



Projet PALTEVA : Diagnostic de l'état de la population de palourdes européennes (*Ruditapes decussatus*) dans la lagune de Thau. Suivi 2023.

Michela Patrissi (1), Ismaël Bernard (2), Florian Hugo (1), Jordane Limonet (1), Hervé Violette (3), Florence Sanchez (4), Nathalie Caill-Milly (4), Corine Bouvier (3), Sylvie Lapègue (3), Jean-Francois Holley (1), Franck Lagarde (3)

- (1) Cépralmar,
- (2) Eureka Mer,
- (3) MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, Sète et Montpellier
- (4) Ifremer, LITTORAL, Anglet

Ce document doit être cité comme suit : Patrissi, M., Bernard, I., Hugo, F., Limonet, J., Violette, H., Sanchez, F., Caill-Milly, N, Bouvier, C, Lapègue, S., Holley, JF., Lagarde, F., 2023. Projet PALTEVA : Diagnostic de l'état de la population de palourdes européennes (*Ruditapes decussatus*) dans la lagune de Thau. Suivi 2023. 47 p.

Remerciements

Le Cépralmar tient à remercier la Région Occitanie, ainsi qu'à l'Union Européenne pour leur soutien financier (FEAMPA). Nous remercions également l'ensemble des collaborateurs qui ont participé à la réflexion et aux échanges et pour leur disponibilité : Sylvie Lapègue et Corine Bouvier pour les analyses génétiques, Nathalie Caill-Milly et Florence Sanchez pour les précieux conseils et l'emprunt du matériel et Nicolas Desroy pour la détermination taxonomique. Nous remercions également le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins (CRPMEM) et le Comité Régional de Conchyliculture de Méditerranée (CRCM) pour les contacts avec la profession.

Un remerciement spécial va à René et Pascal ROQUES, conchyliculteurs de Bouzigues, pour la mise à disposition de la barge et leurs disponibilité et gentillesse sans faille tout au long de la campagne.

Résumé.....	7
Introduction.....	9
Contexte	10
1. La lagune de Thau.....	10
2. La pêche à la palourde	11
2.1. Les techniques de pêche	11
2.2. La réglementation en vigueur.....	11
2.3. L'évolution de la production.....	12
2.4. La répartition spatiale des gisements de palourdes.....	13
2.5. Les principales études et travaux sur la palourde dans la lagune de Thau	14
Matériels et Méthodes.....	17
1. Le choix des sites	17
2. Prélèvement des échantillons	19
2.1. Les fonds supérieurs à 1,50 m	19
2.2. Les fonds inférieurs à 1,50 m.....	20
3. Le traitement des échantillons.....	22
4. L'analyse des données.....	23
Résultats.....	24
1. Validation de la méthode pour la lagune de Thau	24
2. La détermination de l'espèce des palourdes collectées	25
3. La structure de taille des palourdes collectées	28
3.1. L'échantillonnage aléatoire	28
3.2. L'échantillonnage non aléatoire	29
4. La relation taille-poids.....	30
5. La présence des palourdes jaunes dans la lagune de Thau.....	31
6. La densité des palourdes jaunes	32
7. Le lien des densités de palourdes jaunes avec d'autres variables	34
Discussion	36
1. Le protocole d'échantillonnage	36
2. La palourde jaune <i>Polititapes aureus</i>	36
3. Quantifier l'ampleur du déclin de la palourde européenne dans la lagune de Thau	37
4. Les hypothèses sur le déclin de la palourde européenne dans la lagune de Thau	38
5. La perspective de restauration écologique de la population de palourdes européennes	40
Conclusion	41
Références.....	43
Annexes	47

Résumé

Depuis plusieurs années, les pêcheurs de la lagune de Thau alertent sur la diminution de la population de palourdes européennes, *Ruditapes decussatus*. Cette diminution est illustrée par les rares données de production disponibles, avec une production de palourdes estimée, pour toute l'Occitanie, à 458,6 t en 2006 et à 88,4 t en 2014 (Cepralmar, 2006, Lavaud, 2014), contre près de 400 t uniquement pour la lagune de Thau dans les années 90. Si des suivis de mortalité, des suivis d'abondance, des enquêtes sur la pêche ou des essais de grossissement sur la palourde ont été réalisés par le passé, aucune étude d'envergure n'avait eu jusqu'à présent pour objectif d'évaluer l'état de la population de palourdes européennes de la lagune de Thau depuis les années 90 (Mazouni et al., 1999).

Un plan d'échantillonnage spécifique a été conçu pour apprécier la situation démographique et estimer le stock commercialisable de palourdes de la lagune de Thau. La densité des points d'échantillonnage a été modulée en fonction des dernières connaissances sur les zones d'exploitation des palourdes en différenciant les zones exploitées actuellement, les zones exploitées par le passé, les zones de tables conchylicoles et le reste de la lagune de Thau. Un total de 326 points (un quadrat réalisé à chaque point) a été tiré aléatoirement dans la lagune de Thau à l'aide d'un algorithme produisant des échantillonnages spatialement équilibrés (GRTS). Pour des raisons pratiques, les zones de petits fonds, inférieurs à 1,50 m ont été différenciées des zones de fond plus importants, supérieurs à 1,50 m. Les premiers ont été échantillonnés en plongée avec une mini-drague aspiratrice à eau, tandis que les seconds ont été échantillonnés à la benne Hamon. Les prélèvements ont été effectués entre le 12 avril et le 5 mai 2023. Chaque quadrat prélevé a été tamisé et trié et les palourdes ont ensuite été mesurées en longueur, largeur et hauteur puis pesées individuellement. Certaines palourdes ont été analysées en génétique pour déterminer l'espèce. En plus de cet échantillonnage aléatoire, 3 quadrats supplémentaires ont été prélevés de manière non-aléatoire dans des zones où des siphons de palourdes européennes pouvaient être observés.

L'échantillonnage aléatoire a permis de collecter 2874 palourdes de longueurs comprises entre 5,0 et 28,5 mm, pour une longueur moyenne de 13,9 mm. Ces longueurs contrastent fortement avec les 37 palourdes prélevées de manière non aléatoire sur 3 sites, d'une longueur comprise entre 13,1 et 38,2 mm pour une moyenne de 25,7 mm. Les analyses génétiques ont confirmé qu'il s'agissait de palourdes jaunes, *Politapes aurea*, pour 9 individus issus des prélèvements aléatoires (100% des individus testés) et de palourdes européennes pour 3 individus des prélèvements non-aléatoires (100% des individus testés). Sur la base des critères d'identification morphologiques et biométriques, couplées à une analyse génétique de quelques individus, il semble que l'ensemble des palourdes collectées dans le cadre de l'échantillonnage aléatoire soit de la palourde jaune. Cependant, des analyses complémentaires seront nécessaires pour le confirmer. Les densités et les biomasses moyennes sont ainsi faibles avec respectivement 35 ind. m⁻² et 14 g. m⁻². 53% des quadrats prélevés ne présentent aucune palourde.

Cet échantillonnage permet de montrer que le stock de palourdes européennes commerciales est très faible dans la lagune de Thau, inférieur à la limite de détection la méthode GRTS. Ce résultat confirme donc un possible effondrement de cette ressource rapporté par les pêcheurs professionnels. Même en comparaison avec d'autres lagunes méditerranéennes, la situation de cette lagune apparaît particulièrement mauvaise pour cette espèce. De nombreuses causes peuvent être à l'origine de cet effondrement comme l'oligotrophisation, des mortalités par pathogènes, des anoxies ou des modifications du sédiment. Des études spécifiques seront nécessaires pour identifier plus précisément les facteurs en jeu. Et pour le futur, des techniques de restauration environnementale seront à étudier pour reconstituer la population de cette espèce emblématique : la palourde européenne *Ruditapes Decussatus*.

Introduction

La palourde européenne *Ruditapes decussatus*, est une espèce de bivalves de la famille des Veneridae. Son aire de répartition va de la Mer du Nord à l'Océan Atlantique nord-est depuis les côtes norvégiennes jusqu'aux Açores et aux côtes sénégalaises (Fischer-Piette and Métivier, 1971). Elle est commune dans les zones estuariennes et lagunaires de la majeure partie du bassin méditerranéen (Parache, 1982 ; Lubet, 1984) avec aujourd'hui un chevauchement de niche écologique avec *Ruditapes philippinarum* depuis son introduction dans les années 1970 (Hurtado, 2011 ; Montaudouin et al., 2016). La palourde européenne est observée à des profondeurs allant de 1 à 10 m sur des fonds meubles sableux, sablo-vaseux et coquilliers. Le cycle de vie de cette espèce dépend des conditions environnementales du milieu : les limites écologiques sont situées entre 5 et 35 °C pour la température (optimale entre 25°C et 28°C) et de 5 à 50 ‰ pour la salinité (optimale entre 32 et 40‰) (Le Treut, 1967 ; Anonyme, 1983).

La pêche à la palourde a toujours été une activité traditionnelle sur les lagunes d'Occitanie et représentait une source de revenu très importante pour les pêcheurs professionnels. Les estimations de la production venant des données déclaratives du quartier maritime de Sète montrent une production de 45 tonnes en 1960, un pic en 1979 et en 1985 avec environ 475 tonnes (Mazouni et al., 1999). Les données les plus récentes et globales concernant les captures sont celles du suivi de la pêche aux petits métiers 2006 du Cépralmar mentionnant 458,6 tonnes pour la région Languedoc-Roussillon.

Les échanges récents avec la profession laissent à penser que le niveau de débarquement est aujourd'hui quasi nul. Les raisons de l'effondrement des populations de palourdes européennes sur Thau ne sont à ce jour pas connues. Afin d'y répondre et d'essayer à long terme de restaurer cette ressource locale autrefois d'importance forte pour les professionnels, il est essentiel de pouvoir évaluer l'état de la population de palourde européenne présente aujourd'hui sur la lagune de Thau.

C'est dans ce contexte que le groupe de travail « Palourdes » regroupant le Cépralmar, le SMBT et la prud'homie Thau-Ingil a sollicité UMR MARBEC en 2020 afin de mettre en place un projet de recherche pour comprendre les causes de l'effondrement de la population de palourdes en lagune de Thau en vue de sa restauration. Ce projet intègre un volet halieutique dont l'objectif est le diagnostic de l'état de la population de palourdes en place et s'appuie sur les travaux de la palourde japonaise menés dans le bassin d'Arcachon (Sanchez et al., 2022, Caill-Milly et al., 2021). À ce titre, l'équipe de l'Ifremer du Laboratoire Environnement Ressources d'Arcachon (LER AR) a été associée aux différentes réunions pour la mise en place de cette campagne scientifique dédiée.

L'objectif de cette étude préliminaire à la restauration est d'apporter des informations précises et actualisées sur l'état des populations de palourdes européennes de la lagune de Thau, collecter des données biométriques et environnementales et disposer d'échantillons permettant des analyses génétiques préalables à tout projet de restauration écologique (Henry, 2001).

Contexte

1. La lagune de Thau

La lagune de Thau est située dans le département de l'Hérault. Avec une superficie de 7500 ha, une longueur de 19,5 km et une largeur de 4,5 km, elle représente la lagune la plus grande de l'Occitanie. La profondeur est de 4,5 m en moyenne mais une profondeur maximum de 32 m est atteinte au niveau du gouffre de la Vise, situé devant la commune de Balaruc les Bains à l'est de la lagune (Figure 1).

Comme toutes les lagunes méditerranéennes, la lagune de Thau représente un écosystème côtier très particulier situé à l'interface entre terre et mer. Une des caractéristiques principales de cet écosystème est la présence d'une séparation du milieu marin le plus souvent sableuse appelée « lido » qui est percé d'une ou plusieurs ouvertures dénommés « graus ».

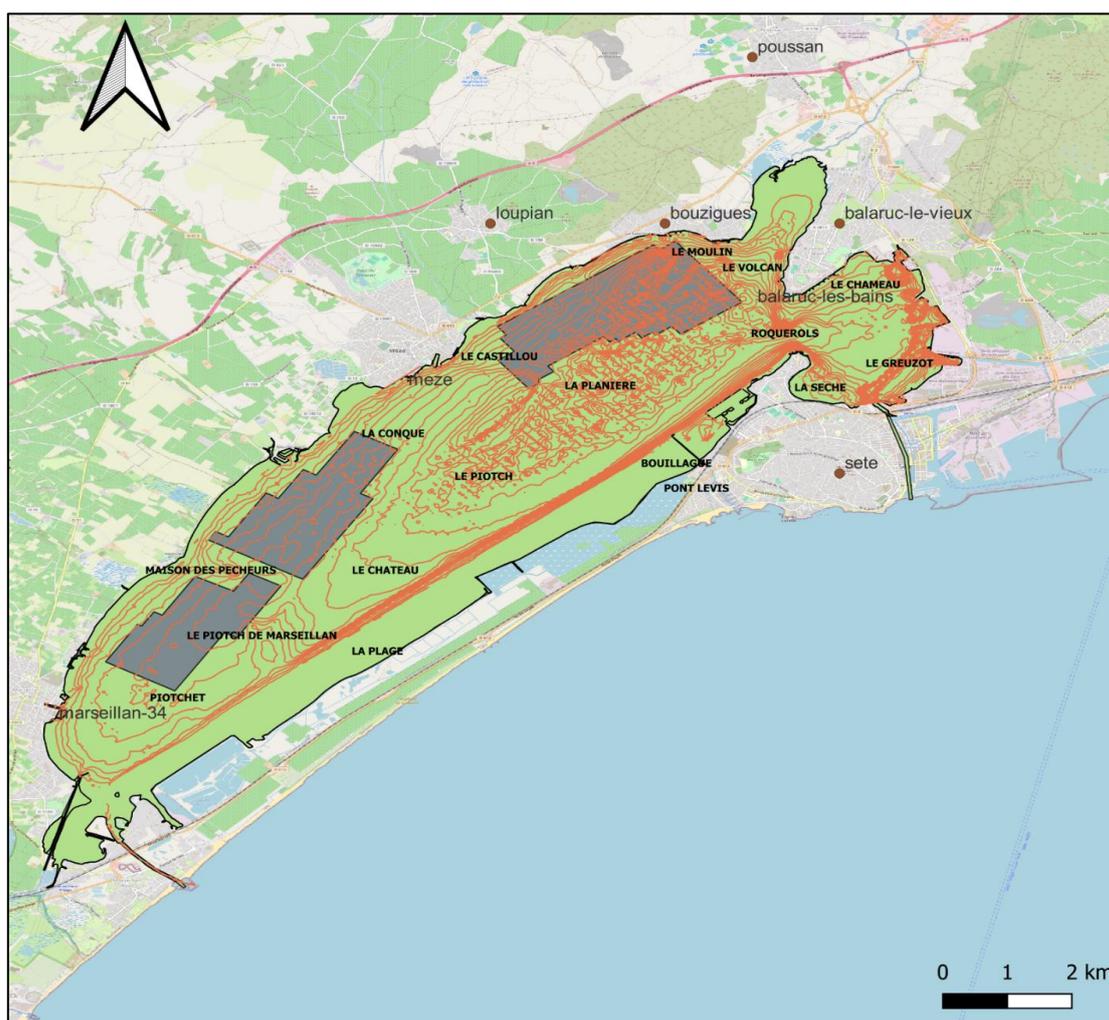


Figure 1 : La lagune de Thau dans avec les principales zones de pêche et lieux-dits évoqués par les pêcheurs (Dahuron et al., 2022 modifié)

Les échanges se font principalement par les canaux de la ville de Sète à l'est, par le grau de Pisse-Saumes à l'ouest et sont la conséquence des différences de niveaux d'eau qui existent de part et d'autre des graus.

Les interactions avec le milieu marin, conjuguées aux apports en eau douce du bassin versant, confèrent à cet écosystème une plage de salinité variable, s'étendant du caractère oligohalin (0,5 à 5 PSU) au caractère hyperhalin (> 40 PSU) selon la classification du Système de Venise établie en 1958 (Venice System, 1958). Le régime des marées est microtidal, engendrant des variations de +/- 5,9 cm

(Fiandrino et al., 2017). La circulation des masses d'eau dans la lagune est principalement régulée par les vents.

La lagune de Thau est un site majeur de pêche et de conchyliculture de la région Occitanie. Les structures conchylicoles couvrent 20% de la surface dans trois secteurs d'élevage : Bouzigues, Mèze et Marseillan.

Dans la figure 1 la lagune de Thau est représentée avec les concessions d'élevage conchylicole ainsi que les principales zones de pêche et lieux dits, évoqués par les professionnels de la pêche lors des enquêtes (Dahuron et al., 2022).

2. La pêche à la palourde

2.1. Les techniques de pêche

Deux différentes techniques peuvent être utilisées pour la pêche de la palourde :

- La pêche à l'arseillère ou « pêche au manche » qui consiste à racler, de l'embarcation, le sédiment avec l'arseillère (une sorte de long râteau muni d'un filet), pour ramasser les palourdes enfouies. Ce travail était très répandu par le passé jusqu'à 2008 mais actuellement peu de pêcheurs le pratiquent (Dahuron et al., 2022).

- La pêche sous-marine qui peut être pratiquée en apnée ou en bouteille. En ce qui concerne la pêche en apnée ou « pêche à vue », les palourdes enfouies sont trouvées grâce à leur marque (ou trou ou baillage) et ramassées à l'aide d'une fourchette. Aujourd'hui cette méthode est quasiment la seule utilisée pour la pêche professionnelle des palourdes. La pêche en bouteille est aujourd'hui strictement interdite sur la lagune. Plus rentable que la pêche à l'arseillère, la pêche sous-marine est apparue à la fin des années 70. Un plongeur en apnée pouvait capturer environ 3 à 4 kg de palourdes en 2 h contre 6 à 7 kg pour un plongeur en bouteille et seulement 1,5 à 2 kg pour un pêcheur à l'arseillère (Mazouni et al., 1999). Elle s'est considérablement développée dans les années 80-90 notamment grâce à l'apparition de combinaisons en néoprène qui protègent les pêcheurs du froid et rendent possible cette activité pendant plusieurs heures.

