rivera J., Gonzalez M.J., 2006.** Organochlorine compounds (PCBs, PCDDs and PCDFs) in seafish and seafood from the Spanish Atlantic Southwest Coast. *Chemosphere* **64**, 1450–1457.
- Boscolo R., Cornello M. & Giovanardi O., 2003.** Condition index and air survival time to compare three kinds of Manila clam *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve) farming systems. *Aquacult. Int.*, **11**: 369-374.
- Bourlange S., 2000.** Modélisation hydraulique et écologique d'une rivière amont : Le Grand Morin. DEA hydrogéologie, Géostatistique et Géochimie .Université Paris - Sud, Ecole des Mines de Paris & Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts. pp48.
- Boussoufa D., Masmoudi W.M., Ghazali N., Dridi M.S., Romdhane M.S., El Cafsi., 2007.** Utilisation d'un mollusque bivalve : *Donax trunculus* (linne, 1758) comme indicateur de la qualité des eaux littorales dans le Golfe de Tunis. *Rapp. Comm. int. Mer Medit.* 38p.
- Brazeiro A. & Defeo O., 1999.** Effects of harvesting and density dependence on the demography of sandy beach populations: the yellow clam *Mesodesma mactroides* of Uruguay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **182**: 127-135.
- Bremond R. & Perrodon., 1979.** Paramètre de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement. Direction prévention des pollutions, France, 2<sup>e</sup> Ed.: 259p.
- Brock V., 1980.** Notes on relations between density, setting and growth of two sympatric cockle *Cardium edule* and *C. glaucum*. *Orphelia*, **1**: 241-248.
- Brown A.C. & McLachlan A., 1990.** Ecology of sandy shores. Elsevier Publishers. Amsterdam. 328 p.
- Bucke D. 1972.** Some histological technique applicable to fish tissues. *In: Diseases of fish, proceeding of symposium.* (L.E. Mawdesley-Thomas, ed). *Acad. Press and Zool. Soc., New York and London*, **30**: 135- 189.

---

## C

---

- 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.
- Cajaraville M.P., Bebianno M. J., Blasco J., Porte C., Sarasquete C., Viarengo A., 2000.** The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the Iberian Peninsula: a practical approach. *Sci. Tot. Environ.* **247**(2-3): 295-311.
- Campbell A.C. & Nicholls J., 1979.** Guide de la faune et de la flore littorales des mers d'Europe. *Ed. Delachaux & Niestlé*, Paris : 322p.

- Cardoso R.S. & Veloso V.G., 2003.** Population dynamics and secondary production of the wedge clam *Donax hanleyanus* (Bivalvia: Donacidae) on a high-energy, subtropical beach of Brazil. *Mar. Biol.*, **142**:153-162.
- Cassier P., Lafont R., Descamps M., Porchet M. & Soyer D., 1967.** La reproduction des invertébrés, stratégies, modalités et régulation, intérêt fondamental et appliqué. Masson (Eds.), Paris : 302-303.
- Chassefière B., 1968.** Sur la sédimentologie et quelques aspects de l'hydrologie de l'étang de Thau. Thèse 3<sup>ème</sup> Cycle. Univ. Montpellier : 131p.
- Chávez-Villalba J., Barret J., Mingant C., Cochard J.C. & Le Pennec M., 2003a.** Influence of timing broodstock collection on conditioning, oocyte production, and larval rearing of the oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), at a six production sites in France. *J. Shellfish. Res.*, **22**(2): 465-474.
- Chávez-Villalba J., Cochard J.C., Le Pennec M., Barret J., Enriquez-Diaz M. & Caceres-Martinez C., 2003b.** Effects of temperature and feeding regimes on gametogenesis and larval production in the oyster *Crassostrea gigas*. *J. Shellfish. Res.*, **22**(3): 721-731.
- Cherkasov A.S., Biswas P.K., Ridings D.M., Ringwood A.H. & Sokolova I.M., 2006.** Effects of acclimation temperature and cadmium exposure on cellular energy budgets in the marine mollusk *Crassostrea virginica*: linking cellular and mitochondrial responses. *J. Exp. Biol.*, **209**: 1274–1284.
- Chevreaux E. & Fage L., 1925.** Amphipodes. Faune de France. N°9. Ed. Lechevalier, Paris: 495p.
- Chicharo L. & Chicharo M.A., 2001.** Effects of environmental conditions on planktonic abundances, benthic recruitment and growth rates of the bivalve mollusc *Ruditapes decussatus* in a Portuguese coastal lagoon. *Fish. Res.*, **53**: 235-250.
- Chouikhi A., Izdar E & Menioui M., 1993.** Circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes des pays du Maghreb. INOC, 307p.
- CIESIN, 2000.** Percent of the population living within 100 kilometers from the coast is derived from the Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), World Resources Institute, and International Food Policy Research Institute, "Gridded Population of the World, Version 2 alpha" (Columbia University, Palisades, NY, 2000). <http://sedac.ciesin.org>
- Çolako lu S., 2014.** Population Structure, Growth and Production of the Wedge Clam *Donax trunculus* (Bivalvia, Donacidae) in the West Marmara Sea, Turkey. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, **14**: 221-230.
- Çolako lu S. & Tokaç A. 2011.** Some population parameters of the wedge clam (*Donax trunculus* L., 1758) in the west Marmara Sea. *Ege Journal of Fisheries Aquatic Sciences*, **28**(2): 65–70.
- Colakoglu S., Ulukoy G., Ormanci H.B., Colakoglu F.A., 2012.** Metal levels in economically important bivalve species from Turkey. *Food Additives and Contaminants: Part B* **5**, (4), 272-278.
- Conan P., Pujon-Pay M., Raimbault P. & Leveau M., 1998.** Variabilité hydrologique du golfe de Lion. II- Productivité sur le bord interne du courant. *Océanologica acta* **21**: 787-782.
- Cossa D., 1985.** Le cadmium et le mercure en milieu côtier : biogéochimie et utilisation du genre *Mytilus* comme indicateur quantitatif. Thèse de Doctorat d'état, Université de Bretagne Occidentale. Brest, France. 387p.
- Costa C., Bianchini M., Ceccarelli P., Orecchia P., Rambaldi E., Volterra L., 1987.** Indagine sui molluschi bivalvi di interesse commerciale (telline, cannolicchi e vongole) delle coste della Toscana, del Lazio e della Campania, 1985–1987, vol. **7**. Quaderni dell'Istituto di Idrobiologia e Acquacoltura G. Brunelli: 58p.

**Crosby M.P. & Gale L.D., 1990.** A review and evaluation of bivalve condition index methodologies with a suggested standard. *J. Shelf. Res.*, **91**: 233-237.

---

## D

---

**Dagnelie P., 1975.** Théorie et méthodes statistiques, applications agronomiques. Vol. 2 : Les méthodes de l'interférence statistique 2<sup>ème</sup> Ed., Gembloux, Belgique : Presses agronomiques de Gembloux : 463p.

**Dahel, 2009.** Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord-Est algérien à travers un bioindicateur la moule *Perna perna*. Mémoire de magister. Université Badji Mokhtar., 111p.

**Damiens G., Gnassia-Barelli M., Loqués F., Roméo M. & Salbert V., 2007.** Integrated biomarker response index as a useful tool for environmental assessment evaluated using transplanted mussels. *Chemosphere.*, **66**: 574-583.

**Darriba S., San Juan F., Guerra A., 2004.** Reproductive cycle of the razor clam *Ensis arcuatus* (Jeffreys, 1865) in northwest Spain and its relation to environmental conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.*, **311**: 101-115.

**Dauvin J.C., 1988.** Structure et organisation trophique du peuplement des sables grossiers à *Amphioxus lanceolatus-Venus fasciata* de la baie de Morlaix (Manche occidentale). *Cah. Biol. Mar.*, **29**: 163-185.

**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 la Huz R., Lastra M. & Lopez J., 2002.** The influence of sediment grain size on burrowing, growth and metabolism of *Donax trunculus* L. (Bivalvia: Donacidae). *J. Sea. Res.*, **47**: 85-95.

**Delgado M. & Pérez-Camacho A., 2005.** Histological study of the gonadal development of *Ruditapes decussatus* (L.) (Mollusca, Bivalvia) and its relationship with available food. *Sci. Mar.* **69**: 87-97.

**De Zwaan A., Cortesi P. & Cattani O., 1995.** Resistance of bivalves to anoxia as a response to pollution-induced environmental stress. *Sci. Total Environ.*, **171**: 121-125.

**Defeo O., 1996.** Experimental management of an exploited sandy beach bivalve population. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, **69**: 605-614.

**Defeo O., 1998.** Testing hypotheses on recruitment, growth, and mortality in exploited bivalves: An experimental perspective. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* **125**: 257-264.

**Defeo O. & de Alava A., 1995.** Effects of human activities on long-term trends in sandy beach populations: the wedge clam *Donax hanleyanus* in Uruguay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **123**: 73-82.

**Defeo O., Jaramillo E. & Lyonnet A., 1992.** Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna on the Atlantic coast of Uruguay. *J. Coast. Res.*, **8**(4): 830-839.

**Defeo O., La Yerle C. & Masello A., 1986.** Spatial and temporal structure of the yellow clam *Mesodesma mactroides* (Deshayes, 1854) in Uruguay. *Medio Ambiente* (Chile) **8**:48-57.

**Degiovanni C. & Mouëza M., 1972.** Contribution a l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque, Lamellibranche), dans L'Algérois : écologie en Baie de Bou-Ismaïl. *Tethys*, **4**(3): 729-744.

**Derbal F. & Kara M.H., 2001.** Inventaire des poissons des côtes de l'Est algérien. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **36**: 258.

- Deslous-Paoli J., Heral M., Berthome J., Razet D. & Garnier J., 1982.** Reproduction naturelle de *Crassostrea gigas* (Thunberg) dans le bassin de Marennes-Oleron en 1979 et 1981: aspects biochimiques et énergétiques. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, **45**: 319-327.
- Deval M. C., 2009.** Growth and reproduction of the wedge clam (*Donax trunculus*) in the Sea of Marmara, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, **25**: 551-558.
- Dhaoui-Ben Khedher R., Aloui-Bejaoui N. & Le Pennec M., 2003.** Cycle sexuel de *Donax trunculus* (Mollusque bivalve) du golfe de Tunis. *Bulletin de la Société Zoologique de France (BSZF)*, **128**(1-2): 9-20.
- Dimock R.V. & Wright A.H., 1993.** Sensitivity of juvenile freshwater mussels to hypoxic, thermal and acid stress. *J. Elisha Mitchell. Sci. Soc.*, **109**(4): 183-192.
- Djabali F., Brahmi B. & Mamass M., 1993.** Poissons des côtes algériennes. *Pelagos, NS* : 215p.
- Djabri L., 1995.** Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse (origine géologiques industrielles, agricoles et urbaines). Thèse Doct. d'État, Univ. Annaba : 261p.
- Donn T.E., 1990.** Zonation patterns of *Donax serra* Roding (Bivalvia: Donacidae) in Southern Africa. *Journal of Coastal Research.*, **6**: 903-911.
- Donn T.E., Clarke D.J., McLachlan A. & Toit P., 1986.** Distribution and abundance of *Donax serra* Roding (Bivalvia, Donacidae) as related to beach morphology. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **102**: 121- 131.
- Donn T.E. & Els S.F., 1990.** Burrowing times of *Donax serra* from the South and West Coast of South Africa. *The Veliger.*, **33**: 355-358.
- 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.
- Drif F., Abdennour C., 2010.** Trace metals in the mussel *Donax trunculus* Linnaeus, 1758 from urban and industrial contaminated locations. *Journal of applied sciences research*, **6** (12), 2063-2067.
- Dufour P.H., & Merle j., 1972.** Station côtière en Atlantique tropicale. Hydroclimat et production et production primaire. *Doc. Sci. Center ORSTON Pointe-Noire, N.S.*, **25** : 48p.
- Dunca E., Schone B.R. & Mutvei H., 2005.** Freshwater bivalves tell of past climates: but how clearly do shells from polluted rivers speak?. *Palaeogeog. Palaeoclim. Palaeoecol.*, **228**: 43-57.
- Dussart B.H., 1966.** Limnologie : l'étude des eaux continentales. Géobiologie Ecologie Aménagement. GAUTHIER-VILLARS. Paris., 619pp.

