

N° d'ordre : 3721

THESE

En vue de l'obtention du : **DOCTORAT**

Centre de Recherche : *Biotechnologies Végétale et Microbienne, Biodiversité et Environnement*

Structure de Recherche : *Laboratoire de Biodiversité, Ecologie et Génome*

Discipline : *Biologie*

الشعبة : البيولوجيا

Spécialité : *Biologie de l'environnement*

التخصص : البيولوجيا البيئية

Présentée et soutenue le 10 Décembre 2022

Par :

Mariam OUSSELLAM

Etude biologique et socioéconomique de la pêche artisanale dans la lagune de Marchica (Maroc, Méditerranée)

JURY

Abdelaziz BENHOUSA	PES, Université Mohammed V, Faculté des Sciences - Rabat	Président / Rapporteur
Hassan JAZIRI	PES, Université Mohammed V, Faculté des Sciences - Rabat	Examineur / Rapporteur
Ahmed ERRHIF	PES, Université Hassan II, Faculté des Sciences Ain Chock, Casablanca	Examineur / Rapporteur
Abdeljebbar QNINBA	PES, Université Mohammed V, Institut Scientifique, Rabat	Examineur
Bouabid BADAOUI	PH, Université Mohammed V, Faculté des Sciences - Rabat	Examineur
Najib El OUAMARI	Expert, Dr-Chercheur, INRH, Directeur du Centre Régional de Nador	Co-Directeur de Thèse
Hocein BAZAIRI	PES, Université Mohammed V, Faculté des Sciences - Rabat	Directeur de thèse

Année Universitaire : 2021/2022

Dédicaces

Je dédie ce travail

À mon cher père OUSSELLAM Abdesslam, qui a beaucoup sacrifié pour moi et mes frères, qui n'a jamais cessé de nous donner tout l'amour de son beau cœur et qui m'a appris qu'il faut se battre dans la vie et de terminer jusqu'au bout.

À ma chère mère AKAROUM Fatiha, qui m'a beaucoup aidé et à qui je dois ma gratitude pour être si responsable et si forte aujourd'hui.

À mon cher mari DAHMAZI Abdelghani qui n'a jamais cessé de croire en moi, qui m'a toujours encouragé à continuer et qui m'a comblé de son amour.

À mon fils Ayoub et ma fille Nadine, la joie et la lumière de notre vie.

À mes chers, sœur et frère OUSSELLAM Soumaya et Youssef, pour être toujours présents à mes côtés et pour leur amour.

Remerciements

Ce travail de thèse est le fruit d'efforts de plusieurs années de recherche pendant lesquelles j'ai bénéficié de l'aide précieuse de nombreuses personnes.

Tout d'abord, je tiens à remercier le responsable du laboratoire biodiversité ecologie et génome **M. Abdelaziz BENHOUSSA** Professeur de l'Enseignement Supérieur à la Faculté des Sciences de Rabat pour la confiance qui m'a accordé en me permettant de suivre ce travail de thèse, Mes remerciements vont aussi, à tous les membres et l'équipe du laboratoire.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon Directeur de thèse, **M. Hocein BAZAIRI**, Professeur à la Faculté des Sciences Rabat, pour m'avoir accordé cette précieuse opportunité qui nous a réunis pour réaliser ce travail. Je vous suis profondément redevable de m'avoir stimulé et encouragé à poursuivre mon travail, de m'avoir fait confiance et de m'avoir encadré malgré les distances. Je vous remercie aussi pour vos qualités pédagogiques et scientifiques, votre franchise et votre sympathie. Vous n'avez jamais cessé de dire que tout ira bien Merci. Votre énergie et confiance ont été des éléments moteurs pour moi. J'avais toujours souhaité de travailler avec vous, depuis que vous m'aviez enseigné dans mon Master, et grâce à Dieu, j'ai eu cette belle occasion.

Je suis extrêmement reconnaissante à mon Co-directeur de thèse, **M. Najib EL OUAAMARI**, Directeur du centre régional de l'Institut National de Recherche Halieutique à Nador, pour avoir accepté de codiriger ma thèse de doctorat, pour m'avoir soutenue tout au long de cette période. Je vous remercie profondément d'avoir partagé avec moi votre savoir sur le domaine d'halieutique dont j'ai beaucoup appris. Vous avez été toujours disponible avec vos précieux conseils, vos généreuses orientations, et pour le soutien que vous n'avez jamais cessé de m'apporter et vos encouragements quand les choses me paraissaient difficiles.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements aux membres du jury, à commencer par son Président, **M. Abdelaziz BENHOUSSA**, Professeur de l'Enseignement Supérieur à la Faculté des Sciences de Rabat. Merci de m'honorer en acceptant de présider le jury de ma soutenance de Doctorat et d'être aussi rapporteur de cette thèse.

Je tiens également à exprimer mes sincères remerciements à **M. Hassan JAZIRI**, Professeur de l'Enseignement Supérieur à la Faculté des Sciences de Rabat, pour avoir accepté d'être

rapporteur de ce travail de thèse et d'être membre du jury de soutenance. Je lui adresse mes sentiments les plus respectueux.

Je remercie pareillement, **M. Ahmed ERRHIF**, Professeur de l'Enseignement Supérieur à la Faculté des Sciences Aïn Chock – Université Hassan II de Casablanca, pour avoir accepté d'être rapporteur de ma thèse et d'être membre du jury de soutenance. Qu'il soit assuré de ma sincère reconnaissance.

Mes vifs remerciements à **M. Abdejebbar QNINBA**, Professeur à l'Institut Scientifique de rabat, pour sa participation à mon jury de thèse en qualité qu'examineur de mon travail.

A nouveau, j'adresse mes remerciements à **M. Bouabid BOUABID**, Professeur Habilité à la Faculté des Sciences de Rabat pour avoir accepté d'être membre du jury de soutenance en qualité d'examineur.

Mes remerciements vont également à Professeur **Mohamed SELFATI**, ancien membre du laboratoire de pêche et ressources halieutiques et actuellement Professeur assistant à la Faculté des Sciences Aïn Chock – Université Hassan II de Casablanca, pour son co-encadrement, le partage de son savoir-faire, ses orientations pour mener ce travail et son soutien durant mes travaux de terrain.

Je profite aussi de l'occasion pour remercier **M. Abdelhakim MESSFIOUI**, ancien Directeur du centre régional de l'Institut National de Recherche Halieutique à Nador, pour son accueil chaleureux et pour m'avoir donné accès aux laboratoires de son centre et aux moyens logistiques.

Sans oublier, mes remerciements qui vont également à **Pr. Moustapha ARAHOU**, Professeur de l'Enseignement Supérieur à l'Université Mohammed V, Faculté des sciences Rabat, pour m'avoir recommandé de travailler avec Pr. **BAZAIRI Houssein** et qui a toujours été présent quand j'avais besoin de ses précieux conseils.

J'espère que, je n'ai pas oublié de mentionner quelqu'un. Que toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail de thèse, trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

Abstract

The lagoon of Marchica is one of the most productive lagoons. Nevertheless, it is subject to overexploitation and climate change factors. By comparing our results with those from previous inventories, carried out before and after the restoration actions in 2011, marked an increase in productivity (1312 tons/year), this subsequent to the decrease in fishing effort (62,460).

The analysis of Length/Weight relationships showed an allometric growth for all species, which ensures that their growth is not affected by fluctuations in current changes. The results of the bycatch revealed that the largest number of species is captured by the Palanza net, their classification according to the IUCN Red List reported the capture of Grouper (*Epinephelus marginatus*) classified as endangered (EN), and (*Dicentrarchus labrax* ; *Raja brachyura*) which are almost endangered (NT).

The invasive species *Callinectes sapidus* was reported for the first time in Morocco on both Atlantic-Mediterranean coasts, where it was demonstrated that they are well established and that they followed a West-East movement, genetic analysis revealed the existence of haplotypes 100% identical to those of America, confirming the hypothesis of the origin of the Atlantic-Mediterranean invasion The results of the impact of *C.sapidus* according to the SEICAT methodology highlighted the degree of its impact, which was qualified as "Minor".

The study of the Illegal Undeclared and Unregulated (IUU) fishing showed that the exercise of these illegal practices exist in the lagoon and need to be controlled.

Keywords: Marchica; artisanal fishery; Socio-economics; Biodiversity; Threats; Mediterranean; Moroc.

Résumé

La lagune de Marchica est l'une des lagunes les plus productives. Néanmoins, elle est soumise à une surexploitation et aux facteurs du changement climatique. En comparant nos résultats socioéconomiques avec ceux issus des inventaires antérieurs, réalisés avant et après les actions de restauration en 2011, a marqué une augmentation de la productivité (1312 tonnes/an), suite à la diminution de l'effort de pêche (62.460).

L'analyse des relations Taille/Poids a montré une croissance allométrique pour toutes les espèces, ce qui assure que leur croissance n'est pas affectée par les fluctuations des changements actuels. Les résultats des bycatch ont révélés que le plus grand nombre d'espèces est capturé par la Pallanza, leur classification selon l'IUCN Red List a signalé la capture des Mérus (*Epinephelus marginatus*) classée comme étant en danger (EN), et (*Dicentrarchus labrax* ; *Raja brachyura*) qui sont presque en danger (NT).

L'espèce invasive *Callinectes sapidus* a été signalée pour la première fois au Maroc sur les deux côtes Atlantico-Méditerranéennes, ou il a été démontré qu'elles sont bien établies et qu'elles ont suivis un mouvement Ouest-Est, l'analyse génétique a dévoilé l'existence des haplotypes 100% identiques à ceux de l'Amérique, confirmant l'hypothèse de l'origine de l'invasion Atlantico-Méditerranéenne. Les résultats de l'impact de *C.sapidus* selon la méthodologie SEICAT a mis en évidence le degré de son impact et qui a été qualifié de « Minor ».

L'étude de la pêche Illicite Non déclaré et Non règlementé (INN) a montré que l'exercice de ces pratiques illégales existent au niveau de la lagune et nécessitent d'être contrôlé.

Mots clés : Marchica ; pêche artisanale ; Socio-économie ; Biodiversité ; Menaces ; Méditerranée ; Maroc.

Liste des abréviations

BLAST : Basic Local Alignment Search Tool
BW : Poids de Corps
CITES : Commerce International des Espèces Sauvages
CL : Carapace Length
COI : Cytochrome Oxidase Subunit
CRTS : Centre Royal de Télédétection Spatiale
CTF : Cap des Trois Fourches
CW : Carapace Width
DD : Data Deficient
ED : Diamètre des Yeux, :Diamètre de l'oeuil
EN : Endangered
FAO : Food and Agriculture Organization
GenSeq : Genotyping Sequencing
h : Hauteur du Corps
IAS : Invasive Alien Species
iH Largeur du Corps
INN : Pêche Illégale, Non Déclarée et Non Réglementée,
INRH : Institut National des Ressources Halieutiques
IOD : Distance Inter-Orbital
IUCN : The International Union for Conservation of Nature
L : Longueur
lA) : longueur de la baseAnale
LC : Least Concerned
ID : Longueur de la base Dorsale
LH : Longueur de la Tête
IP : LongueurPectorale
Max :Maximum
MAD: Moroccan Dirhams
Min :Minimum
NA Nageoire Anale
NC : Nageoire Précaudale
ND : Nageoire Dorsale
NE : Not Evaluated
NP : Nageoire Pectorale

NT : Near Threatened

NW :NorthWest

NW-SE :NorthWest-SouthEast

SE :SouthEast

SEICAT Socio-Economic Impact Classification for Alien Taxa

SIBE : Site d'Intérêt Biologique et Ecologique

SL : Longueur Standard, : Standard Length

STEP : Station d'épuration des eaux usées

TJB : Tonneau de Jauge Brute

TL : Total Length

UMS : Universal Measurement System

W-SW :West-SouthWest

Liste des Figures

Figure 1 : Distribution des milieux lagunaires sur les côtes mondiales (Loup, J., & Larras J., 1966 ; Nichols, M., & Allen, G., 1981).....	6
Figure 2 : Les trois théories de base expliquant la formation des lagunes (Davis Jr, R. A., & FitzGerald, D. M., 2009).	7
Figure 3 : Classification des lagunes selon (Nicholas, T., 1981). A : lagune estuarienne, B : lagune ouverte, C : lagune semi fermée, D : lagune fermée.	9
Figure 4 : Segmentation d'une lagune en plusieurs bassins (Zenkovitch, V. P., 1959).	10
Figure 5 : Localisation de la lagune de Marchica sur la côte méditerranéenne du Maroc.	11
Figure 6 : Précipitations moyennes annuelles de la ville de Nador (1970-2008) ; (Donnés de la station Melilla, http://www.ecad.euraji/) (Raji 2014).	13
Figure 7 : Diagramme ombrothermique de Nador (1982-2012) (source : Climate-Data.org ; consulté le 18/03/2022 à 14h)	14
Figure 8 : Rose des vents (2011-2019) dans la région de Mèlilla située à 12 Km de Nador. Données de l'aéroport de Melilla (GEML), disponible en ligne sur le site de l'Iowa EnvironmentalMesonet.(https://mesonet.agron.iastate.edu/sites/windrose.phtml?network=ES_ASOS&station=GEM L ;consulé le 10/06/2020 à 10h00).	15
Figure 9 : Carte Bathymétrique récente de la lagune de Marchica (source : INRH/DO/LMOE, 2019).....	16
Figure 10 : Localisation des passes entre la mer et la lagune de Marchica (modifiée par Selfati, M et al., 2019).....	17
Figure 11 : Carte simplifiée du réseau hydrographique (Irzi, Z., 2002) et hydrodynamisme intra- lagunaire (Guelorget, O et al., 1983).	19
Figure 12 : Courant de surface de la lagune de la Marchica mois de novembre 2018. (Modèle SHYFEM, Umgiesser, G et al., 2014).....	20
Figure 13 : Localisation des zones d'étude au niveau de la lagune de Marchica.....	26

Figure 14: Distribution des pêcheurs artisans de la lagune de Marchica par tranche d'âge	30
Figure 15: Distribution, selon les niveaux de scolarisation, des pêcheurs opérant dans la lagune de Marchica.	31
Figure 16 : Répartition du Capital investi (K) sur les moyens de production.....	32
Figure 17 : Capital investi en (MAD) par site de la lagune de Marchica	33
Figure 18 : Répartition des charges fixes par barque.	34
Figure 19 : Répartition du total d'amortissement par barque.....	34
Figure 20 : Effort de pêche global des barques de la lagune de Marchica.....	38
Figure 21 : Evolution du capital investi par barque au niveau de la lagune de Marchica en (MAD).....	40
Figure 22 : Evolution des valeurs des charges variables au niveau de la lagune de Marchica	41
Figure 23 : Evolution des captures Annuelles au cours des années au niveau de la lagune de Marchica.....	42
Figure 24 : Evolution des valeurs des profits mensuels au niveau de la lagune de Marchica .	43
Figure 25 : Evolution de l'effort de pêche global au niveau de la lagune de Marchica.....	44
Figure 26 : Localisation des sites de pêche artisanale au niveau de la lagune de Marchica	50
Figure 27: site de pêche artisanale de la lagune de Marchica, Sidi Ali.....	51
Figure 28 : Nombre de barques par site de pêche de la lagune de Marchica.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 29 : Engins de pêche les plus utilisés au niveau de la lagune de Marchica (Palanza et Trémail) (Sidi Ali).....	56
Figure 30: Schéma Récapitulatif du système d'intégration de la pêche artisanale.	61
Figure 31 : Analyse des espèces au niveau du laboratoire	67

Figure 32 : Espèces capturés au niveau du site Sidi Ali (Marchica).....	69
Figure 33 : Sole sénégalaise, <i>Solea senegalensis</i> , (LT = 201 mm). Specimen capturé le 12 Juillet 2018 au niveau de la lagune de Marchica.	73
Figure 34 : <i>Solea senegalensis</i> , (TL = 201 mm) capturé le 12 juillet 2018 dans la lagune de Marchica (détail de la nageoire pectorale)	73
Figure 35 : Diagram of sampling protocol.	85
Figure 36 : Species identification and metrics measurements in laboratory.....	85
Figure 37 : Total number (%) of by-caught individuals in the Marchica lagoon.....	88
Figure 38 : Different bycatch species.....	90
Figure 39 : Number of by-caught individuals for the non-commercial and juveniles part, per species & gears, using Trammel net and Palanza.	91
Figure 40 : Number of by-caught individuals for the Crustaceans and Rays per species & gears, using Trammel net and Palanza.	91
Figure 41 : Protocole suivi pour l'élaboration des questionnaires.	102
Figure 42 : Graphe des pourcentages des mentions des différents types de pratiques illégales.	104
Figure 43 : capture du Mérou de la Marchica. Figure 44 : capture des concombres de mère de la Marchica.....	105
Figure 45 : Exploitation légale des algues au niveau de la lagune de Marchica. a) unité d'Algoculture au niveau du site Bouarg. b) Culture et récupération des algues. c) Séchage et stockage des algues récupérés.....	105
Figure 46 : Capture de l'engin Palanza.	106
Figure 47 : Palanza « Mailla serra ».....	107
Figure 48 : La pêche en utilisant l'engin prohibé « BOLLICHI ».	108

Figure 49: Geographical position of the Marchica lagoon within the Mediterranean Sea.B.. The Marchica lagoon; Red points: stations where <i>C. sapidus</i> was found.....	117
Figure 50 : Map showing the localization of the study sites; (A) Marchica Lagoon; (B) Merja Zerga lagoon and (C) Khnifiss lagoon. Black triangles: localities where the blue crab <i>C.sapidus</i> was sampled.	119
Figure 51 : <i>C.sapidus</i> specimens collected at the Marchica lagoon, Mediterranean coast of Morocco. (A) male, dorsal view; (B) female, dorsal view; (C) male, ventral view; (D) male, detail of gonopods.	122
Figure 52 : <i>C. sapidus</i> specimens (males, dorsal view) collected at Merja Zerga (A) and Khnifiss (B) lagoons, Atlantic coast of Morocco.....	124
Figure 53 : Haplotypes network of <i>C.sapidus</i> using Cytochrome c oxidase subunit I marker. The area of each circle is proportional to the number of collections exhibiting that haplotype. Each bar in the network represented one mutational step	125
Figure 54 : Spreading of <i>Callinectes sapidus</i> in the European North-Eastern Atlantic (orange dots) and in Mediterranean, Black Sea and Sea of Azov (green dots), based on the dates of first published records per country. The map shows also in detail the dates of records along the African Atlantic coast (blue dots), highlighting the first and southern-most records of <i>C. sapidus</i> reported in the present work (red arrows).	126
Figure 55 : Egg-bearing female <i>C.sapidus</i>	137
Figure 56 : Size structure of blue crab caught in the Marchica lagoon, Morocco.	137
Figure 57: Reduction of well being (up); changes in activity size (down).	139
Figure 58 : Crabs entangled in the net	139
Figure 59 : Example of injury caused by blue crab	140

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Tranche d'âge (en années) de la population des pêcheurs	30
Tableau 2 : Expérience (en années) des pêcheurs	31
Tableau 3 : Capital investi en (MAD) par moyen de production et par barque.....	32
Tableau 4 : Capital investi par site en (MAD)	32
Tableau 5 : Valeurs des charges fixes par barque.	33
Tableau 6 : Production moyenne par barque et par sortie.....	35
Tableau 7 : Production globale de la pêche artisanale de la lagune de Marchica en 2017	36
Tableau 8 : Valeur des coûts et profit d'une unité de production en (MAD)	36
Tableau 9 : Effort de pêche global estimé par mois dans la lagune de Marchica.	37
Tableau 10 : Capital investi en (MAD) dans la lagune de Marchica au cours des années.....	40
Tableau 11 : Valeurs des charges de production au niveau de la lagune de Marchica	41
Tableau 12 : Valeurs de la productivité au niveau de la lagune de Marchica.....	42
Tableau 13 : Valeurs de l'effort de pêche global au niveau de la lagune de Marchica.....	43
Tableau 14 : Nombre de barques par sites de la lagune de Marchica.	53
Tableau 15 : Nombre de marins par barque au niveau des sites de la lagune de Marchica	54
Tableau 16 : Caractéristiques techniques des barques de la lagune de Marchica.	55
Tableau 17: Espèces capturés par Palanza et Trémail annuellement.	58
Tableau 18 : Mesures et paramètres des espèces recensées de la lagune de Marchica. N est la taille de l'échantillon ; Min. et Max. sont Minimum et Maximum des longueurs totales en cm; a et b sont les paramètres de la relation longueur/poids ; r^2 est le coefficient de détermination.....	71

Tableau 19 : Mesures morphométriques (en Mm) et dénombrement méristiques de spécimens de la sole sénégalaise <i>Solea senegalensis</i> Kaup capturé dans la lagune de Marchica (Maroc).....	74
Table 20 : Total number of sites covered by the study program per year	87
Table 21 : Number of by-caught individuals per species & engines(per year).....	89
Table 22 : List of by-caught fishes reported from Marchica lagoon (2018). IUCN Red List Status: CR-Critically Endangered; VU-Vulnerable; NT-Near Threatened; LC-List Concern; DD-Data Deficient; NE-Not Evaluated; EN- Endangered.	92
Tableau 27 : Pourcentage % des mentions des pratiques illégales par la communauté des pêcheurs.....	103
Table 23 : List of country and GenBank accession number for sequences used in the analysis.	120
Table 24 : Biometric measurements of <i>C.sapidus</i> specimens from the Marchica, Merja Zerga and Khnifiss lagoons. CL: Carapace length; CW: Carapace width; WT: Body weight.	124
Table 25 : Description of the scale for classifying the socio-economic impacts of exotic taxa (SEICAT) according to observed changes (Bacher, S et al., 2018)	136
Tableau 26 : Biometric characteristics of blue crab in Marchica lagoon	138

Table des matières

Dédicaces	i
Remerciements	ii
Abstract	iv
Résumé	v
Liste des abréviations.....	vi
Liste des Figures	viii
Liste des Tableaux.....	xii
Table des matières	xiv
Introduction Générale.....	1
Chapitre I: Synthèse bibliographique	5
I. Les lagunes côtières	6
I.1. Description des lagunes côtières	6
I.2. Origine des lagunes côtières	7
II. Les lagunes Méditerranéennes.....	8
II.1. Définition	8
II.2. Classification des lagunes	8
II.3. Problématique des lagunes	9
III. Présentation de la lagune de Marchica	11
III.1. Situation géographique.....	11
III.2. Climat	12
III.3. Bathymétrie	15
III.4. Historique de la passe.....	16
III.5. Sédimentologie.....	20
III.6. Biodiversité de la lagune	20

III.7. Activités socioéconomiques	21
Partie I : Etude socioéconomique, description de la pêche artisanale et exploitation de la diversité des poissons dans la lagune de Marchica de Nador.....	23
Chapitre II : Étude socioéconomique de la pêche artisanale dans la lagune de Marchica	24
I. Introduction	25
II. Matériels et méthodes	25
II.1. Déroulement des enquêtes.....	25
II.2. Indices socioéconomiques.....	27
II.3. Estimation de l'effort de pêche et de la capture.....	29
III. Résultats.....	29
III.1. Aspects sociaux	29
III.2. Indices économiques	31
III.3. Estimation de l'effort de pêche	37
IV. Discussion.....	38
V. Conclusion.....	44
Chapitre III : Description de l'activité de la pêche	46
I. Introduction	47
II. Matériel et méthodes	48
II.1. Déroulement des enquêtes.....	48
III. Résultats.....	49
III.1. Sites de la pêche artisanale de la lagune.....	49
III.2. Description de l'activité de la barque.....	52

IV.	Discussion.....	58
V.	Conclusion.....	60
Chapitre IV : Diversité et caractéristiques biologiques des poissons à intérêt commercial dans la lagune la Marchica..... 62		
I.	Résumé.....	63
II.	Introduction	65
III.	Matériels et méthodes	66
III.1.	Echantiollannage	66
III.2.	Mesures morphométriques	66
III.3.	Analyse des données	67
IV.	Résultats.....	68
IV.1.	Etude biologique de 32 espèces de poissons de la Marchica	68
IV.2.	Etude de la diversité biologique ; Cas de <i>Solea senegalensis</i>	72
V.	Discussion.....	74
VI.	Conclusion.....	76
Partie II : Menaces de l'activité de pêche sur les ressources halieutiques de la lagune de Marchica 77		
Chapitre V: Study of the bycatch in the Marchica lagoon (Mediterranean, Morocco) .. 78		
I.	Resumé.....	79
II.	Introduction	81
III.	Material and methods	83
III.1.	Study area.....	83
III.2.	Sampling method.....	83

III.3.	Data sources	86
III.4.	Study of Litter Marine.....	86
IV.	Results	87
V.	Discussion.....	94
VI.	Conclusion.....	97
Chapitre VI : La pêche Illicite, Non déclarée et Non règlementaire (INN)		98
	Résumé	99
I.	Introduction	100
II.	Matériel et méthodes	101
III.	Résultats.....	102
IV.	Discussion.....	108
V.	Conclusion	111
Partie III : Invasions biologiques et interaction avec les activités de pêche dans la lagune de Marchica: cas du crabe bleu <i>Callinectes sapidus</i>		112
Chapitre VII: Etude de l'invasion biologique du crabe bleu Americain (<i>Callinectes sapidus</i> Rathbun, 1896), sur les côtes Atlantico-Méditerranéennes du Maroc		113
	Resumé	113
I.	Introduction	115
II.	Material and methods	117
III.1.	First occurrence of the American blue crab <i>C.sapidus</i> on the Mediterranean coast of Morocco	117
III.2.	First and southern-most records of the American blue crab <i>C.sapidus</i> Rathbun, 1896 (Decapoda, Portunidae) on the African Atlantic coast.....	118
III.3.	Crab's identification and sampling	119

III.4.	Literature review	120
III.5.	DNA isolation, amplification and sequencing	120
III.	Results	121
IV.1.	Occurrence of the American blue crab <i>C.sapidus</i> on the Mediterranean coast of Morocco (Article1).....	122
IV.2.	First and southern-most records of the American blue crab <i>C.sapidus</i> Rathbun, 1896 (Decapoda, Portunidae) on the African Atlantic coast (Article2).....	123
IV.	Discussion.....	126
V.	Conclusion	128
Chapitre VIII: Using the new SEICAT methodology to study the socio-economic impacts of the American blue crab <i>C. sapidus</i> from Marchica lagoon, Morocco.....		130
	Résumé.....	131
I.	Introduction	133
II.	Material and method	134
III.1.	Description of the study site.....	134
III.2.	Biological material	134
III.3.	Statistical analysis	135
III.	Results	136
IV.	Discussion.....	140
V.	Conclusion	141
Conclusion générale		143
Références		147

Introduction Générale

Les lagunes côtières occupent 13% des étendues côtières mondiales (Cromwell, J. E., 1971). Ces hydrosystèmes, situés à l'interface Terre-Mer et séparés du milieu marin par un cordon littoral (Pinot, J. P., 1998), sont connus par leurs richesses et sont considérés, en moyenne, deux fois plus productives que les systèmes marins côtiers (Chauvet, C., 1988). Ceci est principalement dû au fait que les lagunes, contrairement aux domaines fermés, constituent un milieu protégé plus facile à exploiter et à aménager (Chauvet, C., 1988). Les lagunes côtières sont connues par leurs activités de pêche traditionnelles telles que la pêche artisanale et la conchyliculture, occupant une place de premier rang dans l'économie régionale, puisqu'elles constituent la première source de vie du pêcheur méditerranéen (F.A.O., 1981).

Au Maroc, la pêche artisanale dans les lagunes côtières est d'une grande importance socioéconomique pour les artisans, notamment dans les villes nord du Royaume (Idrissi, I. M et al., 2003). Au niveau de la lagune Méditerranéenne de Marchica, l'aspect social des activités de pêche est d'importance particulière. En effet, cette activité est génératrice d'emploi direct et indirect pour une catégorie de population très marginalisée. Souvent, des conflits d'intérêts et d'usages sont engendrés au niveau de ces écosystèmes et, par conséquent, participent à sa vulnérabilité (Idrissi, I. M et al., 2003).

La lagune est connue par sa richesse biologique avec plus de 200 espèces répertoriées (Kada, M et al., 2009). Les investigations scientifiques concernant l'exploitation des ressources halieutiques au niveau de ce site datent de plus de 100 ans (Aledo, J. F., 1908). D'autres études se sont intéressées à différents domaines, telle que sédimentologie, contamination métallique, l'écologie, biologie, biodiversité, socio-économie et invasions biologiques (Najih, M et al., 2015 ; Zerrouqi, Z. et al., 2013 ; Selfati, M. et al., 2017 ; Chaouni, B et al., 2022 ; Kamcha, R. E et al., 2020 ; Benghait, Y., & Blaghen, M., 2022 ; Oujidi, B et al., 2021).

La surexploitation des ressources naturelles est un phénomène courant à l'échelle mondiale. L'accroissement de la population, et par conséquent, l'argumentation de la demande, exerce des pressions de plus en plus croissantes, notamment sur les ressources halieutiques reconnues traditionnellement comme des produits de haute qualité nutritive. Cette réalité reste valable à l'échelle locale au niveau de la lagune de Marchica où la population de la ville de Nador est passée de 684 000 en 1994 à 761 000 en 2014 (HCP, 2014). Pour répondre au besoin local, la flottille opérante sur le site de Marchica a connu aussi une augmentation remarquable. En effet, environ 400 barques sont actuellement opérationnelles contre 300 en 2001.

En termes des captures, plus de 1000 tonnes de poissons ont été pêchés dans la lagune de Marchica en 2011 (Najih, M et al., 2015), soit un rendement moyen de 100 kg/ha/an, valeur légèrement supérieure à la moyenne des lagunes méditerranéennes qui est de 86,06 kg/ha/an (Pérez-Ruzafa, A et al., 2007). La pêche artisanale au niveau de la lagune de Marchica dépend principalement de deux engins de pêche, la Palanza et le Trémil. La pêche au Trémil se fait toute l'année et cible plusieurs espèces notamment la Sèche, la Dorade, le Sar, le Poulpe, le Loup bar, le Marbré. Cette pêche se déroule en deux périodes de l'année : à partir de septembre jusqu'à décembre et ensuite à partir d'avril jusqu'à juin. Il s'agit d'un engin passif non sélectif, ce qui induit des pêches accessoires non désirées et, par conséquent, une dégradation des ressources halieutiques.

Cette situation, qu'on considère alarmante, est accentuée par l'absence de plans de gestion des captures et par la dominance de mauvaises pratiques de pêche. En ce qui concerne les espèces à vie courte, la gestion est encore plus délicate à cause de leurs extrêmes sensibilités à la variabilité de l'environnement (Dia, B. O et al., 1996) ; ce qui se traduit par la suite par des fluctuations interannuelles dans les débarquements.

Par ailleurs, les lagunes méditerranéennes constituent des systèmes particulièrement intéressants pour étudier les invasions biologiques marines, grâce à leurs connexions à deux remarquables régions biogéographiques (Océan Atlantique et la Mer rouge). La Méditerranée est susceptible à des invasions par des organismes adaptés à des conditions environnementales différentes qui possèdent des histoires évolutives différentes (Breton, F et al., 1997). En vue de l'accélération dramatique de l'introduction de ces espèces invasives, la Méditerranée est considérée comme un vrai hotspot pour les invasions biologiques (Mannino, A. M et al., 2017).

Devant cette situation, il est important de réaliser un plan d'aménagement en étudiant et en intégrant les caractéristiques biologiques, écologiques, qui influencent la dynamique des espèces ichthyologiques (espèces exploitées) dans la lagune de Marchica et étudier les menaces qu'affrontent la lagune face à l'accroissement de la pression de pêche et les changements environnementaux.

Compte tenu de l'importance de la lagune de Marchica sur les plans écologiques, économique et touristique, ce travail a pour objectif ultime d'entreprendre une actualisation des données socioéconomiques, une étude biologique des caractéristiques de la pêche artisanale et des impacts des espèces non-indigènes invasives sur les activités de pêche.

Après une introduction générale, qui met en évidence les raisons et les motivations pour la réalisation du présent travail de recherche, suivi d'une présentation bibliographique de la lagune de Marchica (**Chapitre I**), ce manuscrit de thèse est structuré en trois parties :

La première partie a pour but d'étudier l'importance socioéconomique de la pêche artisanale et la biodiversité des ressources halieutiques de la lagune. Elle comprend trois chapitres qui se proposent d'actualiser les données socioéconomiques relative à l'activité de pêche dans la lagune de Marchica (**Chapitre II**), de décrire l'activité de la pêche et de la barque (**Chapitre III**) et de réaliser une étude biologique des espèces à intérêt commercial dans la lagune de Marchica (**Chapitre IV**).

La deuxième partie est consacrée à l'étude de menaces actuelles sur la pêche artisanale dans la lagune de Marchica. Elle est composée de deux chapitres qui se rapportent à l'étude des rejets de pêche dans la lagune de Marchica (**Chapitre V**), et l'étude de la pêche (INN) Illicite, Non réglementaire et Non autorisée dans la lagune de Marchica (**Chapitre VI**).

La troisième partie étudie les invasions biologiques (cas du crabe bleu, Américain) et leur interaction avec les activités de pêche dans la lagune de Marchica. Cette partie est divisée en deux chapitres, dont le premier étudie l'invasion biologique du crabe bleu *Callinectes sapidus*, au niveau de la Méditerranée et sur les côtes de l'Atlantique du Maroc (**Chapitre VII**). Le deuxième chapitre de cette partie évalue l'impact du crabe bleu en utilisant la nouvelle méthodologie SEICAT (**Chapitre VIII**).

Le manuscrit se termine par une conclusion générale rappelant les principaux résultats obtenus au terme de nos recherches et des perspectives de recherche pour une pêche durable dans la lagune de Marchica.

Chapitre I: Synthèse bibliographique

I. Les lagunes côtières

I.1. Description des lagunes côtières

Les lagunes côtières sont des écosystèmes d'eau de faible profondeur (Chauvet, C., 1988 ; Karim, B. M., 2005 ; Trut, G et al., 2014) qui sont séparées de la mer par un cordon littoral sédimentaire appelé « Lido ». Ces milieux sont connectés à la mer, parfois de façon intermittente, soit par une ou plusieurs ouvertures étroites (Kjerfve, B., 1994). Elles sont formées sous l'action des houles au-dessus du niveau des marées et allongées parallèlement à la ligne du littoral (Ludovic, C., 2006 ; Andreu-Boussut, V et al., 2008 ; Vianello, A et al., 2013). Ces écosystèmes sont largement répandus et se trouvent sur toutes les latitudes, depuis le domaine arctique jusqu'à la zone tropicale (**Figure 1**), occupant approximativement 13% des côtes mondiales (Barnes, R. S. K., 1980 ; Nixon, S. W., 1982).

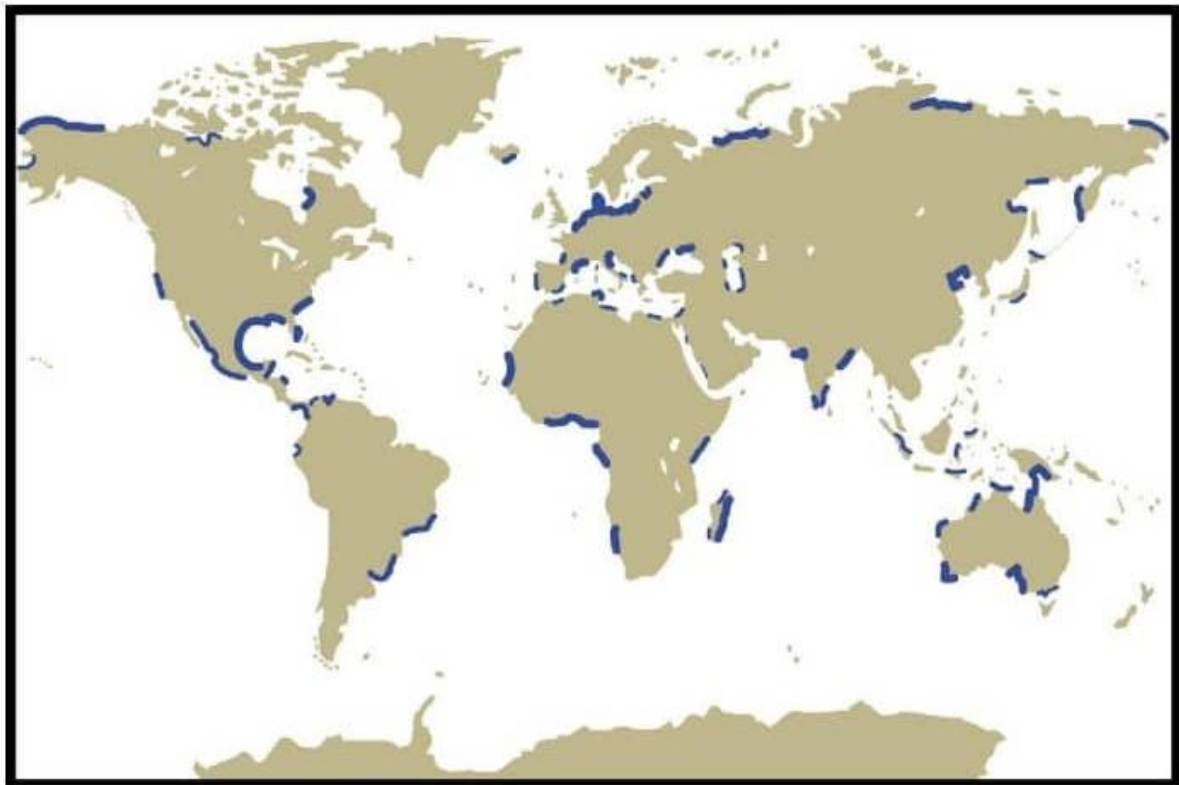


Figure 1 : Distribution des milieux lagunaires sur les côtes mondiales (Loup, J., & Larras J., 1966 ; Nichols, M., & Allen, G., 1981).

Les lagunes côtières sont très connues par leurs richesses biologique et écologique ainsi que par leur forte productivité (Costanza, R et al., 1997 ; Mohit, B., 2014). Ceci est favorisé par leur important taux de production primaire qui est dû en particulier à la présence des phytoplanctons, des algues macrophytes et aux herbiers aquatiques qui constituent leurs grandes réserves en matière organique. Par ailleurs, les lagunes côtières se caractérisent par une diversité d'habitats

offrant des niches écologiques pour plusieurs espèces aquatiques et constituent des milieux favorables en tant que refuges, lieu de reproduction pour plusieurs espèces (Villanueva, M. C et al., 2006). À cet effet, les lagunes sont considérées comme des « nurseries » pour de nombreuses espèces marines et/ou saumâtres et certains oiseaux migrateurs (Razinkovas, A et al., 2008). Aussi, les lagunes côtières sont des sources importantes pour les loisirs et l'écotourisme (Gonenc, I. E., & Wolflin, J. P., 2004 ; Lopes, R., & Videira, N., 2013). Elles ont aussi une grande valeur socioéconomique, puisqu'elles supportent en premier lieu des activités de la pêche et d'aquaculture (Chauvet, C., 1988 ; Bertino, L., 2001 ; Sif, J et al., 2012 ; Newton, A et al., 2014).

I.2. Origine des lagunes côtières

Il existe plusieurs hypothèses pour expliquer l'origine de la formation des lagunes côtières. Au cours du XIX^{ème} siècle, Davis Jr, R. A., & FitzGerald, D. M. (2009) proposent trois théories scientifiques pour expliquer les mécanismes à l'origine de la formation des lagunes. La première hypothèse s'appuie sur le concept d'émergence des barres sédimentaires sous-marines, la deuxième hypothèse est basée sur le concept d'accroissement de flèches sableuses et la dernière est fondée sur le concept de la submersion du cordon dunaire (**Figure 2**).

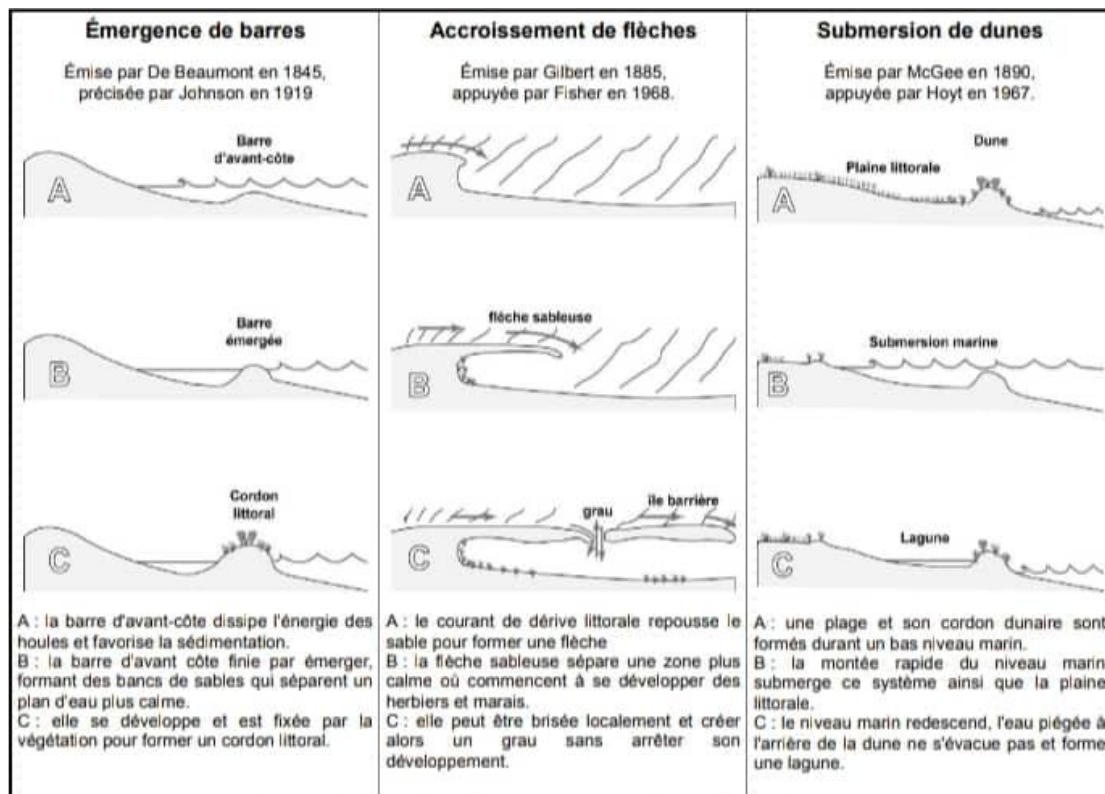


Figure 2 : Les trois théories de base expliquant la formation des lagunes (Davis Jr, R. A., & FitzGerald, D. M., 2009).

L'origine de la majorité des lagunes actuelles est liée à la remontée du niveau marin et à l'hydrodynamisme littoral durant l'époque de l'Holocène et du Pliocène (Carruesco, C., 1989; Castaings, J., 2012 ; Bouaziz, R., 2022). Actuellement, les études effectuées sur différentes lagunes à l'échelle mondiale distinguent trois types de lagunes. Les premières sont des lagunes de submersion formées par inondation de l'arrière d'un cordon dunaire, dont le processus est lié à une remontée rapide du niveau marin suivie d'une légère régression. Les deuxièmes types sont des lagunes d'origine sédimentaire qui combinent les processus d'émergence de barres sous-marines et le développement latéral de flèches. Ce système se met en place sous des conditions de montée lente du milieu marin et d'apports sédimentaires importants. Les derniers types de lagunes tectoniques sont formés par l'effondrement d'une partie de la zone côtière alors envahie d'eau. Ces dernières sont en général plus profondes que les autres types de lagunes. Les lagunes d'origine sédimentaire sont les plus fréquentes. L'origine des lagunes est ainsi liée aux changements naturels de l'influence des facteurs chimiques, physiques, géologiques, mouvement eustatiques holocènes et climatiques (Martin, L., & Dominguez, J. M. L., 1994 ; Irzi, Z., 2002).

II. Les lagunes Méditerranéennes

II.1. Définition

Au niveau de la Méditerranée, les lagunes sont largement répandues, avec environ 400 lagunes occupant une superficie de 6 400 km² (Cataudella, S., Crosetti, D., & Massa, F., 2015). La majorité de ces lagunes sont peu profondes avec un maximum de 3 m de profondeur. D'autres sont plus profondes avec des profondeurs de 4 m et plus. La plupart des lagunes ont une origine sédimentaire et se sont formées durant la transgression marine Holocène. Par contre, certains étangs ont une origine tectonique préexistante sur laquelle s'est construit le lido qui s'est formé à partir des cordons littoraux qui ont évolués depuis l'état de bancs sableux en îles barrières. En effet, plusieurs auteurs considèrent que les lagunes saumâtres sont généralement localisées dans la rive nord alors que celles marinisées se trouvent souvent dans la rive sud de la Méditerranée (Brusle, J., & Cambrony, M., 1992 ; Pampoulie, C., 1999). Cependant, chaque lagune possède une histoire avec des caractéristiques différentes qui sont liées aux communautés vivantes, l'hydrologie, la physionomie et la géomorphologie de chaque bassin (Bensettiti, F et al., 2004).

II.2. Classification des lagunes

La classification des lagunes méditerranéennes en type caractéristiques a été proposée par Nichols, M., & Allen, G., (1981) en quatre catégories (**Figure 3**) :

- Les lagunes estuariennes : aires où les courants de marées et les courants fluviaux agissent avec les mêmes intensités ;
- Les lagunes ouvertes : se caractérisent par des marnages très importants et peuvent draguer leurs propres passes, nommé auto-dragage, en maintenant une alimentation en permanence par les eaux de mer ;
- Les lagunes semi-fermées : contrairement aux précédentes, le marnage n'est pas assez fort pour laver les matériaux apportés par la dérive côtière jusqu'au niveau du Grau. Par conséquent, les apports de la dérive littorale tendent à colmater les passes, ce qui nécessite une intervention humaine comme dans le cas dans la lagune de Marchica.
- Les lagunes fermées : comme son nom l'indique, ce sont des étangs séparés, isolés de la mer par l'interposition d'un cordon littoral se caractérisant par l'absence de courants de marée

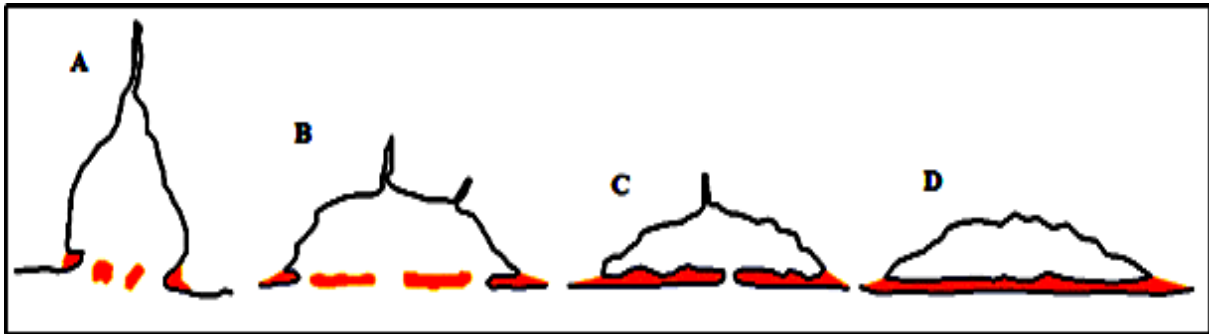


Figure 3 : Classification des lagunes selon (Nicholas, T., 1981). **A** : lagune estuarienne, **B** : lagune ouverte, **C** : lagune semi fermée, **D** : lagune fermée.

Ces écosystèmes créés par le mélange des eaux marines et continentales forment des systèmes uniques et exceptionnellement riches biologiquement et écologiquement, offrant des habitats particuliers pour la faune (Green-Ruiz, C., & Pérez-Osuna, F., 2001).

II.3. Problématique des lagunes

Les lagunes sont soumises à des pressions naturelles et anthropiques qui modifient leurs caractéristiques et créant un déséquilibre écosystémique, menaçant la vie de plusieurs espèces qui vivent dans ces milieux (Mallard, F. 2014). D'une part, l'évolution naturelle des lagunes peut modifier négativement leur situation avec deux modes d'évolution antagonistes envisageables : soit le comblement ou bien la submersion. La limite entre ces deux types d'évolution est étroite et dépend de la vitesse de remontée du niveau marin et de la vitesse de sédimentation dans le milieu. La lagune subira un comblement dans le cas où la montée du niveau marin est inférieure au taux de sédimentation (**Figure 4**). Dans le cas contraire, la lagune

subira une submersion du milieu qui fera reculer la surface des terres émergées et transformera la lagune en milieu marin.

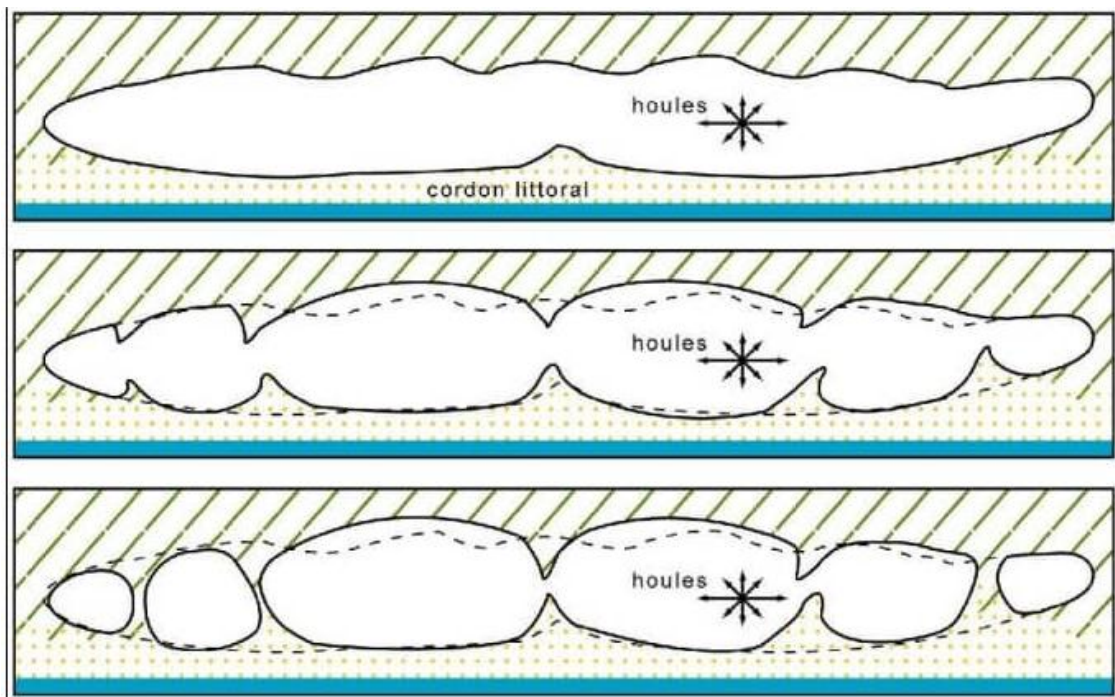


Figure 4 : Segmentation d'une lagune en plusieurs bassins (Zenkovitch, V. P., 1959).

Par ailleurs, les lagunes souffrent de la pollution causée par les activités anthropiques. Les apports telluriques sont chargés par des xénobiotiques qui ont des effets néfastes sur la croissance, développement et la survie des juvéniles, créant ainsi des perturbations de ces écosystèmes (Gillieres et al., 2006). En outre, plusieurs changements au niveau des lagunes ont été créés par l'homme tel que la construction des infrastructures portuaires, l'encrochement artificiel et l'endiguement. Ces interventions humaines entraînent une modification des caractéristiques environnementales du milieu qui se manifeste par la destruction d'habitats, une modification des débits, de la salinité et de la turbidité. Les activités de dragage sont la cause principale de la mortalité des juvéniles et provoquent la destruction de certains de leurs habitats, affectant ainsi le recrutement des populations concernées (Gibson, R. N., 1994 ; Jones, E. S., 2002 ; Le Pape, O et al., 2007). Or, certaines de ces populations, présentent une grande importance économique. En définitive, que le phénomène soit la cause d'une évolution naturelle ou d'activités humaines, les conséquences écologiques et économiques de ces modifications sont souvent considérables.

III. Présentation de la lagune de Marchica

III.1. Situation géographique

La lagune de Marchica, petite mer en espagnol, située au Rif à proximité des agglomérations de Nador et de Melilla, est la deuxième plus grande lagune d'Afrique du Nord et l'unique lagune à la Méditerranée Marocaine (Guelorget, O et al., 1983). Elle s'étend sur une superficie de 115 km², avec 25 km de long et 7,5 km de large. Elle est bordée au nord-ouest par le Cap des Trois Fourches et au sud-est par le Cap de l'Eau, plus précisément entre les latitudes 35°14'N et 35°05'N et entre les longitudes 002°56'W et 002°44'W. Cette lagune a une profondeur maximale d'environ 8 mètres (Zine, N. E., & Menioui, M., 1992). Elle est séparée de la mer Méditerranée par un cordon dunaire orienté NO-SE et occupant une bande côtière de 25 km de long, de 0,3 à 1,5 km de large (Lido) et d'une superficie de 760 ha. Cette lagune forme un bassin ovale allongé parallèlement à la côte avec une ouverture artificielle (300 m de large et 6 m de profondeur) qui permet l'échange d'eau (**Figure 5**). La lagune de Marchica est classée en tant que microtidale selon la classification de Hayes, M. O. (1975), anti-estuarienne selon Postma (1969) et semi-fermée selon Nichols, M., & Allen, G. (1981).