2.2. La réglementation en vigueur

La pêche récréative des bivalves fouisseurs est interdite dans l'Hérault (arrêté n°2011262-0001 du 19 septembre 2011, portant encadrement des activités de pêche maritime de loisir des coquillages sur le littoral ainsi que dans les lagunes et étangs compris dans la limite de salure des eaux des départements de l'Hérault et du Gard).

Pour la pêche professionnelle, comme pour la plupart des espèces, il existe une taille minimale de capture autorisée basée sur la longueur qui est de 35 mm (JORF n°0171 27/07/10). Il n'y a pas de périodes réglementaires de pêche de la palourde. Une détention obligatoire d'une licence nationale de pêche depuis 2010 (Décret n° 2010-1653 du 28 décembre 2010) est nécessaire pour toute pratique de pêche professionnelle.

Avant d'être commercialisées, les palourdes de la lagune de Thau doivent obligatoirement passer au moins 48 heures dans des bassins de purification. Le bassin de Thau est classé en B par l'arrêté préfectoral N°DDPP34-2023-XIX-079 portant classement de salubrité et de surveillance des zones de production de coquillages vivants destinés à la consommation humaine pour le département de l'Hérault. Après cette étape d'épuration, le pêcheur peut vendre soit directement le produit de sa pêche (marchés, restaurants, export...) soit par l'intermédiaire de mareyeurs.

2.3. L'évolution de la production

L'activité de pêche à la palourde émerge et se développe à la fin du XIX^e siècle avec l'ouverture progressive du marché (Mazouni et al., 2000). Peu de données statistiques officielles de pêche sont disponibles sur la lagune de Thau : les seules données existantes sont issues de suivis très ponctuels ou d'enquêtes menées avec les professionnels. Parmi ces sources il y a la monographie de la conchyliculture et de la mytiliculture (Affaires Maritimes de Sète, entre 1960 à 1975 (ISTPM, 1973)), les données de suivi de la pêche aux petits métiers des Prud'homies du Languedoc-Roussillon (Cépralmar, 2001 à 2006b ; Guillou et al., 2002 ; Mazouni et al., 2000, Figure 2). Ces données seraient en outre peu représentatives de la réalité (Farrugio and Le Corre, 1985).

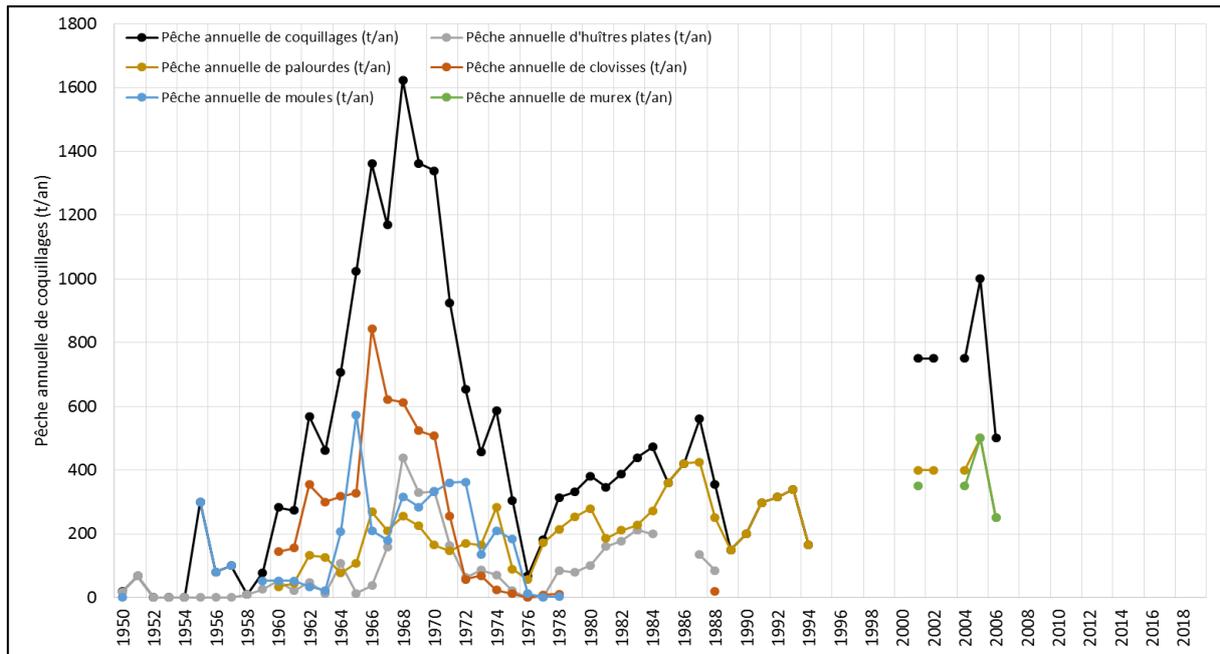


Figure 2 : Pêche de coquillages (tonnes/an) dans la lagune de Thau de 1950 à 2018 (Affaires Maritimes de Sète, 1985-1989 ; Cépralmar, 2001 à 2006b ; Direction des Pêches Maritimes, 1950-1959 ; ISTPM, 1973 ; Mazouni et al., 2000), figure issue de Derolez et al 2020

Malgré la mise en place au début des années 2000 de réseaux d'observation pour la collecte à la source des données sur la production de la pêche artisanale (OBSVENTES depuis 2003 et OBSDEB depuis 2007), les échelles d'acquisition ne permettent pas de récupérer des informations précises sur les débarquements de palourdes en lagune de Thau. La compilation des données de tonnages pêchés depuis 1950 met en évidence un maximum fin 1960-début 1970, avec 1484 t de coquillages pêchées en 1968 (Derolez et al., 2020). Après ce maximum, les données illustrent une chute des productions de coquillages de pêche, en grande partie associée au déclin des gisements de palourde jaune *Politipes aureus* et de moules à la fin des années 1970 et des gisements d'huîtres plates des années 1970 à 1980 (Fauvel, 1986 ; Le Brun, 1985). Entre 1985 et 1990 : une période de forte production a été observée : c'est l'âge d'or de la palourde. La pêche des palourdes dans la lagune de Thau a ensuite entamé un déclin alors expliqué par l'évolution de conditions du milieu (diminution de l'habitat disponible pour les palourdes, envasement des fonds, compétition trophique), de la pêcherie (intensification de l'effort de pêche) et des contraintes du marché (Mazouni et al., 2000). À partir de 1991 et 1992, après le développement et la banalisation de la plongée en bouteille, un fort déclin des quantités pêchées par journée de travail (5 kg/j à l'arseillère en 1999 contre 10 à 15 kg/j en 1980) avec une diminution du nombre de pêcheurs.

Les données disponibles au début des années 2000, indiquant des tonnages équivalents à ceux des années 1990 (~400 t/an) ne reflètent pas les observations des représentants de la profession, ni la perception des acteurs locaux, qui identifient la poursuite du déclin de la ressource de palourdes (Oheix, 2014). D'après les dernières données existantes, issues d'enquêtes, la production de palourdes en Occitanie est estimée à 458,6 t en 2006 et à 88,4 t en 2014 (Cépralmar, 2006 ; Lavaud, 2014), essentiellement sur la lagune de Thau.

Face au déclin de la ressource de palourdes, la prud'homie de Thau a également mis en place en 2005 un cantonnement pour favoriser le repeuplement des fonds par ces coquillages et des ensemencements ont été réalisés en 1980, 1989, puis en 2017 sur la lagune de Thau (Taquet, 1996 ; Cépralmar, 2016).

De plus, au cours des deux dernières décennies, le nombre de pêcheurs de palourdes sur Thau a diminué drastiquement avec, en 1998, 229 pêcheurs de palourdes (sur 850 pêcheurs enregistrés), puis 150 en 2006 (Lavaud, 2014). Actuellement, on ne dénombre plus que 124 pêcheurs professionnels potentiellement concernés par cette pêcherie sur la lagune de Thau en 2022 (nombre de licences de pêche « étang de Thau », chiffre Prud'homie de Thau, 2022) (Figure 3). Ces pêcheurs ont une licence pour pêcher toute espèce commercialisable dans la lagune de Thau : cependant, à dire d'expert (Prud'homie de Thau-Ingril), seulement une dizaine de pêcheurs pêche effectivement la palourde encore aujourd'hui avec des problèmes de rentabilité.

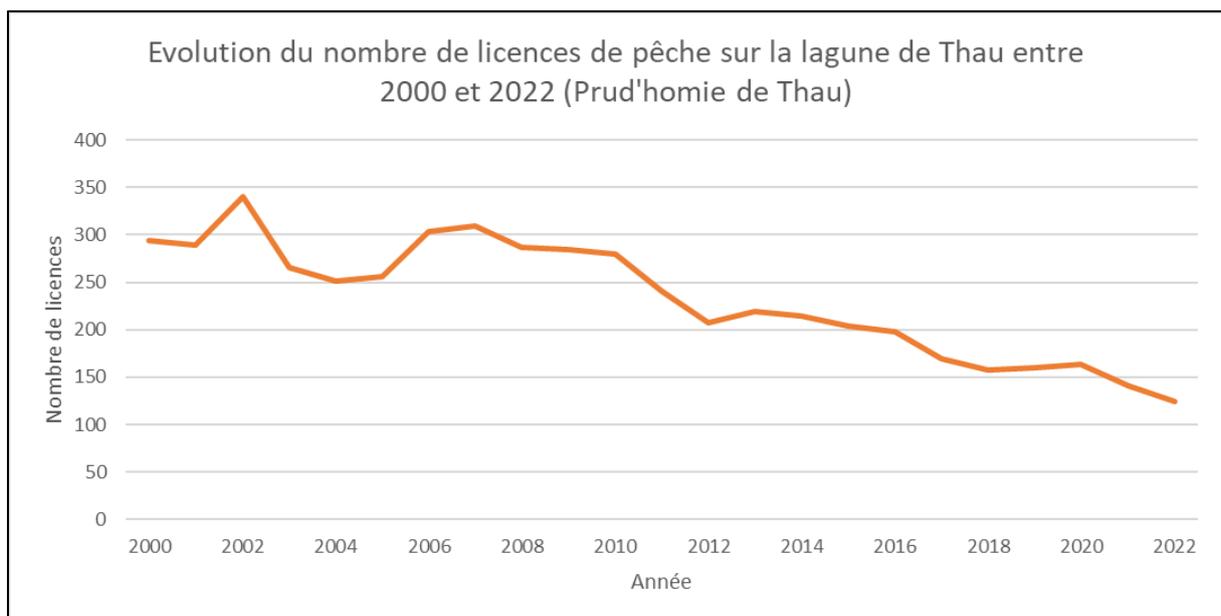


Figure 3 : Évolution du nombre de licences de pêche sur la lagune de Thau entre 2000 et 2022 (Source de données : Prud'homie de Thau)

2.4. La répartition spatiale des gisements de palourdes

En lagune de Thau, les gisements de palourdes dans les années 90 avaient une distribution très localisée (Figure 4). Seuls certains secteurs de la lagune semblaient présenter des conditions favorables au développement et au maintien des gisements de palourdes (Mazouni et al., 1999). Cette composante spatiale très locale est renforcée par les traits de vie de cette espèce benthique. En effet, en tant que bivalve fouisseur, donc peu mobile, elle présente un caractère très grégaire. L'exploitation est traditionnellement très circonscrite et concentrée au niveau de quelques gisements coquilliers. De façon générale il s'agit d'une répartition sur des espaces fragmentés, non contigus et indépendants d'un point de vue des caractéristiques physiques environnementales. La première cartographie

réalisée d'après les enquêtes réalisées dans le cadre du « programme palourde » entre 1980 et 1990 montre 3 gisements existants (Figure 4) : le secteur du lido, l'étang des Eaux Blanches et le secteur autour de la ville de Mèze (d'après Fauvel, 1985).

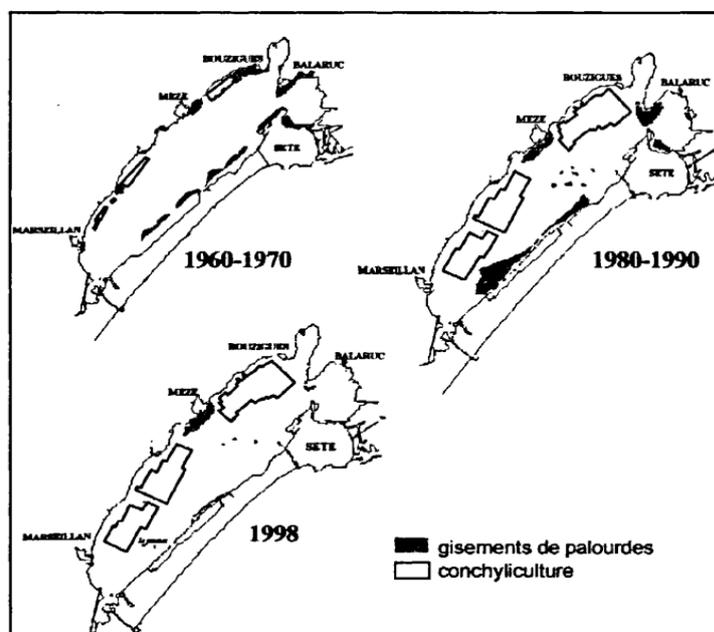


Figure 4 : Cartographie des gisements de palourdes dans la lagune de Thau d'après Fauvel (1985), d'après les enquêtes réalisées dans le cadre du « programme palourde » (situation 1980-1990) et d'après la campagne d'échantillonnage réalisée en 1998 (Mazouni, 1999)

La cartographie la plus récente des niveaux d'abondance de palourdes a été réalisée en compilant différentes informations récoltées concernant les débarquements et l'évolution spatiale et temporelle des habitats benthiques (Pataccini, 2015). Cette dernière cartographie illustre l'existence de 2 gisements supplémentaires (Figure 5).

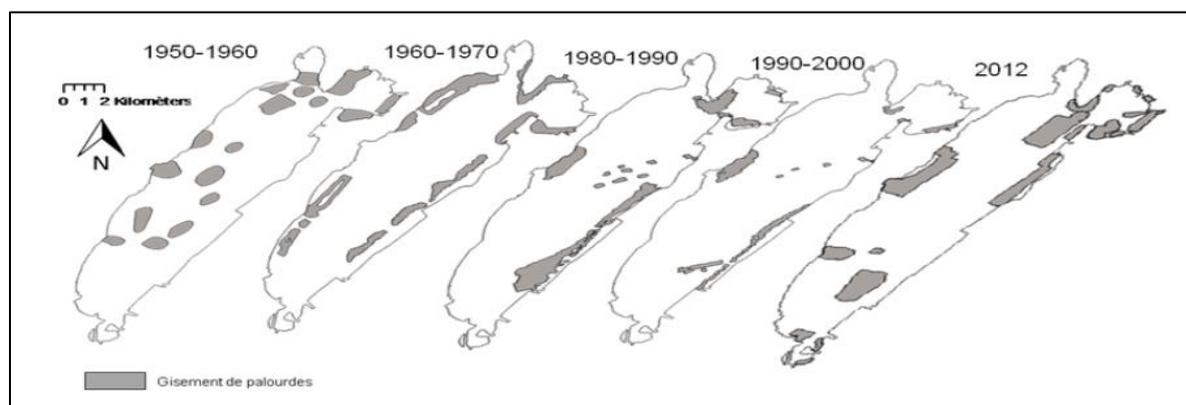


Figure 5 : Cartographie des gisements de palourdes dans la lagune de Thau d'après Pataccini et al., (2015)

2.5. Les principales études et travaux sur la palourde dans la lagune de Thau

En 1999, le « programme palourde » d'une durée de trois ans a essayé de répondre à la constatation d'une diminution du stock de palourdes depuis le début des années 90. En effet, selon des estimations non publiées, la production de palourde est passée d'environ 1 200 tonnes en 1989 à moins de 500 tonnes en 1997.

En 2010, le Cépralmar a réalisé, dans le cadre d'un projet de diversification, des essais de grossissement de palourdes européennes. Les tests ont été réalisés en lanternes en mer et en étang à partir de palourdes de taille T8 à T10 (entre 12 et 24 mm) commandées à une écloserie. La croissance en étang est significative : en moyenne les palourdes ont grandi de 6 mm en 3 mois pendant l'été. À partir du mois d'août, c'est-à-dire lorsque les palourdes ont atteint une largeur de 2,35 cm la croissance ralentit. La croissance en mer est bien inférieure à celle observée en étang et quasi nulle entre fin juin et début août. Les taux de remplissage des palourdes sont compris entre 20 et 25% sur la période de suivi (Gervasoni et al., 2010).

En 2013, les professionnels de la pêche ont demandé au Cépralmar de réaliser un suivi des mortalités et de la dynamique de certains agents infectieux (herpès virus, *V. splendidus*, *V. aesturianus*) comme cela est fait sur les huîtres depuis quelques années. Aucune mortalité anormalement élevée n'a été constatée pendant l'été 2013 et l'herpès virus responsable des mortalités printanières d'huîtres n'a jamais été détecté dans les palourdes (en lanternes et dans le sédiment). La bactérie *V. aesturianus*, responsable en partie des mortalités d'huîtres adultes, a été détectée en septembre dans les palourdes prélevées dans le sédiment. *V. splendidus* est présent dans les palourdes tout au long de l'année sauf lorsque la température de l'eau dépasse 24 ° C au mois d'août (Cépralmar, 2013).

En 2014, le Cépralmar a mené une étude plus précise dans le but de recueillir des informations sur les captures et les zones de pêche de certains invertébrés de Thau, à savoir les palourdes (*Ruditapes decussatus*), les oursins (*Paracentrotus lividus*), les escargots (*Hexaplex trunculus*) et les vers (*Sipunculus nudus*), ceci dans le but de confirmer ou non l'hypothèse de la baisse des stocks. Il a également entamé une réflexion à moyen terme concernant les possibilités de réalisation d'un réensemencement en palourde. Ces informations ont été obtenues grâce à des recherches bibliographiques et des entretiens auprès des professionnels. De façon générale, les pêcheurs soulignent le déclin des quantités de palourdes pêchées dans la lagune de Thau. Certains affirment que dans certains endroits elles ont totalement disparu. Les pêcheurs estiment une production journalière de 30 kg de palourde en apnée et 20 kg avec l'arsoillère dans les années 80-90, la pêche à l'arsoillère devenant moins rentable dans les années 2000.

