



Étude de la dynamique spatio-temporelle et de l'état des stocks du
couteau américain *Ensis leei* le long du littoral picard



Cerisier Hugo

Sous la direction de : Rolet Céline

GEMEL – Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux

115 quai Jeanne d'Arc, 80 230 Saint-Valery-sur-Somme

du 24/02/2020 au 27/07/2020

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Céline Rolet de m'avoir accueilli au sein du GEMEL mais aussi pour son aide et ses conseils dans la réalisation de ce stage.

Je souhaite aussi remercier Eric Goberville, Mélanie Rocroy et Thierry Ruellet qui ont été d'une grande aide dans la rédaction de ce rapport. Je remercie également Jean-Denis Talleux et Emma Becuwe ainsi que les stagiaires et bénévoles qui ont permis la réalisation de toutes les sorties terrain et les mesures au laboratoire.

Enfin, je les remercie tous sans oublier Stéphanie Dorthé pour leur bonne humeur et le soutien qu'ils m'ont apporté au cours de ce stage.

Avant-propos

Le GEMEL (Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux) est une association à but non lucratif créée en 1981 et dont la zone d'action s'étend de Dunkerque à l'estuaire de la Seine. Le GEMEL dispose d'un conseil d'administration et est composé de quatre permanents dont une assistante de direction, un assistant ingénieur, une chargée d'étude et une directrice chargée de recherche. Ses objectifs principaux sont : (1) d'améliorer les connaissances sur les milieux estuariens et littoraux, (2) de diffuser des informations scientifiques issues de ses travaux de recherche auprès des gestionnaires du littoral, des pêcheurs, des collectivités territoriales et des services de l'Etat et (3) de permettre des échanges entre chercheurs français et étrangers (www.gemel.org). A titre d'exemple, l'association va réaliser des suivis des ressources marines exploitables (telles que les coques (Rocroy *et al.*, 2019), les moules (Rolet *et al.*, 2020c), les végétaux exploitables comme la salicorne, la soude et l'aster (Rolet, 2020a, 2020b). Grâce à ses recherches, l'association va également émettre son avis quant aux périodes d'ouverture de la pêche et sur quantités disponibles (Bouvet, 2011).

Elle va ainsi accompagner les pêcheurs à pied dans leurs activités professionnelles mais également développer de nouvelles activités tout en préservant l'écologie du territoire. Pour sécuriser l'activité des pêcheurs, de nouvelles ressources exploitables sont envisagées comme le couteau, un bivalve dont le marché est très peu développé en France et globalement en Europe, excepté en Espagne. En évaluant la dynamique des gisements de couteaux dans le cadre du programme « Dynensis » et en évaluant les stocks exploitables sur le littoral picard, le GEMEL pourra proposer ou non l'exploitation à titre professionnel de ce mollusque bivalve. Le but est, *in fine*, de connaître les périodes possibles pour la pêche et les quantités qui pourraient être prélevées. Un suivi sanitaire a également été réalisé pour savoir si les couteaux étaient propres à la consommation.

Le GEMEL est situé en baie de Somme dans des locaux appartenant à l'Université de Picardie Jules Verne d'Amiens (UPJV ; Figure 1). Au rez-de-chaussée du bâtiment se trouve le laboratoire où sont réalisées les différentes analyses. Le laboratoire dispose de différents équipements dont : étuves, four à moufle, loupes trinoculaires, microscopes, tamiseuse, congélateurs, sonde multi paramètres... Au premier étage se trouvent une salle de conférence et une salle de réunion réservées pour des colloques et au second étage, se trouvent les différents bureaux des salariés du GEMEL ainsi qu'une bibliothèque.



Figure 1 : Station d'études de l'UPJV où est hébergé le GEMEL (Quai Jeanne d'Arc, Saint-Valery-sur-Somme)

Table des matières

Introduction	1
Matériels et méthodes.....	3
1-Site d'étude.....	3
2-Modèle biologique.....	4
3- Evaluation des stocks.....	8
4- Dynamique des populations	12
5- Suivi sanitaire.....	13
Résultats.....	14
1- Evaluation des stocks.....	14
2- Dynamique des populations	23
3- Suivi sanitaire.....	28
Discussion.....	29
1- Evaluation des stocks.....	29
2- Dynamique des populations	32
3- Suivi sanitaire.....	33
Conclusion.....	34
Bibliographie	36
Liste des figures.....	40
Liste des tableaux.....	41
Annexes.....	42
Résumé.....	47
Abstract.....	47

Introduction

Sur le littoral des Hauts-de-France, plusieurs espèces envahissantes sont observées (Dewarumez *et al.*, 2011), notamment le couteau américain, *Ensis leei*, dont la progression a été rapide depuis son arrivée dans les années 90. Cette espèce, originaire de la côte est des Etats-Unis, est apparue accidentellement en Europe en 1978 par les transports maritimes (*i.e.* eaux de ballast ; Tulp *et al.*, 2010). Elle s'est ensuite propagée très rapidement le long des côtes européennes de 125 km par an vers le nord et de 75 km par an vers le sud (Armonies, 2001). Ainsi, le couteau américain est apparu en France en 1991 à Gravelines (Luczak *et al.*, 1993) et s'est déplacé vers le sud pour arriver en baie de Somme en 1996 (Dauvin *et al.*, 2007). En 2011, le GEMEL a évalué que *E. leei* dominait largement les peuplements de couteaux des zones intertidales depuis la baie de Canche jusqu'à la baie de Somme (Bouvet, 2011). Les trois espèces de couteaux natives (*Ensis ensis*, *E. magnus* et *Solen marginatus*) ont ainsi quasiment disparu. Toutefois, les dégâts de cette espèce restent limités puisqu'elle remplace simplement les espèces natives dans leur niche écologique (principe de redondance écologique ; Ollivier et Prigent, 2018). En effet, le couteau américain va permettre de stabiliser le substrat et il ne creuse pas de terriers permanents ce qui va jouer un rôle très important dans la bioturbation (Jensen, 2010). Des études en Allemagne ont montré que la présence de *E. leei* n'avait pas provoqué la disparition des espèces natives et avait même augmenté la diversité spécifique en favorisant la présence de nombreux décomposeurs. Son rôle dans la bioturbation pourrait en être une des raisons (Dannheim et Rumohr, 2011).

Il est donc possible d'observer des résultats similaires le long du littoral picard, qui dispose déjà d'une grande diversité spécifique, notamment de mollusques. Ces espèces présentes en abondance permettent la pratique de la pêche à pied qui est une activité traditionnelle dans les Hauts-de-France. Elle est source de nombreux emplois et a ainsi été reconnue comme activité professionnelle à part entière en 2001 (www.comite-peches.fr). Les pêcheurs à pied se voient remettre un permis par l'Etat. Toutefois, une licence de pêche est nécessaire pour avoir accès aux gisements. Cette licence est délivrée par le CRPMEM des Hauts-de-France (Comités des Pêches Régionaux Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins). Le couteau américain est très peu exploité professionnellement sur le littoral des Hauts-de-France et seulement en tant qu'appât pour la pêche. Cela vient principalement du fait que la majorité des individus se trouvent en zone subtidale et dans le bas de la zone intertidale. La première zone n'est pas accessible par les pêcheurs à pied et la seconde l'est uniquement lors des grandes marées (coefficient > 90). Cependant, le couteau pourrait être une nouvelle ressource à exploiter professionnellement par les pêcheurs car celui-ci

est très peu exploité en France et plus globalement en Europe alors que le marché européen est en recherche constante de nouveaux produits à commercialiser et que l'Espagne et la France importent massivement des couteaux. En effet, la France était en 2017 le deuxième plus grand importateur derrière l'Espagne avec entre 250 et 300 tonnes de couteaux alors que sa production était de huit tonnes en 2018 (<https://pdm-seafoodmag.com/>). La production mondiale de 9 490 tonnes (en 2018) étant assurée principalement par les Pays-Bas (6 025 tonnes). Son exploitation permettrait de diversifier les ressources pour les pêcheurs à pied et leur permettrait de développer et maintenir leur activité. En effet, les quantités de coquillages récoltés varient beaucoup en fonction des années ; la diversification des ressources marines exploitables réduirait donc les difficultés financières lors de mauvaises années. De plus, sa présence en France et dans le Nord de l'Europe devrait augmenter avec les changements climatiques comme le montre une récente étude (Raybaud *et al.*, 2014). En effet, les niches occupées actuellement par le couteau américain correspondent à la limite de température basse pour cette espèce. Avec l'augmentation de la température de l'eau prévue, son aire de répartition sera étendue dans le Nord de l'Europe et il sera retrouvé jusqu'à l'estuaire de la Gironde en France. Une augmentation de l'aire de répartition de cette espèce pourra donc conduire à une augmentation des stocks de cette espèce pour les pêcheurs et pourrait permettre un développement de son commerce.

Dans l'éventualité d'une commercialisation, il est nécessaire de réaliser des analyses bactériologiques et notamment d'évaluer la quantité d'*Escherichia coli* présente dans les zones de pêche. Des analyses permettront en fonction de l'état sanitaire de classer ces zones en plusieurs catégories en fonction de leur teneur en *E. coli* : zones A ne nécessitant aucune mesure de précaution avant la vente en frais, et zones B et C nécessitant une purification voire un reparcage des coquillages avant la vente. La plupart des sites font déjà l'objet d'un classement sanitaire mais ce dernier peut évoluer au cours du temps et certaines zones restent encore non classées.

Les objectifs de cette étude sont (1) de réaliser une évaluation des stocks de couteaux américains sur le littoral picard entre Le Touquet et Cayeux-sur-Mer en 2020, (2) de modéliser la dynamique de l'espèce (périodes de ponte, périodes de recrutement, croissance en longueur et croissance pondérale) grâce à un suivi réalisé sur le site de Quend-Plage entre 2016 et 2018 et (3) de caractériser la qualité sanitaire de la zone étudiée à partir des données bactériologiques provenant des couteaux sur la période 2018-2019. Cette étude permettra, *in fine*, d'émettre un avis quant à une ouverture de la pêche à pied professionnelle du couteau américain *Ensis leei* sur le littoral picard

(stocks exploitables, localisation des gisements, période d'ouverture de pêche et classement de la zone sanitaire).

Matériels et méthodes

1-Site d'étude

La zone d'étude est située sur le littoral des Hauts-de-France et plus précisément au niveau des plages depuis Le Touquet-Paris-Plage (Pas-de-Calais) jusqu'à Cayeux-sur-Mer (Somme ;

Figure 2). Cette zone fait l'objet de nombreuses mesures de protections (*i.e.* zones Natura 2000, ZNIEFF, APB, Grand Site de France pour la Baie de Somme, Réserve Naturelle Nationale en baie de Somme et baie de Canche, RAMSAR). La zone d'étude est aussi incluse dans le périmètre du Parc Naturel Marin des Estuaires et de la Mer d'Opale (PNM EPMO). Le PNM vise à améliorer la connaissance et la protection du milieu marin tout en participant au développement durable des activités maritimes. Ainsi, le PNM EPMO est le siège d'une zone de pêche à pied importante qui contribue fortement à l'activité économique de la région. En effet, la baie de Somme est le premier gisement de France pour les coques avec une moyenne de 1284 tonnes pêchées par an (Dabouineau *et al.*, 2015), ainsi que pour la salicorne avec 90 % de la production nationale (Fermey-Paris et Piens, 2017). La salicorne est exploitée par 145 pêcheurs professionnels qui bénéficient d'une concession de 300 ha, ce qui représente une grande majorité de la production française (*i.e.* entre 100 et 180 tonnes ; Rocroy, 2017).

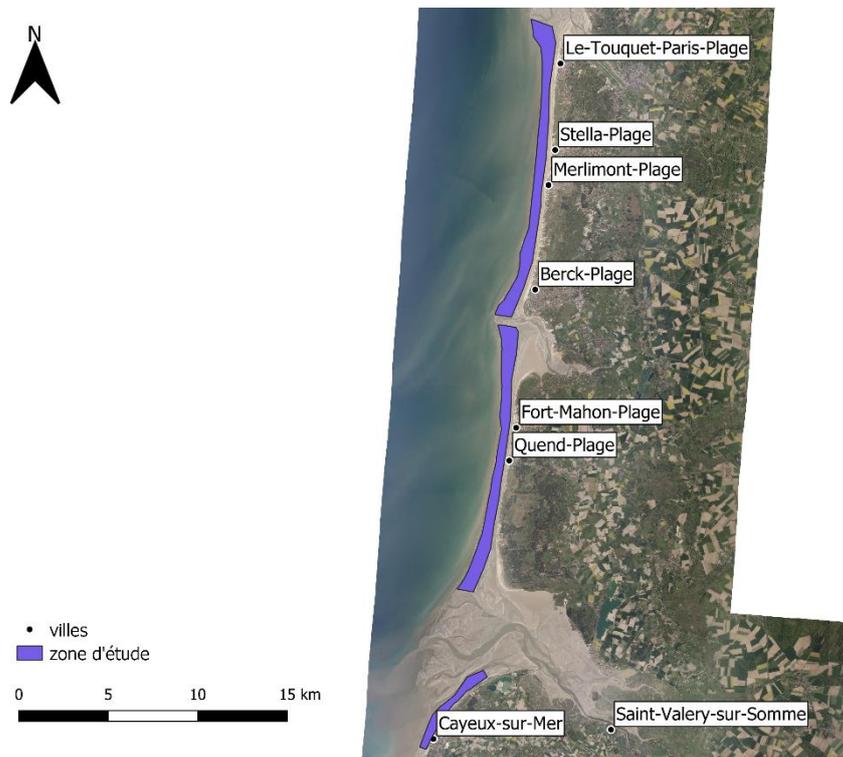


Figure 2 : Zone d'étude depuis Cayeux-sur-Mer au sud et Le Touquet au nord

2-Modèle biologique

Notre modèle d'étude est le couteau américain, *Ensis leei*, mollusque bivalve de la famille des Pharidae (Tableau 1). C'est une espèce invasive venue des Etats-Unis qui est arrivée en France à Gravelines en 1991 (Luczak *et al.*, 1993) et en baie de Somme en 1996 (Dauvin *et al.*, 2007 ; Figure 3). Cette espèce forme des gisements et se retrouve en limite inférieure de la zone intertidale jusqu'à 35 m de profondeur en zone subtidale. Les couteaux vivent dans des terriers de plusieurs dizaines de cm où ils peuvent s'enfouir très rapidement en propulsant un jet d'eau par le siphon exhalant (Breen *et al.*, 2011).

Tableau 1 : Classification du couteau américain *Ensis leei*

Noms latins	
<i>Ensis americanus</i> (Gould, 1870)	
<i>Solen directus</i> (Conrad, 1843)	
<i>Ensis leei</i> Huber, 2015	
Noms vernaculaires	
Couteau américain (France)	
American/Atlantic jack knife clam (Anglais)	
Taxonomie	
Phylum	Mollusca, Linnaeus, 1758
Classe	Bivalvia, Linnaeus, 1758
Sous-classe	Heterodonta, Neumayr, 1884
Infra-classe	Euheterodonta
Super-ordre	Imparidentia, Bieler, 2014
Ordre	Adapedonta, Cossman & Peyrot, 1909
Super-famille	Solenoidea, (Lamarck, 1809)
Famille	Pharidae, H. Adams & A. Adams, 1858
Genre	<i>Ensis</i> , Schumacher, 1817
Espèce	<i>Ensis leei</i> , Huber, 2015

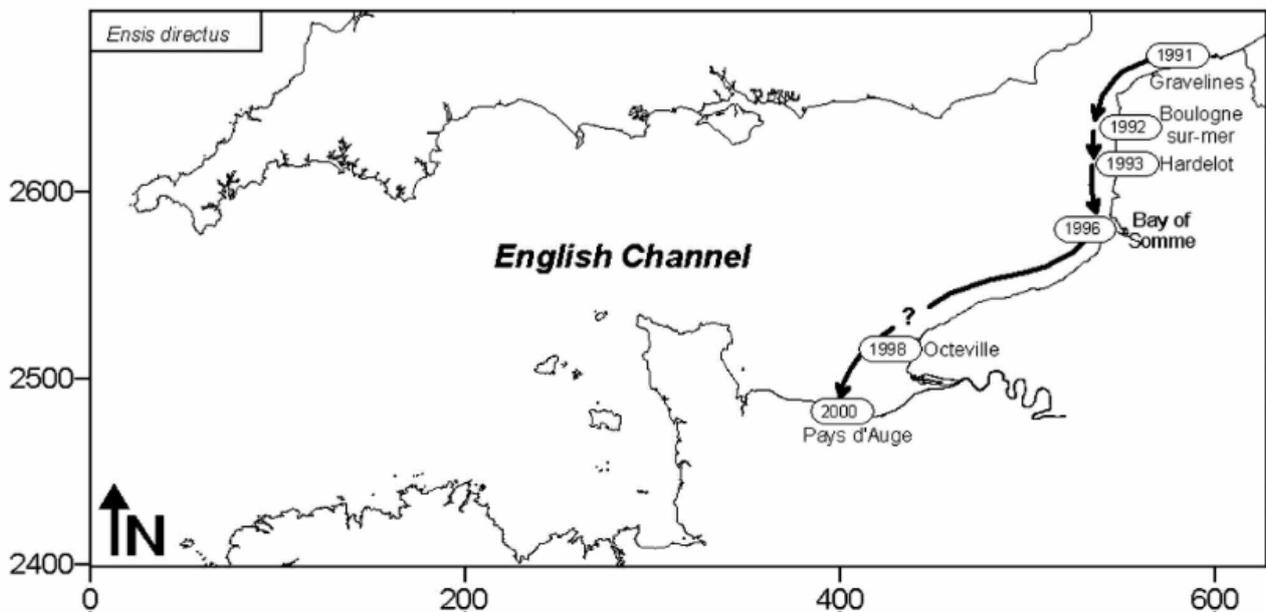


Figure 3 : Colonisation du couteau américain *Ensis leei* sur les côtes françaises (in Dauvin et al., 2007)

Le couteau est un bivalve filtreur (Figure 4). Il remonte à la surface à marée haute pour filtrer l'eau et se nourrir de phytoplancton tandis qu'à marée basse, il va s'enfouir en attendant que l'eau

remonte. Il vit en moyenne 5 ans (Cardoso *et al.*, 2009) et on peut estimer l'âge d'un couteau en fonction des cernes présentes sur sa coquille (Cardoso *et al.*, 2013 ; Moura *et al.*, 2009). Cependant, cette méthode sous-estime l'âge des individus âgés car les stries sont plus rapprochées et difficiles à distinguer (Hernandez-Otero *et al.*, 2014). La méthode d'estimation de l'âge grâce aux patterns annuels est la méthode la plus fiable (Richardson, 2001) et c'est celle-ci qui sera utilisée pour cette étude.