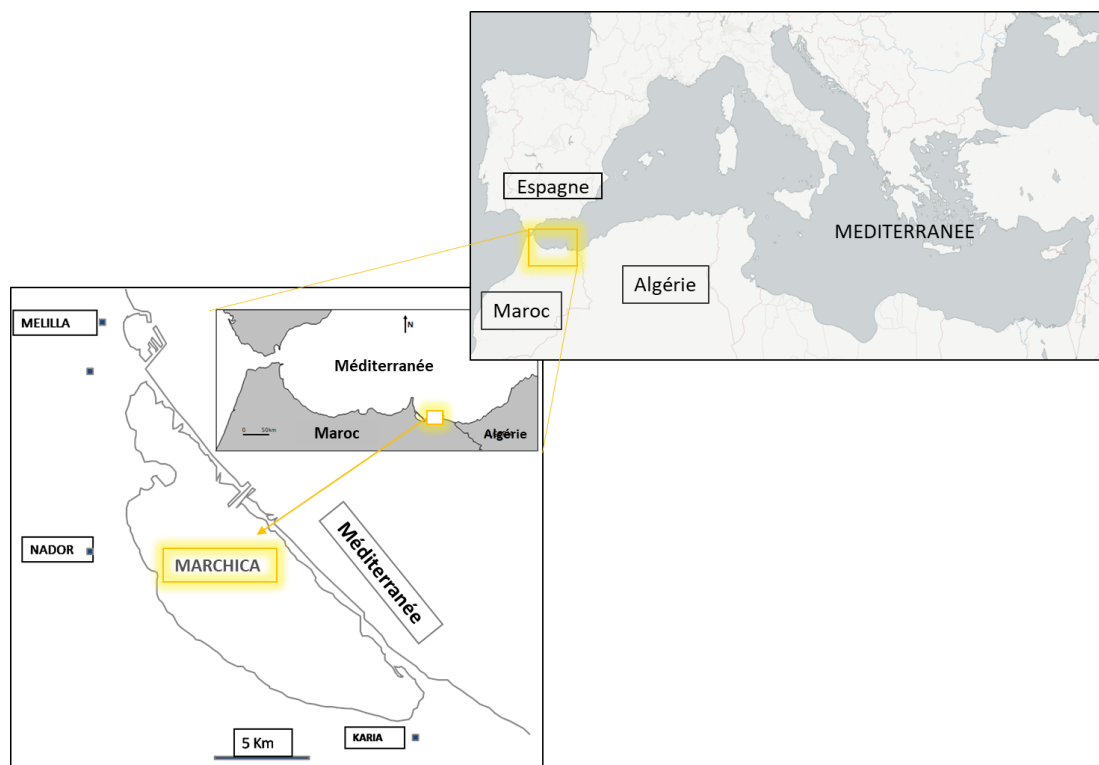


Figure 5 : Localisation de la lagune de Marchica sur la côte méditerranéenne du Maroc.

La lagune est bordée de son côté Nord-Ouest par le massif volcanique du Gourougou, de son côté W-SW par le massif de Beni-Bou-Iffrou et la plaine de Bou-Areg et au SE par le massif

de Kibdana. L'histoire géologique de la lagune Nador commence au Jurassique par la formation des deux massifs de Kibdana et Beni-Bou-Iffrou (Zainab, D et al., 2014). Plus précisément, au Miocène moyen, un épaissement crustal au niveau de la plaine de Bou-Areg est produit suite au chevauchement latéral de la plaque africaine sur la plaque d'Alboran, suivi par une subsidence. Par la suite, la plaine a connu un envahissement lors de la transgression tortonienne qui a résulté par la déposition des marnes vertes. Au Messinien inférieur, une activité volcanique s'est produite à cause de la collision des deux plaques à laquelle on attribue la formation du massif du Gourougou (NW), qui constitue le fait majeur de l'histoire miocène dans le Rif. Elle a pour effet le soulèvement de l'orogène rifain qui a provoqué la régression définitive de la mer miocène (Morel, J. L., 1989). Ce massif a été formé en parallèle avec un épanchement de laves sur la plaine de Bou-Areg. Cette charge a causé une subsidence suivie de la transgression fine Messénienne qui s'est terminée par la formation des dépôts de marnes grises. Une barre sableuse a probablement été déposée durant le Pliocène qui se caractérise par des dépôts régressifs. Ensuite, le Quaternaire, à influence continentale, est venu marquer des dépôts conglomératiques. Tout cela a produit une charge intense sur le bassin aboutissant à une nouvelle subsidence suivie d'un cycle transgression-régression donnant naissance à la lagune (Guillemin, M., & HOUZAY, J. P., 1982).

Administrativement, la lagune de Marchica fait partie de la province de Nador et appartient à quatre communes : deux urbaines (Nador et Béni Ensar) et deux rurales (Bouarg et Arekmane).

III.2. Climat

Le climat de la lagune de Nador est de type Méditerranéen, avec une période humide (Novembre - Avril) et une période sèche (Juin - Septembre). La pluviométrie est très variable d'une année à l'autre et la moyenne annuelle oscille autour de 400 mm/an, avec une période entièrement sèche entre juin et septembre (**Figure 6**). L'intensité des averses et la faible perméabilité du bassin versant engendrent des ruissèlements qui provoquent une érosion plus ou moins accentuée.

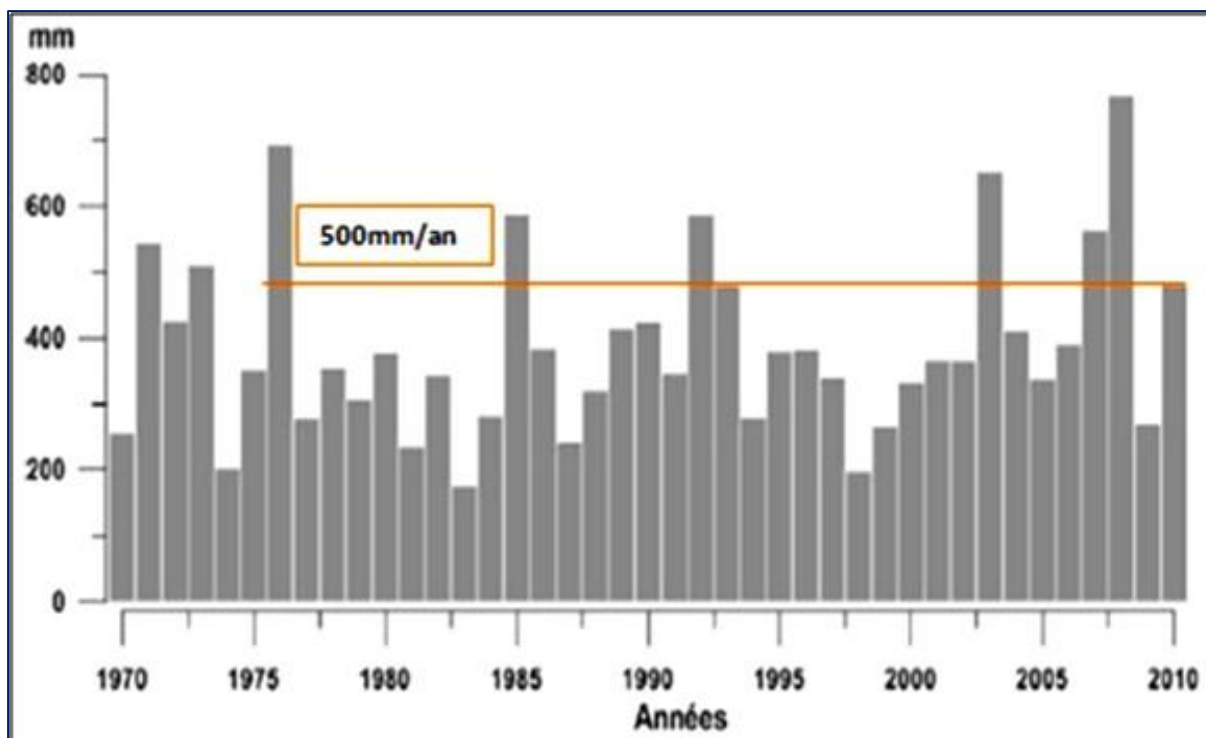


Figure 6 : Précipitations moyennes annuelles de la ville de Nador (1970-2008) ; (Donnés de la station Melilla, <http://www.ecad.euraji/>) (Raji 2014).

L'alimentation en eau douce de la lagune est assurée par les précipitations grâce aux eaux de ruissèlement ou à celles de la nappe phréatique adjacente. L'approvisionnement de celles-ci est assuré par infiltration ou par des résurgences situées aux alentours du bassin lagunaire.

Le régime thermique est relativement peu contrasté. Le mois de janvier est le mois le plus froid de l'année (12,1 °C), alors que le mois d'août reste le mois le plus chaud (25,9 °C). La température moyenne annuelle étant de 18,3°C (**Figure 7**). Le nombre de mois secs, calculé selon la formule de Gausson ($P \leq 2T$), est de 6 à 7 mois. Les températures moyennes mensuelles varient entre 13 °C en janvier et 26° C en août.

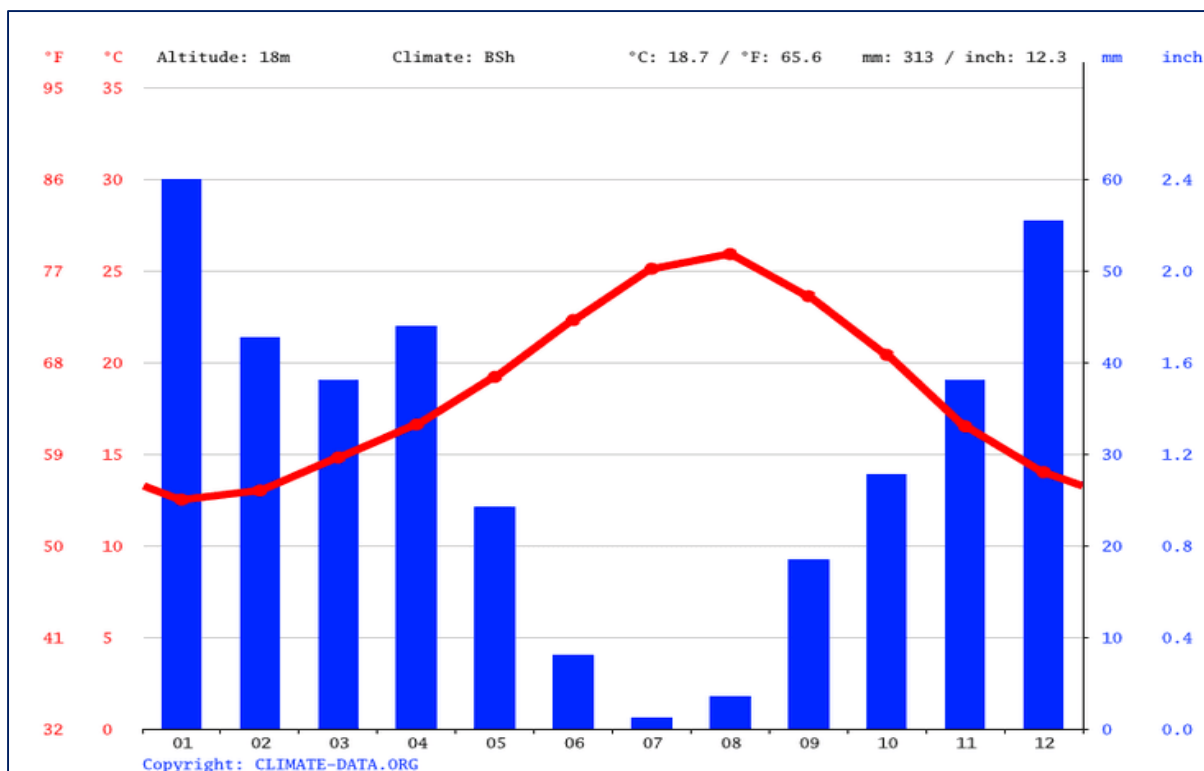


Figure 7 : Diagramme ombrothermique de Nador (1982-2012) (source : Climate-Data.org ; consulté le 18/03/2022 à 14h)

Le régime général des vents est W-SW de novembre à mai (Tesson, M., 1977) et est-nord-Est de mai à octobre. Les vents les plus intenses sont de secteur est-nord-est d'intensité moyenne variant entre 4,6 à 6,2 m/s (Hilmi, K et al., 2005) (**Figure 8**). La région subit également des pressions sahariennes qui sont à l'origine des vents chauds et secs (Chergui et Sirocco). Les montagnes rifaines et les monts de Béni Snassen atténuent respectivement les perturbations provenant de l'atlantique et les vents chauds et secs. Les vents jouent un rôle majeur sur les courants de surface de la lagune tout en contribuant au renouvellement de ses eaux, surtout au cours des événements atmosphériques extrêmes (cas des tempêtes) (Hilmi, K et al., 2005).

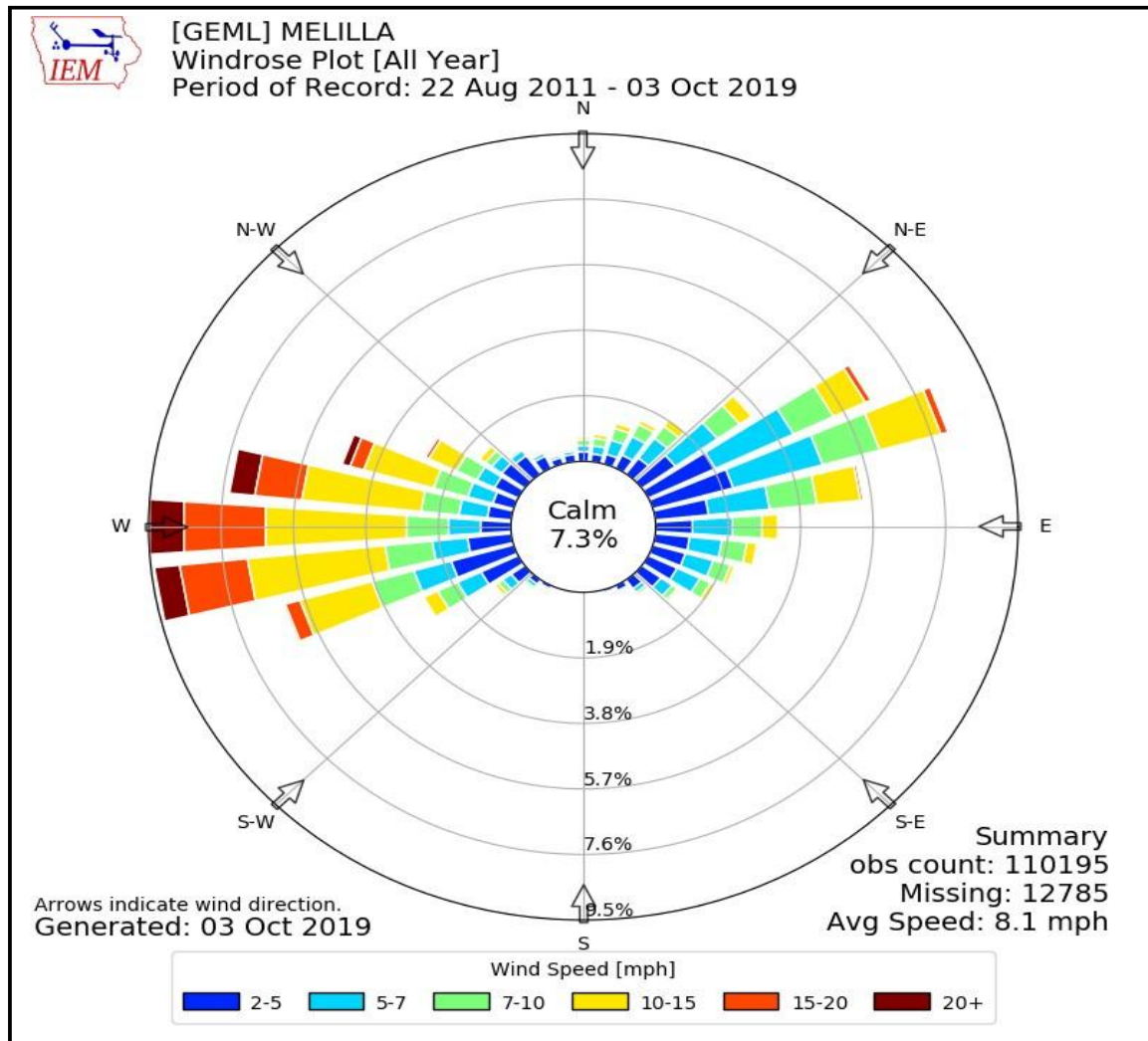


Figure 8 : Rose des vents (2011-2019) dans la région de Mélilla située à 12 Km de Nador. Données de l'aéroport de Melilla (GEM L), disponible en ligne sur le site de l'Iowa Environmental Mesonet. (<https://mesonet.agron.iastate.edu/sites/windrose.phtml?network=ESASOS&station=GEM L>; consulté le 10/06/2020 à 10h00).

III.3. Bathymétrie

La carte bathymétrique de la lagune de Marchica, élaborée par l'Institut National de Recherche Halieutique (INRH) en 2019 (**Figure 9**), montre des isobathes dont les profondeurs augmentent de la côte vers le centre de la lagune avec une profondeur de 6- 8 m et des hauts-fonds en face des anciennes passes dont les étendues sont variables. Des indentations des isobathes sont dues à la présence d'anomalies du côté du lido. La majorité du plan d'eau a une profondeur supérieure à 5 m (Houssa, R., 2002).

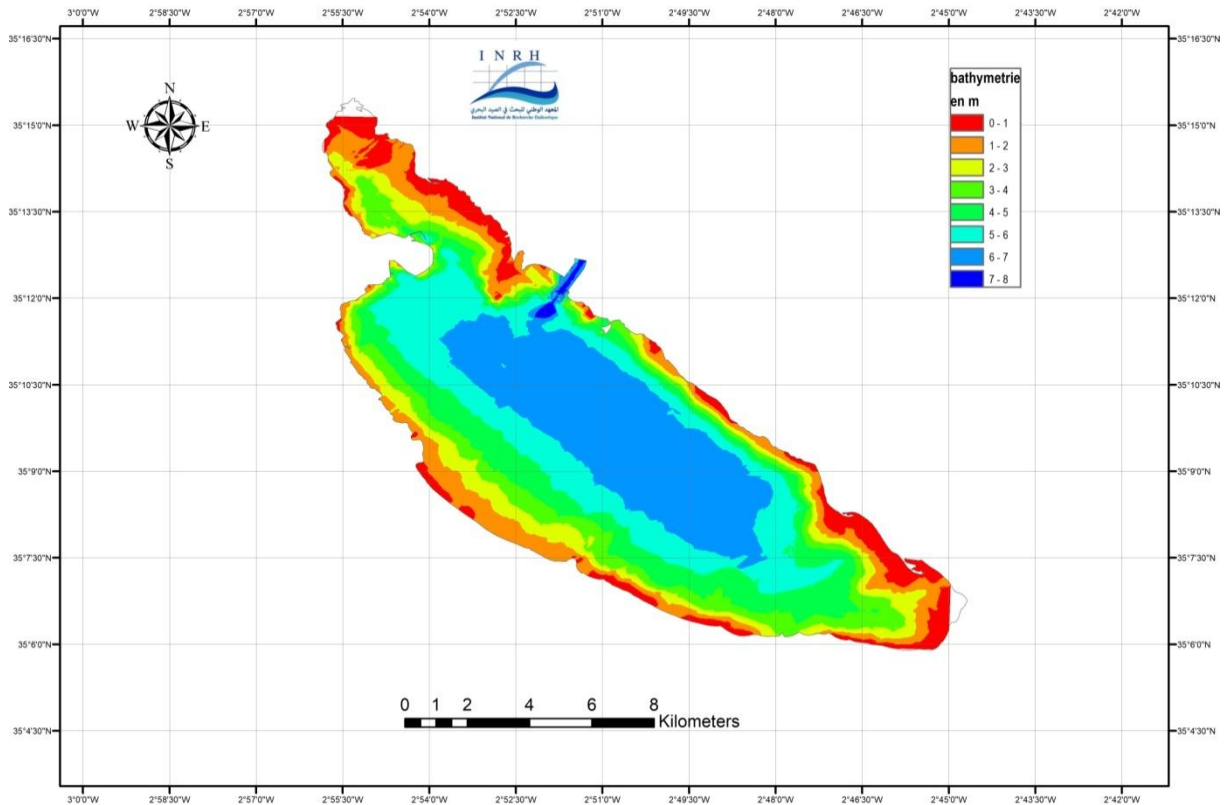


Figure 9 : Carte Bathymétrique récente de la lagune de Marchica (source : INRH/DO/LMOE, 2019).

III.4. Historique de la passe

L’histoire du bassin littoral méditerranéen nord oriental du Maroc est caractérisée par l’influence de la tectonique et du volcanisme. L’histoire commence au Jurassique par la formation des deux massifs de Kebdana et Beni-Bou-Iffrou. Au Miocène moyen, le chevauchement latéral de la plaque africaine sur la plaque d’Alboran a produit un épaissement crustal au niveau de la plaine de Bou-Areg puis une subsidence (Zainab, D. et al., 2014).

La lagune de Marchica est séparée de la mer Méditerranée par un cordon dunaire. La passe actuelle, appelée localement Bokana, est maintenue de manière artificielle et est fonctionnelle depuis 2011 (300 m de largeur et 6 m de profondeur). Cette passe assure la communication des eaux entre les deux faces. L’emplacement de la passe a connu différents changements au fil du temps, induisant à chaque fois une nouvelle dynamique lagunaire (**Figure 10**).

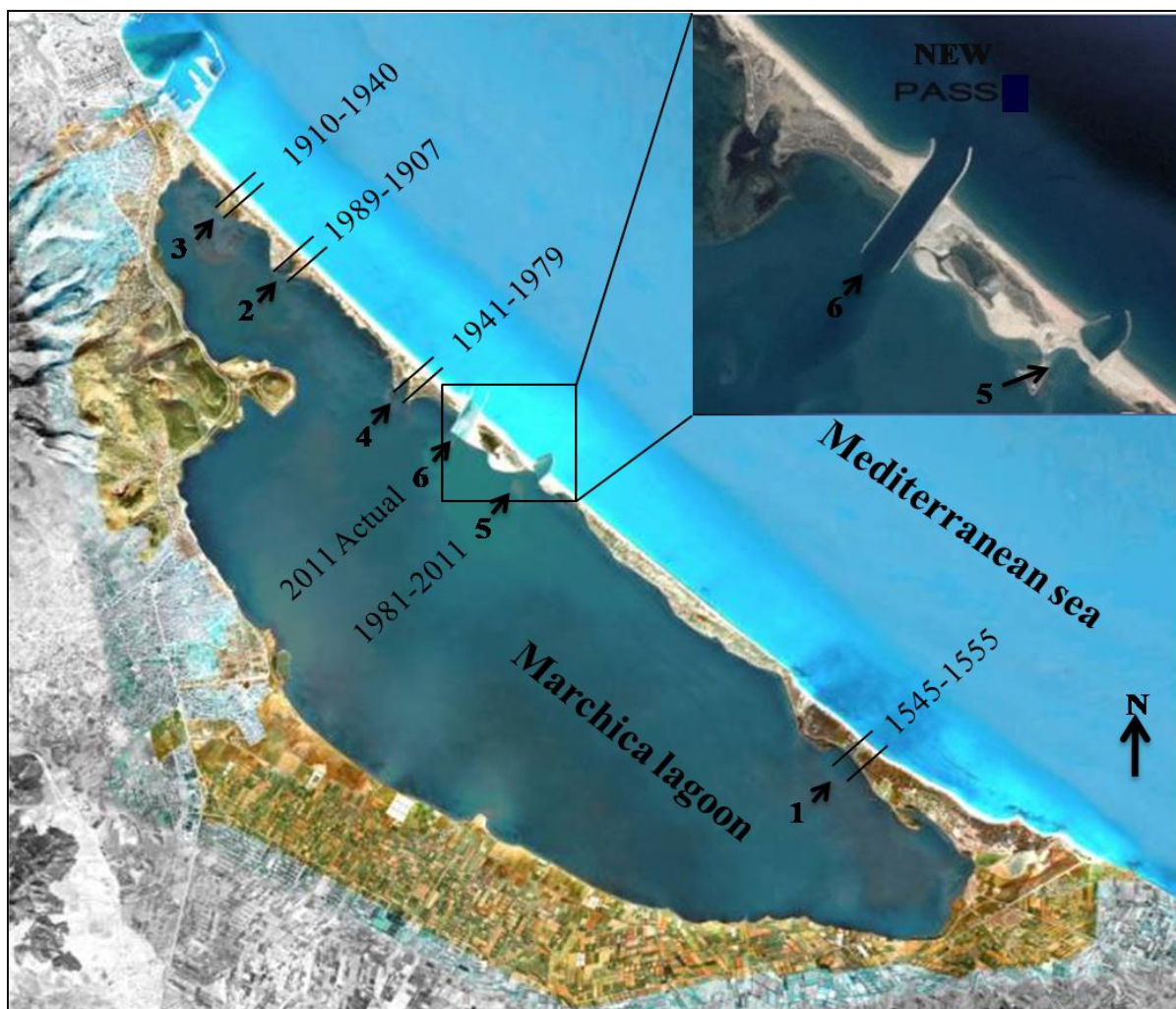


Figure 10 : Localisation des passes entre la mer et la lagune de Marchica (modifiée par Selfati, M et al., 2019)

La lagune était quasiment fermée de 1907 à 1910 (de Buen, O., & Fage, L., 1908). Cette fermeture a fait de la lagune un milieu fermé fonctionnant comme un bassin évaporitique avec un recul important du plan d'eau ; d'où l'originalité de l'appellation « Sebkhha » par la population locale. La communication avec la mer fut rétablie en 1910 par dragage, faisant de cette passe le seul accès navigable à Nador. Suite à la colmatation graduelle de cette passe, une ancienne passe fut à son tour draguée en 1941. Ensuite, en 1981 (ou 1979 selon les auteurs), il y a eu ouverture naturelle d'une passe à la suite d'une tempête et après une fermeture totale de la lagune depuis 1977. Cette dernière passe été presque colmaté en 1993, date à laquelle ont commencé les travaux de stabilisation de la passe par la construction de deux digues de part et d'autre de l'ouverture dans le Lido. Celle-ci a été retransformée en site de pêche aménagé suite à l'ouverture de la nouvelle passe en 2011 (Boyauzan, A., & Irzi, Z., 2016).

III.4.1. Hydrodynamique et renouvellement des eaux de la lagune

L'hydrologie de la lagune de Marchica dépend de trois types de ressources hydriques : les eaux marines, les eaux continentales et les eaux courantes. Les échanges des eaux marines avec la lagune sont conditionnés par la morphologie de la passe et sa position qui a subi des changements au cours du temps ainsi que les marées et les houles. En 1977, Tesson, M. (1977) estime ces échanges, en 77 jours, à une moyenne de 4 millions m³/marée, soit environ 1 500 millions m³/an. À partir de 2010, avec l'ouverture de la nouvelle passe, le séjour de ces échanges est estimé à 25 jours seulement. Les courants de marée sont bidirectionnels et alternatifs. Le marnage à l'intérieur de la lagune est relativement faible. Il est de 0,5 à 0,6 m en période de vives eaux et de 0,1 à 0,2 m en période de mortes eaux (Tesson, M., 1977). Malgré l'exigüité de la passe de communication avec la mer, le bilan hydrologique de ce système révèle une prédominance quasi-permanente des eaux marines avec une estimation du temps de renouvellement intégral des eaux de la lagune de Marchica d'approximativement 80 jours (Hilmi, K et al., 2005). Le réseau hydrographique de la lagune est formé d'un grand nombre de petits cours d'eau dont les apports de la plupart d'entre eux se limitent aux périodes de fortes pluies.

Les apports continentaux sont constitués des eaux de ruissèlement, des eaux usées, des eaux de traitement de la STEP et des eaux de la nappe phréatique. Les **eaux de ruissèlement** du Nord-Ouest au Sud-Est de la lagune sont tributaires de trois cours d'eau à régimes permanents (**Figure 11**) :

- **Qued Bouaroug**: Possède son embouchure dans la partie sud de la ville de Nador. L'oued alimente la lagune en eaux usées non traitées de la ville de Zeghanghane et en matériaux issus de l'altération du strato-volcan du Gourougou (Karim, B. M., 2005).
- **Qued Selwane**: C'est la rivière la plus coulante de la région de Nador, avec le débit le plus important. Elle transporte des matières d'origine naturelles et anthropiques qui est à la fois industriel, comme le site Sonasid, et agricole, surtout pour les pesticides. La charge naturelle est composée de matériaux issus de l'érosion des formations calcaires et marneuses de Selwane et les limons de la plaine de Bou-Areg.
- **Qued Afelioun**: Situé à l'extrémité Sud-Est de la lagune, ce dernier assure le transport des eaux usées de la ville d'Arekman et des fragments de calcaire du chaînon de Kebdana (Karim, B. M., 2005).

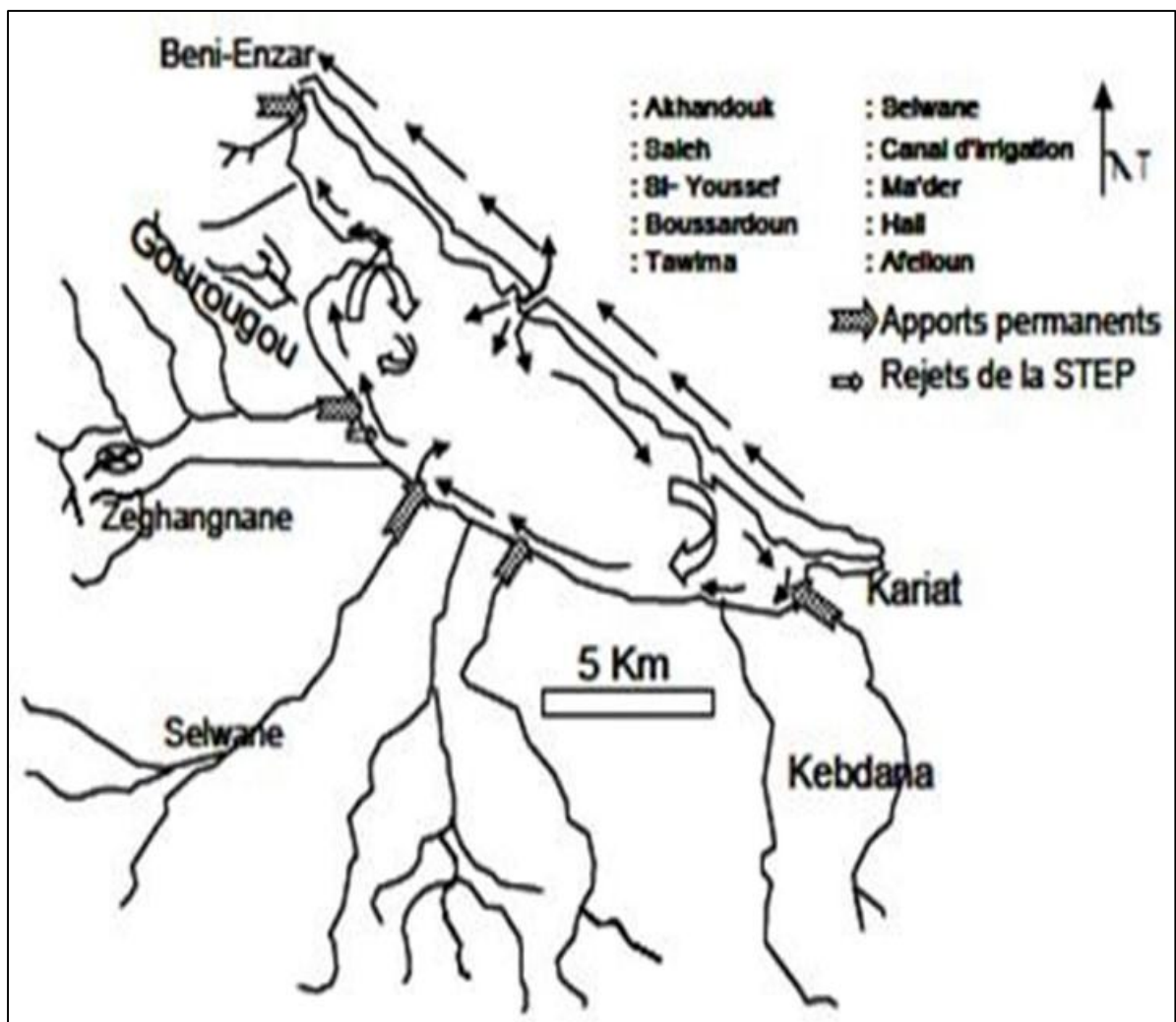


Figure 11 :_Carte simplifiée du réseau hydrographique (Irzi, Z., 2002) et hydrodynamisme intra- lagunaire (Guelorget, O et al., 1983).

Les eaux usées se trouvent surtout au niveau des deux extrémités de la lagune, SE (Kariat Arekman) et NW (Beni-Enzar), tandis que les eaux de la STEP sont les eaux issues de traitements tertiaires (lagunage) de la station d'épuration de Nador.

La nappe phréatique de Bou-Areg s'étend sur une superficie de 190 km², avec une épaisseur allant de 5 m (pied de Jbel Kebdana) à 60 m (bordure de la lagune), à plus de 40 m de la surface du sol en bordure du massif de kebdana, et à moins de 1 m à proximité de la lagune (Carlier, M., 1971). Le canal d'irrigation de Bou-Areg, coïncidant dans sa partie terminale avec l'oued Sidi Amer, et le réseau d'irrigation local débouchent dans la lagune et lui assurent des apports irréguliers d'eau excédentaire d'irrigation. Le mouvement du courant de surface de la lagune de la Marchica assure les échanges des eaux de la lagune avec les eaux de la mer Méditerranéenne ainsi que leur renouvellement (**Figure 12**).

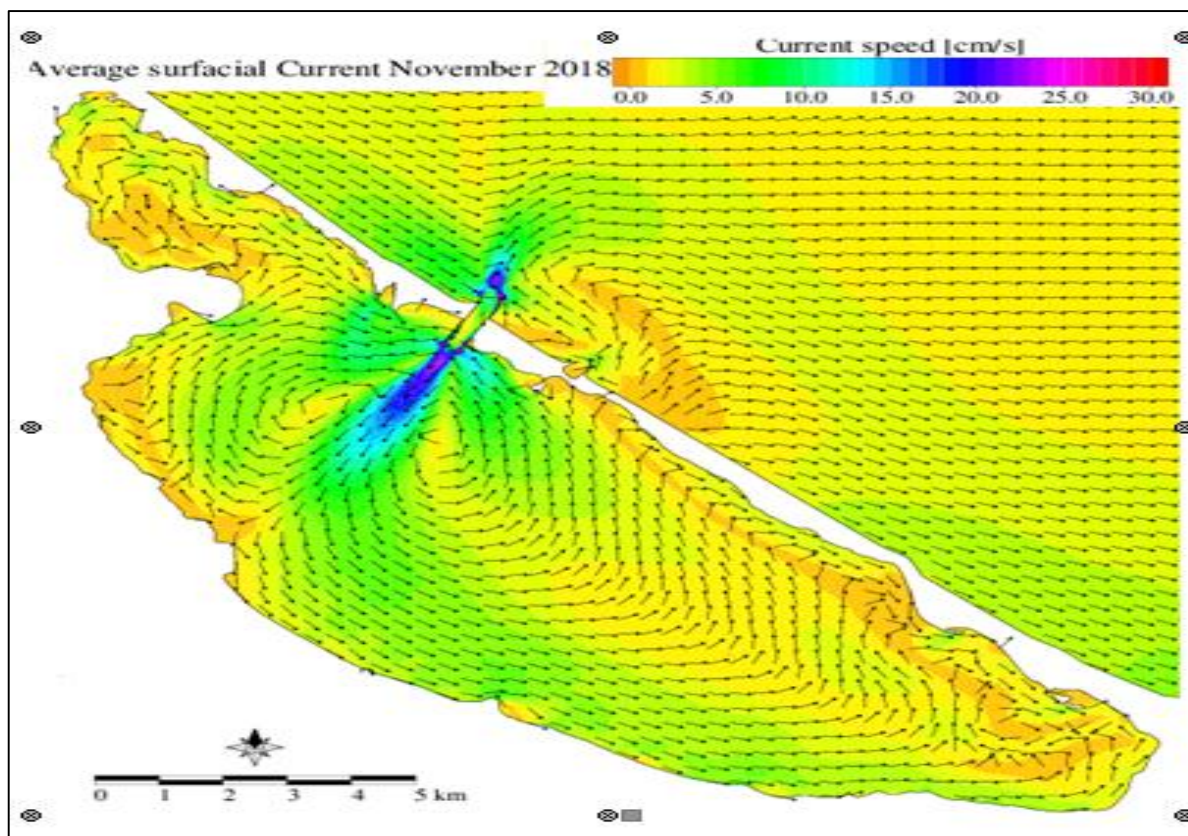


Figure 12 : Courant de surface de la lagune de la Marchica mois de novembre 2018. (Modèle SHYFEM, Umgiesser, G et al., 2014).

III.5. Sédimentologie

Les sédiments superficiels de la lagune sont généralement formés de vase, de vase sableuse, de sable fin et de sable vaseux. La fraction fine et vaseuse ($< 63 \mu\text{m}$) présente une zonation transversale très nette. Ses teneurs augmentent progressivement depuis le cordon littoral (14 à 20 %) vers la bordure continentale (83 à 91 %). En d'autres termes, en s'éloignant de la passe et du cordon littoral, on trouve successivement (CRTS-INRH, 2004), des sables de plus en plus fins lorsqu'on s'approche du centre de la lagune. Par contre, dans la partie centrale, on a des sables vaseux et des vases sableuses, dans la partie centrale et finalement le long de la rive continentale on trouve seulement des vases. Les teneurs les plus élevées en fraction fine se rencontrent au niveau de Châala et dans les zones de confinement situées aux extrémités NW et SE de la lagune. D'autre part, le long de la rive continentale, les débouchés des principaux oueds sont caractérisés par des sédiments grossiers, essentiellement sableux.

III.6. Biodiversité de la lagune

La lagune de Marchica se caractérise par une grande biodiversité végétale et animale. Elle est Classée comme site d'intérêt biologique et écologique (SIBE) depuis 1996 et comme site

Ramsar pour la conservation et la protection des zones humides depuis 2005. Elle présente une zone de repos pour plusieurs espèces et un lieu convenable de nidification et d'hivernage d'oiseaux rares ou d'intérêt mondial. Ceci fait de la lagune un écosystème riche et diversifié abritant diverses espèces de flore et de faune dont les poissons, les mollusques et les crustacés de grande importance socioéconomique en plus des taxons d'importance mondiale, rares et menacés. La richesse biologique de la lagune est caractérisée par des herbiers, et un groupement faunistique constitué de mollusques, crustacés, poissons, amphibiens et reptiles aquatiques (Zainab, D et al., 2014)

Les inventaires réalisés sur la faune aquatique, dont les invertébrés et les poissons de ce site, ont révélé que ces derniers représentent environ 7 % de la faune marine marocaine, (Menioui, M., 1998).

Concernant les familles les plus connus qui définissent la composition floristique de la lagune, on trouve les Chenopodiaceae (11 taxons), les Plumbaginaceae (6 taxons), les Compositae et les Frankeniaceae (4 taxons). Tandis que les Poaceae et les Juncaceae comptent chacune trois taxons. Parmi les espèces inventoriées, on cite cinq qui sont rares ou menacées ; soit 13 % de la flore du site, par exemple les espèces *Atriplex semibacata*, *Limoniastrum monopetalum*, en plus de 27 espèces endémique du Maroc et de l'Algérie comme *Limonium asparagoides* et *Limonium cymuliferum* et une espèce vulnérable qui est *Cymodocea nodosa* (Hammada, S., 2007).

Pour les groupes les plus connus de la composition faunistique de la lagune, on trouve les invertébrés, les Poissons et les Oiseaux d'eau dont les principales espèces dominantes selon (Zine, N., 2003) se répartissent de façon suivante : Les invertébrés présentent 374 espèces dont, 211 espèces de Mollusques, 108 espèces de Gastéropodes, 92 espèces de Bivalves, 74 espèces pour les Crustacés, et 44 espèces pour les Annélides. En revanche, 85 espèces de poissons ont été signalées (Jaafour, S et al., 2015 ; Selfati, M et al., 2018). Relativement aux Oiseaux de la lagune, l'analyse des inventaires réalisés a révélé la présence d'un total de 122 espèces terrestres et aquatiques confondue), soit le tiers de l'avifaune régulière du pays. Tandis que les espèces liées aux zones humides ou au milieu marin sont au nombre de 91, réparties principalement entre les Limicoles (31), les Laridés (18) et les Ansériformes (13). (El Agbani, M. A et al., 2002).

III.7. Activités socioéconomiques

Suite à l'accroissement démographique, la population urbaine de la province de Nador est passée à 565 426 habitants en 2014. La ville s'est étalée rapidement pour envahir anarchiquement les plaines avoisinantes et les bords de la lagune. Ces changements ont touché différents secteurs, notamment l'agriculture, dont les activités sont principalement développées au niveau de la plaine de Bouareg et portent sur différentes cultures (céréales, légumineuses, fourragères), ainsi que l'élevage des ovins. Le secteur industriel regroupe les industries agroalimentaires, mécaniques, et métallurgiques et se caractérise par une nette prédominance des industries chimiques et para-chimiques, parmi les industries très connues, on cite la société Nationale de sidérurgie (SONASID) qui est située à 18 km de la ville de Nador. Le secteur de la pêche est connu par son activité étonnante, surtout de la pêche artisanale, avec environ 390 barques de tonnage moyen de l'ordre de 1,7 TJB (tonneau de jauge brute), regroupant 16 sites de pêche qui se trouvent autour de la lagune. La lagune présente une grande importance socioéconomique puisqu'elle offre des emplois directs pour plus de 887 marins (Najih, M et al., 2015).

De point de vue touristique, la lagune de Marchica, avec sa belle corniche, dispose d'atouts naturels exceptionnels qui mettent en valeur le tourisme et offre des activités de loisirs à ses visiteurs. Parmi ces activités, on cite les randonnées en barque de pêcheur, en yacht et en jet-ski pour profiter pleinement de la vue surtout durant la période estivale, des sports nautiques telle que le kayak de mer, paddle, planche à voile et des séances de plongées pour découvrir la faune et la flore des fonds de la lagune. Elle est dotée d'une plage artificielle à accès public. À la bordure occidentale de la lagune de Nador, on trouve la cité d'Atalayoun, qui constitue un complexe touristique, un port de plaisance, des résidences de luxe et une académie de golf qui s'étend sur une superficie de 154 ha. Cette cité comporte ainsi l'un des hôtels luxueux (5 étoiles) avec une vue exceptionnelle sur la lagune (Selfati, M et al., 2018). La gestion du projet de ce site balnéaire a été menée par l'Agence Marchica initié par sa Majesté le Roi Mohammed VI en 2008. D'autres projets ont été mises en place dans le cadre de la gestion des ressources de la lagune, telle que l'installation de 50 habitats artificiels, fournis par la société Ecocean® (Pontoon Biohuts), dans la Marina d'Atalayoun en 2014. Ces derniers ont pour rôle de remplacer les nurseries des petits fonds rocheux et sableux qui ont été soustraits par la construction d'aménagements côtiers (ports et marinas) et qui vont servir de refuge aux post-larves et juvéniles afin d'augmenter les densités juvéniles dans les zones portuaires (Bouchoucha, M et al., 2016 ; Mercader, J et al., 2017 ; Selfati, M et al., 2018).

**Partie I : Etude socioéconomique,
description de la pêche artisanale et
exploitation de la diversité des poissons
dans la lagune de Marchica de Nador**

Chapitre II : Étude socioéconomique de la pêche artisanale dans la lagune de Marchica

I. Introduction

La pêche artisanale est une activité traditionnelle bien développée dans la lagune de Marchica où elle constitue la principale activité socioéconomique, assurant un apport appréciable pour les différentes communautés des pêcheurs. C'est une activité qui sort du circuit officiel. Comptant parmi les écosystèmes les zones les plus productives de la Méditerranée marocaine, la lagune de Marchica offre des opportunités précieuses assurant le développement économique et touristique de la région, grâce à sa structure géomorphologique caractérisée par son accès facile. Elle présente ainsi un intérêt particulier dans la région, aussi bien sur le plan écologique, que sur le plan économique et d'exploitation (Zahri, Y et al., 2011).

Au niveau de la lagune, la pêche constitue 92% de toutes leurs ressources financières pour l'ensemble de la communauté des pêcheurs, dont 46% considèrent la pêche comme leur unique ressource (Najih M et al., 2015). La richesse produite par cette pêcherie est représentée comme une valeur ajoutée et devrait avoir des conséquences sur la qualité de vie des pêcheurs. A cet effet, il est nécessaire d'assurer un développement durable de cette activité. Aussi, il est recommandé d'entamer une réflexion relative au développement de l'infrastructure de base ainsi qu'à l'amélioration des conditions de commercialisation et à la mise en place d'une forme d'organisation des pêcheurs qui facilitera toute intervention et mesure d'aménagement prévues par les pouvoirs publics.

Ce chapitre a pour objectif d'actualiser les données entretenant les aspects socioéconomiques de la pêche artisanale au niveau de la lagune de Marchica en abordant les différents paramètres socioéconomiques de la communauté des pêcheurs opérant dans la lagune.

II. Matériels et méthodes

II.1. Déroulement des enquêtes

L'étude des aspects socioéconomiques a été réalisée au niveau des sites actifs représentatifs de la lagune de Marchica, d'une façon à couvrir la totalité des sites (**Figure 13**).

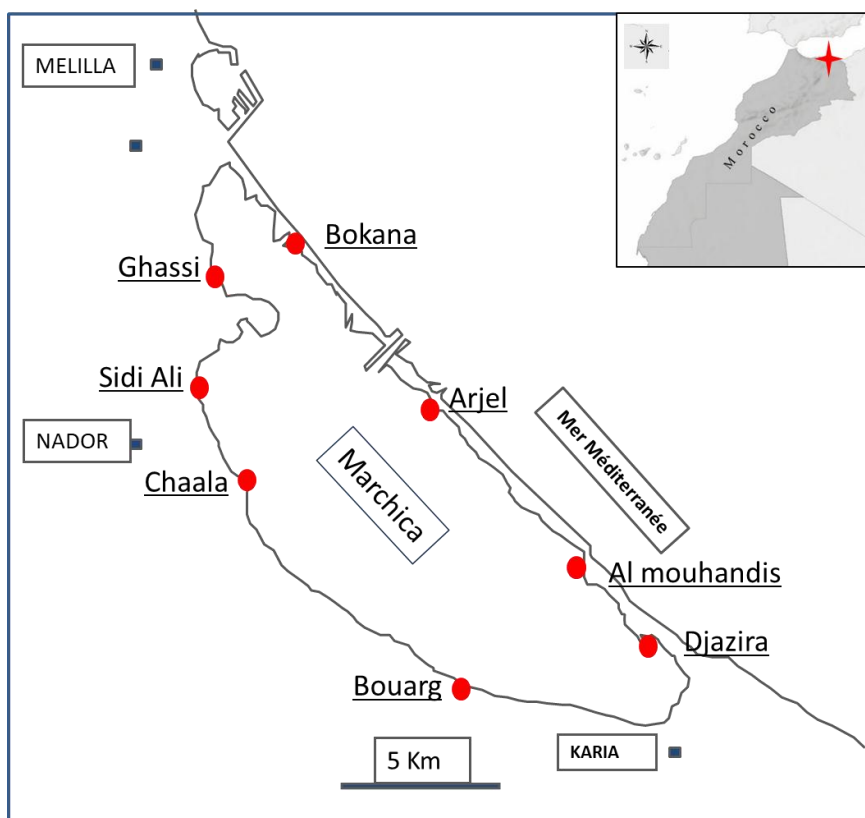


Figure 13 : Localisation des zones d'étude au niveau de la lagune de Marchica.

En raison de l'informalité du circuit de la commercialisation dans ce sous-secteur, une collecte directe de données a été nécessaire, basée essentiellement sur l'observation et complétée par les informations collectées auprès des pêcheurs aléatoirement (échantillonnage probabiliste), notamment sur les aspects socioéconomiques, et ce à l'aide d'enquêtes auprès des pêcheurs.

Afin de collecter les différentes données nécessaires, un nombre total de 380 enquêtes ont été réalisées, en organisant des missions de terrain mensuelles, au moins trois fois par mois, durant une année à partir de janvier 2017 jusqu'à décembre 2017. Ces enquêtes ont concerné les pêcheurs de huit sites de pêche situés autour de la lagune de Nador : Djazira (N35°06.401 / W002°45.167), Ghassi (N35°13.021 / W002°53.819), Sidi Ali (N35°11.772 / W002°55.522), Arjel (N35°10.465 / W002°49.802), Al mouhandis (N35°09.062 / W002°47.409), Bouareg (N35°06.368 / W002°48.868), Bokana (N35°12.126 / W002°51.665) et Chaala (N35°09.820 / W002°54.325) (**Figure 13 & Tableau 1**).

Une enquête préliminaire, dont l'objectif était de tester les questionnaires et de connaître les particularités de chaque site, a été effectuée. Elle ciblait en grande partie les pêcheurs du métier de la pêche artisanale de la lagune en plus de quelques mareyeurs de chaque site.

Afin de traiter de près la situation socioéconomique du secteur de la pêche au niveau de la lagune de Marchica, les informations étaient collectées principalement auprès des pêcheurs, puisqu'ils consistent le plus important maillon de ce sous-secteur. D'autres informations étaient recherchées auprès des mareyeurs qui se trouvaient au niveau du site d'étude.

Le taux d'échantillonnage est fixé au moins à 30 %, mais le nombre d'enquêtes ou de barques enquêtées n'a pas été toujours respecté, vue les contraintes confrontées, en raison de la coopération, ou non, des pêcheurs lors des enquêtes, etc. Les enquêtes se sont déroulées mensuellement avec un minimum de trois missions par mois selon la saison et les conditions. Durant chaque sortie, dix enquêtes maximums par jour ont eu lieu en changeant à chaque fois les sites autour de la lagune. La première sortie a servi d'une étude préliminaire afin de connaître les problématiques majeures confrontées par les pêcheurs. Ceci nous a permis élaborer les fiches d'enquêtes selon les résultats de cette enquête préliminaire.

Malgré les différentes contraintes rencontrées lors des missions, le déroulement des enquêtes a été satisfaisant vue la coopération et la collaboration des pêcheurs et ceci grâce au système de l'intégration des pêcheurs locaux dans le suivi scientifique de l'activité de pêche de la lagune, créée par l'INRH. De ce fait, des réunions et des formations avec les pêcheurs locaux ont eu lieu dès le début afin de les incorporer dans le système de recherche dédié aux suivis mensuels menés par l'INRH.

II.2. Indices socioéconomiques

Les entretiens avec les pêcheurs ont porté principalement sur la caractérisation des aspects socioéconomiques. Les paramètres qui ont été pris en considération dans les questionnaires sont :

- ❖ Paramètres sociologiques : Age, sexe, niveau de scolarisation. Nombre d'enfants en charge, situation familiale, couverture médicale, etc.
- ❖ Paramètres économiques ou bien d'exploitation : estimation de l'effort de pêche/capture, couts, profits.

L'analyse des aspects économiques, y compris la rentabilité et la productivité permet d'évaluer l'activité de pêche au niveau de la lagune. Les indicateurs économiques traités dans ce chapitre sont les suivants :

- ❖ **Capital investi (K)** est la valeur actuelle des moyens de production de la pêche ; la barque, le moteur de propulsion et les engins de pêche. L'analyse de cet indicateur est réalisée par barque, par site et par lagune.
- ❖ **Produit brut (PB)** Exprime la valeur des captures vendues; obtenu par la formule suivante (E. MARSHALL et al, 1981) :

$$PB = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n P \times Q$$

Qij : quantité de l'espèce i, vendue ou auto consommée durant le mois j ;

Pij : prix unitaire moyen de l'espèce i durant le mois j ;

n : nombre d'espèces capturées dans la lagune ;

m : nombre de mois retenus dans l'étude ;

- ❖ **Charges Totales de la production (CT)** désignent les charges totales supportées par les propriétaires des barques de la lagune. Ces charges incluent les **charges fixes (CF)** qui sont annuelles comme, les frais des autorisations de pêche et des charges d'entretien des moyens de production (barque, engins de pêche et moteur), et les **charges communes ou variables (CC)**, dont les charges communes désignent toutes les charges partagées entre le propriétaire de la barque et son équipe de pêcheurs, y compris les frais du carburant et du lubrifiant. Les Charges communes sont obtenues par la formule suivante :

$$cc = \sum_{j=1}^m N_{sortie j} \times (Ca_i + Lu_j) N_{sortie j} : \text{Nombre de sortie durant le mois } j$$

Caj : frais du carburant consommé par sortie durant le mois j

Luj : frais du lubrifiant consommé par sortie durant le mois j

m : nombre de mois retenus dans l'étude

- ❖ **L'Estimation des revenus** désigne, le bénéfice et le gain produit par l'exploitation des moyens de production au profit de son propriétaire, elle est obtenue en déduisant les charges totales (CT) du produit brut (PB) (Marshall, 1981).
- ❖ **La valeur ajoutée** définie, la valeur que l'activité de la pêche artisanale apporte à l'économie régionale et locale, et d'une manière générale à l'économie nationale. Elle

est calculée par la sommation des bénéfices, les salaires et les amortissements par barque.

II.3. Estimation de l'effort de pêche et de la capture

❖ Estimation de l'effort de pêche

L'effort de pêche correspondant au nombre de sorties mensuelle d'une barque il est calculé selon la formule suivante:

$$\frac{\text{Effort (est)}}{\text{Site}} = NS(i) \times \frac{NB(act, i)}{NB(ech, i)}$$

Effort (est) /site : Effort de pêche total estimé, par site durant le mois i ;

N(Si) : Nombre de sortie des barques échantillonnées, durant le mois i ;

NB(ech,i) : Nombre de barques échantillonnées ;

NB(act,i) : Nombre de barques actives.

Dans le cas de notre étude l'effort de pêche total dans la lagune est calculé par la sommation des estimations mensuelles de chaque site de pêche.

❖ Estimation de la capture

Un grand nombre d'espèces ont été recensées lors des enquêtes réalisées au niveau de la lagune de Marchica, qui consistait aussi, à collecter les données nécessaires pour déterminer la quantité en masse de toutes les espèces capturées par barque le jour de l'échantillonnage. D'autres paramètres ont été pris en considération comme le nombre de barques actives le jour de l'enquête. Pour estimer les captures globales, on a calculé le produit de la capture totale échantillonnée et le rapport entre le nombre de barques enregistrées actives, le même jour de l'échantillonnage sur le nombre total des barques échantillonnées.

III. Résultats

III.1. Aspects sociaux

Au total, 380 enquêtes ont été réalisées avec différents pêcheurs et sur différents sites de la lagune. Les résultats obtenus sur la communauté des pêcheurs ont montré que tous les pêcheurs enquêtés sont originaires de la région de Nador et vivent dans des agglomérations urbaines, près des sites où ils travaillent. Cette communauté de pêcheurs ne concerne que le genre masculin ;

la participation de la femme dans l'activité de la pêche artisanale étant nulle et travaille dans d'autres domaines, comme l'élevage, la couture, la cuisine et l'agriculture vivrière de faible rendement.