---

## E

---

- Einarson S., 1993.** Effects of temperature, seawater osmolarity and season on oxygen consumption and osmoregulation of the amphipod *Gammarus oceanicus*. *Mar. Biol.*, **117**: 599-606.
- Eleftheriou A. & Nicholson M.D., 1975.** The effects of exposure on beach fauna. *Cahiers de biologie marine*, **16**: 695-710.
- El-Ghobashy A.E., Mahamad S.Z., Kandeel S.K. & El-Ghitany A.H., 2011.** Factors Associated with the Distribution of the Invasive Bivalve Clams "*Donax Variabilis* (Say, 1822)" at the Area of the Mediterranean Coast Preferred by Marine Fish Larvae, New Damietta, Egypt. *J. Amer. Scie.*, **7** (1): 1051-1062.
- Engle D.L. & Melack J.M., 1993.** Consequences of riverine flooding for seston and periphyton of floating meadows in an Amazon floodplain Lake. *Limnology and Oceanography.*, **38**: 1500-1520.
- Enriquez-Diaz M., 2004.** Variabilité et bioénergétique de la reproduction de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Thèse de doctorat. Université de Bretagne Occidentale: 223p.

- Erica G., Claudia A.D. & Oscar A.A., 2010.** Biomarkers and heavy metal bioaccumulation in mussels transplanted to coastal waters of the Beagle Channel. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **73**: 270-279.
- Espinosa F., Guerra-García J.M. & García-Gómez J.C., 2007.** Sewage pollution and extinction risk: an endangered limpet as bioindicator? *Biodiversity and conservation*, **16**: 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.

---

## F

---

- FAO, 1987.** Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume I. Végétaux et Invertébrés. Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Projet GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organisations. Rome, FAO, Vol.1:760 p.
- FAO, 2010.** Statistiques FAO. <http://faostat.fao.org/>
- Fauvel P., 1923a.** Faune de France 5 : Polychètes errantes. Librairie de la faculté des sciences, Kraus reprint. Neen/Liechtenstein : 416p.
- Fauvel P., 1923b.** Faune de France 16 : Polychètes sédentaires. Librairie de la faculté des sciences, Kraus reprint. Neen/Liechtenstein : 194p.
- Fernández J., Otero J. & De Coo A., 1984.** Contribución al estudio de la coquina (*Donax trunculus* L.) en Galicia. *Actas do IV Simposio Ibérico do Estudos do Benthos Marinho*, **II**: 133-142.
- Fischer W., Bauchot M.L. & Schneider M., 1987.** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume I. Invertébrés. Rome, FAO. **Vol.1**: 760p.
- Fishelson L., Bresier V., Manelisa R., Zuk-Rimon Z., Dotan A., Hornung H. & Yawetz A., 1999.** Toxicological aspects associated with the ecology of *Donax trunculus* (Bivalvia, Mollusca) in a polluted environment. *Sci. Total. Environ.*, **266**: 121-131.
- Folk R.L. & Ward W.C., 1957.** Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. sedim-ptrology*, **27**(1): 3-27.
- Frederich M. & Pörtner H.O., 2000.** Oxygen limitation of thermal tolerance defined by cardiac and ventilatory performance in the spider crab, *Maja squinado* (Decapoda). *Am. J. Physiol.*, **279**: 1531-1538.
- Fréhi H., 1995.** Etude de la structure et du fonctionnement du système phytoplanctonique dans un écosystème marin côtier : Eutrophisation de la baie d'Annaba. *Thèse de Magister*, Université d'Annaba, Algérie, 160p.
- Fréhi H., 2007.** Hydrobiologie de la baie d'Annaba: Etude descriptive des Dinoflagellés et écologie des espèces nuisibles. Thèse de Doct. d'Etat. Univ. Annaba, Algérie : 166p.
- Fréhi H., Ayada M., Kara M.H. & Couté A., 2004.** Hydrologie de la baie d'Annaba (Algérie Nord-Est): caractères physico-chimiques et biomasse chlorophyllienne. *Rapp. Comm. int. Mer Medit.*, **37** : 359
- Frontier S. & Pichod-Viale D., 1991.** Écosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. *Ed. Masson*, Paris : 392p.

## G

- García N., Prieto A., Alzola R. & Lodeiros C., 2003.** Crecimiento y distribución de tallas de *Donax denticulatus* (Mollusca: Donacidae) en playa Brava, Península de Araya, estado Sucre, Venezuela. *Revista Científica / Universidad del Zulia* **13**. pp. 464-470.
- Gaspar M.B., Chícharo L. M., Vasconcelos P., Garcia A., Santos A.R. and Monteiro C.C. 2002a.** Depth segregation phenomenon in *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) populations of the Algarve coast (southern Portugal). *Scientia Marina*, **66** (2): 111–121.
- Gaspar M.B., Ferreira R. & Monteiro C.C., 1999.** Growth and reproductive cycle of *Donax trunculus* L., (Mollusca: Bivalvia) off Faro, southern Portugal. *Fisheries Research*, **41**: 309-316.
- Gaspar M.B. & Monteiro C.C., 1998.** Reproductive cycles of the razor clam *Ensis siliqua* and the clam *Venus stiatula* off Vilamoura, southern Portugal. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*, **78**: 1247-1258.
- Gaspar M.B., Santos M. N., Vasconcelos P. and Monteiro C. C., 2002b.** Shell morphometric relationships of the most common bivalve species (Mollusca: Bivalvia) of the Algarve coast (southern Portugal). *Hydrobiologia*, **477**:73–80.
- Gaumer G., 1981.** Evolution annuelle des communautés micro-planctoniques de la baie d'Alger. Variations de la composition spécifique liées à la nature du facteur nutritionnel limitant la biomasse algale. Thèse du 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Paris VI., 91p.
- Gentil F., 1976.** Distribution des peuplements benthiques en Baie de Seine. Thèse 3<sup>ème</sup> Cycle. Univ. Paris VI: 70p.
- Gil G.M. & Thomé J.W., 2000.** Estudo do crescimento em comprimento de *Donax hanleyanus* Philippi, 1847 (Mollusca, Bivalvia, Donacidae). *Biociencias.*, **8**:163-175.
- Giménez L., Borthagaray A., Rodriguez M., Brazeiro A., Dimitriadis K., 2005.** Scale dependent patterns of macroinfaunal distribution in soft sediment intertidal habitats along a large-scale estuarine gradient. *Helgoland Marine Research*, **59**: 224-236.
- 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
- Gouiez H., 2006.** Apport en sels nutritifs et en matières organiques oxydables au littoral d'Annaba par l'oued Seybouse et l'estuaire de la Mafrag. *Mémoire de magister*, Univ. Annaba., 30p.
- Gouiez H., Ounissi M., Laabed S., Saker L., Haridi H., Khélifi-Touhami M. & Djorfi S., 2006.** Apports en phosphates et azote minéral de Oued Seybouse au littoral d'Annaba (Algerie) 8<sup>ème</sup> conférence internationale des Limnologues d'Expression Française "CILEF 2006". Tunisie, 17-21 mars 2006.
- Gouletquer P., 1997.** Natural reproduction cycle of the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. La Reproduction Naturelle et Contrôlée des Bivalves Cultivés en France. IFREMER, Nantes.
- Grant C.M. & Creese R.G., 1995.** The reproductive cycle of the tuatua *Paphies subtriangulata* (Wood, 1828) in New Zealand. *J. Shellfish. Res.*, **14**: 287–292.
- Gray J., 1981.** The Ecology of Marine Sediments. Cambridge University Press: 185p.
- Grimes S., 1994.** Contribution à la connaissance des populations de *Cardium glaucum* (Bruguière, 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 cote algérienne : Taxonomie, structure et statut écologique. Thèse de doct. d'Etat en Sciences de l'environnement, Univ. d'Oran : 325p (+Annexes).

- Grimes S., Boutiba Z., Bakalem A., Bouderbala M., Boudjllal B., Boumaza S., Boutiba M., Guedioura A., Hafferssas A., Hemida F., Kaidi N., Khelifi H., Kerzabi F., Merzoug A., Nouara A., Sellali B., Sellali M.H., Samroud R., Seridi H., Taleb M.Z. & Touahria T., 2004.** Biodiversité marine et littorale algérienne. *Editions Diwan, Alger*, 400p.
- Gruvel A., 1926.** La pêche maritime en Algérie. *Ed. Chalamel* : 162p.
- 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<sup>ème</sup> 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.
- Guerin J.L. & Stickle W.B., 1992.** Effects of salinity gradients on the tolerance and bioenergetics of juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus*) from waters of different environmental salinities. *Mar. Biol.*, **114**: 391–396.
- Guerlet E., Ledy K., Meyer A. & Giamberini L., 2007.** Towards a validation of a cellular biomarker suite in native and transplanted zebra mussels: A 2-year integrative field study of seasonal and pollution-induced variations. *Aqua. Toxicol.*, **81**: 377–388.
- Guettaf M., 2007.** Aspects chimiques des apports de l'oued Seybouse au littoral d'Annaba. Apport en azote, phosphore et en matières organiques. *Mémoire de magister*, Université de Annaba., 35p.
- Guillou J., 1980.** Les peuplements de sables fins du littoral nord-Gascogne. Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> Cycle. Univ. Bretagne occidentale : 209p.
- Guillou J. & Bayed A., 1991.** Contraintes du milieu sur les populations de *Donax trunculus* L. et *Donax venustus* Poli du littoral atlantique marocain. *Oceanologica. Acta.*, **14** (3), 291–298.
- Guillou J. & Le Moal Y., 1978.** Variabilité spatio-temporel des populations de *Donax* dans la Baie de Douarnenez. *Haliotis.*, **9**: 77-88.
- Guillou J. & Le Moal Y., 1980.** Aspects de la dynamique des populations de *Donax vittatus* et *Donax trunculus* en baie de douarnenez. *Ann. Inst. Océanogr.*, **56**(1) : 55-64.
- Gulland J.A. 1969.** Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie: Analyse des populations (Handbook of the evaluation methods of the aquatic animals stocks. First part: Analysis of populations). *Man. FAO Sci. Halieut.*, **4**: 160p.
- Gunther A.J., Hardin D.D., Gold J., Bell D., Davis J.A., Crick J.R., Scelfo G.M., Sericano J. & Stephenson M., 1999.** Long-term bioaccumulation monitoring with transplanted bivalves in the San Francisco Estuary. *Mar. Pollut. Bull.*, **38**(3): 170-181.

---

## H

---

- Hallare A.V., Schirling M., Luckenbach T., Köhler H.R. & Triebkorn R., 2005.** Combined effects of temperature and cadmium on developmental parameters and biomarker responses in zebrafish (*Danio rerio*) embryos. *J. Therm. Biol.*, **30**: 7–17.
- Hamai I., 1935.** On the growth of shell of *Meretrix meretrix*, especially with regard to periodicity of growth relative to seasonal variation in the environment. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, **4**: 339-371.
- Hamdani A., 2012.** La reproduction chez un mollusque bivalve *Donax trunculus* L. dans le golfe d'Annaba. Rapport entre les aspects cytologiques et biochimiques et la pollution. Thèse Doct. Univ. Annaba: 165p. (+ annexes).

- Hamdani A. & Soltani-Mazouni N., 2011.** Changes in Biochemical Composition of the Gonads of *Donax trunculus* L. (Mollusca, Bivalvia) from the Gulf of Annaba (Algeria) in Relation to Reproductive Events and Pollution. *Jordan Journal of Biological Sciences*, **4** (3): 149-156.
- Hariati T., 1986.** Some notes on condition index analysis of two populatios of Bob Creek mussel (*Mytilus edulis*) grown at Olympia (Washington State) and the other at Winchcester (Oregon State), USA. *J. Mar. Fish. Res.*, **36**: 85-93.
- Headden, G.F. & Williams M.C., 1968.** A comparison of embedding waxes. *J. Med. Lab. Technol.*, **25**: 250-262.
- Herrmann M., 2008.** Population dynamics of the Argentinean surf clams *Donax hanleyanus* and *Mesodesma mactroides* from open-Atlantic beaches off Argentina. Thèse de doctorat. University of Bremen. 238p.
- Herrmann M., Carstensen D., Fischer S., Laudien J., Penchaszadeh P.E. & Arntz W.E., 2009.** Population Structure, Growth, and Production of the Wedge Clam *Donax hanleyanus* (Bivalvia: Donacidae) from Northern Argentinean Beaches. *J. Shelf. Res.*, **28** (3): 511-526.
- Hilt C., 1976.** Écologie benthique des Pertuis charentais. Thèse 3<sup>ème</sup> Océanographie biologique, Univ. Bretagne occidentale : 236p.
- Holwerda D.A. & Veenhof P.R., 1984.** Aspects of anaerobic metabolism in *Anodonta cygnea* L. *Comp. Biochem. Physiol.*, **78(3) B**: 707-711.
- Huang Y. H., Shih C. M., Huang C. J., Lin C. M., Chou C. M., Tsai M. L., Liu T. P., Chiu J. F. & Chen C. T., 2006.** Effects of cadmium on structure and enzymatic activity of Cu, Zn-SOD and oxidative status in neural cells. *Journal of cellular biochemistry*, **98**: 577-89.
- Huxley J.S. & Teissiert G., 1936.** Terminologie et notation dans la description de la croissance relative. *Compt. Rend. Soc. Biol.* **121**: 934-936.
- Huzar V.L., Reynolds C.S., 1971.** Phytoplankton periodicity and sequences of dominance in Amazonian in flood-plain lake (lago Batata, Para, Brazil); response to gradual environment change. *Hydrobiologia.*, **346**: 169-181

---

**I**


---

- Ieno E.N. & Bastida R.O., 1998.** Spatial and temporal patterns in coastal macrobenthos of Samborombon Bay, Argentina: a case study of very low diversity. *Estuaries* **21** (4B): 690-699.
- Ifremer, 1992.** les algues et invertébrés marins des pêches françaises Algues, Eponges, Corail rouge, Escargots de mer, Bivalves, Poulpes, Seiches, Encornets, Crustacés, Oursins, et Violets – 2<sup>ème</sup> Partie : 135p.
- Ifremer, 2005 – Thebaud O., Veron G., Fifas S., 2005.** Incidences des épisodes d'efflorescences de microalgues toxiques sur les écosystèmes et sur les pêcheries de coquillages en baie de Douarnenez. – 73 p + annexes.
- Imasheva A.G., Loeschcke V., Zhivotovsky L.A. & Lazebny O.E., 1997.** Effects of extreme temperatures on phenotypic variation and developmental stability in *Drosophila melanogaster* and *Drosophila buzzatii*. *Biol. J. Linn. Soc.*, **61(1)**: 117–126.