En 2016, pour pallier les besoins logistiques et humains d'un suivi des palourdes qui nécessite du personnel qualifié, le Cépralmar a testé une structure suspendue, peu chère, simple à mettre en œuvre pour des suivis futurs. Les résultats du test sont encourageants. Bien que n'étant pas parfaitement dans les conditions naturelles, la structure s'en approche et semble pouvoir être utilisée pour imaginer des protocoles de suivis de palourdes futurs qui pourraient être mis en place (croissance, mortalité, etc.). Sur l'ensemble de ces points, ce système d'aspect rudimentaire répond parfaitement aux attentes et un petit captage a également été constaté pour la palourde européenne. Malgré l'abondance du cheptel ostréicole alentour et une densité initiale forte (100 ind.m⁻²), le milieu semble donc favorable à leur développement (Cépralmar, 2016).

Depuis 2020, dans le cadre du Réseau d'Observation Lagunaire animé par le Syndicat Mixte du Bassin de Thau), un suivi d'abondance des espèces d'intérêt économique que sont les oursins (*Paracentrotus lividus*), les palourdes (*Ruditapes spp.*) et les murex (*Hexaplex trunculus*) est réalisé afin d'avoir des informations. 38 sites sont échantillonnés au moins une fois par an en plongée bouteille. Les résultats de ces suivis serviront de support de réflexion pour définir des modalités de gestion au besoin tout en donnant des indications sur des changements de l'écosystème de la lagune. Les suivis menés par le Cépralmar en 2021, 2022 et 2023, sur 38 points indiquent des abondances de palourdes européennes très faibles et une identification de palourdes jaunes *Politapes aureus* (Boulaire et al 2023). Cependant en 2022 le pourcentage de réussite de l'analyse génétique chez la palourde jaune est faible (23%) car les amorces utilisées pour étudier le marqueur mitochondrial visent la palourde japonaise et

européenne. Si l'on souhaite à l'avenir mieux caractériser la présence et la diversité chez cette espèce, une nouvelle paire d'amorces sera sans doute à utiliser. Des investigations complémentaires doivent être réalisées pour caractériser génétiquement les échantillons de palourdes ou clovisses dont le séquençage n'a pas abouti (Boulaire et al., 2023).

En 2020, les étudiants de MASTER BAEMT de l'Université de Montpellier ont réalisé avec le SMTB une étude pour d'identifier et comprendre les enjeux de la pêche de la palourde sur la lagune de Thau, de définir les perspectives de cette activité en réalisant un diagnostic environnemental et socio-économique à l'échelle locale, nationale et mondiale, en proposant un état des lieux des connaissances sur la palourde et en proposant des protocoles et de mesures de suivi sur la lagune de Thau dans le but d'une gestion intégrée de cette espèce dans le territoire. Les recommandations sont de faire dans un premier temps un diagnostic de la population en place puis d'évaluer l'efficacité de sa reproduction et du recrutement de larves et de juvéniles (Anonyme, 2020).

En 2021 le Cépralmar a essayé d'apporter de premiers éléments de réponse à la mortalité observée par les professionnels en suivant son évolution sur différents sites de la lagune de Thau. Les palourdes européennes, capturées par les pêcheurs et vérifiées génétiquement (Boulaire et al., 2023), ont été organisées en lots et mises dans des quadrats protégés par des grillages. 6 lots par site sur 3 zones autour de la lagune ont été suivis : 3 lots régulièrement pendant toute la durée et 3 une seule fois à la fin de l'étude. Une mortalité entre 41 % et 63% a été observée sur les 3 sites (Cépralmar, 2021) 8 mois après la mise à l'eau.

En 2022, le SMTB et l'Ifremer ont encadré un groupe étudiant en licence de l'Institut Agro de Montpellier afin de mener des investigations socio-éco-anthropologiques sur la perception des pêcheurs des causes de l'effondrement des populations de palourdes européennes en lagune de Thau (Dahuron et al., 2022). Les résultats de ces enquêtes indiquent que l'ensemble des pêcheurs questionnés déclare arrêter leur activité de pêche à la palourde entre 2008 et 2010 par manque de rentabilité avec des quantités moyennes de palourdes pêchées inférieures à 5 kg par pêcheur et par jour.

En 2023 et 2024, l'Ifremer et MARBEC réalisent le projet de recherche PALDIAG pour développer l'outil génétique et diagnostiquer la diversité des populations de palourdes européennes en lagune de Thau et dans le Bassin d'Arcachon. L'objectif scientifique est de mieux comprendre l'évolution génétique des populations de palourdes européennes et de palourdes japonaises sur ces deux sites. L'objectif final est de contribuer aux politiques publiques de gestion environnementale et de ressource afin d'envisager une restauration future de cette espèce patrimoniale et endémique (Boulaire et al., 2023).

Matériels et Méthodes

1. Le choix des sites

Le choix des sites et l'effort d'échantillonnage ont été effectués à partir d'une réflexion sur la base des cartes issues du projet « Etude bibliographique et enquêtes concernant les zones et les quantités pêchées » réalisé en 2013 (Besançon et al., 2013). Lors de cette étude, des informations concernant les zones de pêche et les quantités pêchées, ont été récoltées lors d'enquêtes avec les pêcheurs professionnels (Figure 6). Ces cartes, couplées avec la bathymétrie, ont été le point de départ pour la mise en place d'un échantillonnage stratifié spatialement équilibré selon la méthode GRTS (Generalized Random Tesselation Stratified, Stevens et al., 2004) préalablement appliquée sur le bassin d'Arcachon (Sanchez et al., 2021).

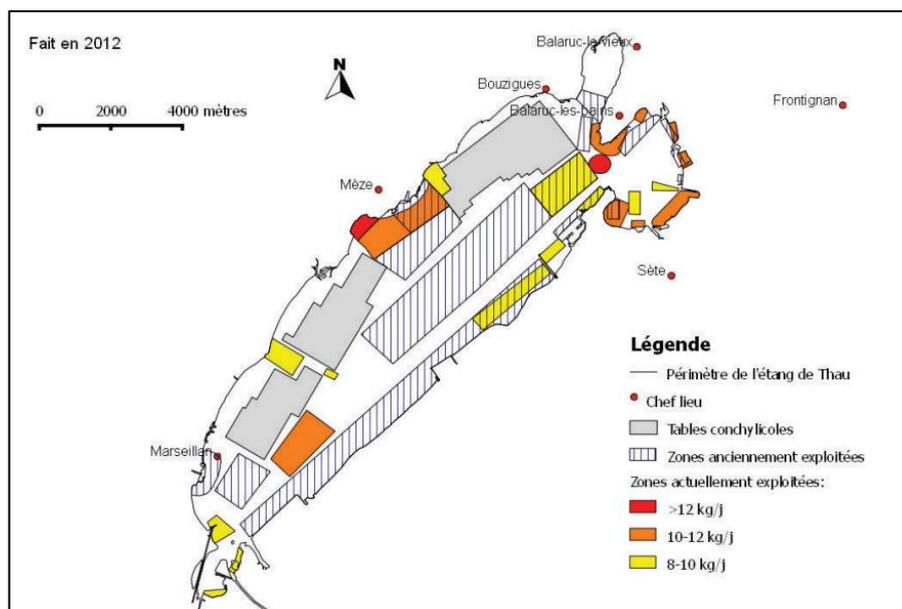


Figure 6 : Zones exploitées en 2015 et anciennement exploitées par les pêcheurs professionnels de pêche à la palourde sur la base d'enquêtes (Besançon et al. ; 2014)

Quatre strates ont été sélectionnées : 3 s'appuyant sur les résultats des travaux issus de Besançon et al., (2015) (zone des tables conchylicoles, zones anciennement exploitées, zones exploitées) et une strate AUTRE pour couvrir l'entièreté de la lagune. Pour effectuer le tirage aléatoire des points, la couche des zones de pêche a été croisée avec l'isoligne de bathymétrie à 1,50 m, pour différencier l'effort d'échantillonnage dans les petits fonds de celui pour les fonds plus importants. Sur la base de ces strates et des densités cibles, un nombre de points au km² a été défini de manière à suréchantillonner les zones les plus favorables aux palourdes, tout en couvrant l'ensemble de la lagune de Thau. Les zones exploitées sont ainsi échantillonnées 3 fois plus densément que les zones des tables conchylicoles (Tableau 1).

La méthode GRTS permet d'obtenir un tirage aléatoire des points tout en garantissant une répartition homogène de ces derniers sur la zone à échantillonner. Elle a été appliquée dans de nombreux cas d'échantillonnage et en France notamment pour l'évaluation du stock de palourdes du bassin d'Arcachon depuis 2018 (Kermorvant et al., 2019). Ces auteurs ont montré que, dans ce cas d'étude, cette méthode de tirage aléatoire permettait d'obtenir des performances similaires à un tirage aléatoire simple avec un nombre de points d'échantillonnage substantiellement réduit. Pour la lagune de Thau, le plan d'échantillonnage prévisionnel prévoyait 331 points (Figure 7) : 251 points pour les fonds supérieurs à 1,50 m et 80 pour les fonds inférieurs à 1,50 m. Chaque point tiré au sort dispose

d'au moins un point de remplacement si le prélèvement n'est pas possible. Pour les zones de tables conchylicoles 3 points de remplacement ont été définis (Tableau 1).

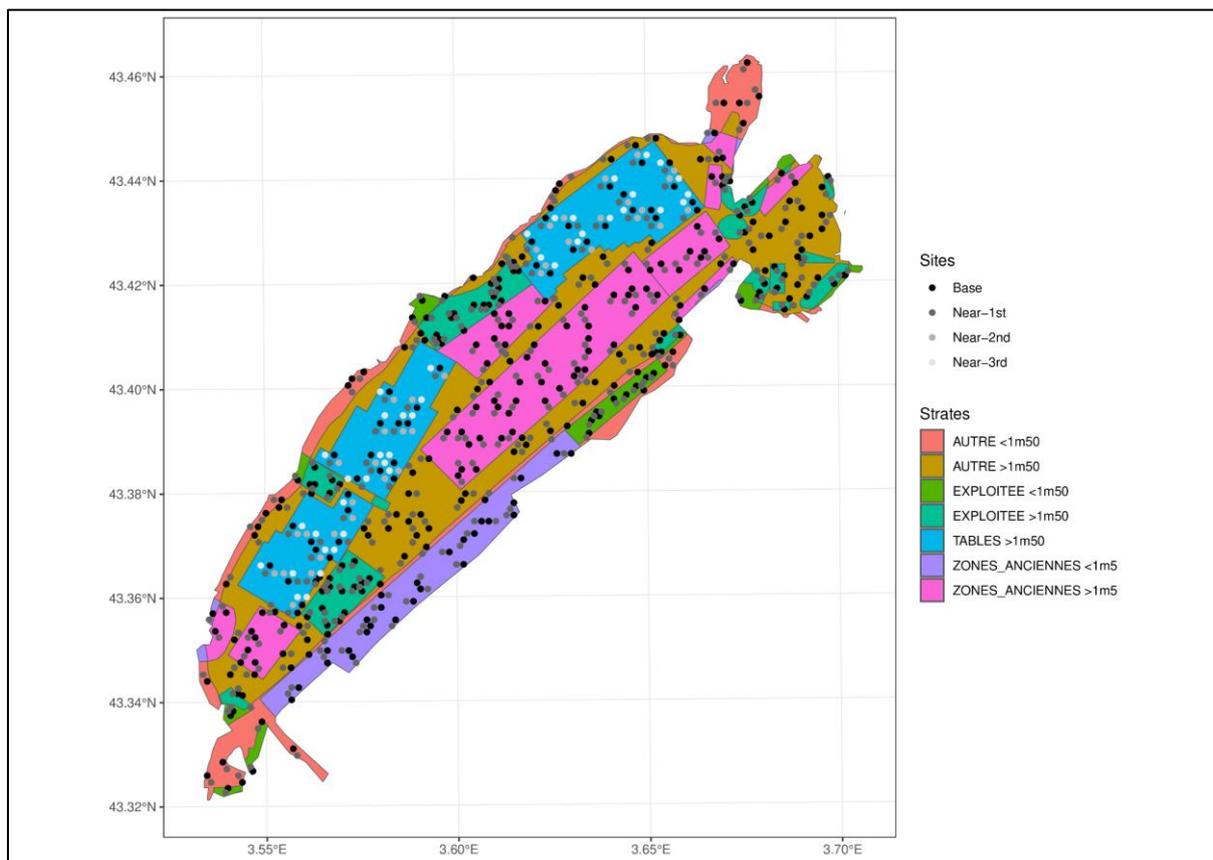


Figure 7 : Carte de stratification de l'échantillonnage avec le résultat du tirage aléatoire GRTS des points (Base) et de leurs 3 substituts (Near 1st, Near 2nd, Near 3rd)

Tableau 1 : Effort d'échantillonnage en fonction de la strate concernée

	AUTRE	EXPLOITÉE	TABLES	ZONES ANCIENNES	TOTAL
Surface (Km ²)	26,94	7,94	13,7	19,57	68,15
Nombre de points au km²	4	10	3	5	
Fonds > 1,50 m	81	59	42	69	251
Fond <1,50 m	28	24		28	80
Total	109	83	42	97	331

2. Prélèvement des échantillons

Deux protocoles de prélèvements différents ont été menés en fonction de la profondeur. Pour chaque point échantillonné, la date du prélèvement, le point GPS ainsi que le type de sédiments (que pour les petits fonds) ont été notés.

2.1. Les fonds supérieurs à 1,50 m

Les grands fonds ont été échantillonnés suivant les protocoles d'échantillonnage semblables à ceux réalisés par les équipes Ifremer pour le bassin d'Arcachon (Sanchez et al., 2021, Caill-Milly et al., 2021) et pour le golfe du Morbihan (Bouche & D'Hardivillé, 2021) dans le cadre des évaluations de stocks de palourdes sur ces secteurs.

L'échantillonnage a été réalisé entre le 12 avril et le 5 mai 2023 depuis la barge conchylicole « NINIE » (11,9 m) de l'entreprise GAEC ROQUES FILS affrétée et équipée pour la campagne. Le positionnement sur chaque point se fait à l'aide d'un GPS. Les prélèvements sont réalisés avec une benne Hamon prêtée pour l'étude par l'Ifremer/RBE-HALGO-LBH. La benne mesure 1,90 m de hauteur et a une embase carrée de 1,55 m de côté. De par son poids (~ 400 kg) et sa bonne pénétration dans le sédiment. Cet engin permet de récolter des espèces profondément enfouies, comme la palourde qui se répartit à des profondeurs comprises entre 7 et 12 cm (Caill-Milly, 2012). La benne se pose sur une table de 70 kg (0,75 m de hauteur, 1,50 m de large et 1,25 m de profondeur) lors de l'armement et de la récupération du sédiment (Figure 8).



Figure 8 : la Benne Hamon (à gauche) et la collecte d'un échantillon sur la barge conchylicole (à droite)

Actionnée par une grue hydraulique équipée d'un treuil, la benne descend jusqu'au fond au bout d'un câble. La tension du câble permet de maintenir la benne en position ouverte. Une fois son godet sur le fond, la tension du câble s'annule permettant la fermeture de la benne. Le godet piège 0,25 m² (L : 0,5 m, l : 0,5 m, h : environ 0,2 m) de sédiment. Remontée sur la barge, la benne est posée sur la table et est ouverte : le sédiment est alors récupéré dans des bacs (Figure 8).

Une fois ramené à bord, chaque prélèvement est rincé et tamisé sur deux tables de tri composées de trois tamis de maille carrée de 20, 10 et 5 mm emboîtés les uns aux autres et placés sur une table pour un meilleur confort. L'utilisation d'un couvercle ouvert à son sommet, pourvu de petites gouttières,

permet de limiter les projections d'eau et la perte des petites palourdes. Le sédiment est rincé à l'aide d'une manche à eau avec un débit important pour le tamisage (Figure 9).



Figure 9 : Prélèvement des échantillons sur les points de profondeur supérieure à 1,50 m à l'aide d'un benne Hamon

2.2. Les fonds inférieurs à 1,50 m

Pour les sites de profondeur inférieure à 1,50 m, le prélèvement avec la barge opérant la benne Hamon n'était pas possible du fait de son tirant d'eau et donc un protocole spécifique, en apnée ou plongée professionnelle en bouteille, a été adopté, testé et validé par le Cépralmar et Ifremer (Figure 10) à l'aide d'une mini-drague aspiratrice à eau à eau.

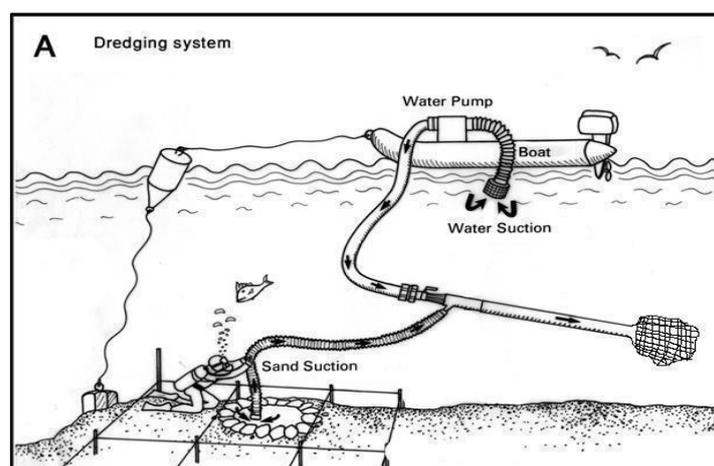


Figure 10 : Schéma de la méthode de prélèvement pour les sites ayant une profondeur inférieure à 1,5 m

La mini-drague aspiratrice à eau à eau fonctionne à l'aide d'une motopompe (HONDA WB20XT) placée sur le navire, qui envoie de l'eau via un tuyau de 50 mm de diamètre dans une buse de 25 mm de diamètre projetant l'eau sous pression dans le corps en Y de 100 mm de diamètre et de 75 cm le long de la mini-drague aspiratrice à eau. Cela génère un courant d'eau grâce à l'effet Venturi : ce qui permet d'aspirer le sédiment dans lequel les palourdes résident grâce un tuyau flexible de diamètre 100 mm placé à 45° du sens du courant (Figure 11).