L'âge moyen des pêcheurs est de 43 ans, révélant que la tranche d'âge qui règne est la quadragénaire, dont la grande proportion de pêcheurs se trouve dans la tranche d'âge moyen 35 – 45 ans. L'âge minimum des pêcheurs enquêtés est de 18 ans et l'âge maximum est de 71 ans (**Tableau 1**). Les jeunes pêcheurs dont leurs âges varient entre 18 ans et 35 ans représentent un pourcentage de 20 % de l'ensemble des travailleurs de ce domaine et ils entretiennent souvent avec les armateurs des liens parentaux ou familiaux (fils- frères- cousins, etc.) (**Figure 14**). Les pêcheurs plus âgés que 65 ans représentent 10 % des ensembles des pêcheurs. Concernant leur situation familiale, les résultats des investigations menées montrent que 52 % sont mariés et donc possèdent un foyer de trois personnes en moyenne.

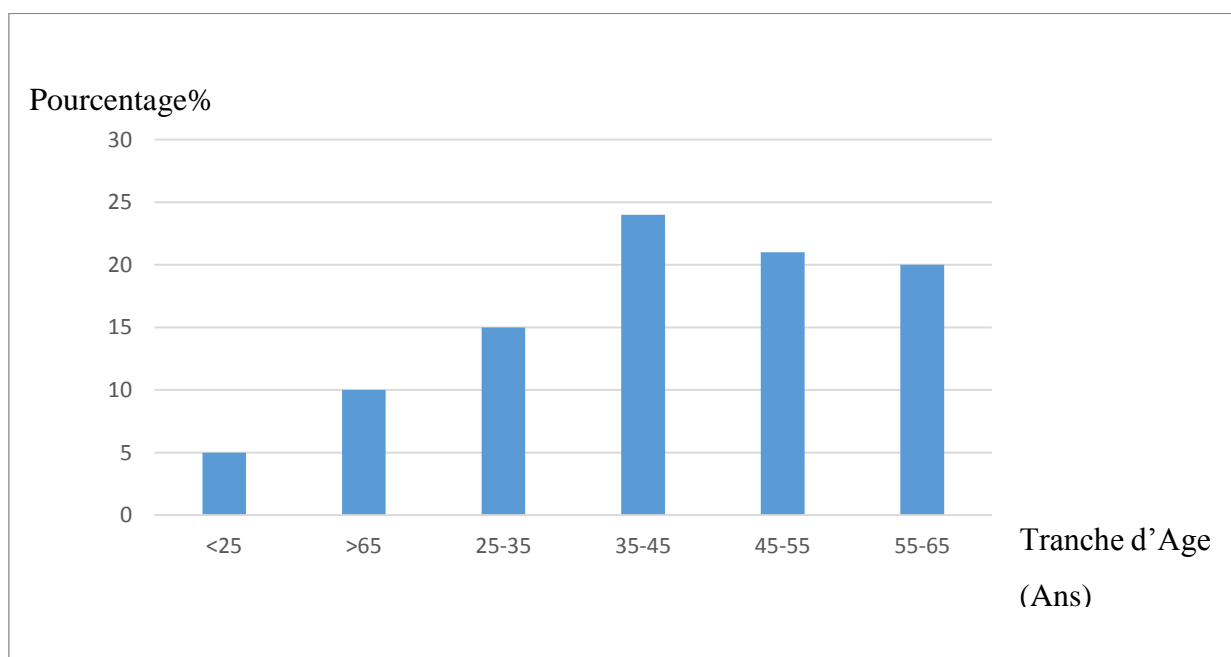


Figure 14: Distribution des pêcheurs artisans de la lagune de Marchica par tranche d'âge

Tableau 1 : Tranche d'âge (en années) de la population des pêcheurs

	Moyenne	Min.	Max.
Age (ans)	43	18	71

Les savoirs empiriques et les pratiques de la pêche artisanale sont acquis par l'expérience et transmises oralement de génération en génération. Selon les résultats obtenus, les plus expérimentés dans le secteur ont exercé ce métier pendant une durée moyenne de 31 ans (max :

56 ans et min : 4 ans) (**Tableau 2**). Parmi ces pêcheurs, on trouve généralement les armateurs qui sont les patrons de pêche et les marins pêcheurs.

Tableau 2 : Expérience (en années) des pêcheurs

	Moyenne	Min.	Max.
Années d'expériences	31	4	56

Depuis l'année 2014, tous les pêcheurs artisanaux disposent d'une couverture sociale dans tous les sites. Concernant la scolarisation, 31 % des pêcheurs sont non scolarisés (en général les plus âgés). Les pêcheurs scolarisés représentent 69 %, dont 54 % ont atteint seulement le niveau primaire, 7 % ont poursuivi leurs études jusqu'au collège, 5 % ont poursuivi leurs études jusqu'au lycée et 3 % ont atteint le niveau universitaire (**Figure 15**).

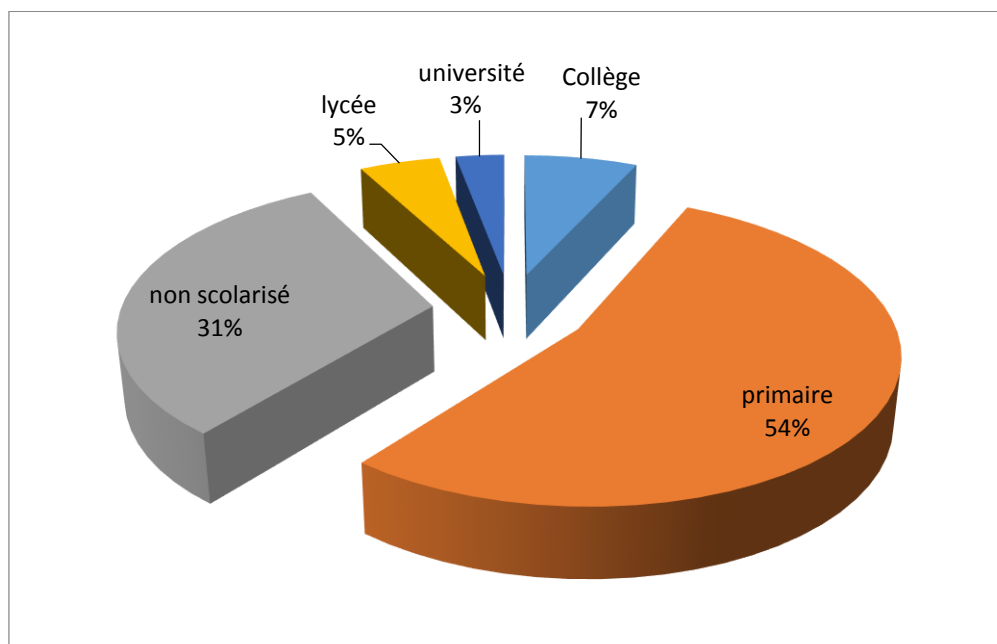


Figure 15 : Distribution, selon les niveaux de scolarisation, des pêcheurs opérant dans la lagune de Marchica.

III.2. Indices économiques

Le premier indicateur économique analysé, exprimant la rentabilité de l'activité de la pêche au niveau de la lagune de Marchica, est le capital investi (K). Les résultats de l'évaluation de la valeur actuelle que présentent les moyens de production de la barque (les engins, le moteur et la barque), ont permis d'avoir une moyenne de capital investi de l'ordre de 65.000 (MAD) par barque. Ce chiffre montre que l'investissement des pêcheurs dans les moyens de production de la barque est très important. Les couts d'investissement dans la barque sont répartis au niveau

des moyens de production ou la barque est le principal composant représentant 68% du capital investi, le deuxième composant est l'engin qui occupe 14% du capital investi et le troisième composant est le moteur occupant 18% du capital investi (**Tableau 3, Figure 16**).

Tableau 3 : Capital investi en (MAD) par moyen de production et par barque

CAPITAL INVESTI	Valeur d'acquisition BARQUE	Valeur d'acquisition ENGIN	Valeur d'acquisition MOTEUR
65000,00	45000,00	12000,00	9000,00

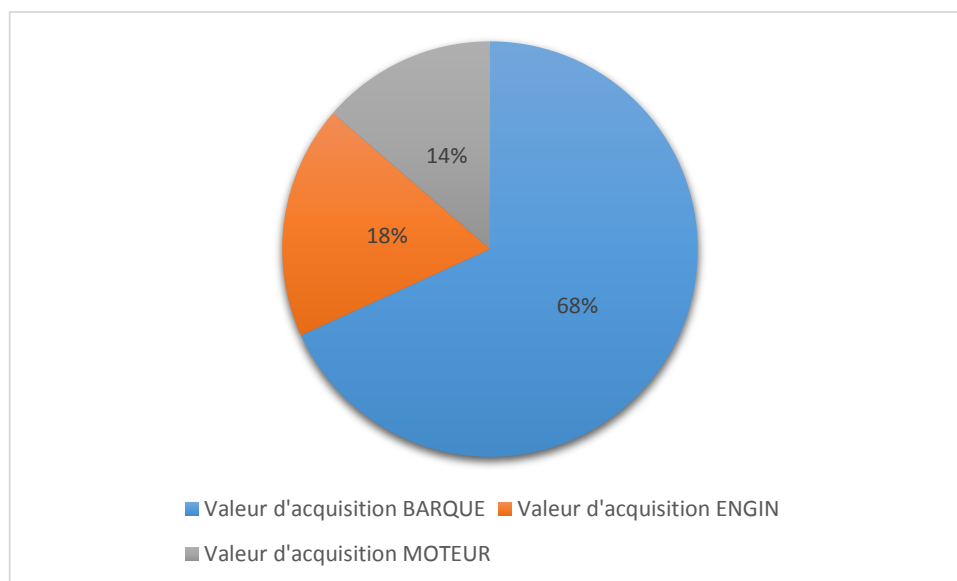


Figure 16 : Répartition du Capital investi (K) sur les moyens de production

La comparaison du capital investi entre les sites étudiés, a montré une nette différence, Il est en moyenne de 1.576.250 (MAD) par site, avec un maximum de 2.665.000 (MAD) au niveau de Djazira et un minimum de 325.000 (MAD), au niveau de Al mohandis. Le capital investi total au niveau de la lagune de Marchica est estimé de 20.930.000 MAD (**Tableau 4, Figure 17**).

Tableau 4 : Capital investi par site en (MAD)

Sites	Capital investi
Djazira	2.665.000
Ghassi	2.405.000
Sidi Ali	2.275.000
Arjel	2.210.000
Bokana	1.560.000
Chaala	715.000
Bouareg	455.000
Mouhandis	325.000

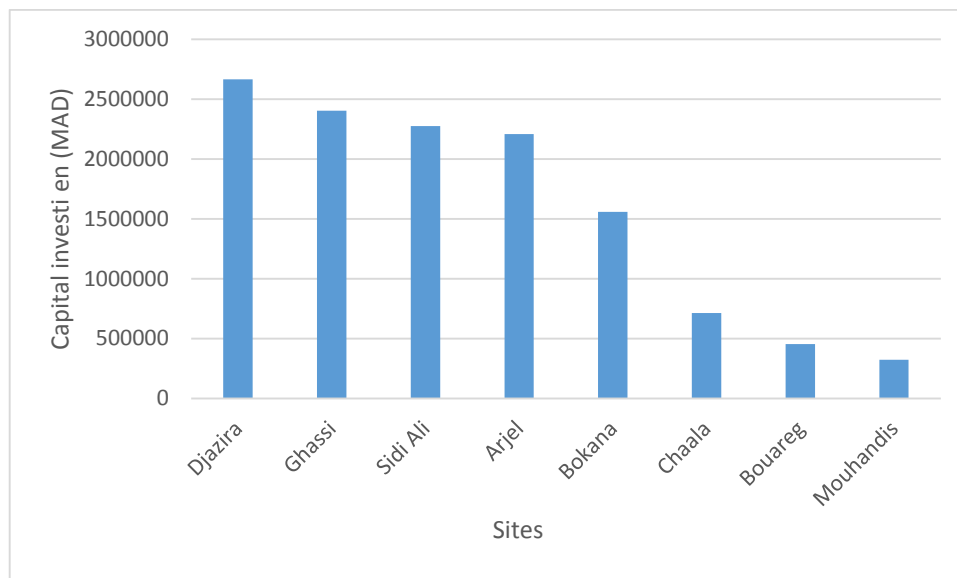


Figure 17 : Capital investi en (MAD) par site de la lagune de Marchica

Les charges de production ont été obtenues par le calcul des charges fixes et les charges variables (communes). Les charges fixes sont des charges annuelles comprenant essentiellement l'amortissement de la barque, moteur et engins de pêche, en plus des charges dépensées pour l'entretien de ces moyens de production. La valeur des charges fixes obtenues d'après les résultats de nos enquêtes, sont en moyenne de l'ordre de 24.110 MAD (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Valeurs des charges fixes par barque.

CHARGES	AMORTISSEMENT			AUTRE		TOTAL	
	BARQUE	ENGIN	MOTEUR	Entretien	Extracharges	Total d'Amortissement	Charges fixes totale
VALEURS MAD	2600,00	12000,00	1800,00	7500,00	210,00	16400,00	24110,00

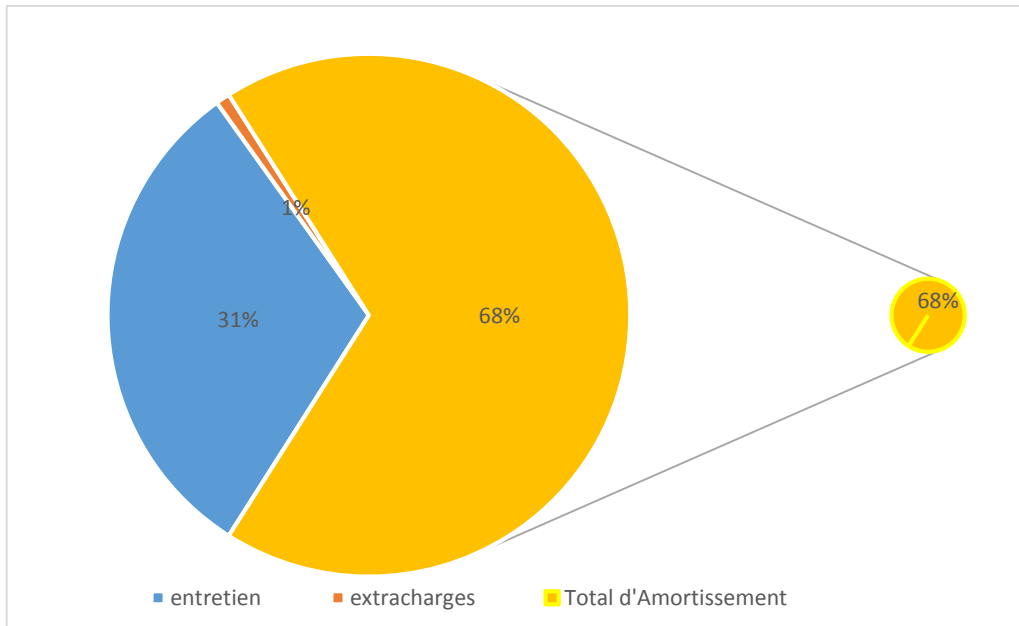


Figure 18 : Répartition des charges fixes par barque.

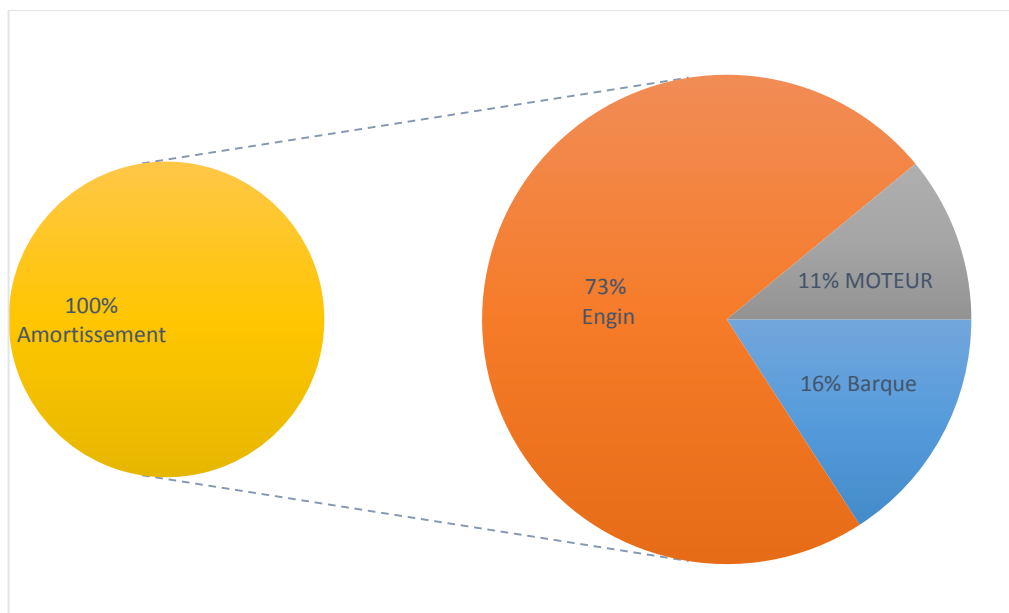


Figure 19 : Répartition du total d'amortissement par barque.

Ce sont les frais d'amortissement total des moyens de production qui occupent le plus grand pourcentage dans les charges fixe (68 %), avec un frais de 16400 MAD (**Figure 18 & Tableau 5**). L'amortissement des engins de pêche occupent un pourcentage de 73 %, avec une valeur d'acquisition de 12.000 MAD par barque, la barque et le moteur occupent 16 % et 11 % avec des valeurs d'acquisition de 45000 MAD et 9000 MAD, respectivement (**Figure 19 & Tableau 5**). Les charges de l'entretien des moyens de production, occupent 31 % de l'ensemble des charges fixes avec 7500 MAD par barque, dont la grande part des frais de maintenance est dédiée aux engins de pêche. Les charges qui concernent les autorisations et les licences de pêche

n'occupent que 1% de l'ensemble des charges fixes, avec un frais annuel de 210 MAD par barque (**Figure 18 & Tableau 5**).

Les charges variables sont des charges communes, qui comprennent essentiellement les charges dépensées en carburant, lubrifiant et les appats utilisées par sortie. Le calcul des charges communes (variables) a montré, selon les résultats de notre étude, qu'une barque de la lagune de Marchica dépense environ 80 MAD par chaque sortie en mer. D'après les pêcheurs, les charges variables sont partagées entre l'armateur et son équipe. Les charges salariales dédiées à la main d'œuvre, sont de l'ordre de 165 MAD par sortie et par barque.

Pour un nombre de 16 sorties par mois, la productivité moyenne totale mensuelle est de l'ordre de 21 kg par sortie, avec des quantités totales minimales et maximales par espèces qui varient, respectivement, de 3 kg à 0.5 kg. La valeur moyenne totale est estimée à 598 MAD, qui varie par espèce, entre un minimum de 15 MAD et un maximum de 85 MAD (**Tableau 6**).

La capture globale annuelle réalisée par la pêche artisanale au niveau de la lagune de Marchica, relatif à l'effort de pêche estimé, est de l'ordre de 1312 tones, pour un produit brut annuel global de 37.351.080 MAD (**Tableau 7**).

Tableau 6 : Production moyenne par barque et par sortie.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Poids (kg)	Valeur en (MAD)
Sarmoniti	<i>Mullus surmeletus</i>	3	30
Langoustino	<i>Penaeus Keratherus</i>	1,5	80
lingwa	<i>Solea solea</i>	2,5	60
Anguila	<i>Anguilla anguilla</i>	2	35
tchopo	<i>Sepia officinalis</i>	1,5	45
chaghro	<i>Diplodus vulgaris</i>	0,5	15
Brika	<i>Pagelus erithrinus</i>	0,5	15
Rmoli	<i>Lithognathus mormyrus</i>	0,5	20
Abouri	<i>Liza aurata</i>	0,5	18
Arobalo	<i>Decentrachus labrax</i>	1	35
Sardine	<i>Sardina pilchardus</i>	0,5	15
Mhakssa	<i>Sparus aurata</i>	0,5	35
Khoriris	<i>Trachurus trachurus</i>	0,5	15
Bokronis	<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,5	15
Araya	<i>Raja Brachyura</i>	1	35
polpo	<i>Octopus vulgaris</i>	3	85
Bisbis	<i>Diplodus annularis</i>	1	25
Arakacia	<i>Scorpaena notata</i>	0,5	20
Moyenne		21	598

Tableau 7 : Production globale de la pêche artisanale de la lagune de Marchica en 2017

Nom vernaculaire	Nom scientifique	poids	Valeur en (MAD)
Sarmoniti	<i>Mullus barbatus / Mullus surmeletus</i>	187.380	1.873.800
Langoustino	<i>Penaeus Keratherus</i>	93.690	4.996.800
Lingwa	<i>Solea solea</i>	156.150	3.747.600
Anguila	<i>Anguilla anguilla</i>	124.920	2.186.100
Tchopo	<i>Sepia officinalis</i>	93.690	2.810.700
Chaghro	<i>Diplodus vulgaris</i>	31.230	936.900
Brika	<i>Pagelus erithrinus</i>	31.230	936.900
Rmoli	<i>Lithognathus mormyrus</i>	31.230	1.249.200
Abouri	<i>Liza aurata</i>	31.230	1.124.280
Arobalo	<i>Decentrachus labrax</i>	62.460	2.186.100
Sardine	<i>Sardina pilchardus</i>	31.230	936.900
Mhakssa	<i>Sparus aurata</i>	31.230	2.186.100
Khoriris	<i>Trachurus trachurus</i>	31.230	936.900
Bokronis	<i>Engraulis encrasicolus</i>	31.230	936.900
Araya	<i>Raja Brachyura</i>	62.460	2.186.100
polpo	<i>Octopus vulgaris</i>	187.380	5.309.100
Bisbis		62.460	1.561.500
Arakacia		31.230	1.249.200
Moyenne		1.311.660	37.351.080

Le profit de la lagune de Marchica enregistré par barque est positif. La valeur estimée de ce profit mensuel, après déduction des charges de production, est de l'ordre de 5648 MAD par barque, pour un nombre de sorties mensuel de 16 par barque (**Tableau 8**). Le meilleur profit brut est enregistré au niveau de Djazira, et le plus faible profit brut est enregistré au niveau du site Al mohandis.

Tableau 8 : Valeur des coûts et profit d'une unité de production en (MAD)

Chiffre d'affaire/sortie	598
Nombre de sorties/mois	16
Chiffre d'affaire/mois	9568
Coût (CC) /sortie	80
Coût (CS) /sortie	165
Coût global/sortie	245
Coût global/mois	3920
Profit	5648

La valeur ajoutée totale de la pêche artisanale à la lagune de Marchica est positive, présentant un chiffre de valeur totale ajoutée de 5.3 millions (MAD).

III.3. Estimation de l'effort de pêche

Le **tableau 9** et la **figure 16** illustrent l'évolution de l'effort de pêche global. Une barque effectue en moyenne 16 sorties par mois, avec un maximum de sorties enregistrées en mois de juillet (23 sorties), et le minimum de sorties enregistrées en mois de janvier (13 sorties). La moyenne de l'effort de pêche mensuel total dans la lagune atteinte est de l'ordre de 5.202 sorties dont le maximum atteint est de 7.406 sorties constatées au mois de juillet et le minimum atteint est de 4.186 sorties au mois de février. L'effort de pêche annuel dans la lagune, exprimé en nombre de sorties de barques, est estimé à 62.460 sorties. En outre, les résultats des enquêtes menées pour estimer l'effort de pêche au niveau de la lagune de Marchica ont révélé que les barques de la lagune pêchent une fois par jour.

Tableau 9 : Effort de pêche global estimé par mois dans la lagune de Marchica.

Mois	Sortie mensuelle / barque	Effort mensuel total
Janvier	13	4186
Février	14	4508
Mars	14	4508
Avril	14	4508
Mai	15	4830
Juin	17	5474
Juillet	23	7406
Août	22	7084
Septembre	19	6118
Octobre	15	4830
Novembre	15	4830
Décembre	13	4186
Moyenne	16	5205

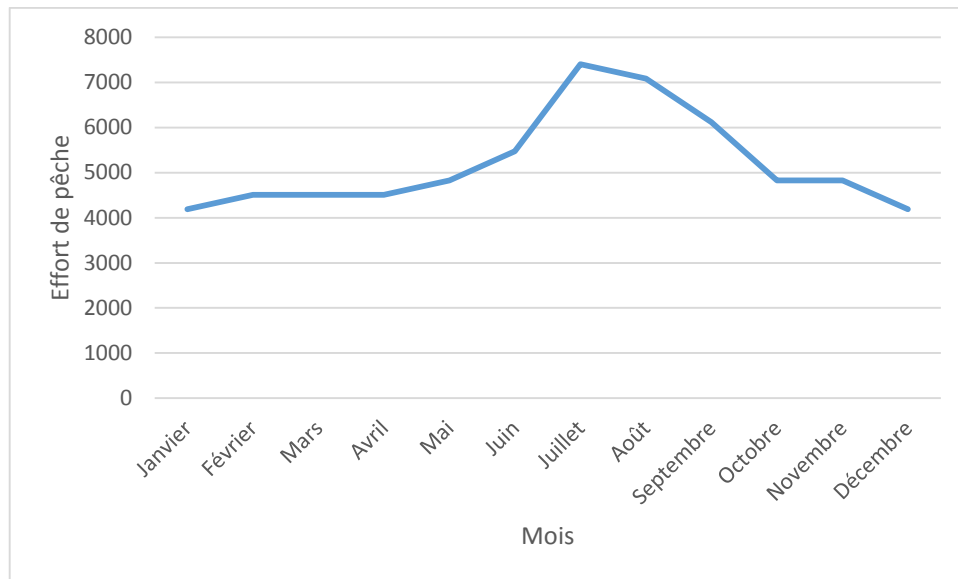


Figure 20 : Effort de pêche global des barques de la lagune de Marchica.

L'analyse des données collectées a permis de déduire que la durée de la marée est très courte, en raison de la proximité des zones de pêche, avec une moyenne de 6 heures par sortie. Le nombre d'heures moyen de dépôt des engins de pêche est très variable et dépend du type de l'engin utilisé. Le nombre d'heures émis pour le dépôt et la récupération du Trémil est de 24 heures, tandis que le nombre d'heures émis pour le dépôt et la récupération de la Palanza est de 12 heures. En Général, le nombre d'heures de dépôts des engins de pêche est quasi similaire entre les sites de la lagune.

IV. Discussion

Les enquêtes menées ont connu une coopération auprès de la majorité des pêcheurs, ce qui montre leur conscience pour l'importance de ces recherches scientifiques qui visent à améliorer l'infrastructure et la situation de la pêche artisanale au niveau de la lagune.

Les pêcheurs sont tous originaires de la région de Nador alors que la communauté des pêcheurs était constituée en partie par les pêcheurs espagnols jusqu'au début des années soixante (Aloncle, H., 1961). La pratique de ce métier est dédiée seulement aux hommes tandis que leurs femmes maintiennent d'autres occupations comme l'élevage, la couture, la cuisine et l'agriculture vivrière de faible rendement. Ces activités parallèles, entretenues par les femmes, parviennent à renforcer la situation financière des familles de pêcheurs.

Dans le monde, on estime que 90% des pêcheurs sont des pêcheurs artisanaux (Berkes et al. 2001 ; FAO 2004 ; Béné, 2005). Au niveau de la lagune de Marchica, la pêche artisanale constitue 92 % de toutes les ressources financières pour l'ensemble de la communauté des

pêcheurs, pour presque la moitié de ces pêcheurs, la pêche représente l'unique ressource financière (Najih, M et al., 2015). D'autres sources de revenu subviennent aux besoins financiers des pêcheurs, telles que l'agriculture vivrière, un petit commerce de faible investissement ou parfois l'organisation de randonnées par barque pour les visiteurs de certains sites comme Sidi Ali, surtout durant la période estivale.

L'âge des pêcheurs opérant dans la lagune de Marchica varie entre 18 ans à 71 ans, avec un âge moyen de 34 ans, qui représente l'âge régnant. La grande majorité des pêcheurs sont mariés et possèdent un foyer constitué de trois personnes en moyenne. Contrairement aux résultats obtenus par Awadh, H et al., (2018), avec des communautés de pêche artisanale au niveau de la partie ouest de la Méditerranée Marocaine, où il a été montré que la catégorie d'âge des pêcheurs la plus commune appartient au groupe des pêcheurs les plus jeunes (moins de 25 ans).

Les pêcheurs qui travaillent depuis longtemps dans ce secteur sont ceux qui ont plus d'expérience, au niveau de la lagune de Marchica la moyenne d'expérience est de l'ordre de 31 ans. Le rôle de ces pêcheurs expérimentés est de maintenir la durabilité de ce métier et de transmettre leur savoir-faire à la génération des jeunes pêcheurs (20 %), qui sont en général les fils des armateurs. Ces jeunes ne considèrent pas ce travail bien rentable puisque ce dernier n'arrive pas à subvenir à leurs besoins personnels. La situation insatisfaisante de ce sous-secteur peu rentable et difficile à entretenir rend le travail dans ce domaine peu attractif pour ces jeunes qui cherchent surtout à continuer leur scolarisation et vivre dans des conditions plus dignes.

Au total, 69 % des pêcheurs sont scolarisés. Ceux qui ont atteint le niveau primaire sont de l'ordre de 54 %. La majorité de ces derniers n'ont pas pu terminer leur scolarisation à cause de l'éloignement des instituts de scolarisation, manque de transport, surtout pour les sites du cordon dunaire et le déficit financier qu'affrontent les parents. D'autre part, ce sont les jeunes pêcheurs qui ont pu en général poursuivre leurs études jusqu'au collège (7 %), lycée (5 %) et niveau universitaire (3 %). Ces résultats sont presque pareils à ceux obtenus d'après l'étude des aspects sociaux des pêcheurs artisanaux du parc national d'Al Hoceima qui montrent que la plupart ont un faible niveau de scolarisation (Malouli, M 2004).

Le capital investi par barque des sites étudiés, diffère d'un site à un autre, variant de 2.665.000 (MAD) à 325.000 (MAD). Cette différence est en grande partie expliquée par le nombre de barques au niveau de chaque site. Le capital total investi au niveau de la lagune de Marchica est estimé à 20.930.000 (MAD). En comparant cette valeur avec celles des années précédentes, on remarque que depuis l'année 2001 jusqu'à l'année 2017, le capital investi est

en augmentation plus ou moins légère, avec des valeurs de 20.000.000 (MAD) pour l'année 2001 et 20.723.000 (MAD) pour l'année 2012 (Malouli, I. M 2004 ; Najih, M et al., 2015) (**Tableau 10 & Figure 21**). Cette hausse peut être due à l'évolution du type de barque et du moteur de propulsion utilisés. Ce capital investi est considéré faible par rapport au capital total investi au niveau du Parc national d'Al Hoceima, qui est d'environ 31.345.575 (MAD) (2.857.428,57 USD) (Malouli, I. M 2004).

Tableau 10 : Capital investi en (MAD) dans la lagune de Marchica au cours des années.

Année	Capital Investi/ barque	Capital Investi total
2001	64.000	20 000.000
2012	53.000	20.723.000
2017	65.000	20.930.000

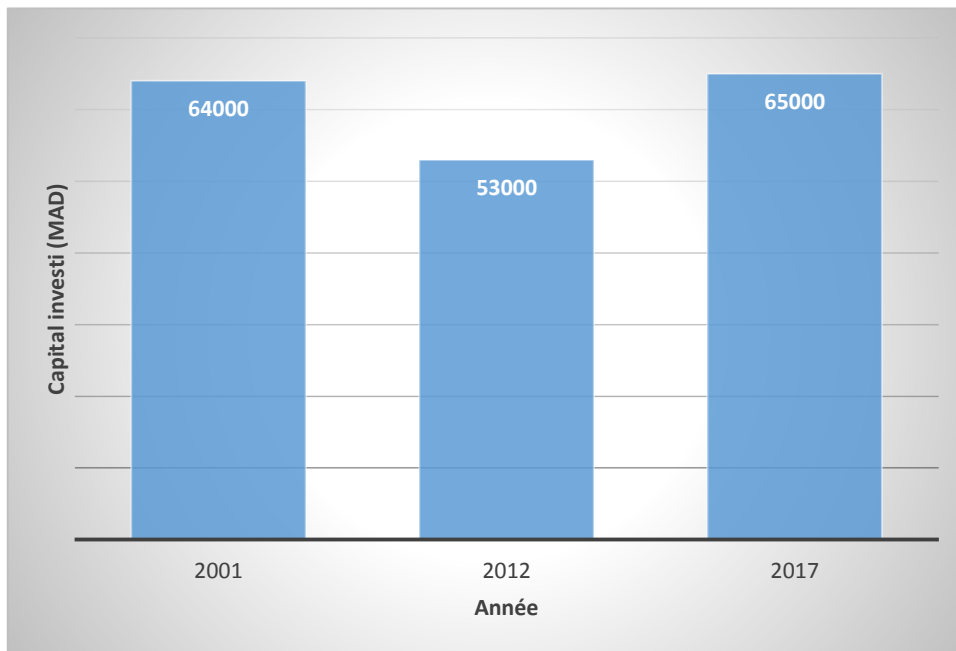


Figure 21 : Evolution du capital investi par barque au niveau de la lagune de Marchica en (MAD)

Les valeurs des charges fixes, au niveau de la lagune de Marchica, ont connues une augmentation en 2017 (24.110 MAD), comparativement à l'année 2012 (20.800 MAD) (Najih, M et al., 2015). Les valeurs des charges variables et des charges salariales, ont enregistré une hausse depuis l'année 2001 (Malouli, M et al., 2002), ceci s'accorde avec le début de l'augmentation des prix du carburant et de l'huile, selon les confirmations des pêcheurs (**Tableau 11 & Figure 22**).

Tableau 11 : Valeurs des charges de production au niveau de la lagune de Marchica

	2001	2012	2017
Charges fixes Annuelles	26.700	20.800	24.110
Charges CC (par barque/ sortie)	64	71	80
Charges salariales (par barque / sortie)	109	159	165



Figure 22 : Evolution des valeurs des charges variables au niveau de la lagune de Marchica

La productivité moyenne par sortie est d'environ 21 kg, d'une valeur moyenne de 598 MAD, contre 13,5 Kg pour une valeur de 400 MAD enregistré en 2001 (Malouli, M et al., 2002), et 16 kg pour une valeur de 389,4 MAD enregistré en 2012 (Najih, M et al., 2015). C'est une augmentation d'environ 5 Kg par unité en poids accompagnée d'une augmentation en valeur de plus de 208.6 MAD (**Tableau 12 ; Figure 23**). Parmi les facteurs expliquant cette importante production remarquée, on évoque l'impact positif de l'implantation des récifs artificielles et des biohuts installés par l'INRH, ces derniers ont joué un rôle très important, en tant qu'habitats artificiels, dans la croissance et la protection des espèces juvéniles contre la pêche (Selfati, M et al., 2018).

Tableau 12 : Valeurs de la productivité au niveau de la lagune de Marchica

	2001	2012	2017
Productivités en (Kg)/ barque	13,5	16	21
Valeurs de la production / barque en (MAD)	400	389,4	598
Captures annuelles (Tonne)	486	1157	1312
Valeurs captures anuelles (MAD)	14.400.000	28.184.146	37.351.080

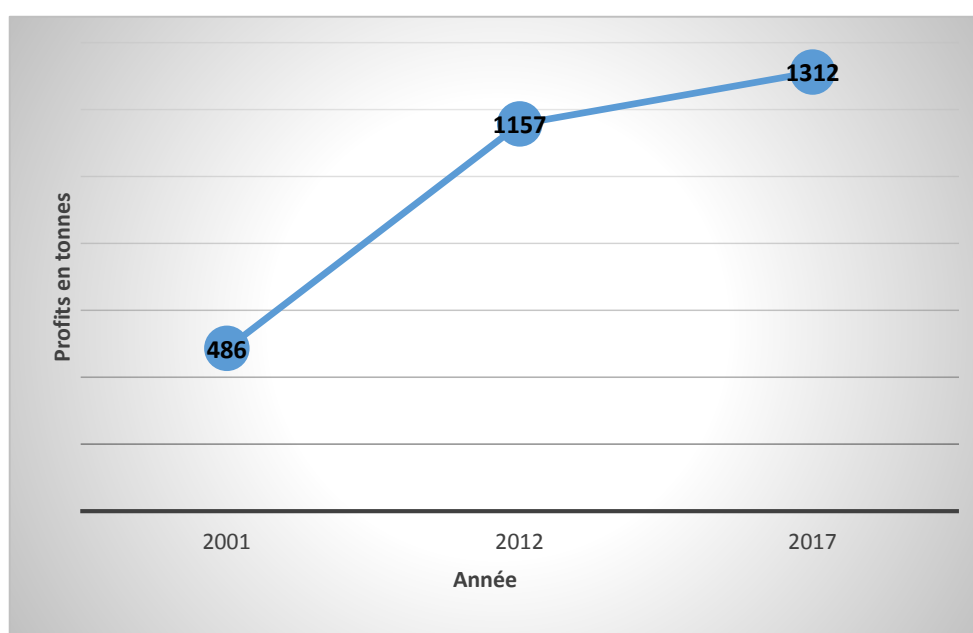


Figure 23 : Evolution des captures Annuelles au cours des années au niveau de la lagune de Marchica

Le profit estimé au niveau de la lagune, qui est de l'ordre de 5648 MAD, est fortement positif, en comparant avec les valeurs enregistrées en 2001, avec un profit de 3333 MAD (Malouli, M et al., 2002), et en 2012 avec un profit de 2465 MAD (Najih, M., 2015) (**Figure 24**). Contrairement au niveau des autres sites de la Méditerranée, la majorité des profits enregistrés sont négatifs (Franquesa et al. 2001). La différence des profits enregistrés entre les sites de la lagune, est due en grande partie à l'activité relative à chaque site notamment le nombre de barques et de la productivité. Ce profit positif enregistré, reflète que les engins utilisés au niveau de la lagune de Marchica, présentent des résultats économiques très satisfaisantes, vu le fait que ces engins ciblent des espèces à grande valeur économique comme la Caramote et le Poulpe, qui sont destinés à l'exportation (Awadh, H et al., 2018).

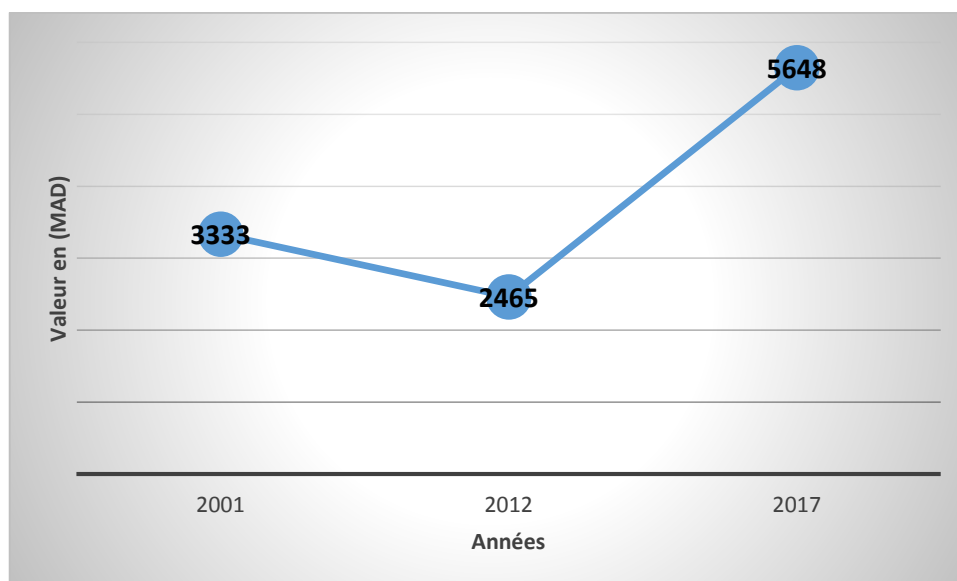


Figure 24 : Evolution des valeurs des profits mensuels au niveau de la lagune de Marchica

L'effort de pêche est l'un des paramètres les plus étudiés pour la gestion des stocks et des captures dans le but de programmer des plans d'aménagements convenables, puisque la majorité des mesures de gestion est en relation directe ou indirecte avec l'effort de pêche (Malouli, I. M et al., 2002). D'après les résultats obtenus, l'effort de pêche mensuel total de la lagune de Marchica estimé, est de l'ordre d'une moyenne de 5202 sorties, ce dernier est considéré élevé, en le comparant avec l'effort de pêche mensuel total les régions de sud Méditerranéen du Maroc qui est de l'ordre de 4301 sorties (Awadh, H et al., 2018). La variation de l'effort de pêche mensuel, qui s'exprime par une augmentation en été et inversement en hiver, s'accorde avec les conditions météorologiques de la région.

Tableau 13 : Valeurs de l'effort de pêche global au niveau de la lagune de Marchica

Indicateur économique	Années		
	2001	2012	2017
Nombre de sorties	23	15,5	16
Effort de pêche	36000	72385	62460

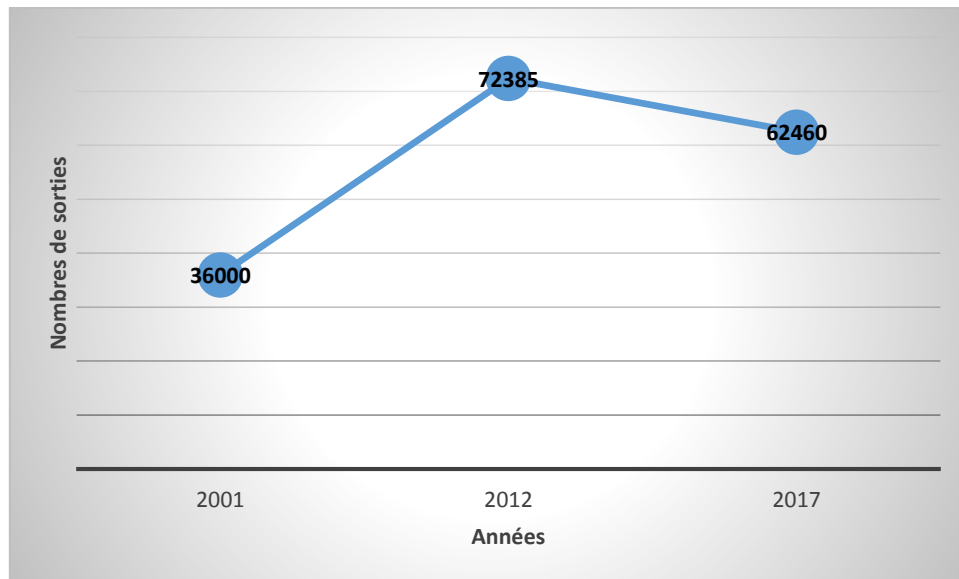


Figure 25 : Evolution de l'effort de pêche global au niveau de la lagune de Marchica

L'effort de pêche annuel au niveau de la lagune de Marchica enregistré en 2002, est de l'ordre de 36.000 (Mallouli et al., 2002), par la suite a connue une augmentation en 2012, estimé de 72.385 (Najih et al., 2015). Nos résultats obtenus en 2017, montrent qu'il y'a une diminution légère de l'effort de pêche annuel qui est de l'ordre 62.460 sorties (**Tableau 13 ; Figure 25**). Cette différence peut être est due au nombre de barques actives qui a diminué depuis l'année 2012, d'un nombre de 391 barques actives, selon l'étude de Najih, M et al. (2015) jusqu'à un nombre de 322 barques actives en 2017, ainsi que le nombre de sites qui a baissé, passant de 16 à 15 sites actifs autour de la lagune. L'effort de pêche qui a diminué a contribué en grande partie à la promotion de la croissance des espèces juvéniles, qu'abrite la lagune en tant que nourricière, qui s'est traduit par une augmentation de la production au niveau de la lagune de Marchica depuis l'année 2001.

La valeur qu'apporte la pêche artisanale au niveau de la lagune de Marchica, à l'économie de la région de Nador, est restée positive au cours des années depuis 2001, malgré une légère diminution depuis l'année 2012 (Najih, M et al, 2015), avec une différence de 1 million. Ceci peut être logiquement expliqué par l'effort de pêche qui a diminué depuis l'année 2012 (Najih, et al., 2015).

V. Conclusion

L'étude de la situation socioéconomique des pêcheurs de la lagune de Marchica a mis en valeur la pêche artisanale et son importance pour les pêcheurs locaux. D'après les résultats obtenus, le fait que la pêche artisanale constitue la ressource financière unique d'un nombre important des

pêcheurs pratiquant ce métier, met en évidence la nécessité de son intégration dans tout programme d'aménagement stratégique de la région.

L'analyse économique de l'effort de pêche, a montré que depuis l'année 2001 jusqu'à 2017, les valeurs ont doublé. Cet accroissement, n'a pas été accompagné par des mesures d'aménagement, ni par des mesures règlementaires. Les répercussions de cette augmentation risquent d'affecter de façon négative les stocks des différentes espèces, et la diminution en biomasse peut être irréversible.

En conclusion, afin d'assurer un développement durable de l'activité de la pêche et son intégration dans le secteur formel, il est recommandé de réussir le développement de l'infrastructure de base, l'amélioration des conditions de commercialisation et garantir un meilleur accompagnement et soutien pour les associations ou coopératives formées par les pêcheurs facilitant toute intervention et mesure d'aménagement prévues par les pouvoirs publics.

Chapitre III : Description de l'activité de la pêche

I. Introduction

Au niveau de la lagune de Marchica, le secteur de la pêche artisanale présente une grande importance économique. Les investigations menées pour mettre en œuvre l'analyse économique et de l'exploitation ont montré que depuis 2001 jusqu'à 2012, l'effort de pêche a doublé, la production en poids a augmenté de 115 % et celle en valeur de 73 %. Cette augmentation remarquée, aussi pour le profit net par barque, risque d'avoir des impacts néfastes sur les stocks des différentes espèces, et la diminution en biomasse peut être irréversible

L'étude de ce sous-secteur présente beaucoup de contraintes, car les conditions qui l'entourent sont difficiles et très compliquées. Ni l'effort de pêche ni les captures ne sont enregistrées puisque l'activité de la pêche artisanale dans la lagune sort totalement du circuit officiel. Cette informalité rend l'étude de l'impact réel de cette activité exercé sur le développement de la région difficile à évaluer. Les ressources halieutiques de la lagune sont gérées par le Ministère de l'Agriculture et la Pêche Maritime, alors que le statut de la lagune, en tant que site SIBE et site RAMSAR, implique la surveillance de l'Agence Nationale des Eaux et forêts (ANEF).

La pêche artisanale au niveau de lagune de Marchica est réalisée au niveau de 16 sites répartis autour la lagune ; Bokana, Bouziza, Ghassi, Tirkae, SidiAli, Chaala, Thamzida, Bouarg, Djazira, Mouhandis, Thasdja, Iboughar, Ichtianen, Ibaouten, Arjel, Passe. Elle possède une totalité de 391 barques, avec un nombre total de 887 marins (Najih, M et al., 2015). Les engins utilisés sont d'un nombre de six ; Palanza, Trémail, senne de plage, senne tournante, turlutte, palangre et ligne à main. Chaque engin cible des espèces différents, comme le Palanza qui cible principalement la Caramote « *Penaeus keratherus* » et le Trémail qui cible principalement des espèces de céphalopodes telles que, la seiche « *Sepia officinalis* » et le poulpe « *Octopus vulgaris* » (Malouli, M et al., 2002).

La qualité de l'eau de la lagune a connu auparavant des détériorations. En 2009, les pouvoirs publics ont décidé l'ouverture d'un chenal artificiel de dimension et d'envergure plus importantes, suivi par un nombre de changements de la position de l'ouverture jusqu'à l'année 2011, ceci dans le but de l'amélioration de la circulation de l'eau de la lagune et de l'augmentation du flux hydrique avec la mer.

Ces changements auraient potentiellement des effets sur les caractéristiques des différents compartiments de ce milieu et plus précisément sur l'activité de pêche. Peu d'études liées à

l'aspect socioéconomique de l'activité de pêche dans la lagune de Nador ont été réalisées précédemment.

Ce chapitre a pour objectif une actualisation des données relatives à l'activité de la pêche artisanale au niveau de la lagune de Marchica de Nador et la description des caractéristiques de ce sous-secteur.

II. Matériel et méthodes

II.1. Déroulement des enquêtes

Des enquêtes directes se sont déroulées en 2017, mensuellement (du janvier jusqu'au décembre), autour de la lagune dans le but d'analyser l'activité de la pêche et les caractéristiques des moyens de production. La méthode approuvée pour la collecte des données est par le biais des enquêtes directes, dont la quasi-totalité des informations a été obtenue auprès des armateurs, des pêcheurs et des mareyeurs. Les paramètres pris en considération, pour la description de l'activité de la pêche, lors de la visite des différents sites, ont porté sur :

- ❖ Nombre de sites actifs, nombre et nom des barques actives, caractéristiques des moteurs, engins utilisés, état de mère et d'autres observations.
- ❖ Zones de pêche à l'aide d'une carte divisée en zones et les espèces capturées par les engins utilisés (Trémail et Palanza).
- ❖ Le taux d'échantillonnage est fixé, au moins à 30 %, mais le nombre d'enquêtes ou de barques enquêtées n'a pas été toujours respecté, vue les contraintes confrontées, en raison de la coopération, ou non, des pêcheurs lors des enquêtes, etc. Le déroulement des enquêtes a été considéré mensuellement avec un minimum de 3 missions par mois, selon la saison et les conditions, durant la sortie 10 enquêtes maximum par jour ont eu lieu en changeant à chaque fois les sites autour de la lagune.
- ❖ Une enquête préliminaire, dans l'objectif de tester les questionnaires et de connaître les particularités de chaque site et d'établir un programme de suivi général, a été effectué et qui ont ciblé en grande partie les pêcheurs du métier de la pêche artisanale de la lagune en plus de quelques mareyeurs de chaque site.

Malgré les différentes contraintes rencontrées lors des missions, le déroulement des enquêtes a été satisfaisant vue la coopération et la collaboration de la majorité des pêcheurs et ceci grâce au système de l'intégration des pêcheurs locaux dans le suivi scientifique de l'activité de pêche de la lagune, créée par l'INRH, de ce fait, des réunions et des formations avec les pêcheurs

locaux ont eu lieu dans le but de les incorporer dans le système de recherche dédié aux suivis mensuels mené par l'INRH.

Afin d'établir un état des lieux et de procéder à une analyse financière, économique et sociale de l'activité de pêche dans la lagune, une exploitation d'indicateurs simples et pratiques pour l'interprétation, est mise en évidence.

Les aspects de productivité qui concernent l'état technique ont été calculés. Ils permettent la connaissance du niveau de valorisation des facteurs de production de l'activité de pêche au niveau de la lagune. Il s'agit des caractéristiques et la description de l'état des barques, d'où les longueurs, l'âge, et le tonneau de jauge brute TJB, qui mesure la capacité de transport et représente le volume intérieur, exprimé en tonneaux (équivalent à 2,83 m³) pour les petits bateaux en unités UMS (Universal Measurement System), pour les navires de longueur supérieure à 24 m effectuant des voyages internationaux. Le TJB a été calculé comme suit :

$$GT = K1. V$$

$$\text{où } K1 = 0,2 + 0,02. \log_{10}V \text{ et } V = a1.$$

- GT (Gross Tonnage ou J.B. en France)
- V = volume total des espaces clos du navire, en mètres cubes.
- Le coefficient K1 est un coefficient de corrélation destiné à ce que la nouvelle jauge brute soit aussi proche que possible des anciennes jauges brutes nationales. (K1 varie entre 0,22 et 0,32).

De plus, les enquêtes sur les moyens de production de la barque comprennent aussi, une description des engins utilisés, du moteur et des captures selon les saisons de pêche.

III. Résultats

III.1. Sites de la pêche artisanale de la lagune

La visite des lieux présentant les sites de la pêche artisanale autour de la lagune de Marchica a servi pour une description de l'activité de ces sites. Les enquêtes élaborées ont permis de déterminer le nombre de sites actifs qui est au total de 15 sites autour de la lagune, Bokana, Bouziza, Ghassi, Tirkae, SidiAli, Chaala, Bouarg, Djazira, Mouhandis, Thasdjia, Iboughar, Ichtianen, Ibaouten, Arjel, Passe (**Figure 26**).