---

**J**


---

- Jacquet S., 2000.** Dynamique des populations picoplanctoniques marines. Thèse Doct. Éscience. Univ. Pierre & Marie Curie, Paris VI: 309p.
- Jensen K.T., 1993.** Density-dependent growth in cockles: evidence from interannual comparisons. *J. Mar Biol Ass UK.*, **73**: 333-342.

---

**K**


---

- Kamp-Nelsen L., 1974.** Mud-water exchange of phosphate and other ions in undisturbed sediment cores and factors affecting the exchange rates. *Arch. Hydrobiol.* **73**(2): 218-237.
- Kennedy A.J., Cherry D.S. & Currie R.J., 2003.** Field and laboratory assessment of a coal-processing effluent in the Leading Creek Watershed, Meigs Co. Ohio. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **44**: 324–331.
- Kerdoussi A., 2010.** Moule *Perna perna* peuplant le golfe d'Annaba : croissance, reproduction et qualité bactériologique. Magistère en science de la mer. Univ. Annaba : 121p + annexe.
- Khati Hadj moussa W., 2009.** Etude de la qualité des eaux du golfe d'Annaba par l'utilisation d'un mollusque sentinelle, la moule *Perna perna* : essai in vivo et in situ. Application à la biosurveillance de l'environnement marin. Thèse Doct. Univ. Annaba : 87p.
- Khattabi H., 2002.** Intérêts de l'étude des paramètres hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordure ménagère d'Etouffons (Belfort, France). Thèse de Doctorat 3<sup>ème</sup> Cycle. Université d'Artois (France): 167p.
- Khelifi-Touhami M., Ounissi M., Saker I., Haridi A., Djorfi S. & Abdenour C., 2006.** The hydrology of the Mafrag estuary (Algeria): Transport of inorganic nitrogen and phosphorus to the adjacent coast. *Journal of food, agriculture and environment*, **4**(2): 340-346.
- King M.G., 1985.** A review of the Goolwa cockle. Saker's Finance and Investment Corporation Limited **9**: 14.
- Komar P.D., 1998.** Beach Processes and Sedimentation. 2. ed. New Jersey, Prentice Hall.
- Kourradi R., 2007.** Evaluation du degré de la pollution anthropique de l'estuaire de Bou Regreg et impact sur la biologie et dynamique de *Scrobicularia plana* et *Soeln marginatus*. Thèse de doctorat d'état. Université Mohammed V, Agdal, Rabat., 313p.

---

**L**


---

- La Valle P., 2005.** *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) as a biological Indicator of coastal dynamique and sedimentary balance. Thesis Doct. Université À Degli Studi Di Roma "La Sapienza": 148p (+ annexes).
- La Valle P., Belluscio A., Nicoletti L., Paganelli D., Ardizzone G.D., 2007.** Effects of beach nourishment on *Donax trunculus* in the Latium coasts (Italy, Central Tyrrhenian Sea). MEDCOAST 07. In: The 8<sup>th</sup> International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, Alexandria, Egypt, November 2007, pp.753–762.
- La Valle P., Nicoletti L., Finoia M.G. & Ardizzone G.D., 2011.** *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) as a potential biological indicator of grain-size variations in beach sediment. *Ecol. Indic.*, **11**: 1426-1436.
- Laabed S., Gouiez H., Ounissi M., Saker I., Haridi A., Khelifi-Touhami M. & Abdennour C., 2006.** Apport en sels nutritifs et matières organiques au littoral d'Annaba par les effluents urbains et industriels. 12p.
- Lacaze J.C., 1996.** La dégradation de l'environnement côtier, conséquences écologiques. *Edition Masson*. Paris. p 129.
- Lagbouri A. & Moukrim A., 1999.** Contribution to study of the biology of *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) in Agadir Bay, Southern Morocco. *Halictis*. **28**(28) : 45-55.
- Lannig G., Flores J.F. & Sokolova I.M., 2006.** Temperature-dependent stress response in oysters, *Crassostrea virginica*: Pollution reduces temperature tolerance in oysters. *Aqua. Toxicol.*, **79**: 278–287.

- Larsonneur C., 1977.** La cartographie des dépôts meubles sur le plateau continental français : Méthode mise au point et utilisée en Manche. *J. Rech. Océanogr.*, **II**(2) : 33-39.
- Lastra M. & McLachlan A., 1996.** Spatial and temporal variations in recruitment of *Donax serra* Roding (Bivalvia: Donacidae) on an exposed sandy beach of South Africa. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, **69**: 631–639.
- Laubiet A., 1987.** Biologie de la reproduction et l'élevage des crevettes Penneides. *Oceanis*, (2) :217-232.
- Laudien J., 2002.** Population dynamics and ecology of the surf clam *Donax serra* (Bivalvia, Donacidae) inhabiting beaches of the Benguela upwelling system. Reports on Polar and Marine Research 432. 112 pp.
- Laudien J., Brey T. & Arntz W.E., 2003.** Population structure, growth and production of the surf clam *Donax serra* (Bivalvia, Donacidae) on two Namibian sandy beaches. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **58S**: 105-115.
- Laurec A. & Le Guen J.C., 1981.** Dynamique des populations marines exploitées, Tome 1 : Concepts et moddles. Rapp. Scient. et Tech. N°45. Publications du CNEXO, Brest, IFREMER : 117p.
- Lauzier R.B., Hand C.M., Campbell A. & Heizer S., 1998.** A review of the biology and fisheries of the horse clams (*Tresus capax* and *Tresus nuttallii*). *Can. Stick. Assess. Secret. Res. Doc.*, N° 98/88, 28 p.
- Laziak T.A. & Barnard T.C.E., 1995.** Recruitment of the bown mussel *Perna perna* on to natural substrata: a refutation of the primery/secondry settlement hypotheseis. *Mar.ecol.Prog Ser.*, 120: 147-153.
- Le Bris H., 1988.** Fonctionnement des écosystèmes benthiques côtiers au contact d'estuaires: La rade de Lorient et la baie de Vilaine. Doct. d'État. Univ. Bretagne occidentale : 311p.
- Le Moal Y., 1993.** Variabilité spatio-temporelle interannuelle des populations de *Donax*, en bai de Douarnenez. *Bull. Ecol.*, **24** (2-3-4), 75–77.
- Light W.J., 1975.** Invertebrates of the San Francisco bay estuary system: Spionidae (Annelida, Polyhaeta). 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.
- Livingstone D.R., 1993.** Biotechnology and pollution monitoring: use of molecular biomarkers in the aquatic environment. *J. Chem. Thech. Biothechnol.*, **57**: 195-211.
- Livingstone D.R., Nasci C., Sole M., Da Ros L., O'Hara S.C.M., Peters L.D., Fossato V., Wootton A.N. & Goldfarb P.S., 1997.** Apparent induction of a cytochrome P450 with immunochemical similarities to CYPIA in digestive gland of the mussel (*Mytilus galloprovincialis* L.) with exposure to 2,20,3,4,40,50-hexachlorobiphenyl and Arochlor 1254. *Aqua. Toxicol.*, **38**: 205–224.
- Llanso 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.
- Loayza-Muro R. & Elias-Letts R., 2007.** Responses of the mussel *Anodontites trapesialis* (Unionidae) to environmental stressors: Effect of pH, temperature and metals on filtration rate. *Environ. Pollut.*, **149**: 209-215.
- Lorenzen C. J., 1967.** Determination of chlorophyll and phéopigment: Spectro-photometrie équation. *Limno. Océanogr.*, **12** : 227 – 343.
- Lubet P., 1976.** Ecophysiologie de la reproduction chez les mollusques lamellibranches. *Haliotis*, **7** : 49-55.
- Lucas A., 1965.** Recherche sur le cycle sexuel des mollusques bivalves. *Bull. Biol. Fr. Belg.*, **99**: 115-247.

**Luzzatto D.C., Penchaszadeh P.E., 2001.** Regeneration of the inhalant siphon of *Donax hanleyanus* (Philippi, 1847) (Bivalvia, Donacidae) from Argentina. *J. Shellfish Res.* **20** (1), 149-153.

---

## M

---

**Maha A. M. Abdallah & Aly M. A. abdall., 2008.** Biomonitoring study of heavy metals in biota and sediments in the South Eastern coast of Mediterranean sea, Egypt. *Environ. Monit. Assess.* **146**, (1-3), 139-145.

**Manca Zeichen M., Agnesi S., Mariani A., Maccaroni A. & Ardizzone G. D., 2001.** Biology and population dynamics of *Donax trunculus* L. (Bivalvia: Donacidae) in the south Adriatic coast (Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **56**: 345-358.

**Manca Zeichen M., Agnesi S., Mariani A., Maccaroni A., Ardizzone G.D., 2002.** Biology and population dynamics of *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) in the south Adriatic Coast (Italy). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **54** (6), 971-982.

**Mann R., 1979.** Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *O. edulis* grown at sustained elevated temperatures. *J. Mar. Biol. Ass. UK.*, **59**: 95-110.

**Mannino A. & Montagna P., 1997.** Small-scale spatial variation of macrobenthic community structure. *Estuaries*, **20**: 159-173.

**Marcano J.S., Prieto A., Lárez A. & Salazar H., 2003.** Crecimiento de *Donax denticulatus* (Linné, 1758) (Bivalvia: Donacidae) en la ensenada La Guardia, isla de Margarita, Venezuela. *Zootecnia Tropical.*, **21**: 237-259.

**Margus D., 1985.** Comparative methods for calculation of index of condition in mussels (*Mytilus galloprovincialis*, Lmk.). *Acta. Biol. Jugosl.*, **17** (1): 59-67.

**Mariani A., Maccaroni A., Mamone R., D'Ambra R., Rampacci M., Pancioni L., 1998.** Studio sulla distribuzione e valutazione della consistenza dei banchi di telline (*Donax trunculus*) nell'area marina prospiciente la laguna di Lesina al fine di identificare appropriate misure gestionali della risorsa. *Biol. Mar. Medit.* **5** (3), 428-436.

**Marobin D., Prat M. & Jouvenel J.Y., 2007.** Étude globale sur la Telline *Donax trunculus* (Linnée, 1767) en Camargue. Parc Naturel Régional de Camargue. Rapport Intermédiaire de la campagne d'automne. Contrat BIOTOPE/P2A Développement : 113p. (+ annexes).

**Martel-Pelletier J., 2005.** New insights into the major pathophysiological processes responsible for the development of osteoarthritis. *Pubmed-indexed for medline.*, **34** : 6-8.

**Martoja M. & Martoja R., 1967.** Initiation aux techniques de l'histologie animale. *Masson et Cie* (Eds) : 347p.

**Massé H., 1971.** Étude quantitative de la macrofaune de peuplements des sables fins infralittoraux. 2. La baie du Padro (Golfe de Marseille). *IBID.* **3**(1) : 113-158.

