



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
جامعة شادلي بن جديد- الطارف
Université Chadli Benjedid - El Tarf
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master II

Spécialité :

Sciences Alimentaires

Filière

Sécurité agroalimentaire et assurance qualité

THEME

Evaluation de deux indices (Indice de condition et Pourcentage de comestibilité) chez *Donax trunculus* au niveau de deux sites du golfe d'Annaba

Par :

FRADJIA Chaima

Devant le jury :

Présidente : BENABDALLAH Amina MCA. Université C. Benjedid El Tarf
Examinatrice : ROUIBI Asma MCB. Université C. Benjedid El Tarf
Promotrice : AMIRA Akila MCA. Université C. Benjedid El Tarf

Année universitaire 2023- 2024

REMERCIEMENTS

*A l'issue du cycle de notre formation nous tenons à remercier dieu le
tous puissant.*

*Mes remerciements les plus sincères vont à **Dr. AMIRA Akila** (Maitre
de conférences A) Pour ses conseils précieux et son suivi durant toute la
période de réalisation de ce travail*

*J'exprime toute ma reconnaissance aux membres du jury d'avoir accepté
de juger ce travail*

***Dr. Benabdallah A**, de l'université Chadli Bendedid El Tarf, présidente
du jury*

***Dr. Rouibi. A**, de l'université Chadli Benjedid El Tarf examinatrice*

Elles trouvent, ici, l'expression de mes plus vifs remerciements.

D'EDICACES

A la source de mes efforts la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, celle qui m'a transmis le courage et l'amour pour son soutien moral et matériel, pour sa tendresse et pour ses encouragements durant mon parcours, à ma très chère maman LINDA que j'adore.

A mon exemple éternel, mon soutien moral et matériel tout au long de ma vie, ma source de joie, celui qui s'est toujours sacrifié pour ma réussite que dieu te procure une bonne santé et une longue vie mon très cher papa ADEL

*A la source de mes efforts, ma chère sœur Raounak et mon cher Frère Mouhssin
Ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.*

A mon Ami proche (IA) qui m'a toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

A toutes mes amies et à tout qui compulse ce modeste travail.

CHAIMA

SOMMAIRE

RESUMES

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	1
INTRODUCTION	10
MATERIEL ET METHODE	13
1. Présentation de l'espèce.....	13
2. Morphologie et anatomie.....	13
3. Biotope et distribution spatiale.....	15
4. Nutrition	16
5. Reproduction et développement.....	16
6. Distinction des sexes.....	18
7. Présentation des sites	19
7. 1. Site d'El Battah	19
7. 2. Site de Sidi Salem	19
8. Stratégie d'échantillonnage de <i>Donax trunculus</i>	20
9. Paramètres morphométriques.....	20
9.1. L'indice de condition.....	21
9.2. Pourcentage de comestibilité.....	21
10. Analyse statistique.....	21
RESULTATS	22
1. Indice de condition.....	22
2. Indice de comestibilité.....	23
DISCUSSION	24
1. L'indice de condition.....	24
2. Pourcentage de comestibilité.....	25
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	27
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	28

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
1	Variation saisonnière de l'indice de condition (%) mesuré chez les individus de <i>D. trunculus</i> récoltés au niveau des deux sites d'étude (El Battah et Sidi Salem) durant les l'hiver et le printemps de l'année 2024 (m \pm SD, n = 20).	22
2	Variation saisonnière de l'indice de comestibilité (%) mesuré chez les individus de <i>D. trunculus</i> récoltés au niveau des deux sites d'étude (El Battah et Sidi Salem) durant les l'hiver et le printemps de l'année 2024 (m \pm SD, n = 20).	23

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
1	Aspect morphologique externe et interne de la coquille de <i>D. trunculus</i> .	14
2	Anatomie générale de <i>D. trunculus</i> .	15
3	Cycle du développement de <i>Donax trunculus</i>	17
4	Aspect externe des gonades de <i>D. trunculus</i> : mâle et femelle de la coquille de <i>D. trunculus</i> .	18
5	Localisation géographique du golfe d'Annaba et des sites d'échantillonnage.	19
6	(A) Cope ; (B) et (C) : Déroulement de l'opération de pêche ; (D) : Filet du cope avant tri	20
7	Variation saisonnière de l'indice de condition (%) mesuré chez les individus de <i>D. trunculus</i> récoltés au niveau des deux sites d'étude (El Battah et Sidi Salem) durant les l'hiver et le printemps de l'année 2024 (m \pm SD, n = 20).	22
8	Variation saisonnière de l'indice de condition (%) mesuré chez les individus de <i>D. trunculus</i> récoltés au niveau des deux sites d'étude (El Battah et Sidi Salem) durant les l'hiver et le printemps de l'année 2024 (m \pm SD, n = 20).	23

RESUME

La présente étude porte sur l'évaluation de deux indicateurs de la qualité commerciale et nutritionnelle (l'indice de condition et le pourcentage de comestibilité) chez le mollusque bivalve *Donax trunculus* récolté durant l'hiver et le printemps au niveau de deux sites du golfe d'Annaba, El Battah réputé modérément pollué de par son éloignement des sources polluantes et Sidi Salem, exposé à différents rejets car situé à proximité de différentes sources de rejets urbains et industriels.

La comparaison de l'indice de condition et de l'indice de comestibilité entre les deux sites a révélé un état physiologique et une comestibilité favorisés au niveau du site d'El Battah. Les variations de ces indices sont directement liées aux changements saisonniers des facteurs environnementaux conduisant à des interactions complexes entre la température, la nourriture et la salinité qui affectent la croissance et la reproduction et indirectement l'indice de condition et le pourcentage de comestibilité.

Les résultats montrent que la variation des deux indices étudiés chez *D. trunculus* est fonction des différents paramètres environnementaux et de la proximité des sources polluantes.

Mots clés : Golfe d'Annaba, Pollution, *Donax trunculus*, Indice de condition, Indice de comestibilité.

ABSTRACT

This study focuses on the assessment of two indicators of commercial and nutritional quality (condition index, and meat yield) in the mollusk bivalve *Donax trunculus* collected during winter and spring from two sites of the Gulf of Annaba, El Battah considered moderately polluted because of its remoteness from polluting sources and Sidi Salem that is exposed to various discharges due to its proximity to different sources of urban and industrial discharges.

The comparison of the condition index and edibility index between the two sites revealed a physiological condition and edibility favored in the site of El Battah. The variations of these indices are directly related to seasonal changes in environmental factors leading to complex interactions between temperature, food and salinity that affect growth and reproduction and indirectly condition index and edibility index

The results show that the variation of the two indices studied in *D. trunculus* is a function of the different environmental parameters and the proximity of pollutant sources.

Keywords: Gulf of Annaba, Pollution, *Donax trunculus*, Condition index, Edibility index.

ملخص

تركز هذه الدراسة على تقييم مؤشري الجودة التجارية والغذائية (مؤشر الحالة ونسبة الصلاحية للأكل) في الرخويات ذات الصدفتين *Donax trunculus*، والتي تم جمعها خلال فصلي الشتاء والربيع في موقعين بخليج عنابة. وتعتبر منطقة البطاح متوسطة التلوث نظرا لبعدها عن مصادر التلوث، بينما تتعرض منطقة سيدي سالم لتصريفات مختلفة نظرا لقربها من مصادر مختلفة للتصريفات العمرانية والصناعية.

وفي موقع البطاح، أبرزت مقارنة الحالة ومؤشر الصلاحية للأكل بين الموقعين حالة فسيولوجية أكثر ملاءمة وصلاحية للأكل. وتختلف هذه المؤشرات بعلاقة مباشرة مع التغيرات الموسمية في العوامل البيئية، مما يؤدي إلى تفاعلات معقدة بين درجة الحرارة والغذاء والملوحة، مما يؤثر على النمو والتكاثر، وكذلك مؤشر الحالة ونسبة الصلاحية للأكل.

تشير النتائج إلى أن المؤشرين المدروسين في *D. trunculus* يختلفان باختلاف العوامل البيئية المختلفة وقرب مصادر التلوث.

الكلمات المفتاحية: خليج عنابة , التلوث , مؤشر الحالة , نسبة الصلاحية للأكل , *Donax trunculus*

Partie bibliographique

La pollution est la dégradation d'un écosystème par l'introduction, généralement humaine, de substances ou de radiations altérant de manière plus ou moins importante le fonctionnement de cet écosystème.

La pollution de l'air, provoquée par des polluants dits atmosphériques, elle accompagne les progrès de la civilisation. Ainsi que, la pollution du sol désigne toutes les formes de pollution touchant n'importe quel type de sol (agricole, forestier, urbain, etc.). Un sol pollué devient à son tour une source possible de diffusion directe ou indirecte de polluants dans l'environnement.

Effectivement, la pollution de l'eau peut avoir diverses origines urbaines, industrielles et agricoles, ces types de pollutions assemblés progressent l'état de la contamination des milieux marins (Goeury, 2014).

1. Le milieu marin en danger

En 2050, la population mondiale devrait s'établir à 9,7 milliards d'habitants, nous étions 2,6 milliards en 1950, nous serons 11,2 milliards d'ici à 2100 (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2017).

Plus de 40 % de la population mondiale vit actuellement sur une bande côtière de moins de 100 km et ce pourcentage continu à progresser (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). À mesure que la pression démographique et l'activité économique augmentent dans les zones côtières, les pressions anthropiques sur les écosystèmes marins s'accroissent et se cumulent (Halpern *et al.*, 2015 ; Minin *et al.*, 2019).

Nos activités affectent directement ou indirectement la quasi-totalité des océans et la biodiversité qui les occupent. Seuls 13,2 % de l'océan mondial peut aujourd'hui encore être considéré comme à l'état "sauvage" (Jones *et al.*, 2018). Pour autant, Halpern *et al.* (2015) ont calculé que 97,7 % des océans faisaient l'objet de multiples perturbations.

Le changement global, à travers le changement climatique et des phénomènes massifs de pollution, d'invasion biologique, d'eutrophisation, de perte, de dégradation et/ou de fragmentation d'habitats, de surexploitation des ressources vivantes, tend à altérer le fonctionnement des écosystèmes et réduire les biens et services qu'ils fournissent (Halpern *et al.*, 2015; Parmesan & Yohe, 2003; Poloczanska *et al.*, 2016; Smale *et al.*, 2019; Vitousek *et al.*, 1997; Wilcox *et al.*, 2015; Worm *et al.*, 2006).

Les activités humaines sont en passe de mener à la 6e grande crise d'extinction, et ce à un rythme encore jamais observé au cours des 550 millions d'années passées (**Steffen et al., 2011**). Le taux d'extinction des espèces est en effet aujourd'hui 100 à 1000 fois plus élevé qu'il ne l'était avant l'ère pré humaine (**Pimm et al., 1995**).

À titre d'exemple, Lotze & Worm (2009) ont calculé que les populations marines exploitées auraient décliné de 89 % par rapport à leurs niveaux d'abondance historiques. Au cours des 40 dernières années, l'abondance des poissons marins et de certaines espèces de baleine a respectivement diminué de 38 % et 80-90 % (**McCauley et al., 2015**).

Toujours au cours des 40 dernières années, les vertébrés marins (poissons, oiseaux marins, tortues de mer, mammifères marins) ont, en moyenne, décliné en abondance de 22 % (**McCauley et al., 2015**). À une échelle davantage locale, **Roff et al. (2018)** ont montré qu'au cours des 55 dernières années, les captures par unité d'effort (CPUE) de trois espèces de requin (requin marteau, requin-baleine et requin-tigre) ont diminué de 74 à 92 % le long des côtes australiennes. Il s'agit bien sûr, pour les espèces marines, d'extinction le plus souvent d'origine commerciale (**McCauley et al., 2015**).

Néanmoins, ces extinctions commerciales peuvent amener à des extinctions écologiques, l'abondance des espèces devenant insuffisante pour assurer leur rôle fonctionnel au sein des écosystèmes. Au cours des 150-300 dernières années, en zones côtières et estuariennes, les activités humaines, exploitation et dégradation d'habitats en tête, ont entraîné un épuisement rapide de plus de 90 % des espèces autrefois abondantes, ont détruit plus de 65 % des herbiers et des zones humides (35 % des zones humides ont été perdues entre 1970 et 2015), ont dégradé la qualité des eaux et ont accéléré les invasions biologiques (**Ramsar Convention & Wetlands, 2018**).

Au regard des zones humides, dont les services rendus bénéficient à plus d'un milliard d'êtres humains, leur disparition est 3 fois plus rapide que celle des forêts (**Ramsar Convention & Wetlands, 2018**). Dans 45 et 42 % des cas d'épuisement et d'extinction, les facteurs responsables n'agissent pas en isolation, mais davantage en synergie où, très souvent, exploitation et perte d'habitats sont partie intégrante du cocktail érosif de la biodiversité (**Lotze et al., 2006**).

En 1950, date à laquelle, un changement abrupt d'un ensemble d'indicateurs socio-économiques et écologiques est observé (p. ex. population mondiale, utilisation de fertilisants, transport, urbanisation, tourisme ou encore dioxyde de carbone, acidification, captures de

pêche, domestication des terres) (Steffen *et al.*, 2015). Néanmoins, Yasuhara *et al.* (2012) estiment que la dégradation écologique des systèmes marins aurait commencé bien plus tôt, dès le 18e siècle en Europe et en Amérique du Nord et dès le 19e siècle en Asie. Selon ces auteurs, le 20e siècle marque une accélération des processus de dégradation, ceci principalement après la Seconde Guerre mondiale, période de reprise et de croissance économique importante.

Aucune zone de la planète ne semble échapper aux évolutions en cours et aux impacts anthropiques parfois cumulatifs (, 2015 ; Stock *et al.*, 2018). Entre 2008 et 2013, Halpern *et al.* (2015) ont ainsi mis en évidence une augmentation de 66 % des impacts humains sur les océans, la plupart de ces impacts étant majoritairement liés aux effets du changement climatique.

Selon ces mêmes auteurs, 5 % de l'océan mondial est fortement impacté par les activités humaines croissantes tandis que 10 %, seulement, semblent peu impactés et bénéficie d'une réduction des pressions anthropiques. Parmi les pressions anthropiques majeures menaçant les écosystèmes marins, l'exploitation des ressources vivantes et le changement climatique et ses effets associés arrivent en tête. La pollution, l'eutrophisation des eaux et les invasions biologiques en second (Halpern *et al.*, 2015).