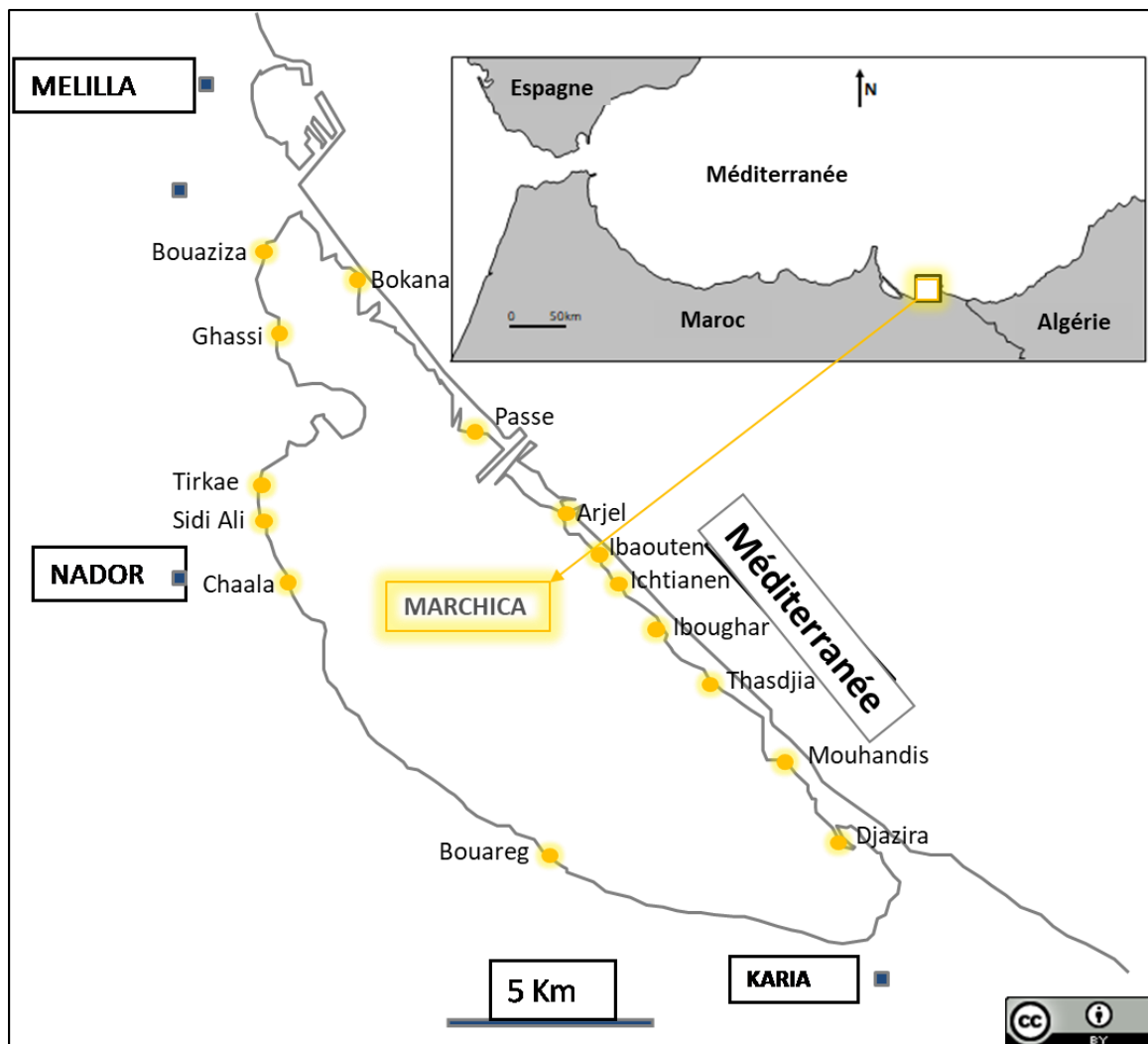


Figure 26 : Localisation des sites de pêche artisanale au niveau de la lagune de Marchica

Parmi les sites les plus actifs on trouve :

Sidi Ali : ce site se situe dans le périmètre urbain de la ville de Nador (N35°11.772 W002°55.522). Il se caractérise par son activité remarquable vue son accessibilité facile par les habitants de la ville, présentant le lieu idéal et le plus convoité par les touristes surtout pour faire des randonnées durant la période estivale. Ce site est protégé par deux quais, utilisés pour l'accostage et le débarquement, et par une digue de protection (**Figure 27**).

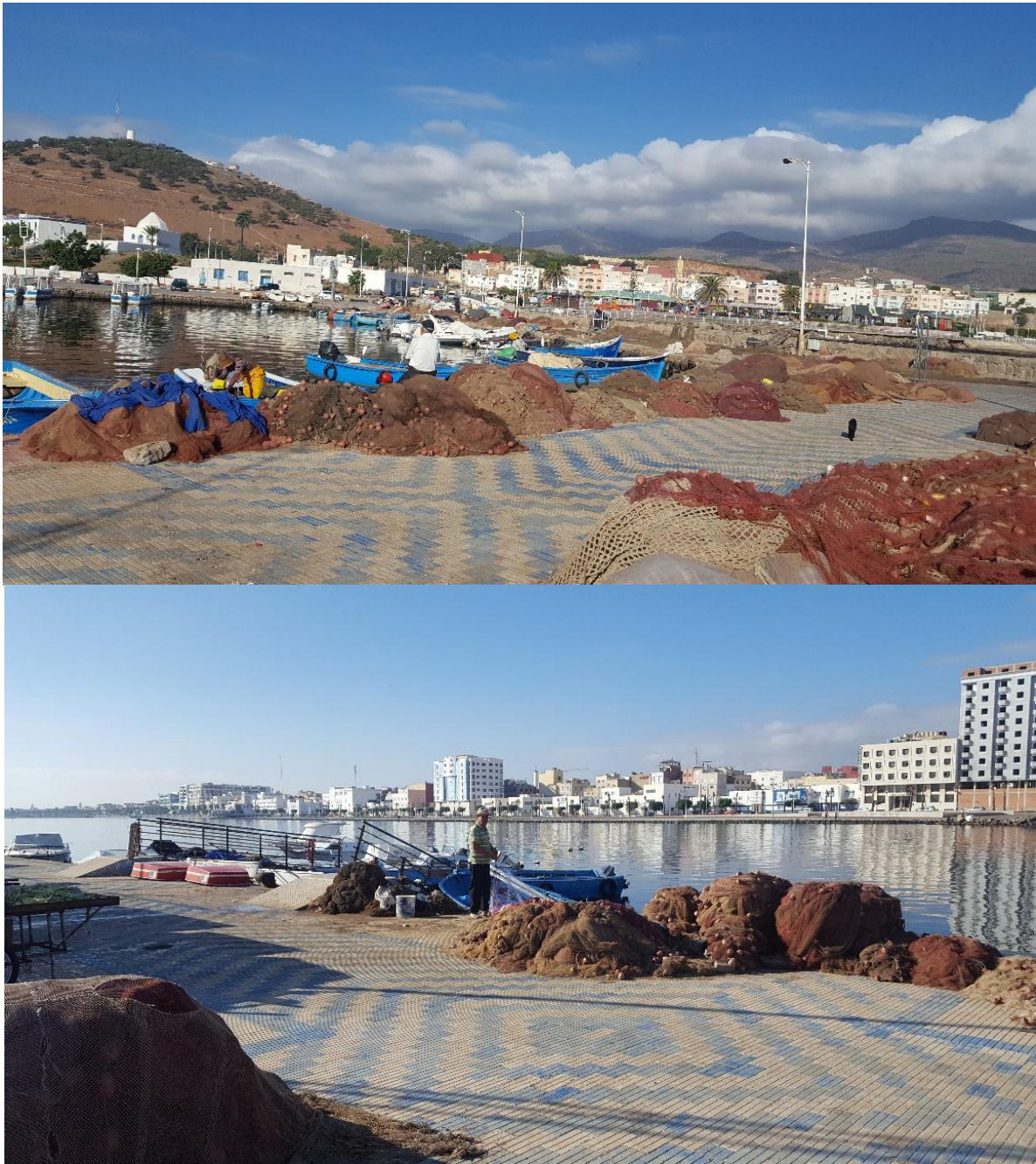


Figure 27: site de pêche artisanale de la lagune de Marchica, Sidi Ali

Arjel : Ce site se situe sur le cordon dunaire de la lagune (N35°10.465 W002°49.802). C'est le site le plus proche de la passe qui permet les échanges des eaux de la lagune avec les eaux de la Méditerranée.

Djazira : ce site se situe sur le cordon dunaire de la lagune (N35°10.465 W002°49.802). C'est le premier sire rencontré sur le cordon dunaire en passant par Kariat Arekman et se trouve à moins de 5 km du village le plus proche. Il est également à proximité de plusieurs sites balnéaires. Ce site se caractérise par une activité de pêche artisanale très remarquable.

Ghassi : il s'agit d'un site périurbain. Il compte parmi les sites les plus actives vu sa localisation (N35°13.021 W002°53.819), situé à 3 km du port de Béni Ansar sur la route qui mène vers la ville de Nador. Les barques sont dispersées en 2 points d'accostage. Le rivage est argileux-sableux avec la présence de quelques roches.

Iboueten, Iboughar et Ichtiane : ces trois sites se situent sur le cordon dunaire près de la passe avec un rivage de type sableux avec la présence de quelques roches

Tirkae : ce site appartient au périmètre urbain de la ville de Nador, proche du site Sidi Ali (N35°11,65' W02°55,56'). Les barques sont dispersées en deux points très proches et très distants de la route asphaltée de moins de 300 m. Le rivage est de type sableux.

III.2. Description de l'activité de la barque

Les enquêtes menées auprès des pêcheurs, exerçant le métier de la pêche artisanale, sur le nombre de barques actives dans chaque site autour de la lagune de Marchica, ont permis de faire une description de l'activité de la pêche artisanale. Ainsi, il s'est avéré que l'activité des sites diffère d'un site à l'autre. La lagune de Marchica compte une totalité de 322 barques repartis sur 15 sites de pêche artisanale.

Les sites représentant une activité très remarquable, vue le nombre de barques qu'ils hébergent, sont Djazira, Ghassi, Sidi Ali, Arjel, Ichtianen, Ibaouten, Bokana, Tirkae et Iboughar, respectivement, avec un nombre allant de 41 barques (Djazira) à 21 barques (Iboughar) (**Tableau 14**). Les sites représentant une activité moins considérable sont Bouziza, Passe, Chaala, Thasdjia, Bouareg, et Mouhandis, Respectivement, avec un nombre allant de 13 barques (Bouaziza) à 5 barques (Al Mouhandis) (**Tableau 14**).

Tableau 14 : Nombre de barques par sites de la lagune de Marchica.

Sites	Nb de barques
Djazira	41
Ghassi	37
Sidi Ali	35
Arjel	34
Ichtianen	25
Ibaouten	25
Bokana	24
Tirkae	22
Iboughar	21
Bouziza	13
Passe	12
Chaala	11
Thasdjia	10
Bouareg	7
Mouhandis	5
Total	322

Le nombre total des pêcheurs autour de la lagune est d'environ 629 marins pêcheurs. Le nombre de pêcheurs le plus élevé est de 102 marins sur le site Djazira, suivis d'un nombre de 88, 74, 66, 54, 42, 30, 27,23, 22, 22, 20, 16 marins respectivement sur les sites Arjel, Ichtianen, Bokana, ibaouten, Iboughar, Passe, Sidi Ali, Ghassi, Chaala, Bouziza, Bouareg, Thasdjia, Tirakae, Mouhandis (**Tableau 15**).

Tableau 15 : Nombre de marins par barque au niveau des sites de la lagune de Marchica

Sites	Nb de marins
Djazira	102
Ghassi	27
Sidi Ali	29
Arjel	88
Ichtianen	74
Ibaouten	54
Bokana	66
Tirkae	16
Iboughar	42
Bouziza	22
Passe	30
Chaala	23
Thasdjia	20
Bouareg	22
Mouhandis	14
Total	629

III.2.1. Description d'état de la barque

Au niveau de la lagune, aucune activité de la pêche côtière n'est présente, comme le senneur ou le chalutier. Seules les activités des unités de pêche artisanale sont menées à ce niveau. L'observation des barques qui servent pour la pratique du métier de la pêche artisanale dans la lagune de Marchica, a mis le point sur leur homogénéité, du point de vue descriptif, à l'exception de quelques petites différences au niveau de la taille et de la forme. La barque représente le moyen de production le plus important. D'après les enquêtes menées, la longueur des barques varie entre 3,5 m et 6,5 m, avec une longueur moyenne de l'ordre de 5,2 m. Les valeurs de TJB varient entre 0,67 et 2 tonnes, alors que le TJB moyen est de l'ordre de 1,5 tonneau (**Tableau 16**). La flottille artisanale de la lagune de Nador est considérée relativement détériorée et ancienne, vu le nombre d'âges enregistré pour les différentes barques autour de la lagune, avec un minimum d'âge de 1 an et maximum d'âge de 50 ans, l'âge moyen des barques est de 19,5 ans (**Tableau 16**).

La qualité de l'entretien de la barque est un facteur important pour la détermination de sa durée de vie et celle-ci varie considérablement. Elle peut aller jusqu'à 50 ans.

Tableau 16 : Caractéristiques techniques des barques de la lagune de Marchica.

	Caractéristiques de la barque	Longueurs (m)	Age(ans)	TJB (tonneau)
Sites actifs de la lagune	Djazira	5,1	19	1,9
	Ghassi	5,3	24	1,9
	Sidi Ali	5,3	30	1,7
	Arjel	5,7	21	1,4
	Ichtianen	5,2	13	1,6
	Iboueten	5,5	15	1,8
	Bokana	5,4	50	1,9
	Tirkae	5,3	19	1,9
	Iboughar	5,2	15	1,8
	Bouziza	3,5	13	0,67
	Passe	4,3	12	0,86
	Chaala	5	17	1,3
	Thasdjia	4,5	13	1,1
	Bouareg	6,5	11	2
Mouhandis	5,6	20	1,8	
Lagune	Min	3,5	1	0,67
	Max	6,5	50	2
	Moyenne	5,16	19,5	1,55

III.2.2. Engins de pêche artisanale

Les engins utilisés pour la pêche artisanale dans la lagune de Marchica de Nador sont divers : le Trémail, la Palanza, la turlutte, la senne tournante et la senne de plage et le palangre de fond. Les pêcheurs artisans peuvent utiliser jusqu'à trois engins de pêche à la fois dans la même sortie en mer, par exemple, il est possible qu'ils calent le Trémail et la Palanza en plus d'un autre engin.

Les deux engins de pêche présentant une grande importance dans ce secteur sont :

- **La Palanza** qui est un engin passif subdivisé en deux principales parties : le pont, constitué d'un filet droit d'une longueur allant de 60 à 120 m, et une cage de filet formant une chambre morte et dotée de deux ailes mesurant 30 à 50 m chacune. Cet engin est calé au fond, à une profondeur qui ne dépasse pas 9 m ; raison pour laquelle cet engin est utilisé uniquement dans la lagune de Nador. La Palanza peut rester

mouillée pour plusieurs jours. La pratique de la pêche avec cet engin suit des règles strictes. Il est interdit de pêcher avec la Palanza entre le 15 juillet et le 15 septembre, et ceci dans le but de la conservation des ressources biologiques. Il existe deux types de Palanza, la première appelée la Palanza à langoustine, généralement utilisée à partir du mois d'octobre jusqu'à janvier. Durant cette période, les pêcheurs ciblent une seule espèce qui est la Caramote, autrement appelé la langoustine (*Penaeus kerathurus*), qui correspond à l'espèce la plus importante et la plus ciblée pour la commercialisation vue son importance économique. Le deuxième type de Palanza est la Palanza à anguille qui cible l'anguille (*Anguilla anguilla*). Elle est utilisée à partir du mois de février jusqu'à juin. En effet, l'anguille est une espèce très répandue dans la lagune de Marchica et très ciblée par les marins utilisant la Palanza (**Figure 29**). C'est un engin relativement cher.

- **Trémil** est un filet qui est constitué en haut de ralingue de flotteurs qui le portent, tandis qu'en bas, il est limité d'une autre ralingue en plomb permettent de le maintenir étiré vers le fond. Cet engin présente trois nappes de filet qui sont superposées parallèlement, avec une longueur allant de 100 à 500 m et une chute de 1 à 5 m et avec des maillages différents, les deux nappes externes ont un maillage de 150 ou 200 mm, alors que celle interne a un maillage allant de 20 à 50 mm. Les espèces ciblées avec la pêche au Trémil sont principalement les sparidés et la seiche.



Figure 28 : Engins de pêche les plus utilisés au niveau de la lagune de Marchica (Palanza et Trémil) (Sidi Ali)

Les enquêtes menées auprès des pêcheurs montrent que la quasi-totalité des pêcheurs (95 %) utilisent le Trémil durant toute l'année. La pêche à la Palanza est utilisée par 90 % de la communauté des pêcheurs de la lagune. Les autres engins de pêche les moins utilisés dans la lagune sont :

- **Turlutte** : cet engin est constitué d'un morceau de bois d'une longueur d'environ 15 cm, entouré à l'un de ses bouts par 4 hameçons de taille 4 ou 5, et lesté avec du plomb alors que l'autre bout est lié à une corde mince reliée à des flotteurs.

- **La senne tournante** : cet engin a une longueur de 200 à 300 m, un maillage de 9 et 11 mm et une chute de 40 m. Elle est utilisée par un petit nombre de barques, plus précisément par seulement 11 barques actives dans les trois sites Ghassi, sidi Ali et Tirkae.

- **Palangre de fond** : Cet engin cible principalement quelques espèces telles que, la dorade, les sars, le pageot commun, le loup-bar, le pagre, le congre et la murène. Cet engin se caractérise par une longueur de 500 m et est armé de 100 hameçons de taille 5 et 12 appâtés avec du poulpe, sèche, sardinelle, sardine ou mullet. Ce métier est pratiqué à partir du mois d'avril jusqu'au mois d'août.

III.2.3. Moteur

Les moteurs utilisés par les barques de la pêche artisanale de la lagune diffèrent par leur type et puissance selon la taille de la barque. Pour les petites barques, les pêcheurs utilisent des moteurs de type hors-bord, d'une puissance variante entre 4 et 15 chevaux et d'un âge moyen de cinq ans, ce type de moteurs est le plus répandu dans la lagune. Les pêcheurs, qui possèdent des barques de grande taille, utilisent des moteurs plus puissants de type in bord, de 18 chevaux en moyenne. Toutefois, on peut aussi trouver très peu de pêcheurs qui utilisent uniquement des rames, vu le manque de moyens financiers et ceci pour économiser et éviter l'achat du carburant ou bien en raison de la proximité des zones de pêche aux sites d'attache.

III.2.4. Saison de pêche

Les engins utilisés principalement au niveau de la lagune de Marchica sont la Palanza et le Trémil. Le premier engin est utilisé de façon saisonnière à partir de janvier jusqu'à fin juin, interrompue par une phase de repos biologique, et puis l'activité de pêche est reprise en début d'octobre jusqu'à décembre. Le Trémil est lui utilisé durant toute l'année.

Les espèces capturées par chaque engin sont différentes : Le Palanza cible principalement les anguilles, le rouget et la caramote alors que le Trémail cible le poulpe, la dorade, la sèche, les sars, le loup-bar et le Marbré (**Tableau 17**).

Tableau 17: Espèces capturés par Palanza et Trémail annuellement.

Mois	Engin	EspeciesPalanza	Especies Tremail
Janvier	Tremail / Palanza	Anguille- Caramote - Rouget	Dorade - Seche -Sars- poulpe - loupbar - Marbré
Février	Tremail / Palanza		
Mars	Tremail / Palanza		
Avril	Tremail / Palanza		
Mai	Tremail / Palanza		
Juin	Tremail / Palanza		
Juillet	Tremail	Repos biologique	
Août	Tremail		
Septembre	Tremail		
Octobre	Tremail / Palanza	Caramote - Rouget	
Novembre	Tremail / Palanza		
Décembre	Tremail / Palanza		

IV. Discussion

Les enquêtes conduites dans cette étude ont permis de donner une idée sur l'état des lieux des sites répartis autour de la lagune de Marchica. Au total, il existe 15 sites périphériques qui sont dédiés à la pêche artisanale, dont neuf sites se localisent sur le cordon dunaire et six sites se localisent sur l'autre côté à proximité de la ville Nador. En comparant nos résultats avec ceux de Najih et al., (2015), on remarque que le nombre de sites actifs a diminué d'un site, en passant de 16 sites (en 2012) à 15 sites (en 2017) (Najih, M et al., 2015), ceci en raison de la proximité des sites à coté, ainsi la construction d'un nouveau quai avec une infrastructure développée, au niveau du site Chaala, qui a regroupé un certain nombre de barques au niveau de ce port.

L'activité de la barque et de pêche diffère d'un site à un autre dans la lagune. Le site le plus actif est Djazira qui est situé sur le cordon dunaire à proximité de la passe, avec un nombre de barque de 41 barques au lieu de 47 barques cité par (Najih, M et al., 2015).

Le nombre de barques total autour de la lagune est de 322 barques au lieu de 391 en 2012 (Najih, M et al., 2015), présentant environ 14 % de la flotte artisanale de l'ensemble de la Méditerranée Marocaine (Najih, M et al., 2015). De même, le nombre des pêcheurs marins exerçant ce métier au niveau de la Marchica est de 629 marins au lieu de 887 marins recensé en 2012 (Najih, M et al., 2015). Cette diminution concernant le nombre de barques et de marins pêcheurs remarqués en comparant les résultats de ce travail avec ceux de Malouli, I. M et al. (2002) et de Najih, M et al. (2015), est liée à la baisse de l'activité de la barque au niveau des sites en plus du nombre des sites qui a diminué. La diminution du nombre de pêcheurs marins concerne la catégorie des pêcheurs âgés, qui trouvent ce métier inconvenable pour leur âge vu la difficulté de l'exercice de ce métier, la catégorie de pêcheurs d'âge plus jeune qui souhaitent terminer leurs études et trouvent ce domaine insatisfaisant économiquement et moins rentable par rapport à d'autres métiers et enfin la catégorie des jeunes qui choisissent la migration vers l'Europe (Sall, A., & Morand, P., 2008). Cependant, cette activité crée des emplois directs à 1200 personnes, représentant environ 11 % du total des emplois fournis par la pêche artisanale en Méditerranée Marocaine (Malouli, I., 1999 ; Najih, M et al., 2015).

La barque représente le moyen de production le plus important. Les caractéristiques techniques des moyens de production de la barque, obtenues avec les enquêtes destinées à la description de l'état de la barque, montrent une homogénéité des barques de la pêche artisanale de la Marchica. La longueur moyenne est de l'ordre de 5,2 m, avec un minimum de 3,5 m et un maximum de 6,5 m. Concernant les valeurs de TJB, il en résulte que le TJB moyen est de l'ordre de 1,5 tonneau, avec un minimum de 0,67 tonneau et un maximum de 2 tonneaux. Du point de vue descriptif, et en tenant en considération l'âge des différentes barques autour de la lagune, la flottille artisanale de la lagune de Nador est considérée relativement détériorée et ancienne, avec un âge moyen de l'ordre de 19,5 ans (avec un minimum d'âge de 1 an et maximum d'âge de 50 ans). Ces constats corroborent ceux de Malouli, I. M et al. (2002) et de Najih, M et al. (2015) qui confirment la fragilité de l'infrastructure de base (route, électricité, eau, institut de scolarisation, hôpitaux, etc.) et principalement de la pêche au niveau de la Marchica (la détérioration des engins de pêche et les difficultés de l'approvisionnement en intrant) malgré l'importance socioéconomique et culturelle qu'elle présente avec une production totale estimée

à 1315 tonnes/an. Ceci à l'exception des 2 sites de Sidi Ali et de Chaala qui ont été récemment aménagés par l'agence Marchica Med.

D'après les résultats de ce travail et ceux d'autres études ultérieurement publiées (Malouli, I. M et al., 2002 ; Najih, M et al., 2015), on remarque qu'il existe deux engins qui sont principalement utilisés au niveau de la lagune : la Palanza, qui est utilisée par 85 % des pêcheurs, et le Trémil, qui est utilisé par 97 % des pêcheurs.

Les espèces ciblées par chaque engin sont différentes et leur pêche varie selon les saisons. Certaines espèces sont capturées toute l'année comme c'est le cas du Trémil qui est utilisée toute l'année et cible surtout la Dorade, Sèche, Poulpe, Sars, Loup-bar et Marbré. Tandis que d'autres ne sont capturées que pendant une période bien déterminée de l'année, comme le cas de la Palanza qui cible principalement la Caramote, le Rouget et les Anguilles. Cet engin n'est utilisé que de façon saisonnière avec une période de repos biologique permettant à ces espèces de se reproduire et de croître puisqu'il a été confirmé dans une étude récemment publiée que la lagune de Marchica se caractérise par sa richesse biologique et par son écosystème équilibré et fermé joue un rôle de nourricière pour une multitude d'espèces (Selfati, M et al., 2019). Ces espèces jouissent d'une importance économique majeure. La capture totale estimée est de l'ordre de 240 tonnes et est constituée essentiellement de la seiche avec 40 tonnes, le Rouget avec 23 tonnes et 18 tonnes de la Caramote (Malouli, I. M et al., 2002).

Ces espèces prennent différentes destinations. La majorité des espèces ciblées sont destinées principalement aux marchés et souks avoisinant les sites de pêche. Cependant, la Caramote est destinée à l'exportation alors que le poulpe a pour destination les usines de transformation.

V. Conclusion

La lagune de Marchica est la seule lagune qui regroupe un nombre élevé de barques de pêche artisanale. Elle se caractérise par son grand dynamisme, d'où l'exercice de la pêche artisanale par 322 unités constituant ainsi environ 14 % de la flotte artisanale de toute la Méditerranée Marocaine, dont 40 % fait partie de la flotte artisanale de la circonscription maritime de Nador (250 Km) (Najih, M et al., 2015).

Il ressort de l'analyse des résultats des enquêtes conduites en 2017 qu'il y'a eu une diminution légère au niveau de l'activité de la pêche au cours de ces dernières années. Ces changements peuvent être ainsi influencés par les travaux d'aménagement dirigés par l'Agence Marchica Med. Néanmoins, ceci n'exclut pas l'importance socioéconomique et

culturelle que présente toujours cette lagune à l'ensemble des pêcheurs et aux habitants de la ville de Nador. Cependant, en dépit de son importance, elle n'a pas bénéficié des crédits qu'elle mérite concernant la recherche scientifique et doit être étudié davantage afin de pouvoir cerner les problèmes affrontés au niveau de ce sous-secteur et élaborer un plan d'aménagement convenable et rationnel des pêcheries, assurant un meilleur développement durable de cette activité.

En guise de conclusion, les pêcheurs souhaitent voir l'amélioration de la situation générale de la pêche artisanale dans la lagune de Marchica. D'où la nécessité d'une approche globale qui se base sur trois volets principaux :

- Le volet social, en assurant une bonne infrastructure de base à la communauté des pêcheurs (scolarisation, soins médicaux et hospitaliers, moyens de production.)
- Le volet économique, en améliorant les circuits de commercialisation et les conditions de transport
- Le volet écologique, en maintenant un écosystème équilibré et durable (**Figure 30**).

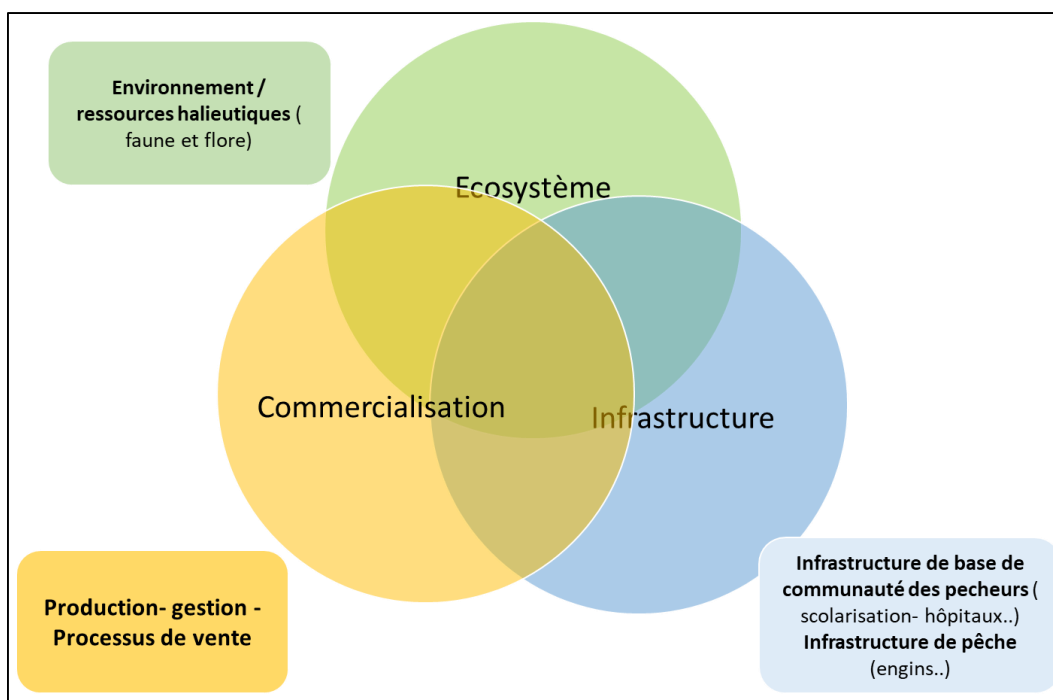


Figure 29: Schéma Récapitulatif du système d'intégration de la pêche artisanale.

Chapitre IV : Diversité et caractéristiques biologiques des poissons à intérêt commercial dans la lagune la Marchica

Ce chapitre a été traité sous forme d'un article accepté pour publication (sous presse) dans la revue 'Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries' indexée dans les bases de données 'Scopus' :

OUSSELLAM M., SELFATI M. EL OUAMARI N., BAZAIRI H. (2023). Length–weight parameters for 32 species from the Marchica coastal lagoon, Nador (north-eastern Morocco). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries.*, *in press.*

I. Résumé

La Marchica, l'unique lagune côtière sur la façade méditerranéenne du Maroc, a été classée depuis 1996 comme SIBE, et depuis 2005 un site RAMSAR. Grace aux échanges qu'elle entretient avec les eaux marines via la passe qui communique directement avec les eaux de la mer Méditerranée, la lagune se caractérise par une grande diversité biologique et fonctionnelle ainsi qu'une valeur remarquable sur le plan socioéconomique. En particulier, ses poissons fournissent de nombreux services écosystémiques aux sociétés humaines telles que l'approvisionnement en nourriture et la création d'emplois.

Le rapport longueur-poids des populations marines est très important pour une exploitation et une gestion efficace. Dans ce chapitre, on présente l'étude des relations entre la longueur et le poids de 32 espèces de la lagune côtière de Marchica, Nador (nord-est du Maroc) sont présentées. Les études de terrain ont été réalisées au cours de la période 2015-2016. Les engins d'échantillonnage utilisés étaient la Palanza, Trémail et une grande senne coulissante fabriquée de manière à cibler les espèces pélagiques et démersales. L'abondance la plus élevée était enregistrées pour les familles de Gobiidae, Labridae, Engraulidae, Atherinidae, Clupeidae et Sparidae. L'analyse de la relation entre le poids et la taille a montré une croissance allométrique des 32 espèces, dont 16 ont une croissance allométrique négative, indiquant que le poids croît moins vite que la longueur et le reste des espèces ont une croissance allométrique positive, indiquant que le poids croît plus vite que la longueur. Les coefficients R obtenus montrent une très bonne corrélation entre la taille et le poids pour la grande majorité de ces espèces.

Mots clés : Relations longueur-poids, poissons, Marchica, Maroc.

Abstract:

The Marchica, the only coastal lagoon on the Mediterranean coast of Morocco, has been classified since 1996 as a SIBE, and since 2005 a RAMSAR site. Thanks to the exchanges it has with marine waters via the pass that communicates directly with the Mediterranean Sea, the lagoon is characterized by a great biological and functional diversity and a remarkable socio-economic value. In particular, its fish provide many ecosystem services to human societies such as food supply and employment.

The length-weight ratio of marine populations is very important for effective exploitation and management. In this chapter, the study of length-weight relationships of 32 species from the coastal lagoon of Marchica, Nador (northeast Morocco) is presented. The field studies were conducted during the period 2015-2016. The sampling gears used were Palanza, Trammel net and a large purse seine made to target pelagic and demersal species. The highest abundance was recorded for the families Gobiidae, Labridae, Engraulidae, Atherinidae, Clupeidae and Sparidae. The analysis of the relationship between weight and size showed an allometric growth of the 32 species, of which 16 have a negative allometric growth, indicating that weight grows less quickly than length and the rest of the species have a positive allometric growth, indicating that weight grows more quickly than length. The R coefficients obtained show a very good correlation between size and weight for the vast majority of these species.

Keywords: Length-weight relationships, fishes, Marchica, Morocco

II. Introduction

Les lagunes côtières représentent 13 % du littoral mondial (Knoppers, B., 1994) et offrent une grande partie de richesse écologique à la biosphère (Costanza, R et al., 1997). La région méditerranéenne abrite environ 400 lagunes côtières (Cataudella, S et al., 2015).

La lagune de Nador, nommé la Marchica, présente une grande importance biologique, écologique et socioéconomique. Grâce à sa richesse elle a été désignée comme site d'intérêt biologique et écologique en 1996 et classé comme un site RAMSAR depuis l'année 2005. Au niveau de la lagune, la pêche artisanale est la principale activité socioéconomique de la lagune de Marchica, elle produit un effet économique positif pour la communauté de la région de Nador (Malouli, I. M et al., 2002).

La composante des poissons est très précieuse pour les services écosystémiques fondamentaux et dérivés de la demande et représentent une grande importance au niveau de l'écosystème aquatique lagunaire (Holmlund, C. M., & Hammer, M.,1999). Ils fournissent environ 15% de l'approvisionnement en protéines de l'homme (FAO., 2002). La Marchica se caractérise par sa diversité biologique et sa richesse au niveau des espèces des poissons. Concernant le statut de la biodiversité des poissons de la lagune de Marchica, il a été révélé, d'après La revue de la littérature et en se basant sur les critères de l'IUCN, qu'il existe une liste totale de 111 espèces évaluées.

En vue des différents modifications environnementales de nature physique, chimique et biologique soumise à la lagune, cette dernière a connu des répercussions négatives et des impacts néfastes sur son état, ainsi que des études ont identifié des changements significatifs dans les taux de sédimentation, les concentrations de polluants inorganiques (Ruiz, M et al., 2006) et l'eutrophisation (Zerrouqi, Zet al., 2013). A cet effet, et en raison de son état dégradé, la lagune de Marchica a été classée comme un " Hotspot " de la pollution en Méditerranée par le Plan d'action pour la Méditerranée en 2009 (PNUE/PAM-PLAN BLEU., 2009).

A cet égard, la réalisation des investigations et des recherches scientifiques, est devenue primordiale et nécessaire, dans le but d'assurer une restauration environnementale afin d'augmenter la capacité d'auto-nettoyage de la lagune et d'améliorer ses pêcheries et ses bioressources pour le plus grand bénéfice des communautés qui en dépendent (Aknaf, A., et al., 2015). Il a été également conclu que les données sur les poissons ont un rôle important dans la surveillance écologique et la gestion des lagunes (Selfati, M et al., 2019).

En biologie des pêches, l'étude des relations longueur-poids est très importante pour déterminer le poids et la biomasse lorsque seules les mesures de longueur sont disponibles, pour donner des indications sur la condition et pour permettre de comparer la croissance des espèces entre différentes régions. Ceci permet évidemment de réaliser des comparaisons de la croissance des espèces entre différentes régions (Abdurahiman, K. P et al., 2004).

Le présent travail a été réalisé dans le cadre des études sur les pêches artisanales, en particulier celles de la lagune de Marchica. Les systèmes d'enquête ont largement privilégié l'acquisition d'informations sur les tailles des 32 espèces de poissons capturés au détriment de données sur les poids et biomasses, et ce afin d'avoir une idée sur le type de la croissance des espèces qu'abrite la lagune.

III. Matériels et méthodes

III.1. Echantillonnage

Les données entretenues pour cette étude proviennent d'un large programme de recherche sur les espèces de la lagune de Marchica de Nador en adoptant un système et réseaux échantillonnage vaste permettant d'effectuer une étude globale et de réaliser un nouvel inventaire sur les espèces qui appartiennent toujours à la lagune, celles qui n'en faisant plus parties et celles récemment introduites

La technique d'échantillonnage a été mise en œuvre en fonction des objectifs de l'étude de peuplements, qui a porté sur un échantillonnage aléatoire (probabiliste), donnant la même probabilité d'être échantillonnés pour tous les individus, en réalisant des suivis bimensuels au bords des enquêtes et des sorties sur terrain, et la récupération des échantillons directement des captures des pêcheurs des différents engins utilisées selon les saisons ; Palanza, Trémil et une grande senne coulissante (110 m de long, 11 m de haut et un maillage de 6 mm), qui ciblait les espèces pélagiques et démersales. Le choix des engins utilisés pour l'échantillonnage doit garantir certains critères tels que la reproductibilité de la méthode, la sélectivité réduite aussi bien pour la taille que pour les espèces, l'abondance du matériel biologique récolté qui doit rester en bon état ainsi que son utilisation courante par les pêcheurs locaux.

III.2. Mesures morphométriques

Les échantillons récupérés lors de ces programmes ont été emmenés au laboratoire de l'INRH, afin d'être tous identifiés par espèce, triés, mesurés au millimètre près (0.1 cm) et pesés au

gramme près (poids frais total 0.01 g). La longueur relevée est la Longueur Totale (LT) (Figure 31).

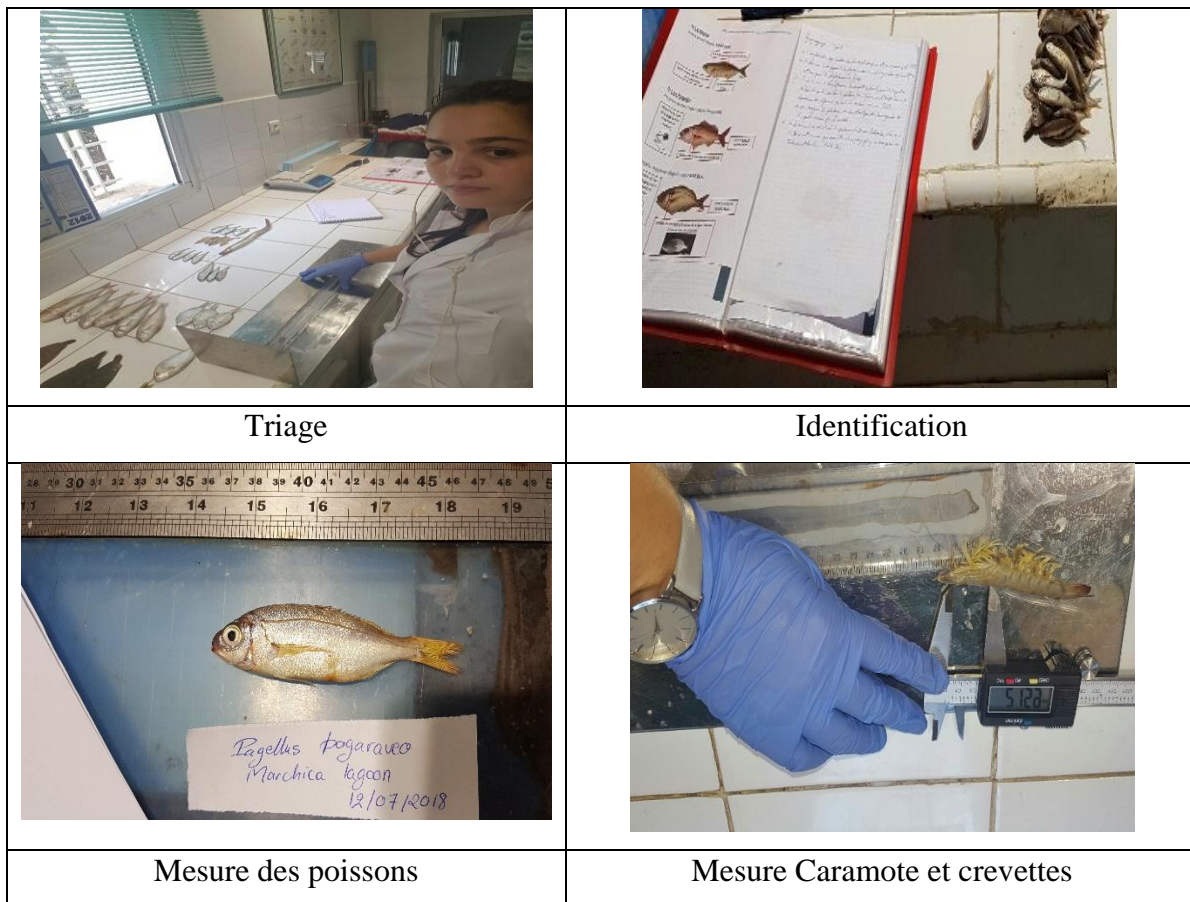


Figure 30 : Analyse des espèces au niveau du laboratoire

III.3. Analyse des données

Toutes les espèces identifiées et mesurées ont été analysés statistiquement, dans le but de suivre l'évolution de leur forme. Dans ce travail, la relation taille/poids à été étudié afin de comparer la croissance des différentes parties du corps chez ces espèces et de déterminer le type de corrélation. Dans l'état normal du poisson, sa longueur et son poids sont fortement corrélés. Les relations longueur-poids chez les poissons ont été calculées à l'aide de la formule :

$$W_t = a.L_t^b$$

En général les relations longueur-poids sont considérées comme des modèles de croissance allométrique, où 'W' est le poids des spécimens en grammes ; 'L' est la longueur totale en cm ; 'a' est un coefficient lié à la forme du corps ; et 'b' le coefficient de régression est un exposant indiquant le type de la croissance relative. Si b est supérieur à 3, la croissance est de type allométrique positive, cela indique que le poids de l'individu croît plus vite que le cube de la

longueur, Si b est inférieur à 3, la croissance est de type allométrique négative, ce qui reflète que le poids croît relativement moins vite que le cube de la longueur, si b est égale à 3, la croissance est de type isométrique, cela signifie que le poids et le cube de la longueur croît de la même manière.

La signification de la régression et de la valeur b pour chaque espèce testée par le test t a été évaluée par le Rstudio pour vérifier qu'elle était significativement différente de la croissance isométrique (Zar, J.H., 1996).

Un inventaire a été réalisé au niveau de la lagune de Marchica, dans le but d'exploiter la diversité. Ceci a permis d'obtenir une liste des différentes espèces faisant partie à la lagune et de faire une actualisation des données en tenant compte des espèces qui n'appartiennent plus à la lagune et celles nouvellement introduites.

IV. Résultats

IV.1. Etude biologique de 32 espèces de poissons de la Marchica

Au cours de cette enquête, 32 espèces, soit 12 766 spécimens appartenant à 17 familles différentes, ont été pesés et mesurés. Selon les résultats de l'enquête, les Gobiidae, Labridae, Engraulidae, Atherinidae, Clupeidae et Sparidae ont été les familles les plus abondantes

Des échantillons de toutes les espèces ont été prélevés tout au long de l'année. Ces données ne sont donc pas représentatives d'une saison spécifique et les paramètres longueur-poids estimés doivent être considérés comme des valeurs annuelles moyennes.



Figure 31 : Espèces capturés au niveau du site Sidi Ali (Marchica)

Le tableau 18 présente les relations longueur-poids et les caractéristiques de longueur pour 32 espèces. Le nombre de spécimens est (n), les plages de longueur (minimum et maximum), les paramètres de la relation longueur-poids sont (a) et (b), le coefficient de détermination est (r^2), la signification de la valeur p, (+) est pour $p < 0,05$ et (-) est pour $p > 0,05$, qui ont tous été déterminés par le programme Rstudio, et les types de croissance sont indiqués.

La taille de l'échantillon est d'un Maximum de 3853 individus, notamment pour l'espèce *Gobius niger* et d'un Minimum de 11 individus, pour les espèces *Syngnathus acus* et *Dicentrarchus labrax*.

La majorité des valeurs r^2 étaient supérieures à 0,80, à l'exception de deux espèces : *Sparus aurata* ($r^2 = 0,72014$, 22 individus), *Symphodus ocellatus* ($r^2 = 0,70772$, 73 individus).

Dans cette étude, l'exposant b varie entre 2,1317 pour *Sparus aurata* et 3,4897 pour *Pagellus acarne*. En ce qui concerne le type de croissance, toutes les espèces présentaient une croissance allométrique ($b \neq 3$), avec 16 espèces présentant une croissance allométrique négative (minorante) ($b < 3$), et les 16 autres espèces montrent une croissance allométrique positive (majorante) ($b > 3$), la plupart des relations étant hautement significatives ($P < 0,05$) (**Tableau 18**).

Tableau 18 : Mesures et paramètres des espèces recensées de la lagune de Marchica. N est la taille de l'échantillon ; Min. et Max. sont Minimum et Maximum des longueurs totales en cm; a et b sont les paramètres de la relation longueur/poids ; r² est le coefficient de détermination.

Familles	Espèces	N	Min	Max	a	b	r ²	Valeur P	Type de croissance
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	44	7	72	0,039	2,805	0,95861	+	Allométrique (-)
Atherinidae	<i>Atherina boyeri</i>	1189	2,5	15	0,0056	3,1007	0,93652	+	Allométrique (+)
Blenniidae	<i>Salaria pavo</i>	165	4,7	14,5	0,0086	3,066	0,96154	+	Allométrique (+)
Bothidae	<i>Arnoglossus rueppelli</i>	12	5	13,1	0,01	3,0057	0,99116	+	Allométrique (+)
Carangidae	<i>Trachinotus ovatus</i>	114	6,7	55	0,0171	2,7243	0,91721	+	Allométrique (-)
	<i>Trachurus trachurus</i>	86	1,9	21	0,0097	2,9854	0,97944	+	Allométrique (-)
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	1057	1,1	17,1	0,0081	2,9844	0,84439	+	Allométrique (-)
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	1668	2,9	11	0,0051	3,0481	0,95358	+	Allométrique (+)
Gobiidae	<i>Gobius cruentatus</i>	195	4,8	9,2	0,0199	2,7193	0,80555	+	Allométrique (-)
	<i>Gobius niger</i>	3853	0,7	13,2	0,0182	2,7953	0,85422	+	Allométrique (-)
	<i>Gobius paganellus</i>	44	5,6	10,5	0,0107	3,1297	0,8145	+	Allométrique (+)
Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus picarti</i>	65	12	20	0,0035	2,8022	0,89662	+	Allométrique (-)
Labridae	<i>Symphodus cinereus</i>	1390	4,2	14,4	0,0118	3,1307	0,94413	+	Allométrique (+)
	<i>Symphodus ocellatus</i>	73	5,2	12,3	0,015	2,9476	0,70772	+	Allométrique (-)
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	11	9,1	51	0,084	3,0404	0,99095	+	Allométrique (+)
Mullidae	<i>Mullus barbatus</i>	167	5,4	19,2	0,0067	3,2299	0,95562	+	Allométrique (+)
	<i>Mullus surmuletus</i>	24	5,6	10,2	0,0065	3,3596	0,96584	+	Allométrique (+)
Scorpaenidae	<i>Scorpaena maderensis</i>	139	7	27	0,054	3,1749	0,97222	+	Allométrique (+)
Sepiidae	<i>Sepia officinalis</i>	741	1	17	0,4664	2,4227	0,94165	+	Allométrique (-)
Sparidae	<i>Diplodus vulgaris</i>	578	2	16,5	0,0112	3,1827	0,98949	+	Allométrique (+)
	<i>Lithognathus mormyrus</i>	14	8,2	22,5	0,0197	2,8497	0,97933	+	Allométrique (-)
	<i>Pagellus erythrinus</i>	13	4,7	19,1	0,0175	2,9481	0,99326	+	Allométrique (-)
	<i>Pagellus acarne</i>	142	3,5	14,5	0,0042	3,4897	0,97344	+	Allométrique (+)
	<i>Sparus aurata</i>	22	11	24,5	0,1303	2,1317	0,72014	+	Allométrique(-)
	<i>Sparus aurita</i>	92	9,9	24,6	0,0304	2,5418	0,90769	+	Allométrique(-)
	<i>Spicara smaris</i>	21	7,4	12,9	0,0109	2,9885	0,97789	+	Allométrique(-)
	<i>Sarpa salpa</i>	48	9,6	21,7	0,014	3,0259	0,98674	+	Allométrique (+)
	<i>Diplodus annularis</i>	283	2,6	16	0,0122	3,1576	0,90705	+	Allométrique (+)
	<i>Diplodus sargus</i>	24	6,2	20	0,0155	3,0643	0,99601	+	Allométrique (+)
	<i>Boops boops</i>	393	3,6	15,4	0,0061	3,2541	0,97522	+	Allométrique (+)
Sphyraenidae	<i>Sphyraena sphyraena</i>	88	16	48	0,0073	2,8318	0,96245	+	Allométrique(-)
Syngnathidae	<i>Syngnathus acus</i>	11	8	11,3	0,0008	2,8075	0,88387	+	Allométrique (-)

IV.2. Etude de la diversité biologique ; Cas de *Solea senegalensis*

Cette partie a été publiée sous forme d'un article dans le journal *Mediterranean Marine Biodiversity*, l'intitulé de l'article est « First record of the Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup 1858) from the Mediterranean coast of Morocco ».

Durant les enquêtes conduites on a pu réaliser des prélèvements dans le but d'avoir des échantillons de diverses espèces de poissons capturés aux différents engins utilisés pour la pêche artisanale au niveau de la lagune de Marchica. L'analyse de ces espèces au Laboratoire a permis après leur identification de révéler l'existence d'une nouvelle espèce de Soleidé au niveau de la lagune. Il s'agit bien, exclusivement de l'espèce *Solea senegalensis* (**Figures 33, 34**). En 2015, l'équipe de recherche de l'INRH, a signalé, pour la première fois, l'apparition de *S. senegalensis* dans la lagune de Marchica. Cette espèce a été capturée pour la deuxième fois en 2018, à l'aide de la Palanza et piégés dans un système de bordigues installées près du chenal de communication avec la mer.

L'espèce a été capturée pour la première fois en 27 juin 2015 et ensuite en 12 juillet 2018 et le 8 août 2018. Mesurant respectivement, 37 cm et 25cm en Longueur Total et d'un poids de 467.14g et 140.52. L'espèce capturée est identifiée sur la base des critères de diagnose spécifiques établis par Fischer et al. (1987) : (1) corps ovale avec une branche supra-temporale de la ligne latérale doucement incurvée, (2) narine antérieure de la face aveugle non élargie en cupule ou rosette, (3) nageoire pectorale de la face oculée à bord postérieur plus ou moins arrondi, avec des rayons gris jaunâtre et une membrane très sombre et même noirâtre (**Figure 34**). Les trois spécimens mesuraient respectivement 37, 20,19 et 25,20 cm de longueur totale et pesaient 467,14, 66,1 et 140,52 g.

Une comparaison de plusieurs mesures morphométriques et de comptages méristiques entre les deux derniers spécimens capturés a été réalisée (Tableau 19).

Les résultats montrent, respectivement, 175,66 et 222,1 mm pour la longueur standard (SL), 13,80 et 18,16 mm pour la longueur de la nageoire pectorale (IP), 163,49 et 205,74 mm pour la longueur de la base de la nageoire dorsale (ID), 143,44 et 171,23 mm pour la longueur de la base de la nageoire anale (IA), 34,63 et 39,04 mm pour la longueur de la tête (LH), 65,18 et 77,68 mm pour la hauteur du corps (h), 13,80 et 16,52 mm pour la largeur du corps (iH), 5,42 et 8,57 mm pour le diamètre des yeux (ED), 3,89 et 7,23 mm pour la distance inter-orbitaire (IOD), 80 et 79 pour le nombre de rayons dans la nageoire dorsale (ND), 68 et 73 pour le

nombre de rayons dans la nageoire anale (NA), 8 et 8 pour le nombre de rayons dans la nageoire pectorale (NP), 9 et 9 pour le nombre de rayons dans la nageoire précaudale (NC).

L'espèce est déposée dans le Laboratoire des ressources Halieutiques de (INRH) de Nador.



Figure 32 : Sole sénégalaise, *Solea senegalensis*, (LT = 201 mm). Specimen capturé le 12 Juillet 2018 au niveau de la lagune de Marchica.



Figure 33 : *Solea senegalensis*, (TL = 201 mm) capturé le 12 juillet 2018 dans la lagune de Marchica (détail de la nageoire pectorale)

Tableau 19 : Mesures morphométriques (en Mm) et dénombrement méristiques de spécimens de la sole sénégalaise *Solea senegalensis* Kaup capturé dans la lagune de Marchica (Maroc).

Paramètres		Spécimen 1 (27/06/2015)	Spécimen2 (12/07/2018)	Spécimen3 (08/08/2018)	
Mesures morphométriques	L M	Longueur Total (TL)	370	201.19	252.0
		Longueur standard (SL)	–	175.66	222.1
	[Mm]	Longueur de la nageoire pectorale (IP)	–	13.80	18.16
		Longueur de la base de la nageoire dorsale (ID)	–	163.49	205.74
		Longueur de la base de la nageoire (IA)	–	143.44	171.23
		Longueur de la tête (LH)	–	34.63	39.04
		Hauteur du corps (h)	–	65.18	77.68
		Largeur du corps (iH)	–	13.80	16.52
		Diamètre de l'oeuil (ED)	–	5.42	8.57
		Distance inter-orbital (IOD)	–	3.89	7.23
Dénombrements Méristiques	Nombre de rayons/ nageoire dorsale (ND)	–	80	79	
	Nombre de rayons/ nageoire anale (NA)	–	68	73	
	Nombre de rayons/ nageoire pectorale (NP)	–	8	8	
	Nombre de rayons/nageoire précaudale (NC)	–	9	9	

Poids du corps [en g] (BW) 476.14 66.1 140.52

V. Discussion

La relation Taille/Poids a été utilisée initialement pour fournir des informations sur l'état des espèces marines et pour décider si la croissance somatique était isométrique ou allométrique (Le Cren, E. D., 1951 ; Ricker, W. E., 1975).

En biologie des pêches, la relation longueur-poids est fréquemment utilisée pour transformer la croissance en équations de longueur afin d'estimer le poids à l'âge et de l'utiliser dans les modèles d'évaluation des stocks (Pauly, D., 1993), pour évaluer les indices de condition (Anderson, R. O et al., 1983), et pour les cycles de vie et les comparaisons morphologiques des populations provenant de diverses zones (Petракis, G., & Stergiou, K. I., 1995 ; Ecoutin, J. M et al., 2005).

Des relations longueur-poids ont été documentées en Méditerranée orientale, dans les eaux turques (JICA., 1993 ; Taskavak, E., & Bilecenoglu, M. 2001 ; Ismen, A., 2003 ; Çalık, S., et al., 2017), en Egypte (Abdallah, M., 2002), en Grèce (Moutopoulos, D. K., & Stergiou, K. I., 2002; Petракis, G., & Stergiou, K. I., 1995). En Méditerranée occidentale, en Espagne (Valle, C et al., 2003), en Italie (Battaglia, P et al., 2010), en Tunisie (Cherif, S et al., 2008), en Libye

(El Tawil, M et al., 2004) et sur la côte Algérienne (Chaoui, L et al., 2006 ; Ansell, A. D et al., 1980).

Dans cette recherche actuelle, nous relatons les relations longueur-poids pour 32 espèces collectées dans la lagune côtière de Marchica (nord-est du Maroc). Ces espèces sont surtout fréquentes dans les eaux peu profondes ainsi que les espèces de poissons juvéniles commerciaux qui utilisent la lagune côtière comme habitat de nurserie.

Une étude sur la relation longueur-poids a déjà été discutée dans la mer Atlantique Marocaine, Merja Zerga (Kraïem, M. et al., 2001), mais aucune information sur la relation longueur-poids pour les espèces de Marchica (lagune Méditerranéenne) n'a été enregistrée auparavant.

Dans cette étude les résultats ont montré des différences dans les valeurs b entre la longueur et le poids.

L'exposant b est souvent proche de 3, sa valeur variant de 2 à 4. Les valeurs de b égales à 3 indiquent que les poissons ont une croissance isométrique ; les valeurs inférieures ou supérieures à 3 indiquent une croissance allométrique (Tesch, F. W., 1971).