Figure 4 : Couteau américain *Ensis leei*

Le couteau se reproduit par fécondation externe deux fois par an. Une première reproduction a lieu à partir du mois d'avril jusqu'au début du mois de juin puis une deuxième reproduction beaucoup plus faible se produit entre août et septembre (Kenchington *et al.*, 1998, Canada). Son cycle de vie débute par une phase larvaire pouvant durer entre deux et trois semaines selon les conditions environnementales (Armonies, 2001). C'est au cours de cette phase que le couteau va pouvoir parcourir de grandes distances avant de se métamorphoser et de s'enfouir dans le sol : c'est le recrutement (passage de la vie larvaire planctonique à la vie juvénile et adulte benthique ; Kenchington *et al.*, 1998). La principale période de recrutement chez les couteaux a généralement lieu en juin et les larves situées au niveau des basses mers (*i.e.* bas de la zone intertidale) ont un taux de survie plus grand car elles passent plus de temps immergées (Beukema et Dekker, 1995). La croissance du couteau est élevée durant les trois premières années de sa vie puis diminue ensuite jusqu'à devenir presque nulle lorsque celui-ci atteint l'âge de huit ans (Hernandez-Otero *et al.*, 2014). Cette croissance est dépendante des conditions environnementales telles que la température de fond (Gaspar *et al.*, 2004), la nourriture disponible (Pilditch et Grant, 1999), le niveau des marées (Kirby-Smith, 1972), la salinité (Marsden, 2004), la température (Hernandez-Otero *et al.*, 2014) ou encore le type de sédiment (Henderson et Richardson, 1994). Les interactions

intra et interspécifiques telles que la densité de la population (Dekker et Beukema, 2012) et la prédation vont aussi influencer la croissance. Une étude a ainsi montré que le pourcentage de vase était le paramètre le plus corrélé à la taille de l'individu (Hernandez-Otero *et al.*, 2014), les individus ayant la plus forte croissance et par conséquent la plus grande taille étant retrouvés sur le site ayant le plus faible pourcentage de vase et inversement, les plus petits individus étant retrouvés sur les sites avec le plus de vase. Ces résultats sont en accord avec une étude précédente qui avait montré que les sédiments compacts demandaient plus d'énergie pour s'enfouir et constituaient donc un facteur limitant à la croissance (Gaspar *et al.*, 2002). Dans ce contexte, nous réaliserons en parallèle de chaque prélèvement de couteaux un prélèvement de sédiment afin de connaître sa composition granulométrique et afin de mettre en évidence une éventuelle relation entre la nature du sédiment et la taille des individus.

Durant la marée haute, les couteaux vont être prédatés par des poissons. Ils sont majoritairement retrouvés dans les contenus stomacaux de poissons plats et de petits poissons à nageoires épineuses (Tulp *et al.*, 2010). Ils peuvent également être prédatés par des crabes ou encore des étoiles de mer (Breen *et al.*, 2011). Lors des marées basses, les couteaux émergés seront confrontés à la prédation par les oiseaux marins, principalement des eiders, des huitriers et des goélands (Jensen, 2010 ; Tulp *et al.*, 2010). Une étude en Allemagne a montré que des couteaux de l'espèce *E. leei* étaient présents dans 41 % des estomacs d'eider (Freudendahl *et al.*, 2009). Cette même étude a mis en avant que la pression de prédation par les oiseaux était plus importante en zone intertidale basse qu'en zone intertidale haute. Les couteaux vont aussi être victimes des événements environnementaux comme les tempêtes, durant lesquelles les vents forts et les courants provoquent des échouages de masse que l'on peut observer sur les plages (Figure 5).



Figure 5 : Echouage de couteaux sur le site de Merlimont en mars 2020

Les couteaux vont également être consommés par l'Homme bien qu'ils ne fassent pas encore l'objet d'une pêche professionnelle développée, du fait de la faible demande en France. Il existe plusieurs techniques pour pêcher à pied le couteau. La première consiste à utiliser du sel que l'on dépose sur les deux trous formés à la surface du sol par les siphons de l'animal pour le faire ressortir et il sera alors possible de l'attraper. La seconde méthode, plus efficace pour obtenir des grandes quantités de couteaux rapidement, est de se munir d'une bêche. Le bêchage permet d'obtenir plusieurs individus à la fois puisque ces derniers vivent en gisement. La pêche peut également se faire en zone subtidale, soit en plongée ou alors à la drague à jets. En France, la taille réglementaire de pêche pour le couteau est de 10 cm ; ce qui correspond à la taille à laquelle un individu s'est déjà reproduit au moins deux fois (Ollivier et Prigent, 2018).

3- Evaluation des stocks

Les prélèvements sont effectués uniquement lors des grandes marées (coefficient > 90), permettant d'avoir une hauteur d'eau inférieure à 2 m par rapport au niveau 0 de la mer sur les sites d'étude. Cela permet de disposer de suffisamment de temps lors de la sortie pour mener à bien l'échantillonnage. Des prélèvements lors de marées avec des coefficients entre 80 et 90 sont envisagés en secours lorsqu'il y a une faible zone à échantillonner. Des points théoriques de prélèvement (coordonnées en Lambert 93) ont été positionnés tous les 200 mètres sur le linéaire côtier de la commune de Cayeux-sur-Mer, puis entre Quend-Plage et Fort-Mahon-Plage et finalement entre Berck et Le Touquet ; les embouchures des trois estuaires (*i.e.* Somme, Authie et Canche) n'ont pas été échantillonnées car difficilement accessibles en pêche à pied (Figure 6). Les positions théoriques ont pu être modifiées sur le terrain si les points d'échantillonnage n'étaient pas accessibles (point non découvert à marée basse par exemple). La limite de répartition haute des couteaux a été délimitée en fixant un point GPS à l'endroit le plus haut où des individus ont été repérés pour chaque linéaire côtier. Il n'a pas été possible d'établir une limite de répartition basse puisque celle-ci se trouve en zone subtidale à laquelle nous n'avons pas accès.

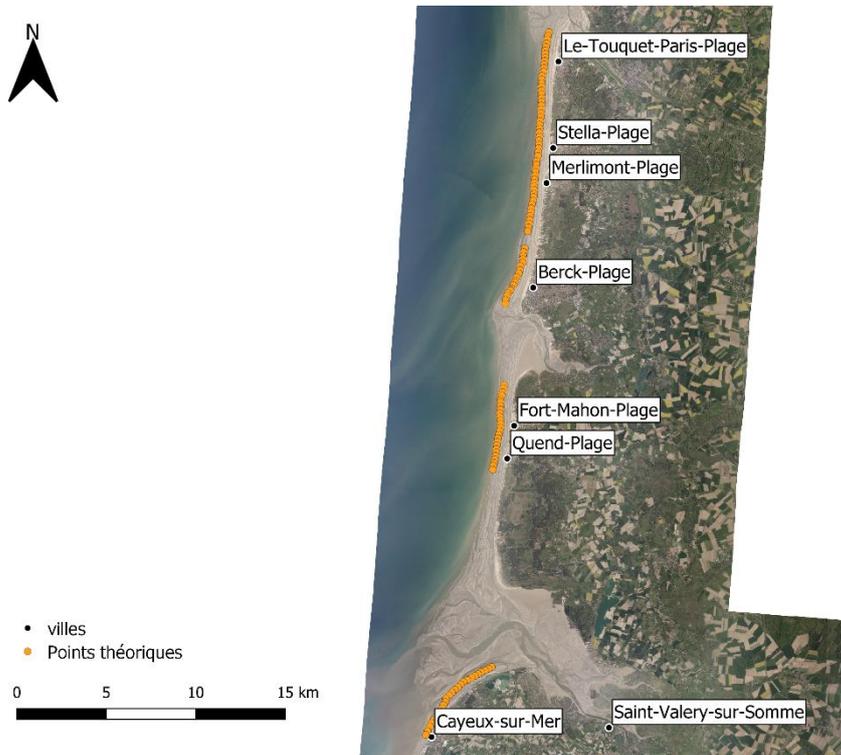


Figure 6 : Carte des points de prélèvements théoriques

Un quadrat de 1 m² est bêché au niveau du point de prélèvement défini (Figure 7). Si la position du point est modifiée, cette dernière est enregistrée directement sur le GPS lors du prélèvement. Tous les coqueaux présents dans le quadrat sont prélevés puis mis dans un sac étiqueté. Un prélèvement de sédiment est réalisé sur chaque site d'étude afin d'estimer la granulométrie.



Figure 7 : Quadrat de 1 m² avant prélèvement (à gauche) et après prélèvement (à droite)

De retour au laboratoire, les coqueaux sont mis à dégorger dans de l'eau de mer afin d'évacuer la vase et le sable présent dans leur coquille. Ils sont finalement congelés afin de réaliser les mesures biométriques sur une série de plusieurs prélèvements. Au laboratoire, chaque coqueau est mesuré

dans sa longueur puis dans sa largeur à l'aide d'un pied à coulisse électronique au mm près (Figure 8).



Figure 8 : Mesure de la longueur d'un couteau au mm près à l'aide d'un pied à coulisse électronique

La chair du couteau est ensuite séparée de la coquille. La chair est placée à l'étuve pendant 48h à 60°C. A la fin de ce temps, le poids de chair est mesuré puis sera de nouveau mesuré toutes les 6h jusqu'à ce qu'il se soit stabilisé pour obtenir un poids sec en gramme. Finalement, les chairs sèches sont placées au four à 450°C pendant 4h afin qu'il ne reste plus que les cendres permettant d'obtenir un poids sec libre de cendres (PSLC ; ICES, 1986). Afin de s'assurer que toutes les chairs soient calcinées, les cendres doivent avoir une couleur blanche à grise. Si ce n'est pas le cas et qu'il reste des cendres de couleur noire, les chairs seront remises au four pendant 4h (Annexe 2).

Les coquilles sont, quant à elles, laissées à l'air libre pendant une semaine minimum afin de sécher, puis elles sont ensuite pesées au gramme près à l'aide d'une balance de précision. L'âge du couteau est estimé à partir des stries de ralentissement de croissance hivernale (Cardoso *et al.*, 2011).

Finalement, les densités totales de couteaux ainsi que les densités de couteaux de taille exploitables (> 10 cm) sont calculées et représentées sur des cartes grâce à un logiciel de SIG (QGIS) ; permettant de mettre en exergue les sites les plus favorables à la pêche. Chaque point de prélèvement étant distant de 200 mètres par rapport à un autre, une zone tampon de 100 mètres a été tracée autour de chacun des points pour estimer les densités sur une surface d'un hectare. Les mesures biométriques permettent de connaître la structure de la population de couteaux sur le littoral picard (taille en longueur, taille en largeur, poids sec de chair, poids sec libre de cendres de chair, poids sec de la coquille et âge) et d'estimer, *in fine*, les biomasses de couteaux de taille exploitable. Un abaque

taille/poids a été réalisé afin d'évaluer le tonnage du gisement sur chacun des sites. Celui-ci a été fait à partir du rapport de poids sec de la coquille et du poids sec libre de cendres de la chair en fonction de la taille en longueur du couteau, cette courbe est de la forme :

$$aL^3$$

Avec a le coefficient directeur de la droite et L la longueur du couteau en mm.

L'analyse granulométrique a été réalisée de façon pondérale conformément au protocole suivi dans le cadre de la DCE (Directive Cadre sur l'Eau ; Garcia *et al.*, 2014). Le sédiment est tamisé sur un tamis vide de maille de 63 μm . La part inférieure à 63 μm est éliminée. Le refus de tamis est récupéré et est ensuite placé pendant 48 h minimum dans une étuve à 60°C avant d'être pesé (Msec-63 μm) à température ambiante. Le poids des particules fines est alors obtenu. Le reste des sédiments (> 63 μm) est mélangé de manière à ce que tous les grains soient bien individualisés puis le tout est mis à sécher à l'étuve pendant 48h à 60°C.

Ensuite, le tamisage du sédiment sec est effectué sur une colonne de tamis AFNOR comprenant 21 tamis. Chaque tamis est pesé vide avant chaque mesure. La colonne de 21 tamis est divisée en trois puisque la tamiseuse ne peut accueillir qu'un nombre restreint de tamis. La première série avec le maillage le plus grand est installée avec un fond sur la tamiseuse. Le sédiment sec est déversé au sommet de la colonne qui est ensuite fermée par un couvercle. La tamiseuse est programmée à une fréquence de 2000 vibrations/s pour 15 minutes de vibrations. Le reste du sédiment est récupéré par le fond de la première série. Il est ensuite réparti au sommet de la deuxième série qui est tamisée à son tour avec les mêmes paramètres que précédemment (15 minutes à 2000 vibrations/s). Pour la troisième série (sédiments les plus fins), la même procédure est appliquée. Avec une balance de précision ($d=0,1\text{g}$), chaque refus de tamis est pesé à température ambiante au centième de gramme. Chacun des tamis a été pesé vide au préalable, après le tamisage celui-ci est de nouveau pesé avec les sédiments. La différence entre le poids avant et après le tamisage correspond au poids de sédiment total récupéré par le tamis. A l'aide d'un pinceau doux, les grains coincés dans le maillage sont retirés sans forcer sur le maillage.

En parallèle, la teneur en matière organique (MO) a été estimée. Une fois séché, le sédiment est concassé avec un mortier et déposé dans une capsule en aluminium de manière à résister aux fortes températures. La capsule contenant le sédiment sec est pesée à température ambiante puis placée au four à 450°C pendant 4 h. Ensuite, le tout est pesé à nouveau à température ambiante. La teneur en MO peut alors être estimée en faisant la différence entre le poids de sédiment sec et le poids

calciné après le passage au four. La teneur en MO sera exprimée en pourcentage de poids de sédiment sec (Garcia *et al.*, 2014).

Les résultats des analyses granulométriques seront représentés par des histogrammes de fréquences pondérales et des courbes cumulatives. Le pourcentage des fractions granulométriques est ensuite calculé et les sédiments sont classés selon la classification de Larssonneur (1977), classification de référence en Manche orientale.

4- Dynamique des populations

Le suivi de la dynamique des populations (programme Dynensis) a été réalisé entre septembre 2016 et septembre 2018, soit un suivi de 2 ans. Ce dernier a été réalisé sur le même site : Quend-Plageles-Pins. La pêche a été réalisée à vue lorsque le niveau de la mer ne dépassait pas + 2 m par rapport au zéro hydrographique. Lors des échantillonnages, deux classes de tailles distinctes ont été observées. Ainsi, lors des prélèvements, 30 individus de la classe de taille la moins représentée étaient récoltés et ceux de la classe de taille la plus représentée ont tous été prélevés afin de ne pas biaiser la représentativité des classes d'âge.

De la même manière que pour l'évaluation des stocks, des mesures biométriques sur les couteaux sont réalisées (taille en longueur, taille en largeur, poids sec de chair, poids de cendres de chair, poids sec de la coquille et âge). Afin d'étudier la dynamique temporelle du couteau sur une année, les différentes données de ce suivi sont utilisées. La croissance annuelle (K), la variation de saisonnalité (C), la taille maximale moyenne (Linf), la période théorique à laquelle les individus ont une longueur nulle (t_0) et la date de l'arrêt de croissance hivernal ($t_s + 0,5$) sont modélisées à partir du logiciel LFDA5.