Figure 11 : Prélèvement des échantillons dans les fonds de profondeur inférieure à 1,50m à l'aide d'une mini-drague aspiratrice à eau

Le mélange d'eau et de sédiment est envoyé dans un sac en filet de 70 L (maille de 2 mm) attaché en sortie de la mini-drague aspiratrice à eau à eau, permettant de retenir la partie coquillée du sédiment et le benthos tout en dégrillant le sable et la vase de l'échantillon.

Pour chaque station, le sédiment est prélevé dans un quadrat carré de 50 cm de côté (0,25 m²), sur une profondeur de 20 cm délimité par des tiges enfoncées dans le sédiment aux quatre coins du quadrat pour prélever la même quantité de sédiment que pour la benne Hamon. Le contenu du sac en filet échantillonné est ensuite ramené au bateau et déversé dans des tamis superposés de mailles respectives de 17 mm, 9 mm et 4 mm afin de tamiser l'échantillon, ce qui permet de faciliter le tri minutieux de l'échantillon et la récolte des palourdes (Figure 12).

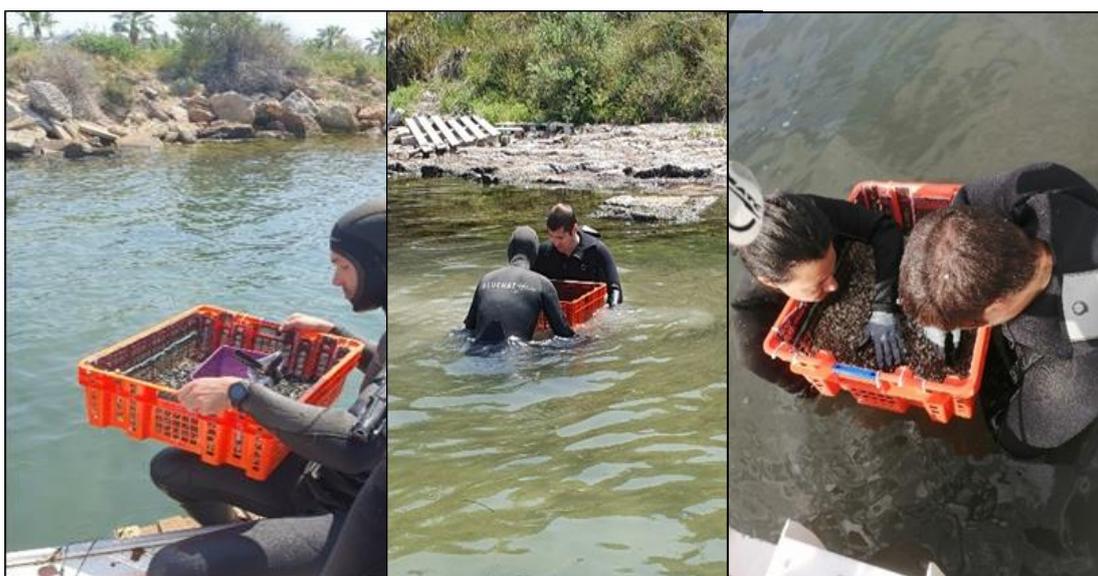


Figure 12 : La tamisage des petits fonds

3. Le traitement des échantillons

Une fois le tri terminé, les palourdes sont ensuite récupérées et stockées dans des sachets, préalablement étiquetés et conservées au frais jusqu'à la fin de la journée. Au laboratoire, toutes les palourdes sont mesurées individuellement à l'aide d'un pied à coulisse électronique digital (MITUTOYO Absolute Digimatic 150 mm) avec une précision de 0,01 mm.

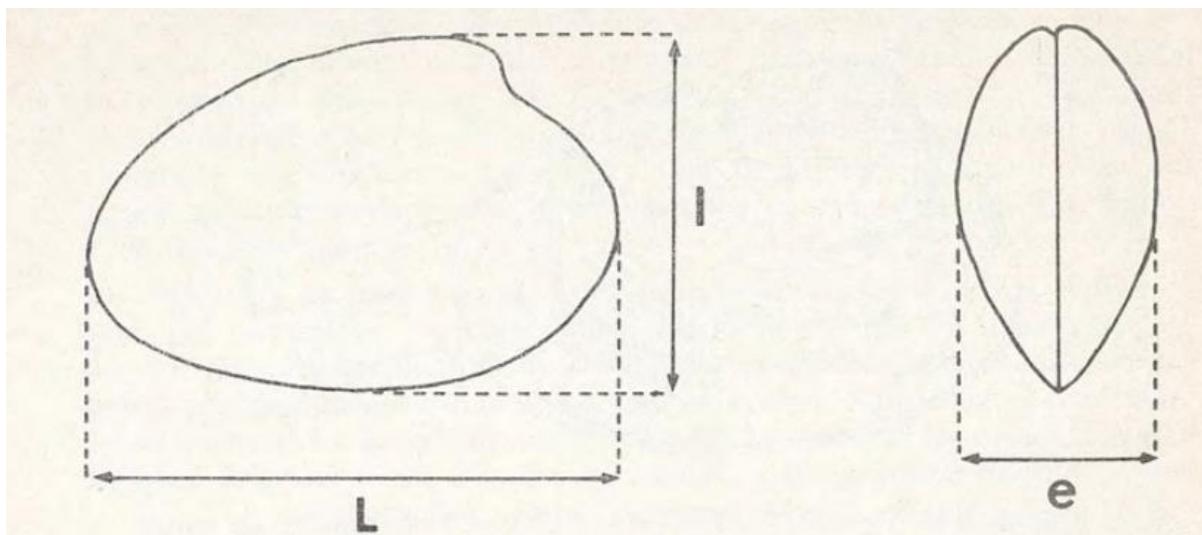


Figure 13 : Mesures biométriques des palourdes collectées à l'aide d'un pied à coulisse

Trois mesures sont réalisées : la longueur (L), la largeur (l) et l'épaisseur (e) de la coquille en mm (Figure 13). La longueur étant le plus grand diamètre dans le sens antéropostérieur, la largeur allant de la charnière dorsale au bord ventral (Gallois, 1976). Les palourdes sont également pesées à l'aide d'une balance (KERN PCB 3502) au dixième de gramme. Elles sont ensuite conditionnées dans des sachets pour des études génétiques ultérieures. À la fin de chaque jour de campagne, le fichier de données généré est enregistré en vue de son traitement ultérieur.

4. L'analyse des données

L'analyse des données, les cartes et les graphiques, ont été effectués avec le logiciel R 4.1.2 (R Core Team, 2021). Plus particulièrement, les analyses ont été programmées à l'aide de l'ensemble des bibliothèques regroupées dans le meta-paquet « *tidyverse* » et avec les bibliothèques de cartographie *gstat*, *sf*, *terra*, *tidyterra* et *stars*. La fonction *grts* est issue de la bibliothèque « *spsurvey* ».

Pour les traitements cartographiques plus spécifiques, les données de “présence-absence” ont été interpolées en utilisant un découpage de la lagune de Thau par les polygones de Voronoï. Cette technique simple propage la valeur de chaque point dans la zone pour laquelle il est le point le plus proche. Pour les données de densité ou de biomasse, comme il n'y avait pas d'intérêt à calculer un stock précis en l'absence de palourdes européennes commerciales, c'est la méthode IDW (Inverse Distance Weighting) qui a été utilisée pour interpoler spatialement les biomasses. Cette méthode consiste à ajuster un poids, w_k , en fonction de la position x , pour calculer une interpolation sur chaque maille $u(x)$ de la grille à partir des données échantillonnées, u_k , selon la formule :

$$u(\mathbf{x}) = \frac{\sum_{k=0}^N w_k(\mathbf{x})^p u_k}{\sum_{k=0}^N w_k(\mathbf{x})^p},$$
$$w_k(\mathbf{x}) = \frac{1}{d(\mathbf{x}, \mathbf{x}_k)},$$

avec

Dans la formule, $d(x, x_k)$ représente la distance entre le point x et les k autres points tandis que le coefficient p permet de régler le degré de lissage des données. Dans la présente étude, il a été fixé à 2 pour traduire la faible corrélation spatiale des densités et des biomasses entre elles qui étaient également présentes dans les essais de variogrammes réalisés.

Pour les relations taille-poids, des courbes non paramétriques, calculées avec la méthode loess (LOcally Estimated Scatterplot Smoothing), ont été ajoutées pour identifier les tendances. Cette méthode a l'avantage de ne pas faire d'hypothèse sur la forme de la courbe à ajuster mais ne peut pas être traduite par des paramètres simples. Les analyses réalisées sur cette étude n'étaient pas celles qui avaient été prévues en avance. Les résultats obtenus et la difficulté à identifier l'espèce ont amené à modifier les analyses.

Résultats

1. Validation de la méthode pour la lagune de Thau

Dans l'application du plan d'échantillonnage aléatoire prévu, 324 points ont pu être prélevés entre le 12 avril et le 5 mai 2023 : 245 à la benne dans les fonds supérieurs à 1,50 m et 79 en plongée dans les fonds inférieurs à 1,50 m. Il s'agit de résultats proches des 331 points prévus dont 251 pour les fonds de plus de 1,50 m et 80 pour les fonds inférieurs à 1,50 m. Ces points issus du tirage aléatoire ont été notés de B1 à B324. Deux points supplémentaires ont été échantillonnés : 1* et PASSE BOUZIGUES (Figure 14).

Sur ces 326 points échantillonnés, 2874 palourdes ont été récoltées, mesurées et pesées après tamisage.

Trois autres points supplémentaires appelés "PEPITES" ont été ajoutés à l'échantillonnage à posteriori. Pour chacun de ces points, le lieu exact du prélèvement a été choisi après avoir repéré les baillages des palourdes et valider leurs présences. Le prélèvement s'est effectué de la même façon que pour l'échantillonnage aléatoire en apnée pour les profondeurs inférieures à 1,50 m. 37 palourdes ont été collectées, mesurées et pesées après tamisage selon cette méthode.

Ces points ont été notés PP1, PP2 et PP3. Un total de 329 points a été échantillonné au total.

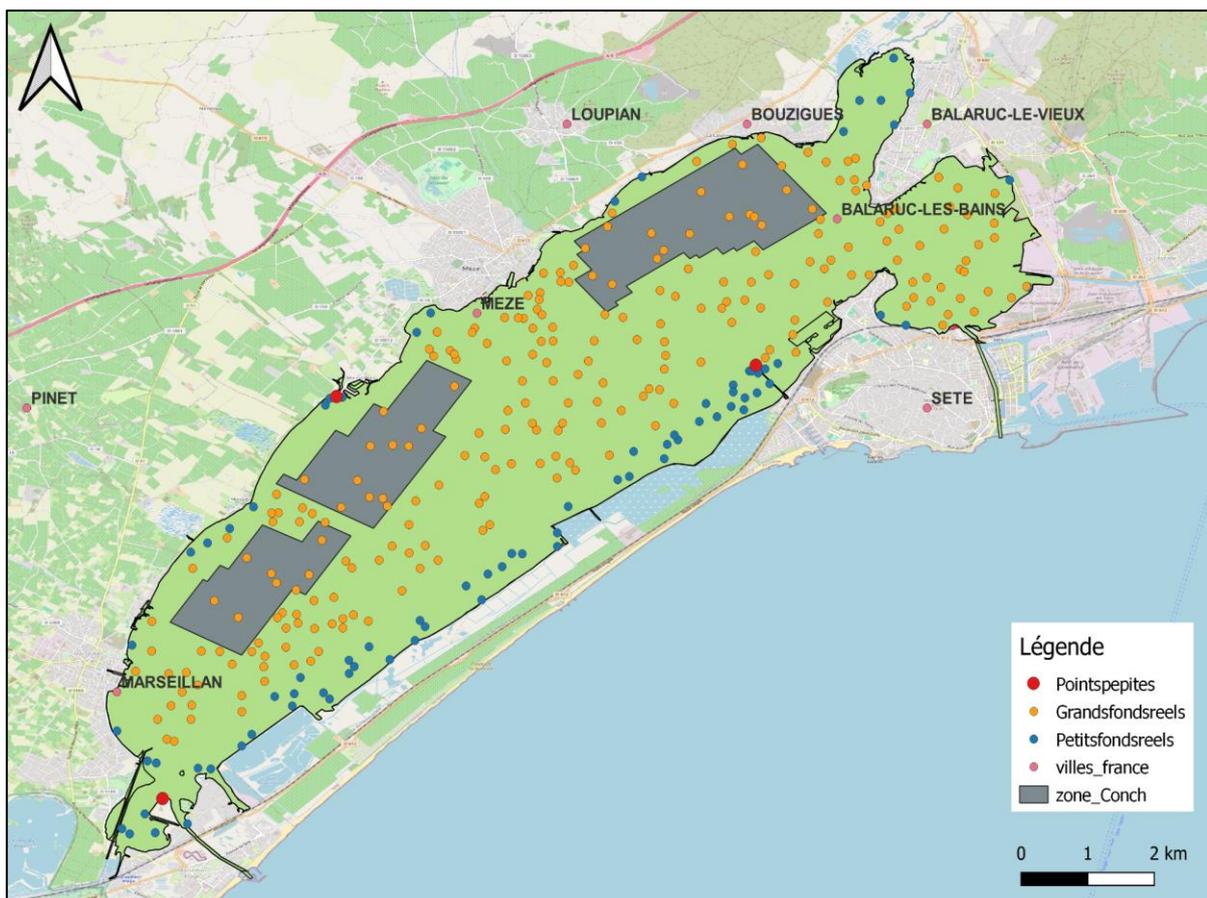


Figure 14 : Les points prélevés de façon aléatoire dans la lagune de Thau : en orange les points sur les fonds supérieurs à 1,50 m, en bleu inférieurs à 1,50 m. Les points en rouge sont les points prélevés à posteriori de façon non aléatoire

2. La détermination de l'espèce des palourdes collectées

Compte-tenu de la faible taille des palourdes récoltées (avec une longueur maximum de 28,5 mm) et de la difficulté à identifier l'espèce en présence, des analyses génétiques non prévues initialement par le projet ont été réalisées. Cette étape d'identification a été réalisée en mobilisant les spécialistes de l'identification de bivalves et des espèces benthiques. Pour ce faire, en plus des personnes déjà impliquées dans le projet il a été fait appel à Nicolas Desroy (Ifremer Dinard).

Pour la détermination taxonomique, les coquilles de 353 échantillons ont été observées dont 12 individus issus de 4 points de prélèvements aléatoires (B21, B17, B33, B303, Figure 15) qui ont été envoyés à Nicolas Desroy pour confirmation (Figure 15).

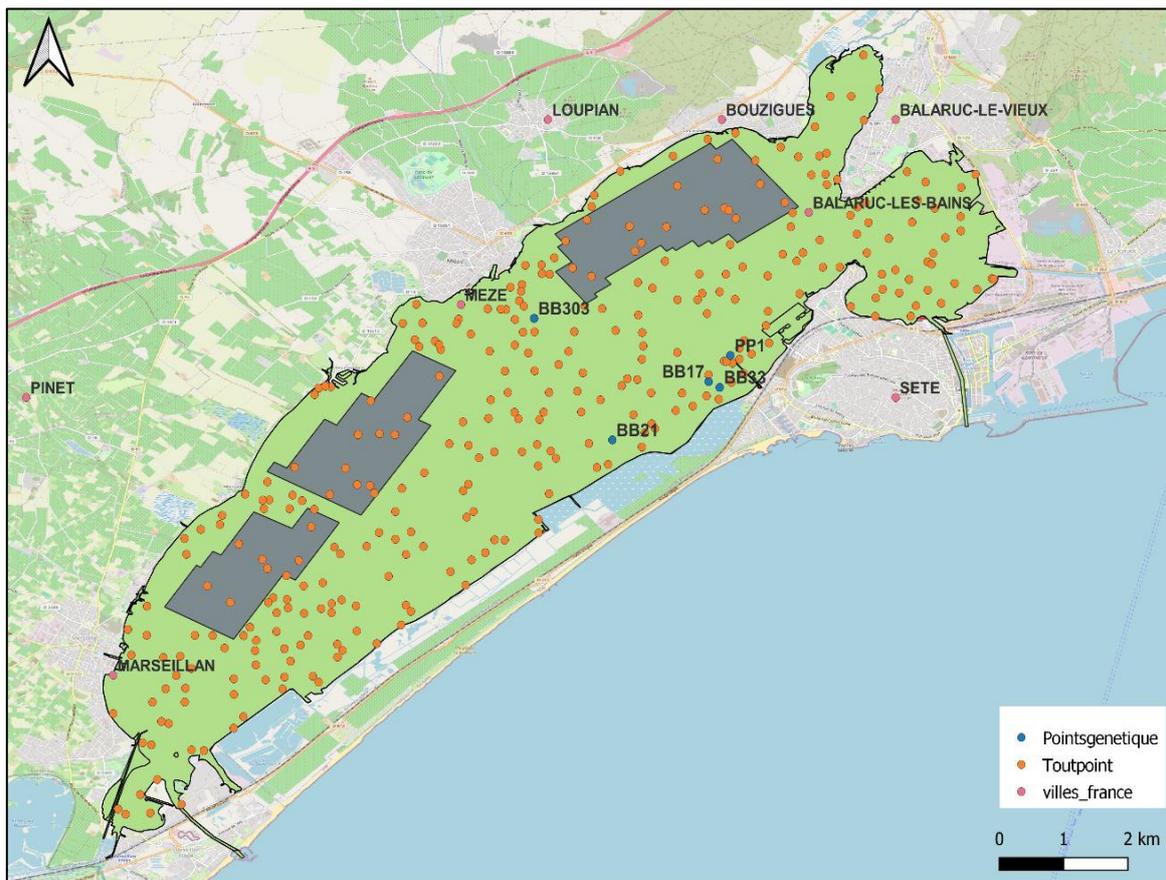


Figure 15 : Les points choisis pour les analyses génétiques

Pour les analyses génétiques, 12 échantillons de palourdes issues de 5 sites de la lagune de Thau (points B17, B21, B33, B303 et PP1) ont été analysés. Quatre de ces sites font partie de ceux échantillonnés dans le cadre de PALTEVA (B17, B21, B33, B303) et un site est une pépité (PP1) repérée en plongée par recherche visuelle des siphons des palourdes, en dehors de l'échantillonnage aléatoire. Les ADNs des 12 échantillons ont été extraits et amplifiés avec le marqueur mitochondrial COI sur la plateforme de biologie moléculaire de l'UMR Marbec à Montpellier.