2. Types de pollution

2. 1. Pollution physique :

Elle peut être thermique, radioactive ou due au transport de matières en suspension. Ces dernières créent la turbidité qui donne à l'eau un aspect peu agréable, causent des dommages aux organismes marins et freinent le développement des organismes photosynthétiques. Aussi, dues au rejet des radio-isotopes ou d'eaux chaudes, la conséquence est une l'élévation de la température des eaux naturelles, ce qui modifie le taux d'oxygène. Conduisant ainsi, à une augmentation de l'activité cellulaire et une accélération de la respiration. On outre, une diminution de la diversité du phytoplancton et un pouvoir de prolifération d'espèces thermophiles (Ghizellaoui, 1994).

2. 2. Pollution chimique :

Les pollutions chimique sont nombreux et d'origines diverses : déchets industriels minéraux et organiques (Kneese, 1967). Ce sont les engrais agricoles, les pesticides, les composés organochlorés, les hydrocarbures, les détergents et certains éléments traces (plomb, arsenic, mercure...etc.) bio-accumulables dans les chaînes alimentaires depuis le plancton,

jusqu'à l'homme. Provoquant ainsi, des altérations graves des organes (**Ramade, 1998 ; Gomella & Guerree, 1978**).

2. 3. Pollution microbienne :

La pollution microbienne est principalement liée aux eaux usées urbaines. Ces dernières sont très chargées en virus, en parasites et en bactéries pathogènes (**Guiraud, 1998**). Toutes sortes de microorganismes considérés pathogènes pour l'homme, allant des parasites, des bactéries et des virus sont véhiculées par les eaux. Si ces organismes sont capables de survivre en mer, ils peuvent infecter les baigneurs ou contaminer les animaux marins (coquillages, oursins) et induire ainsi, des maladies chez l'homme qui consomme ces animaux crus (**Soudane, 1968**).

2. 4. Pollution microbienne :

La pollution microbienne est principalement liée aux eaux usées urbaines. Ces dernières sont très chargées en virus, en parasites et en bactéries pathogènes (**Guiraud, 1998**). Toutes sortes de microorganismes considérés pathogènes pour l'homme, allant des parasites, des bactéries et des virus sont véhiculées par les eaux. Si ces organismes sont capables de survivre en mer, ils peuvent infecter les baigneurs ou contaminer les animaux marins (coquillages, oursins) et induire ainsi, des maladies chez l'homme qui consomme ces animaux crus (**Soudane, 1968**).

3. Les polluants

Le polluant est un contaminant d'un ou de plusieurs compartiments (air, sol, eau) ou d'un organisme, ayant une incidence sur ces derniers au-delà d'un seuil ou norme. La présence des micro-organismes pathogènes peut présenter un risque sanitaire lors de la baignade ou de la consommation des bivalves (**Brisou, 1968**). Les principaux agents bactériens incriminés dans les toxi-infections d'origine alimentaire sont Salmonella et Campylobacter.

Les taux des germes: *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus*, *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella* (30,6%), *Listeria monocytogenes* (27,6%), *Campylobacter* (5,5%) sont estimés comme étant responsables des plus fortes mortalités aux USA (**Mead et al., 1999**). Ainsi, poser des problèmes tant hygiéniques que toxicologiques et économiques, particulièrement dans les pays tropicaux (**Glatman et al., 2000; Gelman et al., 2001; O'Sullivan et al., 2002 ; Dortu et al., 2009**).

L'ingestion de ces polluants peut présenter un véritable danger pour les espèces marines. Les micropolluants perturbent la physiologie des espèces et se concentrent dans les sédiments et le long des chaînes trophiques jusqu'à l'homme (ELM, 2011).

4. La pollution marine

L'eau est l'élément autour duquel se maintient et se développe la vie. L'humanité se trouve depuis quelques années devant une explosion démographique, une expansion industrielle et une croissance alarmante de la pollution des eaux (Vaillant, 1973). Les eaux ont reçu une grande quantité de polluants provenant de différentes sources (Reddy *et al.*, 2007). D'après le Programme des Nations Unis pour l'Environnement (PNUE), plus de 80 % de la pollution des mers proviennent de la terre via les fleuves ou par ruissellement et déversement à partir des zones côtières (ELM, 2011).

Presque 20 % des polluants présentent les rejets d'hydrocarbures ou d'autres substances chimiques, les pertes de cargaison ou les immersions de déchets et les rejets atmosphériques (ELM, 2011). La pollution microbiologique du milieu marin peut être d'origine humaine ou d'origine animale du fait de déjections au sol et d'épandages (ELM, 2011).

4.1. Devenir des polluants dans le milieu marin :

Les contaminants rejetés dans l'environnement finissent par se retrouver dans les milieux aquatiques, en particulier estuariens et côtiers, où ils peuvent avoir des effets à court et à long terme (Burton, 1992). Les processus qui définissent le devenir des contaminants dans les différents compartiments de l'environnement (physique ou biologique) sont la bioconcentration, la bioamplification et la bioaccumulation.

4. 2. La bioaccumulation

La bioaccumulation désigne la capacité des organismes de concentrer dans leurs tissus un contaminant, même si ce contaminant n'a aucun rôle métabolique et s'avère toxique (Rand *et al.*, 1995). D'après l'ECETOC (1996), le résultat net de l'accumulation, de la distribution et de l'élimination de cette substance polluante dans un organisme est lié à son exposition dans l'eau ou dans un autre biotope, à la nourriture, et aux sédiments ou l'air.

4. 3. Facteurs agissant sur l'accumulation :

La filtration est conditionnée par divers paramètres, une température optimale comprise entre 18 et 22°C. A l'extérieur de cette fourchette, la filtration est ralentie et fortement

perturbée (**Rowse & Fleet, 1984**). La salinité est variable selon les espèces considérées qui supportent généralement de large gradient de salinité (espèces euryhalines).

Une forte et brutale des salures peut toutefois entraîner une mortalité importante des coquillages. L'accumulation de microorganismes dans les bivalves est liée au genre de l'espèce contaminée et sa taille (**Rowse & Fleet, 1984**). Les bivalves utilisent l'oxygène dissous dans l'eau de mer environ 28 à 35 mg/l pour un bon fonctionnement de l'appareil respiratoire (**His & Cantin, 1995**). Une turbidité de l'eau excessive entraîne un ralentissement du pompage par le coquillage et donc une filtration moindre (**Le Bec et al., 2002**).

5. La contamination bactériologique

C'est la pollution biologique du milieu marin, caractérisée par la présence de microorganismes (bactéries) dans l'eau qui servent généralement de nourriture à de nombreux organismes marins .elle est considérée comme dangereuse, si les agents présents sont pathogènes elle peut entraîner la propagation de certaines maladies infectieuses, ce qui limite la pratique d'activités récréatives (baignade) et la pêche notamment des mollusques bivalves. De plus, elle est souvent ponctuelle, par conséquent se prête difficilement à une identification précise (**Vaillant, 1973**).

6. La surveillance de l'eau

En raison l'augmentation de la consommation des produits de la mer et notamment des produits crus (**Tantillo et al., 2004**), avec l'évolution actuelle de la réglementation sanitaire concernant ces produits. Une surveillance bactériologique des produits de la pêche est nécessaire pour prévenir les infections d'origine alimentaire, et nécessite l'emploi de méthodes d'analyses de bactériologie alimentaire fiables et standardisées.

Or il n'existe pas aujourd'hui de méthode de référence réellement efficace pour la recherche et le dénombrement des bactéries dans les aliments. Par ailleurs, l'utilisation des tests biochimiques ne permet pas toujours l'identification de l'espèce et il est souvent nécessaire de recourir aux techniques moléculaires (**Hirsch, 2002**).

Cette surveillance repose sur l'utilisation d'organismes marins comme bio-indicateurs, vu leur capacité à concentrer les contaminants (RMM, 2007).n'existe pas L'espèce *Donax trunculus* est largement distribué le long de la côte méditerranéenne et fréquemment utilisé dans les études de pollution marine (**Gaspar et al., 1999 ; Moukrim et al., 2004 ; Usero et al., 2005; Beldi et al., 2006; Sifi et al., 2007**).

De plus, cette espèce existe dans des densités plus élevées dans les plages sableuses le long du golfe d'Annaba en Algérie (**Degiovanni & Moouza, 1972**) et consommé par la population locale (**Beldi et al., 2006**).

7. L'espèce bioindicatrice

La biosurveillance de la qualité de l'environnement est fondée sur l'implication des bioindicateurs qui sont des organismes ou des groupes d'organismes utilisés pour déterminer la présence, l'abondance et la biodisponibilité des contaminants de l'environnement par l'intermédiaire des concentrations mesurées dans ces organismes pris dans leur totalité dans un ou plusieurs organes et tissus (**Chambost & Manciet, 2009**). Un bioindicateur doit :

- Etre identifiable facilement et sans ambiguïté au rang de l'espèce et être une espèce dont la biologie et l'écologie sont bien connus.

- Etre abondant et largement distribué,

- Etre facile à récolter et à manipuler;

- Avoir une durée de vie suffisamment longue

- Etre de taille suffisante pour fournir la quantité de tissus nécessaire pour les analyses individuelles;

- Etre résistant au stress du fait de la manipulation au cours de la récolte ou en laboratoire;

- Etre intégrer les caractéristiques environnementales du site de prélèvement

- Etre de bon bioaccumulateur des contaminants. (Phillips, 1980; Bryan et al., 1985).

8. L'importance alimentaire des bivalves

Dans de nombreuses parties du globe, les produits de la pêche constituent la première source de protéines animales pour les populations. Ces produits renferment les poissons et les bivalves (**Glatman et al., 2000 ; Gelman et al., 2001 ; O'Sullivan et al., 2002**). En 2000, il a été produit dans le monde 130 millions de tonnes de poissons et de fruits de mer (FAO, 2002). Les mollusques bivalves sont des produits grand public (**Reddy et al., 2007**). Ce sont des aliments consommés souvent crus (huîtres) ou peu cuits (moules) (**Smith et al., 2001 ; Potasman et al., 2002**). Ils jouent un rôle important dans l'équilibre de l'écosystème et constituent une ressource commerciale importante dans beaucoup de pays (**McLachlan, 1996**). Leur importance dans la chaîne alimentaire aquatique est démontrée dans plusieurs

études (Gaspar *et al.*, 1999 ; Moukrim *et al.*, 2004; Usero *et al.*, 2005; Beldi *et al.*, 2006; Sifi *et al.*, 2007).

9. Les mollusques bivalves

Les mollusques forment un vaste embranchement du règne animal qui renferme toutes les espèces à corps mou, majoritairement aquatiques. Les mollusques peuplent surtout, les mers et les océans, mais il existe aussi des espèces d'eau douce. Certains vivent dans le milieu terrestre. On en connaît environ 70 000 espèces, mais leur nombre total est compris entre 100 000 et 200 000 espèces. Ils jouent un rôle non négligeable dans les chaînes alimentaires (Spadem & Adagp, 1972).

Le phylum des mollusques est généralement considéré comme un groupe monophylétique. Néanmoins, cette position a été récemment contestée (Bourlat *et al.*, 2008). On distingue actuellement huit classes : Caudofoveata, Solenogastres, Monoplacophora, Scaphopoda, Polyplacophora, Gastropoda, Cephalopoda, et Bivalvia (Haszprunar *et al.*, 2008). La science qui traite les mollusques se nomme la malacologie et celle qui traite uniquement des coquillages, la conchyliologie.

Les bivalves sont des mollusques aquatiques d'eau douce et d'eau de mer, nommée aussi, Pelecypoda ou Lamellibranchia. Cette classe comprend notamment les palourdes, les huîtres, les moules, les pétoncles et de nombreuses autres familles de coquillages comme les Veneridae et les Donacidae. Leur corps aplati latéralement est recouvert d'une coquille constituée de deux parties distinctes et plus ou moins symétriques (Spadem & Adagp, 1972). Bien caractérisée par la présence d'une coquille calcaire composée de deux valves mobiles autour d'une charnière, qui sert de protection au corps de l'animal qui est segmenté et présente trois régions principale la tête, le pied et la masse viscérale.

Les bivalves colonisent les milieux marins et les eaux douces. Ils vivent soit fixés sur un substrat dur (huîtres, moules), soit enfouis ou à la surface des substrats meubles (coquille Saint-Jacques, palourde, coque, praire) (Gouletquer, 1997). Ils sont nécessairement en accord de leurs exigences physiologique fondamentales: comme la respiration et leur mode d'alimentation qui les obligent à vivre dans les eaux (Spadem & Adagp, 1972).

Leur mode d'alimentation se base sur la filtration, de quantités de matières particulières. Les bivalves 'filtreurs' sont capables de refléter la contamination des métaux présents sous forme dissoute et particulaire (sédiments, phytoplancton, matières en suspension) (Davenport, 1979). Généralement, les bivalves ont des sexes séparés et rejettent leurs

gamètes dans le milieu extérieur où a lieu la fécondation (**Turgeon *et al.*, 1998**). Leur cycle de développement est réparti en plusieurs stades: phase de repos sexuelle, phase de développement, phase de maturité, et phase de ponte.

INTRODUCTION

Le développement des activités humaines à l'échelle mondiale exerce de nombreuses pressions sur les différents écosystèmes (Mejjad *et al.*, 2023). Les zones côtières sont des écosystèmes importants non seulement pour la productivité biologique, mais aussi pour l'activité économique (El Jourmi *et al.*, 2012). Néanmoins, ces zones sont soumises à des facteurs de stress anthropiques car elles reçoivent de grandes quantités d'effluents urbains transportés par les rivières et des rejets industriels et agricoles (Tili *et al.*, 2013). La pollution et ses effets sont considérés comme l'un des plus grands crimes de l'homme contre lui-même. Les polluants peuvent causer des dommages primaires, avec un impact direct et identifiable sur l'environnement, ou des dommages secondaires sous la forme de perturbations mineures dans l'équilibre délicat du réseau alimentaire biologique qui ne sont détectables que sur de longues périodes de temps (Sharma, 2012 ; Al Nagggar *et al.*, 2014 ; 2018).

Le littoral algérien présente une variété d'habitats, les plages occupent une grande partie de la côte algérienne dont les plus grandes sont situées dans la partie orientale du pays (Benabdi & Belmahi, 2020). Le développement croissant et continu des activités socioéconomiques liées aux domaines de l'urbanisme, de l'agriculture, de l'industrie et du tourisme, accompagné d'une dégradation du milieu marin côtier algérien a été confirmé par plusieurs études au niveau de différentes localités le long de la frange littorale (Krachai & Hadjel, 2014 ; Rouane-hacene *et al.*, 2015). Le Golfe d'Annaba est l'une des régions côtières les plus précieuses du Nord de l'Algérie en raison de son importance touristique et économique (Rabei *et al.*, 2018; Ouali *et al.*, 2018). Toutefois, ses ressources halieutiques sont menacées par une pollution liée à cette activité économique en plein essor (Belabed *et al.*, 2017; Ouali *et al.*, 2018 ; Rabei *et al.*, 2018 ; Amira *et al.*, 2018; Drif *et al.*, 2019 ; Douafer *et al.*, 2020).