Les différentes cohortes ont été suivies en utilisant la méthode de Bhattacharya (Lepetit *et al.*, 1991) et le logiciel FISAT II. Le suivi des cohortes permet la mise en évidence des périodes de recrutement. Le nombre de cohortes présentes ainsi que la taille moyenne pour chacune d'elles associée à leur écart type peuvent ainsi être identifiés.

Pour connaître la période de ponte des couteaux, l'indice de Walne et Mann (1975), encore appelé « indice de condition » a été utilisé. Il s'agit du rapport du poids sec de chair sur le poids sec de coquille. Une chute de cet indice indique la période de ponte puisque le couteau libéré de ses œufs va perdre de la masse.

5- Suivi sanitaire

Chaque zone de pêche professionnelle fait l'objet d'un suivi sanitaire dans le but d'évaluer la qualité du site et pour savoir si les coquillages sont propres ou non à la consommation. Pour ce faire, la teneur en *Escherichia coli* est mesurée et elle doit être inférieure à 230 NPP (Nombre le Plus Probable) pour 100 g de CLI (Chair et Liquide Intervalvaire). Plusieurs classements existent : les zones A qui sont les zones où les coquillages peuvent être directement consommés en frais ; les zones B où les coquillages vont nécessiter un traitement préalable soit dans un centre de purification soit par reparcage ; les zones C où les coquillages nécessitent un reparcage de longue durée ou alors un traitement thermique ; les zones d'exploitation occasionnelle (EO) qui sont des zones soumises à une autorisation préalable par arrêté préfectoral ; les zones interdites (I) où aucune activité de pêche n'est autorisée, cela concerne les zones portuaires ou polluées ; les zones non classées (NC) où la pêche est interdite en l'absence de suivi sanitaire.

Dans notre zone d'étude, il y a des zones de production classées en B ; c'est le cas de la baie de Somme et de la baie d'Authie. Des zones d'exploitation occasionnelles (EO) sont présentes sur le littoral de Cayeux-sur-Mer, entre Quend-Plage et Fort-Mahon-Plage et en baie de Canche. Les plages entre Berck et Le Touquet sont, quant à elles, non classées (NC ; Figure 9). Ainsi, les sites où les couteaux sont présents : Cayeux-sur-Mer et Quend-Plage à Fort-Mahon-Plage sont des zones d'exploitation occasionnelles (encore appelées gisements à éclipses) et Berck à Le Touquet est une zone non classée. Un suivi sanitaire s'avère donc nécessaire dans l'optique d'une ouverture professionnelle de la pêche aux couteaux dans ces zones.

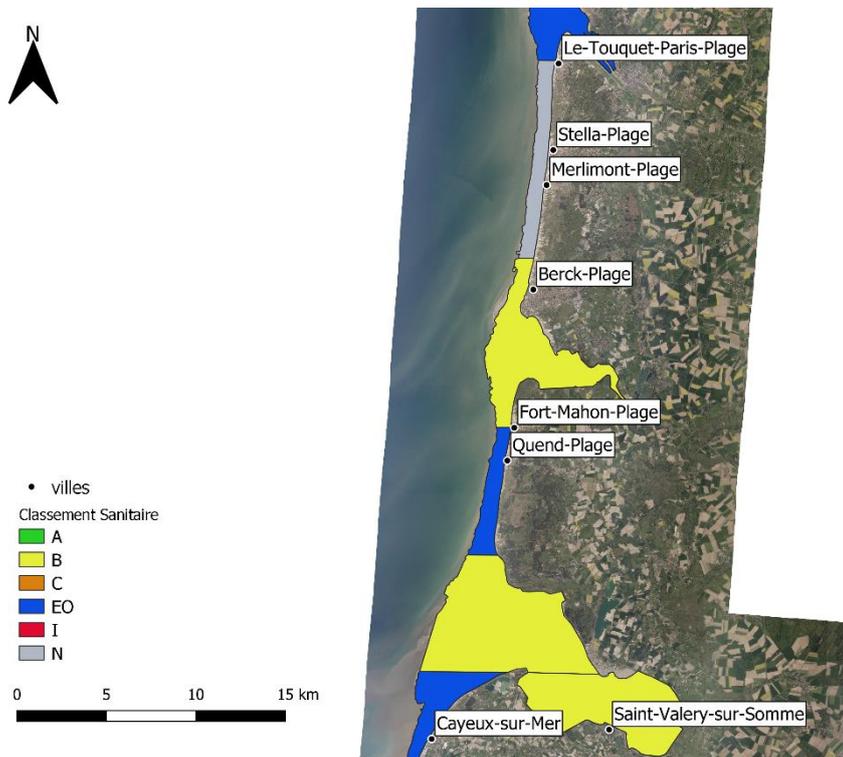


Figure 9 : Classements sanitaires le long de la côte picarde.

Le GEMEL a donc réalisé un suivi sanitaire entre février 2018 et janvier 2020 (2 années de suivi sont demandées pour classer une zone sanitaire) à raison d'un prélèvement par mois. La classification d'un site nécessite une étude de zone, ces suivis servent à mettre en évidence une tendance sanitaire. Cela permet de voir si l'état de la zone est trop dégradé, dans ce cas l'étude serait inutile mais serait intéressante dans la compréhension des sources de contamination. Trois sites ont été suivis : Merlimont, Quend-Plage et Cayeux-sur-Mer. Les prélèvements sont réalisés lors de marées de vives eaux (coefficient > 90) et les couteaux sont prélevés à vue. Ils sont finalement envoyés au Laboratoire Agro-Vétérinaire Départemental de la Seine-Maritime (76 à Rouen) qui réalise les mesures de taux en *E. coli* dans les 24 h suivant le prélèvement.

Résultats

1- Evaluation des stocks

Les densités totales de couteaux et les densités exploitables (*i.e.* taille supérieure à 10 cm) ont été cartographiées afin de visualiser les zones les plus colonisées par l'espèce entre Cayeux-sur-Mer et Le Touquet.

Sur les sites de Stella et du Touquet, très peu de couteaux sont retrouvés avec des densités comprises entre 0 et 2 ind.m⁻² (Figure 10). Seul un point sur le site du Touquet présente une densité supérieure avec 4 ind.m⁻².

Les sites de Berck-Plage et Fort-Mahon-Plage (au nord et au sud de la baie d'Authie, respectivement) présentent de faibles densités de couteaux (1 et 0,4 ind.m⁻² en moyenne) avec des zones où les couteaux sont absents (Figure 11 et Figure 12). A Quend-Plage, les couteaux sont présents sur quasiment toute la zone mais les densités totales ne dépassent pas les 5 ind.m⁻² (Figure 12). Enfin, les plus fortes densités totales de couteaux sur la zone d'étude sont mises en évidence sur les sites de Merlimont-Plage et de Cayeux-sur-Mer. Les densités y sont importantes avec plus de 5 ind.m⁻² et même parfois en certaines zones des densités dépassant les 10 ind.m⁻² (Figure 11 et Figure 13). La densité maximale est obtenue sur le site de Merlimont-Plage avec 15 ind.m⁻².

Sur le site de Stella très peu de couteaux de taille exploitable (> 10 cm) sont retrouvés. Lorsqu'il y en a, la densité ne dépasse pas 2 ind.m⁻². Le site du Touquet, présente également de faibles densités mais avec plus d'individus exploitables (en moyenne 2 ind.m⁻²). Les densités sont légèrement plus fortes au Touquet à proximité immédiate de la baie de Canche. Le site où les densités de couteaux de taille exploitable sont les plus importantes est Merlimont-Plage (Figure 11). En effet, des couteaux exploitables ont été retrouvés sur la quasi-totalité des points de prélèvements avec en moyenne 3 ind.m⁻² et dépassant parfois les 6 ind.m⁻². Le site de Quend-Plage présente des densités de couteaux de taille marchande inférieures à Merlimont-Plage, de l'ordre de 1 à 2 ind.m⁻² en moyenne (Figure 12). Bien que le site de Cayeux-sur-Mer présente des densités totales de couteaux importantes, les couteaux de taille marchande sont quasiment absents. Seulement certaines zones de ce site contiennent 1 ind.m⁻² de taille exploitable (Figure 13). Finalement, les sites de Berck-Plage et Fort-Mahon-Plage où les densités totales de couteaux étaient déjà très faibles voire nulles présentent peu de couteaux de taille marchande (Figure 11 et Figure 12).

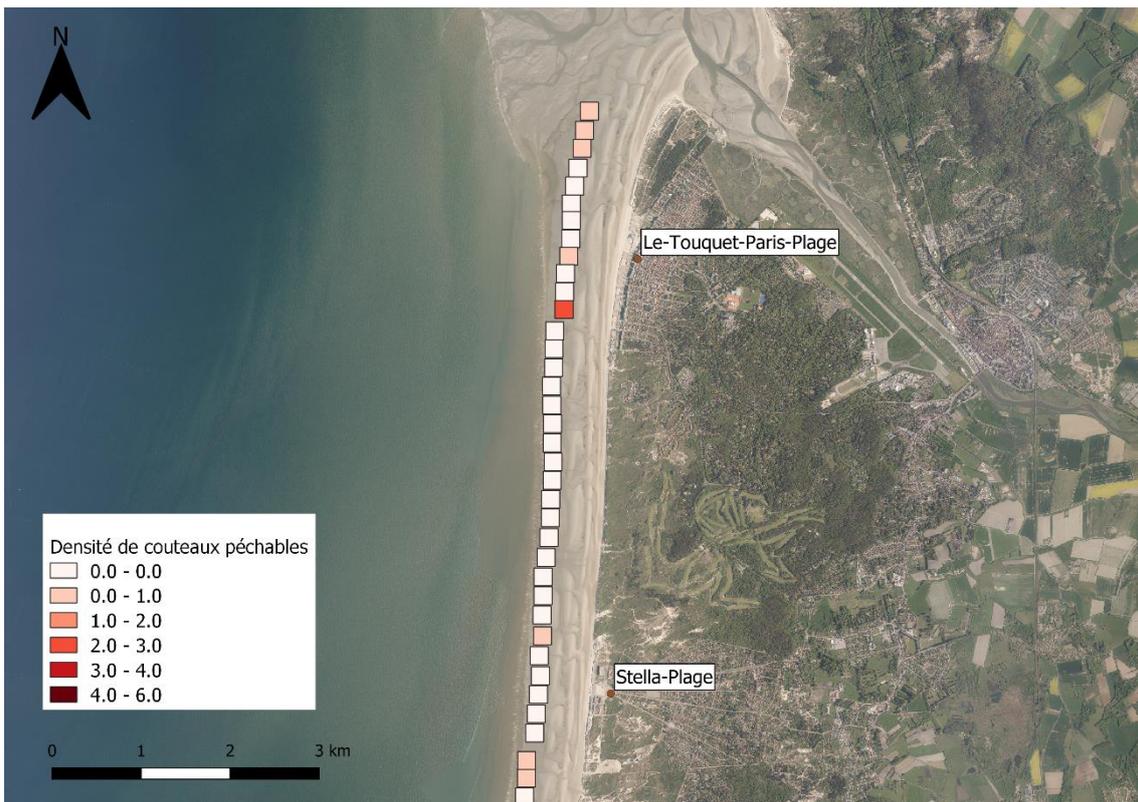


Figure 10 : Densité totale de couteaux (nombre d'individus par m² ; en haut) et densité de couteaux exploitables (nombre d'individus > 10 cm ; en bas) pour la zone comprise entre Stella-Plage et Le-Touquet



Figure 11 : Densité totale de couteaux (nombre d'individus par m² ; en haut) et densité de couteaux exploitables (nombre d'individus > 10 cm ; en bas) pour la zone comprise entre Merlimont-Plage et Berck-Plage



Figure 12 : Densité totale de couteaux (nombre d'individus par m² ; en haut) et densité de couteaux exploitables (nombre d'individus > 10 cm ; en bas) pour la zone comprise entre Fort-Mahon-Plage et Quend-Plage



Figure 13 : Densité totale de couteaux (nombre d'individus par m²; en haut) et densité de couteaux exploitables (nombre d'individus > 10 cm; en bas) pour le site de Cayeux-sur-Mer

L'abaque de la taille en fonction du poids a donc pu être réalisé d'après les mesures obtenues en laboratoire (Figure 14). Une valeur de coefficient directeur de $1,7^{-5}$ a été obtenue et permet de connaître le poids attendu pour chaque classe de taille (Tableau 2).

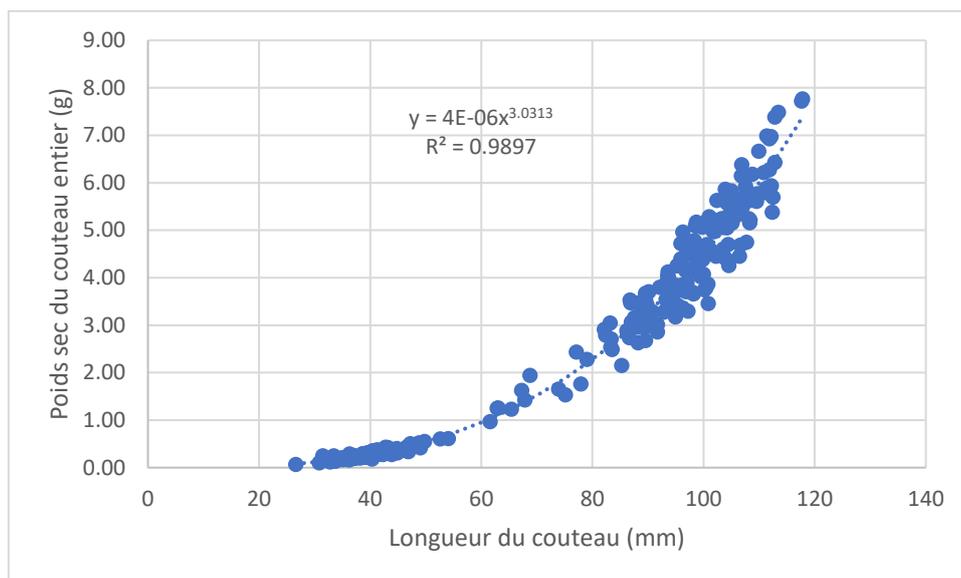


Figure 14 : Abaque taille (longueur en mm) en fonction du poids entier du couteau (poids sec libre de cendre de la chair + poids sec de la coquille ; en gramme)

Tableau 2 : Tableau de conversion de la taille en poids d'après l'abaque

Longueur (mm)	Poids (g)
10	0,01
20	0,10
30	0,33
40	0,78
50	1,52
60	2,62
70	4,16
80	6,21
90	8,84
100	12,13
110	16,14
120	20,95
130	26,64
140	33,27
150	40,92

Le poids total des individus d'une classe de taille peut donc être connu avec l'abaque taille/poids (Tableau 2). Sur la zone étudiée, 17,6 tonnes de couteaux sont présentes sur une surface de 123

hectares ce qui représente donc 0,14 tonne de couteaux par hectare (Tableau 3). En prenant en compte uniquement les individus de taille supérieure à 10 cm, 9,16 tonnes de couteaux sont pêchables sur la zone d'étude, soit 0,07 tonne par hectare et 52,2 % de couteaux de taille pêchable. Comme certains sites présentent très peu de couteaux ou alors beaucoup d'individus de taille non exploitable, il y a donc de fortes variations intra-sites. Les biomasses de chacun des sites ont été également évaluées.

Les sites de Cayeux-sur-Mer et Merlimont-Plage montrent des quantités de couteaux nettement supérieures aux autres sites avec respectivement 5,5 et 6,6 tonnes de couteaux. Les autres sites ont des valeurs comprises entre 0,7 et 1,4 tonne de couteaux. Si l'on regarde maintenant la quantité d'individus exploitables et la densité par hectare, seul le site de Merlimont-Plage semble intéressant avec 3,8 tonnes de couteaux exploitables, représentant 0,2 tonne par hectare (Tableau 3). Le site de Cayeux-sur-Mer lui présente beaucoup d'individus de taille non exploitable, la biomasse exploitable par hectare étant seulement de 0,06 tonne. Le site de Fort-Mahon-Plage, ne présente pas une grande quantité de couteaux mais une grande partie de ceux-ci sont exploitables. Il en est de même pour le site de Berck-Plage avec une tonne de couteaux pêchables.

Tableau 3 : Biomasses de couteaux sur la côte Picarde

Station	Biomasse totale (t)	Biomasse exploitable (t)	Biomasse exploitable (t/ ha)	Individus exploitables (%)
Cayeux-sur-Mer	5,48	1,59	0,06	29,1
Quend-Plage	1,32	0,85	0,11	64,2
Fort-Mahon-Plage	0,74	0,61	0,04	82,0
Berck-Plage	1,22	0,99	0,06	80,9
Merlimont-Plage	6,64	3,83	0,20	57,7
Stella-Plage	0,72	0,30	0,02	41,3
Le Touquet-Paris-Plage	1,43	1,00	0,05	70,3
Total	17,55	9,16	0,07	52,2

En plus des prélèvements de couteaux, un échantillon de sédiment a été récolté pour chacun des sites. Les résultats nous ont permis d'obtenir des pourcentages de sédiments présents dans le sol

répartis en six catégories plus la matière organique. Les valeurs de matière organique obtenues varient très peu allant de 0,23 à 0,37 % (Tableau 4). Pour les sédiments, ils sont principalement de deux types : des sables fins et des sables moyens. Les sables fins sont majoritaires, représentant entre 68 et 87 %, à l'exception de Fort-Mahon (48 %). Pour les sables moyens, la proportion est plus faible mais reste élevée, variant entre 12 et 28 % à l'exception du site de Fort-Mahon (50 %). Pour les autres types de sédiments, leur proportion est très faible, les pélites ne dépassent pas 0,20 %, les sables grossiers ne dépassent pas 2 %, les graviers fins et les graviers grossiers ne dépassent pas 1 %.