Le séquençage de ces amplicons a été réalisé par la société Genoscreen. L'alignement de ces séquences a permis de mettre en évidence deux groupes d'échantillons, 9 provenant des points B17, B21, B33, B303 d'une part et 3 provenant de PP1 d'autre part (Figure 16).

Consensus	TCTAGTAATGCCTATAATGATTGGAGGATTTGGAAACTGGTTAGTACCGTTAATACTAGT	420
LAPEGUE_PAL1261-COI_RV_D10_074.ab1 (reversed)	NCTNGTAANGCCTATAATGATTGGAGGATTTGGAAACNGGTTAGTACCGTTAATACTAGT	406
consensus PAL1304	TCTAGTAATGCCTATAATGATTGGAGGATTTGGAAACTGGTTAGTACCGTTAATACTAGT	227
consensus PAL1269	TCTAGTAATGCCTATAATGATTGGAGGATTTGGAAACTGGTTAGTACCGTTAATACTAGT	237
consensus PAL1265	TCTAGTAANGCCTATAATGATTGGAGGATTTGGAAACTGGTTAGTACCGTTAATACTAGT	237
consensus PAL1263	TCTAGTAATGCCTATAATGATTGGAGGATTTGGAAACTGGTTAGTACCGTTAATACTAGT	240
consensus PAL1260	TCTAGTAATGCCTATAATGATTGGAGGATTTGGAAACTGGTTAGTACCGTTAATACTAGT	418
consensus PAL1264	TCTAGTAATGCCTATAATGATTGGAGGATTTGGAAACTGGTTAGTACCGTTAATACTAGT	238
LAPEGUE_PAL1303-COI_RV_B11_093.ab1 (reversed)	TCTAGTAATGCCTATAATGATTGGAGGATTTGGAAACTGGTTAGTACCGTTAATACTAGT	243
LAPEGUE_PAL1270-COI_RV_A11_095.ab1 (reversed)	TCTAGTAATGCCTATAATGATTGGAGGATTTGGAAACTGGTTAGTACCGTTAATACTAGT	240
Consensus	TATTCGGGATATGGCTCATCCGCGTTTAAATAATGTAAGATTTTGGCTTCTTCCAGTCTC	480
LAPEGUE_PAL1261-COI_RV_D10_074.ab1 (reversed)	TATTCGGGATATGGCTCATCCGCGNNTAANTAAAGTAAGATTTTGGCTTCTTCCNGTCTC	466
consensus PAL1304	TATTCGGGATATGGCTCATCCGCGTTTAAATAATGTAAGATTTTGGCTTCTTCCAGTCTC	287
consensus PAL1269	TATTCGGGATATGGCTCATCCGCGTTTAAATAATGTAAGATTTTGGCTTCTTCCAGTCTC	297
consensus PAL1265	TATTCGGGATATGGCTCATCCGCGTTTAAATAATGTAAGATTTTGGCTTCTTCCAGTCTC	297
consensus PAL1263	TATTCGGGATATGGCTCATCCGCGTTTAAATAATGTAAGATTTTGGCTTCTTCCNGTCTC	300
consensus PAL1260	TATTCGGGATATGGCTCATCCGCGTTTAAATAATGTAAGATTTTGGCTTCTTCCAGTCTC	478
consensus PAL1264	TATTCGGGATATGGCTCATCCGCGTTTAAATAATGTAAGATTTTGGCTTCTTCCAGTCTC	298
LAPEGUE_PAL1303-COI_RV_B11_093.ab1 (reversed)	TATTCGGGATATGGCTCATCCGCGTTTAAATAATGTAAGATTTTGGCTTCTTCCAGTCTC	303
LAPEGUE_PAL1270-COI_RV_A11_095.ab1 (reversed)	TATTCGGGATATGGCTCATCCGCGTTTAAATAATGTAAGATTTTGGCTTCTTCCANNCTC	300
Consensus	TATAATACTACTATTGAGATCTACTTATGTAGATAATGGGGCAGGAACCGGTTGAACAGT	540
LAPEGUE_PAL1261-COI_RV_D10_074.ab1 (reversed)	NATAATACTACTANTGANATCTACTTANGTAGATAATGGGGCAGGAACCGGTTGAACNNT	526
consensus PAL1304	TATAATACTACTATTGAGATCTACTTATGTAGATAATGGGGCAGGAACCGGTTGAACAGT	347
consensus PAL1269	TATAATACTACTATTGAGATCTACTTATGTAGATAATGGGGCAGGAACCGGTTGAACAGT	357
consensus PAL1265	TATAATACTACTATTGAGATCTACTTATGTAGATAATGGGGCAGGAACCGGTTGAACAGT	357
consensus PAL1263	TATAATACTACTATTGAGATCTACTTATGTAGATAATGGGGCAGGAACCGGTTGAACAGT	360
consensus PAL1260	TATAATACTACTATTGAGATCTACTTATGTAGATAATGGGGCAGGAACCGGTTGAACAGT	538
consensus PAL1264	TATAATACTACTATTGAGATCTACTTATGTAGATAATGGGGCAGGAACCGGTTGAACAGT	358
LAPEGUE_PAL1303-COI_RV_B11_093.ab1 (reversed)	TATAATACTACTATTGAGATCTACTTATGTAGATAATGGGGCAGGAACCGGTTGAACAGT	363
LAPEGUE_PAL1270-COI_RV_A11_095.ab1 (reversed)	TATAATACTACTANTGANATCTACTTATGTAGATAATGGGGCAGGAACCGGTTGAACNGT	360

Figure 16 : Partie de l'alignement de 9 échantillons des sites PALTEVA, indiquant qu'ils appartiennent à la même espèce

Les 9 échantillons de PALTEVA appartiennent tous à la même espèce identifiée comme étant la palourde jaune (*Politapes aureus*) dans les bases de données de séquences internationales (Figure 17). Compte-tenu de ces résultats en génétique, de l'expertise externe en taxonomie à partir des coquilles et de la gamme de taille des palourdes échantillonnées aléatoirement, nous avons considéré, avant de plus amples investigations, que l'ensemble des palourdes prélevées aléatoirement étaient des palourdes jaunes *Politapes aureus*. Cette gamme de taille correspond bien à ce qui est connu de la palourde jaune (e. g. Derbali et al., 2006).

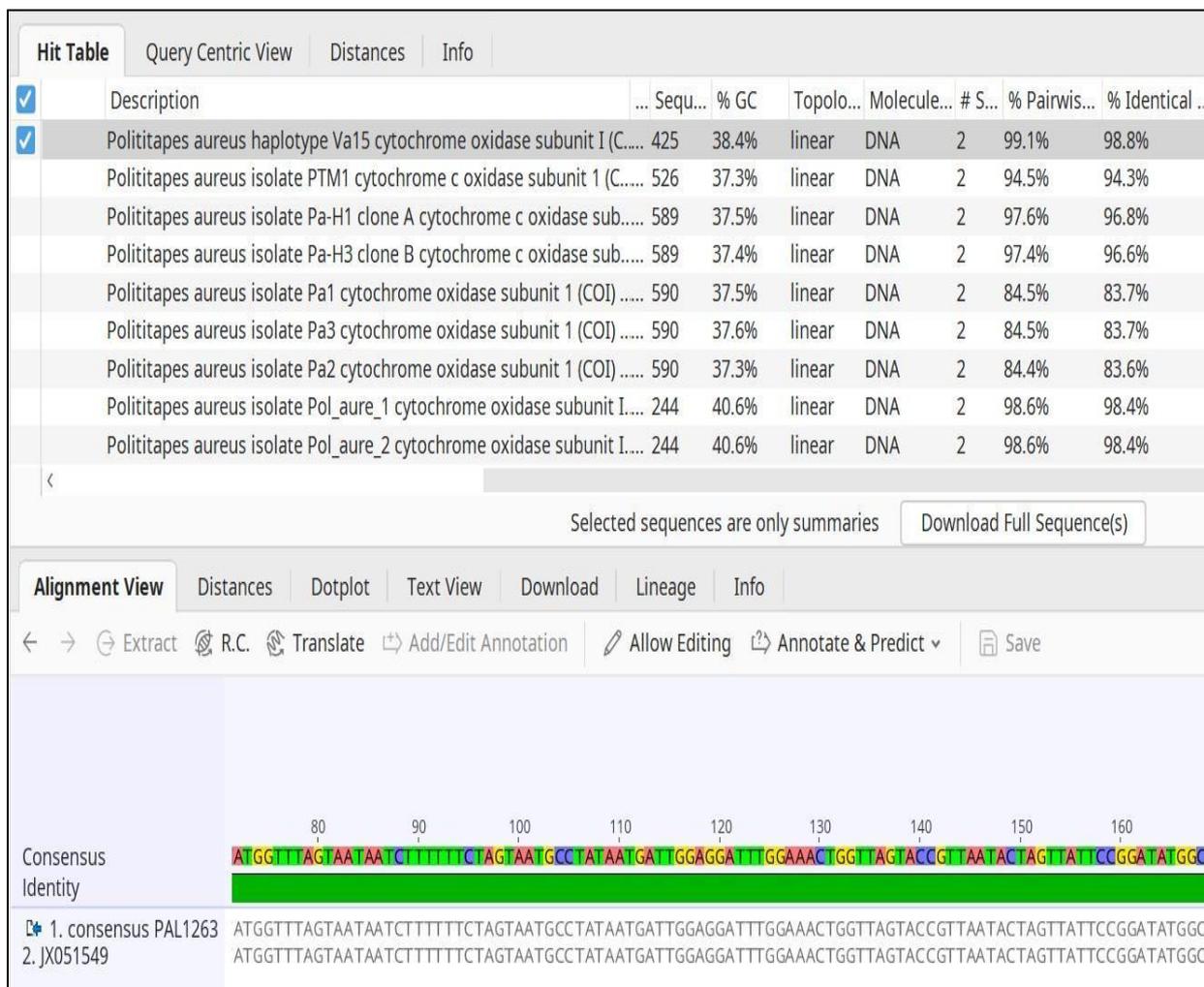


Figure 17. Résultat d'une recherche dans la base de données internationale NCBI (National Center for Biotechnology Information) en haut de la figure, et partie d'un alignement entre la séquence d'un échantillon de PALTEVA et une des séquences de *Politapes aureus* en bas de la figure.

De la même manière, les trois échantillons de PP1 ont été identifiés comme appartenant à l'espèce *Ruditapes decussatus*, la palourde européenne.

3. La structure de taille des palourdes collectées

3.1. L'échantillonnage aléatoire

La figure 18 montre que les 2874 palourdes collectées dans la lagune de Thau lors des prélèvements aléatoires sont de très petite taille, avec 94,7 % des palourdes inférieures à 20 mm de longueur, pour des longueurs comprises entre 5,0 et 28,5 mm. La taille moyenne est de 13,9 mm. Les échantillons passés aux analyses génétiques ont montré qu'il s'agit de la palourde jaune *Polititapes aureus*.

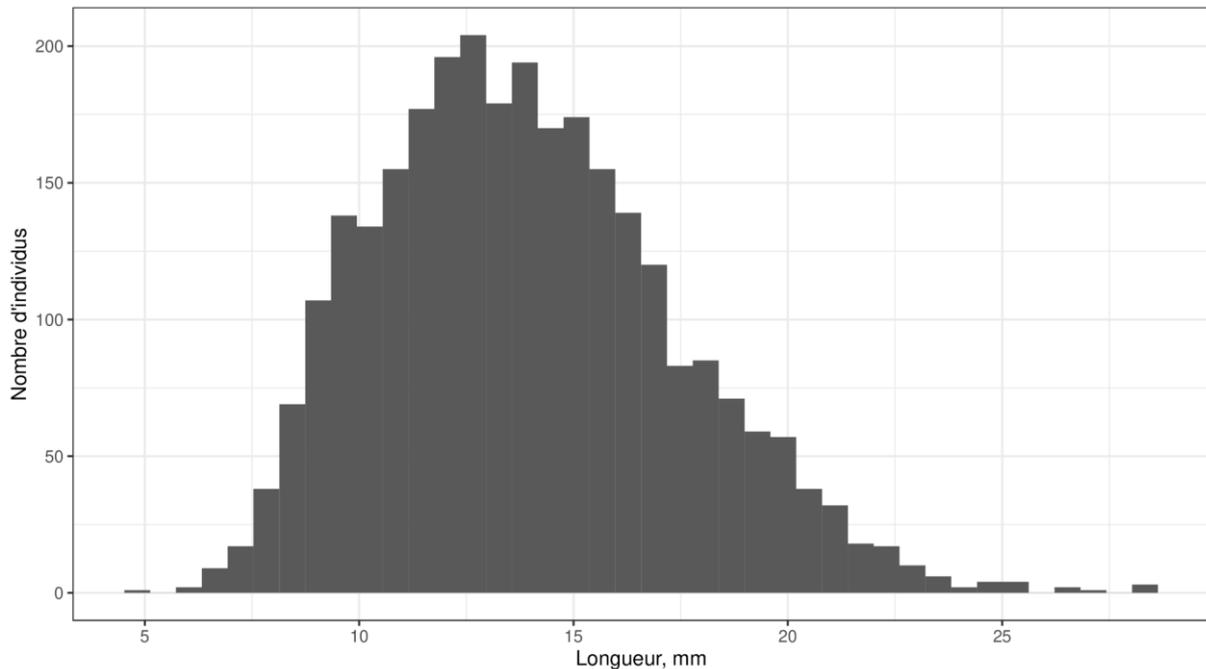


Figure 18 : Histogramme des longueurs des 2874 palourdes jaunes *Polititapes aureus* collectées dans la lagune de Thau lors des prélèvements aléatoires du printemps 2023 et des 37 palourdes collectées de manière non aléatoire dans les pépites

Les tailles les plus communes rencontrées dans la lagune de Thau sont comprises entre 11,2 et 16,1 mm, ce qui représente 50 % de la population. Il est à noter qu'aucune différenciation de cohorte n'a pu être réalisée sur la base des longueurs mesurées.

3.2. L'échantillonnage non aléatoire

L'histogramme des tailles des 37 palourdes échantillonnées de manière non aléatoire, comparée aux palourdes récupérées de manière aléatoire, montre que des individus bien plus gros, de l'espèce *Ruditapes decussatus*, subsistent très localement (Figure 19). Dans les pépites, la taille maximale des palourdes récoltées est de 38,2 mm pour un minimum de 13,1 mm et une moyenne de 25,7 mm. Ainsi, 10 palourdes retrouvées dans les pépites ont une taille plus élevée que la plus grosse palourde de l'échantillonnage aléatoire et 92 % des palourdes collectées ont une taille supérieure à 20 mm.

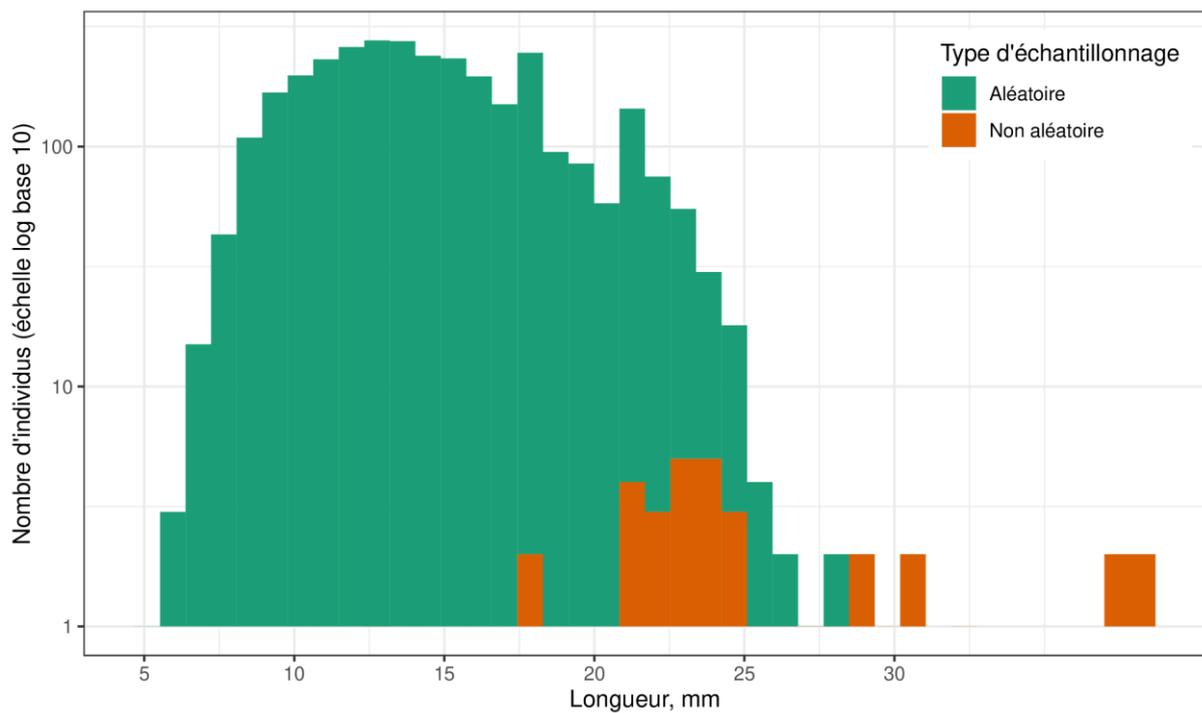


Figure 19 : Histogramme (en orange) des longueurs des 37 palourdes échantillonnées de manière non aléatoire par recherche de pépites comparé aux longueurs des palourdes jaunes *Polititapes aureus* (en vert).