Les différences entre les valeurs de b obtenues dans cette étude peuvent être attribuées à un ou plusieurs des facteurs suivants : la saison et les effets des différentes zones, les changements de température et de salinité de l'eau, le sexe, la disponibilité de la nourriture, les différences dans le nombre de spécimens examinés également les différences dans les gammes de longueur observées des espèces capturées (Tesch, F. W. 1971 ; Weatherley, A. H., Gill, H. S., 1987 ; Moutopoulos, D. K., & Stergiou, K. I. 2002), et rapportés par (Dulčić, J., & Kraljević, M., 1996), les paramètres estimés pour les relations longueur-poids peuvent être différents selon la saison et l'année, principalement en raison des caractéristiques physicochimiques du milieu, du sexe et du stade de maturité d'une espèce donnée, qui n'ont pas été pris en compte dans cette étude.

La croissance allométrique négative ($b < 3$) des 16 espèces signifie qu'elles croissent plus rapidement en longueur qu'en poids et la croissance allométrique positive ($b > 3$) des 16 autres espèces signifie qu'elles croissent plus rapidement en poids qu'en longueur (Karachle, P. K., & Stergiou, K. I., 2012). Le coefficient de corrélation obtenu est proche de 1 ($R=0.095$), montrant ainsi une très bonne corrélation entre les deux paramètres étudiés : la taille et le poids des individus.

À l'occasion de l'inventaire des poissons mené au niveau de la lagune de la Marchica, on a pu confirmer la caractérisation de la lagune par sa richesse et diversité biologique, ainsi que l'identification du soléidé pêché a révélé son appartenance exclusive à l'espèce *Solea senegalensis*, nouvelle espèce signalé pour la première fois. Commune en Atlantique, depuis le Sénégal jusqu'au Golfe de Gascogne, *Solea senegalensis* Kaup, 1858 est une espèce typiquement subtropicale. Exotique en Méditerranée, elle s'y serait introduite via le détroit de Gibraltar (Golani, D et al., 2002). De nombreux recensements effectués, aussi bien en milieu marin (Matarrese, Aet al., 1996 ; Goren, M., & Galil, B. S., 2001) que lagunaire (Baudin, J. P., 1980; Herve, P., & Brusle, J., 1980 ; Peja, N et al., 1996) n'ont pas mentionné sa présence. Elle est signalée pour la première fois en Méditerrané sur les côtes espagnoles sous le nom de *Solea melanochira* Moreau, 1874 (Borja, J., 1920). Elle est ensuite trouvée en Tunisie, notamment sur les côtes nord (Torchio, M., 1973) et dans les lagunes de Bizerte et d'Ichkeul (Goucha, M., & Ktari, M. H., 1981). (Quignard, J. P et al., 1986) indiquent sa présence dans le Golfe du Lion. Depuis, quelques spécimens de 20 à 25 cm de longueur totale sont trouvés dans les débarquements des pêches côtières et lagunaires de la côte languedocienne (Quignard, J. P., & Raibaut, A., 1993). Très récemment, (Recasens, L et al., 2001) confirment le signalement déjà ancien de (Borja, J. D. 1920) dans la mer catalane, autour de récifs artificiels.

Ce travail permet d'étendre l'aire de répartition de la sole du Sénégal *Solea senegalensis* à la côte sud du Maroc, lagune de Marchica. Il confirme la présence de l'espèce sur les côtes de l'Afrique du Nord, tout en précisant un habitat de type lagunaire, tel qu'il est indiqué en Espagne par de nombreuses références (Calderer, A., & Castelló, F., 1995).

VI. Conclusion

La collecte de données concernant les différentes espèces de la lagune de Marchica a permis de concrétiser un travail scientifique dans un cadre coopératif entre les pêcheurs de la lagune et l'INRH du Centre Régional de Nador

Afin de garantir une gestion durable des pêches artisanales, il y'a eu recourt souvent à l'usage de relations biométriques pour transformer des données collectées sur le terrain en indicateurs exploitables et utilisables pour cette gestion. L'une des relations les plus communes est l'estimation de la relation taille/poids. A cet effet, L'objet de cette étude est de produire de nouvelles clefs pour de 32 espèces vivant dans de la lagune méditerranéenne la Marchica. Des clefs longueur-poids ont pu être estimées pour 32 espèces de poissons.

L'étude de la relation Taille/Poids, pourrait servir de comparaison avec des études similaires sur les estuaires et les lagunes côtières de la mer Méditerranée et pourrait être utile dans des situations où les populations de poissons sont soumises à la pêche commerciale, à des programmes de restauration ou même à toute autre activité de gestion.

Partie II : Menaces de l'activité de pêche sur les ressources halieutiques de la lagune de Marchica

Chapitre V: Study of the bycatch in the Marchica lagoon (Mediterranean, Morocco)

I. Résumé

La lagune Méditerranéenne de Marchica (Maroc), connue par sa valeur biologique, écologique et socioéconomique, supporte une activité de pêche artisanale des plus importantes en Méditerranée Marocaine. Au cours de l'année 2018, un programme intensif d'auto-échantillonnage a été réalisé dans le but d'étudier les prises accessoires 'bycatch' associées aux deux engins de pêche, la Palanza et le Trémail. Les résultats ont révélé que les espèces accessoires sont constituées principalement d'espèces non commerciales (51%) et de juvéniles de poissons (31%). Au total, 40 espèces de poissons constituaient les prises accessoires liées aux engins de pêche susmentionnés. Les familles les plus abondantes étaient les Centracanthidae, Gobiidae, Sparidae, Engraulidae, Clupeidae, Portunidae et Mithracidae. Le plus grand nombre d'espèces a été capturé avec la Palanza, tandis que la composition des prises accessoires de Trémail est caractérisée par la domination des coquillages et des crustacés, comme *Callinectes sapidus* et *Damithrax spinosissimus*. En outre, la présence de raies a été observée mais rarement (*Raja Brachyura*), alors qu'aucun oiseau n'a été observé dans la composition des prises accessoires. Parmi les espèces accessoires, le crustacé décapode *Callinectes sapidus*, qui est une espèce non-indigène invasive alors que d'autres sont soit en danger (EN) (*Epinephelus marginatus*) ou quasi-menacées (NT) (*Dicentrarchus labrax* ; *Raja brachyura*), classifiées selon la liste rouge de l'UICN.

Les captures accessoires pourraient affecter l'équilibre de la faune piscicole, en particulier les espèces qui n'ont pas encore atteint leur taille de maturité. La dominance d'espèces benthiques parmi les espèces accessoires associées aux engins Palanza et Trémil suppose que ces deux engins affectent essentiellement le domaine benthique de la lagune et constitue donc une menace pour l'intégrité écologique de cet écosystème côtier. L'absence de déchets marins dans la composition des prises accessoires montre que la lagune de Marchica n'est pas affectée par des polluants solides.

Mots clés : Lagune de Marchica, Prises accessoires, Palanza, Trémil, IUCN.

Abstract

The Mediterranean lagoon of Marchica (Morocco), known for its biological, ecological and socioeconomic value, supports one of the most important artisanal fishing activities in the Moroccan Mediterranean. During 2018, an intensive self-sampling program was carried out to study the 'bycatch' associated with the two fishing gears, the Palanza and the Trammel net net. The results revealed that the bycatch species consisted mainly of (51%) non-commercial species and (31%) juvenile fish. A total of 40 species constituted the bycatch of the above-mentioned fishing gear. The most abundant families were Centracanthidae, Gobiidae, Sparidae, Engraulidae, Clupeidae, Portunidae and Mithracidae. The largest number of species was caught with Palanza. At the same time, the composition of Trammel net bycatch was characterized by the dominance of shellfish and crustaceans, such as *Callinectes sapidus* and *Damithrax spinosissimus*. In addition, the presence of rays was observed but rarely (*Raja Brachyura*), while no birds were observed in the bycatch composition. Among the bycatch species, the decapod crustacean *C.sapidus* is an invasive non-indigenous species while others are either Endangered (EN) (*Epinephelus marginatus*), or Near-Threatened (NT) (*Dicentrarchus labrax* ; *Raja brachyura*), classified according to the IUCN red list.

Bycatch could affect the balance of the fish fauna, especially species that have not yet reached their mature size. The dominance of benthic species among the bycatch species associated with

the Palanza and Trammel net gears implies that these two gears essentially affect the benthic domain of the lagoon and therefore constitute a threat to the ecological integrity of this coastal ecosystem. The absence of marine litter in the composition of the bycatch, indicates that the Marchica lagoon is not affected by solid pollutants.

Key words: Marchica lagoon, bycatch, Pallaza, Trammel net, IUCN.

II. Introduction

Transitional coastal wetlands, such as estuaries, coastal lagoons, mangroves, or salt marshes, are among the richest aquatic ecosystems in the world, supporting a diversity of organisms, from which many are of a high commercial value (Barletta, M et al., 2017).

In estuarine zones, fishing is considered an important human activity, and consequently, a large number of juvenile fish using these zones as nursery areas are captured. Although fishery regulations (e.g., minimum legal sizes) may preclude the retention of juveniles, fishing practices can impact prerecruits if the fishing gear is non-selective or if certain life history stages are vulnerable to incidental capture by fisheries targeting other species (Blaber, S. J et al. 2000). The survival of these stages is crucial to the success or failure of subsequent year-classes (Campana, S. E et al., 1989; Bailey, K. M., & Spring, S. M., 1992).

Despite many advances in understanding the effects of fishing on the ecosystem, the direct and indirect effects of fishing on juveniles of some fish species remain poorly understood. Because many of these species have little or no economic value, they have been given a low priority for research (Pope, J. G et al., 2000). Even if the adults are the target species, research on juveniles is somewhat scarce. This is particularly true in the coastal lagoon of Santa Maria la Reforma,

Sinaloa, Mexico (southeastern coast of the Gulf of California), which is one of the most important fishing grounds in the region.

In the Mediterranean Moroccan lagoon (Marchica), one of the most important fishing grounds in the region, both Palanza and Trammel net are the main fishing gear used for many important commercial species catches (Malouli, I. M et al., 2002; Najih, M et al., 2015). The catch of the Marchica lagoon is composed mainly of Sand steenbras (*Lithognathus mormyrus*), Seabream (*Diplodus vulgaris*), European seabass (*Dicentrarchus labrax*), common cuttlefish (*Sepia officinalis*) and the common octopus (*Octopus vulgaris*), captured with Trammel net during all the year, while the Caramote prawn (*Penaeus Kerathurus*), the European eel (*Anguilla anguilla*) and Red Mullet / Surmullet (*Mullus barbatus / Mullus surmuletus*), are captured with Palanza net seasonally. One of the main challenges facing the lagoon development is the fishing gear used. There are many legal and illegal fishing activities in the lagoon which operated on a small-scale basis, utilizing small boats and limited technology (Drammeh, O. K. 2000).

The high variability and low selectivity of the fishing gear types might cause a high degree of mortality in juvenile fish. Regardless the nature of the catch, both fishing gears, Palanza net and Trammel net, yield a massive bycatch, specifically juveniles and non-commercial species (Loebmann, D., & Vieira, J. P., 2006). Because many of these species have little or no economic value, they have been given a low priority for research (Pope, J. G et al., 2000). Whereby, despite many advances in understanding the effects of fishing on the ecosystem, the direct and indirect effects of fishing on juveniles of some fish species remain poorly understood. Even if the adults are the target species, unfortunately, research on juveniles is somewhat rare, which is particularly the case in the Marchica lagoon.

Morocco, by ratifying several international organizations and intergovernmental agreements as a member, is committed to protect vulnerable marine species and ensuring the conservation objectives, including the adoption of measures to reduce incidental catches made by fishing activities.

The bycatch is defined as the unintentional, incidental, or capture of non-target species during fishing operations. Over the last two decades, it has become a major issue in global fisheries management and conservation (Kelleher, K., 2005). One of the greatest impacts of fisheries on non-target marine wildlife is incidental catch or bycatch (Hall, M. A et al., 2000). Increased concern over bycatch is reflected by a marked increase in research over the past few decades.

Bycatch research is any form of scientific inquiry that has the potential to contribute to the reduction of incidental mortality caused by fisheries (Stokes, K. L et al., 2015).

Bycatch is one of several issues that challenge fisheries sustainability, others include habitat degradation (Turner, S. J et al., 1999), overcapacity (Beddington, J. R et al., 2007), lack of infrastructure, management, and oversight (Salas, S et al., 2007), inappropriate management paradigms (Bundy, A et al., 2008), lack of stakeholder involvement (Dankel, D. J et al., 2008), and a lack of public awareness (Novacek, M. J., 2008). While scientific inquiry alone cannot solve the bycatch problem (Bundy, A et al., 2008).

Our present work aims to study the effect of the local artisanal fishery using the main gears, Palanza and Trammel net, on the juvenile fish community in the coastal lagoon of Marchica, characterize the bycatch essentially and then quantify the share of juveniles in this catch. For this purpose, we determined and identified the bycaught species and estimated the percentages of juveniles and non-commercial species captured as bycatch using both gears with attention to the conservation status of these species.

III. Material and methods

III.1. Study area

The present study was carried out in the Marchica lagoon, the second largest lagoon in northern Africa and the unique coastal lagoon on the Mediterranean coast of Morocco, covering a surface of 115 km², with 25 km long and 7.5 km wide. The lagoon is separated from the Mediterranean Sea by a 25 km long sandbar (Lido). This sandbar is crossed by one artificial opening (300 m wide and 6 m deep), that ensures the renewal of water with Mediterranean Sea. The maximum depth of the lagoon is approximately 8 meters.

The Marchica lagoon is known by its biological diversity, ecological and socio-economic value, mainly artisanal fisheries. The lagoon was classified since 1996 as a Site of Biological and Ecological Interest and as a Ramsar Site since 2005. Besides, the lagoon is undergoing a complex mixture pressure of multiple human-mediated stressors such as, increasing urbanization through multiple touristic projects around the lagoon, different forms of pollutions, etc. (Ruiz, M et al., 2006) (This section is further detailed in the chapter I).

III.2. Sampling method

The study was conducted during the fishing seasons of Trammel net and Palanza net, during the year 2018 from January to December, covering five different sites of the lagoon (Ghassi-Arjel- Ichtianen- Sidi Ali- Djazira), during the entire period of activity of investigated fishery.

In addition to random interviews with local fishermen, a self-sampling method was adopted, which consisted in studying all the species caught by the Palanza net and Trammel net. The general aim of this work, is to quantify and qualify the bycatch (unintentional catches) species of both Palanza net and Trammel net, relatively to the total catch. The samples of the total catch were divided into two main parts:

1: The retained part of the catch at the Palanza net and Trammel net:

- Identify and weigh the captured species (**Figure 35**).

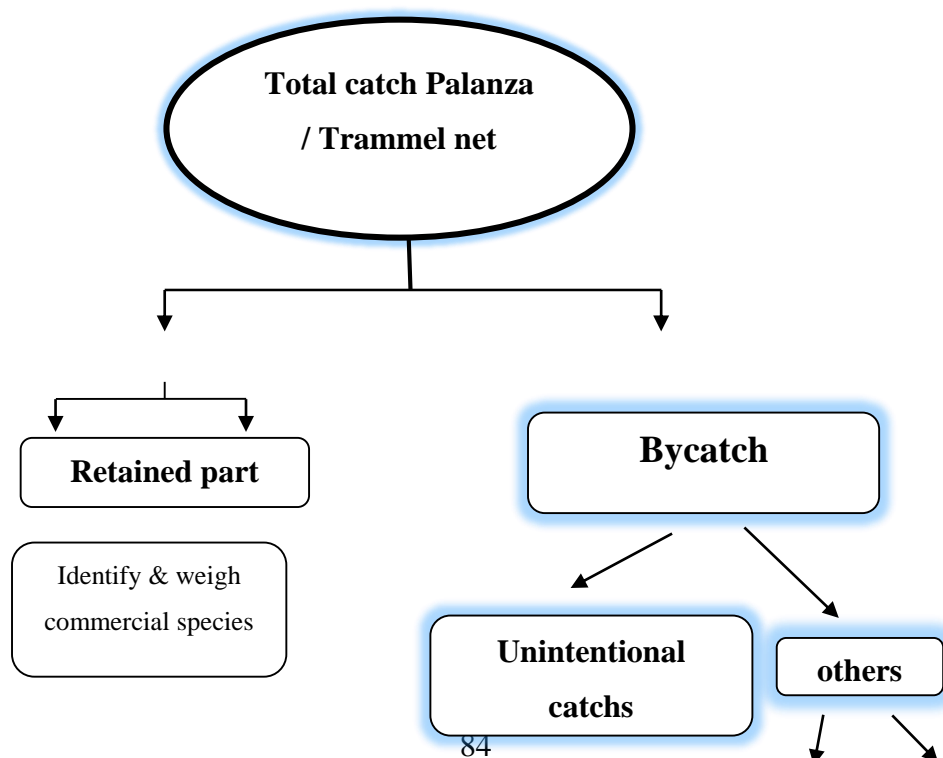
2: The non-retained part of the catch at the Palanza net and Trammel net (Discards/Bycatch):

- Identify, weigh and measure the non-commercial species such as crabs, non-commercial fish and juveniles, etc (**Figure 36**).

- Identify the type of flora retained such as algae.

- Identify retained objects (waste).

The scenario followed for this study is detailed in the diagram below:



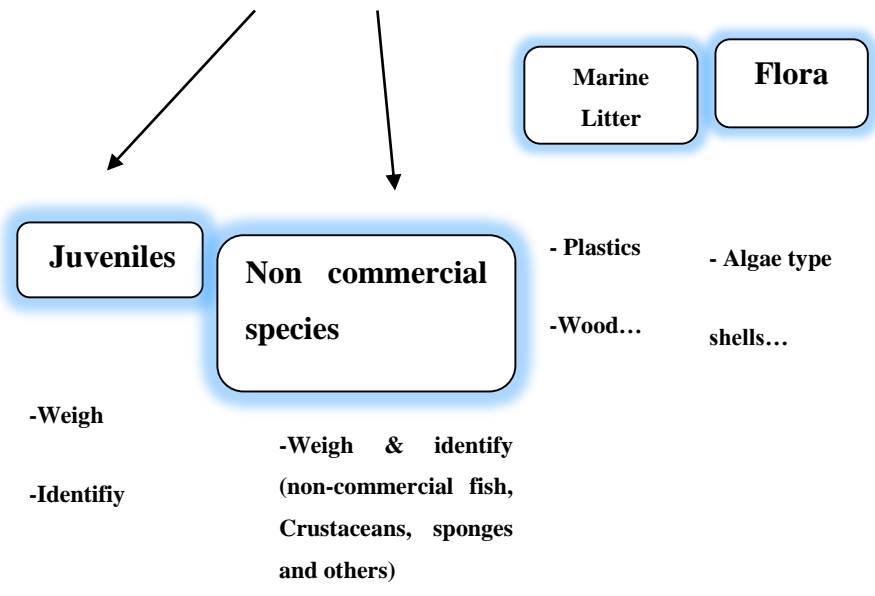


Figure 34 : Diagram of sampling protocol.



Figure 35 : Species identification and metrics measurements in laboratory.

Currently, the main national legal framework and procedures to ensure the regulation of fisheries and especially involved in the legislation relating to the incidental catches of vulnerable species are:

- The Dahir carrying law n ° 19-07 modifying and supplementing the Dahir carrying law n ° 1-73-255 on the regulation of fisheries: This law provides also the conditions and modalities of the prohibition of some fishing gear use, such as the driftnet.
- The Order of the Minister of Agriculture and Fisheries No. 660-19 of 6 Rejeb 1140 (March 13, 2019), extending the duration of validity of the decree of the Minister of 5 Agriculture and

Fisheries n ° 2806-09 of 22 kaada 1430 (10 November 2009), relating to the temporary prohibition of marine mammals fishing as well as certain other marine species for 10 years.

- The Order of the Minister of Agriculture and Fisheries No. 1517-17 of 20 Ramadan 1438 (June 15, 2017), relating to the temporary prohibition fishing of some species.

- The Order of the Minister of Agriculture and Fisheries No n ° 1954-05 relating to the temporary prohibition on fishing for red coral in some Mediterranean areas.

Some difficulties were faced during the period of data collection, such as the non-commitment of some fishermen and the non-possibility to take photos of some species.

III.3. Data sources

A list, containing all fish by-caught in the Marchica lagoon during monthly monitoring conducted in 2018, was established based on the results obtained after the collection and analysis of the bycatch of both engines, namely Palanza and Trammel net. The species names were listed following the current nomenclature according to the World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org>).

The International Union for Conservation of Nature Red List (IUCN), is a critical indicator of the health of the world's biodiversity. It is considered a powerful tool to provide and catalyze action for biodiversity conservation and policy change, critical to the sustainability of the natural resources we need to survive. It provides information about the range, population size, habitat and ecology, use and/or trade, threats, and conservation actions that will help inform necessary conservation decisions.

In the present study, the conservation status of all fish species was determined based on the IUCN Red List of Threatened Species categories: (1) Extinct (EX), (2) Extinct in the Wild (EW), (3) Critically Endangered (CR), (4) Endangered (EN), (5) Vulnerable (VU), (6) Near Threatened (NT), (7) Least Concern (LC), (8) Data Deficient (DD), and (9) Not Evaluated (NE).; two additional categories, Regionally Extinct (RE) and Not Applicable (NA), are used in regional Red List assessments. Species are classed as threatened if they fall within the categories EX, RE, EW, CR, EN, VU, or NT. Taxa that are not identified to species level are not considered.

III.4. Study of Litter Marine

The bycatches of both gears (Palanza and Trammel net) were analyzed to study the possibility of the Marine litter (waste) existence in the Marchica lagoon. To study the percentage (%) of marine litter in the catch, noting the frequency of its occurrence (%), different materials were taken into consideration, such as plastic, Metal, rubber, Clothes, Ceramic, Wood and Glass.

IV. Results

The total number of observations and questionnaires carried out in each site during the year 2018, for both engines used (Palanza net and Trammel net), are shown in **table 20**.

Table 20 : Total number of sites covered by the study program per year

Total number of sites	covered by the study	program per year
Sites	Number of sampling collection	Number of questionnaires
Ghassi	6	20
Arjel	10	20
Ichtianen	6	20
Sidi Ali	14	32
Djazira	6	16
Total lagune	42	108

A total number of 42 sampling collection, from the Marchica lagoon, of the bycatch part was observed, collected and transferred to the laboratory of INRH in order to be identified, measured, and weighed. In addition to this, a total number of 108 questionnaires were elaborated and interviewed with local fishers around the lagoon. The questionnaires consisted in asking about the different species found in the bycatch part, frequency, problems and difficulties faced.

The total catch was divided into two parts, retained part and the bycatch part. The retained part contained the commercial species. The main species of the Palanza are the caramote prawn (*Penaeus Kerathurus*), the European eel (*Anguilla anguilla*) and red mullet / surmullet (*Mullus*

barbatus / *Mullus surmuletus*), whereas the main species of the Trammel net are the sand steenbras (*Lithognathus mormyrus*), seabream (*Diplodus vulgaris*), European seabass (*Dicentrarchus labrax*), common cuttlefish (*Sepia Officinalis*) and the common octopus (*Octopus Vulgaris*). The non-retained part or bycatch part includes the accidental and unintentional catches, which are the Juveniles (small sizes non-authorized to sell), fish species with non-commercial values, and others (shells, sponges, star fishes, sea grass algae, etc.).

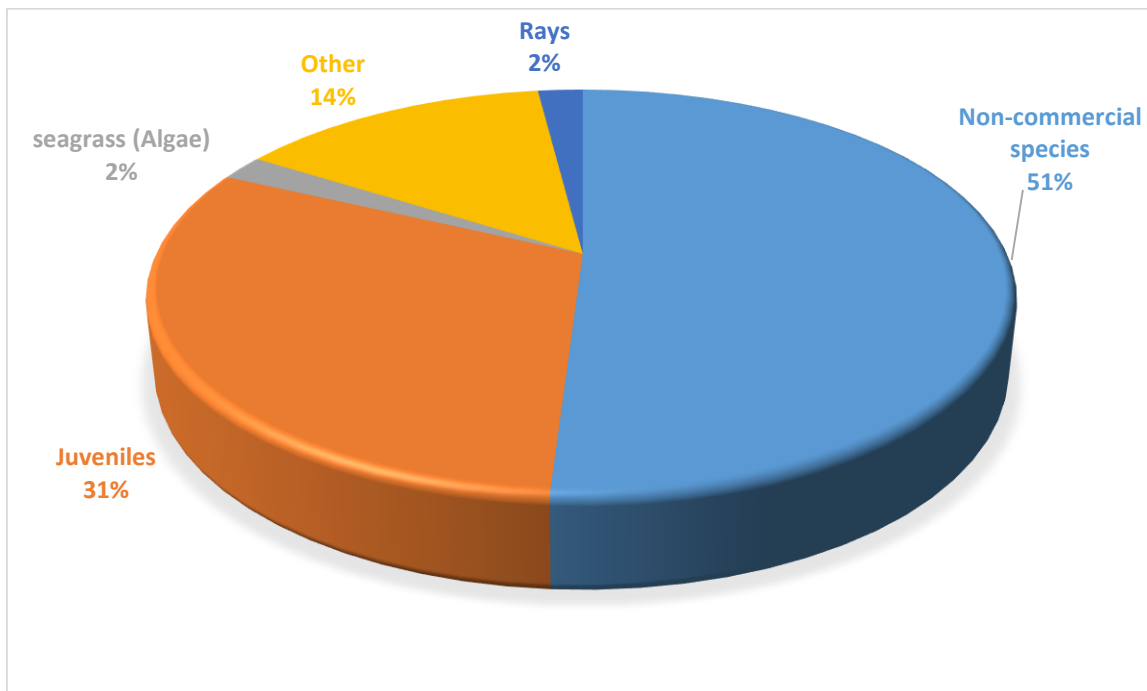


Figure 36 : Total number (%) of by-caught individuals in the Marchica lagoon

Overall, fish species of non-commercial values had the highest percentage (51%), followed by juveniles with (31%) of the total number of by-caught individuals in the lagoon (**Figure 37**).

In total, 40 species were captured as bycatch, whereas 33 species belong to both non-commercial and juveniles, while 7 species are formed principally by Crustaceans and Rays. The rest of the bycatch was composed in the first place by Holothurians with a total weight of 68 kg per year (for both engines), followed by different kinds of Shells with a total weight of 52 kg per year (for both engines). In addition, different species of algae were present in the bycatch and represented approximately a total weight of 1.2 kg per year (for both engines), the red and green algae were the most present, respectively, such as *Alsidium coralinum* and *Chaetomorpha* sp. No birds were by-caught for both engines. The diagnostic of bycatch in the Moroccan Mediterranean lagoon Marchica shows that the occurrence of bycatch differs between species and fisheries. The majority of these species were by-caught with Palanza, and only 11 species

were by-caught with Trammel net. However, there were some species by-caught with both engines Palanza and Trammel net, like *Engraulis encrasicolus*, *Pagellus acarne*, *Spicara smaris*, *Callinectes sapidus* and *Damithrax spinosissimus* (Table 21).

Table 21 : Number of by-caught individuals per species & engines (per year)

Number of by-caught individuals per species & engines	Non commercial species and Juveniles	Species	Palanza	Trammel net	Crustaceans Rays & other...	Species	Palanza	Trammel net
		<i>Trachurus trachurus</i>		115			<i>C.sapidus</i>	62
<i>Gobius niger</i>	366			<i>Damithrax spinosissimus</i>	52	78		
<i>Mullus surmuletus</i>	33			<i>raja brachyura</i>		5		
<i>Mullus barbatus barbatus</i>	28			<i>Sepia officinalis</i>		32		
<i>Diplodus annularis</i>	42			<i>Sepiola Rondeletii</i>		12		
<i>Diplodus sargus</i>	82			<i>Paracentrotus lividus</i>	25			
<i>Diplodus vulgaris</i>	328			<i>Octopus vulgaris</i>		42		
<i>Sarpa salpa</i>	84			holothuries (kg)	68			
<i>Lithognathus mormyrus</i>	92			Shells (kg)		52		
<i>Apogon imberbis</i>	48			Algae per (g)	Red Algae	506		
<i>Sardina pilchardus</i>	300				Brown Algae	200		
<i>Conger conger</i>	120				Green Algae	400		
<i>Ariosoma balearicum</i>	18	61						
<i>Atherina boyeri</i>	58	33						
<i>Spicara smaris</i>	359	30						
<i>Pagellus erythrinus</i>		228						
<i>Pagellus acarne</i>	321							
<i>Engraulis encrasicolus</i>	92							
<i>Palaemon serratus</i>	4							
<i>Trachinotus ovatus</i>	48							
<i>Symphodus cinereus</i>	31							
<i>Symphodus ocellatus</i>	22							
<i>Symphodus melops</i>	102							
<i>Solea senegalensis</i>	6							
<i>Solea solea</i>	28							
<i>Epinephelus marginatus</i>	5							
<i>Peanaeus Kerathurus</i>	82							

	<i>lepidotrigla cavillone</i>	18	Birds Number	0
	<i>Belone belone gracilis</i>	14		
	<i>Liza aurata</i>	25		
	<i>Boops boops</i>	48		
	<i>Gnathophis mystax</i>	5		
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	22		

The most by-caught fish species in the non-commercial and juveniles part were, Mainly, *Spicara smaris*, *Gobius niger*, *Pagellus Acarne*, *Diplodus vulgaris*, *Engraulis ancrasicolus*, *Sardina pulchardis*, *C. sapidus* and *Damithrax spinosissimus*. Regarding Rays, only the specie *Raja brachyuran* were rarely present (Figures 38, 39, 40).



Figure 37 : Different bycatch species

These different species belong to 12 Orders, 25 families and 32 Genera. The most present families were Centranchidae, Gobiidae, Sparidae, Engraulidae, Clupeidae, Portunidae and Mithracidae. The other families are listed in the list below (**Table 22**). The richest phylum is largely the Perciformes, with 21 species, 12 genera and 9 families.

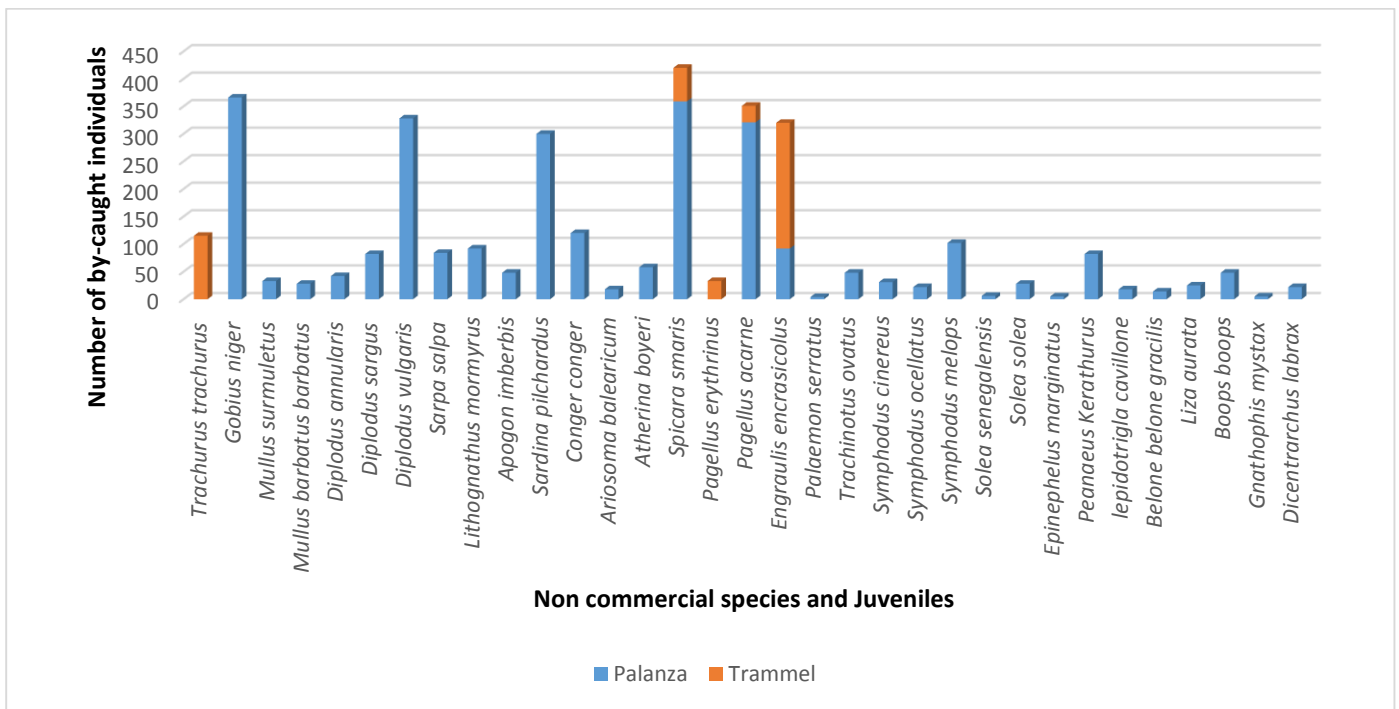


Figure 38 : Number of by-caught individuals for the non-commercial and juveniles part, per species & gears, using Trammel net and Palanza.

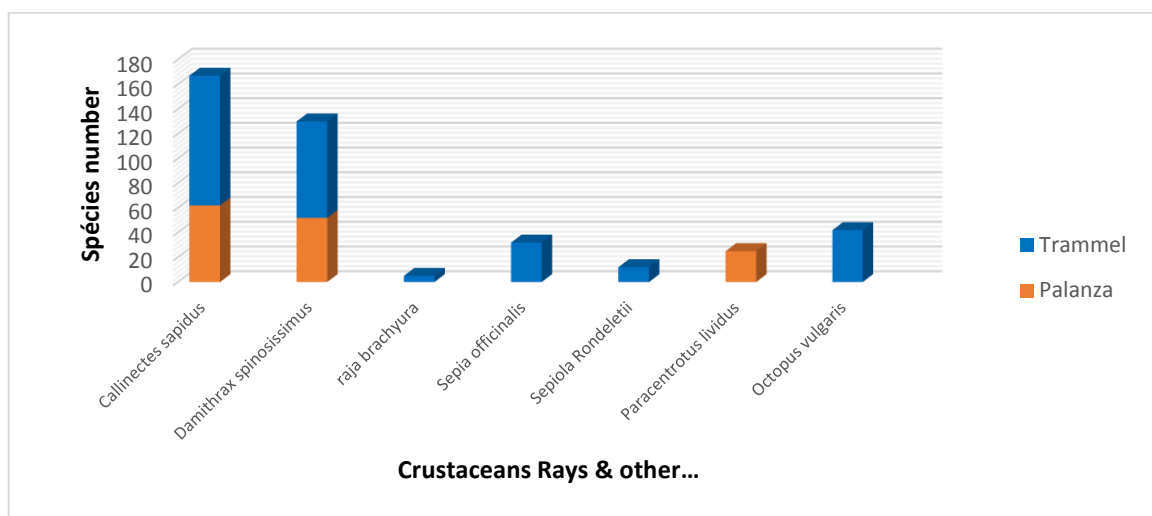


Figure 39 : Number of by-caught individuals for the Crustaceans and Rays per species & gears, using Trammel net and Palanza.

The list of by-caught species from the Marchica Lagoon was elaborated to determine the diversity status based on IUCN criteria. In total, the results revealed 40 evaluated species.

In total, 30 species (75%) were categorized as Least Concerned (LC) which represented the highest proportion (**Table 22**). Only one specie (2%) was recorded as threatened and categorized under Endangered (EN; for *Epinephelus marginatus*). Moreover, two species (5%) are listed as Near Threatened (NT; for *Dicentrarchus labrax* and *Raja brachyura*). Whereas two species (5%) were documented as Data Deficient (DD for *Solea senegalensis*, *Sepiola rondeletii*) and five species (13%) were considered as Not Evaluated (NE; *Palaemon serratus*, *Penaeus kerathurus*, *C.sapidus*, *Damithrax spinosissimus*, *Paracentrotus lividus*) (**Table 22**).

Table 22 : List of by-caught fishes reported from Marchica lagoon (2018). IUCN Red List Status: CR-Critically Endangered; VU-Vulnerable; NT-Near Threatened; LC-Least Concern; DD-Data Deficient; NE-Not Evaluated; EN- Endangered.

Taxon	IUCN
Order: Anguilliformes	
Family: Congridae	
Genus: <i>Gnathophis</i>	
<i>Gnathophis mystax</i> (Delaroche, 1809)	LC
Genus : Ariosoma	
<i>Ariosoma balearicum</i> (Delaroche, 1809)	LC
Genus: <i>Conger</i>	
<i>Conger conger</i> (Linnaeus, 1758)	LC
Order: Atheriniformes	
Family : Atherinidae	
Genus: <i>Atherina</i>	
<i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810	LC
Order: Beloniformes	
Family : Belonidae	
Genus: <i>belone</i>	
<i>Belone belone</i> (Linnaeus, 1761)	LC
Order: Clupeiformes	
Family : Clupeidae	
Genus: <i>Sardina</i>	
<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	LC
Family : Engraulidae	
Genus: <i>Engraulis</i>	
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	LC
Order: Perciformes	
Family : Apogonidae	
Genus: <i>Apogon</i>	
<i>Apogon imberbis</i> (Linnaeus, 1758)	LC
Family : Carangidae	
Genus: <i>Trachinotus</i>	

<i>Trachinotus ovatus</i> (Linnaeus, 1758)	LC
Genus: <i>Trachurus</i>	
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	LC
Family : Centranchidae	
Genus: <i>Spicara</i>	
<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)	LC
Family : Gobiidae	
Genus: <i>Gobius</i>	
<i>Gobius niger</i> (Linnaeus, 1758)	LC
Family : Labridae	
Genus: <i>Symphodus</i>	
<i>Symphodus cinereus</i> (Bonnaterre, 1788)	LC
<i>Symphodus melops</i> (Linnaeus, 1758)	LC
<i>Symphodus ocellatus</i> (Linnaeus, 1758)	LC
Family : Moronidae	
Genus: <i>Dicentrarchus</i>	
<i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758)	NT
Family : Mullidae	
Genus: <i>Mullus</i>	
<i>Mullus barbatus barbatus</i> Linnaeus, 1758	LC
<i>Mullus surmuletus</i> Linnaeus, 1758	LC
<i>Epinephelus marginatus</i> (Lowe, 1834)	EN
Family : Triglidae	
Genus : <i>Lepidotrigla</i>	
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacepède, 1801)	LC
Family : Sparidae	
Genus: <i>Boops</i>	
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	LC
Genus: <i>Diplodus</i>	
<i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)	LC
<i>Diplodus sargus</i> (Linnaeus, 1758)	LC
<i>Diplodus vulgaris</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)	LC
Genus: <i>Lithognathus</i>	
<i>Lithognathus mormyrus</i> (Linnaeus, 1758)	LC
Genus: <i>Pagellus</i>	
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	LC
<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1827)	LC
Genus: <i>sarpa</i>	
<i>Sarpa salpa</i> (Linnaeus, 1758)	LC
Order: Pleuronectiformes	
Family : Soleidae	
Genus: <i>Solea</i>	
<i>Solea solea</i> (Linnaeus, 1758)	LC
<i>Solea senegalensis</i> Kaup, 1858	DD
Order : Decapoda	
Family : Palaemonidae	
Genus: <i>Palaemon</i>	
<i>Palaemon serratus</i> (Pennant, 1777)	NE
Family : Penaidae	
Genus: <i>Penaeus</i>	
<i>Penaeus kerathurus</i> (Forskål, 1775)	NE

Family : Portunidae	
Genus: <i>Callinectes</i>	
<i>C.sapidus Rathburn, 1896</i>	NE
Family : Mithracidae	
Genus: <i>Damithrax</i>	
<i>Damithrax spinosissimus (Lamarck, 1818)</i>	NE
Order : Mugiliformes	
Family : Mugilidae	
Genus: <i>Liza</i>	
<i>Liza aurata (Risso, 1810)</i>	LC
Order : Sepiidae	
Family :Sepiidae	
Genus: <i>Sepia</i>	
<i>Sepia officinalis (Linnaeus, 1758)</i>	LC
Family : Sepiolidae	
Genus: <i>Sepiola</i>	
<i>Sepiola rondeletii Leach, 1817</i>	DD
Order : Rajiformes	
Family :Rajidae	
Genus: <i>Raja</i>	
<i>Raja brachyura, Lafont, 1871</i>	NT
Order : Camarodonta	
Family :Parechinidae	
Genus: <i>Paracentrotus</i>	
<i>Paracentrotus lividus (Lamarck, 1816)</i>	NE
Order : Octopoda	
Family :Octopodidae	
Genus: Octopus	
<i>Octopus vulgaris, Cuvier, 1797</i>	LC

Concerning the evaluation of the affection of the lagoon by Marine litter (Marine waste), and study of the interaction between Mediterranean biota and marine litter, the results of the evaluated samples, reported that no litter marines were found in the bycatches; 0% plastics, 0% rubber, 0% metal, 0% glass, 0% cloth, 0% wood.

V. Discussion

The evaluation of bycatch in the Marchica lagoon, for both engines Palanza net and Trammel net, showed that the highest number of fish species were bycaught with Palanza, despite its seasonal use, due to the restriction of its use from the authorities during the reproduction period of related species. This high abundance of fish species in Palanza net catches confirms the non-selectivity of these passive engines. Thus, the choice of the diameter of Palanza net has to be taken in consideration.

The 40 species captured as bycatch belongs to two categories. The first one consisted of juveniles, which have not yet reached their maturity size and are non-authorized to be commercial, and the second part concerned non-commercial species which doesn't represent any commercial interest. The dominant bycatch species captured with Trammel net were *Engraulis encrasicolus* and *C.sapidus*. The first specie presents an important economic and commercial value, the second one is an invasive species introduced in the Marchica lagoon in 2017 (Chartosia, N et al., 2018). The latter specie is known for its aggressive behavior and consequently, it presents a negative interaction, as a predator, with other caught species. These interactions may affect the quality of catches (Reichmuth, J. M et al., 2009).

The dominant species captured by Palanza were *Gobius niger*, which has no commercial interest. These species are the best represented in their families in terms of frequency of occurrence in the Mediterranean lagoons (Pérez-Ruzafa, A et al., 2007) and in the Marchica lagoon (Selfati, M et al., 2019). While the species *Diplodus vulgaris*, *Spicara smaris* and *Sardina pilchardus* present an important commercial value as considered as characteristic of ichthyological communities in warm, temperate and semi-tropical coastal lagoons and estuaries (Potter, I. C et al., 1990; Elliott, M., & Dewailly, F., 1995; Costa, M. J et al., 2002; Kara, M. H., & Quignard, J. P., 2018) and specifically in the Marchica lagoon (Selfati, M et al., 2019).

Additionally, to study the interactions between bycatch species and artisanal fishing species (retained part), we mention the case of *C. sapidus*. Many documented studies have confirmed its aggressive behavior and its negative interaction with fish species (feeding), causing injuries to fisherman, entanglements in gear nets leading to damaging the engines (Palanza and Trammel net) (Clark, W. G et al., 1999; Reichmuth, J. M et al., 2011; Sturdivant, S. K., & Clark, K. L., 2011 ; Oussellam, M et al., 2021). Indeed, accurate knowledge of interactions between bycatch species and fishing species is necessary to effectively manage the impacts of human activities on endangered populations and their habitat.

The fish fauna species of bycatch, recorded in the Marchica lagoon belong to the 199 known species from coastal lagoons of Atlanto-Mediterranean Europe (Pérez-Ruzafa, A et al., 2011). The important number of bycaught juveniles which has not achieved maturity size in the lagoon can be related to the fact proofed by Selfati, M et al. (2019) that the Marchica lagoon constitutes a nursery for a large number of species providing adequate habitat and environment.

For this study, concerning the benthic species, sponges and corals were not captured for both gears Palanza and Trammel net. Even though a high level of shells and holothurians were part of incidental catches in this operation for both gears. These shells recorded from almost all the samples are situated at the bottom, they are often available in the fish landings as part of incidental catches of various net operations (Annamary, L., & Mohanraj, J., 2014). This shows that the gears are in contact with the bottom which is destructive and considered one of the main threats to ecological integrity (Dias, V. et al., 2020). The direct impact of fisheries using bottom-contact gear remains the primary cause of habitat destruction and biomass removal (Pham, C. K., et al., 2014; Hourigan, T. F., 2009). Many studies have described the impacts of the bottom net operation on the structure of benthic marine communities (Kneib, R. T., 1991; Kaiser, M. J., & De Groot, S. J., 2000). In the study of Selfati, M et al., 2019, it was confirmed that the benthic habitat of the Marchica lagoon was impacted.

To understand the impact of bycatch on the captured species and evaluate its biodiversity, the list IUCN Red List elaborated from the literature review, to provide information about the threats and conservation actions that will help inform necessary conservation decisions, with the aim to protect the natural resources we need to survive.

According to the present study, most of the related species were evaluated as Least Concerned (LC), while the dusky grouper '*Epinephelus marginatus*', was reported as a threat and was categorized as endangered (EN). A decline in the abundance of this long-lived protogynous hermaphrodite has led to its listing as an endangered species in the Mediterranean (De Innocentiis, S et al. 2001). As well as was reported in a previous and recent study, confirming that this specimen living in the Marchica lagoon are critically endangered and must be protected and conserved. Whereas both *Dicentrarchus labrax* and *Raja brachyura* were reported as Near Threatened (NT) (Goodman, J et al., 2014). According to the investigations with the local fishers, these two species are largely captured in the lagoon which underlines the necessity to take conservation measures strictly unless they may move to the threatened category very soon.

Marine litter ingestion is one of the main threats to biodiversity in the Mediterranean. Ingestion has been reported in various organisms ranging from invertebrates to vertebrates, including endangered species (Wright, S. L et al., 2013; Kühn, S et al., 2015; Werner, S et al., 2016). Information on the interaction between Mediterranean biota and marine litter is currently poor and inconsistent.

In the framework of this study, no marine litter were reported from the catches captured with Palanza and Trammel net of the Marchica lagoon. The absence of marine litter In the catches reflects a good environmental status and eliminates the risk of marine litter ingestion, which remains one of the main threats to biodiversity in the Mediterranean for various organisms ranging from invertebrates to vertebrates, including endangered species (Wright, S. L et al., 2013; Kühn, S et al., 2015; Werner, S et al., 2016).

VI. Conclusion

This study showed a descriptive analysis of bycatch species of the Moroccan Mediterranean lagoon Marchica, using both gears Palanza and Trammel net, by analyzing a database produced with self-sampling during one year of field surveys (2018). The present work was carried out with the aim to establish the assessment of the interaction between non-target species.

The incidental catches with Palanza presented the highest percentages of catches compared to the percentage of catches with Trammel net. The non-commercial and juveniles fish species were the most present, the dominant species were *Spicara smaris*, *Gobius Niger*, *Pagellus Acarne*, *diplodus vulgaris*, *Engraulis ancrasicolus* and *Sardina pulchardis*. The Crustaceans such as *C.sapidus* and *Damithrax spinosissimus* were largely present, concerning the elasmobranchs, namely, *raja brachyura*, were rarely present, in the addition, a considerable percentage of Holothurians and shells were observed.

Little effort has gone toward post-implementation monitoring or the study of the social and legal framework that surrounds efforts to reduce bycatch (Campbell, L. M., & Cornwell, M. L., 2008). It is essential to integrate these approaches into a comprehensive bycatch mitigation program. In the Marchica lagoon, the common threats to the biodiversity of fishes could be resulted from at least four main external forcing factors: (1) fishing activities, especially through illegal practices (which will be studied in chapter VII of this work), (2) pollutants (Zerrouqi, Z et al, 2013; Mator, M et al 2015), habitat degradation (Selfati, M et al., 2018) and biological invasions (Selfati, M et al 2017; Chartosia, N et al., 2018). This study couldn't have succeeded without the collaboration of fishermen. The resulted issues highlight the necessity of long-term monitoring, this work is worth to be continued by the dissemination of the study results, making clear the understanding of the definition of bycatch, spread and raising awareness of bycatch issues.

Chapitre VI : La pêche Illicite, Non déclarée et Non réglementaire (INN)

Résumé

La pêche INN définit toute forme de pêche Illicite, Non déclarée et Non règlementée. La lutte contre cette activité illégale représente depuis longtemps un sujet clé dans la gestion des pêches.

Les pertes économiques liées à la pêche INN, qui mettent en danger les ressources halieutiques, affectent davantage les pays en développement dans lesquels le secteur de la pêche constitue un enjeu primordial pour la sécurité alimentaire, la réduction de la pauvreté et le financement du développement.

Le but de cette contribution est d'abord d'étudier les compartiments affectés, par le biais des enquêtes menées auprès des pêcheurs locaux de la lagune de Marchica, en suivant la définition figurant dans un plan d'action de la FAO et en se basant ainsi sur des observations directes. Les résultats obtenus de ce travail pourront servir à l'élaboration d'un plan d'aménagement luttant contre ces actes illégaux.

Keywords : Pêche, Illicite, Non règlementée, Non déclarée, Marchica, Maroc.

I. Introduction

Les lagunes côtières ; milieux connus par leur biodiversité très riches, sont largement répandues dans le monde (Anras, L et al., 2018 ; Guiral, D., 1992 ; Issola, Y et al., 2009). Elles représentent des zones de ponte et d'habitats irremplaçables et sont considérés comme des nurseries pour de nombreuses espèces (Ruiz, M et al., 2006, Selfati, M et al., 2018)

Plusieurs facteurs naturels, tels que le changement climatique et la détérioration des caractéristiques biotiques de la lagune et anthropiques, tel que la pollution causée par la croissance rapide du milieu urbain autour de la lagune, influencent négativement l'équilibre écologique de ces écosystèmes et les rendent facilement vulnérables (Wilkinson, L. P., & Wimmel, W., 2008 ; Norström, A. V et al., 2009 ; McClanahan, T. R et al., 2011). Les ressources halieutiques de la lagune représentent une importante source de revenus pour les pêcheurs et de toutes les communautés côtières. A l'échelle mondiale, Ces ressources sont en déclin continu depuis quatre décennies, principalement à cause de la surexploitation de ces milieux et à cause d'autres pratiques non durables et illégales comme l'usage d'engins de pêches peu sélectifs et destructifs d'habitats clés (Le Gallic, B., & Cox, A., 2006 ; Agnew, D. J et al., 2009). 30% des stocks halieutiques du monde sont surexploités, 60 % sont pleinement exploités et seulement 10 % sous-exploités (FAO., 2014).

Les pratiques de pêche (INN) représentent tout type de pratique de pêche d'une façon non conforme ou contraire aux mesures de conservation et de gestion réglementaires mis par les autorités. La pêche illégale constitue un problème mondial conduisant à l'épuisement des ressources halieutiques, elle met en danger la biodiversité marine et fragilise la pêche artisanale (Plagányi, É. E et al., 2011).

Ainsi, pour lutter contre la pêche illicite, non déclarée et non réglementée, des mesures de surveillance, de suivi et de contrôle des barques, doivent être mises en place.

La lagune de Marchica joue un rôle très important dans la promotion de la vie des pêcheurs et des habitants locaux de la ville de Nador, la pêche artisanale dans cette région fournit des emplois directs à 1200 personnes, représentant environ 11% du total des emplois générés par la pêche artisanale en Méditerranée Marocaine d'où sa contribution significative à l'économie nationale d'une manière générale (Malouli, I. M et al., 2002). Cette activité constitue 14% de la flotte artisanale de l'ensemble de la Méditerranée Marocaine (Malouli, I., 1999 ; Najih, M et al., 2015). Les pêcheurs de la lagune de Marchica ont signalé la situation alarmante de la quantité des ressources halieutiques observés qui se détériore à cause des pratiques de pêches non règlementaires et non respectés, d'où la nécessité de réaliser une étude afin de collecter les informations nécessaires surtout concernant les quantités extraites par la pêche INN et leurs impacts sur la durabilité des ressources halieutiques.

A cet effet, l'objectif général de ce travail consiste à étudier les pratiques de pêche illégales dans la lagune de Marchica. L'étude réalisée vise à :

- Identifier les espèces halieutiques affectées par les pratiques illégales
- Identifier les engins de pêche utilisés
- Quantification et qualification des pratiques illégales.

Une étude basée principalement sur des enquêtes réalisées au niveau de la lagune qui a pour but l'analyse des pratiques de pêche par la communauté des pêcheurs au niveau de la lagune a été réalisé.

II. Matériel et méthodes

L'étude a été conduite au niveau de la lagune de Marchica située au nord du Maroc, c'est l'unique lagune sur la façade méditerranéenne Marocaine avec environ 115 km² de surface, cet écosystème est séparé de la mer par un cordon dunaire orienté NW-SE et occupant une bande côtière de 25 km de longueur et 0,3 à 1,5 km de largeur, et possède une ouverture, situé au niveau du site Bokana, qui permet les échanges de l'eau avec la mer Méditerranéenne (Voir la description en détail dans le chapitre 1). Elle est classée comme site RAMSAR depuis 2005, elle est considérée comme la plus grande lagune marocaine et deuxième grande lagune nord-africaine. Elle est délimitée au nord-ouest par le cap de trois fourches (CTF) et au sud-est par le cap de l'eau.

Etant classé comme un Site d'Intérêt Biologique et Ecologique (SIBE) depuis 1996, la lagune est connue par la biodiversité de son écosystème et sa richesse biologique, elle est considérée

comme nourricière pour un large nombre d'espèces halieutiques grâce à la diversité de sa faune et flore.

La méthode utilisée dans le présent travail pour étudier la pêche illicite, non déclarée et non réglementée (INN) est basée sur des enquêtes individuelles avec les pêcheurs locaux en se basant sur des questionnaires préétablis et en plus des observations directes. Ces enquêtes et observations ont visés toute pêche ayant recours à des engins non autorisés, sur des périodes interdites ou dans des zones protégées, et à la capture d'espèces de poissons interdites, en taille inférieur ou bien en quantités supérieures à ce qui est autorisé.