Tableau 4 : Répartition des différents types de sédiments sur chacun de nos sites (en %) et teneur en matière organique (en %)

Site	Graviers grossiers	Graviers fins	Sables grossiers	Sables moyens	Sables fins	Pélites	Matière organique
Baie de Canche	0	0,12	0,40	12,52	86,89	0,07	0,23
Le Touquet-Paris-Plage	0,75	0,69	1,91	21,06	75,45	0,13	0,23
Stella-Plage	0,01	0,1	0,35	12,25	87,13	0,16	0,31
Merlimont-Plage	0,05	0,19	0,71	21,88	76,97	0,2	0,29
Berck-Plage	0,71	0,95	1,95	28,15	68,14	0,1	0,37
Fort-Mahon-Plage	0,07	0,22	1,3	50,04	48,29	0,08	0,32
Quend-Plage	0,25	0,85	1,63	13,61	83,54	0,12	0,32
Cayeux-sur-Mer	0,46	0,09	0,45	28,43	70,42	0,15	0,25

Des graphiques ont pu être réalisés avec le pourcentage pondéral de chaque type de sédiment ainsi qu'une courbe représentant le cumul de ces pourcentages (Figure 15, Figure 16 et annexes 11 à 16). Tous les graphiques présentent un histogramme centré sur une maille de 0,160 mm, la seule différence remarquable est pour le site de Fort-Mahon-Plage où l'histogramme est centré sur 0,200 mm (Figure 16). La courbe tracée représentant le cumul des sédiments nous renseigne sur l'homogénéité du substrat. Plus cette courbe est abrupte, plus le milieu est homogène. Pour chacun des sites cette courbe montre un substrat très homogène. Encore une fois, seul le site de Fort-Mahon-Plage diffère avec un substrat qui semble légèrement moins homogène.

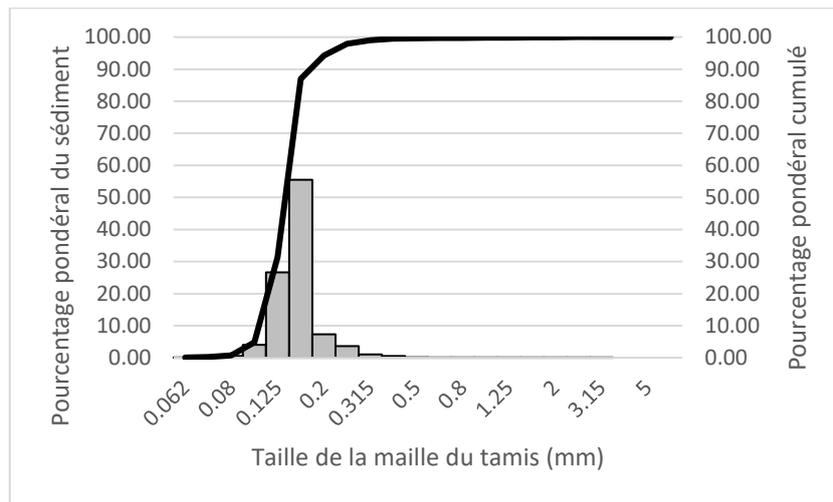


Figure 15 : Granulométrie pour la baie de Canche

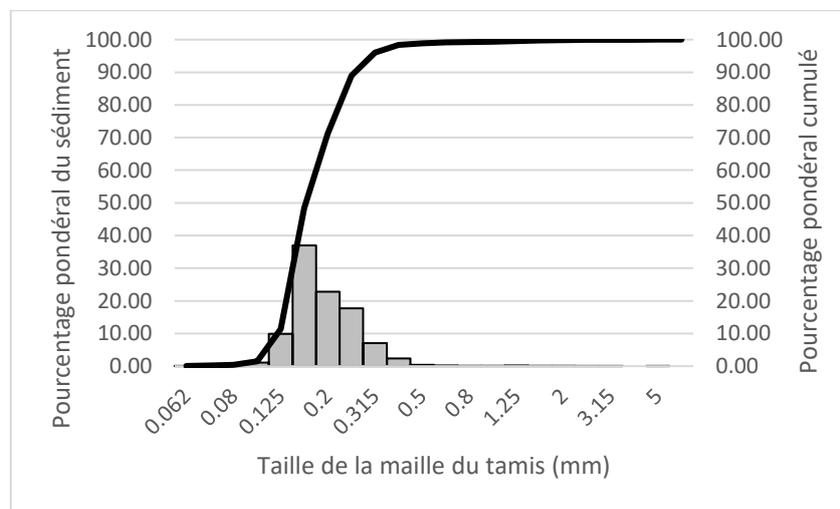


Figure 16 : Granulométrie pour le site de Fort-Mahon-Plage

2- Dynamique des populations

En utilisant le logiciel LFDA5 avec la méthode Elephant pour une courbe de croissance saisonnière, plusieurs données caractérisant la croissance des couteaux ont pu être acquises. Une valeur moyenne de L_{inf} de 140 mm a été obtenue, caractérisant la taille maximale moyenne d'un couteau. La croissance des couteaux peut également être évaluée grâce à ce logiciel, elle est caractérisée par la valeur de k . Dans ce cas précis, le k est de $1,5 \text{ an}^{-1}$, ce qui veut dire que la taille des couteaux a plus que doublée en un an. Il est également à noter la valeur de c , ici de 0,5 qui correspond au ralentissement de croissance hivernale. Une valeur de 1 correspondrait à un arrêt total de croissance. La période de ce ralentissement peut être connue en convertissant la valeur de t_s en date. Le t_s obtenu d'une valeur de 0,3 correspond donc à un ralentissement de croissance hivernal à partir du 19 octobre ($t_s + 0,5 \text{ an}$). La dernière donnée obtenue est le t_0 , il correspond à la date

théorique à laquelle les individus ont une longueur nulle. La valeur obtenue est de -0,880 an, ce qui correspond à dix mois avant la période de recrutement.

Grâce au logiciel FisatII, il est possible d'obtenir des graphiques représentant les différentes cohortes observées pour une date. Il y a jusqu'à deux cohortes distinctes avec une courbe représentant la répartition des individus au sein des classes selon la loi normale. Les résultats montrent principalement la présence d'une seule cohorte mais dont la taille des individus va varier en fonction de la période d'échantillonnage. Le nombre d'individus va varier pour chaque graphique en fonction du nombre d'individus trouvés lors des sorties, allant jusqu'à un maximum de 16 individus (Figure 20).

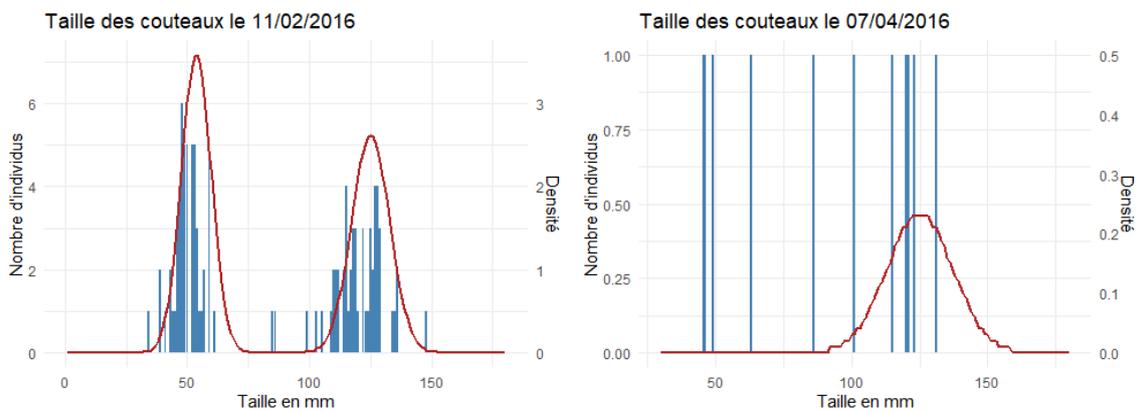


Figure 17 : A gauche, la taille des couteaux le 11/02/2016 ; à droite, la taille des couteaux le 07/04/2016

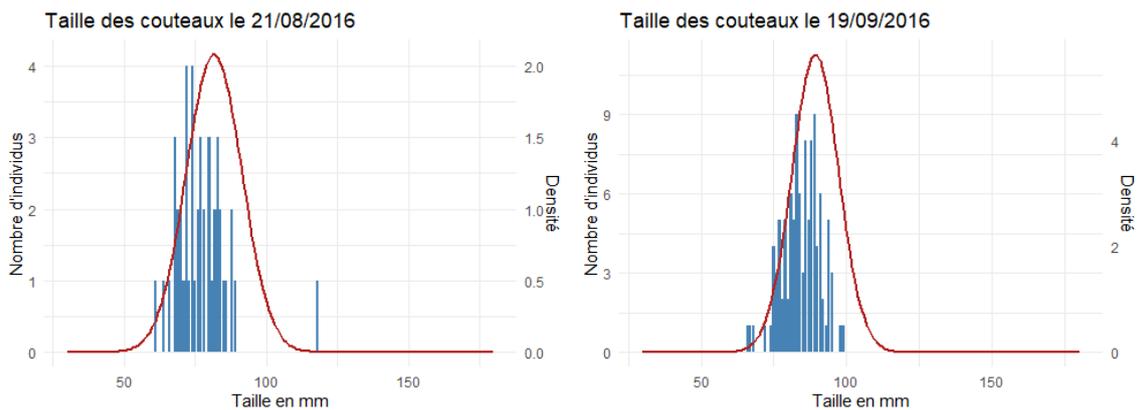


Figure 18 : A gauche, la taille des couteaux le 21/08/2016 ; à droite, la taille des couteaux le 19/09/2016

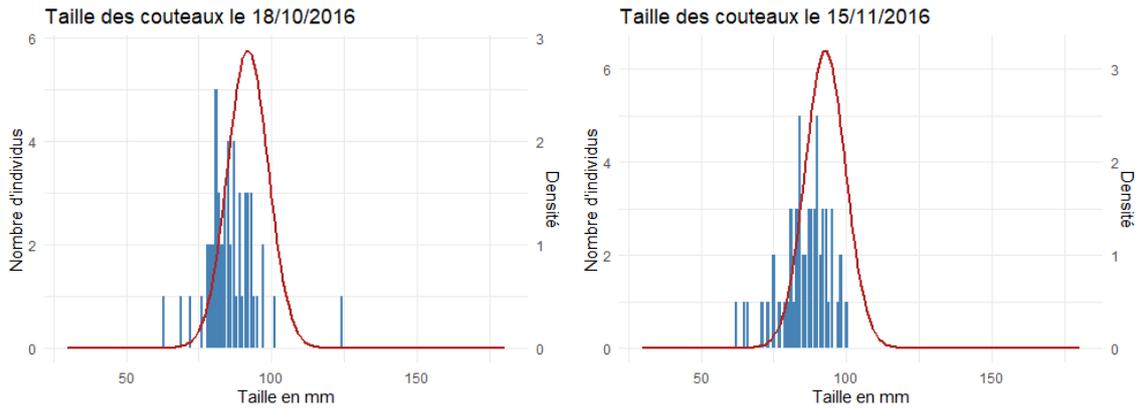


Figure 19 : A gauche, la taille des couteaux le 18/10/2016 ; à droite, la taille des couteaux le 15/11/2016

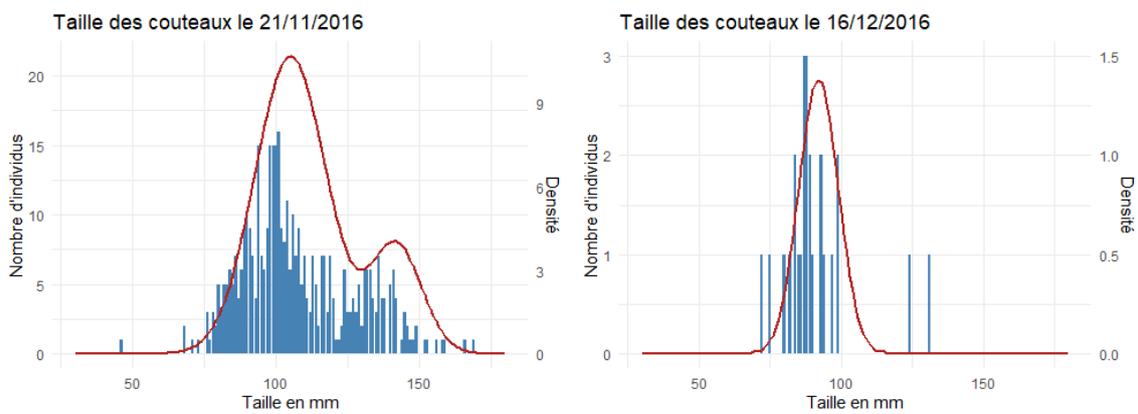


Figure 20 : A gauche, la taille des couteaux le 21/11/2016 ; à droite, la taille des couteaux le 16/12/2016

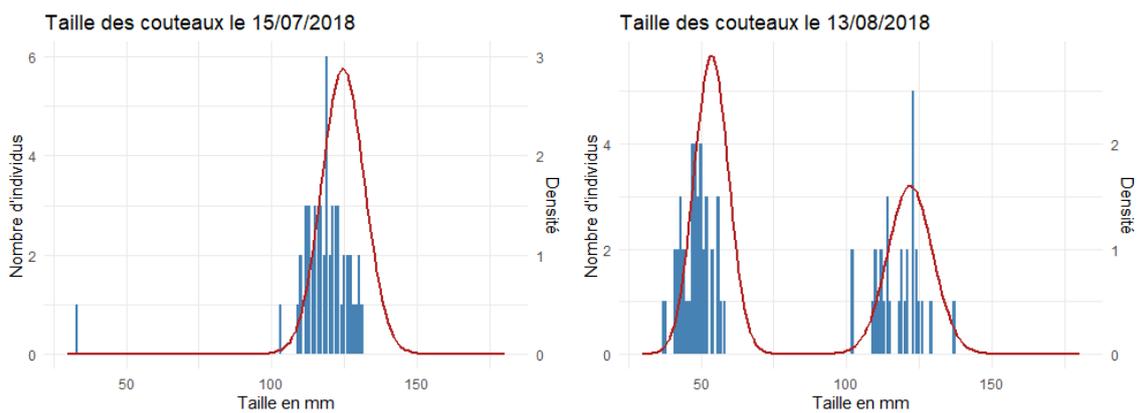


Figure 21 : A gauche, la taille des couteaux le 15/07/2018 ; à droite, la taille des couteaux le 13/08/2018

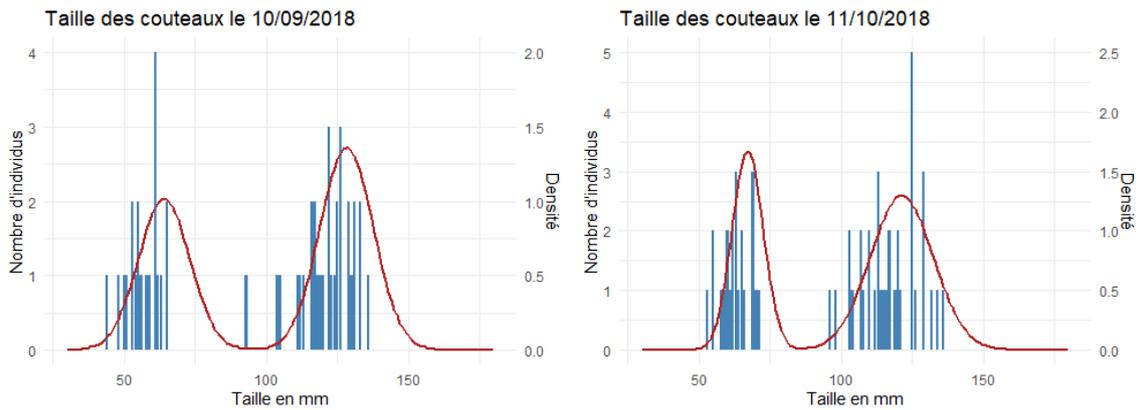


Figure 22 : A gauche, la taille des couteaux le 10/09/2018 ; à droite, la taille des couteaux le 11/10/2018

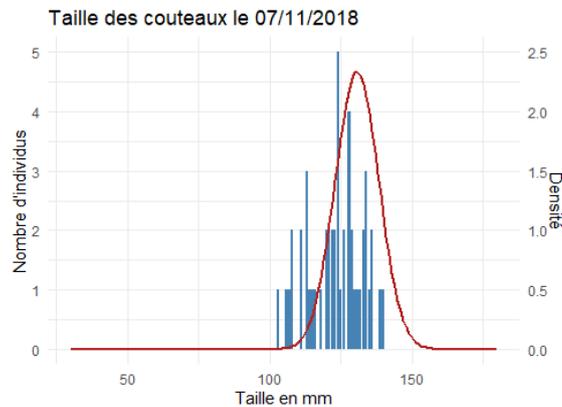


Figure 23 : Taille des couteaux le 07/11/2018

Deux cohortes sont observées en février 2016, l'une à 50 mm et l'autre à 120 mm (Figure 17), puis en avril une cohorte à 120 mm ainsi que quelques couteaux de 50 mm sont retrouvés mais avec peu de couteaux et de très faible densités (Figure 17). Ensuite, d'août à novembre 2016 une seule cohorte est présente avec des individus de taille principalement comprise entre 80 et 90 mm (Figure 18 et Figure 19). A la fin du mois de novembre 2016, il y a de nouveau deux cohortes mais celles-ci sont rapprochées, l'une avec des individus de 100 mm et l'autre avec des individus de 130 mm (Figure 20). C'est sur cette période que l'on retrouve le maximum d'individus et les plus fortes densités. Sur la période de décembre 2016 à juillet 2018 une seule cohorte est observée, sa croissance peut être observée allant de 90 à 120 mm (Figure 20, Figure 21 et Annexes 3 à 10). De la fin du mois d'août jusqu'à octobre 2018, deux cohortes sont retrouvées avec la plus petite allant de 50 à 60 mm et la plus grande se situant autour de 120 mm (Figure 21 et Figure 22). Enfin, lors de la

dernière sortie en novembre 2018, une cohorte peut être observée avec une taille moyenne de 120 mm (Figure 23).