4. La relation taille-poids

La figure 20 montre les relations taille-poids des palourdes collectées lors des deux protocoles : l'échantillonnage aléatoire et non aléatoire. La longueur en mm et le poids en g sont utilisés.

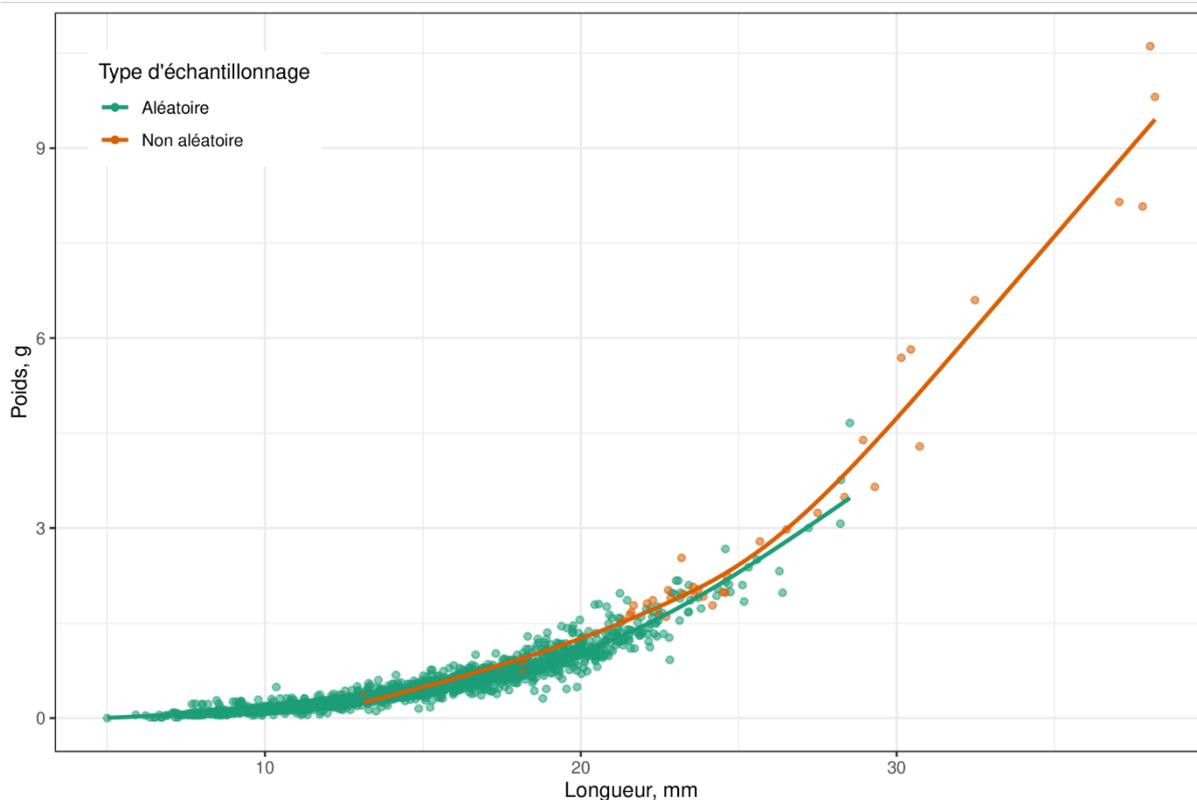


Figure 20 : Relations longueur-poids observées pour l'échantillonnage aléatoire (en vert) et l'échantillonnage non aléatoire (pépites, en rouge). Les courbes correspondent aux relations non paramétriques calculées à partir des données des 2 échantillonnages différents.

L'échantillonnage non aléatoire ne nous a pas permis d'avoir des palourdes de longueur inférieure à 13,1 mm.

5. La présence des palourdes jaunes dans la lagune de Thau

La carte de présence des palourdes jaunes dans la lagune de Thau montre une prédominance d'implantation dans les petits fonds sur le pourtour de la lagune (Figure 21). À l'échelle des quadrats de 0,25 m² effectués ici, la présence des palourdes jaunes reste largement fragmentée dans la lagune.

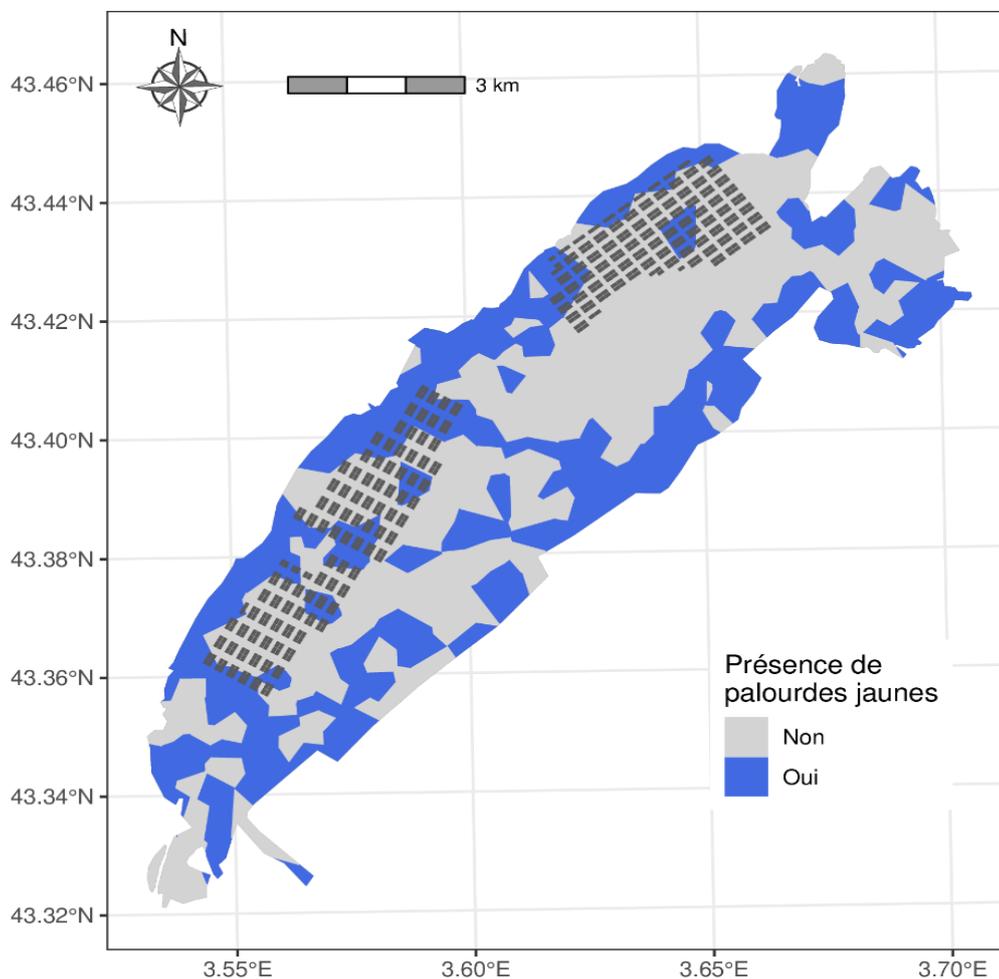


Figure 21 : Carte de présence des palourdes jaunes dans la lagune de Thau établie à partir des prélèvements aléatoires effectués au printemps 2023

6. La densité des palourdes jaunes

Parmi les 324 points échantillonnés, seuls 47 % des points présentent des palourdes jaunes (Figure 22, A). Les points avec présence de palourdes jaunes sont situés sur le pourtour de la lagune de Thau. Les plus fortes densités en effectif ont été identifiées au nord des salines de Villeroy avec 4 prélèvements dont les densités dépassent les 500 palourdes au m², pour un maximum de 1250 palourdes par m². Des densités plus élevées que la moyenne, établie à 35 ind.m⁻², sont aussi retrouvées dans la Crique de l'Angle, après la pointe du Barrou, en face des Amoutous ou en face des marais de Soupe-tard (Figure 22, A et B). Même si cette espèce de palourde est ubiquiste dans la lagune de Thau, elle ne présente que rarement de fortes densités en effectif.

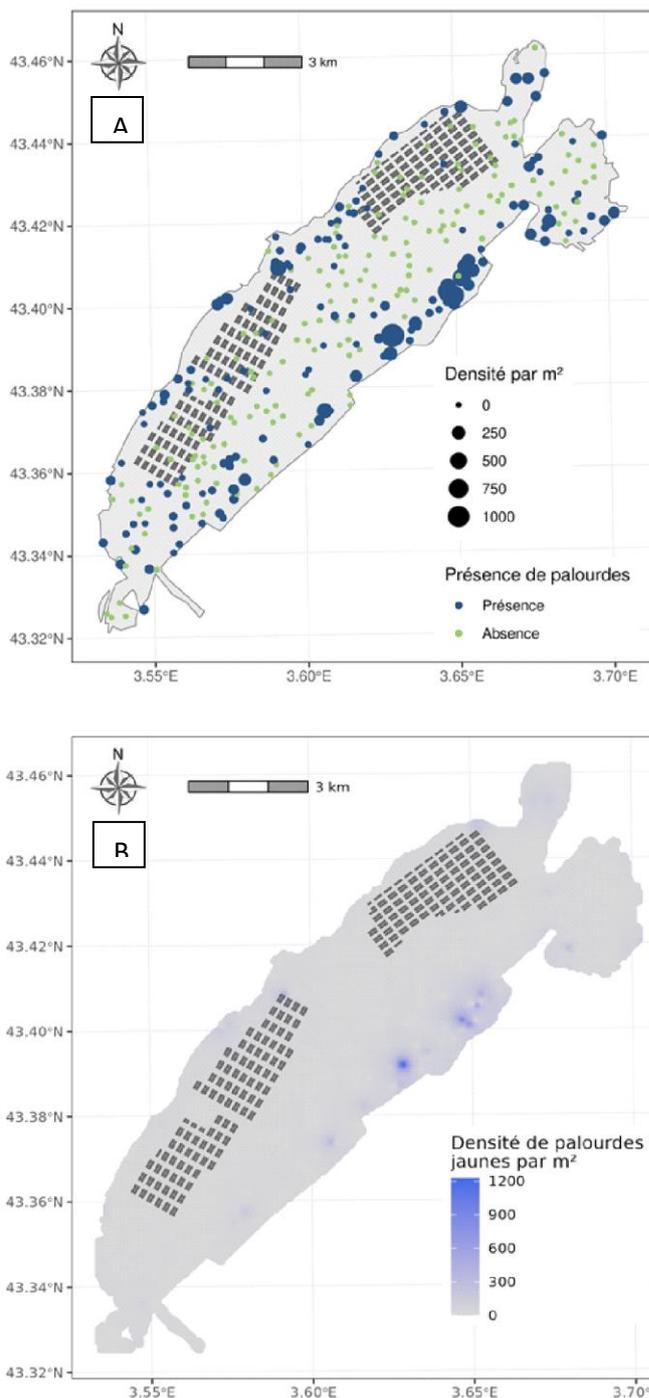


Figure 22 : Densités en effectif des palourdes jaunes observées en nombre d'individus par m² (A) et interpolées (B) pour l'étang de Thau lors de la campagne de prélèvement

Les densités en masse suivent la même répartition, avec de légères variations par rapport aux densités (Figure 23, A et B). Le résultat le plus frappant est la faible biomasse retrouvée par m^2 , établie à $14 g \cdot m^{-2}$ en moyenne, du fait de la petite taille des palourdes jaunes, avec seulement un peu plus de 4 % des points qui présentent une biomasse de plus de $100 g$ par m^2 , avec un maximum à un peu plus de $300 g$ par m^2 .

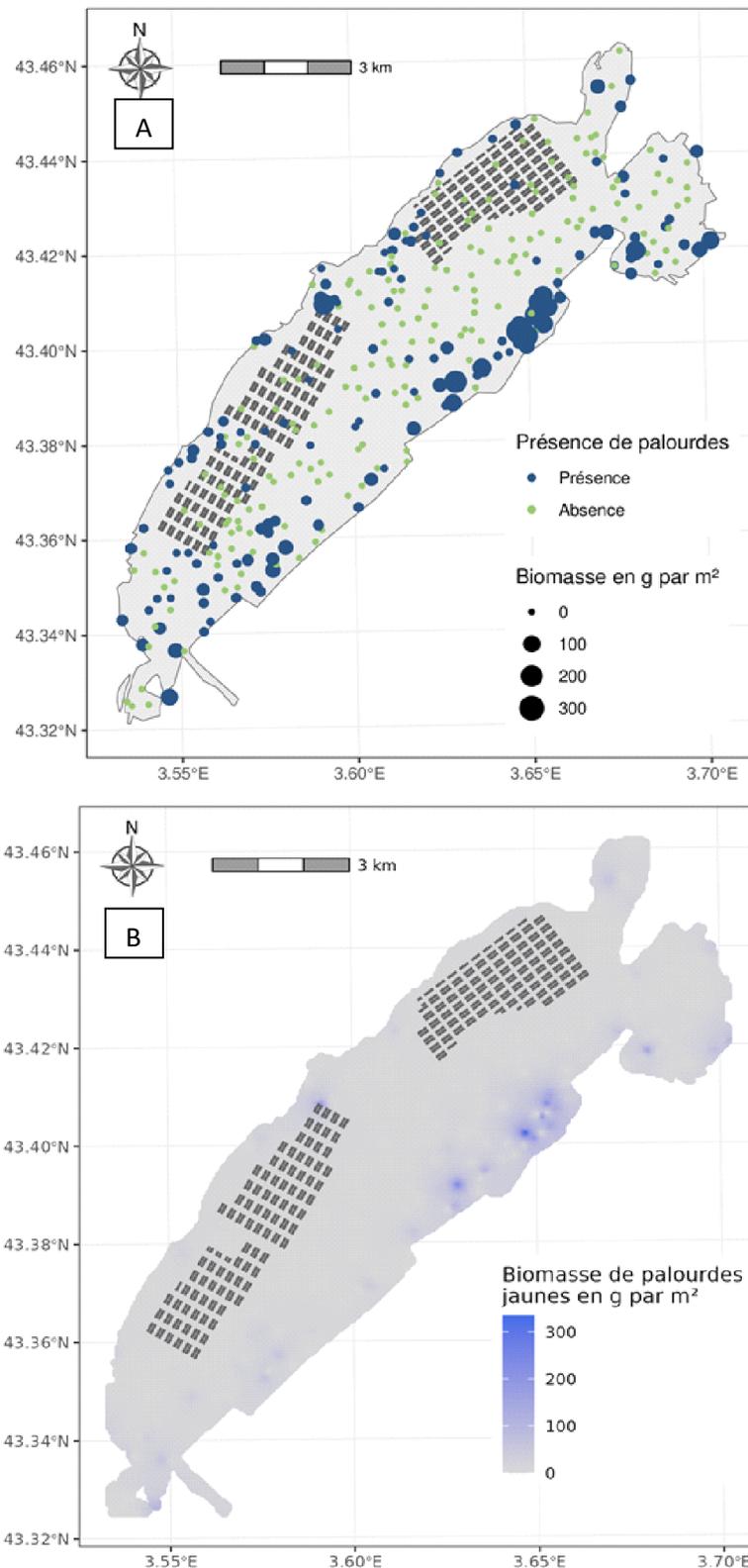


Figure 23 : Densité en masse des palourdes jaunes observées (en g par m^2) (A) et interpolées (B) pour l'étang de Thau lors de la campagne de prélèvement du printemps 2023

7. Le lien des densités de palourdes jaunes avec d'autres variables

Si on cherche à expliquer un peu plus les densités des palourdes jaunes observées lors de cette campagne de prélèvement, la profondeur des points de prélèvement est une variable fortement explicative (Figure 24). En effet, au-delà de 4 m de profondeur les densités moyennes diminuent et sont fréquemment nulles. Le maximum de densité de palourdes jaunes est ainsi observé à 1 m de profondeur avec un maximum à plus de 1200 palourdes par m².

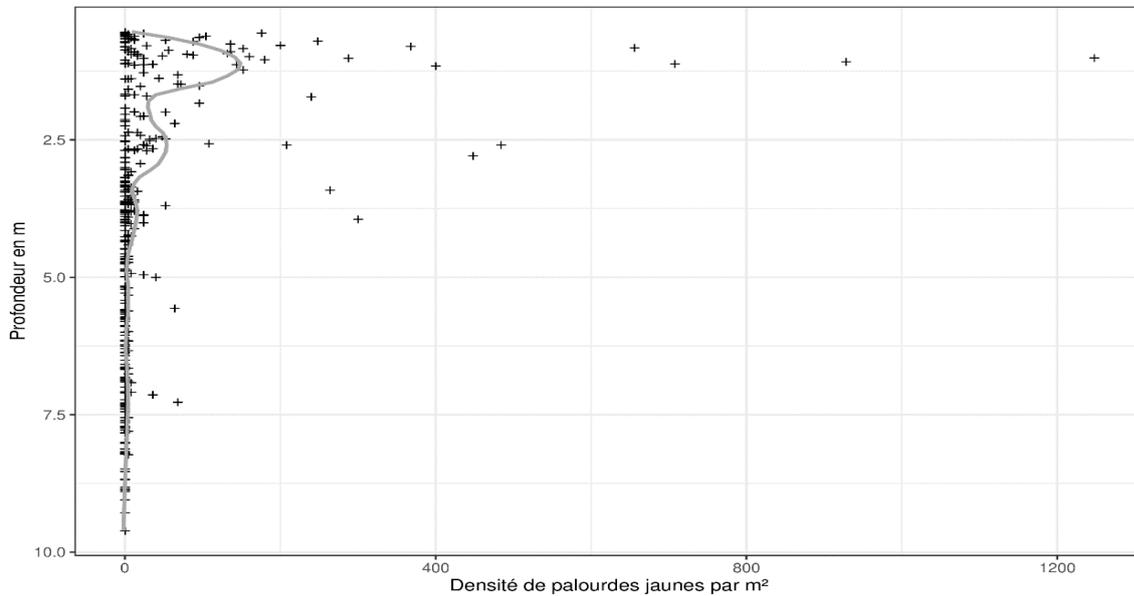


Figure 24 : Densités observées de palourdes jaunes dans la lagune de Thau au printemps 2023 selon la profondeur des points de prélèvement

En lien avec la profondeur, la densité des palourdes jaunes est également corrélée avec la nature du substrat (Figure 25). Les sédiments sableux, fréquents dans les petits fonds sont les plus propices à la présence des palourdes jaunes. À l'opposé, on ne retrouve quasiment jamais de palourdes jaunes

associées à des sédiments vaseux dans la lagune de Thau. Les sédiments vaseux correspondent à la zone la plus profonde de la lagune, au nord-est.