La période des enquêtes sur terrain a duré une année ; du Janvier jusqu'à Décembre 2017. Trois types d'enquêtes, visant les grandes composantes liées à la pêche (**Figure 41**) ont été menés en se basant sur la définition de la pêche INN selon la (FAO., 2001) :

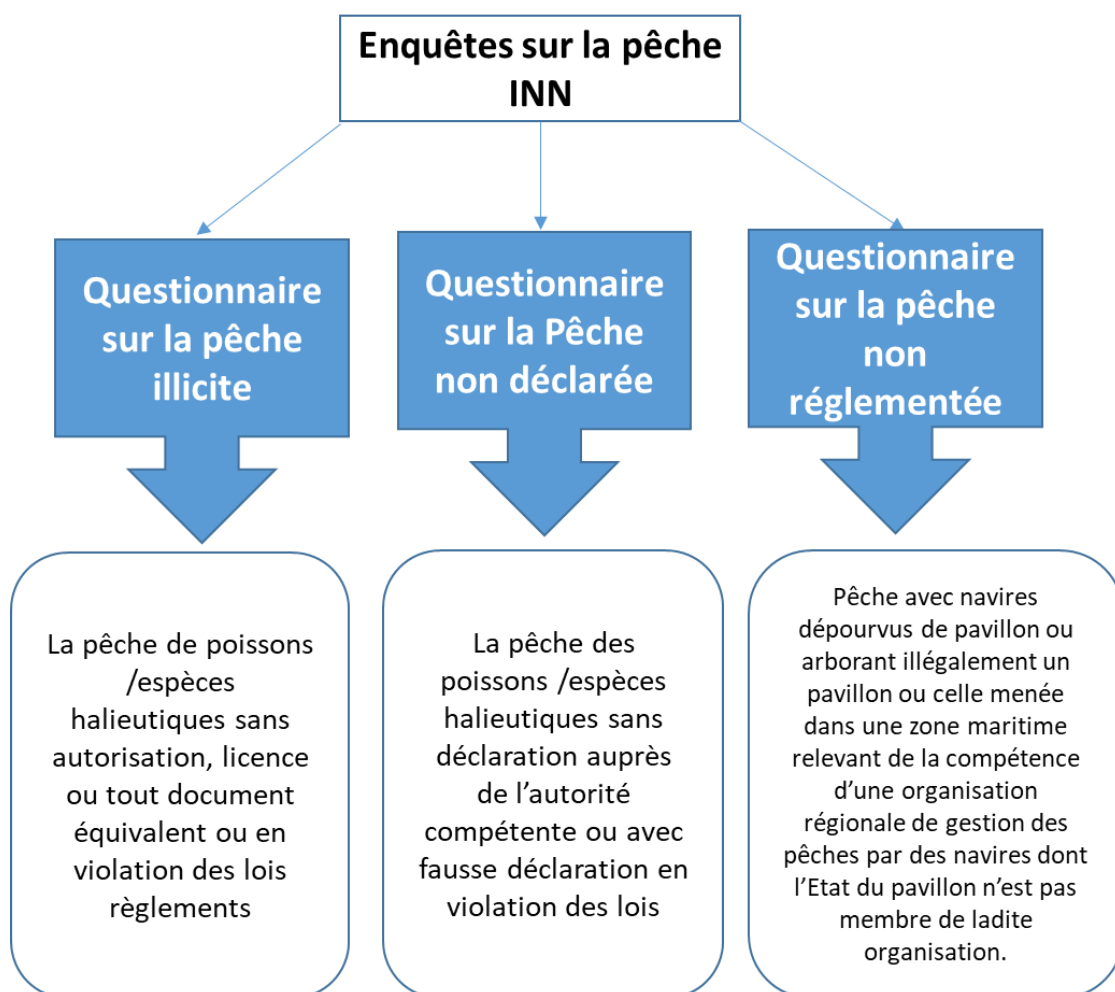


Figure 40 : Protocole suivi pour l'élaboration des questionnaires.

III. Résultats

L'analyse des résultats obtenus lors des observations et des enquêtes conduites auprès de la communauté des pêcheurs de la lagune de Marchica a montré l'existence d'une multitude d'activités illégales pratiquées par les pêcheurs locaux malgré la conscience de la majorité de leurs effets néfastes. Les pratiques illégales les plus mentionnées par ces pêcheurs comprennent essentiellement les ressources biologiques, telles que les poissons, les céphalopodes et les crustacés, en plus des ressources halieutiques exploitables comme les algues, les holothuries et les coquillages. Les résultats présentés dans le (**tableau 23**) rapportent en détail les différents compartiments de pêche touchés en se basant sur le pourcentage de mention de cette pratique par les enquêtés, le type d'acte non respecté (Taille des espèces exploitées, maillage non conforme, engins prohibés et barques non immatriculés), en plus des sites sur lesquels ces activités sont les plus pratiquées.

Tableau 23 : Pourcentage % des mentions des pratiques illégales par la communauté des pêcheurs

Type de pratique illégale	Compartiment	Type d'acte	Pourcentage %	Sites les plus pratiquants
Ressources Halieutique	Poisson	Taille	80%	Ghassi
	Crustacés	Taille	90%	Sidi Ali- Karia- Ghassi
	Céphalopodes	Taille	80%	Sidi Ali- Ghassi
	Algues	–	–	–
	Holothuries	Nombre	30%	Bordures dunaires
	Coquillage	Nombre	78%	Bordures dunaires
Engins ou maillages non réglementaires	Palanza	Maillage (9mm)	65%	Ghassi- Bouarg- Ibouaten- Arjel
		Maillage (4mm)	8%	Arjel Bouarg- Ibouaten
	Trémail	Maillage (70mm)	88%	Ghassi- Ichtianen- Djazira
	Engins prohibés	Bollich	55%	Ghassi- Tirkae- Bokana
Flotte	Barques	Non immatriculées	12%	Ghassi- Djazira- Tirkae

En l'occurrence, Les investigations et les observations relatives aux pratiques illégales liées à l'exploitation des ressources halieutiques (**Figure 42**), ont montré que l'exploitation des Crustacés, notamment la Caramote «*Penaeus keratherus*», a été la plus mentionnée par les pêcheurs enquêtés avec un pourcentage de 90%, suivi par le compartiment biologique des poissons qui a été mentionné par 82% des pêcheurs et les céphalopodes, comme l'espèce «*Sépia officinalis*» connue par la sèche commune, avec un pourcentage de mention de 80%.

Pour les poissons un grand nombre de pêcheurs ont mis l'accent sur l'exploitation des Mérous « *Epinephelus marginatus* » (**Figure 43**). Ces remarques concernent en totalité la taille commerciale qui est considéré petite et qui représentent approximativement les deux tiers des occurrences (66%). La pratique de ces actes illégaux a été principalement mentionnée et observée sur les sites Ghassi, Sidi Ali et Karia.

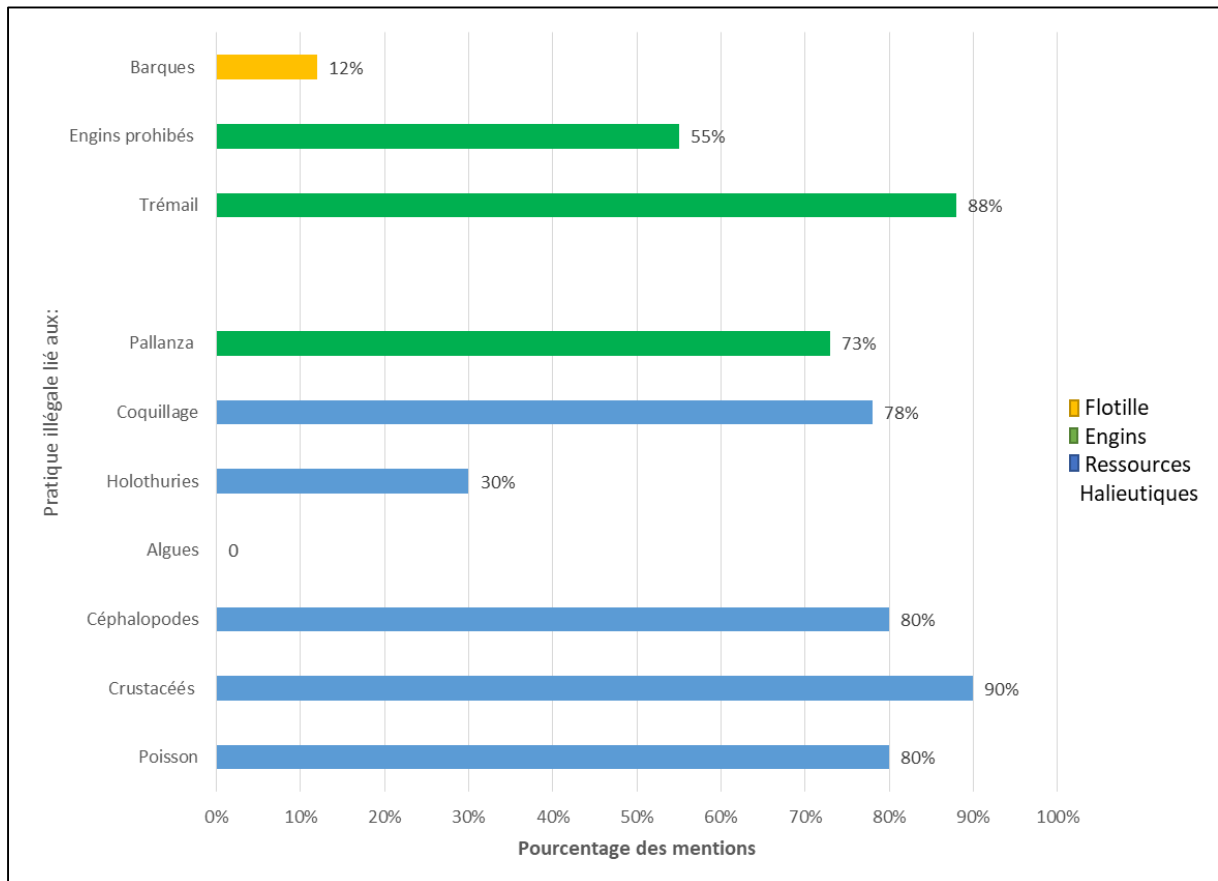


Figure 41 : Graphe des pourcentages des mentions des différents types de pratiques illégales.

En outre, la mention des ressources exploitables dans la lagune comprend principalement le coquillage avec un pourcentage de 78%, le concombre de mer (**Figure 44**) a été mentionné par 30% des pêcheurs, tandis que l'exploitation illégale des algues n'a pas été mentionnée, puisque cette activité se fait dans un cadre légal sous la direction de la coopérative Marchica au niveau du site Bouarg au sein de l'unité d'Algoculture (**Figure 45**).

Le ramassage des coquillages, a été mentionné et observé surtout sur les sites qui se localisent sur le cordon dunaire, et pratiqué spécialement et traditionnellement par les jeunes habitants du cordon dunaire, plus précisément sur la zone comprise entre Bokana et la Passe, avec une forte fréquence durant la période estivale, surtout observé au niveau des bordures de la zone ouverte de la passe, se caractérisant par la présence des habitats sableux qui sont accessibles à la pêche

à pied. Le ramassage des coquillages se fait à pied à marée basse, en privilégiant les jours de bonne visibilité en vue de faciliter la localisation des traces qu'elle laisse sur la surface. La récolte des concombres de mer se fait généralement en apnée ou à la main. Ces remarques concernent en totalité le nombre en poids du ramassage représenté par kg.



Figure 42 : capture du Mérout de la Marchica. Figure 43 : capture des concombres de mère de la Marchica



Figure 44 : Exploitation légale des algues au niveau de la lagune de Marchica. a) unité d'Algoculture au niveau du site Bouarg. b) Culture et récupération des algues. c) Séchage et stockage des algues récupérés.

Le deuxième type de pratique illégale est relatif aux techniques de pêche utilisées au niveau de la lagune. Les observations et les enquêtes conduites sur les engins (Palanza, Trémil), concernent le maillage non règlementaire et les engins prohibés.

En ce qui concerne les pratiques illégales liées à la pêche à la Palanza (**Figure 46**), 65% de la communauté des pêcheurs enquêtés, ont mentionnés l'usage d'un maillage réduit de 9 mm au lieu de 11 mm (maillage conforme), tandis que seulement 8% entre ces pêcheurs qui ont mentionné l'usage des Palanza nommé « mailla serra » (**Figure 47**), avec un maillage de 4 mm, l'exercice de cette pratique a été observé et mentionné surtout pour les sites Ghassi, Bouarg, Ibouaten et Arjel. En plus du maillage, ces remarques concernent aussi le non-respect de la période de d'usage de cet engin, qui est normalement saisonnière et exige une période de repos biologique.



Figure 45 : Capture de l'engin Palanza.



Figure 46 : Palanza « Mailla serra »

La pratique illégale liée à la pêche avec le Trémil, concerne essentiellement la pêche avec un maillage non conforme réduit entre 50 mm et 20 mm, avec une nette préférence pour les nappes intérieures de très faibles maillages, notamment ceux de 20 et 30 mm, au lieu du maillage conforme fixé à 70 mm. Ceci a été observé et mentionné par 88% des pêcheurs enquêtés surtout au niveau des sites Ghassi, Ichtianen et Djazira. Concernant l'exercice de la pêche avec des engins prohibés, 55% des pêcheurs enquêtés ont mis l'accent sur l'usage de la senne de plage, localement appelée « BOLLICHI » (**Figure 48**). Ces pêcheurs ont aussi signalé la situation alarmante de cette pratique affectant l'état de leurs engins de pêche, particulièrement les Palanza et les Trémil qui sont très couteux, et aussi causant la destruction de la faune et la flore de l'écosystème de la lagune, vu qu'il s'agit d'un engin avec une nappe de filet verticale, calée en arc de cercle par une embarcation à partir de la plage et le hallage se fait à terre par attraction des deux côtés de la senne, elle est souvent tirée par des hommes et sa longueur peut varier de 200 m à 1000 m. Selon les résultats du présent travail, le métier de senne de plage (BOLLICHI) concerne environ 10 % des barques actives au niveau de la lagune. Cette violation continue est principalement observée au niveau du site Ghassi.

Les enquêtes menées auprès des pêcheurs, soit 12%, ont révélés l'existence de barques non immatriculées et non autorisés à pratiquer la pêche, les pêcheurs affirment que l'exercice de la pêche illicite, est dû au manque de contrôle et de surveillance au niveau de la lagune de

Marchica, les barques pratiquant cette activité illégale se localisent surtout au niveau du site Ghassi avec une forte fréquence suivie des sites Djazira et Tirkae.



Figure 47 : La pêche en utilisant l'engin prohibé « BOLLICHI ».

IV. Discussion

L'analyse des résultats issus de l'inventaire concernant la situation de l'activité des pratiques de pêche illégales au niveau de la lagune de Marchica, a montré une pluriactivité développée autour des ressources halieutiques, des engins utilisés et de la flotte.

Les pratiques illégales liés au compartiment biologique, y compris les poissons, les céphalopodes et les crustacés notamment la Seiche commune et la Caramote, ont été mentionnés avec une grande fréquence par la communauté des pêcheurs, la totalité des remarques concerne la taille commerciale non respecté, où les espèces capturées sont de petite taille et qui représentent les deux tiers des occurrences (66%), ceci s'accorde avec les observations notées durant nos enquêtes, concernant la diminution des captures de l'espèce « *Penaeus kerathurus* », puisque la lagune de Marchica a été déjà qualifié entant que nourricière qui abrite une variété d'espèces juvénile et participe à leurs croissance dans un écosystème protégé et favorable (Selfati, M et al., 2019).

Les investigations sur les pratiques illégales liées aux ressources exploitables, ont révélés des retours différents vis à vis ces ressources, de sorte que l'exploitation illégale des coquillages a été la plus mentionnée par les pêcheurs enquêtés, cette composante biologique largement abritée par la lagune de Marchica (Zine, N. E., & Menioui, M., 1992), a été traditionnellement exploitée par les communautés locales, surtout originaires des sites qui se situent au niveau de la façade dunaire, le ramassage est réalisé toute l'année mais il est notablement accentué durant la période estivale où il atteint un rendement moyen journalier estimé de 4 kg par personne (INRH, 2019), l'exercice de ce petit métier informel de ramassage, n'est pas désormais autorisé en raison de la non-classification sanitaire de la lagune puisque les coquillages sont connus par leur capacité à filtrer l'eau pour en tirer leurs besoins nutritifs. Quant au groupe faunistique des holothuries, notamment les concombres de mer, son exploitation est considérée comme activité illégale puisqu'il figure parmi les espèces les plus vulnérables de la faune marine (Purcell et al., 2014), suite aux alertes en provenance des écologistes, ces espèces ont été classifiées en tant qu'espèce protégée dans la convention CITES (Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages) en 2019. Cependant, aucun acte notable n'a été défini pour les algues qui sont exploitées dans un cadre légal, limitée dans la collecte des plantules en vue d'un grossissement ultérieur au niveau de la ferme d'algoculture opérée par la coopérative Marchica.

Les métiers de pêches pratiqués au niveau de la lagune de Marchica sont diversifiés, les pêcheurs locaux utilisent différentes techniques et engins. Il existe deux principaux engins légalement utilisés, le premier est la Palanza avec son décret de référence n°2-61-570, réglementant l'usage dudit engin dans la lagune de Marchica en exigeant un maillage minimum de 11 mm côtés des mailles (Article 2), au niveau de la chambre (poche). Le deuxième engin est le Trémil avec son décret de référence n° 2-73-659, qui fixe le maillage minimal de la nappe intérieure en 70 mm. D'après les investigations menées auprès des artisans, il s'est avéré qu'il existe des métiers qui utilisent des engins illégaux qui concernent surtout le maillage non réglementaire et les engins prohibés. Les résultats des enquêtes réalisés concernant les maillages non conformes, ont révélés que certains artisans utilisent illégalement des Palanza avec les chambres de 9 mm, de plus un nombre réduit d'enquêtés voir 8% ont parlé de l'usage de certains pêcheurs de la Palanza avec le maillage non conforme de 4mm appelé par les pêcheurs locaux « Mailla serra ».

L'usage de cet engin impose un repos durant une période précise, du premier août au 30 octobre et du 15 décembre au 15 février, à cet effet le décret **n°2-61-570** a instauré une restriction

d'interdiction temporaire sur la Palanza dans la lagune, Cependant les observations et les retours générés des enquêtes menées ont montrés que plusieurs artisans ne respectent pas dudit article.

Les enquêtés ont aussi affirmé que pour le Trémil un grand nombre de pêcheurs ne respectent pas le maillage conforme et utilisent des Palanza avec un maillage non conforme réduit inférieur de 70 mm. La majorité des enquêtés assument que les artisans qui exercent la pêche en utilisant ces engins de maillage non conforme sont originaire principalement des sites Ghassi, Bouarg Ibouaten et Arjel. Les captures de ces engins à maillage non conforme, sont constitués d'espèces de petites tailles, ceci peut créer un déséquilibre affectant la croissance des juvéniles au niveau de la lagune.

La violation des articles liés à l'usage des engins de pêche ne se limite pas seulement au maillage non règlementaire, mais aussi à l'usage d'engins prohibés telle quele « BOLLICHI » autrement appelé la senne de plage, déclaré par la moitié des enquêtés, qui ont montrés clairement leurs inquiétudes concernant l'usage decet engin, qui est considéré comme le plus destructif de l'habitat et des ressources puisqu'il est calé au fond. Les inquiétudes des artisans de la lagune pour la pratique de cette activité illégale qui a été toujours conflictuel avec les autres métiers concernent également l'absence de control, ce qui incite quelques pêcheurs à son usage malgré la prohibition de cet engin ceci à partir de 2014 suite à l'approbation de l'arrêté n° 4202-14 faisant application de l'article 15 de la loi cadre n°1-73-255. Selon nos observations durant les investigations et les déclarations des enquêtés, cette activité illégale est exercée avec une grande fréquence principalement sur les sites Ghassi, tirkae et Bokana.

Dans ce sens d'autres travaux précédents ont reporté qu'en 2001 le métier de senne de plage (BOLLICHI) concerne environ **5 %** des barques actives au niveau de la lagune (Malouli, I. M et al.,2002), contre seulement **3 %** en 2012 (Najih, M et al., 2015), finalement en 2017, selon les résultats de notre étude, cette dernière montre une remarquable augmentation notée de 10%.

Par ailleurs, les investigations menées ont mis le point sur un autre type de pratique illégale relative à la flotte, notamment l'usage de barques non immatriculées (non autorisé à la pêche), de sorte que 12 % des enquêtés ont mentionné qu'il existent des pratiquants illégales qui violent l'Article 5 de la Loi n°**15-12**, relative à la prévention et la lutte contre la pêche INN, qui décrit qu'un navire de pêche dépourvu d'immatriculation conforme ou/et d'autorisation de pêche valide, est qualifié comme avoir été utilisé pour la pratique d'une pêche INN. En effet, les pêcheurs assument que l'existence de ces embarcations non autorisées/non immatriculées, qui pratiquent la pêche illicite dans la lagune de Marchica est due à la faiblesse des moyens de

surveillance. Les pêcheurs exerçant cette activité en toute illégalité se trouvent avec une forte fréquence au niveau des sites Ghassi Djazira et Tirkae. Ces sites sont quasiment les mêmes impliqués dans les précédents pratiques illégaux avec toujours une démarcation notable de Ghassi. Ceci laisse supposer que le métier de senne de plage est pratiqué principalement par des barques non autorisées et/ou dépourvues d'immatriculation conforme.

V. Conclusion

D'après les résultats de cette étude portant sur les pratiques de pêche illégales dans la lagune de Marchica, on peut conclure que les pratiques illégales se divisent en trois grands compartiments, notamment : celles relatives aux ressources exploitables, qui concerne essentiellement les captures sous taille commerciale et les espèces protégées, Ensuite les engins de pêche comprenant le maillage non règlementaire et les engins prohibés et enfin les pratiques illégales relatives à la flottille qui se manifeste dans l'utilisation des barques dépourvues d'immatriculation conforme ou/et d'autorisation de pêche valide.

**Partie III : Invasions biologiques et
interaction avec les activités de pêche dans
la lagune de Marchica: cas du crabe bleu**
Callinectes sapidus

Chapitre VII: Etude de l'invasion biologique du crabe bleu Américain (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896), sur les côtes Atlantico-Méditerranéennes du Maroc

Ce chapitre a été traité sous forme de deux articles :

OUSSELLAM M. & BAZAIRI H. (2018). Occurrence of the American blue crab *Callinectes sapidus* on the Mediterranean coast of Morocco. *New mediterranean biodiversity records* (July 2018).

Oussellam, Mariam, Abdelaziz Benhoussa¹, Antoine Pariselle^{1,3}, Imane Rahmouni¹, Meryem Salmi¹, Jean-François Agnes³, Mohamed Selfati², Najib El Ouamari², Hocain Bazairi (2023). First and southern-most records of the American blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda, Portunidae) on the African Atlantic coast. *BioInvasion Records*, 12, *in press*.

Resumé

Callinectes sapidus Rathbun, 1896 (Crabe bleu américain) est une espèce typique des côtes de l'Atlantique Nord, bien pêchée et élevée aux États-Unis et au Mexique. La présence de l'envahissant *C. sapidus* en Europe a été signalée pour la première fois le long des côtes françaises en 1900, puis en Méditerranée.

Douze spécimens du crabe bleu américain *C. sapidus*, ont été collectés le 17 août 2017, le 9 novembre 2017, le 5-7 mai 2018, le 18-21 juin 2018, le 10 juillet 2018 et le 27 août 2018, dans la lagune côtière de Marchica. Les spécimens ont été examinés pour leurs caractères morphométriques. Notre découverte constitue le premier enregistrement documenté de l'espèce dans les eaux méditerranéennes du Maroc.

Le présent travail examine également la propagation de *C. sapidus* dans l'Atlantique européen et dans le bassin méditerranéen et fournit sa première occurrence dans les lagunes de Merja Zerga et Khnifiss sur la côte atlantique marocaine. Ces premières mentions et les plus

méridionales dans l'Atlantique africain élargissent la distribution biogéographique actuelle de l'espèce dans le monde. Le modèle de propagation de *C. sapidus* en Méditerranée a été examiné entre depuis son premier enregistrement dans les eaux méditerranéennes en 1949 à Grado, au nord de la mer Adriatique, des cartes ont été élaborées et divisées par décennies. L'espèce montre un schéma de propagation d'est en ouest. Des scénarios concernant sa migration en Méditerranée sont discutés.

L'analyse génétique de spécimens provenant des côtes méditerranéennes (lagune de Marchica) et atlantiques (lagunes Merja Zerga et Khnifiss) du Maroc, basée sur la COI (sous-unité I de la cytochrome c oxydase) a confirmé que les séquences de l'espèce sont *C. sapidus*. Très probablement, l'origine et la voie de colonisation des populations établies dans les trois lagunes sont communes avec les autres régions méditerranéennes et cohérentes avec une origine nord-américaine de l'introduction.

Mots clés : *Callinectes sapidus*, invasion, première signalisation, Méditerranée, Atlantique, Maroc

Abstract

Callinectes sapidus Rathbun, 1896 (American blue crab) is a typical species of the North Atlantic coasts, well fished and farmed in the United States and Mexico. The presence of the invasive *C. sapidus* in Europe was first reported along the French coast in 1900, then in the Mediterranean.

Twelve specimens of the American blue crab *C. sapidus*, were collected on August 17, 2017, November 9, 2017, May 5-7, 2018, June 18-21, 2018, July 10, 2018, and August 27, 2018, from the coastal lagoon of Marchica. Specimens were examined for morphometric characters. Our finding constitutes the first documented record of the species in the Mediterranean waters of Morocco.

The present work also examines the spread of *C. sapidus* in the European Atlantic and Mediterranean Basin and provides its first occurrence in the lagoons of Merja Zerga and Khnifiss on the Moroccan Atlantic coast. These first and southernmost records in the African

Atlantic expand the current biogeographic distribution of the species worldwide. The pattern of spread of *C. sapidus* in the Mediterranean has been examined between since its first record in Mediterranean waters in 1949 at Grado, north of the Adriatic Sea, maps have been developed and divided by decades. The species shows a pattern of propagation from east to west. Scenarios concerning its migration in the Mediterranean are discussed.

Genetic analysis of specimens from the Mediterranean (Marchica lagoon) and Atlantic (Merja Zerga and Khnifiss lagoons) coasts of Morocco, based on IOC (cytochrome c oxidase subunit I) confirmed that the sequences of the species are *C. sapidus*. Most likely, the origin and colonization route of the populations established in the three lagoons are common with other Mediterranean regions and consistent with a North American origin of the introduction.

Keywords: *Callinectes sapidus*, invasion, first signal, Mediterranean, Atlantic, Morocco

I. Introduction

The records of non- native species in terrestrial environments are more common and abundant than in marine environments (Bruno, J. F et al., 2005). Among marine environments, coastal and estuarine regions are the most invaded, with decapod crustaceans being commonly reported as non-native invertebrates (Ruiz, G. M et al., 2000), Invasive alien species (IAS) pose a serious threat to marine biodiversity (Simberloff, D et al., 2013), they are considered one of the most important causes for negative impacts on the environment, human health and socio-economics worldwide, once introduced into a new environment (Ojaveer, H et al., 2015; Bellard, C et al., 2016; Bradshaw, C. J et al., 2016; Bacher, S et al., 2018; Ogden, N. H et al., 2019). Worryingly, the rates of introduction and settlement of alien species are increasing (Seebens, H et al., 2017). At both national and international levels, these species have become one of the main threats, as they are spreading and multiplying rapidly due to the lack of natural predators and competitors (Piria, M et al., 2021). Biological invasions bring diverse economic costs to society (Bonn, I., 2005; Jackson, S. L., 2015; Diagne, C et al., 2020). As a global response, IAS are treated as

serious issues under the auspices of many regional and international regulations (Convention on Biological Diversity, Barcelona Convention, etc.) (Turbelin, A. J et al., 2017; Kamcha, R. E et al., 2020). Therefore, providing comprehensive data on their trends in abundance, spatial and temporal concurrence as well as their potential impacts on the ecosystem functions and services are crucial for the management of such biological invasion (Katsanevakis, S et al., 2020).

Marine and coastal ecosystems worldwide, such as lagoons and estuaries, are among the most heavily invaded systems on Earth (Saccà, A., 2016). They are being invaded at high rates because of human activities such as shipping and boating (Cariton, J. T., & Geller, J. B., 1993; Ruiz, G. M et al., 2000), aquaculture (Naylor, R. L et al., 2001), aquarium trade (Padilla, D. K., & Williams, S. L., 2004), live seafood and bait (Chapman, J. W et al., 2003; Weigle, S. M et al., 2005). Therefore, studies focusing on biological invasions in marine and coastal environments are warranted (Chan, F. T., & Briski, E., 2017).

Invasive Decapod crustaceans are being commonly reported from marine and coastal habitats (Ruiz, G. M et al., 2000), such as the American blue crab, *C.sapidus* Rathbun, 1896, which is native of the estuaries and coastal waters of the western Atlantic (Nehring, S., 2011), inhabiting coastal waters and estuaries from the intertidal area to 90 m deep (Hines, A. H et al., 1987).

The species has a broad carapace and granulate dorsal surface, front with two prominent triangular teeth and antero-lateral margin with nine teeth (hindmost tooth longest, directed outward, and acute). Chelipeds are stout, longer than walking legs; merus with three stout spines on inner margin, and one subdistal-external spine. Walking legs are compressed, fifth walking leg with distal segments paddlelike. Male abdomen has 3-5 segments fused and narrow T inverted shape (Holthuis, L. B., 1980).

The blue crab was introduced in the European Atlantic coast in France, in the early twentieth century (Nehring, S., 2011) and appeared in Mediterranean waters between 1935 and 1945 into the Aegean Sea (Artüz, I., 1990). To date the species is recorded almost ubiquitously in the Mediterranean and Black Seas (Nehring, S., 2011; Pashkov, A. N et al., 2012; Castejón, D., & Guerao, G., 2013); yet, established populations have been reported, besides the eastern Mediterranean Sea (Kevrekidis, K et al., 2013; Sumer, C et al., 2013), in particular the Adriatic Sea (Mancinelli, G et al., 2013a, Mancinelli, G et al., 2013b; Cilenti, L et al., 2015) and very recently in the Algerian coastal waters (Benabdi, M et al., 2019).

The present work encompasses 2 studies on the blue crab, presented as publications. The first article reports the first occurrence of *C. sapidus* in 2017 on the Mediterranean coast of Morocco in the Marchica coastal lagoon. The second article documents the first and the most-southern records of the species on the Atlantic coast of Morocco. Additionally, genetic analyses were performed on specimens recorded from Mediterranean and Atlantic Morocco to confirm their identification as *C. sapidus* and to understand their origin and pathway of colonisation.

II. Material and methods

III.1. First occurrence of the American blue crab *C.sapidus* on the Mediterranean coast of Morocco

III.1.1. Sampling and study sites

A crab was captured by commercial gillnet fishery, using Trammel net, in the Marchica lagoon (35.09'25"N; 002.50'43"W) (Previously described in details, in Chapter 1), at 5-7m depth (**Figure 49**). It was photographed but not preserved. The identification of the crab was based on carapace morphology and the coloration pattern according to Williams, A. B., 1974.

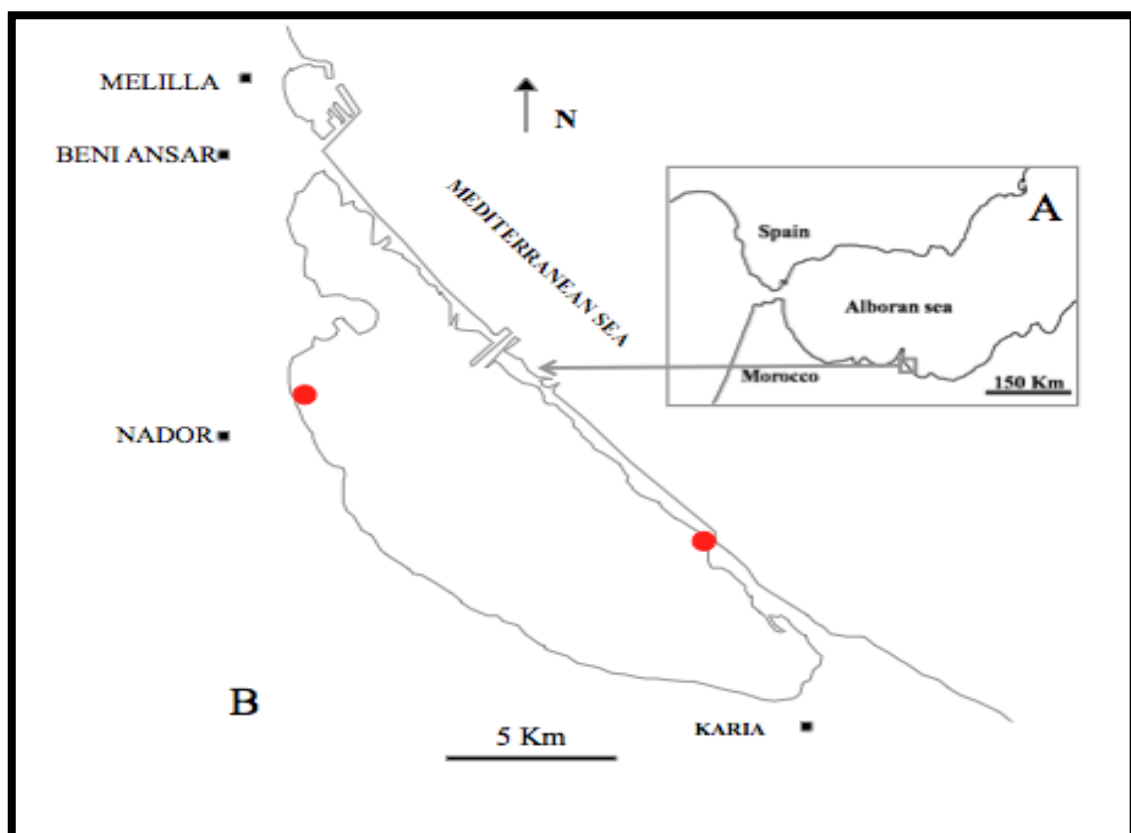


Figure 48: Geographical position of the Marchica lagoon within the Mediterranean Sea.B..
The Marchica lagoon; Red points: stations where *C. sapidus* was found

III.2. First and southern-most records of the American blue crab *C.sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda, Portunidae) on the African Atlantic coast

III.2.1. Sampling and Study sites

Study sites

The Marchica lagoon (**Figure 50A**) ($35.156944^\circ / -2.845278^\circ$), also called the lagoon of Nador, is one of the largest coastal lagoons in the Mediterranean (115 km², 25 km long and 7.5 km wide) and the only one on the Mediterranean coast of Morocco. The maximum depth is approximately 8 m, and the lagoon is separated from the Mediterranean Sea by a 25-km-long sandbar (Lido), with one artificial opening (300 m wide and 6 m deep) that allows water exchange. Despite its ecological (Site of Biological and Ecological Interest since 1996; RAMSAR site since 2005) and socio-economic (mainly artisanal fisheries) values, the lagoon is under pressure from a complex mixture of human-mediated stressors (urbanisation, pollution, overfishing, tourism, and wastewater, among others) (Selfati, M et al., 2017; El Kamcha et al., 2020).

The Merja Zerga lagoon (**Figure 50B**) ($34.783333 / -6.216667^\circ$ and $34.866667 / -6.233333^\circ$) covers 45 km², with an average depth of 1.5 m. In addition to its tidal inflow, the freshwater is mainly received from the Drader River to the east, and the Nador artificial Channel, to the south of the lagoon. Due to substantial exchanges with the Atlantic Ocean, the downstream salinity is close to sea water's, at 34, while it does not exceed 2.4 in the southern sector, away from the 'gullet' (Touhami, F et al., 2017). The temperature of the water shows a slightly decreasing gradient from the downstream to the upstream of the lagoon (Touhami, F et al., 2017). In 1980, it was declared a biological reserve and a RAMSAR site. Even so, the lagoon supports different aspects of human lives, such as economic, cultural and community relationships. Various human activities have been established in the region (farming areas surround the lagoon), and different marine activities, such as fishing, boating and tourist camping, have increased. Rapid urbanisation has occurred in recent years (Cheggour, M et al., 2001; Maanan, M et al., 2013).

The Khnifiss lagoon, also known as the National Park of Khnifiss, is located in the middle of the Moroccan Atlantic coast, at the northern limit of the coastal Sahara ($28.041111^\circ / -12.225833^\circ$) (**Figure 50C**). Considered the largest wetland in the desert bioclimatic zone (Beaubrun 1976), the lagoon covers a surface area of about 65 km², with a length of 20 km and a maximum depth of 8.7 m. The lagoon area is characterised by an arid climate with very low precipitation and a maximal annual rainfall of 50 mm (Lefrere, L et al., 2015). Water

temperature and salinity increase from downstream to upstream, ranging from 16.1°C to 17.2 °C and from 34 to 44.1, respectively (Lakhdar-Idrissi, J et al., 2004). As a result of the aridity of the area and the existence of the salinity gradient, the upper part of the lagoon is used as a salt marsh (Lakhdar-Idrissi, J et al., 2004). The air temperature in the Khnifiss lagoon fluctuates between 13°C and 24°C (Lefrere, L et al., 2015). This reserve shelters a diversity of desert fauna and flora. It was designated in 1980 as a RAMSAR site (Qninba, A et al., 2006). The National Park of Khnifiss is also the subject of increased exploitation, such as shellfish aquaculture, fishing and nature tourism (Lakhdar-Idrissi, J et al., 2004; Lefrere, L et al., 2015).

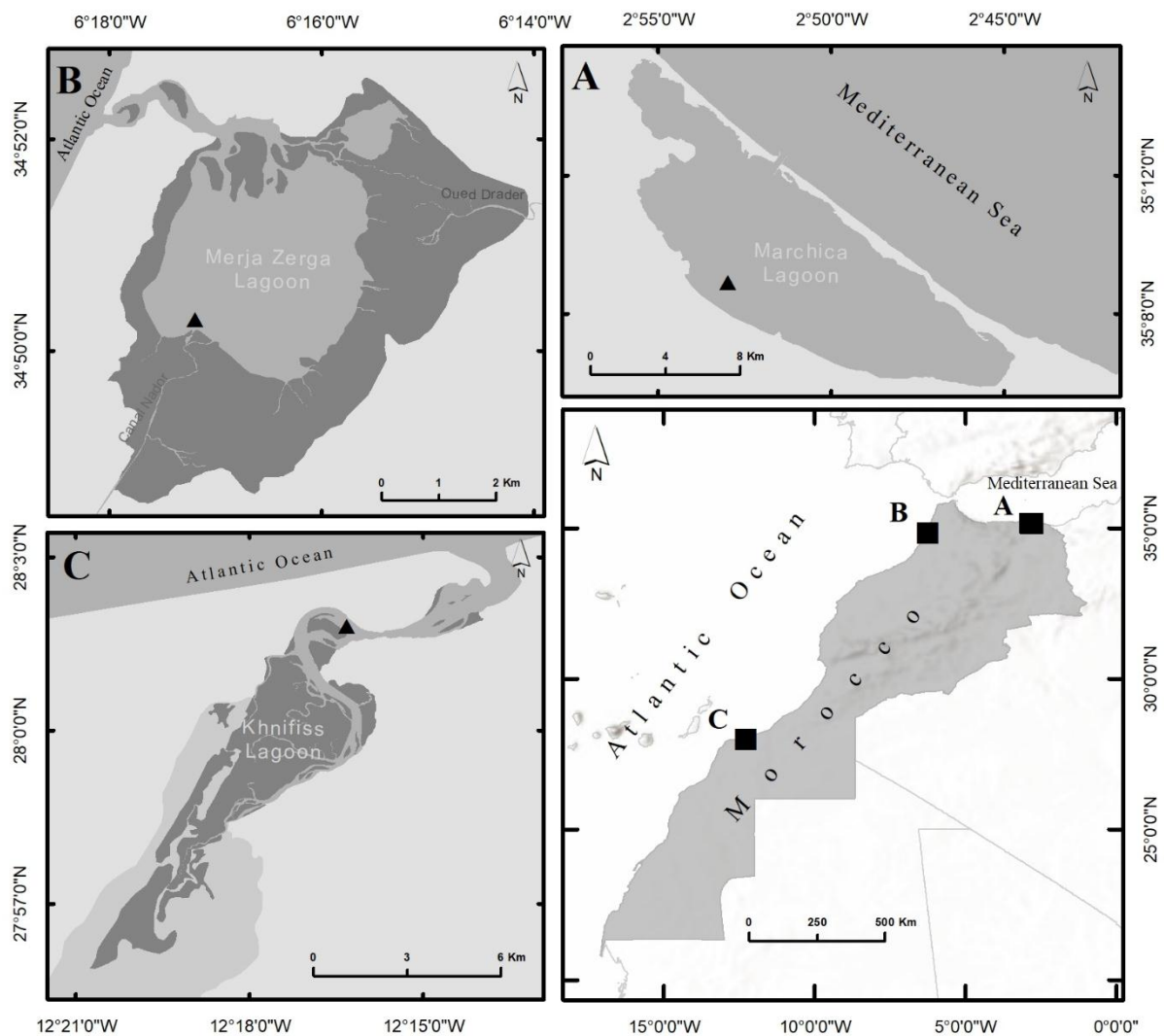


Figure 49 : Map showing the localization of the study sites; (A) Marchica Lagoon; (B) Merja Zerga lagoon and (C) Khnifiss lagoon. Black triangles: localities where the blue crab *C.sapidus* was sampled.

III.3. Crab's identification and sampling

The American blue crab identification was based initially on morphological criteria (carapace and colouration) according to Williams A. B. (1974), as well as the shape of the gonopods in

males (Williams A. B. 1974; Cuesta, J. A et al., 2015). Specimens of *C. sapidus* were collected in the above sites as bycatch by fishers using trammel nets.

The presence of *Callinectes sapidus* in the Merja Zerga lagoon was first documented by a specimen in June 2019 (**Figure 50A**). Overall, 222 specimens of *C. sapidus* were sampled monthly at the Merja Zerga lagoon between September 2019 and July 2020, caught at the same location, close to the fresh water artificial channel of Nador in the southern area of the lagoon (Figure 1). Only one specimen was collected from the Khnifiss lagoon in October 2020 (Figure 2B). In addition, 62 specimens from the Mediterranean Marchica lagoon were collected in July 2020.

All specimens of *C. sapidus* were measured for their carapace length (CL), carapace width (CW) and fresh weight (W). Samples for genetic analysis were collected and deposited in the Biological Reference Collections of the Biodiversity, Ecology and Genomics Laboratory (Faculty of Sciences, Mohammed V University in Rabat, Morocco).

III.4. Literature review

A full literature search for all the first records by country of the blue crab was undertaken to evaluate and describe the spread of the introduced *C. sapidus* in the northeastern (European and African) Atlantic coastline and the Mediterranean, Black Sea and Sea of Azov.

III.5. DNA isolation, amplification and sequencing

To guarantee the identification of species collected along the Atlantic and Mediterranean coasts of Morocco, a leg of each specimen captured was dissected and transferred to an Eppendorf® tube containing ethanol (95%) to preserve DNA. The total genomic DNA was extracted from approximately 20 mg of muscle tissue preserved in ethanol using a rapid salt-extraction protocol (Aljanabi, S.M., & Martinez, I., 1997).

After several attempts to find the optimised protocol and annealing temperature, the primers showed a successfully amplified product. The amplification of the COI (Cytochrome c oxidase subunit I) gene was performed using the primers igLCOI 1490 (5'–GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G–3') and igHCO2198 (5'–TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA–3') (Folmer, O et al., 1994) in the genetic technical facility of the Biodiversity, Ecology and Genome Laboratory at the Faculty of Sciences, University Mohamed V in Rabat (Morocco). PCR was carried out in 25 µl volume containing 1 µl of DNA extract, 1 µl of each PCR primer (10 mM), 1.5 U Taq DNA polymerase, 5 µl PCR buffer (5X; 5mM dNTPs, 15mM MgCl₂), and 0.5 µl dNTPs (200 mM) and distilled water to the final volume. The amplification was achieved

using the following steps: initial denaturation for 7 min at 94°C followed by 40 cycles of 94° C for 1 min, 46° C for 1 min and 30 s and 72° C for 2 min, and a final extension at 72° C for 10 minutes. PCR products were examined on 1% agarose gel, stained with ethidium bromide. Successful PCR products were sent to the Genotyping Sequencing (GenSeq) platform (Montpellier, France) for purification and sequencing. The sequencing was carried out by using the same primers as for PCR. The obtained sequences were cleaned manually with MEGA version X (Kumar, S et al., 2018) and aligned using the computer program ClustalW, with multiple alignments running in MEGA version X. Sequences obtained were identified by the Basic Local Alignment Search Tool (BLAST). In addition to our samples, 26 sequences of *C. sapidus* were retrieved from GenBank and included in the analysis. Sources of sequences and Genbank accession numbers are given in **Table 24**. Haplotype network was computed in PopART version 1.7 (Clement, S et al., 2000) to estimate the relation between haplotypes using nexus input files produced by DnaSP version 5.

Table 24 : List of country and GenBank accession number for sequences used in the analysis.

Location	Accession numbers	Haplotypes
United states	MG462557 MG462558 MG462559 MG462562 MG462561 MG462560 KR030241	Hap 4 Hap 6 Hap 5 Hap 5 Hap 2 Hap 3 Hap 7
Colombia	MG462554	Hap 13
Nicaragua	MG462525 MG462526 MG462527 MG462528	Hap 12 Hap 10 Hap 11 Hap 12
Spain	KT282079	Hap 1
Brazil	MG462242 MG462243 MH985984	Hap 8 Hap 8 Hap 9
Venezuela	MG462627 MG462628 MG462629 MG462630 MG462631	Hap 12 Hap 14 Hap 12 Hap 12 Hap 12
Turkey	MG462529 MG462531 MG462533 MG462532 MG462530	Hap 1 Hap 1 Hap 1 Hap 1 Hap 1

III. Results

IV.1. Occurrence of the American blue crab *C.sapidus* on the Mediterranean coast of Morocco (Article1).

A single female specimen of *C.sapidus* was captured on 17 August 2017 by commercial gillnet fishery, using Trammel net, the specimen was found and killed by the fisherman, in the Marchica lagoon (35.09'25''N; 002.50'43''W) at 5-7m depth. Furthermore, local fishermen have confirmed the presence of ovigerous females and juveniles in the Marchica area and mentioned that these species have been collected previously in the lagoon, for over a year before the first caught. Afterwards, other specimens of *C. sapidus* were caught by fishermen between November 2017 and July 2018 in the Marchica lagoon

According to personal interviews with the local fishermen, it seems that the presence of this species is worrying for them and showing an aggressive behavior so they often kill the crabs because they tear the nets and damage the fish. The collected species, were photographed (**Figure 51**) and deposited at the Biological Reference Collections of the National Institute of fisheries research (INRH – Nador).

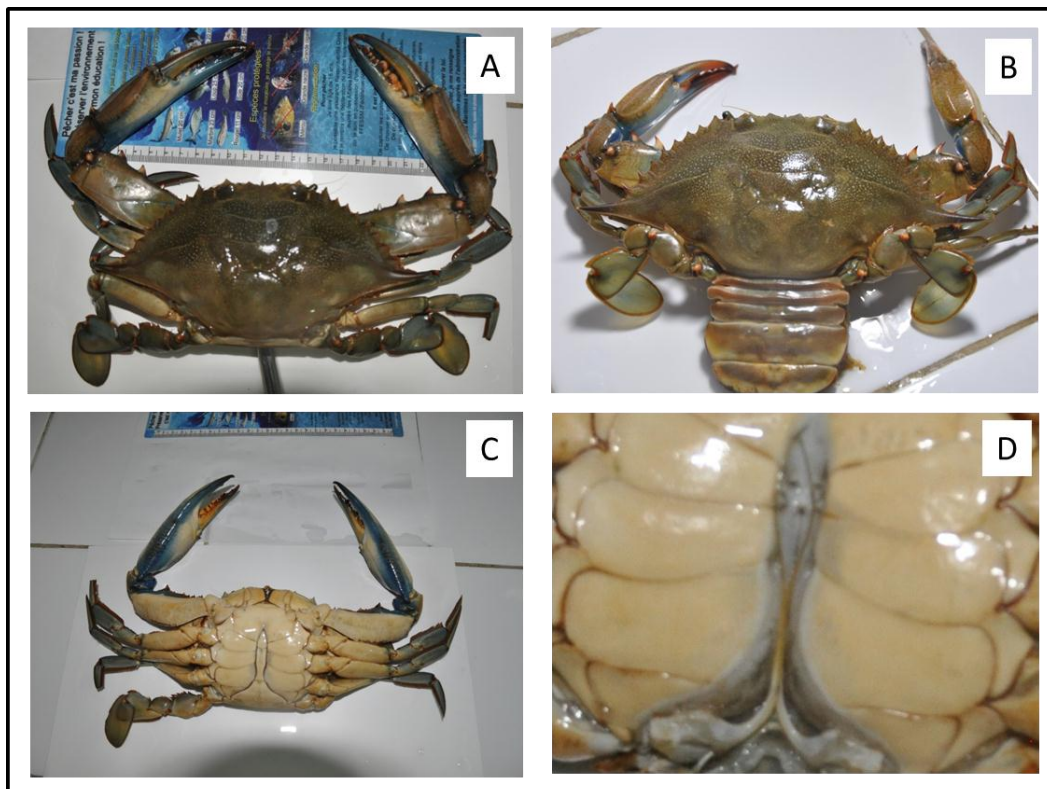


Figure 50 : *C.sapidus* specimens collected at the Marchica lagoon, Mediterranean coast of Morocco. (A) male, dorsal view; (B) female, dorsal view; (C) male, ventral view; (D) male, detail of gonopods.

IV.2. First and southern-most records of the American blue crab *C.sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda, Portunidae) on the African Atlantic coast (Article2).

IV.2.1. Unpublished data

Overall, 62 specimens of *Callinectes sapidus* were collected from the Marchica lagoon in July 2020. These were 23 females, with W ranging from 58.5 g to 274.7 g, CW ranging from 9.0 cm to 18.5 cm and CL ranging from 4.6 cm to 7.5 cm, and 39 males, with W ranging from 61.5 g to 470.4 g, CW ranging from 9.4cm to 18.7 cm cm and CL ranging from 4.5 cm to 8.5 (Table 25).

Although the first specimen of the invasive crab *Callinectes sapidus* in the Merja Zerga lagoon, from Atlantic waters of Morocco, was caught in June 2019, local fishers mentioned that the species started appearing at the lagoon in late 2017 – early 2018. Many other specimens were caught monthly in Merja Zerga from June 2019 to June 2020. They were all caught at the same location, close to the freshwater artificial channel of Nador in the southern area of the lagoon (Figure 52). In total, 222 specimens of *Callinectes sapidus* were collected from the Merja Zerga lagoon between June 2019 and June 2020. These were 81 females, with W ranging from 0.5 g to 388.2 g, CW ranging from 2.1 cm to 21 cm and CL ranging from 1.1 cm to 8.5 cm, and 141 males, with W ranging from 0.5 g to 585.7 g, CW ranging from 2.1 cm to 22 cm and CL ranging from 0.9 cm to 9.2 cm (Table 25).

The recorded specimen of *C. sapidus* in the Khnifiss lagoon was a male, with 415.1 g in W, 17.3 cm in CW and 8.6 cm in CL (Table 25). The local fishers mentioned that the species started to appear there in May 2020.





Figure 51 : *C. sapidus* specimens (males, dorsal view) collected at Merja Zerga (A) and Khnifiss (B) lagoons, Atlantic coast of Morocco

Table 25 : Biometric measurements of *C.sapidus* specimens from the Marchica, Merja Zerga and Khnifiss lagoons. CL: Carapace length; CW: Carapace width; WT: Body weight.

Females								
Lagoon	Sampling period	Total Individuals	W (g)		CW (cm)		CL (cm)	
			Min – Max	Mean ± SD	Min - Max	Mean ± SD	Min – Max	Mean ± SD
Marchica	July 2020	23	58.5 – 274.7	148.0 ± 57.3	9.0 – 18.5	13.7 ± 2.1	4.6 – 7.5	6.2 ± 0.7
Merja Zerga	Sep. 2019 – July 2020	81	0.5 – 388.2	43.6 ± 71.4	2.1 – 21	7.8 ± 4.4	1.1 – 8.5	3.6 ± 1.8
Khnifiss	Oct. 2020	0	–	–	–	–	–	–
Males								
Lagoon	Sampling period	Total Individuals	W (g)		CW (cm)		CL (cm)	
			Min – Max	Mean ± SD	Min – Max	Mean ± SD	Min – Max	Mean ± SD
Marchica	July 2020	39	61.5 – 470.4	208.3 ± 79.7	9.4 – 18.7	14.5 ± 1.8	4.5 – 8.5	6.7 ± 0.7
Merja Zerga	Sep. 2019 – July 2020	141	0.5 – 585.7	79.9 ± 158.3	2.1 – 22	7.6 ± 5.8	0.9 – 9.2	3.5 ± 2.4
Khnifiss	Oct. 2020	1	415.1		17.3		8.6	

IV.2.2. Genetic study

Sixteen COI sequences were generated from the three different localities: Khnifiss lagoon (one sequence), Marchica (eight sequences) and Merja Zerga lagoon (seven sequences). The alignment of fragments obtained resulted in 523 bp. The comparison of COI sequences with those already present in the GenBank database using BLAST search confirmed the identification of our species sequences as being those of *Callinectes sapidus*. In total, 14

different haplotypes were identified for COI gene (**Figure 53**). Sequences of Moroccan specimens resulted in two haplotypes, haplotype 1 and haplotype 7 (**Figure 53**). These haplotypes differed at three nucleotide positions. Sequences of *Callinectes sapidus* from Merja Zerga lagoon, Marchica, and Khnifiss lagoon (haplotype 1) were 100% identical to the sequences from GenBank from USA (MG 462571, Spain (KT 282079) and Turkey (MG 462571 and MN 759041), which correspond to haplotype CSWM1 (Genbank ON248058, González-Ortegón_et al., 2022). However, sequences of haplotype 7 from the Marchica and Merja Zerga lagoons were 100 % identical to sequences from the USA (KR 030241), which correspond to haplotype CSWM2 (Genbank ON248059; González-Ortegón_et al., 2022).