**Mayra M.M., Enriquezdiaz M., Munoz J., Páez M, Crespo M.S., & Aranda D.A., 2010.** Reproductive cycle of queen Conch, *Strombus gigas* (L. 1758) in Belize. *GCFI.*, **62**: 427-429.

**Mazé R.A., 1987.** Estudio ecológico de la macrofauna bentónica intermareal de sustrato arenoso y del banco natural de *Donax trunculus* en la Ría del Banquero (Ligo, NO. España). Doctoral thesis, Univ. León. (Spain): 209p.

**Mazé R.A., 1990.** Estimación de la producción del bivalvo marino *Donax trunculus* L. en la ría. (Estimation of secondary production of the marine bivalve *Donax trunculus* L. in El Barquero estuary (Galicia). *Iberus.*, **9** (1-2): 155-160.

**Mazé R.A. & Laborda A.J. 1988.** Aspectos de la dinámica de población de *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia: Donacidae) en la ría de el Barquero (Lugo, NO España). *Inv. Pesq.* **52**: 299-312.

- Mazé R.A. & Laborda A.J. 1990.** Cambios estacionales de una población de *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) (Pelecypoda: Donacidae) en la ría de El Barquero (Lugo, NO. De Espana). *Scientia Marina*, **54**(2):131–138.
- McArdle S. & McLachlan A., 1992.** Sand beach ecology: Swash features relevant to the macrofauna. *Journal of Coastal Research.*, **8**: 398-407.
- McLachlan A., 1980.** The definition of sandy beaches in relation to exposure: A simple rating system. *S. Afr. J. Mar. Sci.* **76**:137–138.
- McLachlan A., 1990.** Dissipative beaches and macrofauna communities on exposed intertidal sands. *Journal of Coastal Research.*, **6**: 57-71.
- McLachlan A. & Brown A.C., 2006.** The Ecology of Sandy Shores. *Academic Press*. 392p.
- McLachlan A., De Ruyck A. & Hacking N., 1996a.** Community structure on sandy beaches: patterns of richness and zonation in relation to tide range and latitude. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, **69**: 451-467.
- McLachlan A., Dugan J.E., Defeo O., Ansell A.D., Hubbard D.M., Jaramillo E. & Penchaszadeh P.E. 1996b.** Beach clam fisheries. *Oceanography and marine biology: an annual review* **34**: 163- 232.
- McLachlan A., Erasmus T., Dye A.H., Wooldridge T., van der Horst G., Rossouw G., Lasiak T.A. & McGwynne L., 1981.** Sandy beach energetics: an ecosystem approach towards a high energy interface. *Estuar. Coast. Shelf S.* **13**: 11-25.
- McLachlan A. & Hanekom N., 1979.** Aspects of the biology, ecology and seasonal fluctuations in biochemical composition of *Donax serra* in the East Cape. *S. Afr. J. Zool.* **14** (4): 183-193.
- McLachlan A., Jaramillo E., Defeo O., Dugan J., De Ruyck A. & Coetzee P., 1995.** Adaptations of bivalves to different beach types. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **187**: 147–160.
- McLachlan A., Lewin J., 1981.** Observations on surf phytoplankton blooms along the coasts of South Africa. *Bot. Mar.* **24** (10), 553-557.
- McLachlan A. & van der Horst G., 1979.** Growth and reproduction of two molluscs from an exposed sandy beach. *S. Afr. J. Zool.*, **14** (4): 194-201.
- McLachlan A. & Young N., 1982.** Effects of low temperature on the burrowing rates of four sandy beach molluscs. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **65**: 275–284.
- Mcquaid C.D. & Lawrie S.M., 2005.** Supply-side ecology of the brown mussel *Perna perna*: an investigation of spacial and temporal variation in, and coupling between, goc, Camete release and larval supply. *Mar. Biol.*, **147**(4): 936-955.
- 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.
- Merzouki M., Talib N. & Sif J., 2009.** Indice de condition et teneurs de quelques métaux (Cu, Cd, Zn et Hg) dans les organes de la moule *Mytilus galloprovincialis* de la côte d'El Jadida (Maroc) en mai et juin 2004. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la vie. **31** (1): 21-26.
- Mihnea P.E., 1997.** Major shifts in the phytoplankton community (1980-1994) in the Romanian Black Sea. *Oceanologica Acta*, **20**(1): 119-129.
- Miller B.S., Pine D.J. & Redshaw C.J., 2000.** An assessment of the contamination and toxicity of marina sediments in the Holy Loch, Scotland. *Mar. Pollut. Bull.*, **40**: 22-34.
- MNHN., 2006.** Inventaire du patrimoine naturel. Muséum d'histoire naturelle de France. Ttp: //inpn.mnhn.fr/isb/servlet/ISBServlet.
- Montaudouin de X. & Bachelet G., 1996.** Experimental evidence of complex interactions between biotic and abiotic factors in the dynamics of in intertidal population of the bivalve *Cerastoderma edule*. *Oceanologica Acta.*, **19**: 449-463.

- Mora P., Fournier D. & Narbonne J.F., 1999.** Cholinesterases from the marine mussels *Mytilus galloprovincialis* Lmk. and *Mytilus edulis* L. from the freshwater bivalve *Corbicula fluminea* Muller. *Comp. Biochem. Physiol.*, **122(3)**: 353-361.
- Mouëza M., 1971.** Contribution à l'étude de l'écologie et de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque Lamellibranche). Thèse Doct. Sciences Biologiques. Univ. Marseille : 130p.
- Mouëza M., 1972.** Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque Lamellibranche) dans l'Algérois: la croissance. *Pelagos* **4**, 25-35.
- Mouëza M., 1975.** Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque Lamellibranche) dans l'Algérois. Thèse Doctorat., Sciences Naturelles. Univ. Aix-Marseille : 206p.
- Mouëza M., & Chessel D., 1976.** Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque Lamellibranche) dans l'Algérois : analyse statistique de la dispersion le long d'une plage en baie de Bou-Ismaïl. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **21** : 211-221.
- Mouëza M. & Frenkiel-Renault L., 1973.** Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusques : Lamellibranches) dans l'Algérois : la reproduction. *Cah. Biol. Mar.*, **14** : 261-283.
- Mouëza M., & Renault L., 1970.** Contribution à l'étude de la sexualité chez *Donax trunculus*. *Haliotis*. **1** : 21-22.
- Moukrim A., El Hamidi F., Lagbouri A., Kaaya A., Zekhnini A., Bouhaimi A., Narbonne J.F., 2004.** *Donax trunculus* as a sentinel species for environmental monitoring of sandy beaches on Moroccan coasts. *B. Environ. Contam. Tox.* **73**, 674-681.
- Mouneyrac C., Linot S., Amirad J.C., Amirad-Triquet C., Métais I., Durou C., Minier C. & Pellerin J., 2008.** Biological indices, energy reserves, steroid hormones and sexual maturity in the infaunal bivalve *Scrobiclarior plana* from three sites differing by their level of contamination. *Gen. Comp. Endocrinol.* **157**: 133-141.
- Moura P., Gaspar M.B. & Monteiro C.C., 2008.** Gametogenic cycle of the smooth clam *Callista chione* on the South-Western coast of Portugal. *J.Mar. Biol. Assoc. UK.*, **885(1)**: 161-167.
- Muranaka M. S. & Lannan J. E., 1984.** Broodstock management of *Crassostrea gigas*: environmental influences on broodstock conditioning. *Aquaculture.*, **39**: 217-228.

---

 N
 

---

- Narbonne J.F., Aarab N., Clerandean C., Daubeze M., Narbonne J., Champeau O. & Garrigues P., 2005.** Scale of classification based on biochemical markers in mussels: application to pollution monitoring in Mediterranean coasts and temporal trends. *Biomarkers*, **10(1)**: 58-71.
- Nayar K. N., 1955.** Studies on the growth of the wedge clam, *Donax (Latona) cuneatus* L. Indian. *J. Fish.*, **2**:325-348.
- 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.
- Nel R., Mc Lachlan A., Winter D.P.E., 2001.** The effect of grain size on the burrowing of two *Donax* species. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **265**: 219-238.
- Neuberger-Cywiak L., Achituv Y., Garcia E.M., 2007.** Effects of sublethal Zn<sup>++</sup> and Cd<sup>++</sup> concentrations on filtration rate, absorption efficiency and scope for growth in *Donax trunculus* (Bivalvia; Donacidae). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **79**, 622-627.
- Neuberger-Cywiak L., Achituv Y. & Mizrahi L., 1990.** The ecology of *Donax trunculus* (Linnaeus) and *Donax semistriatus* Poli from the Mediterranean coast of Israel. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **134**: 203-220.

- Neveu A., Riou C., Bonhomme M., Chassin P. & Papy F., 2001.** L'eau dans l'espace rural, vie et milieux aquatiques. *Paris*. 3-62 pp.
- Nicholson S., 1999.** Cytological and physiological biomarker responses from green mussels, (*Perna viridis* L.) transplanted to contaminated sites in Hong Kong coastal waters. *Mar. Pollu. Bulle.*, **39** : 261-268.
- Nisbet M. & Verneaux J., 1970.** Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et propositions des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. *Annales de limnologie*, **6** (2): 161-190.
- Nouacer S., 2002.** Biologie et écologie du sparaillon *Dioldus annularis* du golfe d'Annaba. *Thèse de Magister*. Université d'Annaba. 85 p.

---

**O**


---

- Okumus I. & Stirling H.P., 1998.** Seasonal variations in the meat weight, condition index and biochemical composition of mussels (*Mytilus edulis* L.) in suspended culture in two Scottish area lochs. *Aquaculture.*, **159** (3-4): 249-261.
- Orban E., Di Lena G., Nevigato T., Casini I., Marzetti A. & Caproni R., 2002.** Seasonal changes in meat content, condition index and chemical composition of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) cultured in two different Italian sites. *Food Chemistry.*, **77**: 57-65.
- Ottman F., 1965.** Introduction à la géologie marine et littorale. Masson éd., 259p.
- Ounissi M., 2007.** Devenir et incidences des flux de matières continentales enrichissantes et polluantes dans le littoral d'Annaba. Bilan final du projet de recherche ONEDD/MATE/05/04: 11p.
- Ounissi M., Fréhi H. & Khélifi-Touhami M., 1998.** Composition et abondance du zooplancton en situation d'eutrophisation dans un secteur côtier du golfe d'Annaba (Algérie). *Annal. Inst. Océano.*, Paris, **74**(1) : 65-77.
- 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. Océanographique*, **27**(1) : 1-13.
- Özden Ö., Erkan N., Deval M.C., 2009.** Trace mineral profiles of the bivalve species *Chamelea gallina* and *Donax trunculus*. *Food Chem.* **113** (1), 222–226.

---

**P**


---

- Palacios J., Cruz R. & Pacheco O., 1983.** Estructura poblacional y cuantificación de *Donax dentifer* Hanley, 1843 (Pelecypoda: Donacidae) en Playa Garza, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, **31**: 251-255.
- Pampanin D.M., Volpato E., Marangon I. & Nasci C., 2005.** Physiological measurements from native and transplanted mussel (*Mytilus galloprovincialis*) in the canals of Venice. Survival in air and condition index. *Comp. Biochem. Physiol.*, **140**: 41-52.
- 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.
- Parenzan P., 1976.** Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo II vol.: Bivalvi. Bio Taras Editrice, Taranto: 546 pp.
- Parsons P.A., 1989.** Environmental stresses and conservation of natural populations. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **20**: 29–49.

- 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.
- Pazos A.J., Ruiz C., Garcia-Martin O. & Sanchez J., 1996.** Seasonal variation of lipid content and fatty acids composition of *Crassostrea gigas* cultured in El Galicia, NW Spain. *Comp. Biochem. Physiol.*, **114 B**: 171-179.
- Pellerin-Massicotte J.B., Vincent Y. & Pelletier E., 1989.** Evaluation de la qualité de l'estuaire du Saint-Laurent. Etudes spatiales. Rapport remis au Ministère de l'Environnement du Québec : 130p.
- Penchaszadeh P.E. & Olivier S.R., 1975.** Ecología de una población de "berberecho" (*Donax hanleyanus*) en Villa Gesell, Argentina. *Malacologia.*, **15**: 133-146.
- Pères J.M. & Picard J., 1964.** Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. End.* **31**(47): 137p.
- Peterson C.H., Hickerson D.H.M., Johnson G.G., 2000.** Short-term consequences of nourishment and bulldozing on the dominant large invertebrates of a sandy beach. *J. Coast. Res.* **16** (2), 368-378.
- Picard J., 1965.** Recherches qualitatives sur les biocénoses marines des substrats meubles dragables de la région de Marseillaise. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume.*, **52** (36): 1-160.
- Pörtner H.O., Peck L.S. & Hirse T., 2006.** Hyperoxia alleviates thermal stress in the Antarctic bivalve, *Laternula elliptica*: evidence for oxygen limited thermal tolerance. *Polar. Biol.*, **29**: 688-693.
- 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.
- Poutiers J.M., 1978.** Contribution n° 15 – Introduction à l'étude faunistique des bivalves du littoral français : les espèces marines du golfe d'Aigues – Mortes – Deuxième partie. CERBAP.
- Prenant M., 1932.** L'analyse mécanique des sables littoraux et leurs qualités écologiques. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, **74**(29) : 581-95.
- Prieur D., 1971.** Recherches bibliographiques sur le développement embryonnaire des mollusques bivalves. Mémoire de DEA d'Océanographie Biologique, Faculté des Sciences de Paris : 33p.
- Pynnönen K.S., 1990.** Physiological responses to severe acid stress in four species of freshwater clams (Unionidae). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **19**: 471-478.