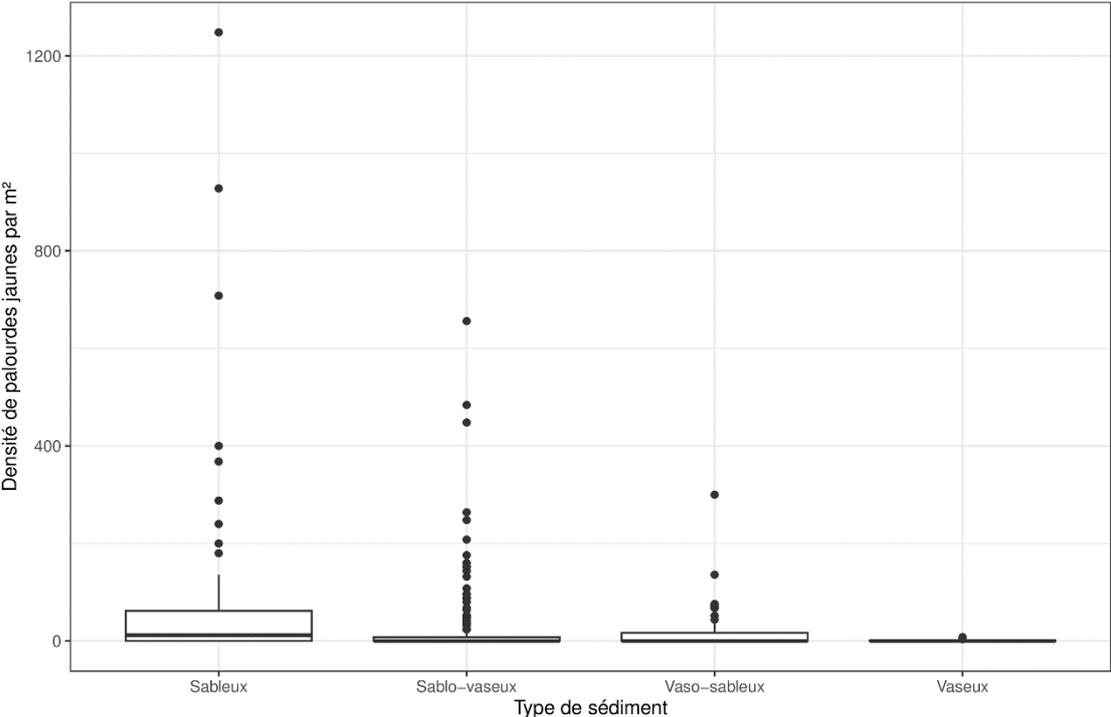


Figure 25 : Densités observées de palourdes jaunes dans la lagune de Thau au printemps 2023 selon le type de sédiment

Discussion

1. Le protocole d'échantillonnage

L'échantillonnage aléatoire avec 329 points de 0,25 m² mené dans le cadre de cette étude a permis de couvrir la globalité de la lagune de Thau et ainsi de mettre en place un premier diagnostic complet de la ressource en bivalves sauvages. Les anciennes études menées sur la palourde européenne étaient issues d'enquêtes et de débarquements et ne permettaient pas d'avoir des informations précises ni sur l'état de la population, ni sur le stock en présence.

Ce type d'échantillonnage aléatoire, utilisé pour collecter des palourdes, est identique à celui mise en œuvre pour le suivi de la même espèce à Arcachon et dans le Morbihan en utilisant la benne Hamon et une barge. Nous l'avons complété avec un protocole spécifique pour les prélèvements dans les petits fonds quand la faible profondeur ne permettait pas l'accès des sites avec la barge.

La totalité des palourdes collectées en 2023 a une taille inférieure à 30 mm : cela a rendu très compliqué l'identification. Nous avons donc fait le choix de réaliser des études morphométriques et génétiques sur 5 sites pour valider l'espèce. Ainsi, les analyses ont conclu que l'ensemble des individus génétiquement et issus de l'échantillonnage aléatoire étaient des palourdes jaunes *Polititapes aureus*. La génétique et l'identification morphométrique ayant été effectuées sur environ 350 palourdes sur 2874 individus collectés, il est possible que quelques palourdes européennes n'aient pas été vues. Elles sont probablement très rares et aucune palourde européenne commerciale n'a été collectée dans le cadre de l'échantillonnage aléatoire. Cependant des vérifications génétiques ultérieures seront réalisées afin de valider cette hypothèse sur d'autres échantillons dans le cadre du projet PALDIAG.

L'échantillonnage non aléatoire mené à la fin de la mission avec le suivi de 3 points "pépites" a permis de prélever 37 palourdes européennes. La taille importante de ces individus a permis facilement d'identifier l'espèce et l'étude génétique complémentaire réalisée sur 3 échantillons a confirmé cette identification. Ce résultat a permis également de valider le protocole et de montrer la présence de palourdes européennes dans des endroits très localisés de la lagune. Aucune palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* n'a été identifiée lors de ces échantillonnages dans la lagune de Thau.

2. La palourde jaune *Polititapes aureus*

Polititapes aureus (Gmelin, 1971) est une espèce endémique de Méditerranée (Fouda et Abou-Zied, 1990) qui peut être observée sur des fonds sableux et vaseux dans les baies, les estuaires et les lagunes côtières. C'est une espèce d'intérêt commercial pour de nombreux pays tels que la Tunisie, la France et l'Espagne. Malgré cette importance économique, l'état de la population est très peu connu et la littérature existante est rare. La palourde jaune a été l'objet en Galice, en Italie et en France d'un plan de gestion des stocks (Parada et al., 2023). La densité des palourdes jaunes observées en Galice entre 2009 et 2011 était comprise entre 8,55 et 62,20 ind. m⁻² avec des biomasses variables entre 23,66 et 76,30 g.m⁻². En France dans le bassin d'Arcachon pendant les périodes d'abondance importante la densité et la biomasse moyenne atteignent respectivement 1104 ind. m⁻² et 4,28 g. m⁻² (Bertignac et al., 2001 ; Caill-Milly et al., 2006). La densité en effectif et en masse trouvée dans le cadre de cette étude atteint respectivement 35 ind. m⁻² et 14 g. m⁻² avec un maximum de 1250 ind. m⁻² et de 300 g. m⁻².

3. Quantifier l'ampleur du déclin de la palourde européenne dans la lagune de Thau

Ces premiers résultats ne permettent pas de conclure à la disparition de la palourde européenne dans la lagune de Thau mais ils témoignent tout de même d'une raréfaction très importante de cette espèce, et d'un effondrement du stock commercialisable de cette ressource au regard des données historiques disponibles.

Des interactions fortes sont observées entre les conditions environnementales et le fonctionnement des bivalves (Derbali et al., 2021). La diversité faunistique présente dans un habitat donné et le type de substrat influencent la présence de certaines espèces de bivalves. La palourde jaune est plus fréquente et abondante dans les zones abritées par les herbiers marins *C. nodosa* et *Z. noltii*. Cette corrélation entre ces deux paramètres est probablement expliquée par la présence de matière organique provenant des herbiers. Le même constat a été fait par Vilela (1950) concernant *R. decussatus*. D'autres études ont montré également une corrélation entre la structure de la population de bivalves et la production primaire. En effet l'abondance et la biomasse de filtreurs présents dans un site est liée à une production primaire intertidale et côtière (Menge & Olson 1990 ; Bustamante et al. 1995).

En 1998, pendant la campagne mise en place lors du « programme palourde », à la suite de la sollicitation des pêcheurs professionnels, une importante hétérogénéité de la répartition spatiale avait été observée dans la lagune de Thau. Les zones réputées productives ne représentaient plus que 13% du stock identifié (à l'époque 300 tonnes de production par an) (Mazouni *et al.*, 1999). Ce morcellement a introduit de nouvelles conditions d'exploitation et une réduction significative de la rentabilité de l'arsaillère au profit de la pêche en plongée.

Le tableau 2 permet de comparer les résultats d'études d'évaluation de stocks de palourdes européennes en Méditerranée dans des environnements similaires. Dans la lagune de Bizerte en 2002, c'est une biomasse totale de 1918 t sur 130 km² qui a été évaluée (Haouas Gharsallah et al., 2008). Ainsi dans des cas où les densités sont plutôt faibles comme sur les côtes de Sfax en Tunisie, des études similaires ont permis de déterminer des densités de 7,6 palourdes par m² (Derbali et al., 2016), toujours au-delà de ce qui a pu être identifié dans la lagune de Thau.

Un échantillonnage similaire à celui de notre étude a été mené en 2019 dans l'étang de Berre (Mahé, 2022) sur 238 stations de 0,25 m² échantillonnées en plongée. Ce dernier a permis de collecter 4059 individus de palourdes japonaises *R. philippinarum*, avec une densité moyenne de 33,6 ind.m⁻² pour une biomasse moyenne par unité de surface de 200 g.m⁻². Cela aboutit à une évaluation de stock de 2904 t en 2019 pour une surface de 38,8 km².

Tableau 2 : Densités moyennes en masse et stock de palourdes européennes évalués dans différents environnements méditerranéens

Etudes	Nombre de points	Densité moyenne de palourdes européennes (ind.m ⁻²)	Biomasse moyenne de palourdes européennes (g.m ⁻²)	Stock évalué de palourdes européennes
Lagune de Thau (présente étude)	324 en 2023	0 (palourde européenne)	0 (palourde européenne)	inférieur à la limite de détection pour 70 km ²
Lagune de Bizerte (Tunisie, Haouas Gharsallah et al. 2008)	181 en 2002	non spécifiée	non spécifiée	1918 t pour 130 km ²
Côte de Sfax (Tunisie, Derbali et al., 2016)	966 entre 2012 et 2014	7,6	26	891 t pour 42 km ²

4. Les hypothèses sur le déclin de la palourde européenne dans la lagune de Thau

Le Projet d'Etudes des élèves ingénieurs de l'Institut agro Montpellier mené en 2022 à la demande du SMBT et de UMR MARBEC a permis d'enquêter sur l'évolution de la pêche de palourdes européennes des 40 dernières années et d'avoir la perception de 18 pêcheurs professionnels expérimentés et mareyeurs sur l'origine de l'effondrement de la population. Parmi les principales hypothèses à la base de la baisse des débarquements et évoquées par plus de 6 pêcheurs sur 18, il y a : la salinisation de la lagune et le manque d'eau douce, la contamination de la lagune par les eaux usées et produits pharmaceutiques, les changements de courants et circulation de l'eau, l'arrêt de l'utilisation de la drague qui permettait le mélange du fond et la pêche illégale. Outre ces hypothèses émises par les pêcheurs, les études scientifiques ont également évoqué différentes tendances et perturbations de la lagune de Thau pouvant être à l'origine de l'effondrement de la population de la palourde européenne : des aléas pendant le développement larvaire induisant un mauvais recrutement, la tendance à l'oligotrophisation durant ces 50 dernières années (Derolez et al., 2020), la présence de pathogènes (Pichot 2004) et les anoxies répétées sur le fond (Borsa et al., 1992 ; Mahe, 2022).

Tableau 3 : Hypothèses citées par les 18 pêcheurs et mareyeurs enquêtés et leur nombre d'occurrence de citations (tableau issu de Dahuron et al., 2022)

Légende : Hypothèse citée : ■ plus de 6 fois ■ entre 3 et 5 fois ■ entre 1 et 2 fois

Hypothèses	Occurrences
Salinisation de la lagune, manque d'eau douce	8
Contamination de la lagune par des eaux usées, produits pharmaceutiques	8
Changement de courants, de circulation de l'eau	7
Arrêt de la pêche à la drague qui pourtant permettait de travailler les fonds	6
Pêche illégale	6
Surpêche des années 90	5
Pollution de la lagune par le ruissellement des eaux de pluies concentrées en produits phytosanitaires	5
Herpès virus	4
Diminution de la quantité de planctons dans la lagune	3
Problème de l'arseillère qui a modifié le fond de la lagune	2
"Tabac rouge" (macroalgue) qui s'est répandue dans la lagune	2
Antifouling et autres produits de bateaux	2
Hausse des températures de la lagune	2
Impact de la conchyliculture car peut amener des maladies	2
Importation d'huîtres plates bretonnes contaminées par la <i>Marteilia</i>	1
Contamination par de l'eau pompée depuis une mine de bauxite vers le moulin	1
Présence d'un plancton nocif pour la palourde	1
Déchets dans la lagune	1

5. La perspective de restauration écologique de la population de palourdes européennes

En 2021, l'Ifremer et l'UMR MARBEC ont été alertés par la prud'homie de Thau-Ingril, le SMBT et le Cépralmar et sollicités par une saisine préfectorale en 2022 par les Services de l'État sur la question de l'effondrement des populations de palourdes européennes (*Ruditapes decussatus*) et autres vénérédés en lagune de Thau. Compte tenu de l'importance du sujet en région, une expertise (référence 22-029) suggère le montage d'un projet de science transdisciplinaire et pluriannuel sur 4 ans (Lagarde et al., 2022) pour le maintien des activités traditionnelles, pour le maintien de la biodiversité, pour le développement durable des activités maritimes et l'amélioration des connaissances, pour soutenir la gestion de l'environnement et des ressources. Ce projet pourrait être élaboré comme un projet de science participative à l'échelle des acteurs du Groupe de Travail « palourdes » et du lycée de la mer afin d'impliquer de jeunes étudiants dans le défi de l'écologie de la restauration de la palourde européenne en lagune de Thau. Une démarche similaire existe dans le bassin d'Arcachon depuis les années 2000 avec une approche pluridisciplinaire associant les différentes parties prenantes (Caill-Milly et al., 2021). Des liens avec l'enseignement sont également établis dans ce cadre (en licence pluridisciplinaire et en master biologie).

En matière de restauration, chaque projet de restauration inclut 7 grandes étapes essentielles (Figure 26) impliquant de façon coordonnée et échelonnée les instances institutionnelles, les scientifiques, les gestionnaires de l'environnement, les gestionnaires de ressources, les exploitants, le monde associatif et le grand public (Pouvreau et al., 2021). Ces étapes sont synthétisées dans la figure 26 et les projets à venir devront répondre à l'ensemble des 7 étapes.



Figure 26 : Sept étapes pour la restauration d'espèces et d'habitats (Pouvreau et al., 2021 modifié)

Conclusion

Les travaux menés en 2023 ne permettent pas de conclure à la disparition de la palourde européenne dans la lagune de Thau mais ils témoignent tout de même d'une raréfaction très importante de cette espèce, et d'un effondrement du stock commercialisable de cette ressource. Les palourdes échantillonnées pendant la campagne de diagnostic de l'état de la population sont de petites tailles entre 11 et 16 mm, associées à l'espèce *Polititapes aureus* (palourdes jaunes). On note la présence de ces palourdes jaunes, aussi appelées clovisses, sur l'ensemble de la lagune, du nord au sud et d'est en ouest mais préférentiellement dans les petits fonds inférieurs à 1,5 m, en bordures de la lagune. Les biomasses de palourdes jaunes sont en moyennes faibles avec 14 g.m⁻². De rares palourdes européennes ont pu être échantillonnées en dehors de la stratégie de prélèvements aléatoires. Ces palourdes européennes *Ruditapes decussatus* ont été échantillonnées très en bordure, essentiellement sur des sites éloignés des zones conchylicoles, en zones peu profondes (maximum 30 cm de profondeur). Bien que rares, ces échantillons de palourdes européennes ont permis de vérifier la génétique de l'espèce en présence (*Ruditapes decussatus*) avec une diversité d'haplotypes mettant en lumière la qualité génétique de la population restante.

Finalement, l'effondrement de la population de palourde européenne constatée en lagune de Thau intervient dans un contexte de diminution des productions de palourdes commercialisables européennes et japonaises répertoriées par la FAO dans plusieurs pays comme au Japon, en Corée, en Italie, et au Canada. Dans de nombreuses lagunes et estuaires (Bassin d'Arcachon et la lagune de Venise par exemple), la palourde japonaise *R. philippinarum* semble avoir remplacé la palourde endémique *R. decussatus* en occupant complètement sa niche écologique (Caill-Milly et al., 2003 ; Humphreys et al., 2007 ; Laing and Child, 1996 ; Marin et al., 2003). Cependant, dans d'autres estuaires européens comme celui dans la Baie de Santander les deux ressources subsistent régulièrement. Très peu d'études ont examiné l'importance de la compétition qui existe entre les deux espèces et l'impact de la palourde japonaise sur l'espèce endémique (Bidegain et al., 2013). L'importance des interactions peut être liée à des processus abiotiques et biotiques opérant à des échelles différentes (Schneider, 1994 ; Thrush et al., 1997). Dans tous les cas, malgré la présence de *R. philippinarum* dans plusieurs lagunes françaises, aucun individu de cette espèce n'a été trouvé lors de cette étude dans la lagune de Thau. Les causes de l'effondrement du stock de palourdes européenne doivent être recherchées ailleurs en tenant compte des changements écologiques observés dans cette lagune (oligotrophisation, changement de communautés algales (Derolez et al., 2020).