L'embranchement des mollusques est considéré comme l'embranchement le plus diversifié du règne animal après celui des arthropodes (Franc, 1957, Ødegaard, 2000). Il regroupe neuf classes dont les gastéropodes (escargots, bigorneaux, limaces, ...etc.), les bivalves (moules, huîtres, etc.), les céphalopodes (poulpes, pieuvres, calmars) et quelques groupes improbables bien moins connus du grand public (caudofovetes, monoplacophores, polyplacophores, scsolénogastres, scaphopodes, solenogastres et rostroconchies); avec des valeurs comprises entre 50000 et 200000 espèces décrites et non décrites (Van Bruggen, 1995; Stork, 1999; Ødegaard, 2000; Bouchet *et al.*, 2016).

Les mollusques se logent dans une grande variété de substrats (**Rogers & Weisler, 2020**) et les bivalves, en particulier, se distinguent par leur sensibilité élevée aux polluants et par leur capacité à les accumuler (**Oliveira et al., 2017 ; Bengen & Wardiatno, 2018**) qui affectent négativement leurs activités et leurs performances physiologiques (**Haider et al., 2019**), mais leur permettent d'être utilisés comme bioindicateurs de la pollution (**Qian et al., 2021**). Les bioindicateurs sont des organismes vivants (plantes, microbes et animaux) qui fournissent des informations sur la qualité de l'environnement (par exemple le milieu marin). En effet, les bivalves ont été largement utilisés comme bioindicateurs pour surveiller la pollution de l'environnement en raison de leurs caractéristiques particulières, tels qu'une large distribution, un accès facile à échantillonner *in situ*, une vie sédentaire ainsi qu'une tolérance élevée aux différentes fluctuations temporelles du milieu de vie (**Liu et al., 2019**).

Les bivalves constituent une source importante de moyens de subsistance pour les communautés côtières du monde entier (**Oliveira et al. 2013 ; Rohmah & Muhsoni, 2020**). A des prix abordables (**Lagade et al. 2013**), les bivalves contiennent des quantités similaires de protéines, de glycogène et de minéraux par rapport aux autres types de fruits de mer (**Sundaram & Deshmukh 2011 ; Jaya et al. 2017**). Parmi ces bivalves, *Donax trunculus* L. (Mollusca, Bivalvia), une espèce comestible et abondante dans les plages de sable du golfe d'Annaba (**Hafsaoui et al., 2016**) est également largement utilisée comme bioindicateur pour la surveillance de la pollution environnementale (**Sifi et al., 2007 ; Tlili et al., 2013 ; Bensouda-Talbi & Soltani-Mazouni, 2014 ; Amira et al., 2018 ; Amamra et al., 2019 ; Sifi & Soltani, 2019 ; Hamdani et al., 2020**).

L'indice de condition et le pourcentage de comestibilité des bivalves déterminent leur aptitude physiologique (**Chogale et al., 2018**). Ces paramètres varient selon les saisons et la géographie, en fonction de la disponibilité de la nourriture et des cycles gamétogéniques (**Orban et al., 2002 ; Prato et al., 2019**). L'indice de condition (IC) est un paramètre commun utilisé comme signe général de santé chez les mollusques et peut être utilisé de manière complémentaire pour évaluer l'état physiologique des organismes (**Lucas & Beninger, 1985 ; Montenegro et al., 2019**), notamment les mollusques (**Vafidis et al., 2020**).

La présente étude vise à évaluer la physiologie et la comestibilité de *Donax trunculus*, une espèce surexploitées et commercialisées localement de façon artisanale par la mesure saisonnière (hiver et printemps) de deux indices (Indice de condition et le pourcentage de comestibilité). Les individus de *D. trunculus* ont été collectés à partir de deux sites du golfe d'Annaba, à savoir le site de Sidi Salem sujet à une pression anthropique continue le

caractérisant par une pollution élevée et le site d'El Battah qualifié de moins pollué que le précédent tel que les travaux antérieurs le rapportent (**Beldi *et al.*, 2006 ; Sifi *et al.*, 2007 ; Hamdani & Soltani-Mazouni, 2011 ; Soltani *et al.*, 2012 ; Hamdani *et al.*, 2014 ; 2020 ; Bensouda & Soltani-Mazouni., 2014 ; Amira *et al.*, 2018 ; Rabei *et al.*, 2018 ; Amamra *et al.*, 2019 ; Sifi & Soltani, 2019).**

MATERIEL ET METHODES

1. Présentation de l'espèce :

L'embranchement des mollusques compte plus de 40.000 espèces, ils constituent l'un des embranchements du règne animal dont les espèces sont les plus diversifiées tant au niveau de la taille, de l'habitat, du mode de vie et de l'organisation anatomique (**Martoja, 1995 ; Penchaszadeh & Olivier, 1975**).

Le bivalve *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) est une espèce de la famille des Donacidae (**Šatović & Plohl, 2017**). Il porte différentes appellations dont telline et « haricot de mer » (appellation utilisée par les pêcheurs, notamment) (**Penchaszadeh & Olivier, 1975 ; Pereira et al., 2016**).

La classification des Mollusques Bivalves se base sur plusieurs critères à savoir, la forme de la coquille, la charnière et la structure des branchies (**Bellon-Humbert, 1962**).

La position systématique de *Donax trunculus* est la suivante (Inventaire national du patrimoine naturel de France, 2006)

Embranchement :	Mollusca
Classe :	Bivalvia
Sous-classe :	Eulamellibranchia
Super-ordre :	Heterodonta
Ordre :	Veneroidae
Super-famille :	Tellinoidea
Famille :	Donacidae
Genre :	<i>Donax</i>
Espèce :	<i>trunculus</i> (Linnaeus, 1758)

2. Morphologie et anatomie

D. trunculus présente une symétrie bilatérale avec une coquille solide peu renflée, allongée, triangulaire et inéquilatérale, avec une partie postérieure plus courte que la partie antérieure. Sa coquille comprimée à surface lisse lui permet de fonctionner comme un excavateur actif et efficace qui l'empêche d'être extraite des sédiments de la plage par les

vagues et les courants (De la Huz *et al.*, 2002 ; Ríos-Jara *et al.*, 2019). Elle est composée de deux valves calcifiées qui recouvrent les côtés droit et gauche du corps (Salas, 2011) (Fig. 1) et d'une structure élastique très imparfaitement calcifiée, le ligament. Sous l'action de ce dernier, la coquille tend à s'ouvrir par contraction des muscles adducteurs qui s'insèrent chacun sur la face interne des deux valves où leur empreinte est généralement visible (Bougis, 1976 ; Grimes, 1994).



Figure 1. Aspect morphologique externe (A, Gr \times 2,5) et interne (B, Gr \times 2,5) de la coquille de *D. trunculus* (Photos personnelles).

Le corps de *D. trunculus* est mou, non segmenté, comprimé latéralement, sans tête différenciée (Acéphales) ni appareil masticateur et enveloppé par le manteau, qui forme généralement un repli vers l'intérieur de la coquille à la jonction du pied, la cavité formée par ce repli appelée cavité palléale renferme typiquement les organes respiratoires, entre chaque partie du manteau et du corps s'insère une branchie (Cténidie) de type eulamellibranche qui assure la respiration, participe à la collecte de la nourriture par la création de courants d'eau à l'intérieur de la cavité palléale et la filtration également (Fischer *et al.*, 1987 ; Tlili, 2012). De plus, cette espèce possède un pied musculueux, fort et puissant, comprimé latéralement, et très mobile; il n'assure pas uniquement la fonction locomotrice, mais il permet aussi le fouissage de l'animal dans le sable (Mouëza, 1971).

Le manteau se soude dans la région postéro-ventrale pour deux siphons assurant l'échange d'eau avec l'environnement extérieur (siphons inhalons ou ventrales) et son rejet vers l'extérieur (siphons exhalons ou dorsal) (Aouini *et al.*, 2017)(Fig. 2).

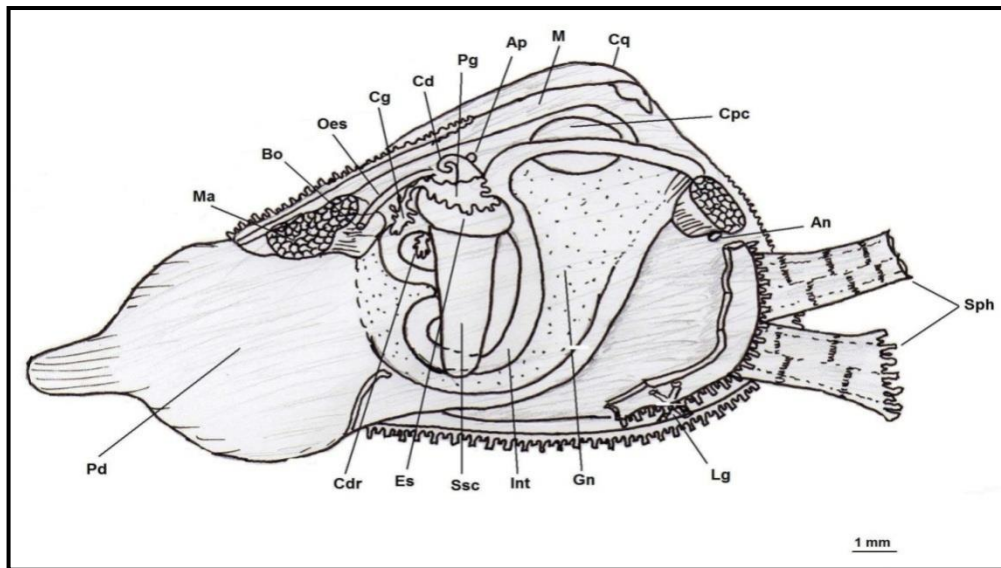


Figure 2. Anatomie générale de *D. trunculus*. An: Anus, Ap: Appendice, Bo: Bouche, Cq: Coquille, Cd: Capuchon dorsal, Cdr: Caecum droit, Cpc: Cavité péricarde, Cg: Caecum gauche, Es: Estomac, Gn: Gonade, Int: Intestin, lg: Ligament, M: Manteau, Ma: Muscle adducteur, Oes: Œsophage, Pd: Pied, Pg: Poche gauche, Sph: Siphon, Ssc: Sac du stylet cristallin.

3. Biotope et distribution spatiale

Les mollusques bivalves du genre *Donax* (famille des Donacidae) sont un constituant important de la macrofaune des plages de sable des zones tempérées, tropicales et subtropicales (Ansell, 1983 ; Fernández-Pérez *et al.*, 2017). *D. trunculus* est un bivalve de l'Atlantique et de la Méditerranée. Il colonise les plages de sable fin de la zone subtidale supérieure (Aydin *et al.*, 2020) et peuple la mer Méditerranée et la mer Noire ainsi que l'Atlantique oriental et des îles britanniques au Sénégal (Saeedi & Costello, 2012).

Elles sont largement répandues le long des plages modérément exposées à des profondeurs variant entre 0 et 6 m le long de la mer Méditerranée (Tebble, 1976 ; Bayed & Guillou, 1985 ; Delgado *et al.*, 2017). Guillou & Le Moal, (1980) ont constaté que *D. trunculus* s'installe préférentiellement sur du sédiment composé principalement de sable fin, dont la médiane granulométrique est de 0,125 mm.

Les plus jeunes individus de *Donax trunculus* occupent généralement le haut des plages et notamment la zone humide de résurgence. 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 correspondant 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.

4. Nutrition :

Donax trunculus est une espèce suspensivore (Ansell, 1983 ; Frogli, 1989) qui se nourrit principalement de la matière organique en suspension (Wade, 1967) et de phytoplancton (Mouëza, 1976; Mouëza & Chessel, 1976; Plante Cuny & Bodoy, 1987). Les particules sélectionnées noyées dans une substance muqueuse sont rejetées, agglutinées dans la cavité du manteau constituant les pseudos fèces et seront expulsés vers l'extérieur à travers le siphon exhalant. Après un bref passage par l'œsophage, la nourriture arrive dans l'estomac où elle est digérée par l'action du stylet cristallin, puis passe à la glande digestive où la digestion intracellulaire est finalisée. Enfin, elle se répand dans la cavité du manteau par l'anus, à proximité du siphon exhalant (Louzán Pérez, 2015). Cette espèce assure ses échanges avec le milieu extérieur par une circulation constante d'eau véhiculant nourriture et oxygène à travers la cavité palléale (Degiovanni & Mouëza, 1972).

5. Reproduction et développement :

Le cycle de reproduction est déclenché par des variations brutales de la température et / ou de la salinité et peut, aussi, être déclenché par d'autres facteurs tels que le bloom phytoplanctonique ou la présence dans l'eau de gamètes d'individus de la même espèce (Gouletquer, 1997). Le cycle de reproduction de *Donax trunculus* montre de légères différences en fonction de son aire de distribution (Lucas, 1965 ; Badino & Marchionni, 1972; Ansell & Bodoy, 1979 ; Bayed, 1990), car il est rythmé par des facteurs climatiques saisonniers tels que la température et/ou la salinité, ainsi que le cycle phytoplanctonique ou la présence de gamètes d'individus de la même espèce (Gouletquer, 1997).

La telline présente annuellement une période d'inactivité ou de repos qui correspond à l'automne et l'hiver et une période d'activité qui débute au printemps et prend fin en été (Mouëza, 1971 ; Aouadene, 2003 ; Hamdani & Soltani-Mazouni, 2011) avec maturation des gamètes et ponte (pour les femelles) ou spermiation (pour les mâles). Les individus de *D. trunculus* se reproduisent à la fin de l'été avec une augmentation considérable du pourcentage des individus juvéniles de la population. Selon la taille, deux classes principales peuvent être définies, à savoir la classe des individus inférieurs à 8 mm représentant la population juvénile et immature et la classe de la population à partir de 8 mm qualifiée de pubère et divisée en «

jeunes » et « adultes » dépendamment de la période de maturité. *D. trunculus* se reproduit à l'âge d'un an environ lorsqu'il atteint 1 cm de longueur.

La fécondation est externe. Les gamètes sont expulsés dans le milieu extérieur à travers le siphon exhalant. Les œufs de la coquille cunéiforme (*D. trunculus*) se développent en trochophore 12-13h après la fécondation et éclosent en D-larves après 24-41h (Aranda *et al.*, 2009).