---

## R

---

- Ramon Herrero M., 1993.** Estudio de las poblaciones de *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) y *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) (Mollusco: Bivalvia) en el Golfo de Valencia (Mediterráneo Occidental). Doctoral Thesis. University of Barcelona, 395 p.
- Ramón M., Abello P. & Richardson C.A., 1995.** Population structure and growth of *Donax trunculus* (Bivalvia : Donacidae) in the western Mediterranean. *Mar. Biol.*, **121**: 665-671.
- Ramón M. & Richardson C.A., 1992.** Age determination and shell growth of *Chamelea gallina* (Bivalvia: Veneridae) in the western Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog.*, **89**:15-23
- Rank J., Jensen K., Jespersen P.H., 2005.** Monitoring DNA damage in indigenous blue mussels (*Mytilus edulis*) sampled from coastal sites in Denmark. *Mutat. Res.* **585**: 33-42.
- Regoli F., 1998.** Trace metals and antioxidant enzymes in gills and digestive gland of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **34**: 48-63.

- Riascos J.M. & Urban H.J., 2002.** Dinámica poblacional de *Donax dentifer* (Veneroidea: Donacidae) en Bahía Málaga, Pacífico colombiano durante el fenómeno "El Niño" 1997/1998. *Rev. Biol. Trop.*, **50**: 1113-1123.
- Ricciardi F., Binelli A. & Provini A., 2006.** Use of two biomarkers (CYP450 and acetylcholinesterase) in Zebra mussel for the biomonitoring of Lake Maggiore (Northern Italy). *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **63**: 406-412.
- Riedl R., Abel E., Kohlmeyer J., Kusel H., Matthes D., Rossi I., Salvini-Plawen L., Sarà M. & Dworschak P., 1983.** Fauna und flora des mittellmeeres. *Ed. Verlag Paul Parey.* Hamburg und Berlin: 836p.
- Rittschof D. & McClellan-Green P., 2005.** Molluscs as multidisciplinary models in environment toxicology. *Mar. Pollut. Bull.*, **50**: 369-373.
- Rivière A., 1949a.** Condition d'existence et aspects des rides sous-marines littorales, leur rôle dans la sédimentation côtière. *C. R. SOC. Géol. France.* **13** : 311-312.
- Rivière A., 1949b.** Sur certains de la morphologie littorale des plages et leur interprétation. *C. R. Acad. SCL. Paris.* **229** : 940-942.
- Rivière A. & Venhet S., 1953.** Sur la formation des croissants de plages et les mouvements des sédiments dans le profil. *C. R. Acad. Sci. Paris.* **237**: 559-561.
- Rivière A. & Venhet S., 1962.** Les structures des plages à caractère périodique et leur rôle dans la morphologie littorale. Colloque C.N.R.S, Ville Franche. Mém: Océano-graphie géologique et géophysique de la Méditerranée occidentale : 73-80.
- Rocha-Barreira de Almeida C., Batista W.F., Monteiro D.O. & Franklin-Junior W., 2002.** Aspectos da estrutura populacional de *Donax striatus* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Donacidae) na praia do Futuro, Fortaleza-CE. *Arquivos de Ciências do Mar* **35**. pp. 51–55.
- Rodier J., 1984.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7<sup>ème</sup> édition. Dunod, Paris: 1365p.
- Rodríguez Rúa A., Prado M. A., Romero Z. & Bruzón M., 2003.** The gametogenic cycle of *Scrobicularia plana* (da Costa, 1778) (Mollusc: Bivalvia) in Guadalquivir estuary (Cádiz SW Spain). *Aquaculture.*, **217**: 157-166.
- Roméo M., Bennani N., Gnassia-Barelli M., Lafaurie M. & Girard J.P., 2000.** Cadmium and copper display different responses towards oxidative stress in the kidney of the sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Aquat Toxicol.*, **48**: 185-194.
- Roméo M., Gnassia-Barelli M., 1988.** *Donax trunculus* and *Venus verrucosa* as bioindicators of trace metals concentrations in Mauritanian coastal waters. *Mar. Biol.* **99**, 223–227.
- Royer J., Segueineau C., Park K.I., Pouvreau S., Choi K.S., Costil K., 2008.** Gametogenic cycle and reproductive effort assessed by two methods in 3 age classes of Pacific oysters, *Crassostrea gigas*, reared in Normandy. *Aquaculture*, **277**: 313-320.
- Ruiz-Azcona P., Rodríguez-Sierra R. & Martín J.B., 1996.** Culture of coquina clam, *Donax trunculus*, larvae. *Aquaculture.*, **139**: 151-155.

---

## S

---

- Saker I. E., 2007.** Pollutions chimiques par les effluents industriels directs introduits littoral d'Annaba. Mémoire de magister Univ. Annaba. 34p.
- Salas-Casanova C., 1987.** Ecología de los Donacidae (Mollusca Bivalvia) de la Bahía de Málaga (SE de España). *Inv. Pesq.*, **51**(1) : 67-77.
- Salas C., Tirado C., Manjon-Cabeza M.E., 2001.** Sublethal foot-predation On Donacidae (Mollusca: Bivalvia). *J. Sea Res.* **46** (1), 43-56.

- Samson-Kechacha F.L., 1981.** Variations saisonnières des matières nutritives de la baie d'Alger : Recherche des facteurs contrôlant le développement du phytoplancton. Thèse du 3<sup>ème</sup> cycle. USTHB, Alger., 98p.
- Sandro W., 1982.** The Amphipoda of the Mediterranean: Part 1 – Gammaridae. Mémoire de l'institut océanographique. Fondation Albert 1er, Prince de Monaco, N°13 : 365p.
- Schoeman D.S., 1997.** Spatial and temporal dynamics of *Donax serra* in St Francis Bay: Implications for a Potential Fishery. *Ph.D. thesis*. Univ. Port Elizabeth, 200 p.
- Short A.D., 1999.** Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics. London, *John Wiley*. 392p.
- Sifi K., 2009.** Biosurveillance de la qualité des eaux du golfe d'Annaba : croissance, composition biochimique et dosage des biomarqueurs du stress environnemental chez *Donax trunculus* (Mollusque, Bivalve). Thèse de Doct. Biologie Animale, Univ. Annaba : 229p.
- Sifi K., Amira A. & Soltani N., 2013.** Oxidative stress and biochemical composition in *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba (Algeria). *Advances in Environmental Biology*, **7** (4), 595-604.
- Sifi K., Chouahda S., Soltani N., 2007.** Biosurveillance de l'environnement par la mesure de biomarqueurs chez *Donax trunculus* dans le golfe d'Annaba (Algérie). *Mésogée*, **63**, 11-18.
- Smolders R., Bervoets L., De Coen W.M. & Bulst R., 2004.** Cellular energy allocation in zebra mussels exposed along a pollution gradient: linking cellular effects to higher levels of biological organization. *Environ. Pollut.*, **129**: 99-112.
- Soltani N., Amira A., Sifi K. & Beldi H., 2012.** Environmental monitoring of the Annaba gulf (Algeria): measurement of biomarkers in *Donax trunculus* and metallic pollution. *Bulletin de la Société de Zoologie de France*, **137** (1-4), 51-60.
- Soucek D.J., 2007.** Sodium sulfate impacts feeding, specific dynamic action, and growth rate in the freshwater bivalve *Corbicula fluminea*. *Aqua. Toxicol.*, **83**: 315-322.
- Steinberg M., 1959.** Contribution à l'étude morphologique de la côte des Mores (de Saint-Raphél à Saint-Maxime). Thèse Doct. Laboratoire de sédimentologie. Faculté des sciences Paris-Orcay.
- Strickland J.D.V. & Parson T.R., 1972.** A practical hand book of sea water analysis. *Bull. Fisch. Res. Can.*, **167**: 311p.

---

## T

---

- Talikhedkar P.M., Mane U.H. & Nagabhushanam R., 1976.** Growth rate of the wedge clam *Donax cuneatus* at Miriya Bay, Ratnagiri. *Indian J. Fish.*, **23**: 183-193.
- 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.
- Thayer C.W., 1975.** Morphological adaptations of benthic invertebrates to soft substrata. *J. Mar. Res.*, **33**: 177-189.
- Thébaud O., Véron G. & Fifas S., 2005.** Incidences des épisodes d'efflorescences de micro algues toxiques sur les écosystèmes et sur les pêcheries de coquillage en baie de Douarnenez. *Ifremer*: 73p + annexes.
- Thiery A., 1987.** Les Crustacés Branchiopodes Anostraca, Notostraca et Conchostraca des milieux limniques temporaires (Dayas) au Maroc. Taxonomie, biogéographie, écologie. Ph. D. Thèse, Université Aix-Marseille III., 405p.

- Thippeswamy S. & Joseph M.M., 1991.** Population selection strategies in the wedge clam, *Donax incarnatus* (Gmelin) from Panambur Beach, Mangalore. *Indian J. Mar. Sci.*, **20**: 147-151.
- Thomassin B.A., 1978.** Les peuplements des sédiments coralliens de la région de Tuléar (SW de Madagascar). Leur insertion dans le contexte côtier indopacifique. Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille II, 494p + annexes.
- Thorson G., 1961.** Length of pelagic life in marine invertebrates as related to larval transport by ocean currents. *Oceanography*, (**67**), 455-474.
- Tirado C. & Salas C., 1998.** Reproduction and fecundity of *Donax trunculus* in the littoral of Málaga (Southern Spain). *Journal of Shellfish Research*, **17**(1): 169-176.
- Tlili S., 2012.** Approche multi-marqueurs pour l'évaluation de l'état de santé du golfe de Tunis : Etude des réponses biochimique, physiologique, cytologique des mollusques bivalve exposé aux effluents des oueds. Thèse Doct. Univ. Nantes/Univ. Monastir: 249p (+ Annexes).
- Tlili S., Métais I., Ayache N., Boussetta H. & Mouneyrac C., 2011.** Is the reproduction of *Donax trunculus* affected by the sites of origin contrasted by their level contamination? *Chemosphere*, **84**: 1362-1370.
- Tlili S., Métais I., Boussetta H., Mouneyrac C., 2010.** Linking changes at sub-individual and population levels in *Donax trunculus*: assessment of marine stress. *Chemosphere*, **81** (6), 692-700.
- Tlili S., Minguez L., Giamberini L., Geffard A., Boussetta H., Mouneyrac C., 2013.** Assessment of the health status of *Donax trunculus* from the Gulf of Tunis using integrative biomarker indices. *Ecological Indicators*, **32**, 285-293.
- Tortonese T., 1965.** Fauna d'Italia: Echinodermata. Calderini. Istit. Zool. Univ. Torino: 419p.
- Trigui-El Ménif N., 1995.** La reproduction de la palourde *Ruditapes decussatus* (Mollusque, Bivalve) sur les côtes tunisiennes. *Mar. Life*, **1** : 35-42.
- Trueman E.R. & Ansell A.D., 1969.** The mechanisms of burrowing into soft substrata by marine animals. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **7**: 315-366.

---

## U

---

- Usero J., Morillo J., Gracia I., 2005.** Heavy metal concentrations in molluscs from the Atlantic coast of southern Spain. *Chemosphere*, **59** (8): 1175-1181.

---

## V

---

- Vaissière R. & Fredj G., 1963.** Contribution à l'étude de la faune benthique du plateau continental de l'Algérie. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco.*, **60**(1272) : 83p.
- Vakily J.M. 1992.** Determination and comparison of bivalve growth, with emphasis on Thailand and other tropical areas. ICLARM Technical Report 36, Manila: 125p.
- Vélez A., Venables B.J. & Fitzpatrick L.C., 1985.** Growth production of the tropical beach clam *Donax denticulatus* (Tellinidae) in eastern Venezuela. *Caribb. J. Sci.*, **21**: 63-73.
- Vermeij G.J., 1978.** Biogeography and adaptation. Patterns of marine life. Harvard University Press. Cambridge. England. 337p.
- 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.
- Viarengo A., Lowe D., Bolognesi C., Fabbri E., Koehler A., 2007.** The use of biomarkers in biomonitoring: a 2-tier approach assessing the level of pollutant induced stress syndrome in sentinel organisms. *Comp. Biochem. Physiol. C* **146**: 281-300.

