
ANNÉE UNIVERSITAIRE 2021/2022

Département Génie Biologique

RAPPORT DE STAGE
Génie de l'Environnement

Yaël MAUCUIT

Lieux de stage :

DINARA
Unité de Gestion des pêches en Atlantique
Avenida portuaria s/n Puerto de la Paloma
27001, La Paloma, Uruguay

Option Génie de l'Environnement

Effet de la pêche sur l'abondance, le poids et la taille des crevettes (*Penaeus paulensis*) dans la Lagune de Castillos pendant la récolte 2022.

Tuteur de stage : Santiago SILVEIRA

Tuteur d'IUT : Michel AUFFRET



Remerciements

Je tiens à remercier toute l'équipe de DINARA (Santiago SILVEIRA, Graciela FABIANO, Martín LAPORTA, Inés PEREYRA et Orlando SANTANA) pour leur accueil au sein de leur entreprise. Leur bienveillance et leur soutien tout au long de ce stage m'ont permis de m'épanouir dans la réalisation de mes objectifs. L'environnement de travail a toujours été très agréable permettant ainsi un échange permanent avec les membres de l'équipe. Cette opportunité m'a ainsi permis de confirmer ma passion pour la recherche et la biologie marine.

Je remercie particulièrement Santiago SILVEIRA, mon tuteur de stage qui m'a épaulé et conseillé durant la rédaction de ce rapport.

Un grand merci aux pêcheurs qui ont contribué à cette étude et en particulier à Ciro Fernández qui m'a fait découvrir son quotidien au sein de la lagune Castillos.

Enfin, je remercie également Michel AUFFRET, mon tuteur de stage à l'IUT pour le déroulement et suivi régulier tout au long de cette période.

Table des matières

Avant-propos	9
I. Introduction	1
I.1) Caractéristiques générales des crevettes <i>Penaeus paulensis</i>	2
I.2) Contexte environnemental	5
I.3) Réglementation de la pêche dans les lagunes	7
II. Matériel et méthode	8
II.1) Pré-évaluation de la ressource aquatique et ouverture des lidi	8
II.2) Recueil des variables environnementales de Castillos	8
II.3) Analyse des captures et abondance de <i>Penaeus paulensis</i> pendant la saison 2022	9
3.1 Analyse des captures réalisées au sein de la lagune de Castillos	9
3.2 Abondance et prix des crevettes	10
II.4) Aspect économique de la saison 2022	10
II.5) Échantillonnage et mesures des paramètres morphologique	11
II.6) Structure de population de l'espèce <i>Penaeus paulensis</i>	12
6.1. Relations morphométriques et facteur de condition de <i>Penaeus paulensis</i>	13
6.2. Estimation de la maturité de <i>Penaeus paulensis</i>	14
II.7) Dynamique de population de <i>Penaeus paulensis</i>	14
III. Résultats et Discussion	15
III.1) Pré-évaluation de la ressource aquatique et ouverture des lidi	15
III.2) Recueil des variables environnementales de Castillos	16
III.3) Analyse des captures et abondance de <i>Penaeus paulensis</i> pendant la saison 2022	19
3.1 Analyse des captures réalisées au sein de la lagune de Castillos	19
3.2 Abondance et prix des crevettes	21
II.4) Aspect économique de la saison 2022	23
III.5) Structure de population de l'espèce <i>Penaeus paulensis</i>	23

5.1 Relations morphométriques et facteur de condition de <i>Penaeus paulensis</i>	25
5.2 Estimation de la maturité de <i>Penaeus paulensis</i>	26
II.6) Dynamique de population de <i>Penaeus paulensis</i>	30
Conclusion	26
Bibliographie	27
Annexes	31
Résumé	33

Liste des abréviations

DINARA : Direction Nationale des Ressources Aquatiques

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations

Lt : Longueur totale de la crevette

Lcfr : Longueur du céphalothorax de la crevette

Wt : Poids totale de la crevette

CPUE : Capture Par Unité d'Effort

SWAO : Southwest South Atlantic Ocean

ENSO : El Niño – Southern Oscillation

Glossaire

Les termes utilisés dans le rapport indiqués d'une astérisque (*) seront précisés dans ce glossaire.

Penaeidae : Famille de crustacés dont les représentants sont les crevettes

Biocénose : Ensemble des êtres vivants coexistant dans un milieu donné (biotope)

Lido : Au pluriel lidi, c'est un cordon littoral qui permet la séparation entre la lagune et l'océan

Effort de Pêche Total : Correspond au nombre de piège total présent dans la lagune en période nocturne

Population panmictique : Population dans laquelle chaque individu qui la compose a des chances égales de se reproduire avec n'importe quel individu de sexe opposé.

Eau oligohaline : Eau très légèrement salée dont la salinité est comprise entre 0,5 et 5 g/L

Eau mésohaline : Eau faiblement à moyennement salée dont la salinité est comprise entre 5 et 18 g/L

Eau polyhaline : Eau moyennement salée mais plus douce que l'eau de mer, la salinité est comprise entre 18 et 30 g/L

Cohorte : Génération d'individu possédant des caractéristiques communes comme la période de naissance

Outliers : Valeurs d'un échantillon qui n'est pas en accord avec l'ensemble des données de la série

Beam trawl : Outil de pêche en forme de "traineau" comportant un filet d'une maille de 5 mm permettant de capturer les post-larves

Osmoconformation : Capacité des organismes marins à maintenir leur organisme isotonique à leur environnement externe sans dépenser d'énergie

Liste des figures

Figure 1 : Zones autorisées par la DINARA pour la pratique de la pêche artisanal

Figure 2 : Morphologie générale de la crevette *Penaeus paulensis*

Figure 3 : Carte de la distribution et stock parentale de *Penaeus paulensis*

Figure 4 : Cycle de vie et stades de développement de *Penaeus paulensis*, phase océanique (Fig 4A), phase estuarienne (Fig 4B)

Figure 5 : Schéma représentant la circulation aquatique au sein du plateau continental du sud-ouest de l'océan Atlantique (SWAO)

Figure 6 : Carte des différentes lagunes situées sur la marge continentale Uruguayenne

Figure 7 : Carte géographique de la lagune et de l'estuaire de Castillos

Figure 8 : Schéma d'un piège à crevette

Figure 9 : Photographie d'un piège à crevette immergé

Figure 10 : Photographie de la différence morphologique entre *Farfantepenaeus brasiliensis* (a) et *Penaeus paulensis* (b)

Figure 11 : Photographie des sexes mâle et femelle de la crevette

Figure 12 : Mesure des paramètres morphologique Lcfr et Lt

Figure 13 : Diagramme représentant le gradient de salinité au sein de la lagune de Castillos

Figure 14 : Courbe représentant les variations de salinité de Puente de Valizas

Figure 15 : Diagramme de l'évolution de la température au sein de la lagune de Castillos

Figure 16 : Courbe représentant les variations de température au sein de la lagune de Castillos

Figure 17 : Graphique présentant le résultat des captures réalisées depuis 1990

Figure 18 : Représentation graphique de l'évolution de l'effort de pêche (nombre total de pièges durant la nuit) et de la capture par unité d'effort en kg/10 pièges (CPUE) pendant toute la période de pêche (du 27 janvier au 6 mai 2022) dans la lagune de Castillos

Figure 19 : Représentation graphique de la capture totale par nuit (exprimé en kg) et du prix au kg de crevette (exprimé en pesos uruguayen) pendant la période de pêche

Figure 20 : Diagramme des fréquences de tailles du céphalothorax pour les espèces mâles et femelles

Figure 21 : Diagramme en boîte comparant la longueur du céphalothorax et le poids des espèces mâles en fonction de leur maturité

Liste des tableaux

Tableaux N°1 : Récapitulatif de l'ouverture naturelle des lidi des quatre lagunes

Tableau N°2 : Résultats des paramètres de régression pour la relation entre le poids (g) et la longueur du céphalothorax (mm)

Tableau N°3 : Résultats des paramètres de régression pour la relation entre la longueur total (mm) et la longueur du céphalothorax (mm)

Tableau N°4 : Résultats des statistiques descriptives de la population de *Penaeus paulenis*

Tableau N°5 : Résultats des paramètres L_{T50} estimé pour le poids et la longueur du céphalothorax

Avant-propos

L'acronyme DINARA signifie Direction Nationale des Ressources Aquatiques. Cet organisme est directement rattaché au Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche en Uruguay.

Cette institution est partagée en quatre départements principaux :

- Département des Mammifères Marins
- Département de l'Industrie et de la Pêche
- Département de l'Aquaculture
- Département de la Biologie des Populations



La Direction Nationale des Ressources Aquatiques est l'entité publique chargée de réglementer et de contrôler l'activité de pêche en Uruguay. Cette autorité gouvernementale est la seule unité qualifiée au niveau national. L'exploitation des ressources aquatiques est un point fondamental pour l'économie du pays et pour la sécurité alimentaire de la population.

La DINARA a pour mission la réglementation et la promotion durable des ressources halieutiques et aquacoles par l'intermédiaire d'une pêche responsable répondant à plusieurs normes de qualité, d'hygiène et sanitaires. Plusieurs fonctions importantes lui sont attribuées comme l'évaluation des ressources aquatiques, la réglementation des activités de pêche et aquaculture ou bien la réalisation de recherches sur les ressources hydrobiologiques et sur l'écosystème aquatique.

L'Unité Gestion des Pêches en Atlantique, basée à la Paloma, fait partie de l'un des quatre pôles de la DINARA. Cette Unité permet de maintenir un programme de surveillance des principales variables environnementales (température, salinité) et réalise un suivi de l'abondance et de la structure de population de certaines ressources halieutiques (poissons et crustacés d'intérêt commercial). Elle se focalise particulièrement sur l'étude des lagunes saumâtres d'Uruguay. Plusieurs espèces d'intérêt économique et écologique sont présentes au sein de ces écosystèmes naturels. La gestion et le suivi de la crevette rose *Penaeus paulensis* est un sujet primordial au sein de l'Unité de Gestion des Pêches de la Paloma.

Grâce à cet établissement, plusieurs études et recherches sur ce sujet sont menées en collaboration avec les pêcheurs locaux afin de préserver la ressource aquatique.

I. Introduction

La pêche est une pratique ancienne consistant à exploiter les ressources aquatiques au sein de leur biotope. Plusieurs types de pêches existent tels que la pêche industrielle, la pêche de loisir ou la pêche artisanale.

Selon l'Organisation des Nations Unies (FAO 2012), la pêche artisanale est une "pratique où les pêcheurs utilisent une faible quantité de capital humain et d'énergie ainsi que des bateaux de pêche relativement petits dans lesquels ils effectuent de courtes sorties près de la côte".

En Uruguay, la pêche artisanale se divise en deux espaces (maritimes et continentaux) et une partie de cette activité se déroule au sein des lagunes saumâtres. Cette pêche se définit comme une pratique responsable dont les captures totales et les embarcations utilisées sont réglementées [1].

La Direction Nationale des Ressources Aquatiques définit les zones autorisées pour la pêche artisanale [2]. Les lagunes côtières d'Uruguay font partie de la Zone K (Lagunes du littoral atlantique), [Figure 1](#).

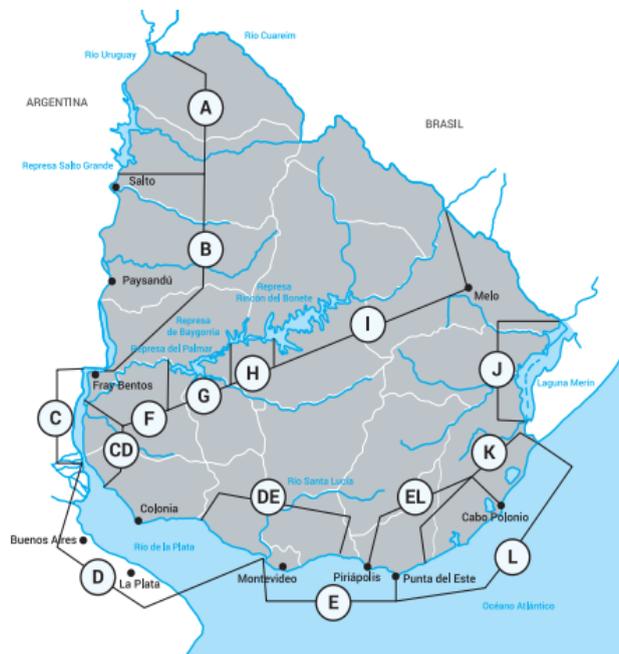


Figure 1 : Zones autorisées par la DINARA pour la pratique de la pêche artisanal [3]

Depuis le début des années 1950, la pratique de la pêche à la crevette *Penaeidae** a connu un véritable essor grâce au développement de nouvelles techniques de pêche et à une meilleure commercialisation de la ressource [4]. Ces ressources aquatiques apportent un véritable service écosystémique à la population locale. Les lagunes d'Uruguay comportent un réservoir de biodiversité contenant une biocénose* d'une grande valeur écologique (poissons, crevettes, avifaune, végétation). Les lagunes sont de vastes étendues d'eau généralement peu profonde séparées de la mer par un cordon littoral ou lido*.

Aujourd'hui, les lagunes subissent des pressions anthropiques importantes tels que l'utilisation des terres, la recherche de nouveaux logements, la construction d'infrastructures et la croissance de l'activité de la pêche. Afin de protéger les espèces aquatiques, la DINARA focalise ses recherches sur une espèce de crevette *Penaeus paulensis* en réalisant des campagnes d'évaluation de l'état de cette population. Cette dernière, se réalise tous les ans autour de la période de janvier-mai et prend en compte différents paramètres environnementaux. Ces recherches aboutissent alors à un bilan annuel de la saison de pêche incluant son impact sur cette population aquatique. La connaissance de la structure de taille et l'évaluation des changements d'abondance sont des éléments clés pour une gestion durable de cette ressource.

L'objectif général de cette étude se focalise sur les effets de la pêche sur l'abondance, le poids et la taille des crevettes de l'espèce *Penaeus paulensis* dans la lagune de Castillos pendant la récolte 2022.

Plusieurs objectifs intermédiaires permettront de répondre à cette problématique. Dans un premier temps, la description de la lagune de Castillos focalisée sur l'analyse de ses caractéristiques environnementales et physico-chimiques sera effectuée. L'estimation des captures totales et l'évolution de l'abondance de la ressource sera analysée. Cela permettra ensuite de suivre la valeur des espèces au cours du temps et ainsi d'estimer le revenu brut généré au cours de la saison de pêche 2022. Ensuite, l'évaluation de l'état de la population de *Penaeus paulensis* s'effectuera grâce à la description des relations biométriques du poids et de la longueur de l'espèce. L'estimation des paramètres de maturité chez les espèces mâles sera déterminante pour effectuer l'analyse des échantillons récoltés. Puis l'impact sur ces organismes aquatiques sera analysé par les changements dans la structure de population des crevettes

Enfin, une interprétation des résultats obtenus sera effectuée afin d'évaluer l'impact sur l'abondance des espèces dans les lagunes et ainsi de conclure sur les modalités de gestion pour ces communautés aquatiques.

I.1) Caractéristiques générales des crevettes *Penaeus paulensis*

Penaeus paulensis précédemment nommé *Farfantepenaeus paulensis* est un crustacé appartenant à l'embranchement des arthropodes, du genre *Penaeus* dont la famille est Penaeoidea*. Ces arthropodes sont des organismes aquatiques au corps segmenté. La morphologie générale de la crevette rose est présentée en [Figure 2](#).

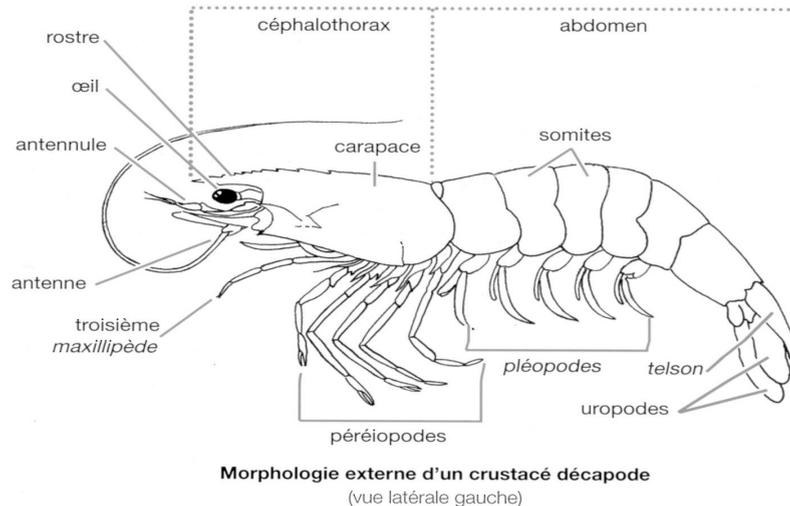


Figure 2 : Morphologie générale de la crevette *Penaeus paulensis* [5]

Chaque segment de l'abdomen possède une paire d'appendices articulés appelé pléopode. La crevette possède deux parties distinctes, le céphalothorax qui s'étend de l'avant du rostre jusqu'à la fin de la carapace et l'abdomen qui part du premier somite jusqu'à la pointe du telson, [Figure 2](#). Cet organisme diffère des autres classes par la présence de deux paires d'antennes ainsi que par ses branchies situées en dessous de leur carapace. La répartition géographique des crevettes *Penaeus paulensis* se trouve le long de la côte atlantique, plus précisément d'Ihéus (14°47'S, Brésil) jusqu'à Mar del Plata (38°00'S, Argentine), [Figure 3](#).