Ces derniers vont donner naissance à une blastula qui se développe en une larve nageuse, dite 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 larve véligère est totalement formée, le velum se résorbe, les branchies apparaissent et le pied se développe ventralement, c'est le stade pédivéligère (Priour, 1971); à ce stade la larve peut mener une vie de type planctonique pendant environ 6 mois, puis elle s'enfonce vers le bas et, après la métamorphose, commence sa vie benthique (Mouëza & Frenkiel-Renault, 1973). La métamorphose dure environ 19-23 jours à 21 °C et s'achève par la sécrétion d'une coquille définitive (post-larve). La production des gamètes chez les post larves signifie la fin du développement larvaire (Adultes) (Louzán Pérez, 2015) (Fig. 3).

En règle générale, sur les côtes méditerranéennes, les jeunes individus s'installent sur la couche superficielle et par la suite, et avec l'augmentation de la taille et de l'âge, les individus migrent plus profondément (La Valle, 2005).

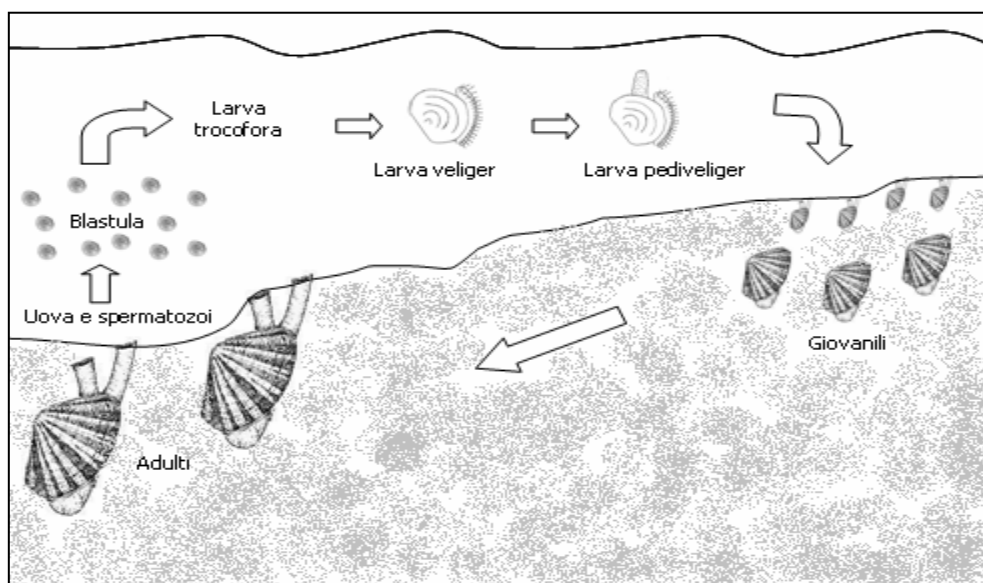


Figure 3. Cycle du développement de *Donax trunculus* (La Valle, 2005).

6. Distinction des sexes

Donax trunculus est une espèce gonochorique dont la gonade est située au niveau de la masse viscérale (**Ramon, 1993**). Les sexes peuvent se distinguer par la couleur de la gonade durant la période d'activité sexuelle (**Lucas, 1965**). L'appareil reproducteur des mâles apparaît sous forme d'une glande blanche ou jaunâtre, diffuse dans le tissu de l'animal, les produits sexuels sont blancs et visqueux, les femelles ont une glande d'un bleu intense, les produits sexuels sont bleus et granuleux (**Lucas, 1965; Mouëza & Frankiel-Renault, 1973**) (**Fig. 4**). Le développement des gonades suit le même rythme chez les deux sexes (**Sastry, 1979**) et la structure interne est examinée par la confection des coupes histologiques (**Gaspar & Monteiro, 1998**). L'examen histologique de la gonade femelle de *D. trunculus* du golfe d'Annaba effectué par **Hafsaoui et al. (2016)** a permis d'identifier quatre stades de développement des gamètes: Le stade **0** caractérisé par un repos sexuel avec une impossibilité d'identifier le sexe de *D. trunculus*; le stade **I** marqué par une reprise de l'activité génitale avec une aisance d'identification du sexe ; stade **II** : stade de la Gamétogenèse. À ce stade, les individus sont facilement excitables et libèrent leurs gamètes sous l'action de stimuli externes ; et enfin le stade **III**, celui de la maturité génitale marqué par la restauration de la gonade (le renouvellement gamétique a lieu). L'animal est à nouveau au stade du repos sexuel.

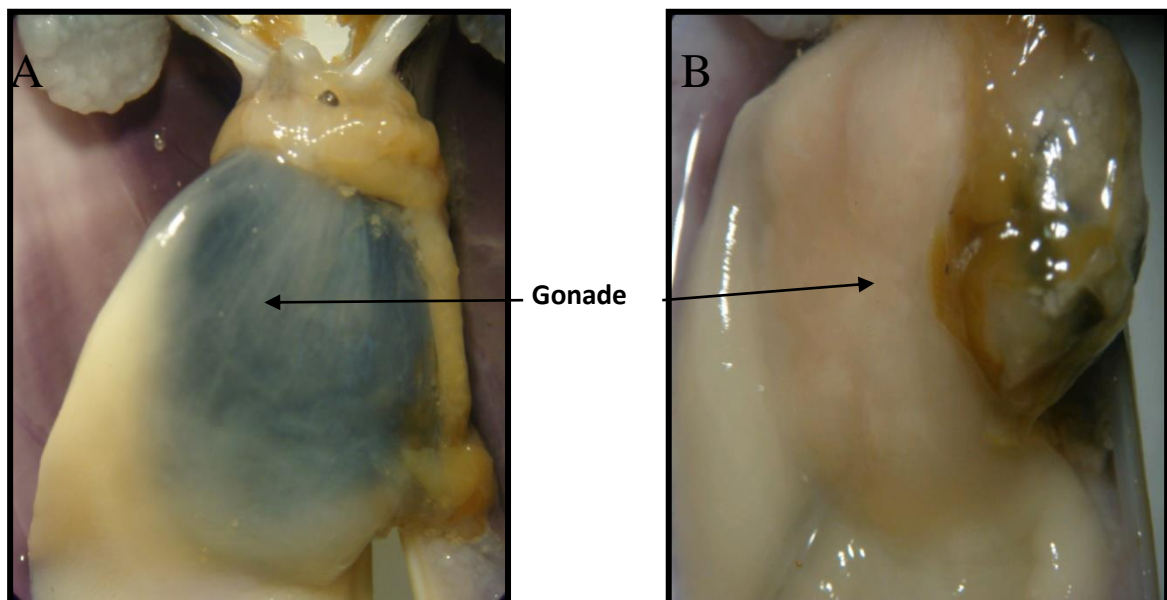


Figure 4. Aspect externe des gonades de *D. trunculus*: mâle (A, Gr \times 10) et femelle (B, Gr \times 8,75) de la coquille de *D. trunculus* (Sifi, 2007).

7. Présentation des sites :

Le golfe d'Annaba est situé à l'extrême Nord Est du littoral algérien, limité par le cap Rosa ($8^{\circ}15' E$ et $36^{\circ} 58'N$) à l'Est, et par le cap de Garde ($7^{\circ} 47'E$ et $36^{\circ} 58'N$) à l'Ouest (**Fig. 5**), distant de 40 Km, et une profondeur qui ne dépasse pas 65 m. Divers oueds se déversent dans la baie, parmi les plus importants: l'oued Mafrag et l'oued Seybouse. Ces oueds apportent des matières minérales et organiques, ainsi que des rejets d'origine agricole et domestique (**Khélifi-Touhamiet al. 2006**), des effluents urbains (**Khammar, 2007**) et industriels, en particulier les produits phytosanitaires de l'usine FERTIAL. Deux sites ont été choisis au niveau de la baie d'Annaba (El Battah et Sidi Salem) en raison d'une forte abondance du matériel biologique utilisé et du niveau de pollution.

7. 1. Site d'El Battah :

Le site d'El Battah ($36^{\circ}50 N$ $7^{\circ}56 E$) se situe à l'Ouest de l'oued Mafrag entre la plage de Chatt de la Cap Rosa. C'est un site relativement sain, constitué de sables moyens dont le diamètre moyen est de 0, 26 mm (**Beldi, 2007**). Il a été choisi en raison de sa forte abondance en matériel biologique ainsi que de son éloignement des sources de pollution. Il est, de surcroît, soumis à un régime hydrodynamique important, ce qui contribuerait à la dilution des polluants (**Rabei et al., 2018**).

7. 2. Site de Sidi Salem :

Le site de Sidi Salem est situé du côté Est de l'oued Seybouse ($36^{\circ}50' N$ et $7^{\circ}47'E$). Il est réputé pollué car il reçoit par le biais de l'oued Seybouse des rejets d'origine diverses, domestique, agricole et industrielle (**Abdenmour et al., 2000 ; Soltani et al., 2012 ; Ounissi et al., 2016 ; Belabed et al., 2017**).

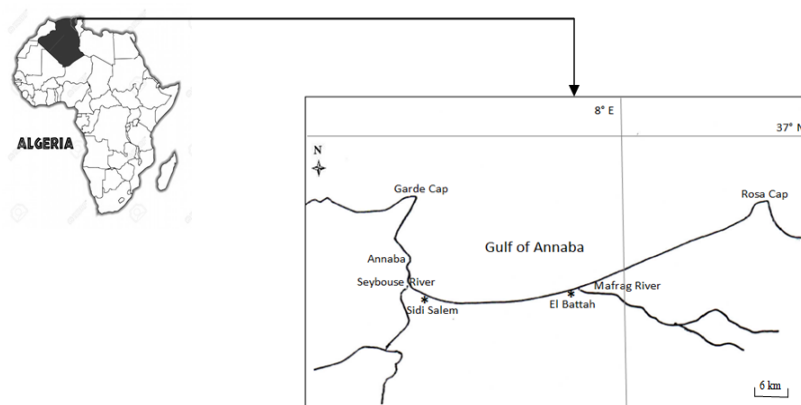


Figure 5. Localisation géographique du golfe d'Annaba et des sites d'échantillonnage.

8. Stratégie d'échantillonnage de *Donax trunculus*:

La collecte de *Donax trunculus* est effectuée à l'aide d'une grande époussette appelée communément le «cope» ou tellinier, qui comporte deux parties, une partie métallique composée de deux arceaux réunis et d'une tôle dentée en métal sous forme de peigne supportant des dents d'un nombre et d'une longueur variable; et d'une partie constituée d'un filet attachée à l'armature métallique ayant pour rôle d'accumuler et de stocker les haricots. La collecte est effectuée par un pêcheur menu d'un cope attaché autour de sa taille par une ceinture appelée Baudier ou sangle. En se déplaçant vers l'arrière, le pêcheur racle le sable avec la tôle dentée récoltant, ainsi, les haricots qui seront récupérés dans le filet (**Manca-Zeichen et al., 2002 ; Gaspar et al., 2002**). L'orientation est conduite par une seule personne à une profondeur qui varie de 0,5 à 1,5 m (**Fig. 7**).

L'échantillonnage saisonnier de *Donax trunculus* est réalisé d'une façon aléatoire durant l'hiver (janvier) et le printemps (mai) au niveau des deux sites retenus (El- Battah et Sidi Salem) à une profondeur qui varie de 0,5 à 1,5 m selon l'état de la mer. Les échantillons sont ensuite transportés au laboratoire dans des bacs en plastiques contenant de l'eau de mer.

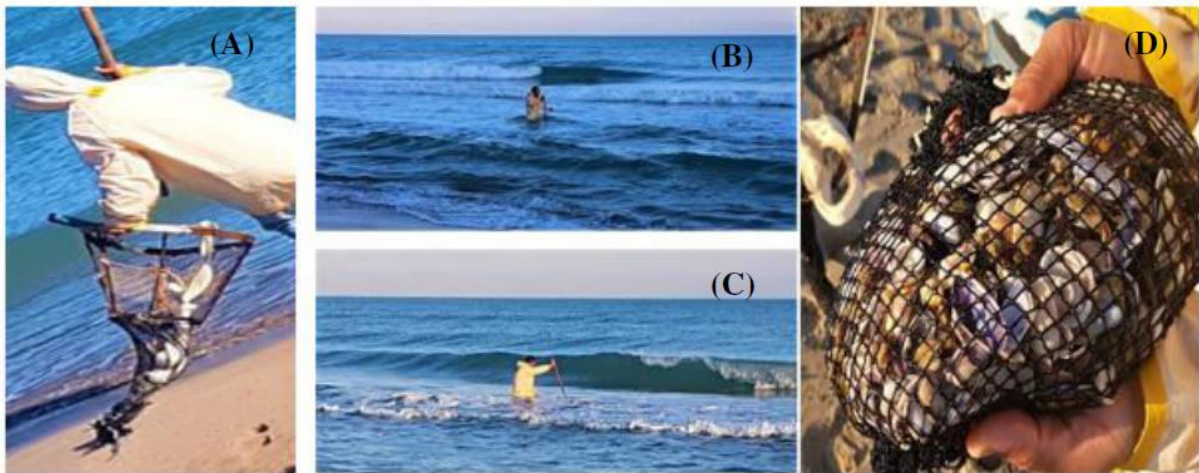


Figure 6. (A) Cope ; (B) et (C) : Déroulement de l'opération de pêche ; (D) : Filet du cope avant tri (**Boukari, 2021**).

9. Paramètres morphométriques

Une vingtaine d'individus d'une taille standard de 25 ± 1 mm ont été récoltés saisonnièrement (hiver et printemps), au niveau des deux sites d'étude (El Battah et Sidi Salem). La pesée des différents paramètres pondéraux : poids total, poids de la chair et poids de la coquille sont réalisées à l'aide d'une balance à précision (1/10 mg) le jour même de la pêche pour éviter l'effet du jeûne et une émission éventuelle des gamètes due au stress, ce qui induit une diminution du poids de la masse molle totale (**Beninger & Lucas, 1984**).

9.1. L'indice de condition

L'indice de condition (IC) est un indice biométrique qui est couramment utilisé en conchyliculture pour rendre compte du degré de remplissage des coquilles des animaux. Après la mesure du poids total de *D. trunculus*, la chair est séparée de la coquille, cette dernière est égouttée sur du papier absorbant puis pesée. Parmi les nombreuses formules proposées, nous avons choisi l'indice exprimé par l'équation suivante (Body *et al.*, 1986):

$$\text{indice de condition (IC)} = \frac{\text{Poids de la coquille (g)}}{\text{Poids total (g)}} \times 100$$

9. 2. Pourcentage de comestibilité

Le pourcentage de comestibilité (PC) ou rendement en viande reflète l'état écophysio-logique des individus (gamétogenèse et consommation de stockage des réserves de nutriments) ; c'est un paramètre d'importance économique car il permet de détecter la qualité commerciale des espèces de bivalves, notamment celles exploitées (Orban *et al.*, 2002; Biandolino *et al.*, 2020). Après avoir pesé le poids total des individus. La chair est retirée de la coquille puis pesée séparément.