Aujourd'hui, la combinaison des pratiques de gestion environnementale et de gestion des ressources est cruciale pour assurer la durabilité de la pêche. Les progrès dans les domaines de la restauration environnementale et des espèces emblématiques (écologie de la restauration et restauration écologique) apportent désormais un soutien concret aux secteurs de production et aux gestionnaires en fournissant des connaissances approfondies et des méthodologies novatrices (Nariaki et Satoshi, Comm. Pers.). Ces approches ont démontré des résultats bénéfiques et prometteurs à l'échelle locale. Les acteurs de la filière peuvent ainsi s'approprier ces méthodes pour tenter de restaurer cette espèce patrimoniale, la palourde européenne, et sa population emblématique dans les lagunes méditerranéennes. De plus, en juillet 2023 la loi sur la restauration de la nature, adoptée par le Parlement Européen, visant à restaurer 20 % des terres et des mers de l'Union Européenne d'ici 2030, prévoit le déploiement de plans d'actions nationaux. Ces démarches vont intervenir sur 7 habitats marins ciblés incluant les biocénoses de bivalves dont les palourdes font parties. De façon générale, ouvrir pour la restauration des écosystèmes marins est une nécessité pour maintenir une espèce patrimoniale et contribuer à la relance d'une pêcherie professionnelle traditionnelle.

Références

- Anonyme, 2020. Vers un observatoire de la palourde sur Thau. Rapport de Master BAEMT. Univ Montpellier & SMBT. 61 p.
- Auby, I., 1993. Evolution of the biologic richness in the Arcachon basin. Technical Report. Laboratory of Biological Oceanography, Ifremer. 463 p.
- Bertignac, M., Auby, I., Foucard, J., Martin, S., De Montaudouin, X., Sauriau, P. , 2001. Évaluation du stock de palourdes du bassin d’Arcachon. Rapport interne Ifremer DRV/RH/ RST/2001-05. p. 35.
- Bidegain, G., Juanes, J.A, 2013. Does expansion of the introduced Manila clam *Ruditapes philippinarum* cause competitive displacement of the European native clam *Ruditapes decussatus*? Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Volume 445, July 2013, 44-52.
- Borsa, P., et Millet, B., 1992. Recruitment of the clam *Ruditapes decussatus* in the lagoon of Thau, Mediterranean. Estuarine, coastal and Shelf Science 35, 289-300.
- Boulaire, E., Bouvier, C., Cornette, F., Violette, H., Lagarde, F., Lapègue, S., 2023. Résultats préliminaires du projet PALDIAG pour la lagune de Thau : Développer l’outil génétique pour diagnostiquer la diversité des populations de palourdes européennes en Lagune de Thau et dans le Bassin d’Arcachon et envisager une restauration future. MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD Sète/Montpellier, France.
- Bustamante, R.H., Branch, G.M., Eekhout, S., Robertson, B., Zoutendyk, P. *et al.*,1995. Gradients of intertidal primary productivity around the coast of South Africa and their relationships with consumer biomass. Oecologia 102 : 189–201.
- Caill-Milly, N., Sanchez, F., Lissardy, M., de Montaudouin, X., Bru, N., Kermorvant, C., Ganthy, F., 2021. Drawing lessons from a pluridisciplinary approach associating stakeholders for a better management of a bivalve population (French Atlantic coast). Estuar Coast Shelf Sci 251 :107194.
- Caill-Milly, N., 2012. Relations entre l’état d’une ressource et son exploitation via la compréhension et la formalisation des interactions de socio-écosystèmes. Application à la palourde japonaise (*Venerupis philippinarum*) du bassin d’Arcachon. Thèse UPPA, 199 p.
- Caill-Milly, N., Duclercq, B., Morandeau, G., 2006. Campagne d’évaluation du stock de palourdes du bassin d’Arcachon – année 2006. p. 51 (Rapport interne Ifremer).
- Caill-Milly, N., Casamajor, M.N., Lissardy, M., Sanchez, F., Morandeau, G., 2003. Clams stock assessment study in Arcachon bay (France). DRV-RH/Aquitaine Technical Report. Ifremer, pp. 1–43.
- Cépralmar, 2021. Suivi de mortalité de palourdes européennes dans l’étang de Thau. 7 p.
- Cépralmar, 2016. Palourde européenne : test méthodologique pour un suivi d’une population de palourdes européennes adultes dans la lagune de Thau. 8 p.
- Cépralmar, 2013. Suivi Palourdes (*R. decussatus*). 2 p.
- Derbali, A., Taieb, A. H., Kammoun, W., Gouirah, J., Wannas-Ghorbel, A., Zamouri-Langar, N., Ghorbel, M. & Jarboui, O., 2016. Stock assessment, spatial distribution, and biological parameters of the clam *Venerupis decussata* along the Sfax coasts (Tunisia, Central Mediterranean). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96(1), 177-184.

- Derbali, A., Jarboui, O., Serbeji, M.M., Ghorbe, M., Zammouri-Langar, N. *et al.*, 2006. Contribution à l'étude de l'évaluation du stock de la palourde jaune *Venerupis aurea* et sa distribution géographique dans l'estran de la lagune de Boughrara (Tunisie). Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer. 11. 69-72.
- Dahuron, M., Missonnier, E., Yazbeck, J., Zhang, L., 2022. Enquête sur la disparition de la palourde européenne dans la lagune de Thau (Occitanie, Méditerranée). Rapport technique - Projet d'élèves ingénieurs n°43. Sète/Montpellier. 68 p.
- Derolez, V., 2020. Approche dynamique et intégrée de l'évaluation d'un socio-écosystème côtier. Application à la lagune de Thau, son état écologique et ses bouquets de services écosystémiques sur la période 1970-2018. Ecole Doctorale Gaia/ Université de Montpellier. 280 p.
- Farrugio, H., Le Corre, G., 1985. Les pêcheries de lagune en Méditerranée. Définition d'une stratégie d'évaluation. Conv. CEE XIV-B-1- 84/2/M03 P1. 257 p.
- Fauvel, Y., 1986. L'étang de Thau : compétition dans l'exploitation, une redite. 49 p.
- Fiandrino, A., Ouisse, V., Dumas, F., Lagarde, F., Pete, R., Malet, N., Le Noc, S., de Wit, R., 2017. Spatial patterns in coastal lagoons related to the hydrodynamics of seawater intrusion. Mar. Pollut. Bull. 119, 132-144. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.03.006.
- Fischer-Piette, E., Métivier, B., 1971. Révision des Tapetinae (Mollusques Bivalves). Mém. Mus. Nat. d'Histoire Naturelle, Série A, Zoologie 71: 1-106.
- Fouda, MM., Abou-Zied, MM., 1990. Bivalves of the Suez Canal lakes. Proceedings of Zoological Society, Egypt 21, 231-240.
- Gallois, D. 1976. Biométrie des palourdes *Venerupis decussata* (Linné) et des clovisses *Venerupis Aurea* (Gmelin) dans l'étang de Thau (Hérault). Bulletin de la Société linnéenne de Bordeaux, Tome VI, N° 1-6.
- Gervasoni E., Devic E., 2010. Essais de captage et de grossissement, Cépralmar. 32 p.
- Guillou, A., Lespagnol, P., Ruchon, F., 2002. La pêche aux petits métiers en Languedoc-Roussillon en 2000-2001. 108 p.
- Hamon, P.-Y., Tournier, H., 1984. Évolution de la biomasse de mollusques en élevage dans l'Etang de Thau de 1980 à 1984. Revues et travaux de l'Institut des Pêches maritimes 48, 3344.
- Haouas G., Zammourin, N., Jarboui, O., Mrabet, R., Missaoui, H. , 2008. Évaluation et cartographie des stocks de coquillages comestibles dans la lagune de Bizerte (Nord de la Tunisie). Novapex, 9 (1) ; 33-40.
- Henry C, 2001. Biologie des populations animales et végétales. Collection 2^e cycle, Capes-Agrégation. Edition Dunod. 720 p.
- Humphreys, J., Caldow, R.W.G., McGrorty, S., West, A.D., Jensen, A.C., 2007. Population dynamics of naturalised Manila clams *Ruditapes philippinarum* in British coastal waters. Mar. Biol. 151 (6), 2255-2270.
- Hurtado, NS., Pérez-García, C., Morán, P., Pasantes, J., 2011. Genetic and cytological evidence of hybridization between native *Ruditapes decussatus* and introduced *Ruditapes philippinarum* (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) in NW Spain. Aquaculture 311:123-128.

Kermorvant, C., Caill-Milly, N., Bru, N., d'Amico, F., 2019. Optimizing cost-efficiency of long-term monitoring programs by using spatially balanced sampling designs: The case of manila clams in Arcachon bay. *Ecological Informatics*, 49, 32-39.

Lagarde, F., Laugier, T., Derolez, V., 2022. Expertise 22-029 relative à l'effondrement du stock de palourdes européennes en lagune de Thau. DDTM34 - Direction Départementale des Territoires et de la Mer de l'Hérault, Délégation Mer et Littoral, Montpellier, Ref. DCM 2022 - 277 - votre courrier du 3 mai 2022, 5 p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00795/90674/>

Lagarde, F., Roque, E., Ubertini, M., Mortreux, S., Bernard, I. *et al.*, 2017. Recruitment of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in a shellfish-exploited Mediterranean lagoon: discovery, driving factors and a favorable environmental window. *Mar Ecol Prog Ser* 578 :1–17.

Le Brun, E., 1985. La conchyliculture dans le bassin de Thau : approche des exploitations conchyliques. Rapport final. Contrat 84/3346. 92 p.

ISTPM, 1973. Bulletin d'information et de documentation. Les pêches maritimes sur les côtes françaises de Méditerranée. *Sci. Pêche* 222.

Laing, I., Child, A.R., 1996. Comparative tolerance of small juvenile palourdes (*Tapes decussatus* L.) and Manila clams (*Tapes philippinarum* Adams & Reeve) to low temperature. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 195 (2), 267–28, 32 pages.

Lavaud, S., 2014. Etude de faisabilité technico-économique d'un soutien de la filière de la pêche à la palourde (*Ruditapes decussatus* L.) en Languedoc Roussillon par du réensemencement : mise à jour des données de la filière et propositions de protocoles de réensemencement. Mémoire de fin d'études. Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage. 69 p.

Le Treut Y, 1961. La palourde, Anatomie, Biologie, Elevage, Pêche, Consommation, Inspection Sanitaire. Thèse pour le Doctorat Vétérinaire. Université de Nantes. 163 p.

Lubet, P.E., 1984. Biologie de la reproduction de mollusques bivalves d'importance commerciale en Méditerranée. *Haliotis*. 14 : 49-68.

Mahé, M., 2022. La gestion durable d'une ressource halieutique à l'aide d'un modèle : exemple de *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve, 1850) dans l'étang de Berre. (Thèse) Gipreb Syndicat-Mixte / Aix-Marseille-Université, 238 pages.

Marin, M.G., Moschino, V., Deppieri, M., Lucchetta, L., 2003. Variations in gross biochemical composition, energy value and condition index of *T. philippinarum* from the Lagoon of Venice. *Aquaculture* 219, 859–871.

Mazouni, N., Rey-Valette, H., Valarié, P., Despres, E., Dedieu, O., Pary, B., 2000. Complexité des espaces mobilisés par un système halieutique. *Les Espac. L'halieutique* 497-515.

Mazouni, N. *et al.*, 1999. Gestion d'une ressource naturelle exploitée : Cas de la palourde (*Ruditapes decussatus*) dans la lagune de Thau. Sète (FR) : Programme PALOURDE, 1999. Rapport final. 103 p.

Menge, B.A., Olson, A.M., 1990. Role of scale and environmental factors in regulation of community. *Trends Ecol. Evol.* 5(2) : 52–57. DOI : 10.1016/0169- 5347(90)90048-I.

Montaudouin, X., Arzul, I., Caill-Milly, N., Khayati, A., Labrousse, J-M. *et al.*, 2016. Asari clam (*Ruditapes philippinarum*) in France: history of an exotic species 1972 – 2015. *Bull Japan Fish Res Educ Agency* :35–42.

Parache, A., 1982. La palourde. *La Pêche Maritime*. 1254: 496-507.

Parada, JM., Molaes, J. Effects of environmental variability on population dynamics of golden carpet shell clam (*Polititapes aureus*), 2023. Academia Biology 2023;1. <https://doi.org/10.20935/AcadBiol6127>

Pouvreau Stephane (rédact.), Juillet Emmanuelle, Gilante Hippolyte (2021). Projet FOREVER (Flat Oyster Recovery) : Restauration écologique de l'huître plate en Bretagne. Retours d'expériences. Génie écologique, Centre de ressources. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00742/85402/>

Robert, R., Parra, R., 1991. Étude expérimentale de la prédation de la palourde japonaise, *Ruditapes philippinarum*, par la dorade royale, *Sparus aurata*, et le baliste, *Balistes capriscus*. Aquat. Living. Resour. 4, 181-189.

Sanchez, F., Caill-Milly, N., Briaudeau, T., Benito, D., Ruiz, P., Izagirre, U., 2022. Détermination de la taille de première maturité sexuelle de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) du bassin d'Arcachon. Rapport Ifremer ODE/LITTORAL/LERAR 22.013. 27 p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00793/90464>.

Sanchez, F., Caill-Milly, N., Lissardy, M., Antajan, E., Meteigner, C., 2021. Suivi de la population de palourde japonaise dans le bassin d'Arcachon – Année 2021. Rapport ODE/ LITTORAL/LER AR 21.018, 49 p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00747/85909/>.

Schneider, D.C., 1994. Quantitative Ecology: Spatial and Temporal Scaling. Academic Press, San Diego, USA (395 pp.).

Taquet, M., 1996. Note sur l'exploitation du fichier Licence prud'homale - Etang de Thau. Ifremer Sète.

Thrush, S.F., Cummings, V.J., Dayton, P.K., Ford, R., Grant, J., Hewitt, J.E., Hines, A.H., Lawrie, S.M., Legendre, P., McArdle, B.H., Pridmore, R.D., Schneider, D.C., Turner, S.J., Whitlatch, R.B., Wilkinson, M.R., 1997. Matching the outcome of small-scale density manipulation experiments with larger scale patterns: an example of bivalve adult/juvenile interactions. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 21, 153–170.

Toba, M., 2017. Revisiting recent decades of conflicting discussions on the decrease of Asari clam *Ruditapes philippinarum* in Japan: A review. NIPPON SUISAN GAKKAISHI, Vol. 83.

Vilela, H., 1950. Benthic life of *Tapes decussatus*. Trav. St. Biol. Mar. Lisbonne 53: 1.

Annexes

Annexe 1 : Détermination des espèces

Six espèces sont connues sur les côtes françaises, quatre d'entre elles se rencontrent potentiellement dans le bassin d'Arcachon : la palourde japonaise, *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850), la palourde européenne, *Ruditapes decussata* (Linnaeus, 1758) la fausse palourde, *Venus corrugata* (Gmelin, 1791), la palourde jaune *Polititapes aureus* (Gmelin, 1791) et la palourde rose, *Polititapes rhomboides* (Pennant, 1777). Les palourdes japonaises (figure 1) et européenne (figure 2) se distinguent difficilement l'une de l'autre par la forme de la coquille qui est légèrement plus bombée et trigone chez la japonaise. Il est nécessaire d'ouvrir la palourde et d'observer les caractéristiques des siphons, soudés chez la palourde japonaise, séparés et plus longs chez l'europpéenne. La palourde jaune (figure 3) se reconnaît à sa coquille lisse uniquement ornée de stries concentriques (Bertignac et al., 2001).

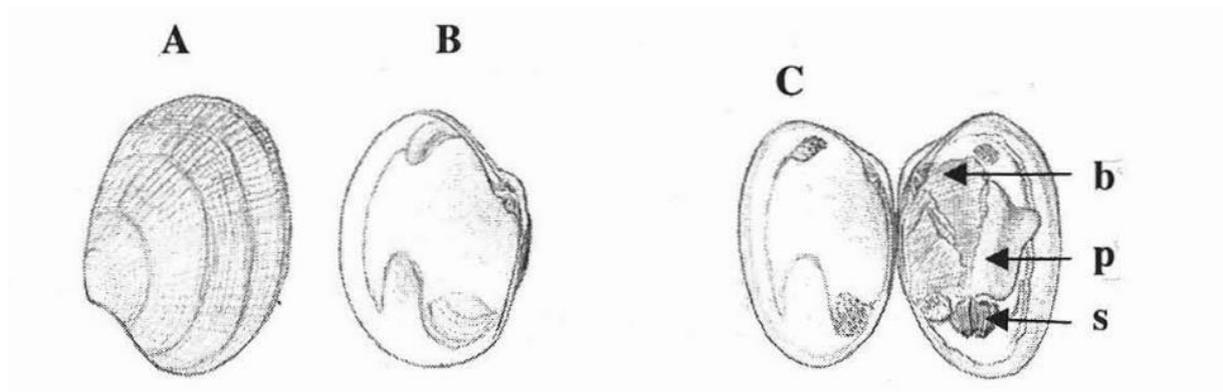


Figure 1: dessin de la palourde japonaise (taille réelle)

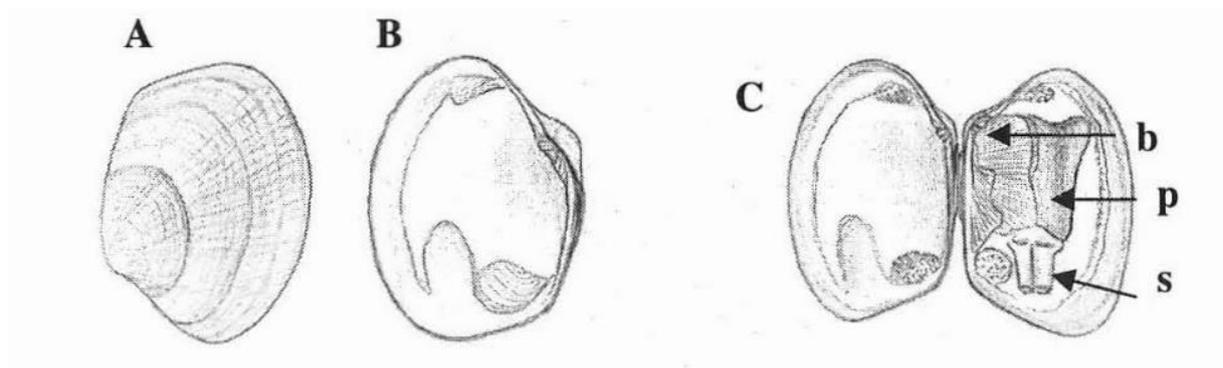


Figure 2 : dessin de la palourde européenne (taille réelle)