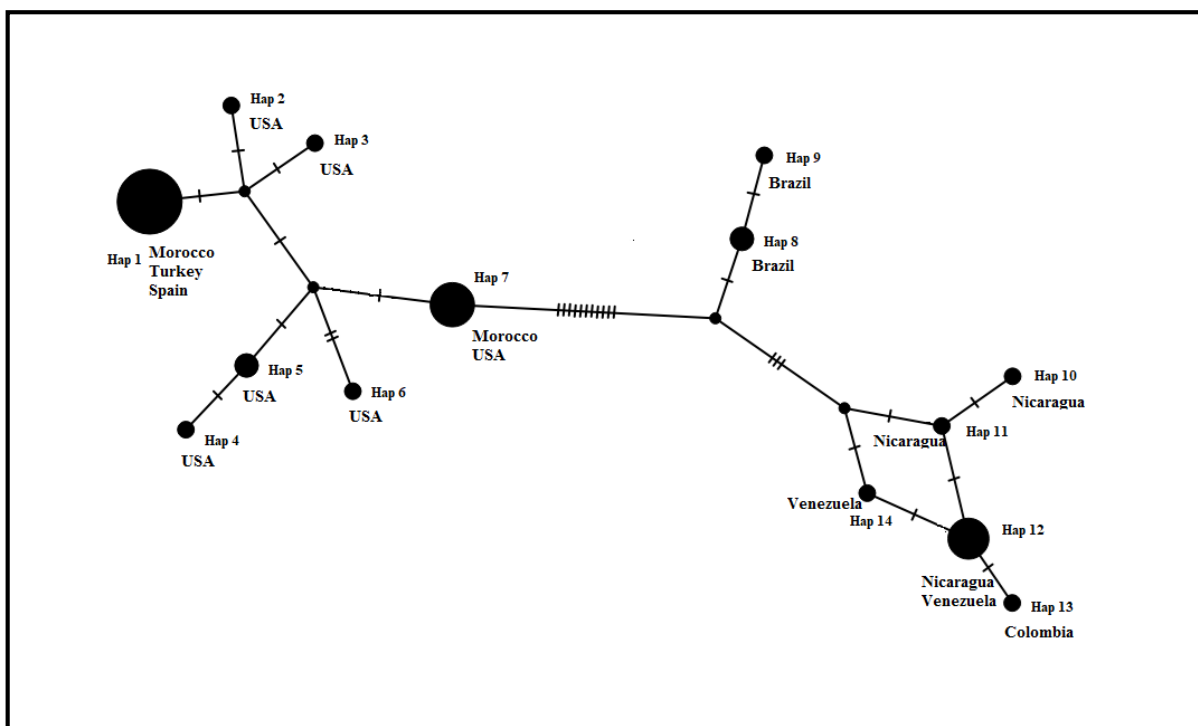


Figure 52 : Haplotypes network of *C.sapidus* using Cytochrome c oxidase subunit I marker. The area of each circle is proportional to the number of collections exhibiting that haplotype. Each bar in the network represented one mutational step

1.1.1. Bibliographic data

Native to the Western Atlantic, *Callinectes sapidus* has been introduced into both Asia and Europe (Millikin and Williams 1984). The first occurrence of the blue crab *C. sapidus* on the northeastern Atlantic coast was recorded in France in 1900 (Bouvier 1901) and has since remarkably expanded along the Atlantic coasts of Europe (**Figure 54**). Additionally, the species has expanded northward from its native distribution (Mancinelli et al. 2021).

In the Mediterranean, *C. sapidus* was first reported in Venice in 1949. The species was

established first in the central and eastern basins and has rapidly spread into the western basin. The species is currently present in 18 out of the 23 Mediterranean countries (**Figure 54**).

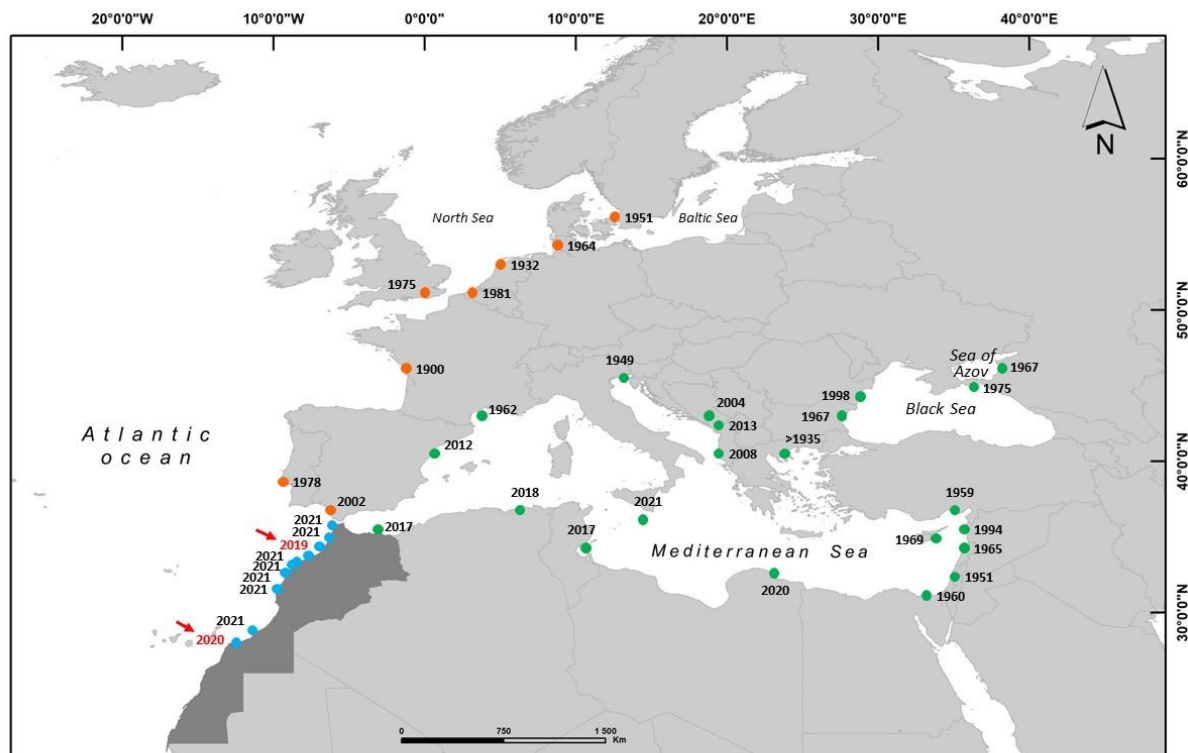


Figure 53 : Spreading of *Callinectes sapidus* in the European North-Eastern Atlantic (orange dots) and in Mediterranean, Black Sea and Sea of Azov (green dots), based on the dates of first published records per country. The map shows also in detail the dates of records along the African Atlantic coast (blue dots), highlighting the first and southern-most records of *C. sapidus* reported in the present work (red arrows).

IV. Discussion

The first and southern-most records of *C. sapidus* on the Atlantic coast of Morocco (Merja Zerga and Khnifiss lagoons respectively) have been documented in the present study. The first published occurrence of *Callinectes sapidus* on the African Atlantic coast referred to records (165 specimens) made in 2021 on the Moroccan Atlantic coast (Chaouti et al. 2022). The species was reported from 20 localities (six estuaries, three lagoons and 11 offshore sites) along the Atlantic coast of Morocco. Nevertheless, our data reveal that the American blue crab was already well established there many years earlier, and its introduction to the African Atlantic coast may be dating back accordingly. Indeed, our record of the species at the Merja Zerga lagoon in 2019 is the first confirmed report of *Callinectes sapidus* on both the Moroccan and the African Atlantic, while the record from Khnifiss lagoon is the southern-most compared to the previous ones.

The first record in the Marchica Lagoon on the Mediterranean coast of Morocco dates only to 2017 (Oussellam and Bazairi in Chartosia et al. 2018). The present study confirmed that the blue crab is now well established there and rapidly becoming invasive. Moreover, it has expanded 20 km from both sides of the lagoon, to the Moulouya and Oued Kert estuaries (Taybi and Mabrouki 2020). The presence of the species in diverse environmental conditions supports the invasiveness of the species and its capacity to spread over various environmental conditions, including wide ranges of salinity (Stasolla and Innocenti 2014; Taybi and Mabrouki 2020; Shaiek et al. 2021). Moreover, the species can be considered a nuisance in Morocco because it clogs fishing gear, as in other localities in the Mediterranean (Kara and Chaoui 2021; Shaiek et al. 2021).

According to size classifications based on the CW (Cadman and Weinstein 1985), females of the blue crab sampled at Merja Zerga lagoon were composed of immature and mature ovigerous individuals. Moreover, the presence of different length and width classes throughout the year shows that the species is well established in the Merja Zerga Lagoon. This is in accordance with the species' ability for fast expansion and establishment reported worldwide (Fuentes et al. 2019; Shaiek et al. 2021). The single crab found in the Khnifiss lagoon was a mature male.

From a biogeographic point of view, *C. sapidus* is currently well established in the Mediterranean Sea, following an east-to-west colonisation pattern. As documented in the present study, the blue crab has started to invade the African Atlantic at least since 2019 and is now well established in many coastal and marine ecosystems of Morocco. The observed pattern of Mediterranean colonisation by *C. sapidus* is comparable to those observed for the tropical sea hare *Aplysia dactylomela* (Rang 1828) (Valdés et al. 2013) and the sea hare *Bursatella leachii* de Blainville 1817 (Selfati et al. 2017; Bazzicalupo et al. 2018), which were assumed to enter the Mediterranean from the Atlantic. The explanation of this counter-intuitive pattern in the Mediterranean, as proposed by Valdés et al. (2013) for the *Aplysia dactylomela* spread in the same location, could be related to the water circulation pattern in the Mediterranean, namely the Algerian current, which could transport the larvae entering the Mediterranean from the Atlantic directly into the Oriental and Central basins, where the species was first recorded. Another possible explanation, as suggested by Bazzicalupo et al. (2018) for the dispersal pattern of at least one part of the population of *B. leachii*, is that due to temperature conditions, the species was established first in the eastern and central Mediterranean and reached the western basin after the warming of water during the last decades.

In the Black Sea, *C. sapidus* was first recorded in 1967 in the western part of the Varna Bay in

Bulgaria (Bulgurkov 1968). Its occurrence is now documented in many localities all around the Black Sea (Öztürk, R. Ç et al., 2020; Stefanov, T. 2021). The present *C. sapidus* population in the Black Sea is most likely a result of the migration from the well-established, stable and reproductively successful population of *C. sapidus* in the Aegean Sea (Saros Bay) (Öztürk, R. Ç et al., 2020).

Genetic analyses showed that Moroccan populations of *C. sapidus* have low haplotypic diversity. Only two haplotypes were recognized, with 56% haplotype 1 and 44% haplotype 7, corresponding to those observed in the Mediterranean Sea. Windsor et al. (2019) highlighted the presence of three lineages for the American blue crab in their country of origin: lineage 1 predominated in the Atlantic coast of North America and the Gulf of Mexico, lineage 2 predominated in the Caribbean Sea, and lineage 3 is only present in the Brazilian water. Öztürk, R. Ç et al. (2020) showed that specimens of the Black Sea belong to lineage 1 and are probably of Northwest Atlantic Ocean origin. Moreover, according to Vecchioni, L et al. (2022), all Mediterranean blue crabs belong to lineage 1, which suggests that the introductions originated from a single source area. González-Ortegón, E et al., (2022) observed the presence of the same haplotypes (CSWM1 = haplotype 1 and CSWM2 = haplotype 7) in the Gulf of Cadiz, Alboran Sea and the Mediterranean Sea and suggested a secondary introduction (*i.e.* from other Mediterranean populations) of the species into the studied areas. Our results suggest that the origin and pathway of colonisation of the populations established in the three lagoons of Marchica, Merja Zerga and Khnifiss is again the result of the expansion of the species along the Mediterranean Sea and now the Atlantic coast of Africa.

V. Conclusion

The distribution range of *C. sapidus* has progressively extended throughout the Mediterranean Sea and neighbouring waters (Nehring, S., 2011). The overall Mediterranean records revealed that the species is now, in 2021, confirmed from 18 out of 23 countries surrounding the Mediterranean Sea. Our record represents the westernmost record of the species in the Mediterranean.

The distributional pattern of the American crab *Callinectes sapidus* in Morocco provides evidence that the species is thriving through the coastal ecosystems of Morocco, both on its Mediterranean and Atlantic coasts. The present records confirm that *C. sapidus* is well established in Morocco and has become a serious bycatch problem, as it clogs fishing gear. Therefore, in-depth studies of the bio-ecological traits of the species, its spread, and its potential

ecosystem and socio-economic impacts are desirable for elaborating an action plan to manage this invasive crab, including assessing its potential as a new exploitable marine resource. In addition, advanced genetic analysis based on a large-scale sampling of native and introduced populations worldwide will provide relevant insights into the invasion history of the species, its pathways of introduction, and the evolutionary genetic changes following its establishment in a new environment.

Chapitre VIII: Using the new SEICAT methodology to study the socio-economic impacts of the American blue crab *C. sapidus* from Marchica lagoon, Morocco

Ce chapitre a été traité sous forme d'un article soumis pour publication dans la revue 'Bioflux' indexée dans les bases de données 'Scopus' :

OUSSELLAM M., SELFATI M. EL OUAMARI N., BAZAIRI H. (2021). Using the new SEICAT methodology to study the socio-economic impacts of the American blue crab *C. sapidus* from Marchica lagoon, Morocco. *AAAL Bioflux*, 14(6), 3231-3241.

Résumé

La majorité des espèces exotiques sont connues pour avoir des effets socioéconomiques en impactant diverses composantes du bien-être humain (sécurité, biens matériels et immatériels, santé, relations sociales, spirituelles et culturelles, liberté de choix et d'action). L'évaluation de l'impact des espèces envahissantes est l'une des étapes critiques dans la définition des priorités pour les actions politiques et de gestion, nécessitant des systèmes d'évaluation qui permettent de comparer les impacts sur différents taxons, écosystèmes et contextes socioéconomique. La classification des impacts socioéconomique des taxons exotiques (SEICAT) est la méthodologie qui peut faciliter ces comparaisons. La caractéristique essentielle de cette approche est qu'elle utilise les changements dans les activités des personnes comme mesure commune pour évaluer les impacts sur le bien-être.

Les impacts sont affectés à l'un des cinq niveaux, de préoccupation minimale à massive, selon des scénarios semi-quantitatifs qui décrivent la gravité des impacts. Les taxons sont ensuite classés en fonction du niveau le plus élevé d'impact délétère qu'ils ont été enregistrés sur un élément du bien-être humain. Pour démontrer l'utilité du système, nous avons classé les impacts du crabe bleu américain (*C. sapidus*) dans la lagune de Marchica, au Maroc. Ceux-ci ont montré une variété d'impacts sur le bien-être humain, en notant les "impacts mineurs".

La classification fournit une procédure cohérente pour traduire le large éventail de mesures et de types d'impacts en classant les niveaux d'impact socioéconomique, en attribuant sur la base des meilleures preuves disponibles des effets délétères avérés, et en étant applicable à tous les taxons et à une gamme d'échelles spatiales. Des enquêtes spécifiquement conçues pour saisir la distinction entre les classes d'impact socioéconomique renforcerait notre confiance dans les évaluations et pourraient mieux éclairer la fixation des priorités et la prise de décision.

Mots clés : *C.sapidus*, invasive, SEICAT, Méditerranée

Abstract.

The majority of alien species are known to have socio-economic effects by impacting various components of human well-being (security, material and non-material assets, health, social, spiritual and cultural relations, freedom of choice and action). The evaluation of the impact of invasive species is one of the critical stages in setting priorities for policy and management actions, requiring assessment systems that allow comparison of impacts on different taxa, ecosystems and socio-economic contexts. Socio-Economic Impact Classification of Alien Taxa (SEICAT) is the methodology that can facilitate these comparisons.

The essential feature of this approach is that it uses changes in people's activities as a common measure to assess impacts on well-being. Impacts are assigned to one of five levels, from Minimal concern to Massive, according to semiquantitative scenarios that describe the severity of the impacts. The taxa are then ranked according to the highest level of deleterious impact that they have been recorded to cause on any constituent of human wellbeing. To demonstrate the usefulness of the system, we have classified the impacts of the American blue crab (*C.sapidus*) in the Marchica lagoon, Morocco. These have shown a variety of impacts on human wellbeing, scoring the "Minor Impacts".

The classification provides a consistent procedure for translating the wide range of measures and types of impacts by ranking the levels of socio-economic impact, allocating based on the best available evidence of proven deleterious effects, and being applicable to all taxa and a range of spatial scales. Surveys specifically tailored to capture the distinction between socioeconomic impact classes would strengthen our confidence in evaluations and to could better inform priority setting and decision-making.

Key Words: *C. sapidus*, invasive, SEICAT, Mediterranean.

I. Introduction

Invasive alien species are considered one of the most important causes for negative impacts on the environment, human health and socio-economics worldwide, once introduced into a new environment (Ojaveer, H et al., 2015; Bellard, C et al., 2016; Bradshaw, C. J et al., 2016; Bacher, S et al., 2018; Ogden, N. H et al., 2019). Within their natural range of distribution, they live in balance with their biotope and populations are controlled by ecosystem interactions such as predation, parasitism and disease. Worryingly, the rates of introduction and settlement of alien species are increasing (Seebens, H et al., 2017). At both national and international levels, these species have become one of the main threats, as they are spreading and multiplying rapidly due to the lack of natural predators and competitors (Piria, M et al., 2021). Biological invasions bring diverse economic costs to society (Bonn, I., 2005; Jackson, S. L., 2015; Diagne, C et al., 2020). Alien taxa in Europe are causing more socioeconomic impacts than ecological impacts, probably because the former

In general, alien taxa in Europe are causing more socioeconomic impacts than ecological impacts, probably because the former are more readily perceived and immediately reported by concerned people (Vilà, M et al., 2010). The SEICAT methodology newly developed by Bacher, S et al., 2018 represents the development of a tool specifically dealing with socio-economic impacts, known as SEICAT (Socio-Economic Impact Classification of Alien Taxa). The novel feature of SEICAT is that it analyses alien species impacts on human well-being, using the capability approach from welfare economics (Sen, A., 1999; Robeyns, I., 2005) Human well-being comprises the fundamental skills and conditions required for a dignified and fulfilling life, resumed by (Narayan, D et al., 2000) in four constituents, namely material and immaterial goods, security, health and good social relations, supported by freedom of choice and action. As alien species can alter the environmental factors, economic setting and even the social context that determine the full range of potential human capabilities, they can affect human well-being through changes in one or more of its elements. The objective of SEICAT is not to balance the negative and positive impacts to determine the net value of introducing a foreign taxon, but rather to highlight the potential consequences. It provides a coherent approach for reflecting the wide range of impact types and measures into ranked levels of socio-economic impact, and is applicable to all taxa and at various spatial scales (Bacher, S et al., 2018). In 2020, the professional fishermen working on the Marchica lagoon made an important number of observations, like the impact these crabs will have on the quality of catches (shredding), the degradation of their nets and their interaction with other species.

This chapter is presented as an article and proposes to make an initial assessment of the socio-economic impacts using the new SEICAT methodology, resulting from the interactions between blue crab and the main craft fishing professions in the Marchica lagoon.

II. Material and method

III.1. Description of the study site

The Marchica lagoon (small sea in Spanish) of Nador has about 115 km². The unique Moroccan Mediterranean facade is classified as the largest Moroccan lagoon and second largest North African lagoon. It is found between the latitudes 35°14'N and 35°05'N and between the longitudes 002°56'W and 002°44'W. This ecosystem is separated from the sea by a dune cord-oriented NW-SE, which occupies a coastal strip of 25 km in length and 0.3 to 1.5 km in width (Previously described in details in the part Material and methods of this work). A high diversity of fauna and flora characterizes the lagoon. According to Zine, N., 2003 there are 451 species of fauna in the lagoon. In addition to species and habitats of conservation interest in the Mediterranean, it contains about twenty species of benthic macroalgae, including some of great socio-economic interest, with ecological and environmental roles (Dakki, M et al., 2003).

Artisanal fishing is the main socio-economic activity in the Marchica lagoon, with approximately 390 boats, constituting 14% of the artisanal fleet in the entire Moroccan Mediterranean. It provides direct employment to 1200 people, representing about 11% of the total employment generated by artisanal fishing in the Moroccan Mediterranean (Institut National de Recherche Halieutique Centre Regional de Nador 1999; Najih, M et al., 2015). The artisanal fleet is distributed over sixteen peripheral sites. It is classified as a Site of Biological and Ecological Interest (SIBE) since 1996, and as a Ramsar site for the conservation and protection of wetlands since 2005. This makes the quality and interest of this ecosystem recognized at international and national levels. The blue crab *C.sapidus*. In the Mediterranean Sea, the blue crab has first appeared in Egypt in 1898, just a few years after the opening of the Suez Canal. It is now present in 17 of the 23 countries bordering the Mediterranean (Benabdi, M et al., 2019) (More details in chapter I).

III.2. Biological material

C. sapidus can be identified by its bluish carapace, very wide, with nine orange serrations on either side of the carapace. The last serration is longer. This large crab can reach a width of 23 cm and a weight of more than 500 g. It has 8 bluish legs and 2 strong. The latter are blue in

males and red in females. The last leg ends in a flattened article, being used for swimming and burying in the sediment.

The species lives in bays, lagoons and estuaries, on sandy or muddy substrate, commonly in shallow waters, frequenting the intertidal and infralittoral zone. It can be found up to 35 m depths. Eurythermal, it tolerates temperatures from 3 to 35°C and salinities between 2 and 48 g L⁻¹ (García, Y. L. D., & Capote, A. J., 2015). Nevertheless, females remain in highly saline waters in estuaries, especially during the egg-laying period. When the water temperature drops, during the cold season, blue crabs migrate to deeper waters. The blue crab can exit the water in wet weather and especially at night by clinging to various supports (Abbott, W., 1967), they can also breath air (Powers, L. W., 1977). The diet of *C. sapidus* is very diverse. It is a voracious omnivore, praying on small shellfish, crustaceans, fish and plants. The species can ingest high levels of algae (Rosas, C et al., 1994). Below 15°C, it stops feeding and below 10°C it is completely inactive (Stoner, A. W et al., 2010). Sexual maturity is reached between 7 and 18 months, depending on location. Mating takes place in areas of low salinity, where males are present (Millikin, M. R., 1984; Turner, H. V et al., 2003). It is mainly carried out in summer, between a male and a recently moulted female (Churchill, E. P., 1919). The male keeps the female between his legs for a pre-breeding walk of about a week. The female lays up to 2 million eggs, which are incubated for 2 weeks on its pteropod. Hatching takes place in water with a salinity different than that of mating (Millikin, M. R., 1984). The larvae, marine and planktonic, are carried by marine currents. Larval development lasts 1 to 2 months, depending on water temperature and salinity, before giving rise to a coastal benthic megalope that metamorphoses in brackish water into a juvenile after 6 to 20 days. As with most crustaceans, growth of blue crab occurs by successive moulting. Adult blue crab moult occurs on average 8.8 times per year for males and 7.6 times per year for females. Nevertheless, moulting remains dependent on several surrounding factors, notably temperature and food availability (Churchill, E. P., 1919). An average growth rate of 120% per molt was observed for an average molt duration of 16 days (Bilen, C. T., & Yesilyurt, I. N., 2014). The usual longevity does not exceed 3-4 years (Squires, H. J., 1990).

III.3. Statistical analysis

The evaluation of the magnitude of the socio-economic impacts of blue crab is based on the feedback from field observations and on about 100 semi-structured interviews conducted with artisanal fishermen operating at different fishing sites bordering the Marchica lagoon and other fishermen from the other side of the dune cord precisely Bokana, Karia and Ras Elma. The

categorization of the impacts using the SEICAT methodology is based on the grid proposed by Bacher, S et al., 2018, allowing the species concerned (blue crab) to be placed on a scale of 5 levels ranging from minimal impact to massive impact (**Table 26**). In addition to the socio-economic impact assessment, information on the abundance and spatial extent of crabs was collected during interviews and observations with fishermen. Samples of blue crab were recovered from the fishermen and were used for a preliminary analysis of the bio-ecology of the species. The length (L) and width (W) of the carapace were measured to the nearest mm. Individuals were weighed (live weight in grams) and sexed. The crabs showed obvious sexual dimorphism, immature females having a triangular-shaped abdomen, whereas mature females having a broader, semicircular-shaped abdomen. Males have an abdomen readily distinguishable from either female stage. They also present typical coloration differences between adult males and females (Cargo, D. G., & Rabenold, G. E., 1980).

Table 26 : Description of the scale for classifying the socio-economic impacts of exotic taxa (SEICAT) according to observed changes (Bacher, S et al., 2018)

	<i>Massive (MV)</i>	<i>Major (MR)</i>	<i>Moderate (MO)</i>	<i>Minor (MN)</i>	<i>Minimal (MC)</i>
SEICAT	Local disappearance of an activity, irreversible for at least a decade.	Disappearance of activity in part of the area colonized by the exotic taxon, irreversible for at least a decade.	Decrease in the importance of the activity, but the activity is still carried out (displacement of the activity towards regions devoid of the exotic taxon)	Difficulties in exercising the activity without a change in size.	No negative impact reported.

III. Results

The investigations conducted on field showed that the blue crab had been previously caught by fishermen. They affirmed that the proliferation of the species was recent and that it had been spreading for a maximum of 5 years. In the present study, 104 specimens were identified, 77 males and 27 egg-bearing females (**Figure 55**).



Figure 54 : Egg-bearing female *C.sapidus*.

Specimens ranging from juveniles to adults were collected from the Marchica lagoon (**Figure 56**). On the other side of the dune cord, out of the Marchica lagoon, other investigations with fishermen confirmed the expansion of this species along the Moroccan Mediterranean coast.

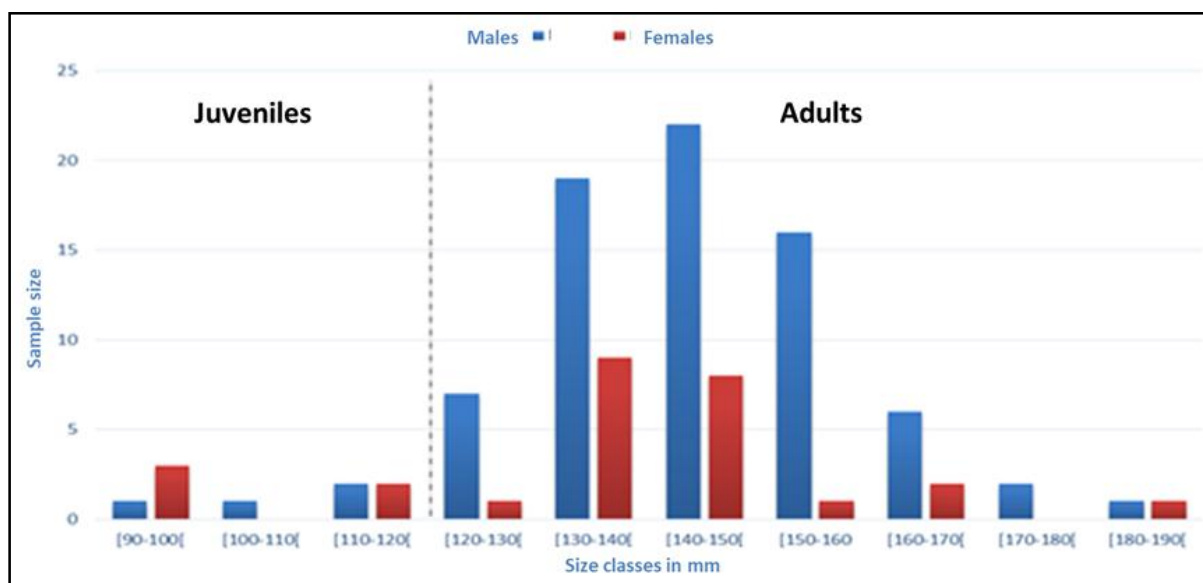


Figure 55 : Size structure of blue crab caught in the Marchica lagoon, Morocco.

Overall, the carapace width for both sexes combined varied from a minimum of 90 mm to a maximum of 187 mm, with a mean value of 140.04 ± 17.34 mm. The weight of the specimens varied between a minimum of 58.52 g and a maximum of 470.35 g, with an average value of 177.94 ± 69.45 g. Biometric disparities between sexes were observed (**Table 27**).

Tableau 27 : Biometric characteristics of blue crab in Marchica lagoon

Sex	n	Length (mm)			Width (mm)			Weight (g)		
		Mean±SD	Min	Max	Mean±SD	Min	Max	Mean±SD	Min	Max
Male	77	66.23±6.52	45	85	142.06±15.54	94	187	191.78±68.36	61.49	470.35
Female	27	60.66±7.17	45	75	134.29±20.96	90	185	138.45±57.13	58.52	274.73
Total	104	64.78±7.09	45	85	140.04±17.34	90	180	177.94±69.45	58.52	470.35

Results regarding the reduction of wellbeing and changes in activity size are presented in **Figure 57**. 90% of the fishermen accused blue crab of having damaged their nets. The deterioration occurred mainly during the disentanglement of tangled crabs (**Figure 58**). Blue crabs also affected the wellbeing of fishermen including safety and health, as affirmed by 80 and 60% of respondents, respectively (**Figure 59**). 70% of answers were about making higher efforts, while only 5% reported that these specimens are a source of income loss. There were no changes in the activity size.

According to the results of this study, using the new SEICAT methodology and based on direct interviews with fishermen, the analysis of impact intensity showed negative impacts of the American blue crab on fishing activity in the lagoon and was qualified as Minor.

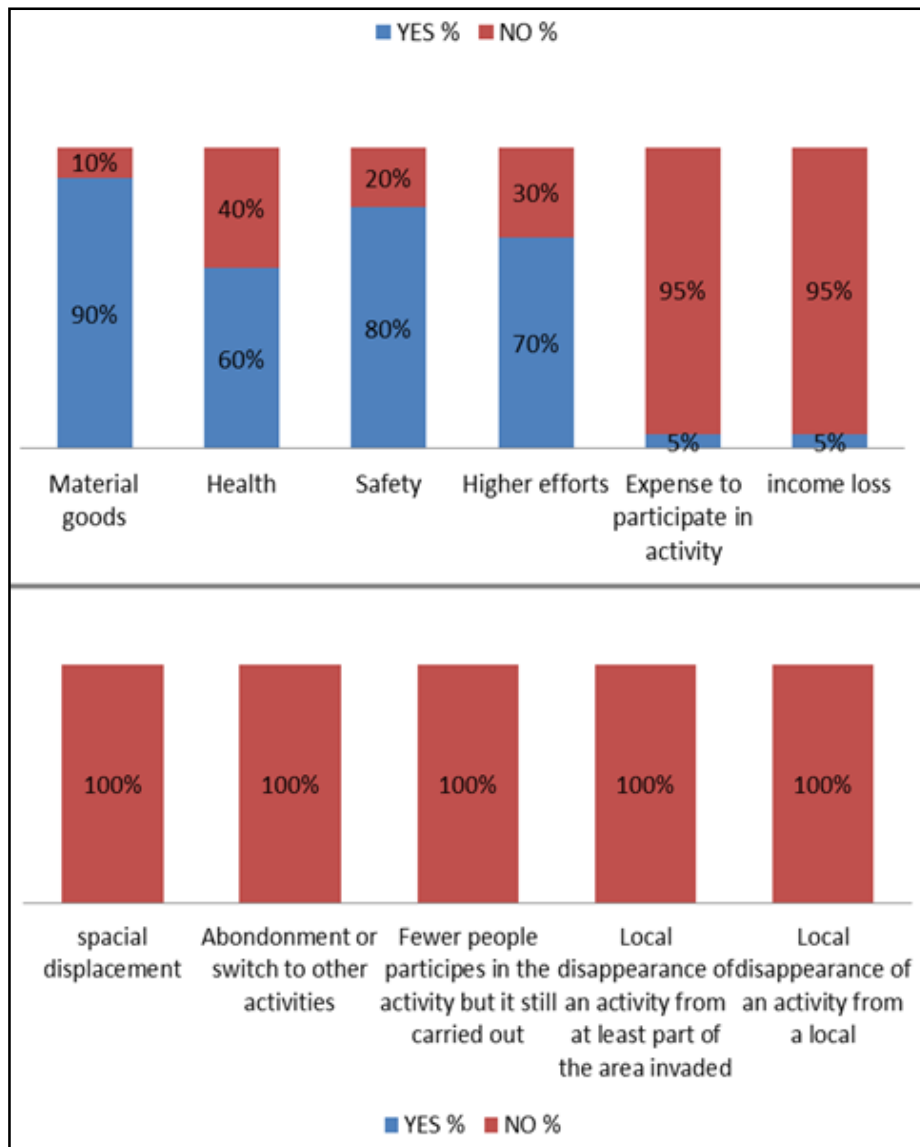


Figure 56: Reduction of well being (up); changes in activity size (down).



Figure 57 : Crabs entangled in the net

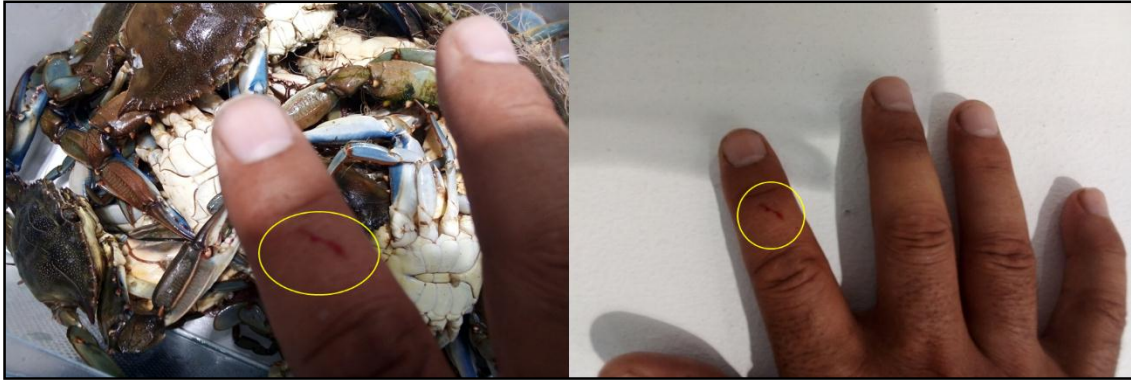


Figure 58 : Example of injury caused by blue crab

In summer 2020, the abundance indices of this species in the lagoon showed remarkable values. A daily average of 36 individuals per gillnets of about 100 m was recorded. The highest densities have been reported at the continental edge, particularly at the mouth of the Selouane valley.

The fishermen estimate that the lifespan of the Trammel net has decreased by half (from 3 years to 18 months), according to 60% of the fishermen, and even by two thirds (from 3 years to 1 year). 5% of fishermen affirmed that the blue crab is often attacking the catches entangled in the fishing nets. This depredation causes alterations and serious injury to fish species of commercial interest, reducing or even cancelling their commercial value. All the respondents agreed on the aggressiveness of the species. Of these respondents, 60% had already been cut (**Figure 57, 58**) during the removal of entangled individuals. Otherwise, this reduction of wellbeing did not cause changes in the activity size.

IV. Discussion

The blue crab has emerged as a very aggressive species and has been listed as one of the 100 "most invasive" species in the Mediterranean, with an impact on both biodiversity and socio-economics (Streftaris, N., & Zenetos, A., 2006).

Fishermen accused the blue crab of having damaged their nets, the deterioration occurred mainly during the disentanglement of tangled crabs, it may also result from direct gnawing, as shown by the presence of pieces of net in the stomach contents of blue crab specimens. Moreover, in case of significant deterioration, the renewal of threads is necessary, and sometimes more practical than their repair. These deteriorations, of both materials and caught fish, consequently cause more expenses. The attacks of the blue crab concern the fishermen

themselves. As a precaution to this aggressiveness, the fishermen learned to club the individuals caught in the nets before handling them.

Thus, the major nuisances that were reported by the respondents with regard to the socio-economic impact are: deterioration of fishing nets, sanitary risk, alteration of the quality of the catches and having difficulties in exercising the activity. Otherwise, this reduction of wellbeing did not cause changes in the activity size.

Recently, there have been only few studies on the socioeconomic impacts of alien species using the novelty SEICAT methodology. Among them (Galanidi, M et al., 2018) who assessed the socio-economic impacts of marine invasive fishes in the Mediterranean. The socioeconomic impacts of *Lagocephalus sceleratus* were also studied with SEICAT (Galanidi, M et al., 2018), and recently, in 2020, (Mohanty, S. N et al., 2020) have evaluated the socioeconomic impacts of *Hoplobatrachus tigerinus* with SEICAT.

V. Conclusion

This study constitutes one of the first to evaluate and demonstrate the socio-economic impacts of the blue crab on the Mediterranean waters, one of the most aggressive alien species, in a systematic way, with the new SEICAT protocol, based on direct interviews with local fishermen. The first signaling of the blue crab in the Moroccan Mediterranean was made on August 17, 2017. Recently, its presence was also reported in other regions, like at the mouths of the Moulouya and Kert, more than twenty kilometers on either side of the Marchica lagoon. This study reports it on the other side of the dune corde, along the Moroccan Mediterranean coast, specifically at Bokana and Karia. This invasive species is being monitored to study the dynamics of its population in the area, especially its spread, size structure, socio-economic impact, etc. The samples analyzed showed a size structure composed of juveniles and adults with a high abundance, besides the presence of egg-bearing females, means that there is a self-sustaining population in the Marchica lagoon.

The results of this study using the new SEICAT methodology and based on direct interviews with fishermen, showed negative impacts of the American blue crab on fishing activity in the lagoon, which are certainly worrying. They mainly result in a decrease in profitability due, on one hand, to the additional costs of repairing damaged nets, and on the other hand, to the loss of income from damaged catches. In addition to these impacts, there is the sanitary risk resulting from the aggressiveness of the species. All fishermen consider that the combined effect of the

three previously listed nuisances causes difficulties in the exercise of the activity without any change in its size. So far, and referring to the grid proposed by the International Union for the Conservation of Nature (IUCN), the socio-economic impacts of blue crab on the artisanal fishing activity in the Marchica lagoon are qualified as “Minor”.

Acknowledgments (Article2).

The authors are very thankful to the fishers that helped in the blue crab sampling. The authors also thank Prof Bouabid Badaoui for the English revision.

Conclusion générale

Ce travail a permis d'évaluer la situation de la pêche artisanale au niveau de la lagune de Marchica, face aux menaces qu'elle affronte (changements climatiques, facteurs anthropiques, invasions biologiques, ...), ce qui met en danger les ressources halieutiques. L'analyse des aspects socioéconomiques a permis d'actualiser les données et qui a révélé une nette différence concernant les indicateurs économiques, dont quelques-uns ont connues une hausse, notamment le capital investi par barque (65.000 MAD), les charges de production (24.110 MAD), les charges fixes (80 MAD), la productivité annuelle (1.312 tonnes) avec une valeur de 37.351.080 MAD et le profit mensuel (5.648 MAD). D'autres valeurs ont connu une diminution comme l'effort de l'étude de l'activité de la pêche qui a révélé que le nombre des sites autour de la lagune a diminué (15 sites), accompagné par une diminution du nombre des barques (322) et du nombre des pêcheurs (629). Concernant les engins les plus utilisés au niveau de la lagune pour la pêche artisanale, on trouve principalement la Palanza et le Trémil qui ciblent des espèces à grande intérêt commercial et destinées à l'exportation telles que la Caramote (*Penaeus Keratherus*) et le Poulpe (*Octopus vulgaris*).

L'étude de la diversité des 32 espèces de la lagune a montré que les espèces les plus abondantes appartiennent aux familles ; Gobiidae, Labridae, Engraulidae, Atherinidae, Clupeidae et Sparidae. L'analyse de la relation entre les paramètres de la taille et du poids de ces espèces, a montré une croissance allométrique, avec une très bonne corrélation entre la taille et le poids pour la grande majorité de ces espèces.

L'étude des 'bycatch', a révélé que la composition des espèces accessoires, environ 40 espèces de poissons, constitue principalement 51 % d'espèces non commerciales 31% de juvéniles de poissons. Les familles les plus abondantes étaient les Centranchidae, Gobiidae, Sparidae, Engraulidae, Clupeidae, Portunidae et Mithracidae, dont le plus grand nombre d'espèces a été capturé avec la Palanza. La composition des prises accessoires de Trémil est caractérisée par la domination des coquillages et des crustacés comme *Callinectes sapidus* et *Damithrax spinosissimus*, avec une faible présence de raies (*Raja Brachyura*). D'après les résultats de la liste rouge de l'UICN des 'bycatchs' étudiés, le crustacé décapode *Callinectes sapidus* est une espèce non-indigène invasive alors que d'autres sont soit en danger (*Epinephelus marginatus*) ou quasi-menacées (*Dicentrarchus labrax* ; *Raja brachyura*).

Ce travail constitue la première publication sur la découverte du crabe bleu Américain, '*Callinectes sapidus*' sur les deux côtes atlantico-méditerranéennes du Maroc (Marchica - Merja Zerga et Khnifiss). Les cartes élaborées visualisent la propagation de *C. sapidus* en

Méditerranée, et qui enregistre sa première apparition dans les eaux méditerranéennes en 1949 à Grado. L'espèce montre un schéma de propagation d'est en ouest. Les résultats de l'analyse génétique de spécimens provenant des côtes méditerranéennes (lagune de Marchica) et atlantiques (lagunes Merja Zerga et Khnifiss) du Maroc, basée sur la COI, ont confirmé que les espèces de *C.sapidus*, issues de ces trois lagunes, possèdent une origine et une voie de colonisation communes et cohérentes avec une origine nord-américaine de l'introduction.

Les résultats issus de l'étude de l'impact de *C.sapidus* selon la nouvelle méthodologie 'SEICAT', constitue le premier travail documenté au niveau de la lagune de Marchica. Ce travail a été conçu dans le but d'étudier la gravité des impacts. L'impact de ces espèces a été évalué comme "impact mineur".

L'étude portant sur les pratiques de pêche (INN), dévoile que les pratiques illégales existent au niveau de la lagune de Marchica, sous trois formes, notamment : celles relatives aux ressources exploitables (les captures sous taille commerciale), celles relatifs aux engins de pêche (le maillage non réglementaire) et celles relatifs à l'usage des engins prohibés (Bollich) et enfin les pratiques illégales relatives à la flottille (barques à situation non-conformes).

Perspectives et études futures :

Après l'analyse de l'ensemble des résultats issus de ce travail de thèse, l'instauration de nouvelles réglementations et d'études complémentaires s'avèrent nécessaires, afin de cerner les problèmes affrontés, liés à la pêche artisanale au niveau de la lagune de Marchica et assurer la durabilité des ressources.

A cet effet, Il est recommandé de mettre en place des systèmes de suivis réguliers pour la collecte des informations et des peuplements de poissons pour appréhender les impacts de l'activité de pêche, en impliquant les pêcheurs dans ce système du suivi. Dans ce sens, il est important de sensibiliser les pêcheurs, en leur offrant des formations pour renforcer leurs capacités techniques, et améliorer l'infrastructure de base contribuera en grande partie au redressement de ce sous-secteur.

Vu la situation actuelle de la hausse des prix du carburant, une étude actualisant les données est très recommandée, afin de revoir l'impact de cette situation sur les indicateurs socioéconomiques, et analyser son effet sur l'activité de la pêche.

Ainsi, il est très important de réaliser une étude globale, qui analyse l'effet des paramètres environnementaux sur la biodiversité et l'abondance des peuplements ichthyologiques. Il est absolument nécessaire de revoir les réglementations et renouveler les lois et les décrets, surtout concernant la pêche (INN), et la période du repos biologique lié à la Palanza.

Le crabe bleu '*C.sapidus*', est une espèce qui mérite d'être étudié davantage vu l'impact de cette espèce invasives sur la biodiversité (biologie, écologie, toxicologie etc..).

L'orientation vers la commercialisation de cette espèce sera très intéressante, vu son importance économique, surtout qu'elle est connue pour sa grande valeur gastronomique.

Références

- Abbott, W. (1967).** Unusual climbing behavior by *C.sapidus* Rathbun (Decapoda, Brachyura). *Crustaceana*, 13(1), 128-128.
- Abdallah, M. (2002).** Length-weight relationship of fishes caught by trawl off Alexandria, Egypt.
- Abdurahiman, K. P., Nayak, T. H., Zacharia, P. U., & Mohamed, K. S. (2004).** Length-weight relationship of commercially important marine fishes and shellfishes of the southern coast of Karnataka, India. *NAGA, World Fish Centre Quarterly*, 27(1 & 2), 9-14.
- Agnew, D. J., Pearce, J., Pramod, G., Peatman, T., Watson, R., Beddington, J. R., & Pitcher, T. J. (2009).** Estimating the worldwide extent of illegal fishing. *PloS one*, 4(2), e4570.
- Aknaf, A., Akodad, M., Moumen, A., Chekroun, K. B., Elhamouti, C., Bailal, A., & Baghour, M. (2015).** Impact of the new pass on the eutrophication of the lagoon Marchica: Study of the two sites Bou Areg and Mohandis. *J. Mater. Environ. Sci*, 6(10), 2939-2943.
- Aledo, J. F. (1908).** Bibliografía:“Excursiones por Mallorca II”, Odón de Buen. *Revista de Menorca*, 7, 290-290.
- Aljanabi, S.M., & Martinez, I. (1997).** Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques. *Nucleic Acids Research* 25(22): 4692-4693.
- Aloncle, H. (1961).** La pêche dans la «Mar Chica» de Melilla. *Bulletin de l'Institut des Pêches Maritime du Maroc*, 7, 13-32.
- Anderson, R. O., Gutreuter, S. J., Nielsen, L., & Johnson, D. (1983).** Fisheries techniques. *Fish Farmin, Handbook. American Fisheries Society, Bethesda Maryland. Brown*, 237-337.
- Andreu-Boussut, V., Barthon, C., & Demaze, M. T. (2008, October).** Ingénierie écologique et gestion touristique des espaces naturels protégés: perspectives sur les littoraux de l'Ouest français et de la Guyane française. In *Tourisme et Environnement: Réalités, Politiques et Perspectives*.
- Annamary, L., & Mohanraj, J. (2014).** Bycatch landing of Lambis gastropods in Gulf of Mannar coast, Tamil Nadu. *Indian Journal of Science and Technology*, 7(10), 1509.
- Anras, L., Carassou, L., Dupuy, C., Ferrari, S., Philippine, O., Robin, F. X., ... & Sautour, B. (2018).** Zones Humides: des écosystèmes riches mais menacés.
- Ansell, A. D., Frenkiel, L., & Moueza, M. (1980).** Seasonal changes in tissue weight and biochemical composition for the bivalve *Donax trunculus* L. on the Algerian coast. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 45(1), 105-116.
- Artüz, I. (1990).** Mavi yengecin serüvenleri. *Cumhuriyet Bilim Teknik*, 148(6).
- Bacher, S., Blackburn, T. M., Essl, F., Genovesi, P., Heikkilä, J., Jeschke, J. M., ... & Kumschick, S. (2018).** Socio-economic impact classification of alien taxa (SEICAT). *Methods in Ecology and Evolution*, 9(1), 159-168.
- Bailey, K. M., & Spring, S. M. (1992).** Comparison of larval, age-0 juvenile and age-2 recruit abundance indices of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the western Gulf of Alaska. *ICES Journal of Marine Science*, 49(3), 297-304.

- Barletta, M., Lima, A. R., Dantas, D. V., Oliveira, I. M., Neto, J. R., Fernandes, C. A., ... & Costa, M. F. (2017).** How can accurate landing stats help in designing better fisheries and environmental management for western atlantic estuaries?. In *Coastal wetlands: alteration and remediation* (pp. 631-703). Springer, Cham.
- Barnes, R. S. K. (1980).** *Coastal lagoons* (Vol. 1). Cambridge University Press.
- Battaglia, P., Malara, D., Romeo, T., & Andaloro, F. (2010).** Relationships between otolith size and fish size in some mesopelagic and bathypelagic species from the Mediterranean Sea (Strait of Messina, Italy). *Scientia Marina*, 74(3), 605-612.
- Baudin, J. P. (1980).** CONTRIBUTION À L'ÉTUDE ÉCOLOGIQUE DES MILIEUX SAUMÂTRES MÉDITERRANÉENS Le peuplement de l'étang de Citis BDR. *Vie et Milieu/Life & Environment*, 303-308.
- Bazzicalupo, E., Crocetta, F., Estores-Pacheco, K. A., Golestani, H., Bazairi, H., Giacobbe, S., ... & Valdés, Á. (2018).** Population genetics of *Bursatella leachii* (De Blainville, 1817) and implications for the origin of the Mediterranean population. *Helgoland Marine Research*, 72(1), 1-8.
- Beddington, J. R., Agnew, D. J., & Clark, C. W. (2007).** Current problems in the management of marine fisheries. *science*, 316(5832), 1713-1716.
- Bellard, C., Cassey, P., & Blackburn, T. M. (2016).** Alien species as a driver of recent extinctions. *Biology letters*, 12(2), 20150623.
- Benabdi, M., Belmahi, A. E., & Grimes, S. (2019).** First record of the Atlantic blue crab *C.sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda: Brachyura: Portunidae) in Algerian coastal waters (southwestern Mediterranean). *BioInvasions Records*, 8(1), 119-122.
- Benghait, Y., & Blaghen, M. (2022).** Heavy metals and antibiotics resistance of bacteria isolated from Marchica lagoon: biodegradation of anthracene on submerged aerated fixed bed reactor. *Environmental Technology*, 43(10), 1493-1502.
- Bensettiti, F., Boulet, V., Chavaudret-Laborie, C., & Deniaud, J. (2005).** Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 4-Habitats agropastoraux. *La documentation Française*, 2, 227-229.
- Beqiraj, S., & Kashta, L. (2010).** The establishment of blue crab *C.sapidus* Rathbun, 1896 in the Lagoon of Patok, Albania (south-east Adriatic Sea). *Aquatic Invasions*, 5(2), 219-221.
- Bertino, L. (2001).** *Assimilation de données pour la prédiction de paramètres hydrodynamiques et écologiques: cas de la Lagune de l'Oder* (Doctoral dissertation, ANRT [dff.]).
- Bicknell, A. W., Oro, D., Camphuysen, K., & Votier, S. C. (2013).** Potential consequences of discard reform for seabird communities. *Journal of Applied Ecology*, 50(3), 649-658.
- Bilen, C. T., & Yesilyurt, I. N. (2014).** Growth of blue crab, *C.sapidus*, in the Yumurtalik Cove, Turkey: a molt process approach. *Central European Journal of Biology*, 9(1), 49-57.
- Blaber, S. J., Cyrus, D. P., Albaret, J. J., Ching, C. V., Day, J. W., Elliott, M., ... & Silvert, W. (2000).** Effects of fishing on the structure and functioning of estuarine and nearshore ecosystems. *iCES Journal of marine Science*, 57(3), 590-602.
- Bonn, I. (2005).** Improving strategic thinking: a multilevel approach. *Leadership & Organization Development Journal*.

- Borja, J. (1c920).** Contribución al estudio de la fauna ictiológica de España. *Memórias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 16(3), 1-191.
- Borja, J. D. (1920).** Ordenanzas de minería. *Boletín de Historia y de Antigüedades*, (146), 1612.
- Bouaziz, R. (2022).** *Structures et variations des réseaux trophiques des poissons en zones côtières: approche comparative par isotopes stables en milieux contrastés, l'estuaire de la Canche (Nord de la France) et la lagune de Mellah (Nord de l'Algérie)* (Doctoral dissertation, Université du Littoral Côte d'Opale; Université Badji Mokhtar-Annaba).
- Bouchoucha, M., Darnaude, A. M., Gudefin, A., Neveu, R., Verdoit-Jarraya, M., Boissery, P., & Lenfant, P. (2016).** Potential use of marinas as nursery grounds by rocky fishes: insights from four *Diplodus* species in the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 547, 193-209.
- Boudouresque, C. F., & Ribera, M. A. (1994).** Les introductions d'espèces végétales et animales en milieu marin—conséquences écologiques et économiques et problèmes législatifs. In *First international workshop on Caulerpa taxifolia* (pp. 29-102). GIS Posidonie Publ. Marseille.
- Bouvier, E. L. (1901).** Sur un *C.sapidus* M. Rathbun trouvé à Rochefort. *Bull. Mus. Hist. Nat. Paris*, 7, 16.
- Boyauzan, A., & Irzi, Z. (2016).** Impact of Human Interventions on the Morphological Evolution of the Offshore bars System of Coastal Nador Barrier Island. *Journal of Water Science & Environment Technologies*, 1(1).
- Bradshaw, C. J., Leroy, B., Bellard, C., Roiz, D., Albert, C., Fournier, A., ... & Courchamp, F. (2016).** Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects. *Nature communications*, 7(1), 1-8.
- Breton, F., Cheylan, M., Lonsdale, M., Maillet, J., Pascal, M., & Vernon, P. (1997).** Les invasions biologiques. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 32(32), 11-28.
- Bruno, J. F., Boyer, K. E., Duffy, J. E., Lee, S. C., & Kertesz, J. S. (2005).** Effects of macroalgal species identity and richness on primary production in benthic marine communities. *Ecology letters*, 8(11), 1165-1174.
- Brusle, J., & Cambrony, M. (1992).** Mediterranean lagoons: favorable nurseries and or dangerous traps for juvenile euryhaline fish? Critical analysis of the growth of grey mullet populations (1. year of life) from several brackish water lagoons in the Languedoc-Roussillon [*Liza aurata*, *Mugilcephalus*, *Liza saliens*, *Chelon labrosus*]. *Vie et Milieu (France)*.
- Bull, L. (2007).** *A review of methodologies for mitigating incidental catch of seabirds in New Zealand fisheries* (p. 57). Science & Technical Pub., Department of Conservation.
- Bundy, A., Chuenpagdee, R., Jentoft, S., & Mahon, R. (2008).** If science is not the answer, what is? An alternative governance model for the world's fisheries. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(3), 152-155.
- Cadman, L. R., & Weinstein, M. P. (1985).** Size-weight relationships of postecdysial juvenile blue crabs (*C.sapidus* Rathbun) from the lower Chesapeake Bay. *Journal of Crustacean Biology*, 5(2), 306-310.
- Calderer, A., & Castelló, F. (1995).** Cambios en la frecuencia de ventilación en la dorada (*Sparus aurata* L.) como respuesta a una hypoxia progresiva. In *Actas del V Congreso Nacional de Acuicultura. Publ. Univ. Barcelona. Spain* (pp. 812-817).