Le pourcentage de comestibilité (PC) a été calculé selon la formule utilisée par Yildiz *et al.* (2011) et a été estimé à l'aide de l'équation :

$$\text{Pourcentage de comestibilité (PC)} = \frac{\text{Poids de la chair (g)}}{\text{Poids total (g)}} \times 100$$

10. Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été exprimés par la moyenne arithmétique plus au moins l'écart type ($m \pm SD$) et traité à l'aide du logiciel statistique MINITAB version 16 (PA State College, USA) pour Windows (X, 2011).

Le test "t" de Student permet d'une part, de comparer deux à deux les valeurs des deux indices (IC, PC) entre les deux sites d'étude, et d'autre part de réaliser une comparaison intrasite qui consiste à comparer entre les saisons d'un même site.

RESULTATS

1. Indice de condition

Les variations saisonnières de l'indice de condition des individus de *D. trunculus* récoltés dans les deux sites du golfe d'Annaba révèlent des différences significatives au sein de chaque site ($p < 0,001$) avec des valeurs maximales enregistrées chez les individus du site d'El Battah en saison printanière $66,23 \pm 0,47$ % et minimales chez les individus du site de Sidi Salem durant la saison hivernale $62,26 \pm 0,74$ %. (**Tableau 1 ; figure. 7**).

La comparaison des moyennes entre les deux sites, par le test t de student ne révèle aucune différence significative en hiver ($p > 0,05$). Cependant, une différence significatives a été enregistrée au printemps ($p = 0,01$) avec des valeurs plus élevées au niveau du site d'El Battah comparativement au site de Sidi Salem durant les deux saisons d'étude (**Tableau 1**).

Tableau 1: Variation saisonnière de l'indice de condition (%) mesuré chez les individus de *D. trunculus* récoltés au niveau des deux sites d'étude (El Battah et Sidi Salem) durant les l'hiver et le printemps de l'année 2024 ($m \pm SD$, $n = 20$). Les moyennes suivies d'une même lettre minuscule ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) entre les sites pour la même saison. Les moyennes suivies d'une même lettre majuscule ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) entre les temps (saisons) au sein du même site.

Site \ Saison	El Battah	Sidi Salem
Hiver	$63,76 \pm 0,61$ a A	$62,26 \pm 0,74$ a A
Printemps	$66,23 \pm 0,47$ a B	$64,71 \pm 0,38$ b B

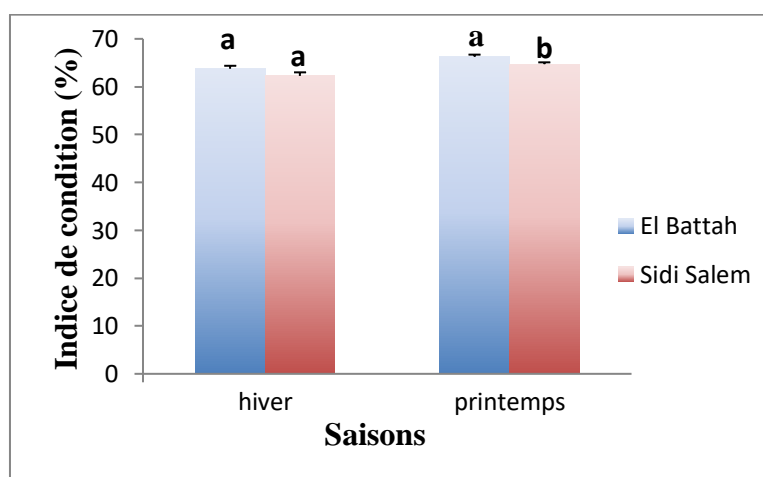


Figure 7. Variation saisonnière de l'indice de condition (%) mesuré chez les individus de *D. trunculus* récoltés au niveau des deux sites d'étude (El Battah et Sidi Salem) durant les l'hiver et le printemps de l'année 2024 ($m \pm SD$, $n = 20$).

2. Indice de comestibilité

Les variations saisonnières de l'indice de comestibilité (%) des individus de *D. trunculus* récoltés révèlent des différences saisonnières significatives au niveau au sein de chaque ($p < 0,001$) sites avec des valeurs maximales enregistrées chez les individus d'El Battah en saison printanière $25,29 \pm 0,54$ % et minimales chez les individus de Sidi Salem durant la saison hivernale $19,83 \pm 1,34$ % (**Tableau 2 ; figure. 8**).

La comparaison des moyennes entre les deux sites par le test t de student pour chaque saison révèle une différence significative seulement au printemps ($p = 0,006$) avec des pourcentages plus élevés au niveau du site d'El Battah pour les deux saisons (**Tableau 2**).

Tableau 2: Variation saisonnière de l'indice de comestibilité (%) mesuré chez les individus de *D. trunculus* récoltés au niveau des deux sites d'étude (El Battah et Sidi Salem) durant les l'hiver et le printemps de l'année 2024 ($m \pm SD$, $n = 20$).

Site \ Saison	El Battah	Sidi Salem
Hiver	$21,22 \pm 0,63$ a A	$19,83 \pm 1,34$ a A
Printemps	$25,29 \pm 0,54$ a B	$23,31 \pm 1,24$ b B

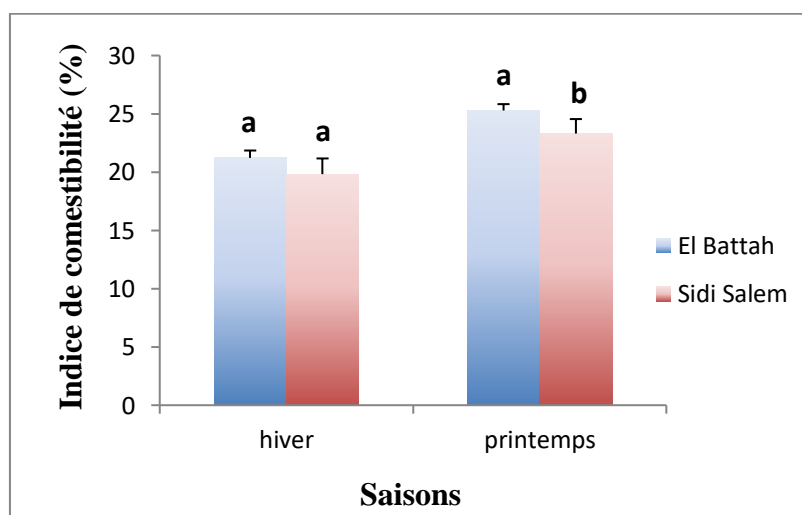


Figure 8. Variation saisonnière de l'indice de comestibilité (%) mesuré chez les individus de *D. trunculus* récoltés au niveau des deux sites d'étude (El Battah et Sidi Salem) durant les l'hiver et le printemps de l'année 2024 ($m \pm SD$, $n = 20$).

DISCUSSION

Les écosystèmes marins et côtiers font partie du patrimoine naturel et culturel et offrent une multitude d'avantages à l'humanité tels que la disponibilité de nourriture marine, d'habitats, d'espace pour la production d'énergie, le cycle des nutriments et les possibilités de loisirs (Manea *et al.*, 2019, Teoh *et al.*, 2019).

1. L'indice de condition

L'indice de condition (IC), est utilisé pour déterminer l'état physiologique des individus (Diouf *et al.*, 2021) et comme un indicateur de la qualité de la viande (Yenni & Nurjanah 2011 ; Teguh *et al.* 2016 ; Hassan *et al.* 2017; Arifin, 2019). De plus, il est employé régulièrement pour estimer la valeur des mollusques pour leur exploitation et leur consommation (Cruz & Villalobos, 1993 ; Filgueira *et al.*, 2013).

Nos résultats ont indiqué que *D. trunculus* du site de Sidi Salem présente des valeurs de l'indice de condition (IC) plus faibles le caractérisant, ainsi, par un état physiologique moindre comparativement à celui du site d'El Battah. Des études ont montré que l'indice de condition peut être affecté par plusieurs facteurs environnementaux (Tanyaros & Tongnunui, 2011; Kasmini *et al.*, 2018; Sinaga *et al.*, 2018) comme la disponibilité des aliments, la température et la pollution (Tlili *et al.*, 2011 ; Galvao *et al.*, 2015). La différence de l'IC entre les deux sites peut être due à l'impact notamment la pollution, sur les conditions trophiques. En effet, le golfe d'Annaba est le siège d'une forte activité industrielle recevant directement des rejets industriels, agricoles et domestiques (Ziouch *et al.*, 2020) qui contribuent aux rejets de multiples polluants tels que les métaux lourds (Abdennour *et al.*, 2000 ; Beldi *et al.*, 2006 ; Boyd, 2010 ; Larbaa & Soltani, 2014 ; Belabed *et al.*, 2017 ; Drif *et al.*, 2019). L'indice de condition peut, aussi, être corrélé au faible poids des tissus (Mendoza *et al.*, 2019). En effet, la présente étude a révélé un poids supérieur chez les individus du site d'El Battah comparativement aux individus du site de Sidi Salem. Nos résultats sont en accord avec les travaux réalisés sur *Donax trunculus* collectés à partir des mêmes sites du golfe d'Annaba (Boukari, 2021). Dias *et al.* (2021) ont noté également une diminution significative des valeurs de l'indice de condition due au stress physiologique chez *Donax incarnatus* (Gmelin, 1791) exposés au monocrotophos (pesticide organophosphate). Une diminution de l'indice de condition a été notée chez les bivalves *Corbicula fluminea* suite à une exposition au lanthanum (Zhao & Liu, 2018).

Les valeurs saisonnière de l'IC indique une augmentation au printemps et une diminution en hiver. En effet, les valeurs de l'IC augmentent en période de maturation gonadique et en parallèle la production ou l'accumulation de viande augmente davantage tandis que la diminution de ce paramètre concerne la libération des gamètes (**Hamli et al., 2017**) qui peut être associée à un arrêt de la croissance dû à l'utilisation des réserves pendant les périodes défavorables (**Lamine et al., 2020**). Lorsque les mollusques sont au stade de repos, on observe une augmentation de l'IC qui pourrait être causée par une accumulation de réserves et d'eau dans la gonade après la libération des gamètes (**Chetoui et al., 2019**). Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés pour *Donax trunculus* sur la plage de sable de Taghazout (sud du Maroc) où une augmentation significative de l'indice de condition au printemps et en automne a été enregistrée (**Lamine et al., 2020**). De même pour l'IC du bivalve *Macra coralline*, du golfe de Tunis (Tunisie), qui a augmenté progressivement dans les stades de développement pendant l'hiver, a atteint un pic en avril (lorsque la majorité des individus ont été observés comme étant mûrs) puis a diminué lorsque les animaux frayaient en été (**Chetoui et al., 2019**)

Bien que la variabilité de l'IC soit généralement attribuée à des changements dans la disponibilité en nourriture ou du cycle de la gamétogenèse (**Hummel et al., 1996 ; Pampanin et al., 2005**). En effet, la température affecte presque toutes les voies physiologiques et métaboliques, ce qui entraîne des changements dans la répartition de l'énergie entre le métabolisme, l'entretien, la croissance et la reproduction (**Pörtner & Farrell, 2008 ; Taylor et al., 2017**). Ce stress thermique provoque chez les organismes marins des dommages oxydatifs (**Taylor & Maher, 2010 ; Prusina et al., 2014**), une réduction de la production d'énergie et de l'activité métabolique entraînant une perte de poids (**Beukema et al., 2009 ; 2014**).

2. Pourcentage de comestibilité

Les bivalves sont importants pour l'écologie marine et jouent un rôle important dans l'alimentation humaine car ils sont une bonne source de nutriments caractérisés par une haute qualité de protéines, de minéraux, une faible teneur en lipides et surtout une forte proportion d'acides gras polyinsaturés (AGPI), contribuant à leur valeur nutritionnelle et à leurs caractéristiques organoleptiques (**Silva et al., 2021**). Le pourcentage de comestibilité est considéré comme un indice d'importance économique car il détecte la qualité commerciale des espèces de bivalves, en particulier celles exploitée (**Orban et al., 2002 ; Yildiz et al., 2011**).

Les bivalves sont des organismes filtreurs qui accumulent des éléments provenant de la nourriture, de l'eau et des particules inorganiques, ce qui peut également entraîner une bioaccumulation de substances toxiques lorsqu'elles sont présentes. Si les concentrations dépassent la concentration autorisée, elles peuvent être considérées comme «potentiellement» dangereuses pour les consommateurs (**Liao & Ling, 2003 ; Amiard et al., 2006**). L'un des risques potentiels de l'ingestion de coquillages alimentaires est leur teneur en métaux lourds qui peuvent facilement s'accumuler dans les tissus organiques et qui ont été liés à divers risques pour la santé (**Vieira et al., 2011 ; Bosch et al., 2015**). Selon **Ismail (2012)**, la consommation de coquillages exposés à une contamination telle que le mercure peut entraîner des risques potentiellement mortels.

Le bivalve *D. trunculus* est le plus consommé par la population nord-est de l'Algérie (**Beldi et al., 2006 ; Merad et al., 2018**). A cet effet, sa comestibilité a été évaluée par l'indice de comestibilité au niveau des deux sites (Sidi Salem et El Battah) du golfe d'Annaba. Les résultats ont révélé des pourcentages plus élevés chez les individus d'El Battah par rapport à ceux de Sidi Salem durant la période d'étude. L'indice de comestibilité dépend de l'environnement, de la saison de reproduction, du régime alimentaire, de l'espèce (**Çelik et al., 2012 ; Lagade et al., 2015 ; Berik et al., 2017**) ou encore de la qualité de la nourriture disponible (**Sing & Ransangan, 2019**). Les résultats suscités sont cohérents avec les résultats de la présente étude de l'indice de condition et sont également confirmés par ceux obtenus par **Boukari, (2021)** sur *Donax trunculus*. Les variations saisonnières du PC au niveau des deux sites d'étude révèlent des pourcentages maximaux au printemps comparativement à l'hiver. Aussi, plusieurs auteurs ayant étudié la relation entre l'état des mollusques et leur cycle de reproduction ont signalé que l'indice de comestibilité diminue après le frai (**Nirmale et al., 2016**). L'étude de **Khafage et al. (2019)** a révélé une corrélation entre l'indice de comestibilité et le cycle de frai de *Lithophaga lithophaga* (L.) dans les eaux égyptiennes. Egaleme nt **Acarli et al. (2018)** ont montré une diminution de l'indice de comestibilité pendant leur période de frai chez le bivalve *Pinna nobilis* (L.) de la mer Égée (Turquie).