**Villiers (de) G., 1975.** Growth, population dynamics, a mass mortality and arrangement of white sand mussels, *Donax serra* Roding, on beaches in the south-western Cape Province. Investigational report/ Republic of South Africa, Department of Industries. *Sea Fisheries Branch.*, **109**: 1-31.

**Voliani A., Auteri R., Baino R. & Silvestri R., 1997.** Insediamento nel substrato ed accrescimento di *Donax trunculus* L. sul litorale toscano. *Biol. Mar. Medit.* **4**(1): 458-460.

---

## W

---

**Wade B.A., 1964.** Notes on the ecology of *Donax denticulatus* (Linné). *Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst.*, **17**: 36-41.

**Wade B.A., 1967.** On the taxonomy, morphology, and ecology of the beach dam, *Donax striatus* Linne. *B. Mar. Sci.* **17**, 723-740.

**Warwick R.M., George C.L. & Davies J.R., 1978.** Annual macrofauna production in a Venus community. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, **7**: 215-241.

**WCMC, 2000.** Global Biodiversity: Earth's living in the 21<sup>st</sup> century. World Conservation Press, Cambridge: 246p.

**Widmeyer J.R. & Bendell-Young L.I., 2007.** Influence of food quality and salinity on dietary cadmium availability in *Mytilus trossulus*. *Aqua. Toxicol.*, **81**: 144-151.

**Wilson J.G., 1999.** Population dynamics and energy budget for a population of *Donax variabilis* (Say) on an exposed South Carolina beach. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **239**: 61-83.

**Wilson J.H. & Seed R. 1974.** Reproduction in *Mytilus galloprovincialis* Lmk (Mollusca: Bivalvia) in Carlinh Ford Lough, Northern Ireland. *Irish Fisheries Investigation, Series B (Marine)*, **15**: 30p.

---

## Y

---

**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.

**Yawetz A., Fishelson L., Bresler V. & Manelis R., 2010.** Comparison of the effects of pollution on the marine bivalve *Donax trunculus* in the vicinity of polluted sites with specimens from a clean reference site (Mediterranean Sea). *Mar. Pollu. Bull.* **60** (2): 225-229.

---

## Z

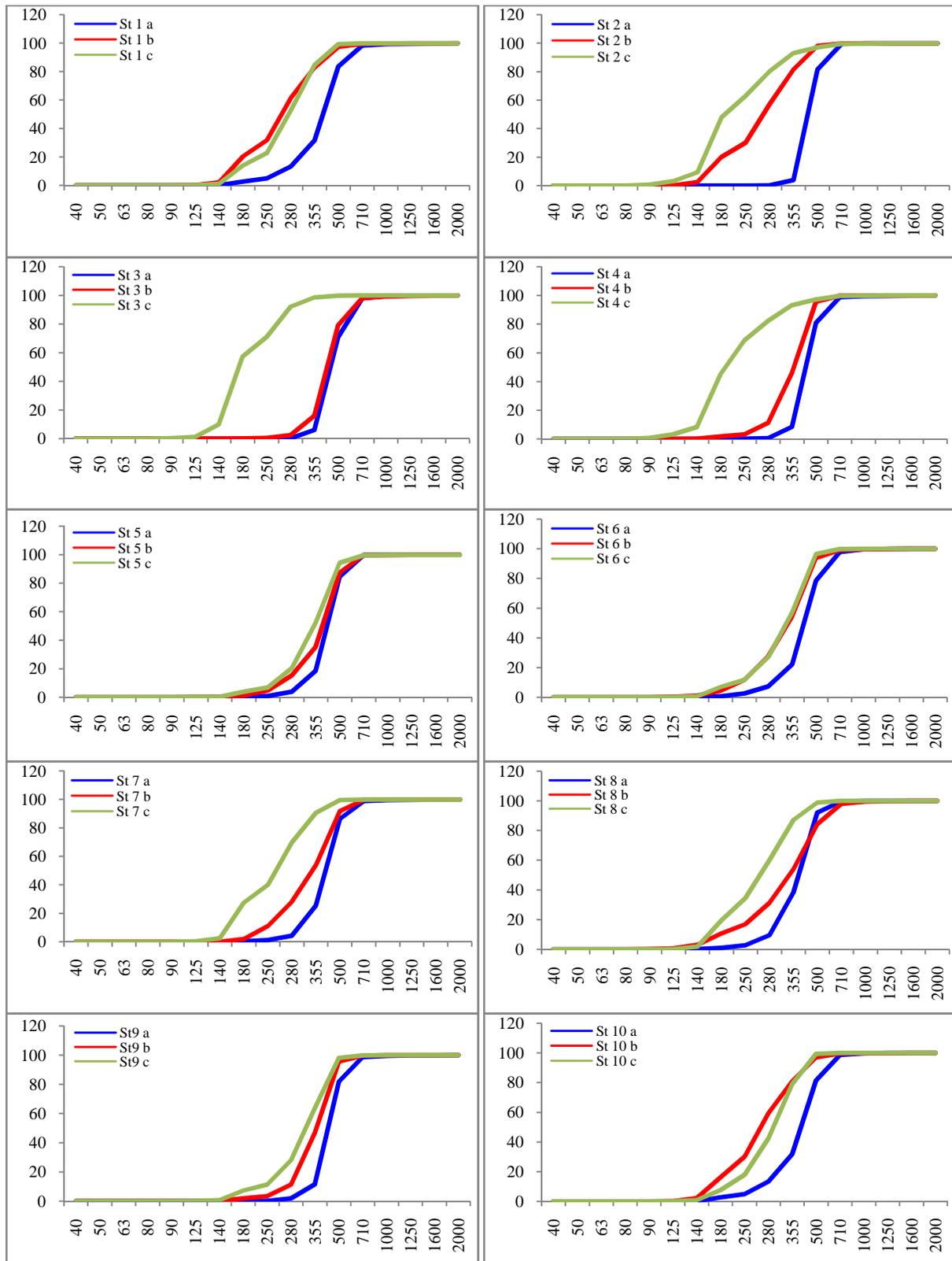
---

**Zaklan E.D. & Ybenberg R., 1997.** The body size-burial depth in the unifaunal clam *Mya arenaria*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **215**: 1-7.

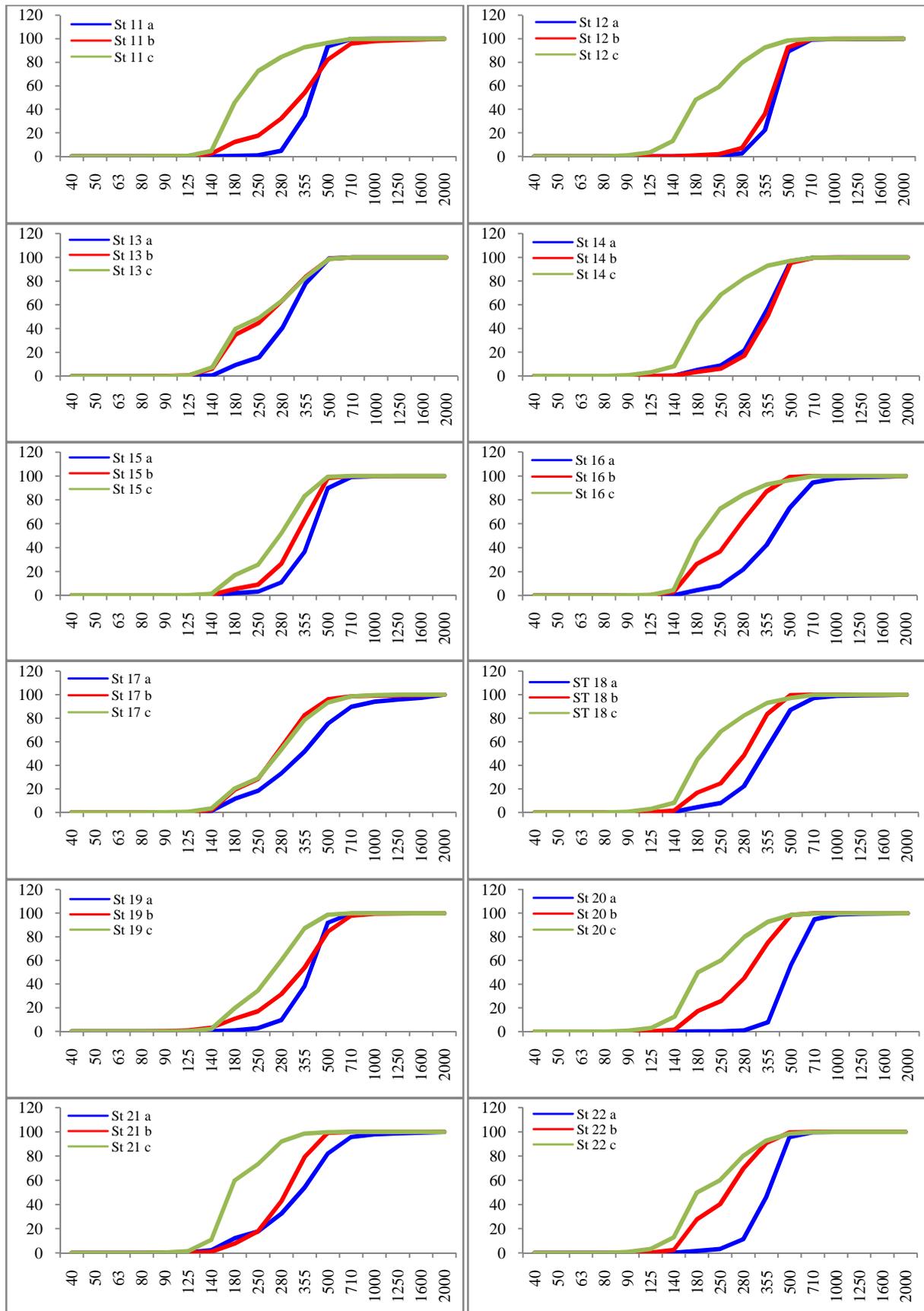
**Zine N.E., 2004.** Etude éco-biologique et dynamique des populations de la palourde (*Ruditapes decussatus* L.) et analyse typologique de la faune benthique de milieux paraliques Atlantico-Méditerranéens du Maroc. *Thèse doctorat d'état*. Univ. Moulay Ismail. Meknès : 190p.

**Zolocar de Domitrovie Y., 1992.** Filoplancton de ambientes inundables del Rio Parana (Argentina). *Revue d'hydrobiologie Tropical*, **25** :177-188.