Deux graphiques représentant l'évolution de l'indice de Walne et Mann ont été réalisés. Le premier (Figure 24) représente l'évolution de cet indice entre mars et juin 2020 avec les valeurs obtenues au cours de notre évaluation des stocks. Sur toute la période de mars à avril, les valeurs de l'indice ne varient quasiment pas et se situent en majorité entre 100 et 200. Ensuite, à partir du mois de mai (le 5 mai), cet indice augmente fortement et se situe maintenant principalement entre 200 et 400. Finalement, lors de la dernière sortie réalisée en juillet, l'indice de Walne et Mann semble être en régression, ce qui laisse supposer une ponte au mois de juin.

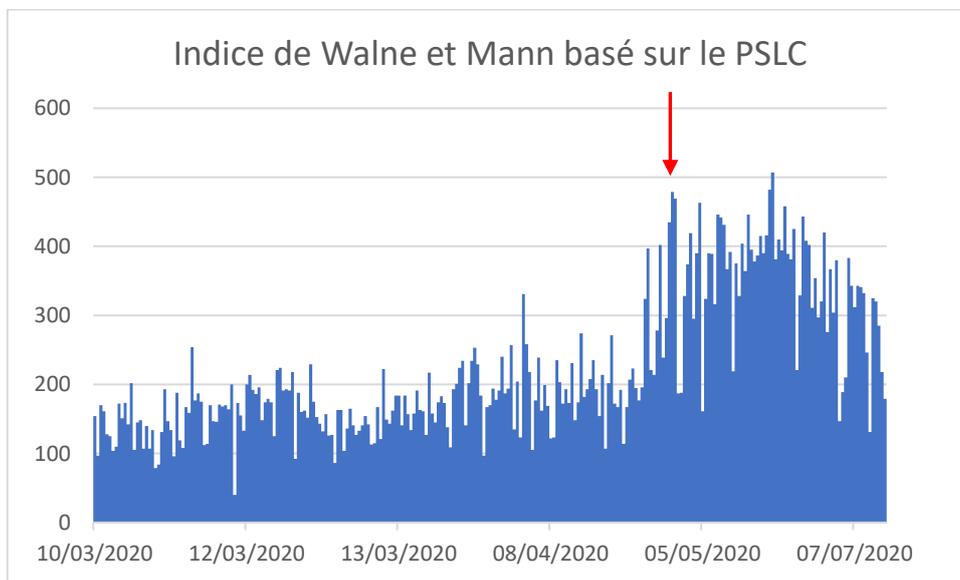


Figure 24 : Evolution de l'indice de Walne et Mann de mars à juillet 2020

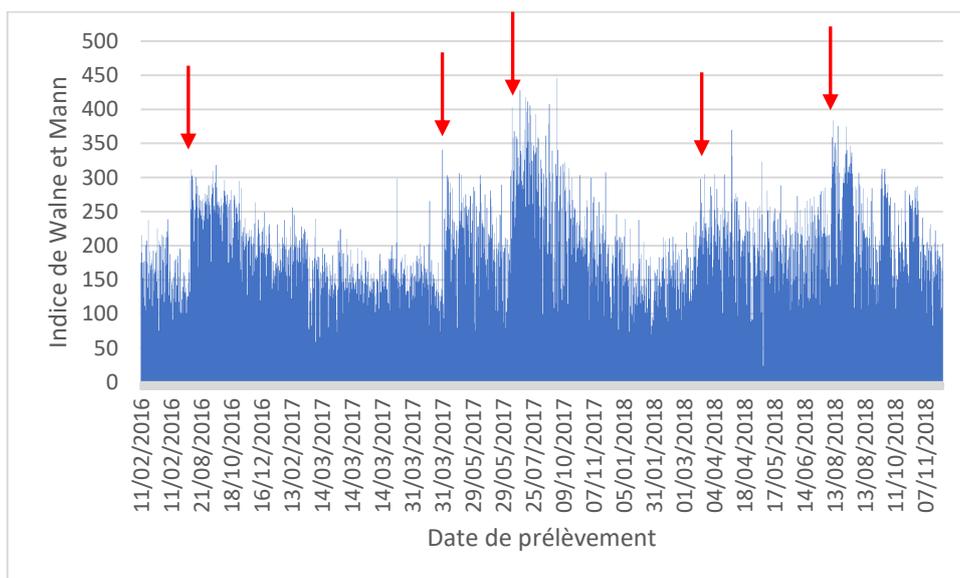


Figure 25 : Evolution de l'indice de Walne et Mann de février 2016 à octobre 2018

En regardant maintenant le deuxième graphique (Figure 25), les fluctuations de l'indice de Walne et Mann sont visibles sur la période de février 2016 à octobre 2018. Sur cette période, les valeurs de l'indice vont de 100 à 450, avec des valeurs principalement autour de 150 et 250.

En février 2016, l'indice de Walne et Mann est bas, se situant entre 150 et 200, puis d'août à octobre 2016 cet indice augmente pour arriver entre 250 et 300. Du mois de novembre 2016 à la fin du mois de mars 2017 une diminution de l'indice peut être observée pour se situer entre 150 et 200. De la fin du mois d'avril au mois de mai, l'indice va de nouveau augmenter entre 200 et 250, puis de juin à octobre une nouvelle hausse plus forte de l'indice est observée pour arriver entre 300 et 400. Après ce pic, de novembre 2017 jusqu'à avril 2018 l'indice va diminuer et passe de 250-300 à 150-200. Au milieu de mois d'avril l'indice augmente de nouveau entre 200 et 250 pour de nouveau augmenter entre juillet et août et atteindre 250-300. Enfin de septembre à octobre 2018 l'indice diminue entre 200 et 250. Il semblerait donc y avoir deux périodes de reproduction, la première au mois de mai et la seconde au à la fin du mois d'août voire un peu plus tard.

3- Suivi sanitaire

Grâce au suivi sanitaire, l'évolution de la quantité d'*Escherichia coli* sur les sites de Merlimont-Plage, Quend-Plage et Cayeux-sur-Mer a été quantifiée sur la période février 2018-janvier 2020 (Figure 26). La quantité maximale d'*E.coli* acceptée pour que les couteaux soient commercialisés sans aucun traitement préalable est représenté en rouge et correspond à 230 NPP pour 100 g de CLI. En 2018, la limite a été dépassée en mars pour le site de Merlimont-Plage, en mai pour Cayeux-sur-Mer, et de juillet à octobre pour les sites de Merlimont-Plage et Quend-Plage. En 2019, la limite a été dépassée en mai, juillet, et octobre à Cayeux. Pour le site de Quend-Plage, la limite a été dépassée en août et octobre. Enfin à Merlimont-Plage, la limite est dépassée en octobre et en novembre. La limite est rarement dépassée mais il y a tout de même quelques forts pics allant jusqu'à 2200 NPP pour 100 g de CLI le 30 octobre 2019 sur le site de Merlimont-Plage. Aucun site ne semble être plus pollué que les autres et les pics d'*E. coli* ne sont pas atteints sur la même période d'une année à l'autre. Toutefois, lors de la période hivernale de novembre 2018 jusqu'au début du printemps en avril 2019, les taux d'*E.coli* sont très faibles. La même tendance est observée en 2018 à l'exception du mois de mars et en janvier 2020 où de faibles taux sont à nouveau observés.

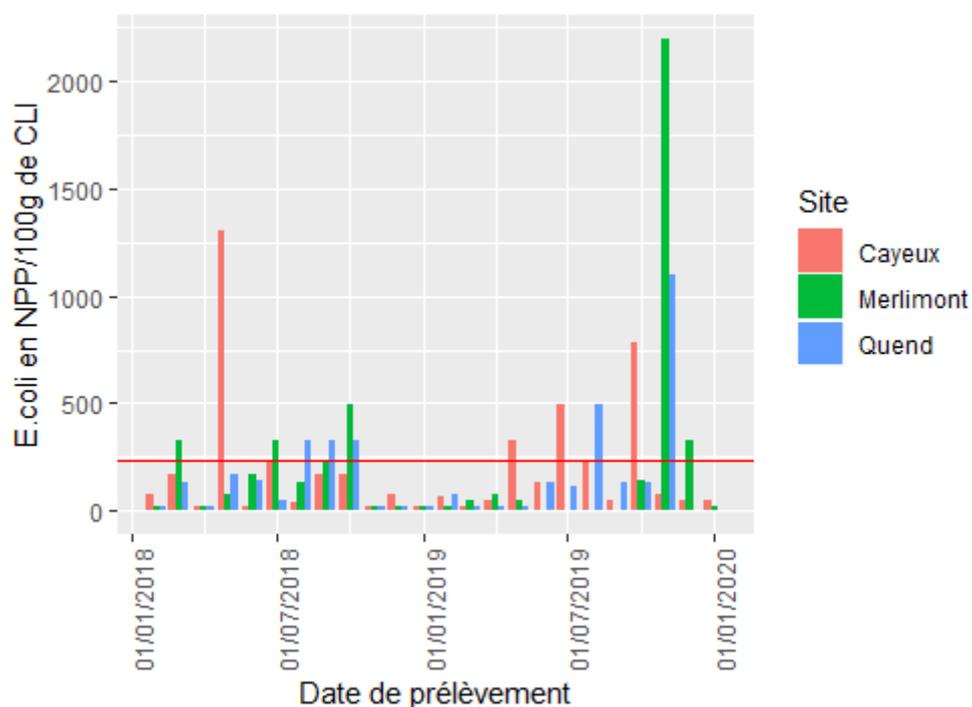


Figure 26 : Suivi de la concentration en *E. coli* de février 2018 à janvier 2020 pour les 3 sites suivis (Cayeux en rouge, Merlimont en vert et Quend en bleu)

Discussion

1- Evaluation des stocks

Les gisements de couteaux américains *Ensis leei* ont été évalués une première fois sur les côtes picardes en zone subtidale en 2000. Les gisements montraient en majorité des densités comprises entre 0 et 10 ind.m⁻² (Warembourg, 2000). Lors de cette évaluation, la zone côtière de Berck-Plage et plus globalement l'embouchure de la baie d'Authie présentaient des densités supérieures à 10 ind.m⁻² et allant jusqu'à 20 ind.m⁻². La zone côtière face à Cayeux-sur-Mer était celle présentant la plus grande densité avec plus de 20 ind.m⁻². Globalement, lors de cette étude, les plus grandes densités de couteaux étaient obtenues au niveau des embouchures des trois estuaires (Warembourg, 2000). Ces résultats diffèrent de ceux obtenus lors de la présente étude où il a été observé de plus grandes densités de couteaux sur les sites de Cayeux-sur-Mer et de Merlimont-Plage. Toutefois, notre étude a été menée en zone intertidale et les embouchures n'ont pas été échantillonnées lors de notre évaluation puisque difficilement accessible en pêche à pied ; des résultats différents auraient pu être obtenus si nous avions aussi échantillonné la zone subtidale. En 2011, le GEMEL a évalué les gisements de couteaux en zone intertidale et a trouvé des couteaux principalement au niveau des sites de Cayeux-sur-Mer, de Berck ainsi qu'au nord du Touquet (Bouvet, 2011). Les zones de fortes densités étaient encore une fois supérieures à celles observées

lors de notre étude ; allant jusqu'à plus de 30 ind.m⁻² avec une densité généralement supérieure à 10 ind.m⁻² pour les sites les plus peuplés. La dernière étude faite par le GEMEL a eu lieu en 2018 et ce sont de faibles densités de couteaux qui ont été observées, ne dépassant pas 8 ind.m⁻² avec Le Touquet comme gisement principal (Ollivier et Prigent, 2018). Les résultats de ces différents suivis montrent donc des fluctuations à la fois dans les densités de couteaux mais aussi des fluctuations spatiales. Toutefois, les sites de Cayeux-sur-Mer et du Touquet semblent être les plus favorables à la présence du couteau. Lors de l'évaluation menée en 2020, peu de couteaux sont retrouvés au Touquet en comparaison avec les évaluations de stocks antérieures et les sites apparaissant comme favorables pour une exploitation sont Cayeux-sur-Mer et Merlimont-Plage.

En ce qui concerne les densités exploitables, 52,2 % des individus ont atteint la taille marchande sur la zone d'étude. Cependant, il y a de grandes variations intra-sites. Dans les faits, seuls les sites de Cayeux-sur-Mer et Stella-Plage possèdent une quantité de couteaux exploitables inférieure à 50 %. La biomasse exploitable sur le site de Cayeux-sur-Mer est très faible (0,06 tonne par hectare) alors qu'il s'agit du site présentant la deuxième plus forte densité de couteaux. Ce résultat vient du fait que sur le site de Cayeux-sur-Mer une grande majorité des individus prélevés sont des juvéniles, avec seulement 29,1 % des individus qui sont exploitables. Ceci semble montrer un biais dû à la période d'échantillonnage qui pour ce site s'est déroulée au mois d'avril ; ce qui correspond avec le début de période de reproduction. Toutefois, les prélèvements sur le site du Touquet ont été effectués en juillet et 70 % d'individus exploitables sont observés. alors qu'il se déroule en période de recrutement. Cette période se situant au moment du recrutement de couteaux, plus de juvéniles devraient être présents en comparaison avec les mois de mai et avril.

Les sites de Berck-Plage et Fort-Mahon-Plage sont identifiés comme ayant le plus fort pourcentage d'individus exploitables, tous les deux supérieurs à 80 %. Cependant, la densité de couteaux étant très faible sur ces sites (0,06 et 0,04 tonne par hectare), cela ne permet pas d'entrevoir une exploitation viable sur ces sites. Le seul site qui semble être exploitable est celui de Merlimont-Plage avec 0,2 tonne par hectare et une quantité de 3,8 tonnes de couteaux pêchables. Toutefois, le pourcentage d'individus exploitables est relativement faible (57,7 %) en comparaison avec les autres sites. En 2018, le GEMEL a évalué une densité de couteaux minimale de 4 individus par mètre carré pour que l'activité soit viable pour le pêcheur (Ollivier et Prigent, 2018). Les sites de Cayeux-sur-Mer et Merlimont-Plage, qui sont les sites avec les plus grandes quantités de couteaux, possèdent en moyenne respectivement 2,5 et 4 ind.m⁻². Ces valeurs sont faibles et inférieures aux 5 ind.m⁻² nécessaires pour une activité de pêche viable.

Pour les sites de Stella-Plage et du Touquet, davantage de couteaux de petite taille sont retrouvés en comparaison avec les autres stations. Les prélèvements de couteaux sur ces deux sites ont été effectués au mois de mai, soit un mois après le site de Cayeux-sur-Mer et deux mois après les autres sites. Le mois de mai correspond avec la première période de recrutement chez les couteaux américains, il est donc logique de retrouver principalement des individus de petite taille à cette période (*i.e.* juvéniles). De plus, chez le couteau américain, il existe un gradient de répartition des individus en fonction de leur taille. Les jeunes individus sont retrouvés dans la partie haute de la zone intertidale alors que les adultes sont plus fréquents en partie basse de la zone intertidale (Freudentahl *et al.*, 2009). Lors de nos sorties, certains coefficients étaient faibles (entre 85 et 90) on se trouvait donc en limite haute de répartition des individus à +2 mètres par rapport au niveau bathymétrique. Ceci peut être l'une des raisons pour lesquelles de nombreux individus de petite taille ont été échantillonnés.