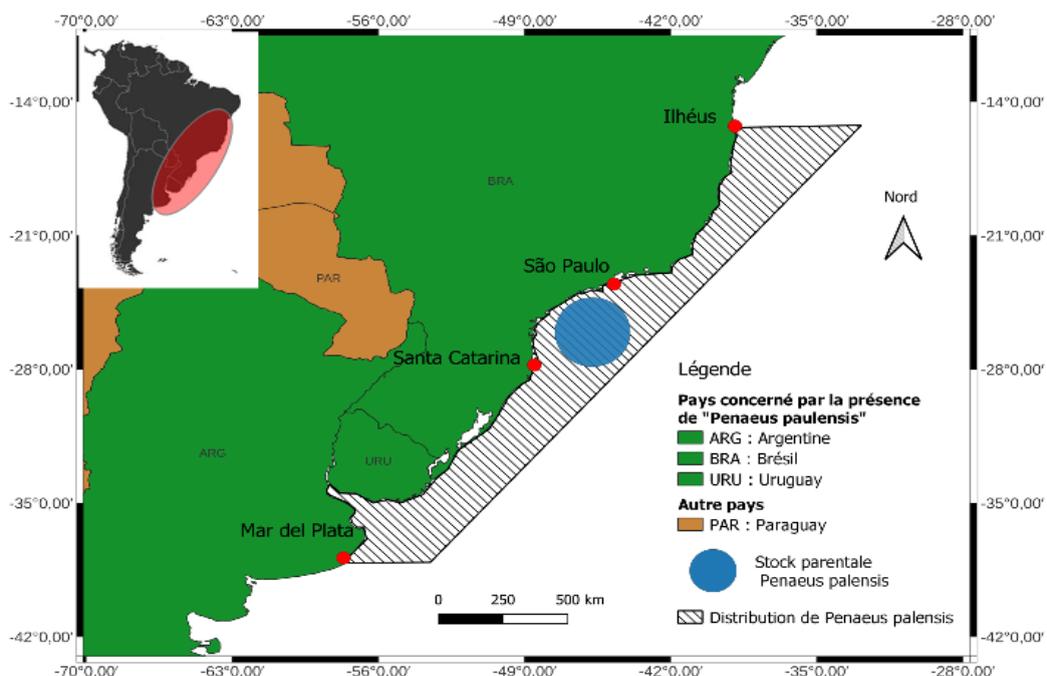


Figure 3 : Carte de la distribution et stock parentale de *Penaeus paulensis* (Réalisé sur QGis)

Le stock parental des crevettes se situe dans les eaux autour de São Paulo et de Santa Catarina [6] Figure 3. Ce dernier est composé de plusieurs individus provenant du littoral Est de l'Amérique du Sud (brésil et Uruguay). Cet endroit représente la population panmictique* de crevette. En effet, plusieurs espèces provenant de leur aire de répartition naturelle viennent se reproduire à cet endroit précis ce qui donne lieu à un brassage de population important.

Le cycle de vie des crevettes est séparé en deux phases [7]. La première phase est une phase océanique, Figure 4A, où se déroule la reproduction (1) et la croissance des larves. La reproduction des crevettes se déroule en deux périodes, la première se produit durant le début du printemps et l'autre pic de reproduction se passe durant l'automne [8]. Une fois que la reproduction des crevettes a eu lieu, les post-larves grandissent en passant par plusieurs stades de développement : nauplius (2), protozoa (3) et mysis (4). Elles sont ainsi transportées par le courant provenant du Brésil. A partir du stade mysis les post-larves entrent dans les lagunes d'Uruguay autour du mois de novembre/décembre. La dernière mue des mysis (4) donne lieu à un développement post-larvaire (5).

La deuxième phase du cycle des crevettes, Figure 4B, consiste au développement des juvéniles (6) dans les lagunes et estuaires (B). Cette croissance des juvéniles commence dès le début du mois de décembre et se termine autour de mai [9]. Lorsque la température des lagunes diminue (début de l'automne), les sub-adultes (7) vont migrer naturellement vers l'océan pour se reproduire.

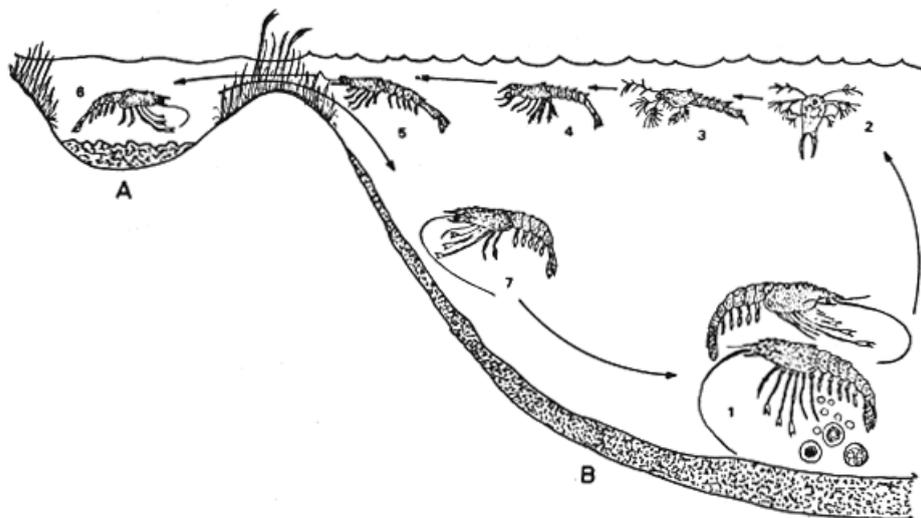


Figure 4 : Cycle de vie et stades de développement de *Penaeus paulensis*, phase océanique (Fig 4A), phase estuarienne (Fig 4B), [9]

I.2) Contexte environnemental

La marge continentale uruguayenne est située dans la région subtropicale de l'Atlantique du sud-ouest. Cette zone est située au sein du plateau continental du sud-ouest de l'océan Atlantique Sud (SWAO) qui s'étend de Cabo Frío jusqu'à la pointe du Cap Horn, [Figure 5](#). Elle représente l'une des zones les plus productives des océans à l'échelle mondiale.

Le plateau uruguayen se trouve dans une région de transition critique en ce qui concerne la circulation océanique globale. En effet, l'Uruguay est situé dans la zone de confluence des Malouines (Malvinas Current) et du courant provenant du Brésil (BMC), [Figure 5](#). Les eaux subtropicales chaudes sont transportées vers le sud par le courant du Brésil et les eaux subantarctiques froides se déplacent vers le nord grâce au courant des Malouines. Les variations de ces deux courants principaux dépendent de la saison. En été, le courant du Brésil est plus intense que le courant des Malouines et en hiver c'est l'inverse. Par ailleurs, l'hydrodynamisme de cette zone est fortement influencé par le Rio de la Plata. Les variations de cet estuaire vont ainsi moduler la distribution d'eau douce et de nutriments de la masse d'eau du plateau continental. [\[10\]](#),[\[11\]](#). La partie sud du plateau est principalement occupée par la présence d'eaux subantarctiques relativement froides qui s'écoulent vers le nord [\[11\]](#).

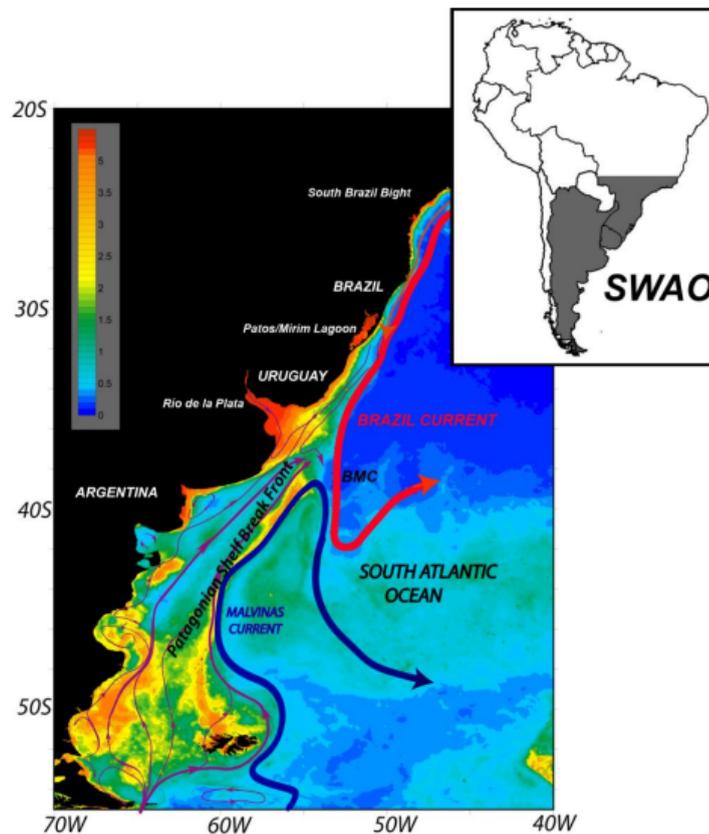


Figure 5 : Schéma représentant la circulation aquatique au sein du plateau continental du sud-ouest de l'océan Atlantique (SWAO), [\[10\]](#)

Enfin les conditions environnementales de cette région sont fortement influencées par les variations liées à l'ENSO. C'est un phénomène climatique et océanique de l'Océan Pacifique qui entraîne des impacts sur le climat à l'échelle mondiale.

L'ENSO comporte trois phases principales [12] :

Une phase neutre ([Annexe 1](#)) où les alizés* vont souffler de l'est vers l'ouest dans l'Océan Pacifique. Dans ce cas, les eaux chaudes localisées à l'ouest du bassin Pacifique vont s'évaporer et engendrer des précipitations importantes sur la zone Océanique.

La Ninã ([Annexe 1](#)), est une phase où les alizés provenant de l'est vont se renforcer d'avantage par rapport à la phase neutre. L'intensification de ces vents va provoquer une anomalie de température ainsi qu'une augmentation considérable des précipitations dans la zone ouest du Pacifique. En revanche, à l'est du Pacifique, le renforcement des vents va provoquer remontée d'eau froide des profondeurs (upwelling*).

Au contraire, en phase d'El Niño ([Annexe 1](#)), les alizés équatoriale provenant de l'est vont s'affaiblir ce qui va engendrer un réchauffement des eaux et une accumulation des précipitations à l'est de l'océan Pacifique. L'abondance des précipitations sur l'Amérique du Sud contribue à une augmentation du débit du Rio de La Plata [11]. Le centre de prédiction climatique se base sur une période consécutive de cinq phases d'anomalies positive ou négative afin de confirmer la présence d'une phase La Niña (froide) ou El Niño (chaude). Les anomalies de température (+0,5/-0,5°C) sont mesurées dans la région Nino 3.4 (5N-5S, 120-170W).

Dans ce contexte, la marge uruguayenne est soumise à différentes variations climatique qui influent sur la composition des lagunes présentes sur son littoral. La pêche artisanale à la crevette se déroule principalement au sein de quatre lagunes différentes (Lagune José Ignacio, Lagune de Garzón, Lagune de Rocha et la Lagune de Castillos), [Figure 6](#)

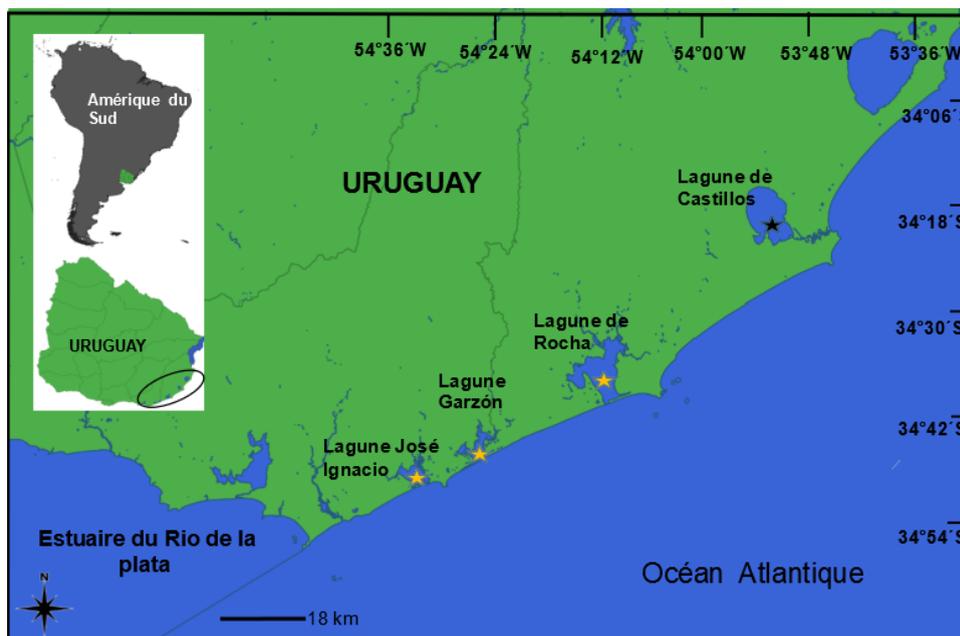


Figure 6 : Carte des différentes lagunes situées sur la marge continentale Uruguayenne [13]

Ces quatre lagunes sont caractérisées par des fonds peu profonds (1 mètre environ) et une turbidité importante ce qui permet la protection des espèces juvéniles. La température de ces écosystèmes est soumise à de fortes variations saisonnières. Les conditions météorologiques peuvent ainsi entraîner des fluctuations entre 4 et 28 degrés au sein des lagunes. Les vents dominants provenant du Sud-Est et Sud-Ouest sont généralement de forte intensité.

Les précipitations peuvent fluctuer durant l'année mais elles représentent environ mille millimètres par mètre carré sur chaque lagunes [4]. La période propice à l'entrée des larves dans les lagunes se situe autour de la fin du printemps. En effet, dès la fin du printemps le courant subtropical du Brésil, [Figure 5](#), tend à s'intensifier dû à la diminution de l'intensité du vent [10], [11]. Cela permet alors le transport de nutriments et de larves en quantité importante vers la marge continentale uruguayenne. Cependant, l'entrée des larves dans les lagunes est entièrement conditionnée par l'ouverture des lido*. Cette ouverture peut aussi être artificielle, la décision peut être adoptée avec la concertation des pêcheurs locaux, de la DINARA, du Ministère de l'environnement lors d'événement particulier comme une montée des eaux par exemple. La connexion entre la lagune et l'océan se déroule le plus souvent de manière naturelle mais dépend de plusieurs facteurs. En effet, les conditions environnementales autour du bassin versant des lagunes influence l'ouverture des lido*. Cependant si le cumul pluviométrique est trop important alors le courant sortant de la lagune s'intensifie et les post-larves ne peuvent pas entrer.

De plus, les conditions météorologiques influencent aussi la croissance des crevettes. S'il apparaît une période importante de sécheresse après l'entrée des post-larves dans la lagune alors la croissance de celle-ci est idéale puisque le lido* est fermé, les crevettes ne peuvent pas migrer vers l'océan. Au contraire, des précipitations abondantes peuvent entraîner la sortie des crevettes des lagunes sans que ces espèces n'aient eu le temps de se développer. Généralement, la saison de pêche débute autour du milieu du mois de février et se termine fin mai cependant cela peut varier en fonction des conditions environnementales autour de ces écosystèmes. Enfin, une frontière climatique existe entre les lagunes de Castillos et de Rocha [14]. Castillos diffère des autres lagunes par sa configuration topographique. Celle-ci n'est pas reliée directement à l'océan comme les autres lagunes mais la connexion avec l'océan se fait par l'intermédiaire d'un canal nommé "Arroyo Valizas". La différence entre ces lagunes influent aussi sur la salinité de l'eau. L'eau de la lagune de Castillos est considérée comme oligohalines* alors que l'eau des autres lagunes sont mésohaline* ou polyhalines* [15],[16]. La saison 2021-2022 à été particulièrement sèche avec un cumul de pluie très faible. En général, la lagune de Castillos est celle qui a la fréquence de connexion la plus importante permettant ainsi une pêche à la crevette annuelle. L'enregistrement de la connexion des lagunes avec l'océan sera analysé dans ce document afin de déterminer son effet sur la présence des crevettes.