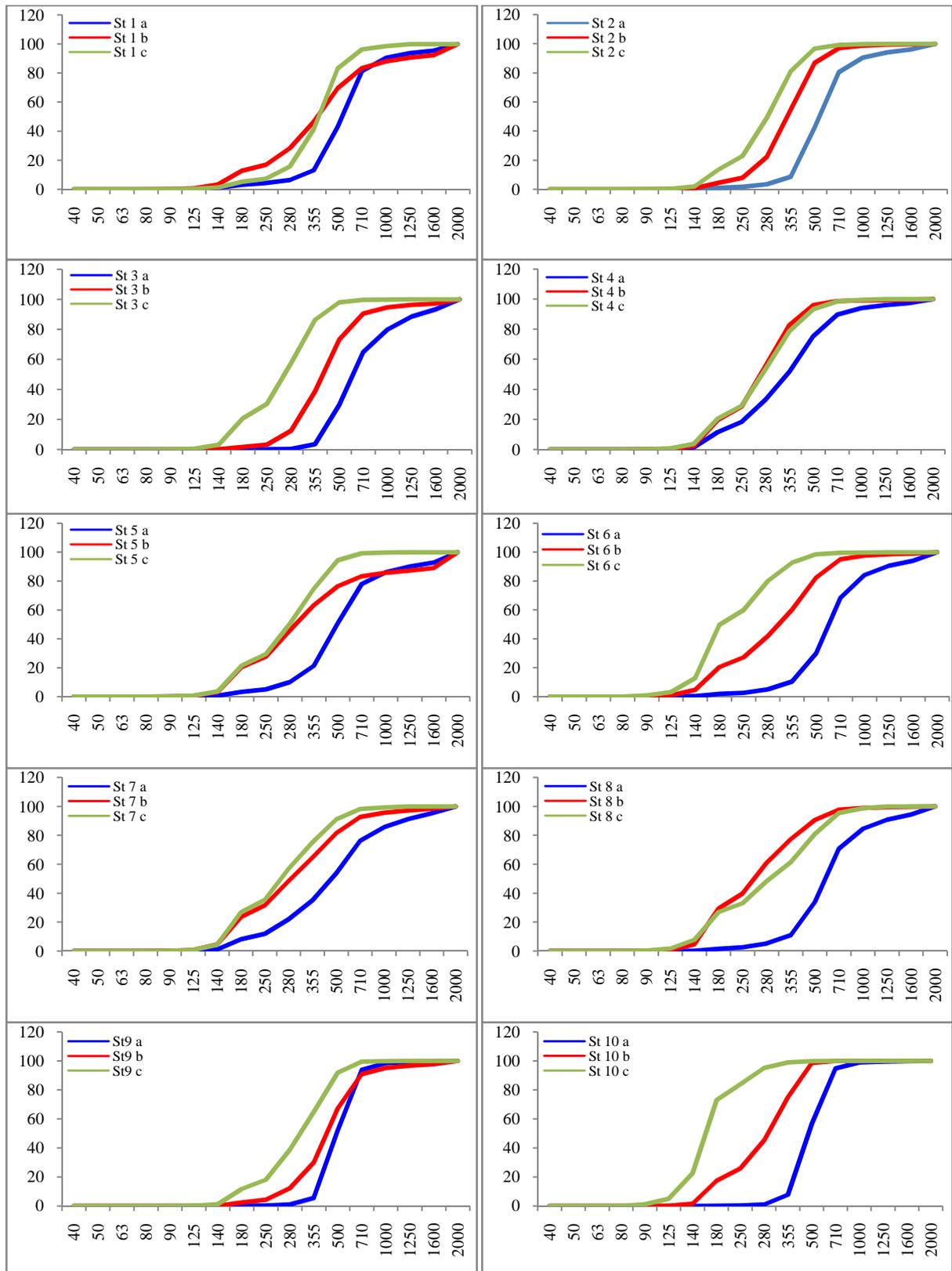
**Zorita I., Ortiz-Zarragoitia M., Soto M., Cajaraville M.P., 2006.** Biomarkers in mussels from a copper site gradient (Visnes, Norway): an integrated biochemical, histochemical and histological study. *Aquat. Toxicol.* **78** : 109-116.



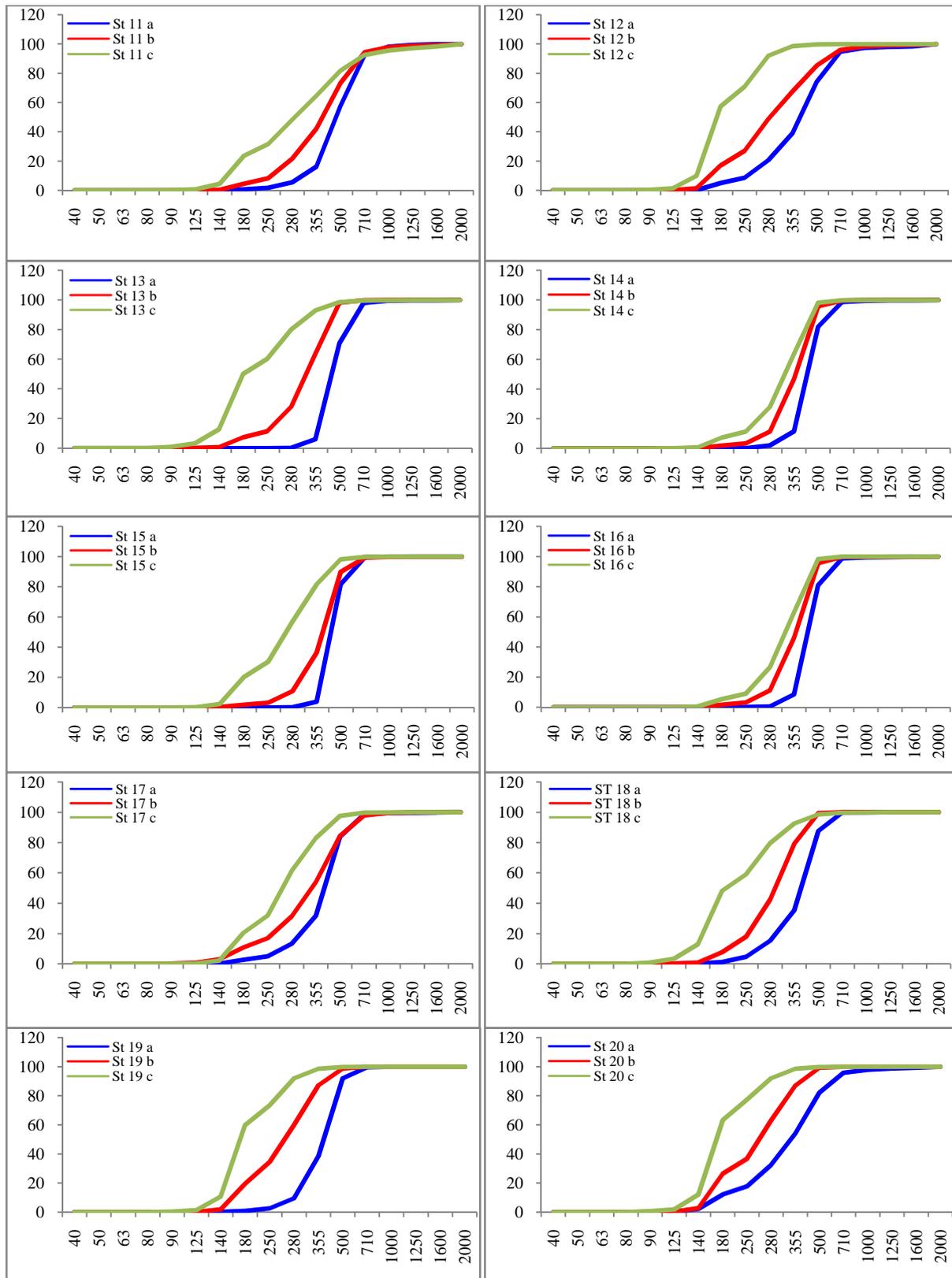
**Figure 1.** Courbes cumulatives des stations prospectées dans la plage d'Echatt (st. de 1 à 10).



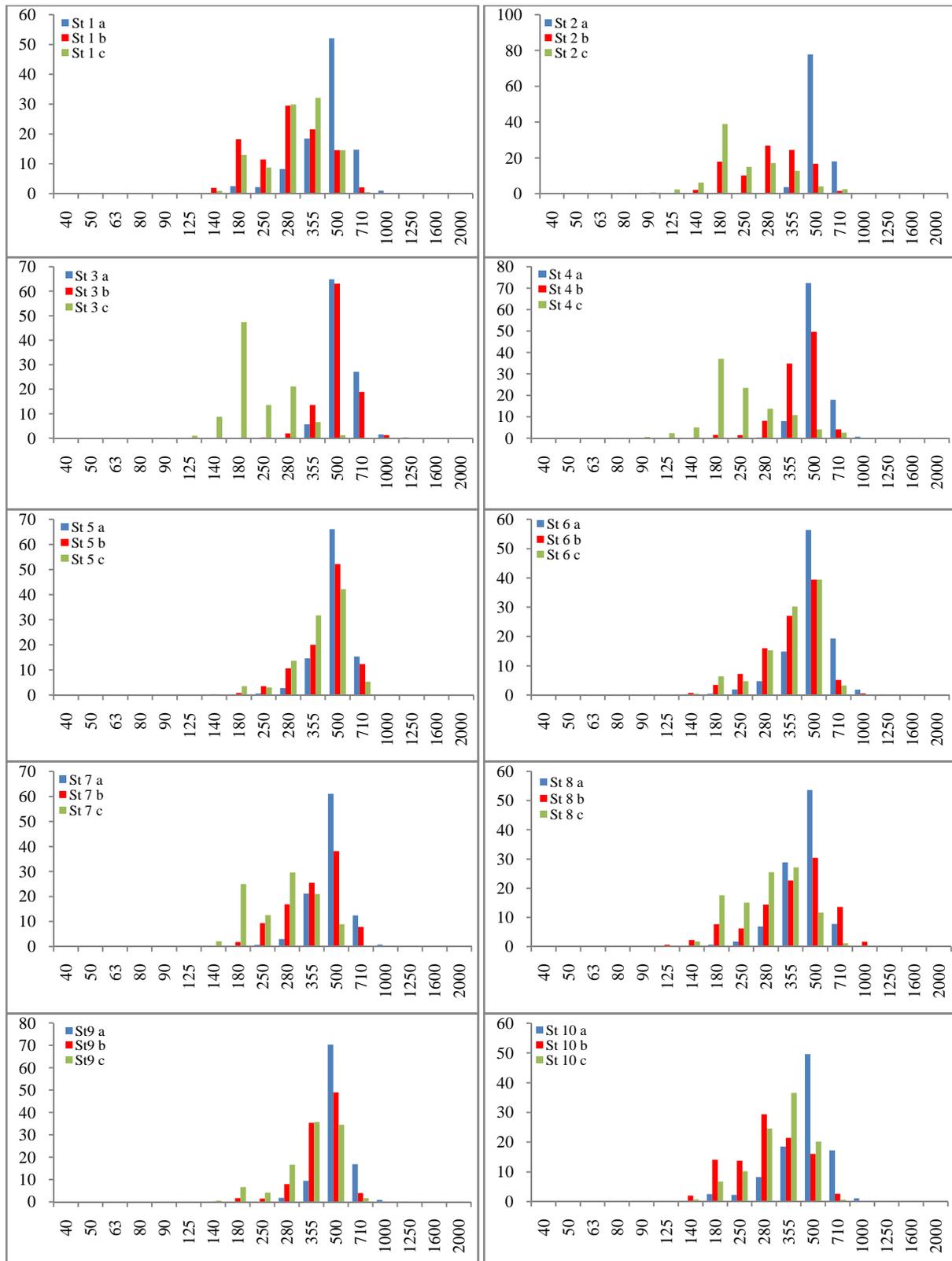
**Figure 2.** Courbes cumulatives des stations prospectées dans la plage d'Echatt (st. de 11 à 22).



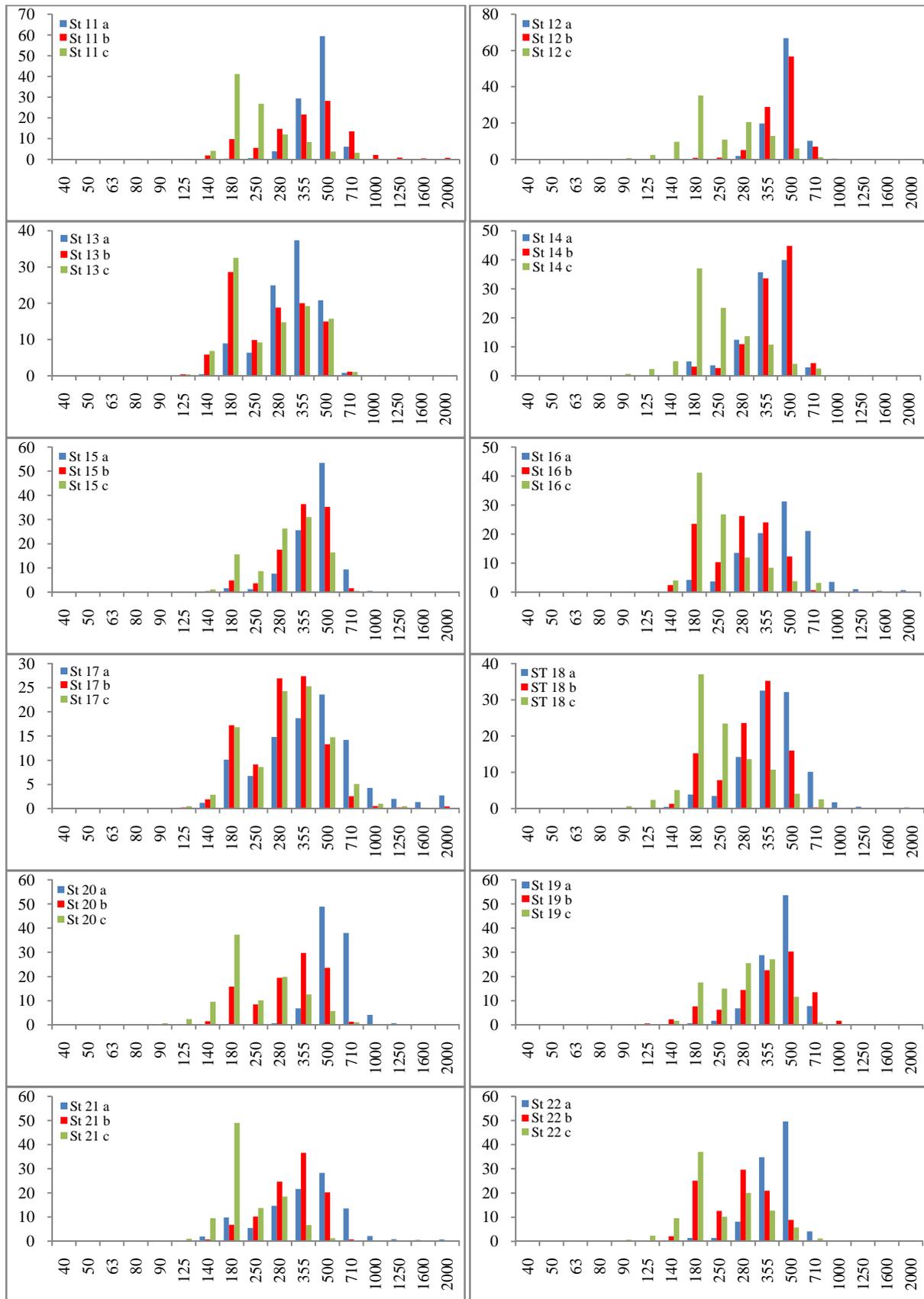
**Figure 3.** Courbes cumulatives des stations prospectées dans la plage de Sidi Salem (st. de 1 à 10).