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le pourcentage de comestibilité et l'indice de condition sont importants pour la qualité et la commercialisation. Dans ce contexte, nous avons étudié ces deux indices chez le mollusque bivalve *Donax trunculus*, une espèce comestible, fortement consommé par la population locale. Un échantillonnage saisonnier durant l'hiver et le printemps a été effectué dans deux sites du golfe d'Annaba, El Battah : site relativement sain et Sidi Salem: site exposé aux différents rejets.

Les résultats de l'indice de condition indiquent un état physiologique meilleur au niveau du site d'El Battah comparativement au site de Sidi Salem, concernant le pourcentage de comestibilité on révèle une préférence de la consommation humaine de *D. trunculus* durant la saison printanière comparativement à la saison hivernale. En effet, la saisonnalité des indices est affectée par la variation saisonnière des facteurs environnementaux et du cycle reproducteur de l'espèce.

Les résultats obtenus au terme de la présente étude permettent de dégager un certain nombre de perspectives intéressantes et pertinentes synthétisées ci-après:

- Achever le suivi saisonnier afin de compléter les résultats déjà obtenus.
- Procéder à une identification plus ample et plus précise des contaminants présents dans les eaux et les sédiments du golfe d'Annaba.
- Elargir l'étude sur d'autres espèces comestibles.

Références bibliographiques

- Abdenmour, C., Smith, B.D., Boulakoud, M.S., Samraou, B. & Rainbow, P.S., 2000. Trace metals in marine, brackish and freshwater prawns from north-east Algeria. *Hydrobiologia*, 432: 217–227.
- Acarli, S., Lok, A., Acarli, D. & Kirtik, A., 2018. Reproductive cycle and biochemical composition in the adductor muscle of the endangered species fan mussel *Pinna nobilis*, linnaeus 1758 from the aegean sea, turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(10): 6506-6518.
- Al Naggar, Y., Khalil, M. S., & Ghorab, M. A., 2018. Environmental pollution by heavy metals in the aquatic ecosystems of Egypt. *Open Access Journal of Toxicology* , 3(1): 555 - 603.
- Al Naggar, Y., Naiem, E., Mona, M., Giesy, J., Seif A., 2014. Metals in agricultural soils and plants in Egypt . *Toxicological & Environmental Chemistry*, 96(5): 730-742.
- Amamra, F., Sifi, K., Kaouachi, N., & Soltani, N., 2019. Evaluation of the impact of pollution in the Gulf of Annaba (Algeria) by measurement of environmental stress biomarkers in an edible mollusk bivalve *Donax trunculus*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(2) : 908-915.
- Amiard, J.-C., Amiard-Triquet, C., Barkat, S., Pellerin, J. & Rainbow, P.S., 2006. Metallothioneins in aquatic invertebrates: their role in metal detoxification and their use as biomarkers. *Aquatic Toxicology*, 76(2): 160-202.
- Amira, A., Merad, I., Almeida, C. M. R., Laura Guimara, L., & Soltani, N. ,2018. Seasonal variation in biomarker responses of *Donax trunculus* from the Gulf of Annaba (Algeria): Implication of metal accumulation in sediments. *Comptes Rendus Geoscience*, 350(4): 173-179.
- Ansell, A. D & Bodoy, A., 1979. Comparison of events in the seasonal cycle for *Donax vittatus* and *Donax trunculus*. Dans: Cyclic phenomena in marine plants and animals, 13ème Europ. Mar. Biol. Symp., Naylor, E et Hartno, R. G. Pergamon Press, Oxford et New York. 191-198 pp.
- Ansell, AD., 1983. The Biology of the Genus *Donax*. In: McLachlan A, Erasmus T, editors. Sandy Beaches as Ecosystems. WJunk, The Hague, 607-636.
- Aouadene, A., 2003. Evaluation spatio-temporelle de quelques paramètres biométriques et biochimiques chez *Donax trunculus* (*Mollusca, Bivalvia*) dans un environnement pollué (golfe d'Annaba). Mémoire de Magister, Université d'Annaba, 88 pp.
- Aouini, F., Boussoufa D., Ghribi F., Bejaoui S., Navarro J.A. & El Cafsi M., 2017. Short term exposure to permethrin alters lipid classes and fatty acid composition of the unfed clam *Donax trunculus* from Tunisian coast (Southern Mediterranean). *Cahiers de Biologie Marine*, 58: 163-172.
- Aranda1 J.A., Louzán1 A., Da Costa1 F., Cerviño-Otero1 A., Nóvoa1 S., Ojea1 J. & Martínez-Patiño D ., 2009 . Desarrollo embrionario y larvario de dos especies de moluscos

- bivalvos: *Donax trunculus* (Linné, 1758) y *Ruditapes decussatus* (Linné, 1758). In XII Congreso Nacional de Acuicultura: Con la acuicultura alimentamos tu salud. Editor: Daniel Beaz, Morris Villarroel, Salvador Cárdenas.
- Arifin, M., 2019. Komposisi Kimia Kerang Batik (*Paphia Undulata*) pada Lokasi yang Berbeda di Kecamatan Sedati Sidoarjo, Jawa Timur. [Doctoral Dissertation]. Airlangga University, Surabaya.
- Aydin, M., Tunca, E. & Esen Ersoy, N., 2020. Morphometric Aspects and Growth Parameters of the Wedge Clam (*Donax trunculus*) of the Black Sea, Turkey. *Journal of anatolian environmental and animal sciences*, 5(1): 11-18.
- Badino, G. & Marchionni, B., 1972 . Neurosecretion and gonad maturation in a population of *Donax trunculus* L. from Leghorn (Italy). *Bulletin Zoologique.*, 39: 321-326
- Bayed, A. & Guillou, J., 1985. Contribution à l'étude des populations du genre *Donax*: la population de *Donax trunculus* L. (Mollusca, Bivalvia) de Mehdia (Maroc). *Annales de l'Institut océanographique*, 61(2): 139-147.
- Bayed, A., 1990. Reproduction de *Donax trunculus* sur la côte atlantique marocaine. *Cahiers de Biologie Marine*, 31: 159-169.
- Belabed, B.E., Meddour, A., Samraoui, B. & Chenchouni, H., 2017. Modeling seasonal and spatial contamination of surface waters and upper sediments with trace metal elements across industrialized urban areas of the Seybouse watershed in North Africa. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(6): 265.
- Beldi, H., 2007. Etude de *Gambusia affinis* (Poisson, Téléostéen) et *Donax trunculus* (Mollusque, Pélécylope): écologie, physiologie et impacts de quelques altéragènes. Thèse de Doctorat d'état en Sciences de la Mer, option : Biologie et écologie marines, Université d'Annaba, 105 pp.
- Beldi, H., Gimbert, F., Maas, S., Scheifler, R. & Soltani, N., 2006. Seasonal variations of Cd, Cu, Pb and Zn in the edible mollusc *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba, Algeria. *African Journal of Agricultural Research*, 1(4): 85-90.
- Bellon-Humbert, C., 1962. Les mollusques marins testacés du Maroc. II- Lamellibranches et Scaphopodes. *Travaux de l'institut scientifique Chérifien Série Zoologique Rabat*, 28, 184 pp.
- Benabdi, M. & Belmahi, A.L., 2020. First record of loggerhead turtle (*Caretta caretta*) nesting in the Algerian coast (southwestern Mediterranean). *Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment*, 26(1): 100-105.
- Bengen, G., Wardiatno, Y., 2018. Distribution and bioaccumulation of heavy metals Pb and Cd on bivalves *Anadara nodifera*, *Meretrix lyrata*, and *Solen lamarckii* in coastal waters of the west Madura strait. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(2) : 631-643.
- Beninger, P.G. & Lucas, A., 1984. Seasonal variation in condition, reproductive on estuarine bivalve molluscs in the field. In : Keegan, B.F., Ciedigh, P. O. & Boaden, P. J. S (Eds). *Biology of benthic organisms*. Pergamon press, oxford, 57-58.

- Bensouda-Talbi, L., & Soltani-Mazouni, N., 2014. Measure of Oxidative Stress and Neurotoxicity Biomarkers in *Donax trunculus* from the Gulf of Annaba (Algeria): Case of the Year 2012. *Annual Review & Research in Biology*, 4(12): 1902-1914.
- Beukema, J.J., Cadee, G.C., Dekker, R. & Philippart, C.J.M., 2014. Annual and spatial variability in gains of body weight in *Macoma balthica* (L.): relationships with food supply and water temperature. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 457: 105–112.
- Beukema, J.J., Dekker, R. & Jansen, J.M., 2009. Some like it cold: populations of the tellinid Bivalve *Macoma balthica* (L) suffer in various ways from a warming climate. *Marine Ecology Progress Series*, 384: 135–145.
- Biandolino, F., Parlapiano, I., Grattagliano, A., Fanelli, G. & Prato, E., 2020. Caractéristiques comparatives du pourcentage de comestibilité, de l'indice de condition, des constituants biochimiques et des lipides Indices de qualité nutritionnelle des pétoncles sauvages et d'élevage (*Flexopecten Glaber*). *Water*, 12(6): 1777.
- Bosch, A.C., O'Neill, B., Sigge, G.O., Kerwath S.E. & Hoffman, L.C., 2015. Heavy metals in marine fish meat and consumer health: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(1): 32-48.
- Bougis, P., 1976. *Océanographie biologique appliquée : L'Exploitation de la vie marine*. Paris, New York, Barcelona et Milan : Masson.
- Boukari, A., 2021. Transplantation de *Donax trunculus* dans le golfe d'Annaba d'un site de référence à un site pollué: multimarqueur approche, impact biochimique et corrélation avec la pollution métallique. Thèse de Doctorat en Sciences biologiques, Spécialité : Physiologie et environnement. Université d'Annaba, 156 pp.
- Bourlat, S. J., Nielsen, C., Economou, A. D. & Telford M. J., 2008. Testing the new animal phylogeny: a phylum level molecular analysis of the animal kingdom. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 49 : 23-31.
- Boyd, R.S., 2010. Heavy metal pollutants and chemical ecology: exploring new frontiers. *Journal of Chemical Ecology*, 36(1): 46-58.
- Brisou, J.F., 1968. La pollution microbienne, virale et parasitaire des eaux littorales et ses conséquences sur la santé publique. *Bulletin. O.M.S.*, 38:79-118.
- Burton G.A., 1992. Sediment toxicity assessment. Lewis Publishers, London, 211 pp.
- Burton, G.A., 1992. "Plankton Macrophyte, Fish and amphibian toxicity testing of fresh water sediment" In Burton, G.A.J (Eds). Sediment toxicity assessment, Lewis, Chelsea, MT. USA, 167-176.
- Çelik, M.Y., Karayücel, S., Karayücel, İ., Öztürk R. & Eyüboğlu, B., 2012. Meat Yield, Condition Index, and Biochemical Composition of Mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) in Sinop, South of the Black Sea. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 21(3): 198-205.

- Chambost-Manciet, Y., 2009. Ampleur et effets biologiques de la contamination métallique (Cd, Cu, Fe, Pb et Zn) des sédiments en Mer du Nord. Utilisation de l'étoile de mer *Asterias rubens* (L.) comme bio-indicateur et bio-marqueur (mémoire). Université Libre de Bruxelles.
- Chetoui, I., Telahigue, K., Bejaoui, S., Rabeh, I., Ghribi, F., Denis, F. & ElCafsi, M., 2018. Annual reproductive cycle and condition index of *Macra corallina* (Mollusca: Bivalvia) from the north coast of Tunisia. *Invertebrate Reproduction & Development*, 63(1): 40-50.
- Chogale, N. D., Nirmale, V. H., Metar, S. Y., Gangan, S. S., Pai, R., Pawar, R. A., & Singh, H., 2018. Assessment of indigenous knowledge on edibility of oyster, *Crassostrea madrasensis* from the Ratnagiri coast of Maharashtra. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 17(1): 204-208.
- Cruz, R.A. & Villalobos, C., 1993. Monthly changes in tissue weight and biochemical composition of the mussel *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 41(1): 93-96.
- De la Huz, R., Rastra, M., & López, J., 2002. The influence of sediment grain size on burrowing, growth and metabolism of *Donax trunculus* L. (Bivalvia: Donacidae). *Journal of Sea Research*, 47(2) : 85–95.
- Degiovanni, C. & Mouëza, M., 1972. Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque, Lamellibranche), dans l'Algéroise, écologie en Baie de Bou-Ismaïl. *Tethys*, 4(3): 729-744pp.
- Dias, R., D'Costa, A., Praveen Kumar, M. & Shyama, S.K., 2021. DNA damage and biochemical responses in estuarine bivalve *Donax incarnatus* (Gmelin, 1791) exposed to sub-lethal concentrations of an organophosphate pesticide monocrotophos. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(6): 317.
- Douafer L., Zaidi N. & Soltani N., 2020. Seasonal variation of biomarker responses in *Cantareus aspersus* and physico-chemical properties of soils from Northeast Algeria. *Environmental Science and Pollution Research*, 27: 24145-24161.
- Drif F., Abdenmour C., Ciğerci İH., Muddassir AM., Mansouri O. & Messarah M., 2019. Preliminary Assessment of Stress and Genotoxicity Biomarkers in Bivalve Molluscs from the Gulf of Annaba, Algeria. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 102(4): 555-559.
- El Jourmi, L., Amine, A., Mrani Alaoui, M., Lazar, S., Hmyene, A., & El Antri, S., 2012. Assessment of water quality in coastal environments of Mohammedia applying responses of biochemical biomarkers in the brown mussel *Perna perna*. *International Journal of Computer Science*, 9(1): 1694-0814.
- Environnement littoral et marin, 2011. Pollutions et qualité du milieu marin.
- Fernández-Pérez, J., Nantón, A., Ruiz-Ruano, F.J., Camacho, J.P.M. & Méndez, J., 2017. First complete female mitochondrial genome in four bivalve species genus *Donax* and their phylogenetic relationships within the Veneroida order. *PLOS ONE*, 12(9): e0184464.