I.3) Réglementation de la pêche dans les lagunes

Au-delà des campagnes d'évaluations de l'état de la communauté aquatique, la DINARA fixe des normes sur les captures des crevettes dans les lagunes [17]. Plusieurs réglementations sont en vigueur pour la saison de pêche 2021-2022, cela concerne principalement l'obligation d'avoir un permis pour la pêche artisanale ainsi que les dimensions des casiers à crevettes et des accessoires utilisés pour cette activité. Le seuil de capture des crevettes est fixé à 10 grammes par individu et la prise accidentelle en dessous de 10 grammes ne doit pas excéder 20 pourcents. Le document réglementaire stipule aussi les zones interdites à la pêche artisanale pour préserver la faune aquatique. Après une campagne de pré-évaluation de la ressource aquatique (recueil de variables environnementales, échantillonnage, observation de l'ouverture des lido*), la DINARA prend la décision de l'ouverture de la saison de la pêche.

La Direction Nationale des Ressources Aquatique a aussi pour mission de délivrer les permis de pêche artisanale. Ce permis est valable uniquement au sein des lagunes et permet de pêcher les principales espèces présentes (crevettes, crabes et poissons). Les permis sont délivrés uniquement pendant la période de l'ouverture de la zone de pêche en fonction du nombre de pêcheurs déjà en activité. Ces normes, difficilement acceptées par les pêcheurs, s'imposent désormais comme une nécessité pour la gestion durable de la ressource aquatique des lagunes.

II. Matériel et méthode

II.1) Pré-évaluation de la ressource aquatique et ouverture des lidi

La campagne de pré-évaluation des post-larves dans la lagune de Castillos s'est déroulée du mois de novembre 2021 jusqu'à la fin du mois de décembre 2022. La présence de cette ressource aquatique a été déterminée au niveau du lidos* de la lagune de Castillos ainsi qu'au point nord de la lagune, [Figure 7](#). L'évaluation de la présence des post-larves a été réalisée partiellement par la DINARA grâce à des filets de zooplancton de 300 μm . Les post-larves ont été récupérées dans la partie inférieure du filet nommé zoo-plancton net et ainsi observées au microscope.

En parallèle de la campagne de pré-évaluation de la ressource aquatiques, la fréquence d'ouverture des lidi* de chaque lagune a été observée tout au long de l'année. Cela a ainsi permis de repérer les intrusions d'eau salé et potentiellement de post-larves au sein de la lagune de Castillos.

En outre, grâce à la collaboration de certains pêcheurs possédant leur propre beam trawl* des échantillons de juvéniles ont pu être recueillis. Lorsque les crevettes ont atteint un poids de 10 grammes [\[17\]](#), la DINARA a ouvert la saison de pêche dans la lagune de Castillos.

II.2) Recueil des variables environnementales de Castillos

Comme vu précédemment, la lagune de Castillos a une topographie qui diffère des autres lagunes. La présence de son canal "Arroyo Vallizas" entraîne de nombreuses variations de salinité et de température au cours de l'année. Afin de suivre l'évolution de la situation locale du site d'étude (conditions météorologiques, impacts des courants marins), plusieurs variables environnementales ont été mesurées in situ à trois endroits précis de la lagune. Ces points de prélèvements : Barra de Valizas (-34°20'36''S -53°47'19''W), Puente Valizas (-34°21'31''S -53°50'41''W) et Guardia del Monte (-34°17'00''S -53°54'19''W) sont représentatifs des entrées d'eaux salées et d'eau douces au sein de la lagune de Castillos, [Figure 7](#).

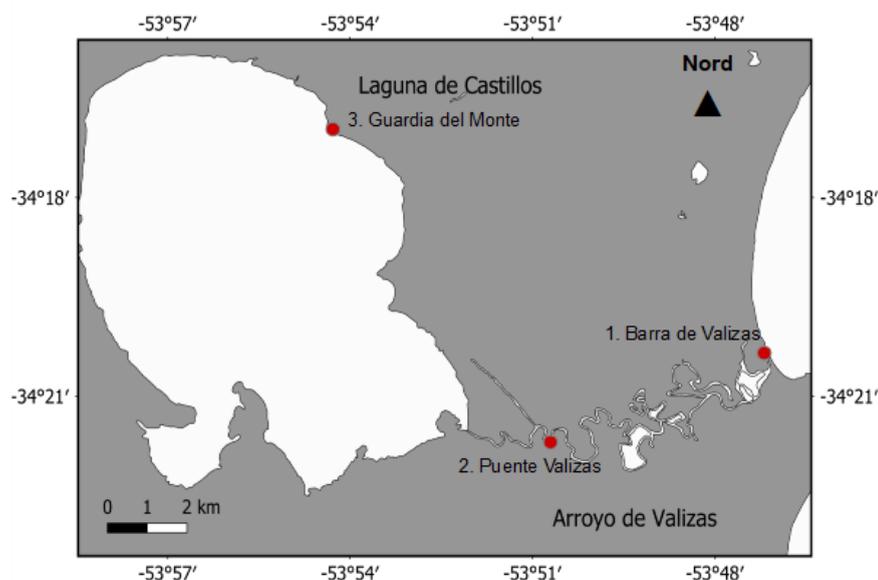


Figure 7 : Carte géographique de la lagune et de l'estuaire de Castillos

Plusieurs paramètres tels que le pH, la turbidité, la conductivité ou bien le taux d’oxygène permettent de suivre l’évolution d’un écosystème. Afin de déterminer les variations environnementales qui affectent la population de crevettes, seulement les paramètres de salinité et de température ont été utilisés dans cette étude. L’appareil permettant de mesurer la salinité (g/L) et la température (°C) est le salinomètre (référence : EcoSense Ec300A).

II.3) Analyse des captures et abondance de *Penaeus paulensis* pendant la saison 2022

3.1 Analyse des captures réalisées au sein de la lagune de Castillos

Les captures totales des crevettes dans la lagune de Castillos ont été réalisées grâce à un piège à crevette ou “trampa camaronera”. Cette technique de pêche artisanale a permis la capture de juvéniles et subadultes. Le piège, [Figure 8](#) est fixé au fond de la lagune grâce à trois piquets (n°4). Pendant la nuit, les crevettes sont attirées à l’intérieur par une lumière, celle-ci permet également de signaler la présence du filet en surface. Les crevettes entrent alors un entonnoir (n° 5) et restent à l’intérieur du piège grâce à des anneaux (n° 6). Un sac au bout du piège permet alors de recueillir les crevettes (n°1). L’inconvénient de ces pièges est la prise accidentelle d’autres espèces aquatiques telles que les poissons et les crabes bleus. La [Figure 9](#), montre un piège à crevette sorti de l’eau pendant la journée.

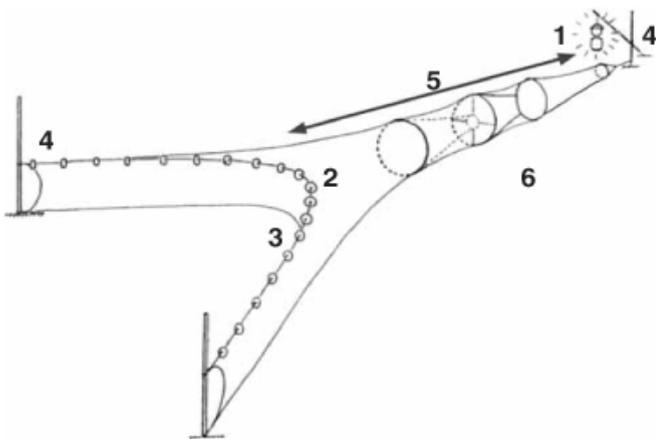


Figure 8 : Schéma d’un piège à crevette **Figure 9** : Photographie d’un piège à crevette immergé

Chaque semaine l’Effort de Pêche Total (EPT)* a été évalué en réalisant l’observation nocturne du nombre de pièges dans la lagune de Castillos. Les pièges situés dans le canal de la lagune de Castillos ont aussi été pris en considération mais ils ont été plus difficiles à dénombrer en raison de la topographie d’Arroyo de Vallizas. La capture totale de crevette (Kg) durant la nuit a été estimée selon la relation suivante :

$$\diamond \text{ Capture totale par nuit (Kg)} = \overline{CPUE} \times \text{EPT}$$

3.2 Abondance et prix des crevettes

L'échange avec les pêcheurs a permis de connaître le nombre de pièges utilisés et la capture de crevette réalisée par nuit. L'abondance de la ressource aquatique a pu être déterminée grâce à la Capture Par Unité d'Effort (CPUE) exprimée en Kg/piège :

$$\diamond \overline{CPUE} = \left(\sum_{i=1}^p \frac{Ci}{Ei} \right)$$

Où :

Ci : Capture totale réalisé par le pêcheur i, Ei : Nombre de pièges par le pêcheur i, P : Nombre de pêcheur interrogés

L'abondance et la capture totale ont été évaluées de manière hebdomadaire, dans cette étude les valeurs obtenues pour une nuit de pêche ont été considérées comme similaires pour le reste de la semaine. Par ailleurs, il a été primordiale de déterminer le prix des crevettes en interrogeant les pêcheurs afin d'étudier la relation entre les captures totales et le prix au kilogramme des crevettes. La vente de crevettes se déroule grâce à un intermédiaire qui achète le stock directement aux pêcheurs puis le revend aux commerçants ou à d'autres intermédiaires.

II.4) Aspect économique de la saison 2022

Le revenu brute (RBG) de la récolte au cours de la saison a été calculé comme suit :

$$\diamond RBG = \sum_{d=1}^{d=f} (\overline{CPUE}_n \times EPT \times Pkg_n)$$

Où : d=jours de pêche, CPUE= Capture Par Unité d'Effort par nuit (Kg/piège), EPT = Effort de pêche totale par nuit (nombre de pièges), Pkgn= prix estimé par kg et par nuit

Le revenu total d'un pêcheur brute (RT) a été estimé comme étant la somme du produit entre la prise hebdomadaire moyenne et le prix moyen par kilo de crevettes pendant toute une saison (\overline{Pkg}) pour une unité de pêche (pêcheur utilisant 10 pièges à crevette).

$$\diamond RT = \sum_{d=1}^{d=f} (\overline{CPUE} \times 10) \times \overline{Pkg}$$

II.5) Échantillonnage et mesures des paramètres morphologique

Après avoir observé l'Effort de Pêche Totale*, il a fallu récolter un échantillon de crevettes capturé pendant la nuit. Cet échantillon représentatif de la population de *Penaeus paulensis* a été obtenu directement auprès des pêcheurs. Pour cela 1 kg de crevette a été utilisé, ce qui représente environ 1000 individus. Le recueil d'échantillons s'est déroulé toutes les semaines grâce aux pêcheurs locaux avant d'être analysé au laboratoire.

Récemment les différentes campagnes d'évaluation réalisées par la DINARA ont révélé la présence de *Farfantepenaeus brasiliensis* dans les lagunes [18]. Dans cette étude, uniquement le suivi de l'espèce *Penaeus paulensis* a été effectué, il a donc fallu écarter les crevettes *Farfantepenaeus brasiliensis*.

Ainsi, la première étape au laboratoire a été l'identification des deux espèces. La différence morphologique entre ces deux crevettes a été observée grâce aux clés taxonomiques de (Costa et al., 2003) [19].

L'espèce *Farfantepenaeus brasiliensis* possède une tache noire située entre les troisième et quatrième somites abdominaux, tache qui est absente chez *Penaeus paulensis*, Figure 10. Par ailleurs, le sillon dorsal du sixième somite abdominal est élargi chez *Farfantepenaeus brasiliensis* alors qu'il est rétrécie chez *Penaeus paulensis*.

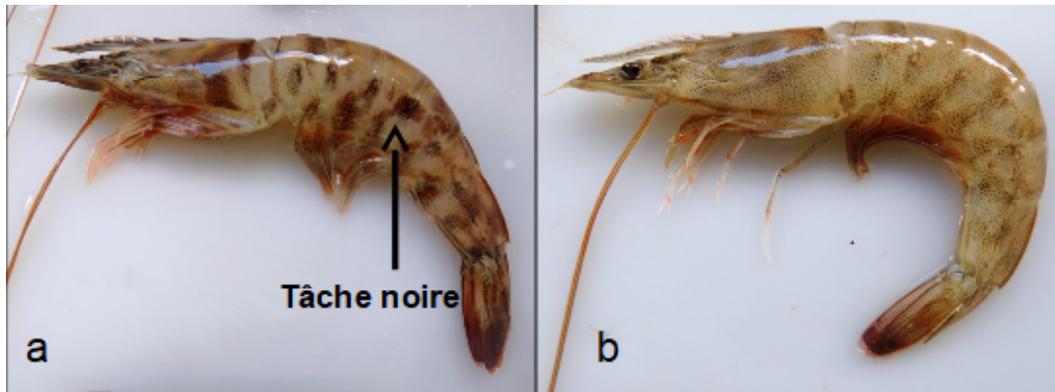


Figure 10 : Photographie de la différence morphologique entre *Farfantepenaeus brasiliensis* (a) et *Penaeus paulensis* (b)

Plusieurs paramètres morphologiques ont ensuite été estimés, ils ont permis de décrire et de suivre l'évolution de la population de crevettes au cours de la saison de pêche. Le sexe a été déterminé en observant la morphologie située au niveau du premier pléopode, Figure 2. Les individus mâles possèdent un Petasma qui peut être uni ou non alors que les femelles ont un Thelicum, Figure 11.

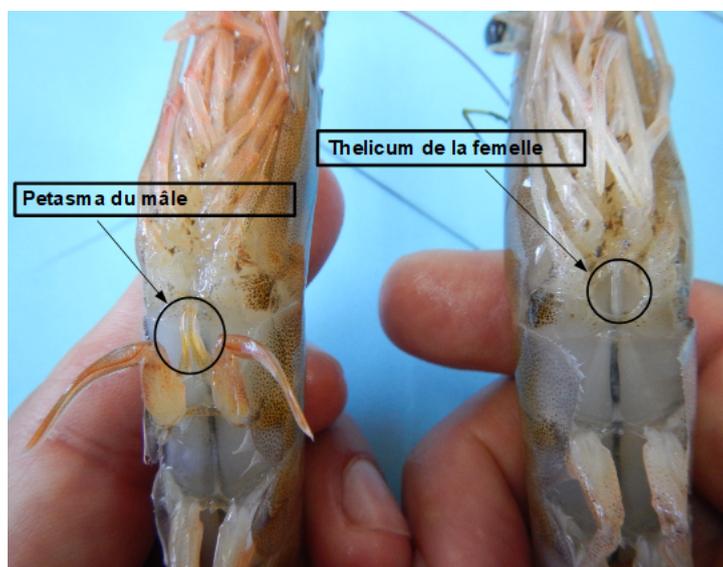


Figure 11 : Photographie des sexes mâle et femelle de la crevette

La longueur du céphalothorax (Lcfr) ainsi que la longueur totale (Lt) ont été mesurées comme le précise la Figure 12. La longueur du céphalothorax mesuré en millimètre s'étend de la pointe du rostre jusqu'à la fin de la carapace. La mesure de la longueur totale (mm) de la crevette s'effectue à partir de la pointe du rostre jusqu'à la pointe du telson.

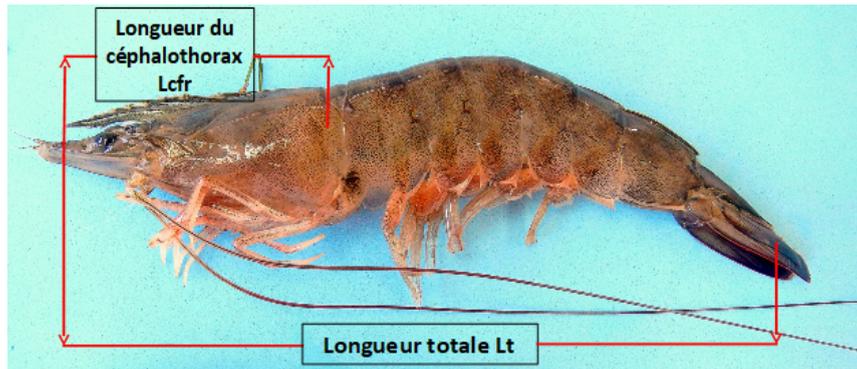


Figure 12 : Mesure des paramètres morphologique Lcfr et Lt

Ensuite, le poids total de la crevette (Wt) a été évalué en gramme à l'aide d'une balance de précision à 0,01 g (référence : SARTORIUS, U4100 S).

II.6) Structure de population de l'espèce *Penaeus paulensis*

Les statistiques descriptives basiques (moyenne, médiane, écart-type, mode, étendue) de la taille du céphalothorax (Lcfr), de la longueur totale (Lt) et du poids (W) ont été utilisées pour décrire la structure de la population de *Penaeus paulensis* au sein de la lagune de Castillos. De plus, la différence entre la longueur du céphalothorax des mâles et femelles a été évaluée à partir d'un test statistique. Auparavant, la vérification de la distribution de la taille du céphalothorax a été effectuée grâce à un test de normalité de Shapiro-Wilk. Cela a permis de savoir si les données utilisées suivaient une loi normale.