La nature du sédiment pourrait être une des raisons de l'absence de couteaux. Certains substrats trop compacts ou inversement trop peu stables peuvent être défavorables à la présence du couteau. C'est pour cela que des granulométries ont été réalisées. Tous les sites sont constitués en majorité de sables fins et de sables moyens. La proportion entre les deux était approximativement la même pour les sites de Quend-Plage et Stella-Plage avec plus de 80 % de sables fins et 12 à 14 % de sables moyens. Ces sites présentent une densité de couteaux moyenne pour la zone d'étude. Pour les sites de Cayeux-sur-Mer, Merlimont-Plage, Berck-Plage et Le Touquet, les valeurs de granulométrie sont similaires avec 68 à 77 % de sables fins et 21 à 28 % de sables moyens. Seul le site de Fort-Mahon-Plage diffère des autres avec des proportions de sables fins et moyens du même ordre de grandeur (48 % et 50 % respectivement) et les plus faibles densités de couteaux y ont été observées. Les préférences édaphiques diffèrent en fonction des espèces de couteaux (Henderson et Richardson, 1994). Ainsi, *Ensis leei* préfère les sables fins et instables (Swennen *et al.*, 1985). Cette espèce est adaptée à une certaine classe granulométrique et a une capacité réduite à creuser dans des sédiments plus grossiers (Alexander *et al.*, 1993). Il est peu fréquent de retrouver les espèces spécialistes en dehors du type de milieu auquel elles sont adaptées. Le site de Fort-Mahon-Plage comportant bien plus de sables moyens que les autres sites, pourrait donc se révéler comme le site le moins favorable à l'installation du couteau.

Au regard des résultats, seuls les sites de Merlimont-Plage et Cayeux-sur-Mer présentent de fortes densités de couteaux et une présence sur l'ensemble du site. Le site de Cayeux-sur-Mer ne semble pas exploitable puisque la grande majorité des individus est inférieure à la taille réglementaire. Il

semble donc que seul le site de Merlimont-Plage puisse permettre une exploitation. Les autres sites présentent des quantités de couteaux très faibles avec également une faible densité par point.

2- Dynamique des populations

L'utilisation du logiciel LFDA5 a permis de mettre en évidence plusieurs paramètres concernant la croissance des couteaux. La taille maximale moyenne qui a été obtenue est de 140 mm, ce résultat semble cohérent au regard des individus mesurés au cours de cette étude. Après les deux années de suivi, seuls 26 individus d'une taille supérieure à 140 mm ont été retrouvés avec une taille maximale de 168,5 mm. Deux études menées en Allemagne ont également modélisé la dynamique des populations de couteaux américains. Des valeurs de 166,8 et 164,5 mm pour des couteaux en partie subtidale (Muhlenhardt-Siegel *et al.*, 1993) et de 142,2 mm en zone intertidale (Swennen *et al.*, 1985) ont été obtenues. La valeur de 140 mm obtenue ici est donc très proche de celle obtenue en zone intertidale en Allemagne. Il est également logique d'obtenir des valeurs plus grandes en partie subtidale puisque les couteaux seront moins sujets à la prédation en évitant le contact avec les oiseaux et passant plus de temps à se nourrir. Concernant la croissance annuelle du couteau, une valeur de k de $1,5 \text{ an}^{-1}$ signifie que le couteau va augmenter de deux fois et demie sa taille en une année. A l'aide des données collectées sur l'âge des individus ainsi que leur taille, il est possible d'estimer la croissance du couteau. Sur la période 2016-2018, la taille augmente en moyenne de 1,8 fois la première année puis de 1,2 fois les autres années. Pour le suivi de 2020, la taille augmente en moyenne de 2,4 fois la première année puis de 1,2 les autres années. La valeur de k de 1,5 semble donc élevée, les valeurs obtenues en Allemagne allaient de 0,530 à 0,736. Ces valeurs sont bien plus faibles et semblent plus appropriées à nos données. Toutefois, l'estimation de l'âge des individus pouvant s'avérer très complexe pour certains individus, il est probable que les tailles moyennes obtenues pour certaines classes d'âge soient erronées. En ce qui concerne la variation de saisonnalité, la valeur de C de 0,5 indique qu'il s'agit d'un ralentissement de croissance et non pas d'un arrêt. En transformant le t_s en date, le 19 octobre est identifié comme marquant le début de ce ralentissement. Un ralentissement de croissance commençant à la fin du mois d'octobre paraît cohérent, puisque cela correspond à la période où la température de l'eau commence à diminuer (16,3°C en moyenne en octobre puis 14,5°C au mois de novembre ; www.meteociel.fr/). Ce ralentissement de croissance peut avoir lieu plus ou moins tard en fonction des conditions météorologiques. De la même manière, le ralentissement de croissance peut être plus ou moins fort selon les années. En effet, les stries de croissance sont plus ou moins marquées sur les couteaux, rendant parfois la détermination de l'âge complexe. Le dernier paramètre évalué est le t_0 . La valeur

de 0,880 correspond à 10,5 mois avant la date de recrutement. Cette valeur semble élevée puisque la phase larvaire ayant lieu avant le recrutement ne dure que deux à trois semaines. Toutefois, les études précédentes en Allemagne ont mis en évidence des valeurs allant de 0,438 à 0,623, soit de 5,2 à 7,5 mois avant la période de recrutement et la valeur la plus élevée correspondant à la population en partie intertidale. Ces résultats qui paraissent trop grands peuvent être biaisés par le fait qu'il y ait deux périodes de recrutement chez le couteau américain.

Concernant les périodes de recrutement des couteaux, les cohortes d'individus de faibles tailles permettent de les identifier. D'après nos données, les couteaux estimés d'un âge de 0,5 ans ont une taille moyenne de 49,3 mm. La première fois où des individus de faible taille sont observés a lieu en février. La cohorte présente des individus d'environ 50 mm en moyenne. Les couteaux présents dans cette cohorte sont donc nés approximativement six mois avant la période d'échantillonnage. Cela correspond à la deuxième période de reproduction entre août et septembre de l'année précédente. Il a également été identifié deux cohortes, avec l'une de faible taille correspondant à des juvéniles au cours des mois d'août à novembre 2018. La taille moyenne des individus de cette cohorte passe de 50 mm en août à 70 mm en octobre. Ces couteaux semblent donc être ceux issus de la première période de recrutement ayant eu lieu entre avril et juin.

La première période de reproduction ayant été évaluée comme la plus forte période de recrutement (Kenchington *et al.*, 1998), il paraît logique d'observer plus fortement la cohorte des juvéniles entre août et septembre qu'au mois de février. L'indice de Walne et Mann a permis de mettre en évidence que deux périodes de recrutements avaient bien lieu sur la zone étudiée. Les périodes de reproduction sont également les mêmes que celles décrites dans la littérature, c'est-à-dire d'avril à juin et d'août à septembre (Kenchington *et al.*, 1998).

3- Suivi sanitaire

Les résultats ont mis en évidence la période hivernale allant de décembre jusqu'au mois d'avril comme présentant les plus faibles taux d'*Escherichia coli*. De la même manière, les taux les plus forts dépassant les 230 NPP/100g de CLI sont observés en été, principalement entre juin et octobre. Cependant, des études précédentes montrent que les concentrations en *E.coli* augmentent quand les températures et les UV sont faibles (Whitman *et al.*, 2004, Palazon *et al.*, 2017). De plus, les précipitations sont aussi un facteur augmentant la concentration d'*E.coli* par le lessivage des sols entraînant ainsi des pathogènes et des bactéries provenant d'élevages et de cultures ; et cet effet est d'autant plus important que la zone côtière se situe à proximité d'une rivière (Rijal *et al.*, 2009,

Tabanelli *et al.*, 2017). Tous ces facteurs sont plus fréquents en période hivernale qu'estivale, la prolifération des bactéries devrait donc être plus importante à cette période. Toutefois, nos résultats montrent l'inverse. Deux hypothèses peuvent ainsi être avancées pour expliquer des plus fortes concentrations en été qu'en hiver. Premièrement, les bivalves ont une activité de filtration plus forte entre mai et juin, au moment de la période de reproduction (Newell *et al.*, 1980, Hornbach *et al.*, 1984, Sonier *et al.*, 2008). Cette activité de filtration plus forte pourrait augmenter la bioaccumulation d'*E.coli* par les coqueaux. Un autre phénomène qui pourrait favoriser la présence de bactéries est l'augmentation de la fréquentation des plages lors de la période estivale (Ariza *et al.*, 2010). Notre zone d'étude située dans le PNM des estuaires picards et de la mer d'Opale présentant à la fois de grandes plages de sable et des zones sauvages à un très fort attrait touristique et voit sa population s'élever fortement en été. La forte concentration de touristes fréquentant les plages à cette période pourrait augmenter drastiquement les concentrations d'*E. coli*. Les trois sites étudiés ne montrent pas de fortes concentrations d'*E. coli* de manière constante, les principaux pics se produisant l'été avec l'afflux de touristes. Une étude de zone pour établir la classification du site de Merlimont-Plage serait nécessaire car ce site apparaît exploitable pour la pêche à pied au coqueau et il pourrait potentiellement être classé en zone A ou B au vu des concentrations en *E. coli* constatés lors des deux années de suivi sanitaire.

Conclusion

Lors de l'évaluation des stocks de coqueaux américains *E. leei* sur le littoral picard en 2020, les densités ont été estimées uniquement sur la partie accessible pour la pêche à pied ; ce qui sous-estime les densités réelles puisque la majeure partie des coqueaux est située en zone subtidale. Il reste donc de grandes densités de coqueaux non évaluées qui pourraient être accessibles en plongée ou à la drague. La méthode d'échantillonnage d'un quadrat d'un mètre carré semble être appropriée pour mettre en évidence la densité sur une zone précise. Cependant, elle ne permet pas de mettre en avant le gradient de répartition entre la partie basse et la partie haute de la zone intertidale. Il aurait été intéressant de réaliser plusieurs échantillonnages à différentes hauteurs de plage. Il peut également y avoir de fortes variations entre deux points espacés de 200 m, lors de la présence d'une forte densité de coqueaux entre deux il aurait pu être effectué un autre prélèvement pour mettre en évidence le changement de densité. Cependant, le personnel ainsi que le temps disponible pour les prélèvements en zone intertidale n'aurait pas permis de réaliser plusieurs points en partie haute et basse de la zone intertidale.

En conclusion, au vu des densités et des biomasses calculées, seuls les sites de Cayeux-sur-Mer et Merlimont-Plage présentent des densités supérieures à 4 ind.m⁻² ; seuil pour lequel l'activité de pêche professionnelle serait viable. Lors de ce suivi, les échantillonnages ont été principalement réalisés au cours de la période de reproduction. De nombreux juvéniles ont donc été retrouvés, ceci se traduit par un plus faible pourcentage d'individus exploitables. Il est donc important de prendre en compte les périodes d'échantillonnage lorsque plusieurs sites sont étudiés. Les données précédentes du GEMEL montrent des taux d'individus pêchables supérieures à 90 % au printemps mais qui chutent lors de la période de recrutement au cours de l'été. S'il devait y avoir une exploitation des couteaux, il serait plus intéressant de le faire au printemps avant que les individus adultes migrent en zone subtidale. Toutefois, les suivis effectués sur les côtes picardes depuis l'apparition du couteau américain montrent des grandes fluctuations dans la répartition ainsi que dans les quantités présentes. Finalement, les densités observées au cours de ce suivi étant relativement faibles et les couteaux étant accessibles peu de jours au cours l'année (*i.e.* marées de vives-eaux), l'exploitation du couteau ne semble pas viable ou alors en complément d'une autre activité de pêche plus importante telle que la pêche des coques, des moules ou des végétaux marins.

Bibliographie

Alexander, R. R., Stanton, R. J., & Dodd, J. R. (1993). Influence of sediment grain size on the burrowing of bivalves : Correlation with distribution and stratigraphic persistence of selected neogene clams. *Palaios* 8, 289-303.

Armonies, W., (2001). What an introduced species can tell us about the spatial extension of benthic populations. *Marine Ecology Progress Series* 209, 279-287.

Ariza, E., Jimenez, J.A., Sarda, R., Villares, M., Pinto, J., Fraguell, R., Roca, E., Marti, C., Valdemoro, H., Ballester, R. (2010). Proposal for an integral quality index for urban and urbanized beaches. *Environnement Management* 45, 998–1013.

Beukema, J.J., & Dekker, R. (1995). Dynamics and growth of a recent invader into european coastal waters: the american razor clam, *Ensis directus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 75, 351-362.

Bouvet, A. (2011). Evaluation des ressources exploitables en invertébrés des trois estuaires picards : Somme, Authie et Canche. Coques, myes, scrobiculaires, couteaux et donaces. Mémoire de Master 2 EADD. GEMEL, Université de Picardie Jules Vernes 90.

Breen, M., Howell, T., Copland, P. (2011). A report on electrical fishing for razor clams (*Ensis sp.*) and its likely effects on the marine environment. *Marine Scotland Science Report* 118.

Cardoso, J.F.M.F., Witte, J.I., van der Veer, H.W., (2009). Reproductive investment of the American razor clam *Ensis americanus* in the Dutch Wadden Sea. *Journal of Sea Research* 62, 295–298.

Cardoso, J.F.M.F., Nieuwland, G., Wijsman, J., Witbaard, R., van der Veer, H.W. (2011). Validation of a method for age determination in the razor clam *Ensis directus*, with a review on available data on growth, reproduction and physiology. NIOZ-Report 33.

Cardoso, J.F.M.F., Nieuwland, G., Witbaards, R., van der Veer, H.W., Machado, J.P. (2013). Growth increments periodicity in the shell of the razor clam *Ensis directus* using stable isotopes as a method to validate age. *Biogeosciences* 10, 4741–4750.

Dabouineau, L., Ponsero, A., Sturbois, A., Delisle, F. (2015). Les coques : biologie et exploitation. Edition Quæ.

Dannheim, J., Rumohr, H. (2011). The fate of an immigrant: *Ensis directus* in the eastern German Bight. *Helgoland Marine Research* 66, 307–317.

Dauvin, J., Ruellet, T., Thiebaut, E., Gentil, F., Desroy, N., Janson, A., Duhamel, S., Jourde, J., Simon, S. (2007). The presence of *Melinna palmata* (Annelida : *Polychaeta*) and *Ensis directus* (Mollusca : *Bivalvia*) related to sedimentary changes in the Bay of Seine (English Channel, France). *Cahiers de Biologie Marine* 48, 391–401.

- Dekker, R., Beukema, J.J. (2012). Long-term dynamics and productivity of a successful invader: The first three decades of the bivalve *Ensis directus* in the western Wadden Sea. *Journal of Sea Research* 71, 31–40.
- Dewarumez, J.M, Gevaert, G., Massé, C., Foveau, A., Grulois, D. (2011). Les espèces marines animales et végétales introduites dans le bassin Artois-Picardie, UMR-CNRS 8187 LOG et Agence de l'Eau Artois-Picardie, 140 p.
- Fermey-Paris, M., Piens, S. (2017). La culture des salicornes : Point général et évaluation du potentiel des claires ostréicoles de la CABANOR. Rapport final du SMEL, juillet 2017.
- Freudendahl, A.S.L., Nielsen, M.M., Jensen, T., Jensen, K.T. (2009). The introduced clam *Ensis americanus* in the Wadden Sea: field experiment on impact of bird predation and tidal level on survival and growth. *Helgoland Marine Research* 64, 93–100.
- Garcia A., Desroy N., Le Mao P., Miossec L. (2014). Protocole de suivi stationnel des macro-invertébrés benthiques de substrats meubles subtidiaux et intertidaux dans le cadre de la DCE. Façades Manche et Atlantique – *Rapport AQUAREF 2014* – 13 p. + Annexes.
- Gaspar, M.B., Santos, M.N., Vasconcelos, P., Monteiro, C.C. (2002). Shell morphometric relationships of the most common bivalve species (Mollusca: Bivalvia) of the Algarve coast (southern Portugal). *Hydrobiologia* 477, 73–80.
- Gaspar, M.B., Pereira, A.M., Vasconcelos, P., Monteiro, C.C. (2004). Age and growth of *Chamelea gallina* from the Algarve coast (Southern Portugal): Influence of seawater temperature and gametogenic cycle on growth rate. *Journal of Molluscan Studies* 70, 371–377.
- Henderson, S. M., & Richardson, C. A. (1994). A comparison of the age, growth rate and burrowing behaviour of the razor clams, *Ensis siliqua* and *E. ensis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 74, 939–954.
- Hernandez-Otero, A., Gaspar, M.B., Macho, G., Vázquez, E. (2014). Age and growth of the sword razor clam *Ensis arcuatus* in the Ría de Pontevedra (NW Spain): Influence of environmental parameters. *Journal of Sea Research* 85, 59–72.
- Hornbach, D. J., Way, C. M., Wissing, T. E., & Burky, A. J. (1984). Effects of particle concentration and season on the filtration rates of the freshwater clam, *Sphaerium striatinum* Lamarck (*Bivalvia: Pisidiidae*). *Hydrobiologia* 108, 83–96.
- Jensen K.T., (2010). NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet –*Rhithropanopeus harrisi*– From: Identification key to marine invasive species in Nordic waters – NOBANIS www.nobanis.org, Date of access 26/03/2014.
- Kenchington, E., Duggan, R., Riddell, T. (1998). Early life history characteristics of the razor clam (*Ensis directus*) and the moonsnails (*Euspira spp.*) with applications to fisheries and aquaculture. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2223, 32.