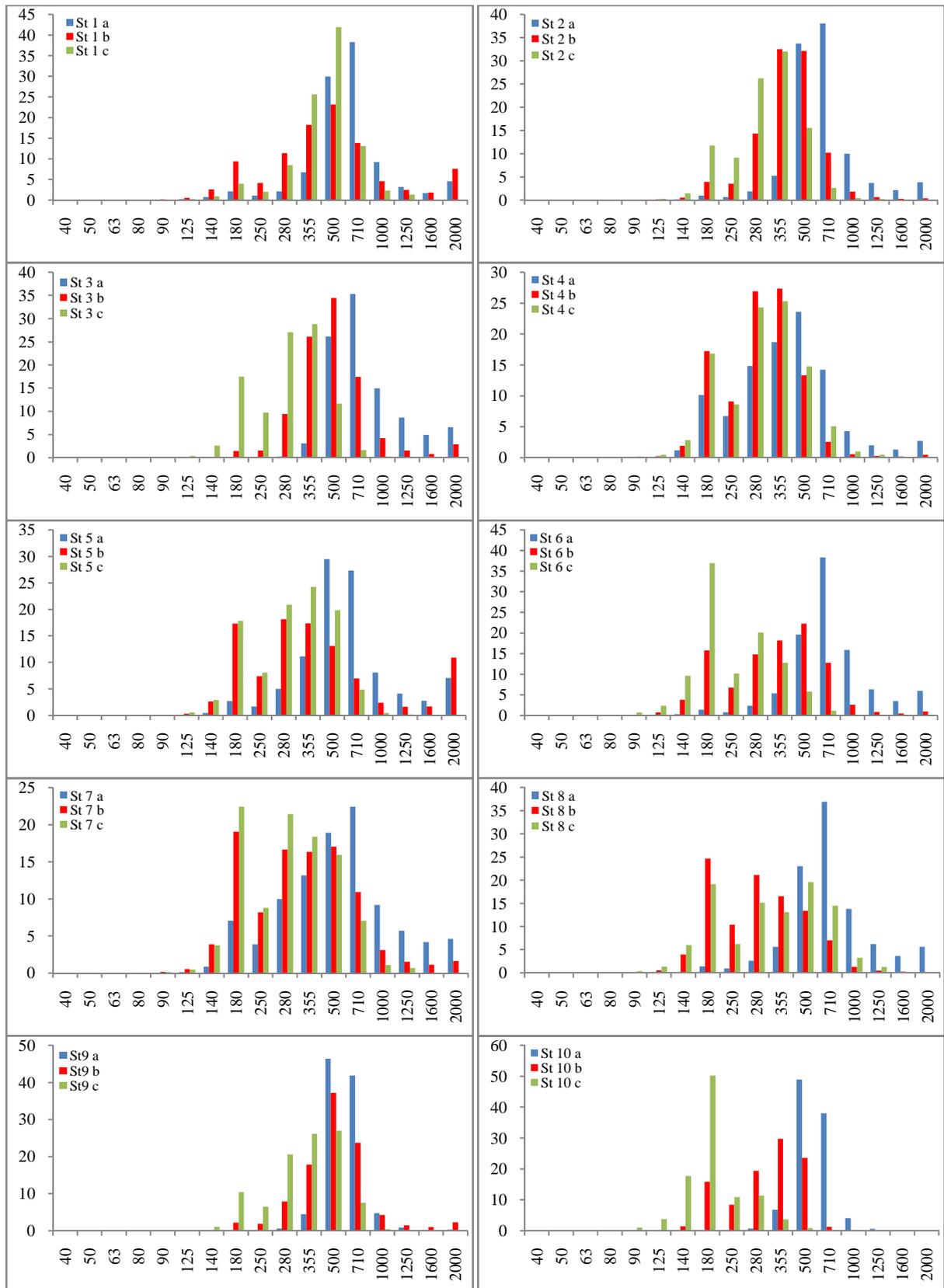
**Figure 4.** Courbes cumulatives des stations prospectées dans la plage de Sidi Salem (st. de 11 à 20).



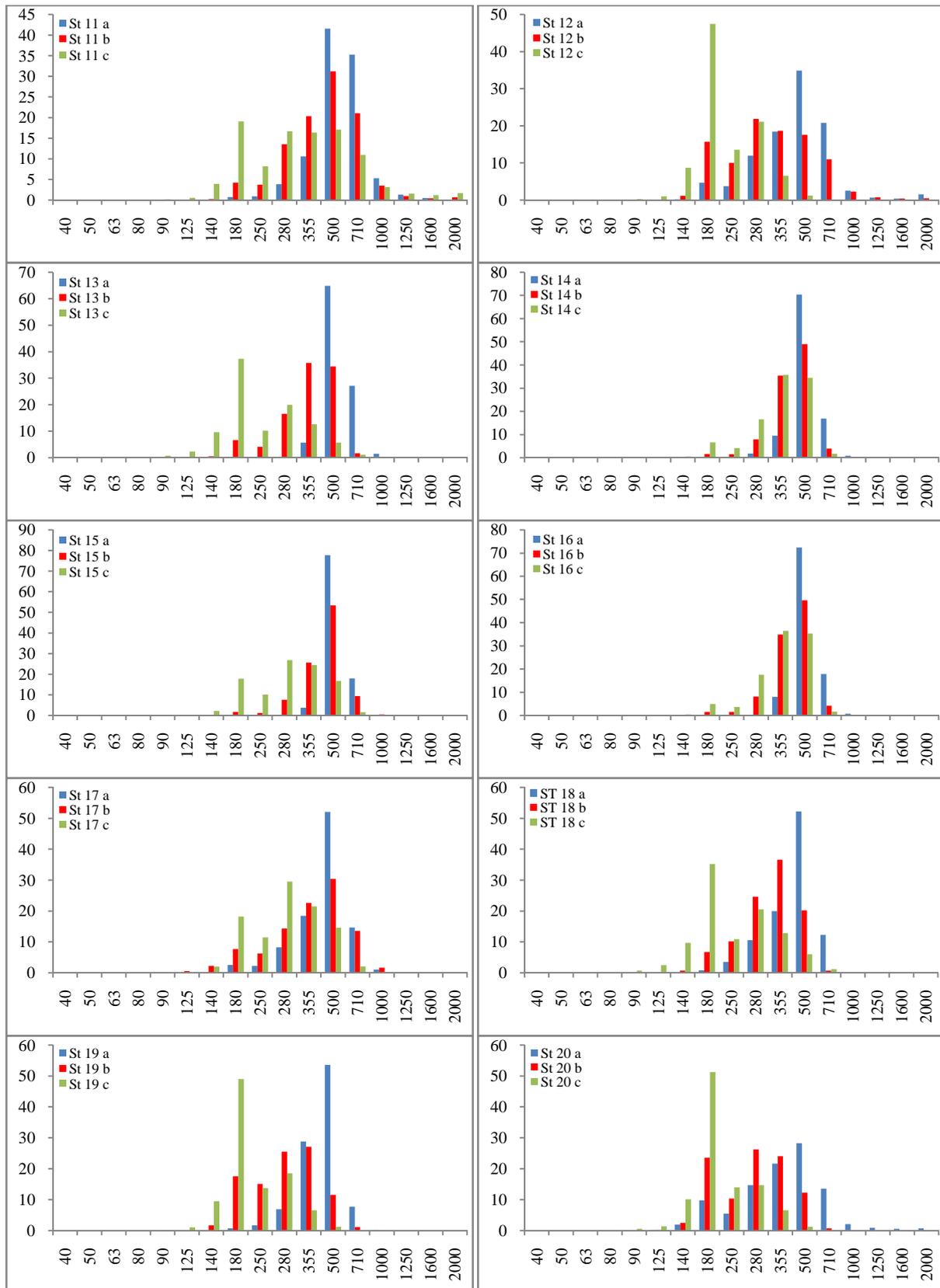
**Figure 5.** Histogrammes de fréquences des stations prospectées dans la plage d'Echatt (st. de 1 à 10).



**Figure 6.** Histogrammes de fréquences des stations prospectées dans la plage d'Echatt (st. de 11 à 22).



**Figure 7.** Histogrammes de fréquences des stations prospectées dans la plage de Sidi Salem (st. de 1 à 10).



**Figure 8.** Histogrammes de fréquences des stations prospectées dans la plage de Sidi Salem (st. de 1 à 10).

## Production scientifique

À la suite de cette thèse, nous avons pu réaliser la production scientifique suivante :

Communications et publications :

Communications nationales	Communications internationales	Publications nationales	Publications internationales
02	04	-	01

### Communications nationales :

1- **HAFSAOUI I.**, DRAREDJA M.A. & DRAREDJA B. "Diversité de la macrofaune benthique dans les faciès à *Donax* du golfe d'Annaba". *1<sup>er</sup> Séminaire national Santé et Bio-surveillance Des Ecosystèmes Aquatiques (SBSEA)*. Souk Ahras (Algérie) : 26 & 27 Novembre 2014.

2- **HAFSAOUI I.**, DRAREDJA M.A. & DRAREDJA B. "Distribution du bivalve exploité *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) dans le golfe d'Annaba : impact de la pollution". *1<sup>er</sup> Séminaire National sur l'Entomologie Médicale et La Lutte Biologique*. Université de Tébessa (Algérie) : 19 et 20 Octobre 2015.

### Communications internationales :

1- **HAFSAOUI I.**, DRAREDJA B. & BELDI H. "Données préliminaires sur la distribution du bivalve exploité *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) dans le golfe d'Annaba (Algérie Nord-Est)". *14<sup>èmes</sup> Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer*. Sousse (Tunisie) : 15-18 Décembre 2012.

2- DRAREDJA B., **HAFSAOUI I.**, DRAREDJA M.A. & BELDI H. "Abondance de *Donax trunculus* (Mollusque, Bivalve) dans le golfe d'Annaba". *Journées Internationales de Limnologie et d'Océanographie: Vulnérabilité et résilience des écosystèmes continentaux et marins*. Marseille (France) : 21-23 Mai 2014.

3- BOUAZIZ R., **HAFSAOUI I.** & DRAREDJA B. "Cycle de reproduction chez *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) dans le golfe d'Annaba (Algérie Nord-Est)." *1<sup>er</sup> Séminaire International sur la Biodiversité et Gestion des Ressources Naturelles*. Université Med Chérif Messaadia - Souk Ahras (Algérie) : 19-21 Avril 2016.

4- BOUAZIZ R., **HAFSAOUI I.**, BELDI H. & DRAREDJA B. Reproductive cycle of *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) in the gulf of Annaba (Algeria North East). *The 5<sup>th</sup> International EcoSummit Congress - Ecological Sustainability: Engineering Change*. Montpellier (France): 29 August - 1 September 2016.

### Publications internationales :

1- **HAFSAOUI I.**, DRAREDJA B., LASOTA R., COMO S & PAOLO M., 2016. Population dynamics and secondary production of *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) in the gulf of Annaba (Northeast Algeria). *Mediterranean Marine Science*, 17/3: xxx-xxx. (sous presse).

<http://www.medit-mar-sc.net>