Si le résultat de ce test est inférieur à une probabilité de 0,05 alors la distribution n'est pas considérée comme normale et le Test-t de Student ne peut pas être appliqué dans ce cas. L'alternative du Test-t de Student est le test non paramétrique U de Mann-Whitney. Ce dernier a permis de comparer deux échantillons indépendants de petite taille afin de tester l'hypothèse H_0 selon laquelle les médianes et les moyennes de chacun des deux groupes de données sont proches. Le seuil d'acceptation de l'hypothèse H_0 a été évalué à 95 %.

L'ensemble des données provenant de l'échantillonnage hebdomadaire réalisé au long de la saison de pêche ont été analysé grâce à RStudio. Ce logiciel a permis d'utiliser une méthodologie précise nécessaire à l'évaluation du stock des ressources aquatiques.

6.1. Relations morphométriques et facteur de condition de *Penaeus paulensis*

Il a aussi été possible de mettre en évidence une autre relation de type potentiel entre le poids (Wt) et la longueur totale (Lt) de la crevette grâce à l'équation de courbe ci-dessous :

- (1) $Wt = q \times Lcfr^b$

Cette dernière formule a été transformée par la suite en une équation linéaire en utilisant les logarithmes, cela a alors permis d'éliminer les outliers*.

- (2) $\log Wt = \log q + b \times \log Lcfr$

Les coefficients **q** et **b** ont été par la suite comparés en fonction du sexe mâle ou femelle de la crevette. **q** représente l'ordonnée à l'origine et **b** représente le coefficient directeur de la droite. Les intervalles de confiance ont été donnés à 95 % pour ces deux paramètres.

A partir des données recueillies grâce à la mesure des échantillons provenant de la lagune de Castillos, une relation entre la longueur totale de la crevette (Lt) et la longueur du céphalothorax (Lcfr) a été trouvée [9]. Le modèle choisi a été une fonction affine d'équation :

- $y = ax + b$ soit $Lt = a \cdot Lcfr + b$

Dans cette formule **a** représente l'ordonnée à l'origine et **b** le coefficient directeur de cette régression. Enfin, **y** représente la longueur totale et **x** la longueur du céphalothorax. Les intervalles de confiance à 95 % ont été obtenus sur les paramètres de régression a et b grâce au logiciel Rstudio. Deux régressions linéaires ont été effectuées en fonction du sexe de la crevette (mâle ou femelle). Le facteur de condition exprimé en poids relatif a été calculé en réalisant le quotient entre le poids observé et le poids théorique [20]:

$$\diamond W_{rm} = 100 \left(\frac{W_{observé}}{W_{théorique}} \right) = 100 \left(\frac{W_{observé}}{a \cdot L^{b_m}} \right)$$

Où W_{rm} = poids relatif de la crevette, $W_{observé}$ est le résultat du poids moyen des crevettes et $W_{théorique}$ est calculé à partir des paramètres suivants

(W = poids total de la crevette en g, L = longueur du céphalothorax exprimé en mm, a et b_m).

Les paramètres a et b_m sont des constantes géométriques (**$a = 0,000363422$**) et (**$b_m = 2,813644555$**). Ces constantes ont été obtenues à partir des relations longueur-poids estimées par année (entre 2009 et 2019) et par lagune [21], a correspond à l'ordonnée à l'origine et b_m au coefficient directeur. Ici, le nombre de chiffres significatif de ces deux paramètres a permis d'obtenir un facteur de condition fiable afin de pouvoir le comparer aux saisons de pêche précédentes. Si le facteur de condition (W_{rm}) est supérieur à 100 cela signifie que l'individu est en bonne condition physique. Si (W_{rm}) est inférieur à 100, alors cela révèle un problème de santé chez l'espèce.

6.2. Estimation de la maturité de *Penaeus paulensis*

L'estimation de la maturité des crevettes a été évaluée uniquement chez les espèces mâles puisqu'ils possèdent un petasma qui est uni lorsque les individus sont matures et séparés lorsqu'ils sont immatures. Les femelles ne possèdent pas de petasma mais un theliculum qui ne permet pas de réaliser la différenciation de la maturité morphologique.

Les paramètres de maturité des crevettes pour la longueur du céphalothorax et le poids auxquels un spécimen sélectionné au hasard à 50 % de chances d'être matures ont été évalués (L_{T50}), [22]. Cette analyse a été réalisée à l'aide d'un modèle probabiliste non linéaire basé sur une distribution logistique. Deux variables ont été utilisées, la première étant la variable explicative (longueur du céphalothorax ou poids de la crevette) et la seconde est la variable de réponse qui suit une loi binomiale (juvénile 0 et adulte 1).

Les variables ont été ainsi ajustées à une fonction logit de la forme :

$$\diamond P_{CS} = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 * x)}}$$

où P_{CS} est la probabilité pour un individu d'être mature à une longueur ou un poids déterminé (x), β_0 représente l'ordonnée à l'origine et β_1 est le coefficient directeur de la pente.

Le L_{T50} a pu être calculé grâce à la formule ci-dessous :

$$\diamond L_{T50} = - \frac{\beta_0}{\beta_1}$$

L'estimation de la maturité des individus mâles a été évaluée grâce à Rstudio. La fonction `sizemat` [23] de ce logiciel a permis de déterminer le L_{T50} pour les paramètres longueur du céphalothorax et pour le poids des individus mâles.

II.7) Dynamique de population de *Penaeus paulensis*

Une analyse de la progression modale de *Penaeus paulensis* a été réalisée grâce au logiciel FISAT II (Fish Stock Assessment Tool). Ce dernier a permis l'analyse des différentes classes modales présentes au sein d'un même échantillon pour déterminer les potentiels impacts sur la taille et sur le poids de l'espèce *Penaeus paulensis*. Les données de poids et de taille provenant de l'échantillonnage de la saison 2022 ont été dans un premier temps transformées en fréquence relative afin d'être rentrées directement dans le logiciel FISAT II. Cela a alors permis d'obtenir et de visualiser l'évolution des cohortes* au cours de la saison de pêche. Afin de séparer les différentes classes modales, la méthode de Bhattacharya [24] du logiciel Fisat II a été utilisée. Cette dernière se base sur l'erreur standard (σ) ainsi que sur les moyennes successives de chaque classe modale.

Ainsi, la distinction entre les classes modales est valable uniquement si l'index de séparation (IS) des classes modales est supérieur à 2 :

$$\diamond IS = \Delta L_j / \Delta \sigma_j$$

Où : IS = index de séparation des classes modales, J = le groupe de taille entre la classe N_i et $N_i + 1$, ΔL_j = différence entre deux moyennes successives dans la distribution, $\Delta \sigma_j$ = différence entre ses déviations standard σ (erreur standard).

III. Résultats et Discussion

III.1) Pré-évaluation de la ressource aquatique et ouverture des lidi

Les résultats de la campagne de pré-évaluation des post-larves dans la lagune de Castillos ont montré la présence de post-larves dès le mois de novembre. Ceci est cohérent avec les études précédentes qui ont établi que le plus grand afflux de post-larves au sein des lagunes côtières se déroule entre les mois de novembre et de décembre [6]. La présence des post-larves durant cette période serait associée aux conditions d'ouverture et de fermeture des bancs de sables. Pendant cette période, seuls les lido* ouverts étaient ceux de la lagune de Castillos et de José Ignacio comme le montre le [Tableau 1](#). Il n'y a pas eu d'ouverture artificielle des bancs de sable durant cette période. La lagune Garzón est restée fermée toute la saison, il n'y a donc pas eu de crevettes dans cette lagune. Pour la lagune de Rocha, son lido* a été ouvert seulement en octobre, mais les post-larves ne sont pas rentrées dans la lagune durant cette période.

Castillos est restée connectée à l'océan tout au long de l'année permettant ainsi de nombreuses possibilités d'entrée des post-larves dans la lagune. L'ouverture permanente de cette lagune peut s'expliquer par plusieurs raisons. Castillos possède un bassin versant d'une surface supérieure aux autres lagunes ce qui entraîne un écoulement important des précipitations. Les vents dominants de secteurs Sud-Ouest et Sud-Est ainsi que l'inclinaison du littoral de Castillos favorisent aussi l'ouverture de son lido*[14],[25]. La présence du canal Arroyo de Valizas pourrait aussi favoriser l'ouverture permanente de la lagune de Castillos durant cette période.

Tableaux N°1 : Récapitulatif de l'ouverture naturelle des lidi des quatre lagunes

(1 : lido ouvert, 0 : lido fermé)

Date	Castillos	Rocha	Garzón	José Ignacio
Octobre 2021	1	1	0	1
Novembre 2021	1	0	0	1
Décembre 2021	1	0	0	0
Janvier 2021	1	0	0	1
Février 2021	1	0	0	0
Mars 2021	1	0	0	0
Avril 2021	1	0	0	1
Fréquence d'ouverture des lidos*	100 %	14,3 %	0 %	57 %

III.2) Recueil des variables environnementales de Castillos

Les mesures de salinité ont été effectuées au sein de la lagune de Castillos sur la période du 27 août 2021 jusqu'au 6 mai 2022, [Figure 13](#), ainsi qu'avant et après la saison de pêche. Ce diagramme est représentatif de l'évolution de la salinité aux différents points de prélèvement situés autour de la lagune.

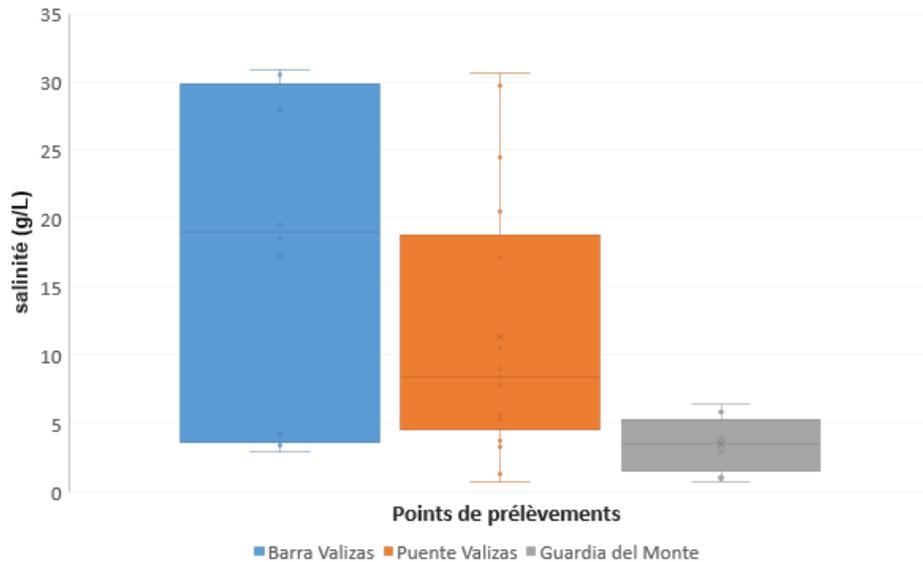


Figure 13 : Diagramme représentant le gradient de salinité au sein de la lagune de Castillos

Barra de Valizas représente le point le plus proche de la mer, il a donc été fortement influencé par les courants marins. Il s'agit de la salinité la plus importante de ces trois points de prélèvement avec une salinité moyenne de 17,2 g/L (étendue : 2,9-30,9 g/L). Puente de Valizas fait partie de l'estuaire de Castillos, sa salinité est située autour de 11,3 g/L mais d'importantes variations allant 0,7 g/L à 30,6 g/L ont été mesurées au long de la période de prélèvement. Enfin Guardia del Monte est situé au nord de la lagune, la salinité est autour de 3,5 g/L (étendue : 0,7-6,4 g/L). Ce point a été fortement influencé par les précipitations s'écoulant sur le bassin versant de Castillos. La répartition de la salinité au sein de la lagune de Castillos a ainsi été influencée par les précipitations provenant du Nord de la lagune ainsi que par l'entrée d'eau de mer au Sud de celle-ci. Puente de Valizas représente le point le plus important puisqu'il renseigne directement sur l'apport d'eau salé.

La [Figure 14](#) montre les variations de salinité à cet endroit avant et pendant la saison de pêche (couleur grise). Sur ce graphique, plusieurs pics de salinité apparaissent. Les deux plus importants correspondent aux valeurs maximum observées sur la [Figure 13](#), ils sont révélateurs d'un fort apport d'eau de mer. L'entrée potentielle de post-larves au sein de la lagune autour du mois de novembre est cohérente avec le pic de salinité observé. Ces intrusions d'eau salé peuvent expliquer la différence de croissance entre les cohortes* de crevettes. La capacité d'osmoconformation* des crevettes leur permet de s'adapter aux fortes variations de salinité.

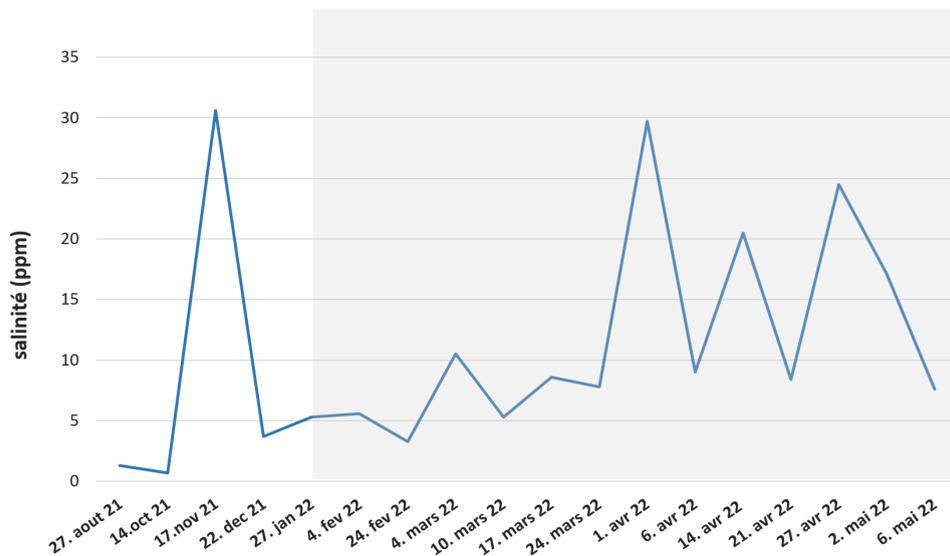


Figure 14 : Courbe représentant les variations de salinité de Puente de Valizas

La répartition géographique de ces espèces au sein de la lagune de Castillos est directement liée au gradient de salinité observé sur la [Figure 13](#). Lors d'apport important d'eau de mer, la salinité s'équilibre au sein de cet écosystème et les crevettes se répartissent alors sur toute la lagune. En revanche, plusieurs baisses de la salinité ont été mesurées et sont visibles sur la [Figure 14](#) (22 décembre 2021-24 février 2022). Lorsque l'eau de la lagune devient mésohaline* voir même oligohaline* les crevettes auraient tendance à se rapprocher de l'estuaire de Castillos afin de retrouver une salinité optimale à leur développement (pers.com Fabiano G).

La [Figure 15](#) indique la variation de température en fonction des points de prélèvements autour de la lagune de Castillos. Tout d'abord les variations de température au sein de la lagune ont été très importantes, la température de la lagune varie fortement avec les conditions météorologiques dû à la faible profondeur de cet écosystème. Par ailleurs, le gradient de température est inversé à celui de la salinité mais la température moyenne de ces trois points est relativement similaire (Barra Valizas : 19,7 °C, étendue 14,9-23,7 g/L), (Puente Valizas : 20,4 °C, étendue 14-25,6 g/L), (Guardia del monte : 21,7°C, étendue : 14,9-27,6 g/L).