- Kirby-Smith, W.W. (1972). Growth of the bay scallop: The influence of experimental water currents. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 8, 7–18.
- Luczak, C., Dewarumez, J.M., Essink, K. (1993). First Record of the American Jack Knife Clam *Ensis Directus* on the French Coast of the North Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 73, 233.
- Lepetit, M., Loranchet, S., Gillet, P., & Marion, J. M. (1991). A program for analysis of population structure histograms using Bhattacharya's method of logarithmic differences. *Vie et milieu. Paris* 41, 127-131.
- Marsden, I.D. (2004). Effects of reduced salinity and seston availability on growth of the New Zealand little-neck clam *Austrovenus stutchburyi*. *Marine Ecology Progress Series* 266, 157–171.
- Moura, P., Gaspar, M.B., Monteiro, C.C. (2009). Age determination and growth rate of a *Calliste chione* population from the southwestern coast of Portugal. *Aquatic Biology* 5, 97–106.
- Mühlenhardt-Siegel, U., Dörjes, J., von Cosel, R. (1983). Die amerikanische Schwertmuschel *Ensis directus* (Conrad) in der Deutschen Bucht. II. Populations dynamik. *Senckenbergiana Maritima* 15, 93 –110.
- Newell, R. I. E., & Bayne, B. L. (1980). Seasonal changes in the physiology, reproductive condition and carbohydrate content of the cockle *Cardium (=Cerastoderma) edule* (*Bivalvia: Cardiidae*). *Marine Biology* 56, 11–19.
- Ollivier, E., Prigent, A. (2018). Evaluation des gisements de coqueaux de Cayeux-sur-Mer au Touquet en 2018. Rapport du GEMEL n°18-018, 19.
- Palazon, A., López, I., Aragonés, L., Villacampa, Y., & Navarro-González, F. J. (2017). Modelling of *Escherichia coli* concentrations in bathing water at microtidal coasts. *Science of The Total Environment* 593-594, 173–181.
- Pilditch, C.A., Grant, J. (1999). Effect of temperature fluctuations and food supply on the growth and metabolism of juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus*). *Marine Biology* 134, 235–248.
- Raybaud, V., Beaugrand, G., Dewarumez, J.M., Luczak, C. (2015). Climate-induced range shifts of the American jackknife clam *Ensis directus* in Europe. *Biological Invasions* 17, 725 – 741.
- Richardson, C.A. (2001). Molluscs as archives of environmental change. *Oceanogr. Marine Biology* 39, 103–164.
- Rijal, G., Petropoulou, C., Tolson, J.K., Deflaun, M., Gerba, C., Gore, R., Glymph, T., Granato, T., O'connor, C., Kollias, L., Lanyon, R. (2009). Dry and wet weather microbial characterization of the Chicago area waterway system. *Water Science and Technology* 60, 1847–1855.
- Rocroy, M., (2017). Evaluation des zones de labours au sein de la concession de végétaux marins en baie de Somme en 2017. Rapport du GEMEL n°17-003, 4 p

- Rocroy M., Darras J-C, Talleux, J.D. (2019). Etude de la dynamique de population de coques (*C. edule*) sur les deux gisements de la baie d'Authie, avant les travaux de dragage par CA2BM, année 2019. Rapport du GEMEL n°19-025, 14 p.
- Rolet, C. (2020a). Note sur l'ouverture de la pêche aux asters en 2020. Note du GEMEL n°20-002 destiné à la DDTM-62, 6 p.
- Rolet, C. (2020b). Note sur l'ouverture de la pêche aux salicornes en 2020. Note du GEMEL n°20-005 destiné à la DDTM-62, 10 p.
- Rolet, C., Rocroy, M., Becuwe, E., Talleux, J-D. (2020c). Evaluation des ressources naturelles en moules *Mytilus edulis*: gisement des Langues de Chiens à Ambleteuse en février 2020. Rapport du GEMEL n°20-007, 20 p.
- Sonier, R., Mayrand, E., Boghen, A. D., Ouellette, M., & Mallet, V. (2008). Concentration of *Escherichia coli* in sediments as an indicator of the sanitary status of oyster (*Crassostrea virginica*) aquaculture sites. *Journal of Applied Ichthyology* 24, 678–684.
- Swennen, C., Leopold, M.F., Stock, M. (1985). Notes on growth and behaviour of the American razor clam *Ensis directus* in the Wadden Sea and the predation on it by birds. *Helgolander Meeresuntersuchungen* 39, 255-261.
- Tabanelli, G., Montanari, C., Gardini, A., Maffei, M., Prioli, C., & Gardini, F. (2017). Environmental Factors Affecting *Escherichia coli* Concentrations in Striped Venus Clam (*Chamelea gallina* L.) Harvested in the North Adriatic Sea. *Journal of Food Protection* 80, 1429–1435.
- Tulp, I., Craeymeersch, J., Leopold, M., van Damme, C., Fey, F., Verdaat, H. (2010). The role of the invasive bivalve *Ensis directus* as food source for fish and birds in the Dutch coastal zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 90, 116–128.
- Warembourg, C. (2000). Etude de la distribution des peuplements macrobenthiques de la frange côtière en Manche orientale (zone de Dieppe à Boulogne-sur-Mer). Mémoire de D.S.R Université des Sciences et Technologies de Lille, Wimereux (France). 90.
- Whitman, R.L., Nevers, M.B., Korinek, G.C., Byappanahalli, M.N. (2004). Solar and temporal effects on *Escherichia coli* concentration at a Lake Michigan swimming beach. *Applied and Environmental Microbiology* 70, 4276–4285.

Liste des figures

Figure 1 : Station d'études de l'UPJV où est hébergé le GEMEL (Quai Jeanne d'Arc, Saint-Valery-sur-Somme)	3
Figure 2 : Zone d'étude depuis Cayeux-sur-Mer au sud et Le Touquet au nord	4
Figure 3 : Colonisation du couteau américain <i>Ensis leei</i> sur les côtes françaises (in Dauvin <i>et al.</i> , 2007)	5
Figure 4 : Couteau américain <i>Ensis leei</i>	6
Figure 5 : Echouage de couteaux sur le site de Merlimont en mars 2020	7
Figure 6 : Carte des points de prélèvements théoriques.....	9
Figure 7 : Quadrat de 1 m ² avant prélèvement (à gauche) et après prélèvement (à droite)	9
Figure 8 : Mesure de la longueur d'un couteau au mm près à l'aide d'un pied à coulisse électronique	10
Figure 9 : Classements sanitaires le long de la côte picarde.	14
Figure 10 : Densité totale de couteaux (nombre d'individus par m ² ; en haut) et densité de couteaux exploitables (nombre d'individus > 10 cm ; en bas) pour la zone comprise entre Stella-Plage et Le-Touquet	16
Figure 11 : Densité totale de couteaux (nombre d'individus par m ² ; en haut) et densité de couteaux exploitables (nombre d'individus > 10 cm ; en bas) pour la zone comprise entre Merlimont-Plage et Berck-Plage.....	17
Figure 12 : Densité totale de couteaux (nombre d'individus par m ² ; en haut) et densité de couteaux exploitables (nombre d'individus > 10 cm ; en bas) pour la zone comprise entre Fort-Mahon-Plage et Quend-Plage	18
Figure 13 : Densité totale de couteaux (nombre d'individus par m ² ; en haut) et densité de couteaux exploitables (nombre d'individus > 10 cm ; en bas) pour le site de Cayeux-sur-Mer	19
Figure 14 : Abaque taille (longueur en mm) en fonction du poids entier du couteau (poids sec libre de cendre de la chair + poids sec de la coquille ; en gramme).....	20
Figure 15 : Granulométrie pour la baie de Canche.....	23
Figure 16 : Granulométrie pour le site de Fort-Mahon-Plage	23
Figure 17 : A gauche, la taille des couteaux le 11/02/2016 ; à droite, la taille des couteaux le 07/04/2016	24

Figure 18 : A gauche, la taille des couteaux le 21/08/2016 ; à droite, la taille des couteaux le 19/09/2016	24
Figure 19 : A gauche, la taille des couteaux le 18/10/2016 ; à droite, la taille des couteaux le 15/11/2016	25
Figure 20 : A gauche, la taille des couteaux le 21/11/2016 ; à droite, la taille des couteaux le 16/12/2016	25
Figure 21 : A gauche, la taille des couteaux le 15/07/2018 ; à droite, la taille des couteaux le 13/08/2018	25
Figure 22 : A gauche, la taille des couteaux le 10/09/2018 ; à droite, la taille des couteaux le 11/10/2018	26
Figure 23 : Taille des couteaux le 07/11/2018.....	26
Figure 24 : Evolution de l'indice de Walne et Mann de mars à juillet 2020.....	27
Figure 25 : Evolution de l'indice de Walne et Mann de février 2016 à octobre 2018.....	27
Figure 26 : Suivi de la concentration en <i>E. coli</i> de février 2018 à janvier 2020 pour les 3 sites suivis (Cayeux en rouge, Merlimont en vert et Quend en bleu)	29

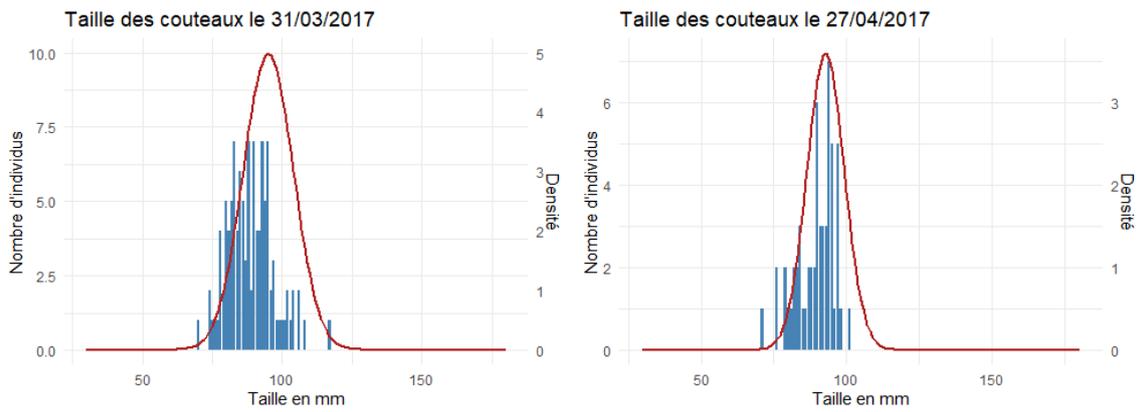
Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification du couteau américain <i>Ensis leei</i>	5
Tableau 2 : Tableau de conversion de la taille en poids d'après l'abaque	20
Tableau 3 : Biomasses de couteaux sur la côte Picarde	21
Tableau 4 : Répartition des différents types de sédiments sur chacun de nos sites.....	22

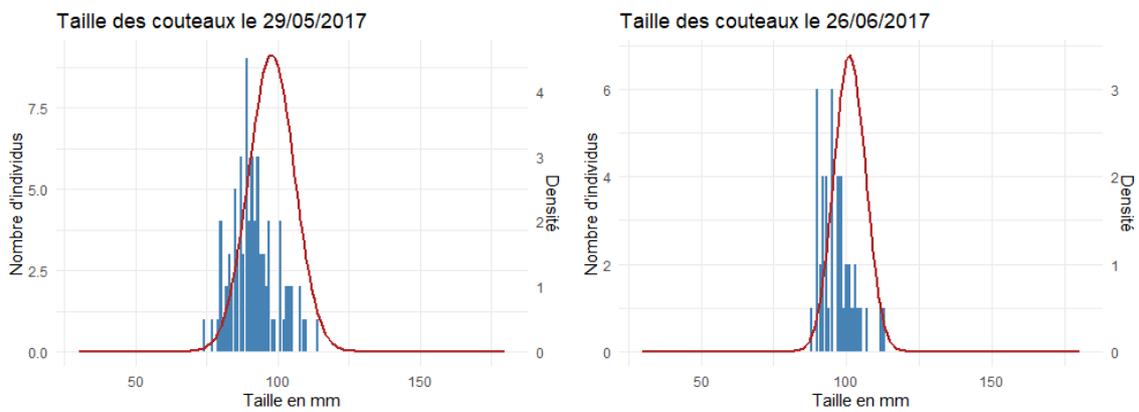
Annexes



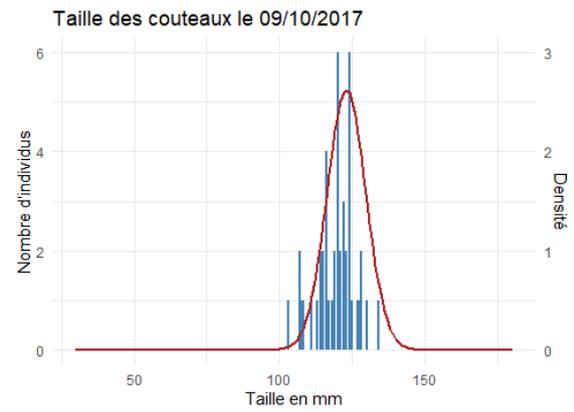
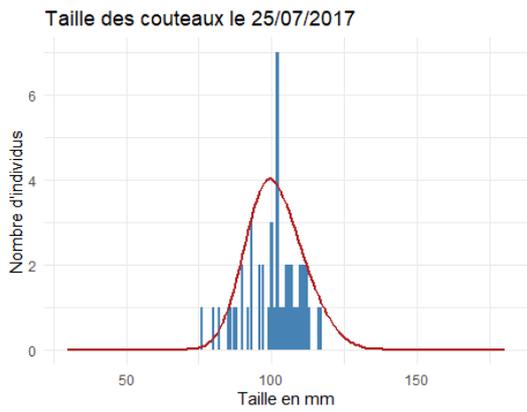
Annexe 1 : Chair partiellement calcinée (à gauche) et parfaitement calcinée (à droite)



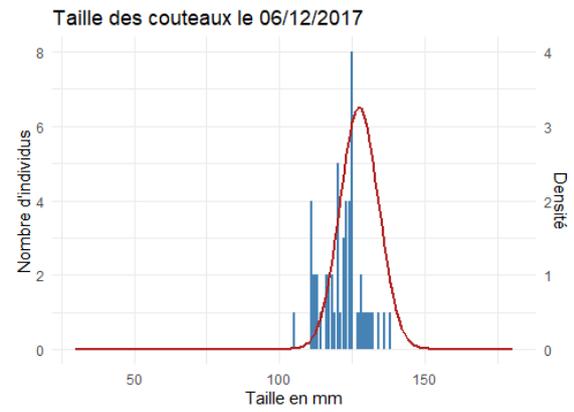
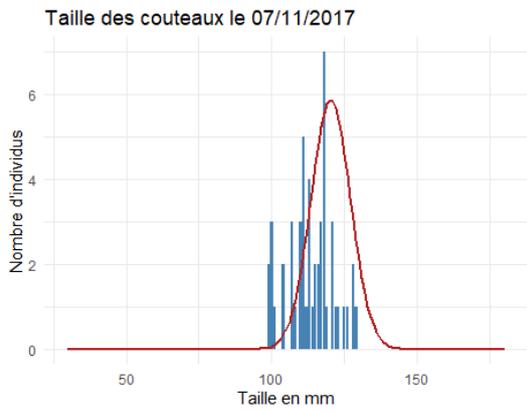
Annexe 2 : A gauche, la taille des couteaux le 31/03/2017 ; à droite, la taille des couteaux le 27/04/2017



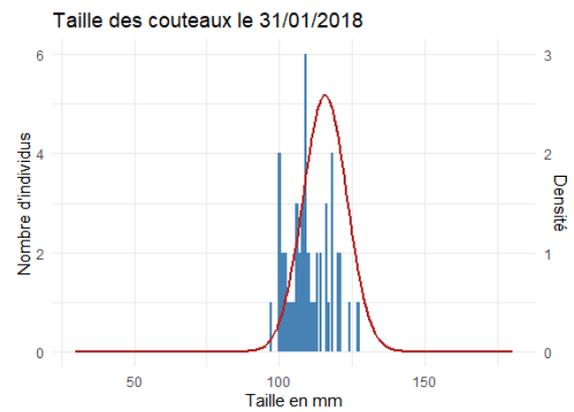
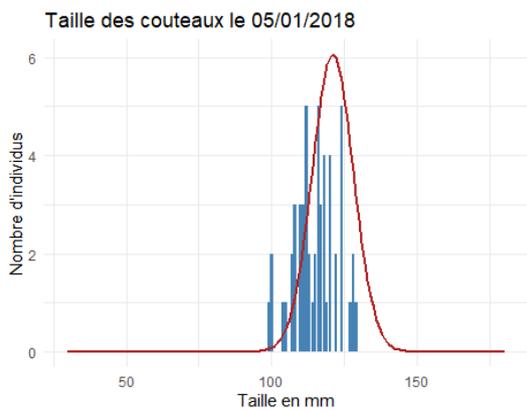
Annexe 3 : A gauche, la taille des couteaux le 29/05/2017 ; à droite, la taille des couteaux le 26/06/2017