- Filgueira, R., Comeau, L.A., Landry, T., Grant, J. & Guyonnet, T.A., 2013. Bivalve condition index as an indicator of aquaculture intensity: A meta-analysis. *Ecological Indicators*, 25: 215-229.
- Fischer, W., Bauchat, M. L. F. & Schneider, M., 1987. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, Méditerranéen et en mer noire. Zone de pêche 37. Volume 1: Végétaux et invertébrés. FAO/CEE. (p. 76).
- Franc, A. ,1957. *Mollusques terrestres et fluviatiles de l'archipel néo-calédonien*. Paris: Éditions du Muséum; Lons-le-Saunier: impr. de M. Declumé.
- Froggia, C., 1989. Field observations on diel rhythms in catchability and feeding of *Squilla mantis* (L.) (Crustacea, Stomatopoda) in the Adriatic Sea. *Biology of stomatopods*.
- Galvao, P., Longo, R., Machado Torres, J.P. & Malm, O., 2015. Estimating the Potential Production of the Brown Mussel *Perna perna* (Linnaeus, 1758) Reared in Three Tropical Bays by Different Methods of Condition Indices. *Journal of Marine Biology*, 1–11.
- Gaspar M.B., Ferreira R. & Monteiro C. ,1999. Growth and reproductive cycle of *Donax trunculus*L. (Mollusca:Bivalvia) in Faro, southern Portugal. *Fisheries Research. Journal* , 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. *Journal of the Marine Biological Association*. UK., 78: 1247-1258.
- Gaspar, M.B., Chicharo, L.M., Vasconcelos, P., Garcia, A., Santos, A.R. & Monteiro, C.C., 2002. Depth segregation phenomenon in *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) populations of the Algarve coast (southern Portugal). *Scientia marina*, 66(2): 111- 121.
- Gelman,A., Drabkin, V .& Glatman L, 2001. Evaluation of lactic acid bacteria, isolated from lightly preserved fish products, as starter cultures for new fish-based food products. *Innovative Food Science Emerging Technology*, 1:219-226p.
- Ghizellaoui, S., 1994. Evaluation de la qualité des ressources en eau alimentant la ville de Constantine, prévision de la demande en eau à l'horizon de l'an 2010. Thèse de magister en chimie analytique et traitement des eaux, 13-24pp.
- Glatman, L., Drabkin, V. & Gelman, A. , 2000 .Using lactic acid bacteria for developing novel fish food products *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 375-380.
- Goeury, D., 2014. "La pollution marine", in Woessner Raymond (dir.), Mers et océans, Paris:Atlande, Clefs concours.
- Gomella, C., Guerree, H. ,1978. Le traitement des eaux publiques industrielles et privées. Eyrolles, Paris, 262pp.
- Gouletquer, P., 1997. Natural reproduction cycle of the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. In La reproduction naturelle et contrôlée des bivalves cultivés en France. Nantes, France: IFREMER, 217pp.

- Gouletquer, P., 1997. Natural reproduction cycle of the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. La Reproduction Naturelle et Contrôlée des Bivalves Cultivés en France. IFREMER, Nantes.
- Grimes, S., 1994. Peuplements benthiques des substrats meubles de la cote Algérienne : Taxonomie, structure et statut écologique. Thèse de Doctorat d'état en science de l'Environnement, option : Biologie et pollution Marines, Université d'Oran., 360 pp.
- Guillou, J. & Le Moal, Y., 1980. Aspects de la dynamique des populations de *Donax vittatus* et *Donax trunculus* en baie de Douarnenez. *Annales de l'Institut Oceanographique*, 56(1): 55-64.
- Guiraud J.P., 1998. Microbiologie alimentaire. DUNOD, Paris, 652pp.
- Hafsaoui, I., Bouaziz, R., Draredja, B. & Beldi, H., 2016. Reproduction cycle of *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) in the gulf of Annaba (Northeast Algeria). *Advances in Environmental Biology*, 10(5): 82-95.
- Hafsaoui, I., Draredja, B., Lasota, R., Como, S., & Magni, P., 2016. Population dynamics and secondary production of *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) in the Gulf of Annaba (Northeast Algeria). *Mediterranean Marine Science*, 17(3) : 738-750.
- Haider, F., Sokolov, E. P., Timm, S., Hagemann, M., Rayón, E. B., Marigómez, I., Izagirre, U., & Sokolova, I. M., 2019. Interactive effects of osmotic stress and burrowing activity on protein metabolism and muscle capacity in the soft shell clam *Mya arenaria*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 228 :81-93.
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., d'Agrosa, C. & Watson, R., 2008. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319: 948-952.
- Hamdani, A., Soltani, N. & Zaidi, N., 2020. Growth and reproduction of *Donax trunculus* from the Gulf of Annaba (Northeast Algeria) in relation to environmental conditions. *Environmental Science and Pollution Research*, 27: 41656-41667.
- Hamdani, H. & 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(1): 170.
- Hamli, H., Idris, M.H., Rajae, A.H., Kamal, A.H.M., Hoque, M.N., 2017. Condition index of *Meretrix lyrata* (Sowerby 1851) and its relationship with water parameter in Sarawak. *Sains Malaysiana* 46 (4): 545-551.
- Haszprunar, G., Schander, C., Halanych, K. M., 2008. Relationships of higher molluscan taxa. In: Phylogeny and Evolution of the Mollusca (W. F. Ponder and D. R. Lindberg, Eds.), University of California Press v, Berkeley: 19-32p.
- Hirsch, M., 2002., Evaluation des risques liés à la consommation de produits de la pêche importés. AFSSA, DERNS/Enr.22/Ind.D. Maisons-Alfort, Fr.
- His. & Cantin., 1995. Biologie et physiologie des coquillages IFREMER Direction del'environnement et de l'aménagement littoral, R.INT.DEL/95.06/Arcachon, 108pp.

- Hummel, H., Amiard-Trique, C., Bachelet, G., Desprez, M., Marchand, J., Sylvand B., Amiard JC., Rybarczyk H., Bogaards RH., Sinke J., De wit Y. & De Wolf L., 1996. Sensitivity to stress of the estuarine bivalve *Macoma balthica* from areas between the Netherlands and its southern limits (Gironde). *Journal of Sea Research*, 35(4): 315-321.
- Ismail, H., 2012. Hubungan manusia dan persekitaran fizikal: Suatu ulasan literatur kemerosotan kualiti udara dan sungai bandar. In: Rahman HA (eds). *Manusia dan Kelestarian Persekitaran*. Universiti Malaysia Terengganu , Terengganu, Malaysia.
- Jaya, E.N., Kartika, R., Saleh, C., 2017. Korelasi kadar ion logam Pb terhadap kadar protein pada Kerang Tahu (*Meretrix meretrix*) yang diambil di perairan Pantai Bunyu Kalimantan Utara. Prosiding Seminar Kimia, Mulawarman University, Kampus Gunung Kelua Samarinda, Kalimantan Timur.
- Jones, K. R., Klein, C. J., Halpern, B. S., Venter, O., Grantham, H., Kuempel, C. D. & Watson, J. E. (2018). The location and protection status of Earth's diminishing marine wilderness. *Current Biology*, 28(15) : 2506-2512.
- Kasmini, L., Barus, TA., Sarong, M.A., Mulya, M.B., 2018. Hubungan panjang berat dan faktor kondisi tiram (*Crassostrea gigas*) di Kawasan Estuari Tibang dan Ulee Lheue, Kota Banda Aceh. *DEPIK Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan Pesisir Perikanan*, 7 (1): 60-68.
- Khafage, A.R., Razek, F.A.A., Taha, S.M., Omar, H.A ., Attallah, M.A. & El- Deeb, R.S., 2019. Gonadal cycle and spawning of date mussel *Lithophaga lithophaga* (L.) (Bivalvia: Mytilidae) in Egyptian water. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 45(3): 293-299.
- Khammar, H. ,2007. Caractères chimiques des effluents urbains introduits au littoral d'Annaba. Mémoire de magister. Université d'Annaba, 49p.
- Khélifi-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.
- Kneese, A.V., 1967. *Economie et gestion de la qualité des eaux*. Dunod, Paris, 260pp.
- Krachai, N., & Hadjel, M. ,2014 . Characterization and treatment of contaminated marine sediments for reuse. *Desalination and Water Treatment*, 52(10-12) : 2309-2314.
- La Valle, P., 2005. *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) as a biological Indicator of coastal dynamique and siedimentary balance. Thesis Doct. Universit À Degli Studi Di Roma "La Sapienza":148pp.
- Lagade, V., Taware, S., & Muley, D. ,2013. Commercial harvesting and economy of edible clam species in Bhatye Estuary, Ratnagiri (MS), India. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 42(5) : 665-669.
- Lagade, V.M., Taware, S.S. & Muley, D.V., 2015. Seasonal variations in meat yield and body indices of three estuarine clam species (Bivalvia: Veneridae). *Indian Journal of GeoMarine Sciences*, 43(8): 1586-1593.

- Lamine, I., Ait Alla, A., Ben Hadad, M., El Habouz, H., Nadir, M. & Moukrim, A., 2020. Population dynamics of *Donax trunculus* on the sandy beach of Taghazout (southern Morocco). *Regional Studies in Marine Science*, 33: 100912.
- Larbaa, R. & Soltani, N., 2014. Use of the land snail *Helix aspersa* for monitoring heavy metal soil contamination in Northeast Algeria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(8): 4987-4995.
- Le Bec (coordonnateur). 2002. Incidence de la station d'épuration de Lannion sur l'estuaire du Léguer. IFREMER - Rapport de fin d'étude, 71 p.
- Liao, C.M. & Ling, M.P., 2003. Assessment of human Health Risks for Arsenic Bioaccumulation in Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and Large-Scale Mullet (*Liza macrolepis*) from Blackfoot Disease Area in Taiwan. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 45(2): 264-272.
- Liu, J. J., Diao, Z. H., Xu, X. R., & Xie, Q. ,2019. Effects of dissolved oxygen , salinity, nitrogen, and phosphorus on the release of heavy metals from coastal sediments. *Science of The Total Environment*, 666: 894-901.
- Lotze, H. K., Lenihan, H. S., Bourque, B. J., Bradbury, R. H., Cooke, R. G., Kay, M. C., ... & Jackson, J. B. 2006. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science*, 312(5781), 1806-1809.
- Lotze, H. K., Worm, B. 2009. Historical baselines for large marine animals. *Trends in ecology & evolution*, 24(5), 254-262.
- Louzán, Pérez, A., 2015. Desarrollo del cultivo integral de la coquina *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758). Ciclo reproductivo, cultivo en criadero y en el medio natural Especialidad de la biología, Université Santiago De compostela , 254 pp.
- Lucas, A., & Beninger, P. G., 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture*, 44(3) : 187-200
- Lucas, A., 1965. Recherche sur la sexualité des mollusques bivalves. Thèse de Doctorat en Science Naturel. Faculté des Sciences de l'Université de Rennes, Rennes, France, 139 pp.
- Manca-Zeichen, M., Agnesi, S., Mariani, A., Maccaroni, A. & Ardizzone, G.D., 2002. Biology and Population Dynamics of *Donax trunculus* L. (Bivalvia: Donacidae) in the South Adriatic Coast (Italy). 54(6): 971-982.
- Manea, E., Di Carlo, D., Depellegrin, D., Agardy, T. & Gissi, E., 2019. Multidimensional assessment of supporting ecosystem services for marine spatial planning of the Adriatic Sea. *Ecological Indicators*, 101: 821-837.
- Martoja, M., 1995 -mollusques institut océanographique., Monaco., 25 pp.
- McCauley, D. J., Pinsky, M. L., Palumbi, S. R., Estes, J. A., Joyce, F. H., & Warner, R. R. (2015). Marine defaunation: animal loss in the global ocean. *Science*, 347(6219), 1255641.
- McLachlan, A., 1996. Physical factors in benthic ecology: Effects of changings and particle size on beach fauna. *Marine Ecology-Progress Series*. 131pp.

- Mead, P.S., Slutsker, L., Dietz, V., Mccaig, L.F., Bresee, J.S., Shapiro, C. & Griffin, P.M., 1999. TAUXE R.V. Food-related illness and death in the United States. *Emerging infectious diseases*, 5: 607-625.
- Mejjad, N., Laissaoui, A., Fekri, A., & Hammoumi, O. E. ,2023. Marine plastic pollution in Morocco: State of the knowledge on origin, occurrence, fate, and management. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(49), 107371-107389.
- Mendoza, D.M., Myer, G.M., Rodrigo, P.B., Raugil, A.M.F. & Mula, R.P., 2019. Spatial density, size, growth and condition index of mangrove clam (*Polymesoda erosa*) in the estuarine portion of Pasak River, Sasmuan, Pampanga, Philippines. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7(4D): 258-262.
- Merad, I., Bellenger, S., Hichami, A., Khan, N.A. & Soltani, S., 2018. Effect of cadmium exposure on essential omega-3 fatty acids in the edible bivalve *Donax trunculus*. *Environmental Science and Pollution Research*. 25: 18242-18250.
- Montenegro, D., Valdés, J., & González, M.T., 2019. Histopathological lesions, pathogens and parasites as health indicators of an edible clam (*Protothaca thaca*) inhabiting a bay exposed to anthropogenic activities in Northern Chile. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(9) : 536.
- Mouëza, M. & Chessel, D., 1976. Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque: Lamellibranche) dans l'algerois: Analyse statistique de la dispersion le long d'une plage en baie de bou ismaïl. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 21(3): 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. *Cahiers de Biologie Marine*, 14: 261-283.
- Mouëza, M., 1971. Contribution à l'étude de l'écologie et de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque Lamellibranche). Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques Mention Océanographie. 130 pp.
- Moukrim, A., El Hamidi, F., Lagbouri, A., Kaaya, A., Zekhnini, A., Bouhaimi, A. & Muniain., Mujika, I., Calvo, M., Lucena, F. & Girones, R., 2003. Comparative analysis of viral pathogens and potential indicators in shellfish. *International Journal of Food Microbiology*, 83:75-85.
- Nirmale, V.H., Chogale, N.D., Metar, S.Y., Gangan, S.S. & Pawar, R.A., 2016. Validation of indigenous knowledge on edibility of baby clam, *Katylesia opima* from the Ratnagiri coast of Maharashtra, *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 15(1): 149-153.
- O'Sullivan, L., Ross, R.P. & Hill, C., 2002. Potential of bacteriocin-producing lactic Acid bacteria for improvements in food safety and quality. *Biochimie*, 84: 593-604p.
- Ødegaard, F., 2000. How many species of arthropods? Erwin's estimate revised. *Biological Journal of the Linnean Society*, 71(4): 583-597.