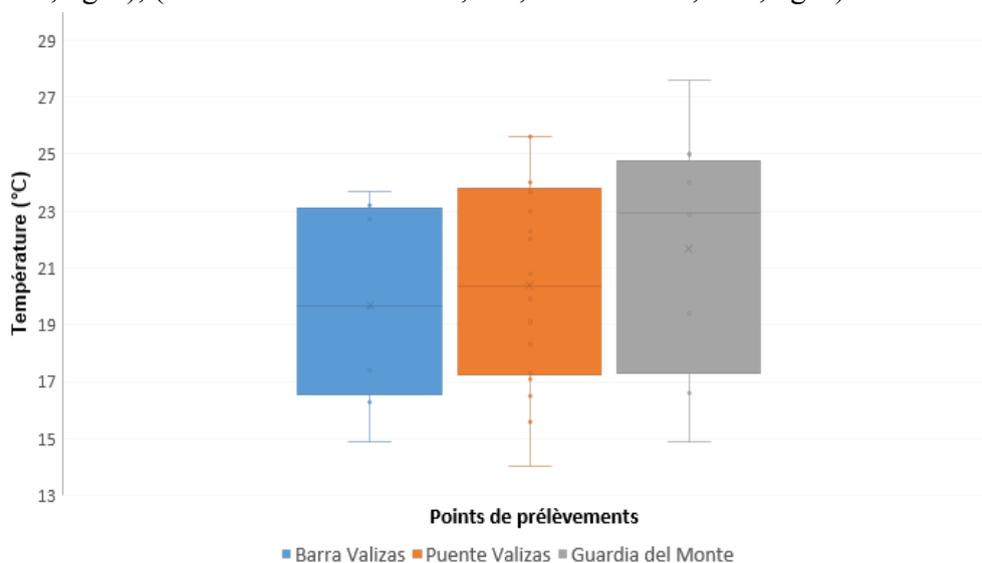


Figure 15 : Diagramme de l'évolution de la température au sein de la lagune de Castillos

La majorité des crevettes se situent entre la rivière et le début de la lagune. D’après les [Figures 13](#) et [15](#), les conditions propices à leur développement se trouveraient autour d’une salinité de 11,3 et 17,2 g/L pour une température située entre 19,7 et 20,4 °C. Plusieurs travaux effectués sur ce sujet ont permis de déterminer la combinaison optimale des paramètres de salinité et de température pour ces espèces [\[26\],\[27\]](#). La sensibilité des post-larves à ces deux paramètres semble être différente en fonction de leur stade de développement. Cependant, il a été montré qu’une température autour de 20-25°C favorise l’acclimatation des post-larves aux variations de salinité. La température joue donc un rôle clef dans la capacité d’osmoconformation* de la crevette *Penaeus paulensis*.

La [Figure 16](#) présente les variations de température de Puente de Valizas. La température a peu varié et s’est maintenue au-delà de 20 °C durant toute la saison de pêche permettant une adaptation des crevettes aux variations de salinité et une croissance optimale de *Penaeus paulensis*. Enfin, la diminution de la température au début de l’automne a marqué le départ des larves vers l’océan et la fin de la saison de pêche dans la lagune.

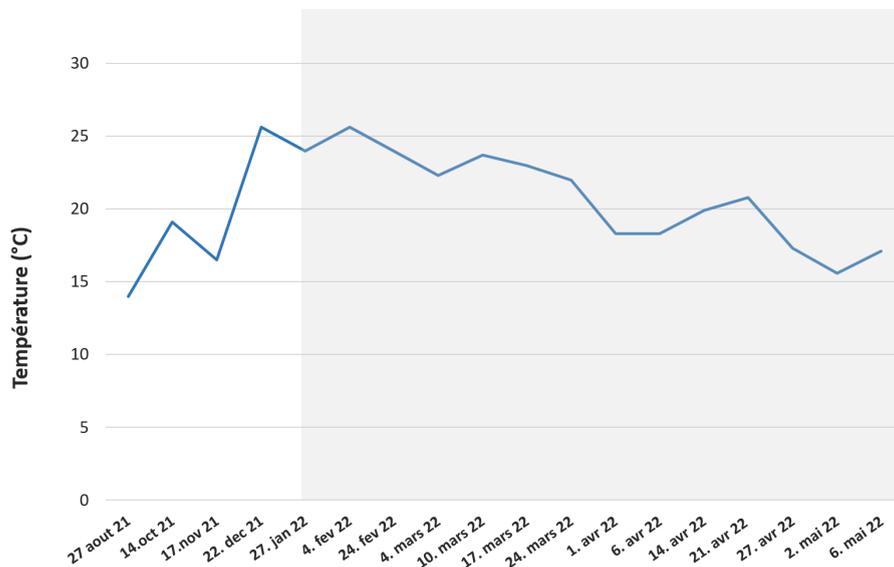


Figure 16 : Courbe représentant les variations de température au sein de la lagune de Castillos

III.3) Analyse des captures et abondance de *Penaeus paulensis* pendant la saison 2022

3.1 Analyse des captures réalisées au sein de la lagune de Castillos

Les résultats des captures totales en tonnes de crevette depuis les années 1990 sont représentés sur la [Figure 17](#). Ce graphique montre l’évolution des captures sur l’ensemble des lagunes (Rocha, Castillos, José Ignacio, Garzón), les résultats pour la lagune de Castillos sont séparés dans cette étude.

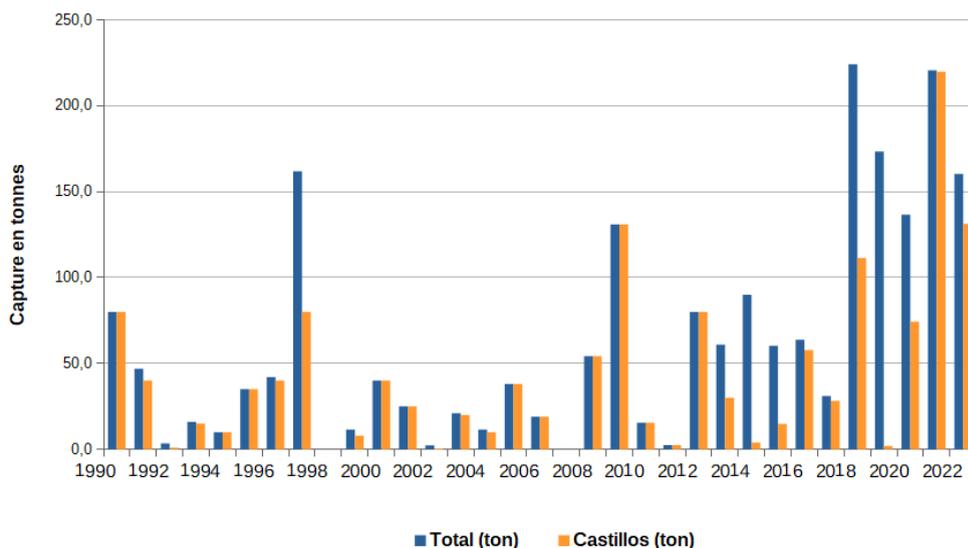


Figure 17 : Graphique présentant le résultat des captures réalisées depuis 1990

La saison de pêche en 2022 a débuté vers le 25 janvier et s’est terminée autour du 6 mai 2022. L’estimation de la capture réalisée au sein de la lagune de Castillos est de 131,3 tonnes de crevettes. La tendance des captures totales semble être en augmentation depuis les années 2000. Cela peut s’expliquer par l’apparition de nouvelles technologies de pêche plus performantes et par l’invention des pièges à crevettes en 1994. Le réchauffement climatique impacte aussi les pêcheries locales. Le courant du Brésil qui transporte les post-larves vers les lagunes uruguayennes tend à se réchauffer et à s’intensifier au fil des années [10]. Ce courant impacte la température de l’océan mais tend aussi indirectement à augmenter la température de l’eau au sein des lagunes. En temps normal, les crevettes quittent les lagunes autour de la saison automnale pour rejoindre les eaux plus chaudes qui se retirent vers le nord. L’augmentation de la température de l’eau au sein de ces écosystèmes tendrait ainsi à prolonger la saison de la pêche jusqu’au début de l’hiver. A l’inverse, lorsque la température de l’eau présente des anomalies négatives dans la zone sud-ouest de l’océan Atlantique, cela signifie que le courant provenant des Malouines a pris plus d’influence que le courant du Brésil. L’apport de post-larves dans les lagunes sera donc moins important. L’importance du suivi des variables environnementales réalisé par la DINARA est donc primordiale pour prévoir et interpréter la qualité de la saison de pêche.

Par ailleurs, les pêcheries sont directement influencées par les variations de l’ENSO entraînant des effets sur la température de la mer et sur les régimes de précipitations dans sud-ouest du Pacifique, [Annexe 1.1](#). L’apport d’eau salée dans les lagunes côtières est conditionnée par un faible régime de précipitation favorable à l’entrée des postes-larves dans les lagunes [28].

D’après le centre de prédiction climatique, la situation climatique du bassin pacifique se trouve actuellement dans une longue phase La Niña [29] depuis le mois de juillet 2021. ([Annexe 1.2](#)). Plusieurs études ont prouvé que la saison de pêche est meilleure en phase La Niña ou en phase froide d’El Niño [30]. L’absence de précipitation sur le bassin versant de la Plata va engendrer une diminution du débit de l’estuaire du Rio de la Plata. Cela rend alors favorable l’intensification du courant provenant du Brésil qui transporte les post-larves dans les lagunes côtières d’Uruguay.

3.2 Abondance et prix des crevettes

Le suivi hebdomadaire de la pêche a permis d'obtenir des informations sur l'évolution des captures, de l'abondance, de l'effort de pêche et de la valeur des crevettes tout au long de la récolte 2022, [Planche d'illustration N°1](#), ([Figures 18](#) et [19](#)). Au début de la saison de pêche (27 janvier 2022), l'abondance de crevettes (CPUE) était à son maximum. Au fil des semaines, le nombre de pêcheurs ainsi que le nombre de pièges ont augmenté engendrant une diminution nette de l'abondance de la ressource aquatique. Entre le 11 et le 17 février 2022 (semaine 2-3), l'effort de pêche a diminué car la majorité des pêcheurs ont retiré leurs pièges en raison de la diminution du poids des crevettes sur cette période. Cela a directement provoqué une augmentation de l'abondance. La diminution du poids des espèces à ce moment là pourrait être associée à la capture de différentes cohortes* correspondant à différentes entrées de post-larves recruté au sein de la pêcherie au fur et à mesure de leur croissance. Cet aspect sera traité un peu plus tard dans ce document.

L'effort de pêche le plus conséquent s'est produit entre la semaine 5 et 6 de la saison de pêche. Cela a fortement impacté la population de *Penaeus paulensis* d'autant plus que la CPUE était importante à ce moment-là. Enfin, la diminution de l'abondance jusqu'à la fin de la saison de pêche (6 mai 2022) s'est révélée cohérente avec la migration des crevettes vers l'océan. Les variations de la CPUE entre la semaine 9 et 15 pourraient être dues au mouvement des crevettes entre la lagune et l'océan influencé par plusieurs facteurs (vent, attraction lunaire, précipitation, apport d'eau salée, mouvement des pêcheurs, température).

Le nombre de pièges et l'abondance de la ressource ont permis d'estimer la capture totale au sein de la lagune. La [Figure 19](#) permet de comprendre l'évolution du prix au kg de crevettes au cours de la saison de pêche. Dans un premier temps, les captures totales coïncident avec la densité de pièges présents dans la lagune de Castillos entre la semaine 5 et 6, [Figure 18](#). Le prix des crevettes (pesos uruguayen) était important au début de la saison de pêche car la quantité de la ressource est faible à ce moment-là. Il a été encore plus conséquent vers la fin de la saison puisque le poids et la taille des crevettes oscille vers des valeurs maximum. La valeur du kilogramme de crevette s'est stabilisée à un faible prix autour de 75 pesos au moment où les captures étaient les plus importantes. En tant normal, les prix devraient augmenter avec l'offre et la demande entre les semaines 3 et 7 de la saison de pêche. Cependant l'effort de pêche ([Figure 18](#)) prépondérant a impacté la taille et le poids de *Penaeus paulensis*. Le stock de crevettes subadultes n'a pas eu le temps de se reconstruire impactant ainsi les prix de vente des crevettes. D'après le document relatif à la Bioéconomie des pêches réalisé par la FAO [\[31\]](#), l'augmentation de l'effort de pêche entraîne des captures plus importantes ce qui génère davantage de revenus brute dû à la pêche. Cependant un effort de pêche trop élevé comme celui visible entre les semaines 3 et 7 peut entraîner un impact négatif sur le prix de vente de la ressource aquatique.

Il apparaît enfin une notion essentielle d'équilibre bioéconomique [\[31\]](#) au sein des pêcheries locales uruguayennes. La bioéconomie se définit comme étant la valorisation optimale d'une ressource naturelle [\[32\]](#). L'exploitation durable des lagunes est fondamentale afin de permettre la pérennité du système biologique garantissant ainsi un apport économique annuel pour la communauté de pêcheurs.

Planche d'illustration N°1 : Graphiques de l'effort de pêche, de l'abondance, de la capture et du prix des crevettes au long de la saison de pêche 2022

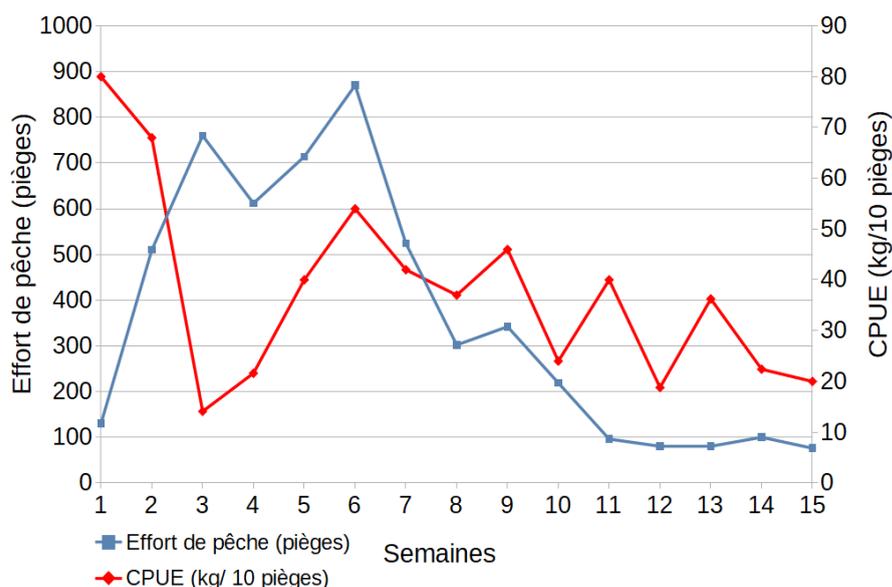


Figure 18 : Représentation graphique de l'évolution de l'effort de pêche (nombre total de pièges durant la nuit) et de la capture par unité d'effort en kg/10 pièges (CPUE) pendant toute la période de pêche (du 27 janvier au 6 mai 2022) dans la lagune de Castillos

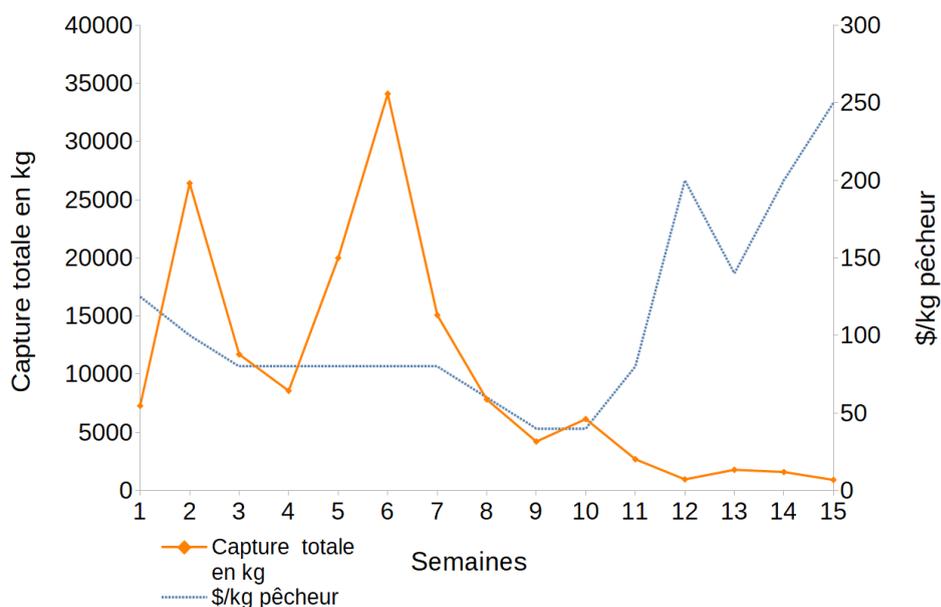


Figure 19 : Représentation graphique de la capture totale par nuit (exprimé en kg) et du prix au kg de crevette (exprimé en pesos uruguayen) pendant la période de pêche

II.4) Aspect économique de la saison 2022

Les revenus générés par cette pêche reflètent l'importance de de cette activité au point de vue de l'économie locale. Le Revenu Brut Global (RBG) correspondant à une capture de 131 tonnes a été estimé à plus d'un million de pesos Uruguayen (10918943) ce qui correspond à 251139 euros.