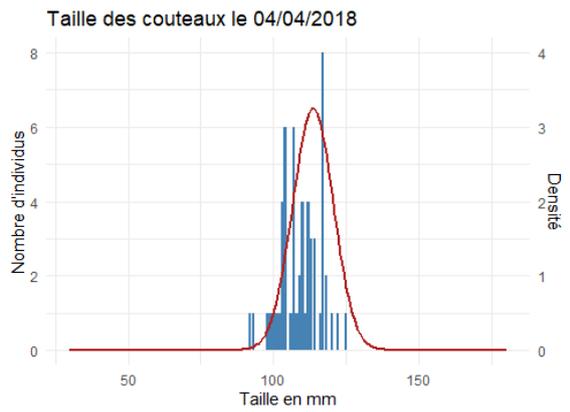
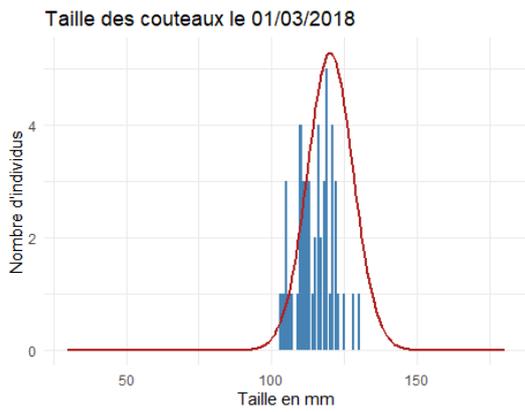
Annexe 4 : A gauche, la taille des couteaux le 25/07/2017 ; à droite, la taille des couteaux le 09/10/2017



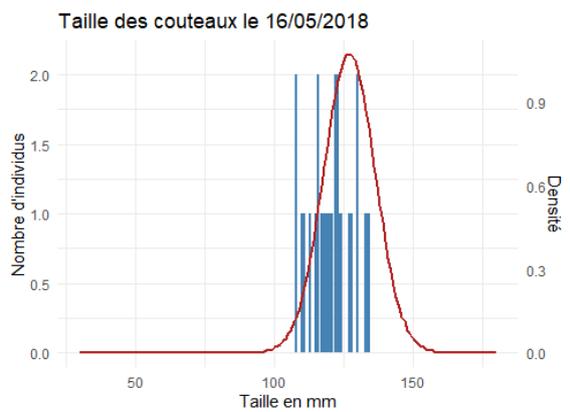
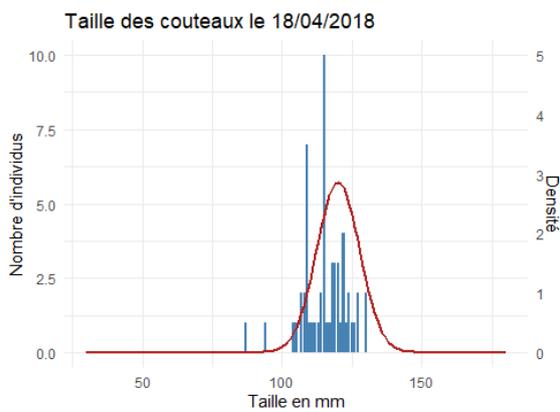
Annexe 5 : A gauche, la taille des couteaux le 07/11/2017 ; à droite, la taille des couteaux le 06/12/2017



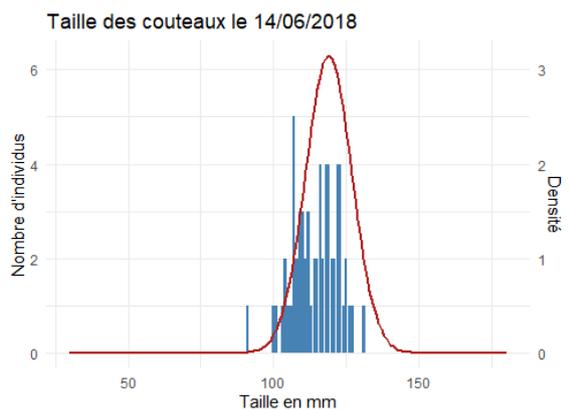
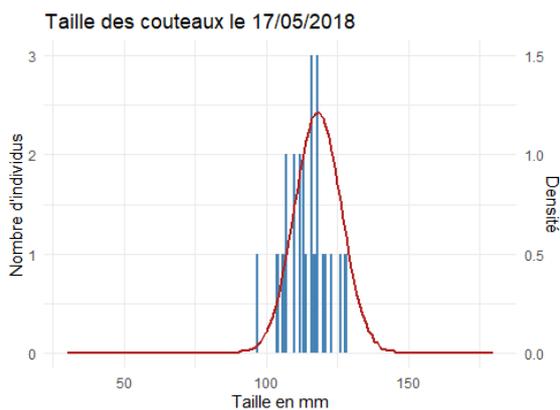
Annexe 6 : A gauche, la taille des couteaux le 05/01/2018 ; à droite, la taille des couteaux le 31/01/2018



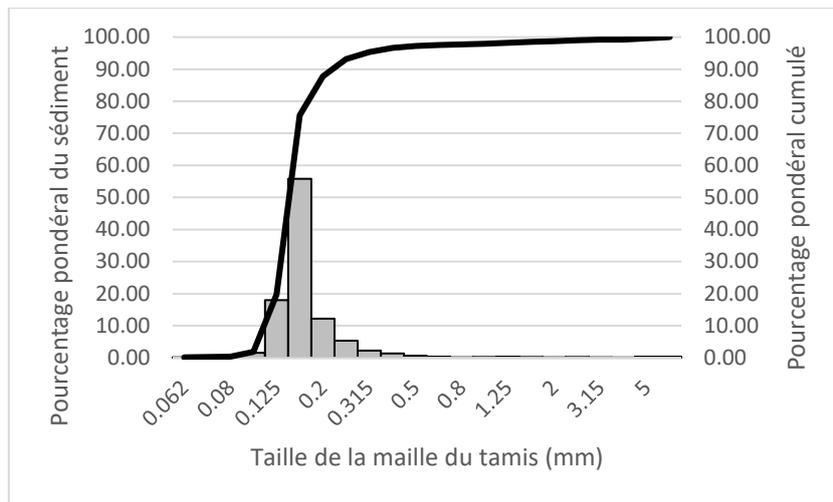
Annexe 7 : A gauche, la taille des couteaux le 01/03/2018 ; à droite, la taille des couteaux le 04/04/2018



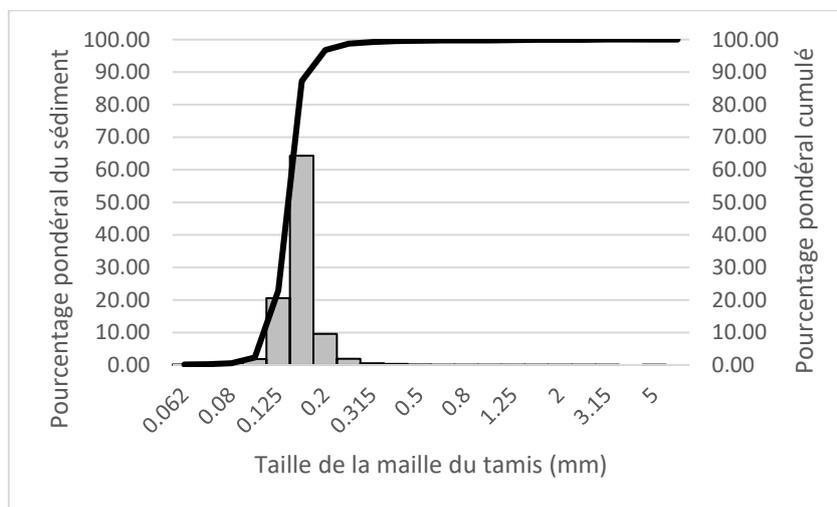
Annexe 8 : A gauche, la taille des couteaux le 18/04/2018 ; à droite, la taille des couteaux le 16/05/2018



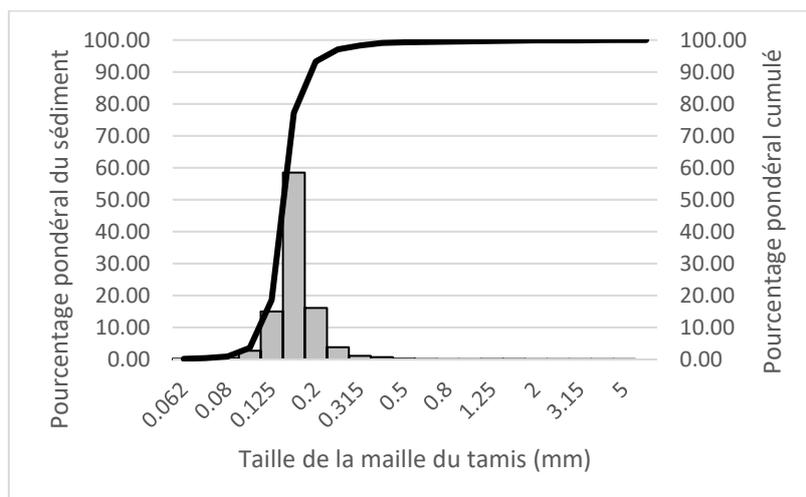
Annexe 9 : A gauche, la taille des couteaux le 17/05/2018 ; à droite, la taille des couteaux le 14/06/2018



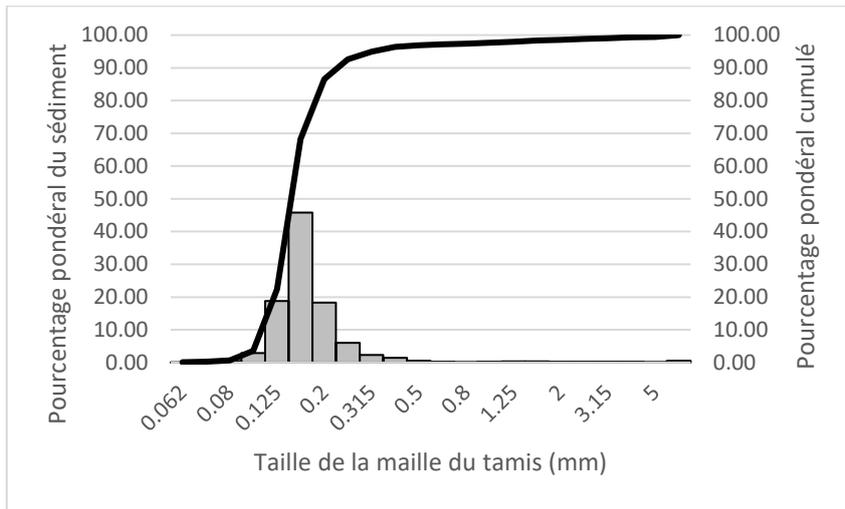
Annexe 10 : Granulométrie pour le site du Touquet-Paris-Plage



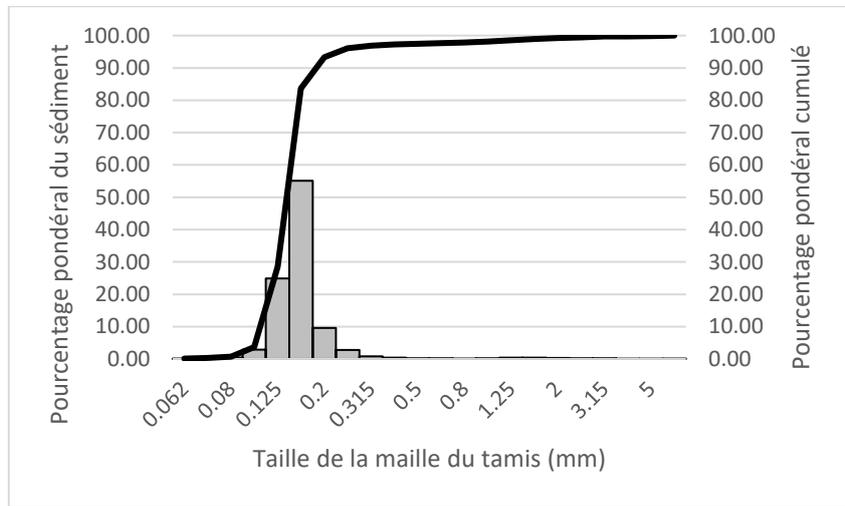
Annexe 11 : Granulométrie pour le site de Stella-Plage



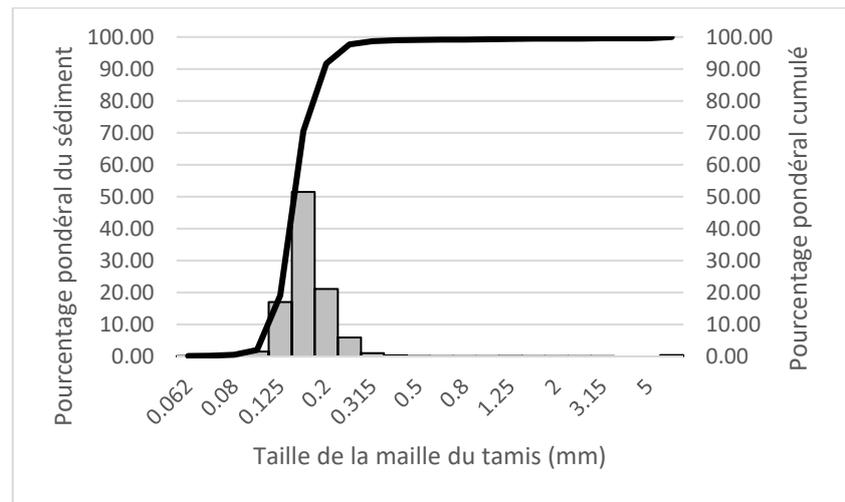
Annexe 12 : Granulométrie pour le site de Merlimont-Plage



Annexe 13 : Granulométrie pour le site de Berck-Plage



Annexe 14 : Granulométrie pour le site de Quend-Plage



Annexe 15 : Granulométrie pour le site de Cayeux-sur-Mer

Résumé

La pêche à pied est une activité traditionnelle, développée et diversifiée sur le littoral des Hauts-de-France. Le couteau américain *Ensis leei*, un mollusque bivalve introduit en France en 1991, a remplacé les espèces de couteaux locales. Il peut représenter une nouvelle ressource pour la pêche à pied ; le marché européen étant en constante recherche de nouveaux produits à commercialiser. Le but de cette étude est (1) d'évaluer les stocks de couteaux américains sur le littoral des Hauts-de-France entre Cayeux-sur-Mer et Le Touquet, (2) leur dynamique des populations et (3) la qualité sanitaire de la zone étudiée dans un objectif de pêche à pied professionnelle. Les densités de couteaux sont très faibles ; seuls deux sites présentent des densités supérieures à 4 ind.m⁻², ce qui reste trop peu en vue d'une exploitation viable. La dynamique des populations a révélé deux périodes de recrutement : d'avril à juin et d'août à septembre. Les pêches devraient être réalisées à la fin de ces périodes afin de ne pas dégrader les stocks. Quant au suivi sanitaire, les concentrations d'*E. coli* sur la zone d'étude sont fluctuantes, avec les concentrations les plus importantes en période estivale et touristique. Si une activité de pêche à pied professionnelle aux couteaux devait être envisagée sur le littoral des Hauts-de-France, elle ne pourrait pas constituer une activité principale.

Mots clés : couteau américain, stocks, dynamique des populations, pêche à pied, Hauts-de-France

Abstract

Shore fishing is a traditional activity, developed and diversified on the Hauts-de-France coast. The American jack knife *Ensis leei*, a bivalve mollusk introduced to France in 1991, has replaced the local knife species. This species may represent a new resource for shore fishing; the European market is constantly looking for new products to commercialize. The aim of this study is (1) to assess the stocks of American knives on the Hauts-de-France coast between Cayeux-sur-Mer and Le Touquet, (2) their population dynamics and (3) the sanitary quality of the area studied for professional shore fishing. The knife densities are very low; only two sites have densities greater than 4 ind.m⁻², which remains too little for sustainable exploitation. Population dynamics revealed two recruitment periods: April to June and August to September. Fishing should be carried out at the end of these periods not to degrade the stocks. For the health monitoring, the concentrations of *E. coli* in the study area fluctuate over time, with the highest concentrations during summer and tourism. If a professional shore fishing of the razor clams were to be considered on the Hauts-de-France coast, it could not constitute a main activity.

Key words : American jack knife, stocks, population dynamics, shore fishing, Hauts-de-France