- Oliveira, J., Castilho, F., Cunha, Â., & Pereira, M. J. ,2013. Bivalve harvesting and production in Portugal: An overview. *Journal of Shellfish Research*, 32(3): 911-924.
- Oliveira, P., Almeida, Â., Calisto, V., Esteves, V. I., Schneider, T. J., Wrona, F. J., Soares, A. M. V. M., Figueira, E., & Freitas, R. ,2017. Physiological and biochemical alterations induced in the mussel *Mytilus galloprovincialis* after short and long-term exposure to carbamazepine. *Water Research*, 117: 102-114.
- Orban, E., Di Lena, G., Nevigato, T., Casini, I., Marzetti, A. & Caproni, A., 2002. Seasonal changes in meat content, condition index and chemical composition of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) cultured in two different Italian sites. *Food chemistry*, 77(1): 57-65.
- Ouali Alami, N., Schurr, C., Olde Heuvel, F., Tang, L., Li, Q., Tasdogan, A., ... & Baumann, B. ,2018. NF-κB activation in astrocytes drives a stage-specific beneficial neuroimmunological response in ALS. *The EMBO Journal*, 37(16): e98697.
- Ounissi, M., Laskri, H. & Khelifi-Touhami, M., 2016. Net-zooplankton abundance and biomass from Annaba Bay (SW Mediterranean Sea) under estuarine influences, *Mediterranean Marine Science*, (17/2): 519-532.
- 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. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 140(1): 41-52.
- Penchaszadeh, P. E., & Olivier, S. R. ,1975. Ecology of a population of the Coquina clam *Donax hanleyanus* at Villa Gesell, Argentina. *Malacologia*, 15(1) : 133-146.
- Pereira, A. M., Range, P., Campoy, A., Oliveira, A. P., Joaquim, S., Matias, D. L., Chícharo, L., & Baptista Gaspar, M. P. ,2016. Larval hatching and development of the wedge shell (*Donax trunculus* L.) under increased CO₂ in southern Portugal. *Regional Environmental Change*, 16(3) : 855-864.
- Plante-Cuny, M. R., & Bodoy, A., 1987. Biomasse et production primaire du phytoplancton et du microphytobenthos de deux biotopes sableux (Golfe de Fos, France). *Oceanologica acta*, 10(2) : 223-237.
- Pörtner, H.O. & Farrell, A.P., 2008. Physiology and climate change. *Science*, 322 (5902): 690-692.
- Potasman, I., Paz, A. & Odeh M., 2002. Infectious out breaks associated with bivalve shellfishconsumption: a world-wide perspective. *Clin. Infect. Dis*, 35: 921-928p.
- Prato, E., Biandolino, F., Parlapiano, I., Giandomenico, S., Denti, G., Calò, M., Spada, L., & Di Leo, A. ,2019. Proximate, fatty acids and metals in edible marine bivalves from Italian market: Beneficial and risk for consumers health. *Science of The Total Environment*, 648 : 153–163.
- Prieur, D., 1971. Recherches bibliographiques sur le développement embryonnaire des mollusques bivalves. Mémoire de DEA d'Océanographie Biologique, Faculté des Sciences de Paris : 33pp.

- Prusina, I., Sara, G., De Pirro M., Dong Y.W., Han, G.D., Glamuzina B. & Williams G.A., 2014. Variations in physiological responses to thermal stress in congeneric limpets in the Mediterranean Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 456: 34-40.
- Qian, Z., Xu, C., Dong, X., Tang, S., & Wei, S. ,2021. Spatiotemporal characteristics and pollution level of brominated flame retardants in bivalves from Fujian southern coastal areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(25): 33623-33631.
- Rabei, A., Hichami, A., Beldi, H., Bellenger, S., Akhtar Khan, N., 2018. Fatty acid composition, enzyme activities and metallothioneins in *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from polluted and reference sites in the Gulf of Annaba (Algeria): Pattern of recovery during transplantation. *Environmental Pollution*, 237: 900-907.
- Ramade F., 1998. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Édiscience international, Paris, 786pp.
- Ramon Herrero, M., 1993. Estudio de las poblaciones de *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) y *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) (Mollusco: Bivalvia) en el Golfo di Valencia (Mediterraneo Occidental). Doctoral Thesis. University of Barcelona, 395 pp.
- Ramsar Convention Secretariat., 2018. Global Wetland Outlook: State of the World's Wetlands and their Services to People. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.
- Rand, C. S., Nides, M., Cowles, M. K., Wise, R. A., & Connett, J., 1995. Long-term metered-dose inhaler adherence in a clinical trial. The Lung Health Study Research Group. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 152(2): 580-588.
- Reddy, M. S., & Boucher, O., 2007. Climate impact of black carbon emitted from energy consumption in the world's regions. *Geophysical Research Letters*, 34(11).
- Ríos-Jara, E., Esqueda-González, M. C., Michel-Morfin, J. E., López-Urriarte, E., & Salgado Barragán, J., 2019. Growth and morphometric relationships of the bean clam *Donax punctatostriatus* Hanley, 1843 in a sandy beach of southern Sinaloa, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 47(5) : 764-773.
- Roff, G., Brown, C. J., Priest, M. A., & Mumby, P. J. (2018). Decline of coastal apex shark populations over the past half century. *Communications Biology*, 1(1), 223.
- Rogers, A. J., & Weisler, M. I., 2020. Limpet (*Cellana* spp.) shape is correlated with basalt or eolianite coastlines: Insights into prehistoric marine shellfish foraging and mobility in the Hawaiian Islands. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 34: 102 -561.
- Rohmah, A., & Muhsoni, F. F., 2020. Dinamika populasi Kerang Tahu (*Meretrix meretrix*) di perairan Bancaran Bangkalan Madura. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan* , 1(3) : 331-338.
- Rouane-Hacene, O., Boutiba, Z., Belhaouari, B., Guibbolini-Sabatier, M., Francour, P. &Risso de Faverney, C., 2015. Seasonal assessment of biological indices, bioaccumulation and bioavailability of heavy metals in mussels *Mytilus galloprovincialis* from Algerian west coast, applied to environmental monitoring. *Oceanologia*, 57(4): 362-374.

- Rowse, A.J. & Fleet, G.H., 1984. Effects of water temperature and salinity on elimination of *Salmonella* charity and *Escherichia* coliform Sydney rock oysters. *Applied and Environmental Microbiology Journal*, 48 (5): 1061 – 1063.
- Saeedi, H. & Costello, M.J., 2012. Aspects of global distribution of six marine bivalve mollusc families. In Clam Fisheries and Aquaculture. Nova Science Publishers Inc., Editors: Fiz da Costa, New York: Chapter 2, 27-44 pp.
- Salas, C., 2011. *Moluscos marinos de Andalucía*. Volumen II. Málaga: Servicio de publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Málaga.
- Sastry, A.N., 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae). In: Giese, J.C., Pearse, J.S. (Eds.), *Reproduction of Marine Invertebrates*, vol. V. Academic Press, New York . 113–292 pp.
- Šatović, E., & Plohl, M., 2017. Two new miniature inverted-repeat transposable elements in the genome of the clam *Donax trunculus*. *Genetica*, 145 : 379-385.
- Sharma, Y.C., 2012. *A Guide to the Economic Removal of Metals from Aqueous Solutions*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, USA.
- Sifi, K., & Soltani, N., 2019. Seasonal changes of two biomarkers of oxidative stress (LDH, MDA) in the edible mollusc *Donax trunculus* (Mollusca: Bivalvia) from the Gulf of Annaba (Algeria): correlation with carbohydrate and lipid contents. *Molluscan Research.*, 39 (1): 44-52.
- Sifi, K., Chouahda, S., & Soltani, N. ,2007. Biosurveillance de l’environnement par la mesure de biomarqueurs chez *Donax trunculus* dans le golfe d’Annaba. *Mésogé*, 63: 11-18.
- Silva, D., Neto, J., Nunes, C., Gonçalves, F., Coimbra, M., Marque, J. & Gonçalves, A., 2021. Assessment of seasonal and spatial variations in the nutritional content of six edible marine bivalve species by the response of a set of integrated biomarkers. *Ecological Indicators* , 124: 107 - 378.
- Sinaga, S, Febri, S.P, Haser, T.F, Azmi, F., 2018. Hubungan panjang dan berat serta faktor kondisi Kerang Bulu, *Anadara antiquata* di Ujung Perling, Kota Langsa Aceh. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 2 (2): 30-34.
- Sing, O.F. & Ransangan, J., 2019. Effect of physicochemical parameters and phytoplankton composition on growth performance of green mussel (*Perna viridis*) in Ambong Bay and Marudu Bay, Sabah, Malaysia. *Journal of fisheries and environment*, 43(1): 50- 68.
- Smale, D. A., Wernberg, T., Oliver, E. C., Thomsen, M., Harvey, B. P., Straub, S. C. & Moore, P. J. (2019). Marine heatwaves threaten global biodiversity and the provision of ecosystem services. *Nature Climate Change*, 9(4), 306-312.
- Smith D., Barlow K., Alderton L. & Jacobson M. , 2001. Outbreakalert: center for sciences in public interest (cspi): Washington, 48 pp.
- Soltani, N., Amira, A., Sifi, K., Beldi, H., 2012. Environmental monitoring of the Annaba gulf (Algeria): measure of biomarkers in *Donax trunculus* and metallic pollution. *Bulletin de la Societe Zoologique de France*, 137(1): 51-60.

Soudane F., 1968 .incidence de la pollution sur la vie marin.

Steffen, W., Persson, Å., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K. & Svedin, U. (2011). The Anthropocene: From global change to planetary stewardship. *A Journal of Environment and Society*, 40, 739-761.

Steffen, W., Persson, Å., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K., ... & Svedin, U. (2011). The Anthropocene: From global change to planetary stewardship. *A Journal of Environment and Society*, 40: 739-761.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M .& Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *science*, 347(6223), 1259855.

Stork, N. E. ,1999. Estimating the number of species on Earth. In W. F. Ponder & D. Lunney (Eds.), *The Other 99 %: The Conservation and Biodiversity of Invertebrates* (pp. 1–7). Mosman, Australia: Royal Zoological Society of New South Wales.

Sundaram, S., & Deshmukh, V. D., 2011. Commercially exploited edible bivalves off Mumbai. *Fishing Chimes*, 31(5) : 23-24.

Tantillo, M., Fontanarosa, M., DI Pinto, A. & Musti, M., 2004. Updated perspectives on emerging vibrios associated with human infections. *Letters in Appl. Microbiol*, 39: 117-126p

Tanyaros, S., & Tongnunui, P., 2011. Influence of environmental variables on the abundance of estuarine clam *Meretrix casta* (Chemnitz, 1782) in Trang Province, Southern Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 33(1): 107-115.

Taylor, M., Maher, W. & Ubrihien, R., 2017. Mortality, condition index and cellular responses of *Anadara trapezia* to combined salinity and temperature stress. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 497: 172–179.

Tebble, N., 1976. British Bivalve Seashells: a Handbook for Identification. 2nd edition. Stationery Office Books. Edinburgh: Published for the Royal Scottish Museum by H.M. Stationery Off, 1976, pp 212.

Teguh, TW., Anggoro, S., Widowati, I., 2016. Bioekologi Kerang Simpson (*Amusium pleuronectes*) di Perairan Kabupaten Brebes. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan ke-V Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro, Semarang, Juni 2016.

Teoh, L., Marino, R.J., Stewart, K. & McCullough, M.J., 2019 . A survey of prescribing practices by general dentists in Australia. *BMC Oral Health*, 19(1): 193.

Tlili, S. ,2012. Approche multi-marqueurs pour l'évaluation de l'état de santé du golfe de Tunis: Étude des réponses biochimiques, physiologiques et cytologiques des mollusques bivalves exposés aux effluents des oueds (Thèse de doctorat, Sciences de la vie et de la santé, Mention: Ecotoxicologie). Université de Monastir.

- Tlili, S., Métails, I., Ayache, N., Boussetta, H. & Mouneyrac, C., 2011. La reproduction de *Donax trunculus* est-elle affectée par leurs sites d'origine contrastée par leur niveau de contamination? *Chemosphere*, 84: 362-1370.
- 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.
- Turgeon, D.D., Quinn, J.F, Bogan, A.E, Coan, E.V, Hochberg, F.G. & Lyons, W.G., 1998. Common and scientific names of aquatic invertebrates from the United States and Canada: Mollusks. 2nd ed: American Fisheries Society Special publication. Bethesda, Maryland, USA.
- Usero, J., Morillo, J. & Gracia I. , 2005. Heavy metal concentrations in molluscs from the Atlantic coast of southern Spain. *Chemosphere*, 59 (8): 1175-1181.
- Vafidis, D., Drosou, I., Dimitriou, K., & Klaoudatos, D. ,2020. Population Characteristics of the Limpet *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758) in Eastern Mediterranean (Central Greece). *Water*, 12(4): 11-86.
- Vaillant , J.R., 1973 . Protection de la qualité des eaux et maîtrise de la pollution : contrôle de déversement d'eaux polluées. Eyrolles, Paris, 419pp.
- Van Bruggen, A. C., 1995 . Biodiversity of Mollusca: Time for a new approach. In A. C. Van Bruggen, S. M. Wells, & T. C. M. Kemperman (Eds.), *Biodiversity and Conservation of the Mollusca* (pp. 1–19). Oegstgeest-Leiden, The Netherlands: Backhuys.
- Vieira, C., Morais, S., Ramos, S., Delerue-Matos, C. & Oliveira M.B.P.P., 2011. Mercury, cadmium, lead and arsenic levels in three pelagic fish species from the Atlantic Ocean: Intra- and inter-specific variability and human health risks for consumption. *Food and Chemical Toxicology*, 49(4): 923-932.
- Wade, B.A., 1967. On the taxonomy, morphology, and ecology of the beach dam, *Donax striatus* Linne. *Bulletin of Marine Science*, 17: 723-740.
- Yenni, N. T., & Nurjanah, L. F. ,2011. Kandungan mineral, proksimat dan penanganan kerang poka (*Batissa violacea celebensis* Marten 1897) dari Sungai Pohara Sulawesi Tenggara. In *Prosiding Pertemuan Ilmiah dan Seminar Nasional* (pp. 191-198). Manado: Sam Ratulangi University. [Indonesian]
- Yildiz, H., Berber, S., Acarli, S., & Vural, P., 2011. Seasonal variation in the condition index, meat yield and biochemical composition of the flat oyster *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) from the Dardanelles, Turkey. *Italian Journal of Animal Science* , 10(1) : 22-26.
- Zhao, L. & Liu, C., 2018. Assessing the impact of lanthanum on the bivalve *Corbicula fluminea* in the Rhine River . *Science of The Total Environment* , 640-641: 830-839.
- Ziouch, O.R., Laskrib, H., Chenakera, H., Ledjedelb, N.E., Daifallaha, T., Ounissi M., 2020. Transport of nutrients from the Seybouse River to Annaba Bay (Algeria, SW Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 156: 111-231.