Le Revenu Total (RT) par pêcheur a été évalué à partir de la CPUE moyenne au cours de la saison de pêche (3,761 kg/piège). La saison a duré environ 15 semaines soit l'équivalent de 105 jours de pêche. Le prix de crevette moyen était d'environ 109 pesos par kilogramme.

$$\bullet \quad RT = \sum_{d=1}^{d=f} (CPUE_n \times 10) \times P_{kg} = 105 * (3.761 * 10) * 109 = 430446 \text{ pesos/pêcheur/saison}$$

Le Revenu Total pour un pêcheur possédant 10 casiers à crevette a été estimé à 430446 pesos soit 9900 euros au cours de la saison de pêche 2022. Cependant ce revenu n'est qu'une estimation puisqu'il évalue la somme d'argent d'un pêcheur en activité pendant toute la saison possédant uniquement 10 casiers à crevette. Ce seuil de 10 casiers par pêcheur correspond à la réglementation émise par la DINARA. Cela n'est pas toujours respecté et le nombre de pièges à crevettes peut être bien supérieur. Le Revenu Total d'un pêcheur au cours d'une saison de pêche serait donc bien supérieur. Le contrôle de ces normes reste à ce jour très difficile à mettre en place.

De plus, ce revenu peut varier aussi selon le nombre de jours de pêche. En effet, la saison dure 105 jours mais cela sert d'indication puisque les pêcheurs ne font pas fonctionner leurs pièges pendant l'intégralité de la saison. Cela dépend des conditions météorologiques, de la taille des crevettes et des variations de la CPUE qui ont ainsi des conséquences sur le revenu des pêcheurs tout au long de cette période.

III.5) Structure de population de l'espèce *Penaeus paulensis*

L'échantillonnage hebdomadaire entre le 27 janvier et le 6 mai 2022 a permis d'obtenir les statistiques descriptives de la population de *Penaeus paulensis*. Au total 1465 crevettes ont été analysées dont 768 espèces mâles et 697 femelles. Les paramètres de la longueur du céphalothorax et du poids de l'individu pour l'ensemble des échantillons récoltés sont représentés dans le [Tableau N°4](#). L'étendue des valeurs chez les mâles et les femelles est élevée, cela peut s'expliquer par la présence des différentes cohortes* au sein de la population de *Penaeus paulensis*. La médiane (Ltc 50) représente également la longueur et le poids auxquels 50 % des crevettes sont capturées. Les valeurs sont de 7,02 g chez les mâles et 7,94 g chez les femelles. Cela indiquerait que 81 % des crevettes (mâles et femelles) sont pêchées en dessous du poids autorisé Cela n'est pas étonnant car les crevettes dans la lagune de Castillos sont toujours plus petites que dans les autres lagunes surtout en raison des variations importantes de salinité présentes au sein de cet écosystème [\[6\]](#).

Tableau N°4 : Résultats des statistiques descriptives de la population de *Penaeus paulensis*

Paramètre mesuré	Lagune de Castillos								
	Longueur du céphalothorax (mm)			Poids (g)			Longueur totale estimée (mm)		
Genre	♂	♀	♂+♀	♂	♀	♂+♀	♂	♀	♂+♀
Moyenne	34,41	35,90	35,1	7,26	8,30	7,75	98,93	102,77	100,75
Mode	34,5	34,5	34,5	6,59	11	10,6	110	99,38	99,38
Médiane (Ltc 50)	34,5	35,7	35	7,02	7,94	7,53	99,38	102,51	100,68
Écart-type	3,70	4,21	4,01	2,19	2,76	2,53	9,50	10,89	10,36
Erreur standard	0,14	0,16	0,11	0,08	0,10	0,07	0,35	0,42	0,27
Étendue (min-max)	23,1-49,5	22,4-47	22,4-49,5	2-13,88	2,4-18,31	2-18,31	69,65-123,11	67,82-131,98	67,82-131,98

L'analyse des fréquences de tailles du céphalothorax est représenté sur la [Figure 20](#). Dans un premier temps, la distribution des fréquences de taille semble légèrement différente avec une médiane de 34,5 mm pour les individus femelles et de 35,7 mm pour les espèces mâles. Après avoir obtenu les résultats du test statistique U de Mann-Whitney, la probabilité d'obtenir la même médiane est très faible ($p = 0,001 < 0,05$). L'hypothèse H_0 est donc rejetée, il existe bien une différence significative entre les médianes et moyennes de la longueur du céphalothorax pour les individus mâles et femelles, les individus femelles sont donc plus grandes que les mâles.

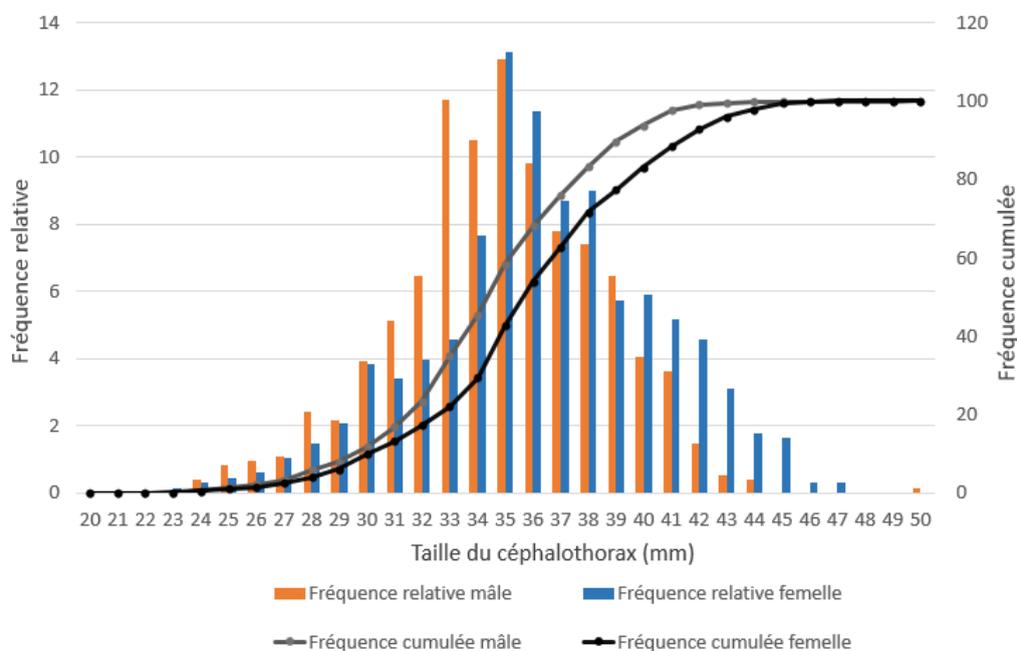


Figure 20 : Diagramme des fréquences de tailles du céphalothorax pour les espèces mâles et femelles

5.1 Relations morphométriques et facteur de condition de *Penaeus paulensis*

Dans un premier temps, la courbe $Wt(i) = q \times Lcfr(i)^b$ reliant le poids de la crevette et sa longueur du céphalothorax a pu être réalisée. Afin de déterminer les paramètres a et b et d'éliminer les outliers*, le poids W et la longueur du céphalothorax Lcfr ont été linéarisés. Dans cette étude, cette relation n'a pas eu d'intérêt particulier car les deux variables d'étude (poids et longueur du céphalothorax) étaient déjà connues. Cependant, les résultats obtenus combinés avec ceux des précédentes et futures études sont utilisés pour obtenir les données de poids de la crevette et ainsi pouvoir utiliser le facteur de condition au sein d'un modèle d'évaluation des pêches. Le [Tableau N°2](#) résume les paramètres de régression obtenus en fonction du sexe de la crevette.

Tableau N°2 : Résultats des paramètres de régression pour la relation entre le poids (g) et la longueur du céphalothorax (mm)

Sexe	Paramètres					
	Nombres	Ordonnée à l'origine (q)	Intervalle de confiance à 95 %	Coefficient directeur (b)	Intervalle de confiance à 95 %	R ²
Mâles	744	0,000312	$2,60 \times 10^{-4} - 3,73 \times 10^{-4}$	2,83	2.78-2.88	0,941
Femelles	679	0,000329	$2,71 \times 10^{-4} - 3,99 \times 10^{-4}$	2,81	2.77-2.87	0,939

En revanche, la longueur totale des crevettes a pu être estimée à partir de la taille du céphalothorax. Pour cela une fonction affine d'équation $Lt = a \times Lcfr + b$ a été tracée entre la longueur totale (Lt) et la longueur du céphalothorax (Lcfr). Le coefficient directeur a été utilisé pour prédire l'augmentation de la longueur totale en fonction de la longueur du céphalothorax de la crevette.

Le [Tableau N°3](#) présente les résultats pour les variables a et b. Les paramètres de régression pour les mâles et femelles semblent être identiques cependant l'ordonnée à l'origine de ces deux courbes de tendances ne sont pas les mêmes (Mâles, b = 9,41), (Femelles, b = 10,4). Chez les crevettes, la longueur du céphalothorax est généralement utilisée comme mesure primordiale dans l'analyse des données. Cependant, la longueur totale constitue une mesure de référence dans la commercialisation des crevettes (pers. comm. Silveira S). C'est pourquoi cette relation est pertinente et constitue un travail à utiliser dans les futures études.

Tableau N°3 : Résultats des paramètres de régression pour la relation entre la longueur total (mm) et la longueur du céphalothorax (mm)

Sexe	Paramètres					
	Nombres	Ordonnée à l'origine (b)	intervalle de confiance à 95 %	Coefficient directeur (a)	intervalle de confiance à 95 %	R ²
Mâles	744	9,41	8.73-10.1	2,61	2.59-2.63	0,98
Femelles	679	10,4	9.69-11.2	2,57	2.55-2.60	0,99

La moyenne du poids des 1417 crevettes analysées durant la saison de pêche (W observé) a été estimée à 7,72 grammes alors que la moyenne du poids théorique (W théorique) a été évaluée à 8,35 grammes. Le Facteur de condition a donc été calculé comme suit :

$$\diamond W_{rm} = 100\left(\frac{W_{observé}}{W_{théorique}}\right) = 100\left(\frac{W_{observé}}{amL^{bm}}\right) = 100 * \left(\frac{7,72}{8,35}\right) = 92,5$$

Bien que la valeur du facteur de condition soit inférieure à l'optimum (92), les résultats obtenus sont similaires à ceux enregistrés dans les années précédentes avec des gammes de tailles et des poids similaires, ([Annexe 4](#)). Comme pour les poids moyens, la variabilité des tailles et du facteur de condition est déterminée par la salinité, la température, l'hydrologie et de la géomorphologie de la lagune [[33](#)].

5.2 Estimation de la maturité de *Penaeus paulensis*

La maturité des gonades mâles comporte deux aspects : la maturité morphologique liée à la capacité de s'accoupler avec la présence d'organes sexuels apte à la reproduction et la maturité physiologique liée au développement des gonades ainsi que la capacité des spermatozoïdes pour féconder les œufs. Plus précisément, l'étude de la taille de la maturité physiologique consiste à trouver des spermatozoïdes "matures" dans les ampoules dites "terminales" des mâles. Cette étude est complétée par une analyse de la maturité morphologique en déterminant la taille à laquelle le petasma des mâles est formé avec les appendices de la première paire de pléopodes attachés (petasma uni). Le petasma ainsi formé présente une structure plus ou moins tubulaire qui facilite le transfert des spermatophores avec les spermatozoïdes vers le thelicum de la femelle [[34](#)].

L'estimation de la maturité des individus mâles a été réalisée grâce à RStudio. Le [Tableau N°5](#) regroupe les paramètres β_0 et β_1 qui permettent d'obtenir le L_{T50} pour la longueur et pour le poids.

Tableau N°5 : Résultats des paramètres L_{T50} estimé pour le poids et la longueur du céphalothorax

	β_0	β_1	L_{T50}	R^2
Longueur du céphalothorax	-23,072	0,647	35,70	0,56
Poids	-8,278	1,054	7,90	0,56

La [Planche d'illustration N°2](#) regroupe les graphiques obtenus pour l'estimation de la maturité des individus sur les paramètres de longueur du céphalothorax et sur le poids de la crevette. Le graphique (1) indique que le L_{T50} se trouve à 35,70 mm, cela signifie que pour cette longueur de céphalothorax il y a 50 % de chances d'obtenir un individu mature (petasma uni : pu) et 50 % de chance d'obtenir un individu immature (petasma séparé : ps). Le graphique (2) montre que le L_{T50} pour le poids se situe autour de 7,90 g. En comparant avec les résultats du [Tableau 2](#), la médiane de la taille du céphalothorax est estimée à 34,5 mm et celle pour le poids des individus mâle est de 7,02 g. A partir de l'analyse statistique des déciles des espèces mâles, environ 65 % des espèces prélevées se trouveraient en dessous du seuil de maturité pour le poids (g) tandis que 64 % des individus seraient sous le seuil de maturité sur le critère de taille du céphalothorax (mm).

La [Figure 21](#) compare la taille du céphalothorax et le poids des individus mâles en fonction de leur stade de maturité (ps ou pu). Les individus matures (pu) possèdent ainsi une taille de céphalothorax et un poids plus important que les crevettes mâles immatures (ps).

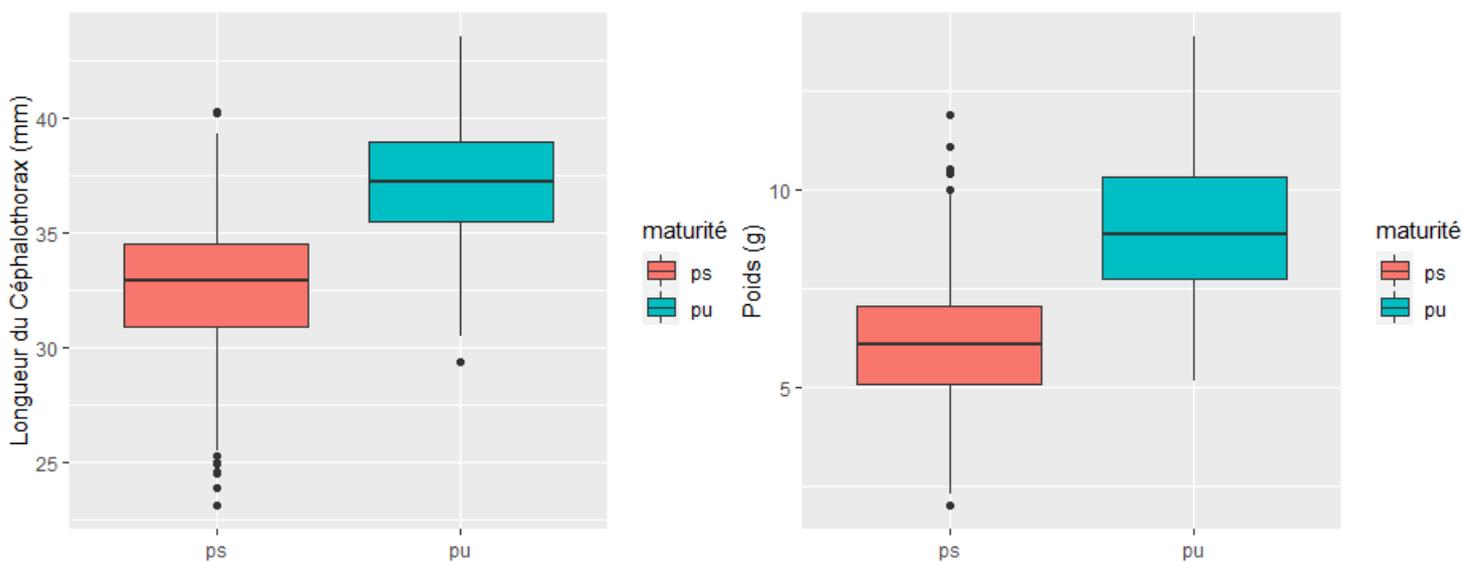
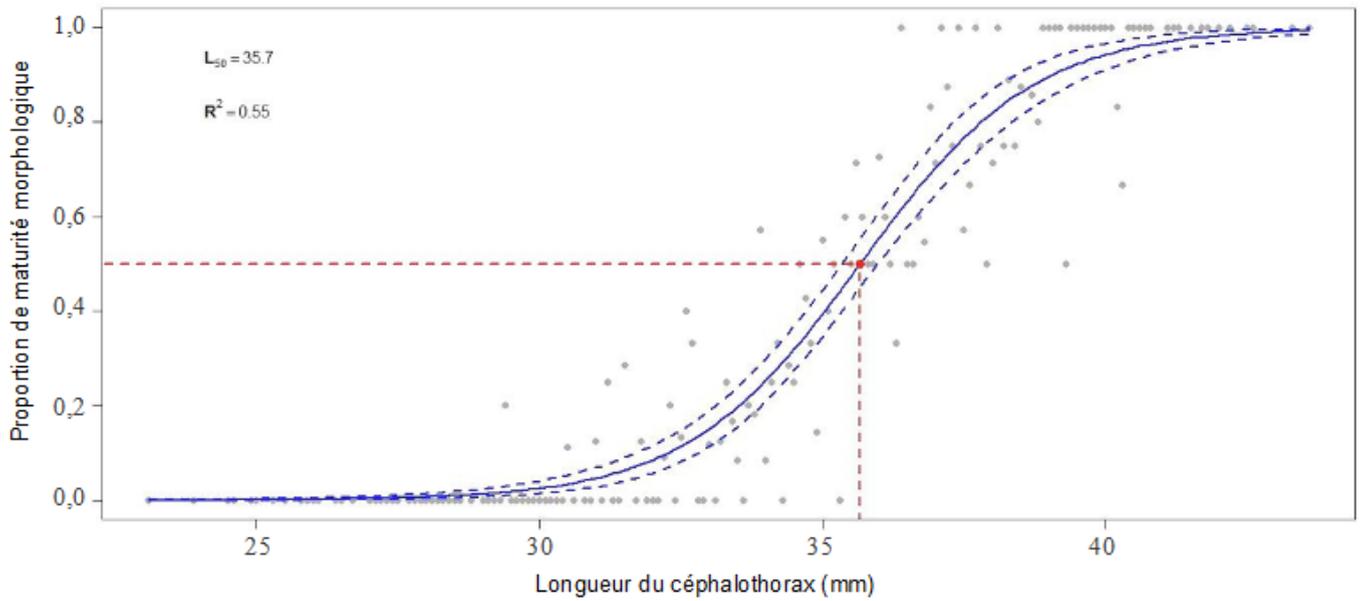