- Çalık, S., & Erdoğan Sağlam, N. (2017).** Length-weight relationships of demersal fish species caught by bottom trawl from Eastern Black Sea (Turkey). *Cahiers de Biologie Marine*, 58(4), 485-490.
- Campana, S. E., Frank, K. T., Hurley, P. C., Koeller, P. A., Page, F. H., & Smith, P. C. (1989).** Survival and abundance of young Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) as indicators of year-class strength. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46(S1), s171-s182.
- Campbell, L. M., & Cornwell, M. L. (2008).** Human dimensions of bycatch reduction technology: current assumptions and directions for future research. *Endangered Species Research*, 5(2-3), 325-334.
- Camphuysen, C. J., Schouten, S., & Gronert, A. (2010).** Mystery spill of Polyisobutylene (C4H8) n off the Dutch coast affecting seabirds in March 2010. *Seabird*, 23, 143-145.
- Cargo, D. G., & Rabenold, G. E. (1980).** Observations on the asexual reproductive activities of the sessile stages of the sea nettle *Chrysaora quinquecirrha* (Scyphozoa). *Estuaries*, 3(1), 20-27.
- Cariton, J. T., & Geller, J. B. (1993).** Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms. *Science*, 261(5117), 78-82.
- Carlier, M. (1971).** *Discussion de la Question III. L'hydraulique agricole dans le cadre d'un aménagement intégré. Journées de l'hydraulique*, 11(1), 1-14.
- Carruesco, C. (1989).** *Genèse et évolution de trois lagunes du littoral atlantique depuis l'Holocène: Oualidia, Moulay Bou Salham (Maroc) et Arcachon (France)* (Doctoral dissertation, Bordeaux 1).
- Castaigns, J. (2012).** *Étude du fonctionnement hydrosédimentaire d'un écosystème lagunaire sur des échelles de temps multiples: application au complexe «étangs palavasiens-étang de l'Or-canal du Rhône à Sète* (Doctoral dissertation, Montpellier 2).
- Castejón, D., & Guerao, G. (2013).** A new record of the American blue crab, *C. sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda: Brachyura: Portunidae), from the Mediterranean coast of the Iberian Peninsula. *BioInvasions Records*, 2(2), 141-143.
- Cataudella, S., Crosetti, D., & Massa, F. (2015).** Mediterranean coastal lagoons: sustainable management and interactions among aquaculture, capture fisheries and the environment. *General Fisheries Commission for the Mediterranean. Studies and Reviews*, (95), I.
- Cataudella, S., Crosetti, D., & Massa, F. (2015).** Mediterranean coastal lagoons: sustainable management and interactions among aquaculture, capture fisheries and the environment. *General Fisheries Commission for the Mediterranean. Studies and Reviews*, (95), I.
- Chan, F. T., & Briski, E. (2017).** An overview of recent research in marine biological invasions. *Marine Biology*, 164(6), 1-10.
- Chaoui, L., Kara, M. H., Faure, É., & Quignard, J. P. (2006).** L'ichtyofaune de la lagune du Mellah (Algérie Nord-Est): diversité, production et analyse des captures commerciales. *Cybium*, 30(2), 123-132.
- Chaouni, B., Idrissi Azami, A., Essayeh, S., Arrafiqui, E. H., Bailal, A., Raoui, S., ... & Ghazal, H. (2022).** Moroccan Lagoon Microbiomes. *Water*, 14(11), 1715.
- Chapman, J. W., Miller, T. W., & Coan, E. V. (2003).** Live seafood species as recipes for invasion. *Conservation Biology*, 17(5), 1386-1395.

- Chartosia, N., Anastasiadis, D., Bazairi, H., Crocetta, F., Deidun, A., Despalatovic, M., ... & Yapici, S. (2018).** New mediterranean biodiversity records (July 2018).
- Chauvet, C. (1988).** *Manuel sur l'aménagement des pêches dans les lagunes côtières: la bordigue méditerranéenne* (No. 290). Food & Agriculture Org.
- Cheggour, M., Chafik, A., Langston, W. J., Burt, G. R., Benbrahim, S., & Texier, H. (2001).** Metals in sediments and the edible cockle *Cerastoderma edule* from two Moroccan Atlantic lagoons: Moulay Bou Selham and Sidi Moussa. *Environmental Pollution*, 115(2), 149-160.
- Cherif, S., Frikha, F., Gargouri, Y., & Miled, N. (2008).** Fatty acid composition of green crab (*Carcinus mediterraneus*) from the Tunisian mediterranean coasts. *Food Chemistry*, 111(4), 930-933.
- Churchill, E. P. (1919).** *Life history of the blue crab* (Vol. 870). US Government Printing Office.
- Cilenti, L., Paziienza, G., Scirocco, T., Fabbrocini, A., & D'Adamo, R. (2015).** First record of ovigerous *C. sapidus* (Rathbun, 1896) in the Gargano Lagoons (south-west Adriatic Sea). *BioInvasions Record*, 4(4).
- Clark, W. G., Hare, S. R., Parma, A. M., Sullivan, P. J., & Trumble, R. J. (1999).** Decadal changes in growth and recruitment of Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56(2), 242-252.
- Clement, M., Posada, D. C. K. A., & Crandall, K. A. (2000).** TCS: a computer program to estimate gene genealogies. *Molecular ecology*, 9(10), 1657-1659.
- Costa, M. J., Santos, C. I., & Cabral, H. N. (2002).** Comparative analysis of a temperate and a tropical seagrass bed fish assemblages in two estuarine systems: The Mira estuary (Portugal) and the Mussulo lagoon (Angola). *Cahiers de Biologie Marine*, 43(1), 73-82.
- Costanza, R., Cumberland, J. H., Daly, H., Goodland, R., & Norgaard, R. B. (1997).** *An introduction to ecological economics*. CRC Press.
- Costanza, R., Cumberland, J. H., Daly, H., Goodland, R., & Norgaard, R. B. (1997).** *An introduction to ecological economics*. CRC Press.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Van Den Belt, M. (1997).** The value of the world's ecosystem services and natural capital. *nature*, 387(6630), 253-260.
- Cromwell, J. E. (1971).** Barrier coast distribution: a world-wide survey. In *Abstracts, Second Coastal and Shallow Water Research Conference, US Office of Naval Research Geography Program, University Press, University of Southern California, Los Angeles, California*.
- Cuesta, J. A., Drake, P., & Arias, A. M. (2015).** First record of the blue crab *Callinectes exasperatus* (Decapoda, Brachyura, Portunidae) for European waters. *Marine Biodiversity Records*, 8.
- Dakki, M., Fekhaoui, M., El Fellah, B., Belguenani, H., & Benhoussa, A. (2003).** Diagnosis for the development of wetlands in northeastern Morocco: Sebkhha Bou Areg (lagoon of Nador). *MedWetCoast, Final Report*.
- Dankel, D. J., Skagen, D. W., & Ulltang, Ø. (2008).** Fisheries management in practice: review of 13 commercially important fish stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 18(2), 201-233.

- Davis Jr, R. A., & FitzGerald, D. M. (2009).** *Beaches and coasts*. John Wiley & Sons.
- de Buen, O., & Fage, L. (1908).** *Un nouveau gobiidé méditerranéen du genre Aphyia (Aphyia Ferreri n. sp.)*. A. Schulz.
- De Innocentiis, S., Sola, L., Cataudella, S., & Bentzen, P. (2001).** Allozyme and microsatellite loci provide discordant estimates of population differentiation in the endangered dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) within the Mediterranean Sea. *Molecular Ecology*, 10(9), 2163-2175.
- Deudero, S., & Alomar, C. (2015).** Mediterranean marine biodiversity under threat: reviewing influence of marine litter on species. *Marine pollution bulletin*, 98(1-2), 58-68.
- Dia, B. O., & Schatzman, M. (1996).** Commutateurs de certains semi-groupes holomorphes et applications aux directions alternées. *ESAIM: Mathematical Modelling and Numerical Analysis*, 30(3), 343-383.
- Diagne, C., Leroy, B., Gozlan, R. E., Vaissière, A. C., Assailly, C., Nuninger, L., ... & Courchamp, F. (2020).** InvaCost, a public database of the economic costs of biological invasions worldwide. *Scientific data*, 7(1), 1-12.
- Dias, V., Oliveira, F., Boavida, J., Serrão, E. A., Gonçalves, J. M., & Coelho, M. A. (2020).** High coral bycatch in bottom-set gillnet coastal fisheries reveals rich coral habitats in southern Portugal. *Frontiers in Marine Science*, 7, 603438.
- Drammeh, O. K. (2000).** Illegal, unreported and unregulated fishing in small-scale marine and inland capture fisheries.
- Dulčić, J., & Kraljević, M. (1996).** Weight-length relationships for 40 fish species in the eastern Adriatic (Croatian waters). *Fisheries research*, 28(3), 243-251.
- Ecoutin, J. M., Albaret, J. J., & Trape, S. (2005).** Length-weight relationships for fish populations of a relatively undisturbed tropical estuary: The Gambia. *Fisheries Research*, 72(2-3), 347-351.
- El Agbani, M. A., Bayed, A., Dakki, M., & Qninba, A. (2002, April).** Découverte d'une colonie reproductrice de Spatule blanche *Platalea leucorodia* dans le Nord-Ouest du Maroc. In *Wetland management for Spoonbills and associated waterbirds. Report of the 68th EUROSITE Workshop* (pp. 19-22).
- El Tawil, M., El Kabir, N., Ortiz-de-Urbina-Gutiérrez, J. M., Valeiras, J., & Abad, E. (2004).** Analysis of sex-ratio by length-class for bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) caught from the Lybian trap fishery.
- Elliott, M., & Dewailly, F. (1995).** The structure and components of European estuarine fish assemblages. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 29(3), 397-417.
- FAO. (1981).** Ch : 1980 Marine fisheries in the new era of national jurisdiction *the state of food and agriculture 1981*(No. 14). *World Review Rural Poverty in Developing Countries and Means of Poverty Alleviation*. Food & Agriculture Org
- FAO. (2002).** *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2002*. Food & Agriculture Org.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., Vrijenhoek, R. (1994).** DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome oxidase sub unit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* 3: 294-299.
- Food and agriculture organization. (2001).** International plan of action to prevent, deter and eliminate illegal, unreported and unregulated fishing (2001).

- Fuentes, M. A., Torrent, L., Barrera, S., & Boix, D. (2019).** Rapid invasion of the American blue crab *C.sapidus* Rathbun, 1896 in the North-East of the Iberian Peninsula. *BioInvasions Record*, 8(1).
- Galanidi, M., Zenetos, A., & Bacher, S. (2018).** Assessing the socio-economic impacts of priority marine invasive fishes in the Mediterranean with the newly proposed SEICAT methodology. *Mediterranean Marine Science*, 19, 107.
- García, Y. L. D., & Capote, A. J. (2015).** List of marine crabs (Decapoda: Anomura and Brachyura) of shallow littoral of Santiago de Cuba, Cuba. *Check List*, 11(2), 1601-1601.
- Gibson, R. N. (1994).** Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. *Netherlands Journal of Sea Research*, 32(2), 191-206.
- Gilman, E., Gearhart, J., Price, B., Eckert, S., Milliken, H., Wang, J., ... & Ishizaki, A. (2010).** Mitigating sea turtle by-catch in coastal passive net fisheries. *Fish and Fisheries*, 11(1), 57-88.
- Giordani Soika, A. (1951).** Il *Neptunus pelagicus* (L.) nell'alto Adriatico. *Natura*, 42(1-2), 18-20.
- Golani, D., Orsi-Relini, L., Massuti, E., & Quignard, J. P. (2002).** *CIESM Atlas of exotic species in the Mediterranean: Vol 1: Fishes*. CIESM.
- Gonenc, I. E., & Wolflin, J. P. (2004).** *Coastal lagoons: ecosystem processes and modeling for sustainable use and development*. CRC Press.
- González-Ortegón, E., Berger, S., Encarnação, J., Chairi, H., Morais, P., Teodósio, M. A., Oliva-Paterna, F. J., Schubart, C. D., Cuesta, J. A. (2022).** Free pass through the pillars of Hercules? Genetic and historical insights into the recent expansion of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* to the West and the East of the Strait of Gibraltar. *Frontiers in Marine Science*, 9: 918026.
- Goodman, J., Dunn, N. R., Ravenscroft, P. J., Allibone, R. M., Boubée, J., David, B. O., ... & Rolfe, J. R. (2014).** *Conservation status of New Zealand freshwater fish, 2013*. Publishing Team, Department of Conservation.
- Goren, M., & Galil, B. S. (2001).** Fish biodiversity in the vermetid reef of Shiqmona (Israel). *Marine Ecology*, 22(4), 369-378.
- Goucha, M., & Ktari, M. H. (1981).** Présence de *Solea senegalensis* Kaup, 1858 sur les côtes du Nord de la Tunisie. *Rapport, Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée*, 27(5), 131-133.
- Green-Ruiz, C., & Páez-Osuna, F. (2001).** Heavy metal anomalies in lagoon sediments related to intensive agriculture in Altata-Ensenada del Pabellón coastal system (SE Gulf of California). *Environment International*, 26(4), 265-273.
- Guelorget, O., Frisoni, G. F., & Perthuisot, J. P. (1983).** La zonation biologique des milieux lagunaires: définition d'une échelle de confinement dans le domaine paralytique méditerranéen. *Journal de recherche océanographique*, (1).
- Guelorget, O., Perthuisot, J. P., Frisoni, G. F., & Monti, D. (1987).** Le rôle du confinement dans l'organisation biogéologique de la lagune de Nador (Maroc). *Oceanologica acta*, 10(4), 435-444.
- Guillemin, M., & HOUZAY, J. P. (1982).** Etudes géologiques sur la Chaîne du Rif. III: Le Néogène post-nappes et le Quaternaire du Rif nord-oriental. Stratigraphie et tectonique des bassins de Mellila, du Kert, de Boudinar et du piedmont des Kebbana. *Notes du service géologique du Maroc*, (314), 7-238.

- Guiral, D. (1992).** L'INSTABILITE PHYSIQUE, FACTEUR D'ORGANISATION ET DE STRUCTURATION D'UN ÉCOSYSTÈME TROPICAL SAU-MÂTRE PEU PROFOND: LA LAGUNE EBRIÉ. *Vie et Milieu/Life & Environment*, 73-92.
- Guiral, D. (1992).** L'INSTABILITE PHYSIQUE, FACTEUR D'ORGANISATION ET DE STRUCTURATION D'UN ÉCOSYSTÈME TROPICAL SAU-MÂTRE PEU PROFOND: LA LAGUNE EBRIÉ. *Vie et Milieu/Life & Environment*, 73-92.
- Hall, M. A., Alverson, D. L., & Metuzals, K. I. (2000).** Bycatch: problems and solutions. *Marine pollution bulletin*, 41(1-6), 204-219.
- Hammada, S. (2007).** Etudes sur la végétation des zones humides du Maroc: Catalogue et analyse de la biodiversité floristique et identification es principaux groupement végétaux.
- Harding, S., & Hintikka, M. B. (Eds.). (2003).** *Discovering reality: Feminist perspectives on epistemology, metaphysics, methodology, and philosophy of science* (Vol. 161). Springer Science & Business Media.
- Hayes, M. O. (1975).** Morphology of sand accumulation in estuaries: an introduction to the symposium. In *Geology and engineering* (pp. 3-22). Academic Press.
- Herve, P., & Brusle, J. (1980).** The Lagoon of Salses-Leucate. General Ecology and Ichtyofauna. *Vie et milieu. Paris*, 30(3), 275-283.
- Hilmi, K., Orbi, A., Lakhdar, J. I., & Sarf, F. (2005).** Etude courantologique de la lagune de Oualidia (Maroc) en automne. *Bull. Inst. Sci*, 26-27.
- Hines, A. H., Johnson, E. G., Young, A. C., Aguilar, R., Kramer, M. A., Goodison, M., ... & Zohar, Y. (2008).** Release strategies for estuarine species with complex migratory life cycles: stock enhancement of Chesapeake blue crabs (*C.sapidus*). *Reviews in Fisheries Science*, 16(1-3), 175-185.
- Hines, A. H., Lipcius, R. N., & Haddon, A. M. (1987).** Population dynamics and habitat partitioning by size, sex, and molt stage of blue crabs *C.sapidus* in a subestuary of central Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 36(1), 55-64.
- Holmlund, C. M., & Hammer, M. (1999).** Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological economics*, 29(2), 253-268.
- Holthuis, L. B. (1980).** *FAO species catalogue. Volume 1-Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries* (No. 125).
- Holthuis, L. B., & Gottlieb, L. (1955).** The occurrence of the American blue crab, *C.sapidus* Rathbun. *Israel waters. Bull. Res. Counc. of Israel B*, 5, 154-156.
- Hourigan, T. F. (2009).** Managing fishery impacts on deep-water coral ecosystems of the USA: emerging best practices. *Marine Ecology Progress Series*, 397, 333-340.
- Houssa, R. (2002).** Elaboration d'une carte de bathymétrie de la méditerranée marocaine et de la lagune de Nador, INRH, COPEMED, FOA, 25pp.
- Idrissi, I. M., Zahri, Y., Houssa, R., Abdelaoui, B., & El Ouamari, N. (2003).** Pêche artisanale dans la lagune de Nador, Maroc: exploitation et aspects socio-économiques. *Artisanal fishery communities in the Mediterranean: two Case studies. COPEMED, FAO. 112pp*, 62-104.
- INRH, (2019).** Rapport d'activité du Département de la Pêche Maritime. Royaume Du Maroc Ministère de l'Agriculture, de la Pêche Maritime, du Développement Rural et des Eaux et Forêts. *Département de la Pêche Maritime*.

- Irzi, Z. (2002).** Les Environnements du Littoral méditerranéen du Maroc compris entre l'oued Kiss et le Cap des trois Fourches dynamique sédimentaire et évolution et écologie des foraminifères benthiques de la lagune de Nador.
- Irzi, Z. (2002).** Les Environnements du Littoral méditerranéen du Maroc compris entre l'oued Kiss et le Cap des trois Fourches dynamique sédimentaire et évolution et écologie des foraminifères benthiques de la lagune de Nador.
- Ismen, A. (2003).** Age, growth, reproduction and food of common stingray (*Dasyatis pastinaca* L., 1758) in Iskenderun Bay, the eastern Mediterranean. *Fisheries Research*, 60(1), 169-176.
- Issola, Y., Kouassi, A. M., Dongui, B. K., Adingra, A. A., & Biemi, J. (2009).** Heavy metal concentration in sediments of a tropical coastal lagoon: lagoon of Fresco (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 18, 1009-1018.
- Jaafour, S., Yahyaoui, A., Sadak, A., Bacha, M., & Amara, R. (2015).** FISH ASSEMBLAGES OF A SHALLOW MEDITERRANEAN LAGOON (NADOR, MOROCCO): AN ANALYSIS BASED ON SPECIES AND FUNCTIONAL GUILDS. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 45(2).
- Jackson, S. L. (2015).** *Research methods and statistics: A critical thinking approach*. Cengage Learning.
- JICA. (1993).** *Report of Demersal Fisheries Resource Survey in the Republic of Turkey*. JICA, AFF, JR (63), Ankara, pp. 579.
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Meeting, & World Health Organization. (2014).** *Safety evaluation of certain food additives and contaminants* (Vol. 68). World Health Organization.
- Jones, E. S., Mahoney, N. L., Hayward, M. D., Armstead, I. P., Jones, J. G., Humphreys, M. O., ... & Forster, J. W. (2002).** An enhanced molecular marker based genetic map of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) reveals comparative relationships with other Poaceae genomes. *Genome*, 45(2), 282-295.
- Kada, M., & McKinley, L. (2009).** 3D building reconstruction from LiDAR based on a cell decomposition approach. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(Part 3), W4.
- Kaiser, M. J., & De Groot, S. J. (2000).** The effects of fishing on non-target species and habitats: biological, conservation and socio-economic issues.
- Kamcha, R. E., Bououarour, O., Boutoumit, S., & Bazairi, H. (2020).** Occurrence of the invasive *Caprella scaura* Templeton, 1836 (Amphipoda: Caprellidae) in the Marchica coastal lagoon (Alboran Sea, Morocco). *BioInvasions Record*, 9(4).
- Kamcha, R. E., Bououarour, O., Boutoumit, S., & Bazairi, H. (2020).** Occurrence of the invasive *Caprella scaura* Templeton, 1836 (Amphipoda: Caprellidae) in the Marchica coastal lagoon (Alboran Sea, Morocco). *BioInvasions Record*, 9(4).
- Kara, M. H., & Chaoui, L. (2021).** Strong invasion of Mellah lagoon (South-Western Mediterranean) by the American blue crab *C. sapidus* Rathbun, 1896. *Marine Pollution Bulletin*, 164, 112089.
- Kara, M. H., & Quignard, J. P. (2018).** *Les poissons des lagunes et des estuaires de Méditerranée 2: Les poissons sédentaires*. ISTE Group.

- Karachle, P. K., & Stergiou, K. I. (2012).** *Morphometrics and allometry in fishes* (pp. 65-86). In Tech. Available from: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/morphometrics-and-allometry-in-fishes>.
- Karim, B. M. (2005).** *Etude géochimique de la lagune de Nador (Maroc oriental): Impacts des facteurs anthropiques* (Doctoral dissertation, Université Mohamed V-Agdal).
- Katsanevakis, S., Poursanidis, D., Hoffmann, R., Rizgalla, J., Rothman, S. B. S., Levitt-Barmats, Y. A., & Espinosa Torre, F. (2020).** Unpublished Mediterranean records of marine alien and cryptogenic species. *BioInvasions Records*, 9 (2), 165-182.
- Kelleher, K. (2005).** *Discards in the world's marine fisheries: an update* (Vol. 470). Food & Agriculture Org..
- Kevrekidis, K., Antoniadou, C., Avramoglou, K., Efstathiadis, J., & Chintiroglou, C. (2013, October).** Population structure of the blue crab *C.sapidus* in Thermaikos Gulf (Methoni Bay). In *Proceedings of the 15th Pan-Hellenic Congress of Ichthyologists, Thessaloniki, Greece* (pp. 113-6).
- Kjerfve, B. (1994).** Coastal lagoons. In *Elsevier oceanography series* (Vol. 60, pp. 1-8). Elsevier.
- Kneib, R. T. (1991).** Indirect effects in experimental studies of marine soft-sediment communities. *American Zoologist*, 31(6), 874-885.
- Knoppers, B. (1994).** Aquatic primary production in coastal lagoons. In *Elsevier oceanography series* (Vol. 60, pp. 243-286). Elsevier.
- Kraïem, M. M., Ben Hamza, C., Ramdani, M., Fathi, A. A., Abdelzaher, H. M. A., & Flower, R. J. (2001).** Some observations on the age and growth of thin-lipped grey mullet, *Liza ramada* Risso, 1826 (Pisces, Mugilidae) in three North African wetland lakes: Merja Zerga (Morocco), Garâat Ichkeul (Tunisia) and Edku Lake (Egypt). *Aquatic Ecology*, 35(3), 335-345.
- Kühn, S., Bravo Rebolledo, E. L., & Franeker, J. A. V. (2015).** Deleterious effects of litter on marine life. *Marine anthropogenic litter*, 75-116.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., Tamura, K. (2018).** MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35: 1547-1549.
- Lakhdar-Idrissi, J., Orbi, A., Zidane, F., Hilmi, K., Sarf, F., Massik, Z., & Makaoui, A. (2004).** Organisation et fonctionnement d'un écosystème côtier du Maroc: la lagune de Khnifiss. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 17(4), 447-462.
- Le Cren, E. D. (1951).** The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *The Journal of Animal Ecology*, 201-219.
- Le Gallic, B., & Cox, A. (2006).** An economic analysis of illegal, unreported and unregulated (IUU) fishing: Key drivers and possible solutions. *Marine Policy*, 30(6), 689-695.
- Le Pape, O., Gilliers, C., Riou, P., Morin, J., Amara, R., & Désaunay, Y. (2007).** Convergent signs of degradation in both the capacity and the quality of an essential fish habitat: state of the Seine estuary (France) flatfish nurseries. *Hydrobiologia*, 588(1), 225-229.
- Lefrere, L., Ouassas, M., Guillois, B., Gillet, P., & Moukrim, A. (2015).** Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments in the Khnifiss lagoon, South of Morocco. *Journal of Material and Environmental Science*, 6, 2226-2236.

- Loebmann, D., & Vieira, J. P. (2006).** O impacto da pesca do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Perez-Farfante)(Decapoda, Penaeidae) nas assembléias de peixes e siris do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23, 1016-1028.
- Lopes, R., & Videira, N. (2013).** Valuing marine and coastal ecosystem services: an integrated participatory framework. *Ocean & Coastal Management*, 84, 153-162.
- Loup, J. (1966).** Embouchures, estuaires, lagunes et deltas. *Revue de Géographie Alpine*, 54(2), 363-363.
- Ludovic, C. E. S. M. A. T. (2006).** *SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC* (Doctoral dissertation, Université de Montpellier II).
- Maanan, M., Landesman, C., Maanan, M., Zourarah, B., Fattal, P., & Sahabi, M. (2013).** Evaluation of the anthropogenic influx of metal and metalloid contaminants into the Moulay Bouselham lagoon, Morocco, using chemometric methods coupled to geographical information systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(7), 4729-4741.
- Mallard, F. (2014). *Développement d'une méthode d'évaluation quantitative des effets des projets d'infrastructure de transport terrestre sur les milieux naturels* (Doctoral dissertation, Ecole Centrale de Nantes (ECN)).
- Malouli Idrissi, M., Zahri, Y., Houssa, R., Abdelaoui, B., & El Ouamari, N. (2001).** Pêche artisanale dans la lagune de Nador, Maroc: exploitation et aspects socio-économiques. *Institut National de Recherche Halieutique e Centre Régional de Nador, Maroc, Nador*, 45.
- Malouli, I. (1999).** Situation actuelle de la pêche artisanale en Méditerranée Marocaine. *INRH, Centre Régional de Nador*.
- Malouli, I. M., Zahri, Y., Houssa, R., Abdelaoui, B., & El Ouamari, N. (2002).** Pêche artisanale dans la lagune de Nador: Exploitation et aspects socio-économiques. *Retrieved from http://webco.faocopemed.org/old_copemed/vldocs/000,762*.
- Malouli Idrissi, M. (2004).** Etude de l'environnement socio-économique de la zone côtière du Parc National d'Al Hoceima. *CAR/ASP*.
- Mancinelli, G., Bardelli, R., & Zenetos, A. (2021).** A global occurrence database of the Atlantic blue crab *C.sapidus*. *Scientific Data*, 8(1), 1-10.
- Mancinelli, G., Carrozzo, L., Costantini, M. L., Rossi, L., Marini, G., & Pinna, M. (2013).** Occurrence of the Atlantic blue crab *C.sapidus* Rathbun, 1896 in two Mediterranean coastal habitats: Temporary visitor or permanent resident?. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 135, 46-56.
- Mancinelli, G., Carrozzo, L., Marini, G., Pagliara, P., & Pinna, M. (2013).** The co-occurrence of *C.sapidus* Rathbun, 1896 (Brachyura: Portunidae) and the parasitic dinoflagellate *Hematodinium* sp.(Dinoflagellata: Syndinidae) in two transitional water ecosystems of the Apulia coastline (South-Italy). *Transitional Waters Bulletin*, 7(1), 32-42.
- Mannino, A. M., Balistreri, P., & Deidun, A. (2017).** The marine biodiversity of the Mediterranean Sea in a changing climate: the impact of biological invasions. *Mediterranean identities-environment, society, culture*, 101-127.

- Marshall, E., & Brossier, J. (1981).** Le raisonnement économique des décisions de l'agriculteur. *Trente mots-clés relatifs à l'analyse économique de l'exploitation agricole et à la gestion.*
- Martin, L., & Dominguez, J. M. L. (1994).** Geological history of coastal lagoons. In *Elsevier Oceanography Series* (Vol. 60, pp. 41-68). Elsevier.
- Matarrese, A., D'onghia, G., Tursi, A., & Basanisi, M. (1996).** New information on the Ichthyofauna of the south-eastern Italian coasts (Ionian Sea). *Cybium (Paris)*, 20(2), 197-211.
- Matoir, M., Belabed, A., Najih, M., Kada, O., & Rezzoume, N. (2015).** Surrounding influence on the Ecological state of the lagoon of Marchica. *J. Mater. Environ. Sci*, 1260-1265.
- McClanahan, T. R., Graham, N. A., MacNeil, M. A., Muthiga, N. A., Cinner, J. E., Bruggemann, J. H., & Wilson, S. K. (2011).** Critical thresholds and tangible targets for ecosystem-based management of coral reef fisheries. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(41), 17230-17233.
- Menioui, M. (1998).** Étude Nationale sur la biodiversité. Faune marine. projet GEF/6105-92 PNU/Ministère de l'Environnement Maroc.
- Mercader, J., Abtosway, M., Baquedano, E., Bird, R. W., Díez- Martín, F., Domínguez-Rodrigo, M., ... & Walde, D. (2017).** Starch contamination landscapes in field archaeology: Olduvai Gorge, Tanzania. *Boreas*, 46(4), 918-934.
- Millikin, M. R. (1984).** *Synopsis of biological data on the blue crab, C.sapidus Rathbun* (No. 138). National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service.
- Mohanty, S. N., Ramya, K. C., Rani, S. S., Gupta, D., Shankar, K., Lakshmanaprabu, S. K., & Khanna, A. (2020).** An efficient Lightweight integrated Blockchain (ELIB) model for IoT security and privacy. *Future Generation Computer Systems*, 102, 1027-1037.
- Mohit, B. (2014).** Named entity recognition. In *Natural language processing of semitic languages* (pp. 221-245). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Molnar, J. L., Gamboa, R. L., Revenga, C., & Spalding, M. D. (2008).** Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(9), 485-492.
- Morel, J. L. (1989).** Etats de contrainte et cinématique de la chaîne rifaine (Maroc) du Tortonien à l'actuel. *Geodinamica acta*, 3(4), 283-294.
- Moutopoulos, D. K., & Stergiou, K. I. (2002).** Length–weight and length–length relationships of fish species from the Aegean Sea (Greece). *Journal of Applied Ichthyology*, 18(3), 200-203.
- Moutopoulos, D. K., & Stergiou, K. I. (2002).** Length–weight and length–length relationships of fish species from the Aegean Sea (Greece). *Journal of Applied Ichthyology*, 18(3), 200-203.
- Najih, M., Berday, N., Lamrini, A., & Nachite, D. (2015).** Et Zahri, Y. Situation of small-scale fisheries after the opening of the new channel in the lagoon of Nador. *Rev. Mr. Sci. Agron. Vet*, 3, 19-30.
- Narayan, D., Chambers, R., Shah, M. K., & Petesch, P. (2000).** *Voices of the Poor: Crying out for Change*. New York: Oxford University Press for the World Bank.

- Naylor, R. L., Williams, S. L., & Strong, D. R. (2001).** Aquaculture--A gateway for exotic species. *Science*, 294(5547), 1655-1656.
- Nehring, I., Schmoll, S., Beyerlein, A., Hauner, H., & von Kries, R. (2011).** Gestational weight gain and long-term postpartum weight retention: a meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 94(5), 1225-1231.
- Nehring, S. (2011).** Invasion history and success of the American blue crab *C.sapidus* in European and adjacent waters. In *In the wrong place-alien marine crustaceans: distribution, biology and impacts* (pp. 607-624). Springer, Dordrecht.
- Nehring, S. (2011).** Invasion history and success of the American blue crab *C.sapidus* in European and adjacent waters. In *In the wrong place-alien marine crustaceans: distribution, biology and impacts* (pp. 607-624). Springer, Dordrecht.
- Nehring, S. (2012).** Invasive Alien Species Fact Sheet--*C.sapidus*.
- Nelson, J. S. (2006).** Fishes of the world. John Wiley and Sons. Inc., Hoboken, New Jersey.
- Newton, A., Icely, J., Cristina, S., Brito, A., Cardoso, A. C., Colijn, F., ... & Zaldívar, J. M. (2014).** An overview of ecological status, vulnerability and future perspectives of European large shallow, semi-enclosed coastal systems, lagoons and transitional waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 140, 95-122.
- Nicholas, T. (1981).** Tensile testing of materials at high rates of strain. *Experimental mechanics*, 21(5), 177-185.
- Nichols, M., & Allen, G. (1981).** Sedimentary processes in coastal lagoons. *UNESCO Technical Papers in Marine Science (UNESCO)*.
- Nichols, M., & Allen, G. (1981).** Sedimentary processes in coastal lagoons. *UNESCO Technical Papers in Marine Science (UNESCO)*.
- Nixon, S. W. (1982).** Nutrient dynamics, primary production and fisheries yields of lagoons. *Oceanologica Acta*, Special Issue.
- Norström, A. V., Nyström, M., Lokrantz, J., & Folke, C. (2009).** Alternative states on coral reefs: beyond coral-macroalgal phase shifts. *Marine ecology progress series*, 376, 295-306.
- Novacek, M. J. (2008).** Engaging the public in biodiversity issues. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(supplement_1), 11571-11578.
- Ogden, N. H., Wilson, J. R., Richardson, D. M., Hui, C., Davies, S. J., Kumschick, S., ... & Pulliam, J. R. (2019).** Emerging infectious diseases and biological invasions: a call for a One Health collaboration in science and management. *Royal Society Open Science*, 6(3), 181577.
- Ojaveer, H., Galil, B. S., Campbell, M. L., Carlton, J. T., Canning-Clode, J., Cook, E. J., ... & Ruiz, G. (2015).** Classification of non-indigenous species based on their impacts: considerations for application in marine management. *PLoS biology*, 13(4), e1002130.
- Olenin, S., Elliott, M., Bysveen, I., Culverhouse, P. F., Daunys, D., Dubelaar, G. B., ... & Vandekerkhove, J. (2011).** Recommendations on methods for the detection and control of biological pollution in marine coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2598-2604.
- Oujidi, B., El Bouch, M., Tahri, M., Layachi, M., Boutoumit, S., Bouchnan, R., ... & Snoussi, M. (2021).** Seasonal and spatial patterns of ecotoxicological indices of trace

- elements in superficial sediments of the Marchica lagoon following restoration actions during the last decade. *Diversity*, 13(2), 51.
- Oussellam, M., Selfati, M., EL Ouamari, N., & Bazairi, H. (2021).** Using the new SEICAT methodology to study the socio-economic impacts of the American blue crab *Callinectes sapidus* from Marchica lagoon, Morocco. *AACL Bioflux*, 14(6), 3231-3241.
- Öztürk, R. Ç., Terzi, Y., Feyzioğlu, A. M., Şahin, A., Aydın, M. (2020).** Genetic Characterization of the Invasive Blue Crab, *Callinectes sapidus* (Rathbun 1896), in the Black Sea. *Regional studies in Marine Science* 39: 101412.
- Padilla, D. K., & Williams, S. L. (2004).** Beyond ballast water: aquarium and ornamental trades as sources of invasive species in aquatic ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(3), 131-138.
- Pampoulie, C. (1999).** *Conséquences d'une arrivée massive d'eau douce sur la communauté de gobies (Téléostéens, Poissons) d'une lagune méditerranéenne: l'exemple de l'étang du Vaccarès (Camargue, France)* (Doctoral dissertation, Montpellier 2).
- Pashkov, A. N., Reshetnikov, S. I., & Bondarev, K. B. (2012).** The capture of the blue crab (*C.sapidus*, decapoda, crustacea) in the Russian sector of the Black Sea. *Russian Journal of Biological Invasions*, 3(1), 22-28.
- Pauly, D. (1993).** Fishbyte section. *Editorial. Naga. ICLARM Quart*, 16(26), 26.
- Peja, N., Vaso, A., Miho, A., Rakaj, N., & Crivelli, A. J. (1996).** Characteristics of Albanian lagoons and their fisheries. *Fisheries research*, 27(4), 215-225.
- Pérez-Ruzafa, A., Marcos, C., & Pérez-Ruzafa, I. M. (2011).** Mediterranean coastal lagoons in an ecosystem and aquatic resources management context. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36(5-6), 160-166.
- Pérez-Ruzafa, A., Mompeán, M. C., & Marcos, C. (2007).** Hydrographic, geomorphologic and fish assemblage relationships in coastal lagoons. In *Lagoons and Coastal Wetlands in the Global Change Context: Impacts and Management Issues* (pp. 107-125). Springer, Dordrecht.
- Pérez-Ruzafa, A., Mompeán, M. C., & Marcos, C. (2007).** Hydrographic, geomorphologic and fish assemblage relationships in coastal lagoons. In *Lagoons and Coastal Wetlands in the Global Change Context: Impacts and Management Issues* (pp. 107-125). Springer, Dordrecht.
- Petrakis, G., & Stergiou, K. I. (1995).** Weight-length relationships for 33 fish species in Greek waters. *Fisheries research*, 21(3-4), 465-469.
- Pham, C. K., Ramirez-Llodra, E., Alt, C. H., Amaro, T., Bergmann, M., Canals, M., ... & Tyler, P. A. (2014).** Marine litter distribution and density in European seas, from the shelves to deep basins. *PloS one*, 9(4), e95839.
- Pinot, J. P. (1998).** L'outil par excellence de l'aménagement intégré du littoral: le SMVM, vœux pieux et réalités. *Analyse et gestion intégrée des zones côtières, Séminaire de l'UMR, 6554*, 33-39.
- Pinot, J. P. (1998).** La gestion du littoral: 1. Littoraux tempérés: côtes rocheuses et sableuses. *Collection Propos*.
- Piria, M., Stroil, B. K., Giannetto, D., Tarkan, A. S., Gavrilović, A., Špelić, I., ... & Zdravski, K. (2021).** An assessment of regulation, education practices and socio-economic perceptions of non-native aquatic species in the Balkans. *Journal of Vertebrate Biology*, 70(4), 21047-1.

- Plagányi, É. E., Bell, J. D., Bustamante, R. H., Dambacher, J. M., Dennis, D. M., Dichmont, C. M., ... & Zhou, S. (2011).** Modelling climate-change effects on Australian and Pacific aquatic ecosystems: a review of analytical tools and management implications. *Marine and Freshwater Research*, 62(9), 1132-1147.
- Plan, H. C. (2014).** Royaume du Maroc. *Recensement Général de la Population et de l'Habitat de*.
- PNUE/PAM-PLAN BLEU. (2009).** État de l'environnement et du développement en Méditerranée. *PNUE/PAM-Plan Bleu, Athènes, Plan d'action pour la méditerranée*, 204 p.
- Pope, J. G., Macdonald, D. S., Daan, N., Reynolds, J. D., & Jennings, S. (2000).** Gauging the impact of fishing mortality on non-target species. *ICES Journal of Marine Science*, 57(3), 689-696.
- Potter, I. C., Beckley, L. E., Whitfield, A. K., & Lenanton, R. C. (1990).** Comparisons between the roles played by estuaries in the life cycles of fishes in temperate Western Australia and Southern Africa. In *Alternative life-history styles of fishes* (pp. 143-178). Springer, Dordrecht.
- Powers, L. W. (1977).** A catalogue and bibliography to the crabs (Brachyura) of the Gulf of Mexico.
- Qninba, A., Benhoussa, A., El Agbani, M. A., Dakki, M., & Thevenot, M. (2006).** Etude phénologique et variabilité interannuelle d'abondance des Charadriidés (Aves, Charadrii) dans un site Ramsar du Maroc: la Merja Zerga. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, 28, 35-47.
- Quignard, J. P., & Raibaut, A. (1993).** Ichthyofauna of the languedocian coast (gulf of Lion) Faunistic and Demographic modification. *Vie et milieu*, 43(4), 191-195.
- Quignard, J. P., Bourquard, C., & Shehata, S. (1986).** Faunistic note concerning Soleinae from the Gulf of Lion (Pisces, Soleidae). *Vie et Milieu/Life & Environment*, 141-143.
- Rang, S. (1828).** *Histoire naturelle des Aplysiens premiere familiar de l'ordre des tectibranches*. de l'Imprimerie de Firmin Didot.
- Razinkovas, A., Dailidienė, I., & Pilkaitytė, R. (2008).** Reduction of the land-based discharges to the Curonian Lagoon in a view of a climate change perspective. In *Sustainable Use and Development of Watersheds* (pp. 403-413). Springer, Dordrecht.
- Razinkovas, A., Gasiūnaitė, Z., Viaroli, P., & Zaldívar, J. M. (2008).** Preface: European lagoons—need for further comparison across spatial and temporal scales. *Hydrobiologia*, 611(1), 1-4.
- Recasens, L., Sánchez, P., & Demestre, M. (2001).** Espèces de megafaune liées aux récifs artificiels dans la mer Catalane.
- Reeves, R. R., Berggren, P., Crespo, E. A., Gales, N., Northridge, S. P., di Sciara, G. N., ... & Van Waerebeek, K. (2005).** Global priorities for reduction of cetacean bycatch. *World Wildlife Fund*.
- Reichmuth, J. M., MacDonald, J., Ramirez, J., & Weis, J. S. (2011).** Fight or flight: an investigation of aggressive behavior and predator avoidance in two populations of blue crabs (*C. sapidus* Rathbun) in New Jersey. *Hydrobiologia*, 658(1), 173-182.
- Reichmuth, J. M., Roudez, R., Glover, T., & Weis, J. S. (2009).** Differences in prey capture behavior in populations of blue crab (*C. sapidus* Rathbun) from contaminated and clean estuaries in New Jersey. *Estuaries and Coasts*, 32(2), 298-308.

- Ribera, M. A., & Boudouresque, C. F. (1995).** Introduced marine plants, with special reference to macroalgae: mechanisms and impact. *Progress in phycological research*, 11, 187-268.
- Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmanek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., & West, C. J. (2000).** Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions*, 6(2), 93-107.
- Ricker, W. E. (1975).** Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 191, 1-382.
- Robeyns, I. (2005).** The capability approach: a theoretical survey. *Journal of human development*, 6(1), 93-117.
- Rogan, E., & Mackey, M. (2007).** Megafauna bycatch in drift nets for albacore tuna (*Thunnus alalunga*) in the NE Atlantic. *Fisheries Research*, 86(1), 6-14.
- Rosas, C., Lazaro-Chavez, E., & Bückle-Ramirez, F. (1994).** Feeding habits and food niche segregation of *C. sapidus*, *C. rathbunae*, and *C. similis* in a subtropical coastal lagoon of the Gulf of Mexico. *Journal of Crustacean Biology*, 14(2), 371-382.
- Ruiz, G. M., Fofonoff, P. W., Carlton, J. T., Wonham, M. J., & Hines, A. H. (2000).** Invasion of coastal marine communities in North America: apparent patterns, processes, and biases. *Annual review of ecology and systematics*, 481-531.
- Ruiz, M., Gaspà, O., Gallart, J., Díaz, J., Pulgar, J. A., García-Sanseguendo, J., ... & González-Cortina, J. M. (2006).** Aftershocks series monitoring of the September 18, 2004 M= 4.6 earthquake at the western Pyrenees: A case of reservoir-triggered seismicity?. *Tectonophysics*, 424(3-4), 223-243.
- Saccà, A. (2016).** Confined coastal lagoons: extraordinary habitats at risk. *Coastal lagoons: geology, characteristics and diversity*. New York: Nova Science, 1-24.
- Salas, S., Chuenpagdee, R., Seijo, J. C., & Charles, A. (2007).** Challenges in the assessment and management of small-scale fisheries in Latin America and the Caribbean. *Fisheries research*, 87(1), 5-16.
- Sall, A., & Morand, P. (2008).** Pêche artisanale et émigration des jeunes africains par voie piroguière. *Politique africaine*, (1), 32-41.
- Sall, A., & Morand, P. (2008).** Pêche artisanale et émigration des jeunes africains par voie piroguière. *Politique africaine*, (1), 32-41.
- Seebens, H., Blackburn, T. M., Dyer, E. E., Genovesi, P., Hulme, P. E., Jeschke, J. M., ... & Essl, F. (2017).** No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature communications*, 8(1), 1-9.
- Selfati, M., El Ouamari, N., Franco, A., Lenfant, P., Lecaillon, G., Mesfioui, A., ... & Bazairi, H. (2019).** Fish assemblages of the Marchica lagoon (Mediterranean, Morocco): Spatial patterns and environmental drivers. *Regional Studies in Marine Science*, 32, 100896.
- Selfati, M., El Ouamari, N., Lenfant, P., Fontcuberta, A., Lecaillon, G., Mesfioui, A., ... & Bazairi, H. (2018).** Promoting restoration of fish communities using artificial habitats in coastal marinas. *Biological Conservation*, 219, 89-95.
- Selfati, M., Ouamari, N. E., Crocetta, F., Mesfioui, A., Boissery, P., & Bazairi, H. (2017).** Closing the circle in the Mediterranean Sea: *Bursatella leachii* Blainville, 1817 (Mollusca: Gastropoda: Anaspidae) has reached Morocco. *BioInvasions Record*, 6(2).

- Sen, A. (1999).** Commodities and capabilities. *OUP Catalogue*.
- Shaiek, M., El Zrelli, R., Crocetta, F., Mansour, L., & Rabaoui, L. (2021).** On the occurrence of three exotic decapods, *C.sapidus* (Portunidae), *Portunus segnis* (Portunidae), and *Trachysalambria palaestinensis* (Penaeidae), in northern Tunisia, with updates on the distribution of the two invasive portunids in the Mediterranean Sea. *BioInvasions Record*, 10(1).
- Sif, J., Rouhi, A., Gillet, P., & Moncef, M. (2012).** Diversité et écologie des Annélides Polychètes du littoral atlantique de la région d'El Jadida (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 34(2), 95-106.
- Simberloff, D., Martin, J. L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D. A., Aronson, J., ... & Vilà, M. (2013).** Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in ecology & evolution*, 28(1), 58-66.
- Squires, H. J. (1990).** Decapod Crustacea of the Atlantic coast of Canada. *Canadian bulletin of fisheries and aquatic sciences*, 221, 1-532.
- Stasolla, G., & Innocenti, G. (2014).** New records of the invasive crabs *C.sapidus* Rathbun, 1896 and *Percnon gibbesi* (H. Milne Edwards, 1853) along the Italian coasts. *BioInvasions Records*, 3(1), 39-43.
- Stefanov, T. (2021).** Recent expansion of the alien invasive blue crab *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) (Decapoda, Crustacea) along the Bulgarian coast of the Black Sea. *Historia naturalis bulgarica* 42: 49–53.
- Stokes, K. L., Broderick, A. C., Canbolat, A. F., Candan, O., Fuller, W. J., Glen, F., ... & Godley, B. J. (2015).** Migratory corridors and foraging hotspots: critical habitats identified for Mediterranean green turtles. *Diversity and Distributions*, 21(6), 665-674.
- Stoner, A. W., Ottmar, M. L., & Haines, S. A. (2010).** Temperature and habitat complexity mediate cannibalism in red king crab: observations on activity, feeding, and prey defense mechanisms. *Journal of Shellfish Research*, 29(4), 1005-1012.
- Streftaris, N., & Zenetos, A. (2006).** Alien marine species in the Mediterranean-the 100 'Worst Invasives' and their impact. *Mediterranean Marine Science*, 7(1), 87-118.
- Sturdivant, S. K., & Clark, K. L. (2011).** An evaluation of the effects of blue crab (*C.sapidus*) behavior on the efficacy of crab pots as a tool for estimating population abundance. *Fishery Bulletin*, 109(1), 48.
- Sumer, C., Teksam, I., Karatas, H., Beyhan, T., & Aydin, C. M. (2013).** Growth and reproduction biology of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, in the Beymelek Lagoon (southwestern coast of Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(4).
- Taskavak, E., & Bilecenoglu, M. (2001).** Length–weight relationships for 18 Lessepsian (Red Sea) immigrant fish species from the eastern Mediterranean coast of Turkey. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81(5), 895-896.
- Taybi, A. F., & Mabrouki, Y. (2020).** The American blue crab *C.sapidus* Rathbun, 1896 (Crustacea: Decapoda: Portunidae) is rapidly expanding through the Mediterranean coast of Morocco. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 36(2), 267-271.
- Tesch, F. W. (1971).** Age and growth. *Methods for assessment of fish production in fresh waters*.

- Tesson, M. (1977).** REGIME HYDROLOGIQUE ET HYDRODYNAMIQUE DE LA SEBKHA BOU AREG.(LAGUNE DE NADOR-MAROC). BILAN DU PRINTEMPS 1976.
- Torchio, M. (1973).** Soleidae. *Check list of the fishes of the northeastern Atlantic and the Mediterranean.*
- Touhami, F., Bazairi, H., Badaoui, B., Bouarour, B., & Benhoussa, A. (2017).** Merja Zerga lagoon: study of the functional structure and bioassessment of the ecological quality of benthic communities.
- Trut, G., Rigouin, L., Auby, I., Ganthy, F., Oger-Jeanerret, H., & Gouilleux, B. (2014).** Caractérisation de la qualité biologique des Masses d'Eau Côtières. Cartographie des herbiers à *Zostera noltei* et *Zostera marina* du Lac d'Hossegor. MEC FRFC09-année 2013.
- Turbelin, A. J., Malamud, B. D., & Francis, R. A. (2017).** Mapping the global state of invasive alien species: patterns of invasion and policy responses. *Global Ecology and Biogeography*, 26(1), 78-92.
- Turner, H. V., Wolcott, D. L., Wolcott, T. G., & Hines, A. H. (2003).** Post-mating behavior, intramolt growth, and onset of migration to Chesapeake Bay spawning grounds by adult female blue crabs, *C.sapidus* Rathbun. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 295(1), 107-130.
- Turner, S. J., Thrush, S. F., Hewitt, J. E., Cummings, V. J., & Funnell, G. (1999).** Fishing impacts and the degradation or loss of habitat structure. *Fisheries Management and Ecology*, 6(5), 401-420.
- Umgiesser, G., Ferrarin, C., Cucco, A., De Pascalis, F., Bellafiore, D., Ghezzi, M., & Bajo, M. (2014).** Comparative hydrodynamics of 10 Mediterranean lagoons by means of numerical modeling. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119(4), 2212-2226.
- Valdés, Á., Alexander, J., Crocetta, F., Yokes, B. M., Giacobbe, S., Poursanidis, D., ... & Schembri, P. J. (2013).** The origin and dispersal pathway of the spotted sea hare *Aplysia dactylomela* (Mollusca: Opisthobranchia) in the Mediterranean Sea.
- Valle, C., Bayle, J. T., & Ramos, A. A. (2003).** Weight–length relationships for selected fish species of the western Mediterranean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 19(4), 261-262.
- Vecchioni, L., Russotto, S., Arculeo, M., Marrone, F. (2022).** On the occurrence of the invasive Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun 1896 (Decapoda: Brachyura: Portunidae) in Sicilian inland waters. *Natural History Sciences* 9(2): 43-46.
- Verlaque, M. (1994).** Inventaire des plantes introduites en Méditerranée: origines et répercussions sur l'environnement et les activités humaines. *Oceanologica acta*, 17(1), 1-23.
- Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A., & Da Ros, L. (2013).** Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 130, 54-61.
- Vilà, M., Basnou, C., Pyšek, P., Josefsson, M., Genovesi, P., Gollasch, S., ... & DAISIE partners. (2010).** How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan- European, cross- taxa assessment. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(3), 135-144.

- Villanueva, M. C., Lalèyè, P., Albaret, J. J., Lae, R., de Morais, L. T., & Moreau, J. (2006).** Comparative analysis of trophic structure and interactions of two tropical lagoons. *Ecological Modelling*, 197(3-4), 461-477.
- Weatherley, A. H., Gill, H. S., & Casselman, J. M. (1987).** *Biology of fish growth*. Academic press.
- Weigle, S. M., Smith, L. D., Carlton, J. T., & Pederson, J. (2005).** Assessing the risk of introducing exotic species via the live marine species trade. *Conservation Biology*, 19(1), 213-223.
- Werner, S., Budziak, A., Van Franeker, J. A., Galgani, F., Hanke, G., Maes, T., ... & Vlachogianni, T. (2016).** Harm caused by marine litter.
- Wilkinson, L. P., & Wimmel, W. (2008).** Pindar and the Proem to the Third Georgic. *Vergil's Georgics*, 182-187.
- Williams, A. B. (1974).** The swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda: Portunidae). *Fishery Bulletin*, 72(3), 685-798.
- Wright, S. L., Rowe, D., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013).** Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. *Current Biology*, 23(23), R1031-R1033.
- Zahri, Y., Kada O., Najih M. (2011).** La coopérative pour l'amélioration de la situation socioéconomique des pêcheurs de la région Jebha-Saïdia. Rapport interne INRH. 81p.
- Zainab, D., Laila, N., Karima, K., Mohamed, L., Christophe, R., Omar, E., ... & Khalid, E. (2014).** Spatio-temporal nutrients variability in the Oualidia lagoon (Atlantic Moroccan coast). *International Journal*, 2(8), 609-618.
- Zar, J.H. (1996).** *Biostatistical Analysis, 3rd Edition*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 662 pp.
- Zenkovitch, V. P. (1959).** On the genesis of cusped spits along lagoon shores. *The Journal of Geology*, 67(3), 269-277.
- Zerrouqi, Z., Sbaa, M., Chafi, A., & Aqil, H. (2013).** Contribution à l'étude de la qualité des eaux de la lagune de Nador : Impact de l'anthropisation. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 35, 51-59.
- Zerrouqi, Z., Sbaa, M., Chafi, A., & Aqil, H. (2013).** Contribution à l'étude de la qualité des eaux de la lagune de Nador : Impact de l'anthropisation. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 35, 51-59.
- Zerrouqi, Z., Sbaa, M., Chafi, A., & Aqil, H. (2013).** Contribution à l'étude de la qualité des eaux de la lagune de Nador: Impact de l'anthropisation. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 35, 51-59.
- Zibrowius, H. (1983).** Extension de l'aire de répartition favorisée par l'homme chez les invertébrés marins. *Océanis (Paris)*, 9(4), 337-353.
- Zibrowius, H. (1991).** Ongoing modification of the Mediterranean marine fauna and flora by the establishment of exotic species. *Mésogée (Marseille)*, 51, 83-107.
- Zine, N. (2003).** Diagnostic de la Faune aquatique : Lagune de Nador. *Rapp. Inédit, projet MedWetCoast-Maroc, PNUE/Secr. Etat Envir. /Départ. Eaux & Forêts, Maroc*.
- Zine, N. E., & Menioui, M. (1992).** Le peuplement malacologique de la lagune méditerranéenne de Nador (Maroc): état des connaissances. *Marine life (Marseille)*, 2(1), 39-45.

Zine, N. E., & Menioui, M. (1998). AMPLITUDE D'HABITAT ET DIVERSITE FAUNISTIQUE DU PEUPEMENT MALACOLOGIQUE D'UNE LAGUNE MEDITERRANEENNE (LAGUNE DE NADOR, MAROC). *Rapp. Comm. int. Mer Médit*, 35, 308-309.