Figure 21 : Diagrammes en boîte comparant la longueur du céphalothorax et le poids des espèces mâles en fonction de leur de maturité

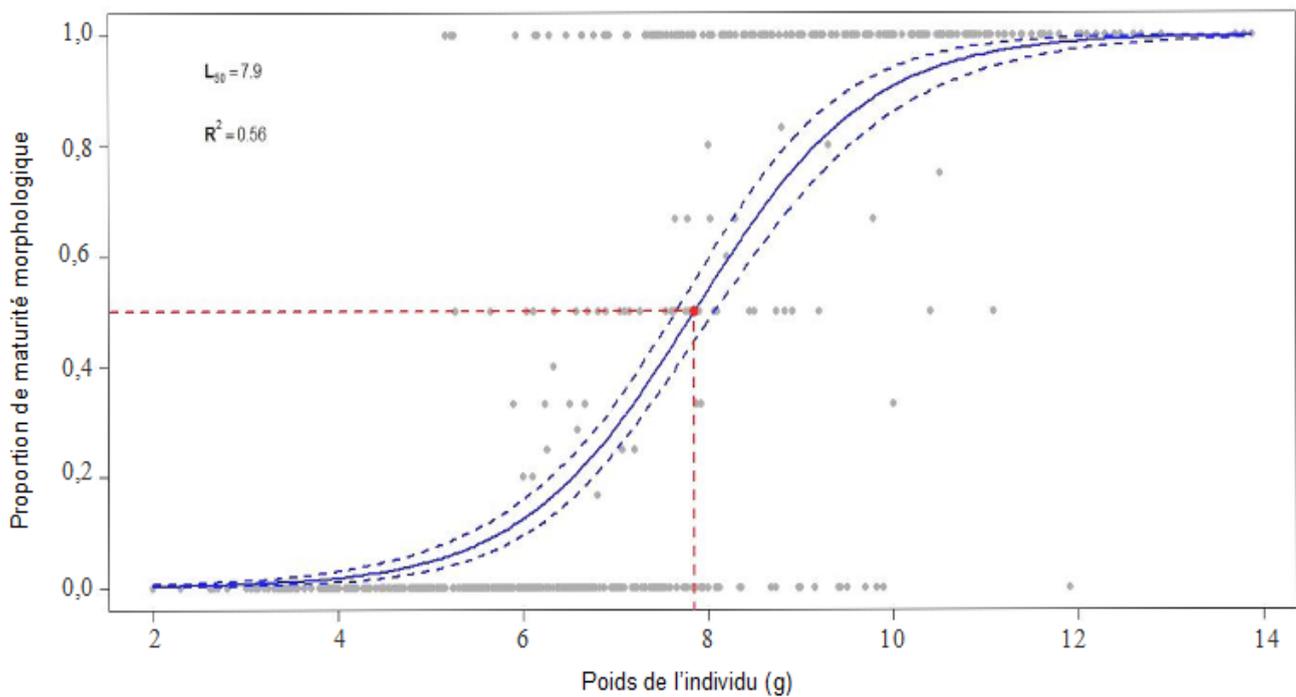
Il est de plus en plus évident que les pêcheries épuisent les ressources naturelles beaucoup plus vite qu'elles ne peuvent être reconstituées. Ce processus de surpêche est composé de deux éléments : le premier est le déclin de la capacité de reproduction, appelé surpêche de recrutement, et le second élément est le fait de capturer les spécimens avant qu'ils ne puissent pleinement exploiter leur potentiel de croissance [35]. C'est pour cette raison que la taille à laquelle les spécimens ont atteint la maturité sexuelle pourrait fonctionner comme une mesure de gestion des pêches lors de l'établissement des tailles minimales pour la capture des crevettes.

Concernant les femelles, la distinction des individus matures est plus compliquée mais elle se base principalement sur la couleur et la forme des ovaires [36]. Selon la littérature, la maturité des femelles serait atteinte pour une carapace d'environ 26 mm [37]. D'après les relations biométriques de *Penaeus paulensis* réalisé par D'Incao et Calazans cela équivaut à un espèce femelle de 33 g [38]. Des études récentes réalisées en Uruguay sur les femelles indiquent que, indépendamment des poids et des longueurs atteints, elles sont sexuellement immatures ou en phase initiale de maturation gonadique [39].

Planche d'illustration N° 2 : Graphiques présentant la probabilité de la maturité morphologique pour la longueur du céphalothorax (1) et pour le poids (2) des individus mâles



(1) Graphique représentant la fraction de maturité morphologique en fonction de la longueur du céphalothorax (mm)



(2) Graphique représentant la fraction de maturité morphologique pour un poids donné

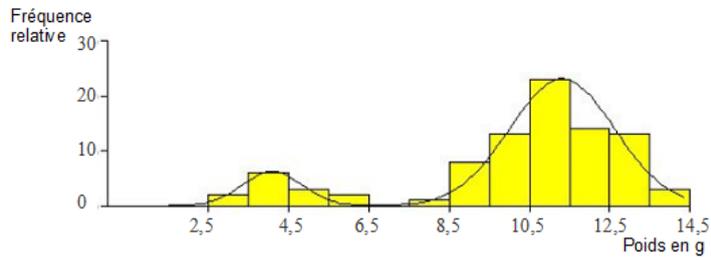
II.6) Dynamique de population de *Penaeus paulensis*

Les ressources aquatiques présentes dans les lagunes ont subi une pression considérable avec 150-200 pêcheurs actifs au long de la saison. La [Planche d'illustration N°3](#) présente les fréquences relatives du poids et de taille des mâles et femelles au cours de la saison 2022. Les valeurs moyennes de chaque cohorte ainsi que l'index de séparation des classes modales sont présentées en [Annexe 2](#) et [3](#). Concernant le poids, le premier graphique indique la présence de deux classes modales dès le début de la saison de pêche (1). A ce moment-là, les individus de la deuxième cohorte* ont atteint des poids convenables autour de 11 g. Par la suite, l'effort de pêche s'est intensifié entraînant la disparition presque intégrale de cette même cohorte dès le 17 février (2). La première génération de crevettes présente sur le graphique (1) a cependant pu se développer correctement (2). Ce graphique montre aussi la présence de nouveaux juvéniles au sein de la lagune avec un poids allant de 2,5 à 5 g. Au 24 mars 2022 (3), la saison de pêche a déjà commencé depuis deux mois, les spécimens n'ont pas eu le temps de grossir car l'effort de pêche était trop important. Ainsi à cette date, une seule cohorte* était présente, la plupart des crevettes n'a pas dépassé les 10 grammes. Enfin, autour du 29 avril, la saison de pêche s'est terminée et l'effort de pêche a diminué laissant l'opportunité aux espèces de se développer à des poids supérieur à 10 g. (4). Les graphiques des fréquences pour la taille du céphalothorax s'apparentent aux graphiques des fréquences relatives du poids. Cependant, le graphique (11) montre la présence d'une seule cohorte* alors qu'il y en avait une supplémentaire sur le graphique (5).

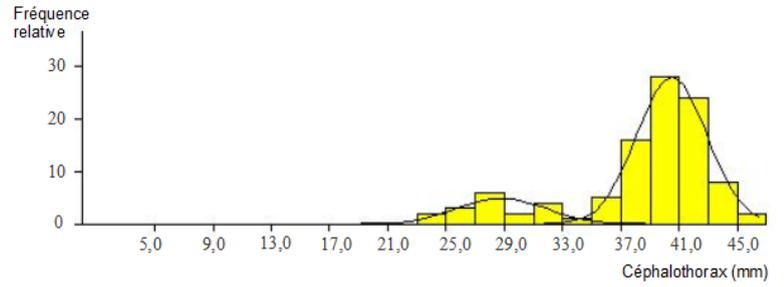
L'analyse des fréquences de tailles et de poids montrent ainsi l'impact considérable de la pêche sur la population de *Penaeus paulensis* durant la saison 2022. Cependant, au fil des années une prise de conscience de la population locale et en particulier des pêcheurs est apparue. La création d'une association de pêcheurs à la lagune de Rocha est une avancée primordiale pour la protection des ressources dont dépend l'existence des pêcheurs eux-mêmes. Récemment, plusieurs zones protégées notamment au sein de la lagune de Castillos ont été instaurées afin de garantir la préservation de ces écosystèmes.

Planche d'illustration N°3 : Graphiques des fréquences relatives pour le poids (g) et la taille du céphalothorax (mm)

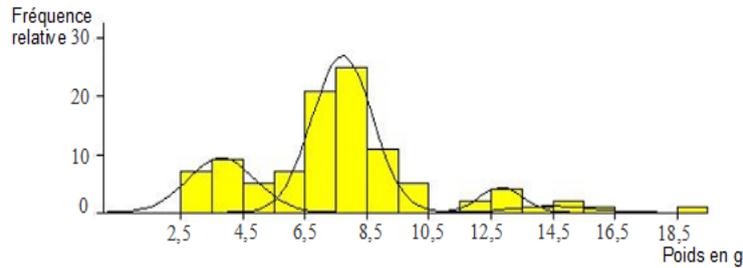
4/02 (1)



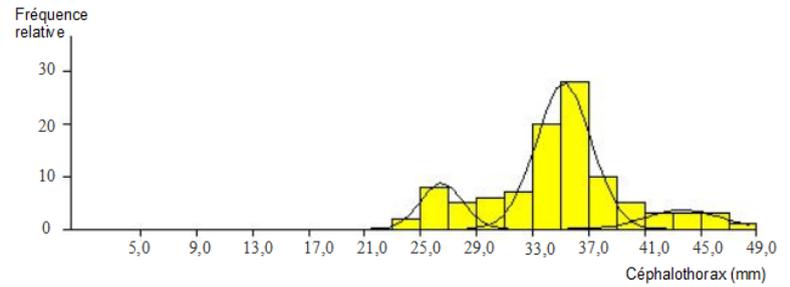
(7)



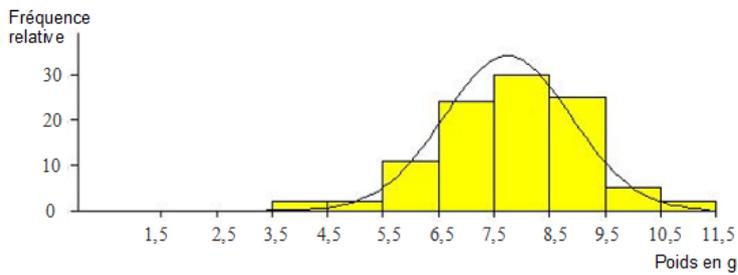
17/02 (2)



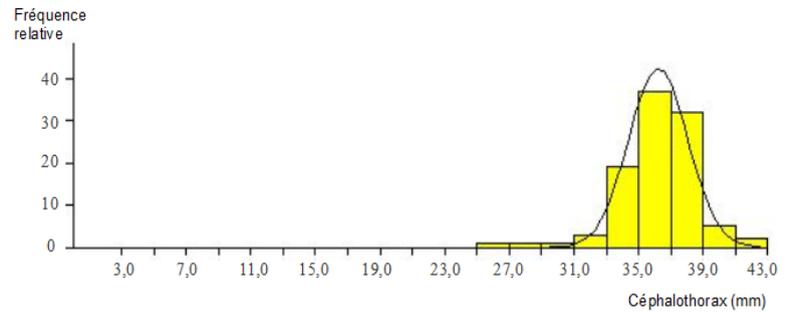
(8)



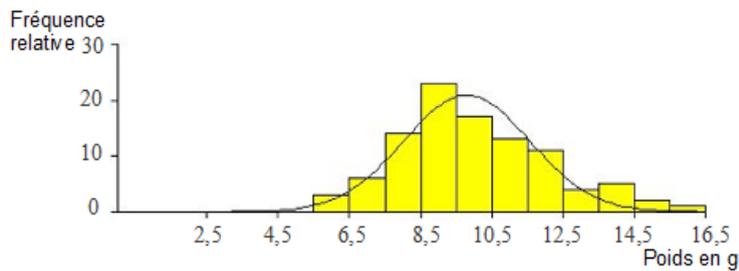
24/03 (3)



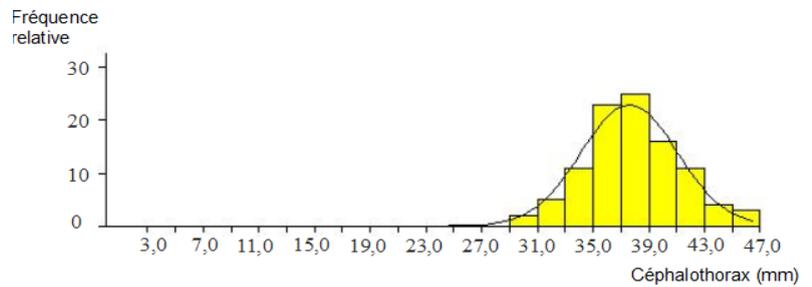
(9)



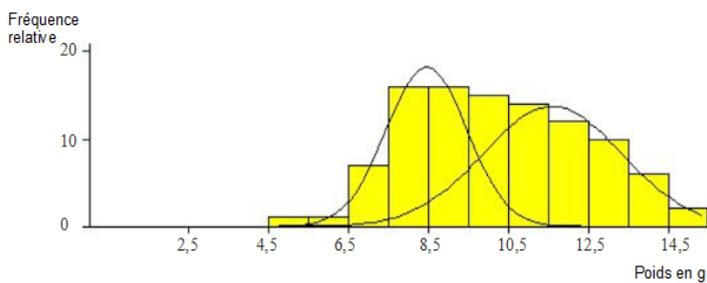
29/04 (4)



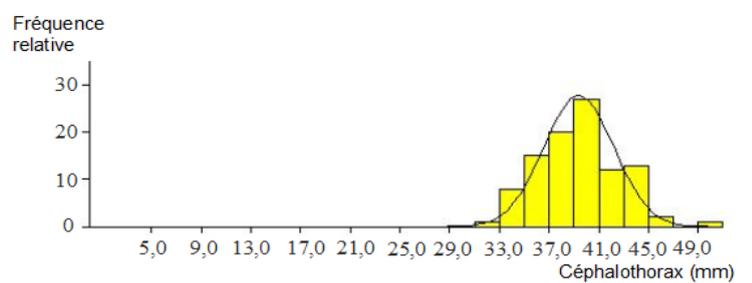
(10)



6/05 (5)



(11)



Conclusion

Les lagunes d'Uruguay sont des écosystèmes fragiles qui dépendent des conditions météorologiques et qui nécessitent une gestion adéquate des ressources. La diversité de la faune est entièrement dépendante de la connexion avec l'océan régulée par l'ouverture des lidi*. La campagne de pré-évaluation de la ressource aquatique réalisée à partir du mois d'octobre a révélé la présence des post-larves dès le mois de novembre en quantité importante, cela a ainsi permis l'ouverture de la saison de pêche dès la fin du mois de janvier. Le suivi des variables environnementales autour de la lagune de Castillos a permis de suivre le mouvement des crevettes pendant la saison de pêche 2022. Les variations de salinité observées à Puente de Valizas ont été corrélées à l'entrée des post-larves au mois de novembre. Le retrait des juvéniles et subadultes a bien coïncidé avec la diminution de la température à partir du milieu du mois de mars.

Les captures en tonnes de crevettes ont été estimées à 131 tonnes pour la saison 2022 confirmant la tendance d'augmentation des captures depuis les années 2000. Les revenus économiques ont été situés autour de 9900 euros pour un pêcheur sur l'ensemble de la saison mais sont sûrement minoré en raison du non-respect de la réglementation par certains pêcheurs.

Cette étude réalisée par la DINARA a permis d'évaluer l'impact de la pêche sur la population de *Penaeus paulensis*. Plusieurs conséquences de la pêche ont été observées sur la population de crevettes. Premièrement, près de 81 % des crevettes ont été prélevées en dessous du seuil de réglementation de 10 grammes. Ensuite, l'estimation de paramètres de maturité morphologique tels que la taille du céphalothorax et le poids des crevettes ($L_{T50} = 35,7$ mm et 7,9 g) a permis de montrer que plus 64 % des individus mâles étaient prélevés en dessous de leur seuil de maturité.

Enfin, même si l'ensemble de la population de crevettes de la lagune de Castillos semble être en condition physique normale (facteur de condition $W_{rm} = 92,5$), l'impact de la pêche sur le développement de *Penaeus paulensis* est considérable. L'analyse des fréquences de poids et de taille du céphalothorax a permis d'observer l'influence de la pêche sur la croissance des différentes cohortes*. Ainsi, le phénomène de surpêche au cours de la saison a engendré une diminution nette de l'abondance des crevettes et n'a pas permis pleinement le développement des spécimens au sein de cet écosystème. Aujourd'hui, la pêche artisanale de la lagune de Castillos provoque un épuisement des ressources aquatiques avant qu'elles ne puissent se reconstituer naturellement.

Cependant, au fil des années, la prise de conscience des pêcheurs locaux permet de mieux appréhender le stock de crevettes présent au sein des lagunes. La DINARA encourage les pêcheurs à opter pour une pêche plus durable assurant ainsi la pérennité des ressources aquatiques au sein des lagunes d'Uruguay.

Plusieurs études sont actuellement en cours pour évaluer à petite et grande échelle l'impact des variations climatiques (ENSO, réchauffement climatique) sur la qualité de la saison de pêche. La connaissance des variabilités climatiques et les effets sur la ressource aquatique permettrait une meilleure interprétation des effets naturels et anthropiques. D'autres analyses telles que l'étude de régime alimentaire et l'expérimentation réalisée en aquaculture pourraient permettre de mieux comprendre la nutrition de *Penaeus paulensis* et ainsi expliquer les différences de taille des crevettes entre les lagunes.

Bibliographie

[1] Republica oriental del Uruguay, 2014, Artículo 8, Reglamento de la Ley 19175 : Declaracion de interes general. Conservacion, investigacion y el desarrollo sostenible de los recursos hidrobiologicos y ecosistemas”, disponible à l’adresse : <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/19175-2013>, Consulté le 20 avril 2022.

[2] Direction Nationale des Ressources Aquatiques, 2013, Zone autorisé pour la pêche artisanal dans les lagunes cotières d’uruguay, disponible à l’adresse : <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/zonas-autorizadas-para-pesca-artesanal>, consulté le 22 avril 2022.

[3] Direction Nationale des Ressources Aquatiques, Ministère de l’agriculture, de l’élevage et de la pêche, 2013, Guide pratique pour les pêcheurs artisanaux, disponible à l’adresse : https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/guia_practica_para_pesca_dores_artesanales_para_web.pdf, consulté le 22 avril 2022.

[4] Menafrá.R., Rodríguez-Gallego.L., Scarabino.F. and Conde.D., 2006, Livre Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya, Las pesquerías en las lagunas costeras salobres de Uruguay, pp 557-560.

[5] Michel A, Morphologie interne d’une crevette, disponible à l’adresse <https://www.pageconcept.org/invertebres/crustaces/crustaces.htm>, consulté le 27 avril 2022.

[6] Santana O, Silveira S and Fabiano G., 2015, Catch variability and growth of pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) in two coastal lagoons of uruguay and their relationship with ENSO events, Brazilian Journal of Oceanography, 63, 355-362., La paloma, Rocha, Uruguay.

[7] Garcia S et Le Reste., 1981, “Introduction”, Cycles vitaux, dynamique, exploitation et aménagement des stocks de crevettes penaeides côtières, FAO document technique des pêches, Rome.

[8] Peixoto S., Wasielesky W. and Cavalli R., 2010. Broodstock maturation and reproduction of the indigenous pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in Brazil: An updated review on research and development, Aquaculture, 315(1-2), 9-15., Brésil.

[9] Fenucci J.L., Ciclo Vital, 1988, Manual para la Cria de camarones peneidos, Food and agriculture Organization of the United Nations (FAO), Brésil.

[10] Franco B.C., Defeo O., R. Piola A., Barreiro M. and Yang H., 2020. Climate change impacts on the atmospheric circulation, ocean, and fisheries in the southwest South Atlantic Ocean: a review, pp 4-6.

[11] Burone L., Franco-Fraguas P., Carranza A and Calliari D., 2021. Physical Drivers and Dominant Oceanographic Processes on the Uruguayan Margin (Southwestern Atlantic): A Review and a Conceptual Model, pp 2-3.

- [12] Météo France, Description des différentes phases d'Enso et leurs conséquences, disponible à l'adresse : <https://www.meteo.nc/en-savoir-plus/accueil/actualites/584-suite-de-l-interview-de-notre-climatologue-thomas-sur-enso-description-des-differentes-phases-d-enso-et-de-leurs-consequences>, consulté le 2 mai 2022.
- [13] Fabiano G., Laporta M. and Silveira S., 2016. Estimación del aporte de juveniles de corvina blanca (*Micropogonias furnieri*) de la Laguna de Rocha (Uruguay) a las pesquerías del Frente Marítimo del Río de la Plata.
- [14] Santana O. and Graciela F. 1999. Medidas y mecanismos de administración de los recursos pesqueros de las lagunas costeras del litoral atlántico del Uruguay (Lagunas de José Ignacio, Garzón, Rocha y Castillos). Proyecto de Investigaciones Pesqueras, Montevideo, pp 165.
- [15] Fabiano G., Santana and Juan CE. 1998. Fish communities in the coastal lagoons of Uruguay, pp 1, Stuttgart.
- [16] Wikipédia, Salinidad, Sistemas de clasificación de cuerpos de agua basados en la salinidad, disponible à l'adresse : <https://es.wikipedia.org/wiki/Salinidad>, consulté le 25 mai 2022.
- [17] Ministerio de Ganadería, Agricultura y pesca, Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, Resolución N°29/2022.
- [18] Silveira S., Fabiano G., Pereyra I., Laporta M., Scarabino F., Santana O., Márquez A. and Errico E., 2022. Presence of the Pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) in the coastal lagoons of Uruguay (Crustacea: Decapoda: Penaeoidea), Nauplius, 30.
- [19] Costa, R.C., Fransozo A., Melo G.A.S. and Freire F.A.M. 2003. An illustrated key for Dendrobranchiata shrimps from the northern coast of São Paulo, Brazil. *Biota Neotropica*, 3: 1–12.
- [20] Froese R., 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations, pp 251, Kiel, Germany.
- [21] DINARA., DINACEA., OSE., CURE., IDR., 2021. Evaluación ambiental de las lagunas costeras (José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos) y de sus principales tributarios. (2017 – 2020), pp 31
- [22] Roa R., Ernst B. and Tapia F., 1999. Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. *Fishery Bulletin*, 97(3), 570-580.
- [23] Torrejon-Magallanes J, 2020. SizeMat: An R Package to Estimate Size at Sexual Maturity, pp 7
- [24] Gayanilo F.C., Sparre P. and Pauly D., 2005. FAO-ICLARM stock assessment tools II, Rome.
- [25] Norbis W, 2000. Studies on the population of pink shrimp (*Penaeus paulensis*) in the coastal lagoons of the Bañados del Este Biosphere Reserve / Walter Norbis.—Rocha, UY : PROBIDES, 2000. ISBN 9974-7532-6-0.

- [26] Tsuzum, M. Y., Cavalli, R. O. and Bianchini, A., 2000. The effects of temperature, age, and acclimation to salinity on the survival of *Farfantepenaeus paulensis* postlarvae. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31(3), 459-468.
- [27] Zein-Eldin, Z. P. and G. W. Griflith. 1968. An appraisal of the effects of salinity and temperature on growth and survival of postlarval penaeids. FAO Fisheries Report 57:1015-1026.
- [28] Pereira, N., & D'Incao, F. (2012). Relationship between rainfall, pink shrimp harvest (*Farfantepenaeus paulensis*) and adult stock, associated with El Niño and La Niña phenomena in Patos Lagoon, southern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 92(7), 1451-1456.
- [29] Climate Prediction Center / NCEP , 16 Mai 2022, disponible à l'adresse : https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf, consulté le 20 mai 2022
- [30] Silveira S., Santana O., Fabiano G., Laporta M., Martinez A., Scarabino F. y Pereyra.M. 2015. Pesca de camaron rosado *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez Farfante, 1967) en las lagunas costeras salobres de Uruguay: Zafra 2015. Unidad de Gestión Pesquera Atlántica, DINARA.
- [31] Seijo J.C, Defeo O, Salas S, 1997, Bioeconomía pesquera Teoría, modelación y manejo, Food and agriculture Organization of the United Nations (FAO), pp 37, Rome.
- [32] Ministère de l'agriculture et de la souveraineté, La bioéconomie, nouvelle vision du vivant, disponible à l'adresse : <https://agriculture.gouv.fr/la-bioeconomie-nouvelle-vision-du-vivant#:~:text=La%20bio%C3%A9conomie%2C%20c'est%20,gratuite%20%3A%20l'%C3%A9nergie%20solaire.>, consulté le 20 mai 2022.
- [33] Browder, J. A., Zein-Eldin, Z., Criales, M. M., Robblee, M. B., Wong, S., Jackson, T. L., & Johnson, D. (2002). Dynamics of pink shrimp (*Farfantepenaeus duorarum*) recruitment potential in relation to salinity and temperature in Florida Bay. *Estuaries*, 25(6), 1355-1371
- [34] Scelzo, M. A. (2016). Biología reproductiva del langostino y del camarón de las aguas marinas argentinas. *El mar argentino y sus recursos pesqueros*, 6: 71-88.
- [35] Froese, R. (2004). Keep it simple: three indicators to deal with overfishing *Fish and fisheries*, 5(1), 86-91.
- [36] Peixoto S., Cavalli R. and Wasielesky W., 2005, Recent Developments on Broodstock Maturation and Reproduction of *Farfantepenaeus paulensis*, *Brazilian Archives of Biology and technology*, 48(6), 997-1006, Brésil.
- [37] Cavalli R., Scuarda MP. and Wasielesky W., 1997, Reproductive Performance of Different Sized Wild and Pond-reared *Penaeus paulensis* Females, Brésil.
- Zenger, H y J.L. Agnes, 1977. Distribuiggo do camarHo-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) ao longo da costa sudeste e sul do Brasil. Serie Documentos Ttcnicos, SUDEPE-PDP 21:1-105.
- [38] Incao F y Calazans D. K, 1978. Relações biomdtricas do “camarfio-rosa” *Penaeus paulensis* Perez Farfante, 1967, na Lagoa dos Patos. RS, Brasil. *Atlbtica* 357-66.

[39] Rial E, Gonzalez V (2020) Caracterización histológica de los estadios de desarrollo gonadal en hembras de camarón rosado *Penaeus paulensis* (CRUSTACEA:PENAEIDAE) en la laguna de Rocha. Tutor: Dra. Graciela Fabiano. Co-tutores: Dra. Daniela Carnales, Dr. Alejandro Bielli. Facultad de Veterinaria. Nota 12

Annexe 2 : Tableau de résultats des différentes cohortes du poids obtenus par la méthode de Bhattacharya

	Poids (g)				
	4/02	17/02	24/03	29/04	6/05
Nombres de cohortes	2	3	1	1	2
Moyenne	1 Cohorte : 4,03 2 Cohorte : 11,26	1 Cohorte : 3,80 2 Cohorte : 7,71 3 Cohorte : 12,83	1 cohorte : 7,74	1 cohorte : 9,79	1 cohorte : 8,45 2 cohorte : 11,60
Index de séparation	1-2 cohorte : 3,79	1-2 cohorte : 2,76 2-3 cohorte : 2,80			1-2 cohorte : 2,09

Annexe 3 : Tableau de résultats des différentes cohortes de la taille du céphalothorax obtenu par la méthode de Bhattacharya

	Taille du céphalothorax (mm)				
	4/02	17/02	24/03	29/04	6/05
Nombres de cohortes	2	3	1	1	1
Moyenne	1 Cohorte : 28,76 2 Cohorte : 40,50	1 Cohorte : 26,49 2 Cohorte : 35,23 3 Cohorte : 43,75	1 Cohorte : 36,21	1 Cohorte : 37,36	1 Cohorte : 39,39
Index de séparation	1-2 cohorte : 2,4	1-2 cohorte : 2,38 3-2 cohorte : 2,21			

Annexe 4 : Statistiques descriptives de base de la longueur du céphalothorax, du poids total et facteur de condition moyen pour les crevettes *Penaeus paulensis* au sein de la lagune de Castillos par récolte annuelle (2017-2021). Taille de l'échantillon (n), EC : écart type, Été (E), Automne (O)

Année	Saison	N	Étendue (Lcfr)	Moyenne + EC	Étendue Poids + EC	Moyenne + EC	Facteur de condition Wrm + EC
2017	E/A	1070	17,8-50,10	37,9±4,8	1,2-22,4	10,5±3,4	101,4±7,5
2018	E/A	1137	17,6-45	34,8±5,0	1,3-17,7	7,9±3,2	93,8±7,3
2019	E/A	586	24,5-48,5	35,3±4,6	2,7-20,6	8,4±3,1	97,0±6,5
2020	E/A	929	22-47,4	34,5±5,2	2-19,8	8,1±3,7	98,2±8,2
2021	E/A	1417	22,4-47,0	35,1±4,0	2-18,31	7,72±2,5	92,5±7,6

Résumé

Effet de la pêche sur l'abondance, le poids et la taille des crevettes (Penaeus paulensis) dans la Lagune de Castillos pendant la récolte 2022.

Dans cette étude, le travail réalisé vise à contribuer à la connaissance des effets de la pêche sur l'espèce *Penaeus paulensis* pendant la récolte 2022 et à la réflexion sur l'avenir de cette activité. Les lagunes côtières d'Uruguay, lieu de croissance de la population de *Penaeus paulensis*, sont situées dans une zone de confluence entre le courant du Brésil et celui des Malouines. La saison de pêche 2022 a débuté fin janvier et s'est terminée début mai. Au cours de cette période, le suivi des variables environnementales et le recueil d'échantillons hebdomadaires de crevette au sein de la lagune de Castillos ont permis de suivre l'évolution et le mouvement des espèces au sein de la lagune de Castillos. La mesure de l'ensemble des échantillons a permis de déterminer l'impact de la pêche sur plusieurs paramètres (poids, taille, abondance) de la population de *Penaeus paulensis*. A travers cette étude, la relation entre l'effort de pêche et la diminution de la ressource aquatique a pu être prouvée. Par ailleurs, les fluctuations du prix au kg de crevettes à été corrélée au capture totale réalisé au cours de la saison de pêche 2022. La disparition de certaines cohortes de crevette a été observée à l'apogée de la saison de pêche impactant ainsi le développement (poids et la taille) de l'ensemble de la population de crevette. Depuis 1989, l'échange permanent entre la DINARA et les pêcheurs locaux a permis d'encourager cette population à une gestion plus durable de la ressource aquatique. Ainsi, peu à peu, les pêcheurs prennent conscience de l'importance des réglementations fixées pour protéger la fragilité de ces écosystèmes.

Mots clés : écosystème lagunaire, variabilité climatique, pêche à la crevette, gestion de la ressource aquatique

Effect of fishing on the abundance, weight and size of shrimp (Penaeus paulensis) in the Castillos Lagoon during the 2022 harvest.

In this study, the work carried out aims to contribute to the knowledge of the effects of fishing on the *Penaeus paulensis* species during the 2022 harvest and to reflect on the future of this activity. The coastal lagoons of Uruguay, where the *Penaeus paulensis* population grows, are located in a confluence zone between the Brazilian and Falklands currents. The 2022 fishing season started at the end of January and ended in early May. During this period, the monitoring of environmental variables and the collection of weekly shrimp samples within the Castillos Lagoon made it possible to follow the evolution and movement of species within the Castillos Lagoon. The measurement of all the samples made it possible to determine the impact of fishing on several parameters (weight, size, abundance) of the *Penaeus paulensis* population. Through this study, the relationship between the fishing effort and the decrease of the aquatic resource could be proven. Furthermore, fluctuations in the price per kg of shrimp were correlated with the total catch during the 2022 fishing season. The disappearance of certain shrimp cohorts was observed at the peak of the fishing season, thus impacting the development (weight and size) of the entire shrimp population. Since 1989, the ongoing exchange between DINARA and local fishermen has encouraged this population to manage the aquatic resource more sustainably. Thus, little by little, fishermen are becoming aware of the importance of the regulations set to protect the fragility of these ecosystems.

Key words: lagoon ecosystem, climate variability, shrimp fishing, aquatic resource management

