



# - MOCOPREGE -

## MORTALITÉ des COques : causes, PREvention et GEstion

Rapport final 2022

*Morgane Ricard <sup>(1)</sup>, Antoine Meirland <sup>(1)</sup>, Pierre De Laage <sup>(1)</sup>, Anouk Laurent <sup>(1)</sup>, Mélanie Rocroy <sup>(2)</sup>, Laurine Prévost <sup>(2)</sup>, Fabien Riera <sup>(3)</sup>, Marie-Agnès Travers <sup>(4)</sup>, Céline Garcia <sup>(4)</sup>, Delphine Tourbiez <sup>(4)</sup>, David Devreker <sup>(5)</sup>*

*<sup>(1)</sup> CRPMEM Hauts-de-France, <sup>(2)</sup> GEMEL, <sup>(3)</sup> FAR VIEW Conseil, <sup>(4)</sup> IFREMER La Tremblade, <sup>(5)</sup> IFREMER Boulogne-sur-Mer*



## REMERCIEMENTS

Dans un premier temps, nous remercions chaleureusement l'ensemble des pêcheurs qui ont participé aux enquêtes et entretiens et nous ont partagé leur expérience et ressentis concernant les mortalités de coques.

Nous tenons à remercier l'ensemble des organismes ayant participé à ce projet, à savoir le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins Hauts-de-France (CRPMEM HDF), le Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux (GEMEL), Fabien Riera – Far View Conseil ainsi que l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER (IFREMER) de la Tremblade et de Boulogne-sur-Mer.

Un grand merci à Julien Yvart et Juliana Vongue qui ont participé respectivement aux missions de terrain et à la valorisation visuelle du projet.

Nous remercions également les structures ayant permis le financement et donc la réalisation de ce projet : le Groupe d'Action Locale pour la Pêche et l'Aquaculture (GALPA) trois estuaires avec un cofinancement des Fonds Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche (FEAMP) et de la Région Hauts-de-France, le Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale et le Conseil Départemental de la Somme.

Un grand merci également à toutes les structures présentes lors de la restitution du projet.

## SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE .....	2
I – ETAT DES LIEUX DES CONNAISSANCES .....	3
I-1. Biologie et cycle de vie de la coque .....	3
I-2. Implantation de la coque dans les Hauts-de-France.....	5
I-2.1. Implantation géographique.....	5
I-2.2. Pêche à pied professionnelle des coques .....	6
I-2.3. Identité de la coque au sein du réseau d’acteurs .....	8
I-3. Risques liés aux mortalités de coquillages .....	11
I-4. Causes potentielles de mortalité de la coque.....	14
I-4.1. Mortalités liées à des facteurs naturels .....	15
I-4.2. Mortalités liées à des facteurs anthropiques.....	19
I-4.3. Mortalités décrites dans les Hauts-de-France .....	21
II – METHODOLOGIE.....	22
III – ETUDE DES CAUSES DE MORTALITÉ DES COQUES DANS LES HAUTS-DE-FRANCE .....	24
III-1. Agents pathogènes.....	24
III-2. Paramètres environnementaux .....	25
III-3. Dynamiques de population .....	27
III-4. Ce qu’en pensent les pêcheurs – Étude anthropologique .....	27
IV – SYSTÈME DE PRÉVENTION ET DE GESTION FACE AUX MORTALITÉS.....	29
IV-1. Comment prévoir les mortalités ? .....	29
IV-1.1. Expériences passées.....	30
IV-1.2. Cas de la coque en Hauts-de-France.....	30
IV-2. Quelle gestion face aux mortalités ?.....	31
IV-2.1. Expériences passées.....	31
IV-2.2. Cas de la coque en Hauts-de-France.....	33
V – DISCUSSION.....	36
V-1. Étude des mortalités de coques.....	36
V-2. Comment prévoir les mortalités ? .....	37
V-3. Quelle gestion face aux mortalités ?.....	38
V-3.1. Solutions d’urgence pour sauver la récolte .....	38
V-3.2. Solutions sur du long-terme.....	39
CONCLUSION .....	41
BIBLIOGRAPHIE.....	42
Table des figures.....	50
Table des annexes .....	51

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

La coque, *Cerastoderma edule*, est une espèce clé de l'écosystème estuarien et de l'économie de la pêche à pied professionnelle dans les Hauts-de-France. Les gisements de coques des estuaires picards sont parmi les plus productifs pour cette espèce en France. La pêche à pied professionnelle (415 pêcheurs pour la saison de pêche 2021-2022) est très dépendante de cette ressource.

En 2012, 2015 et 2018, des mortalités importantes de coques ont été signalées sur différents gisements en France, notamment en baie de Somme. Selon les années, jusqu'à 80 % des coques sont mortes en quelques semaines sur les estuaires picards. Lors de ces mortalités anormales, le réseau REPAMO de l'IFREMER a été déclenché par les professionnels et des bactéries appartenant à l'espèce *Vibrio aestuarianus* ont été isolées des animaux moribonds. L'état de la recherche sur le sujet ne permet cependant pas d'imputer de façon certaine ces importantes mortalités à ces bactéries. Par ailleurs, l'évolution des gisements en baie de Somme, étudiée par le GEMEL depuis les années 80, connaît d'importantes fluctuations passant par des épisodes de mortalité attribués à différents facteurs selon les années (maladie, anoxie, fortes chaleurs, surpopulation, etc.).

Ces mortalités récurrentes fragilisent la filière. Il est primordial d'en trouver les causes et de mettre en place un système permettant de minimiser l'impact de ces mortalités sur la filière afin de pérenniser les entreprises du secteur (333 licenciés « coques », cinq mareyeurs, une dizaine de pêcheurs vendant en frais après purification, plusieurs purificateurs régionaux, différentes conserveries dont une petite dans les Hauts-de-France).

C'est dans ce contexte que le CRPMEM Hauts-de-France a souhaité coordonner cette étude, dont les objectifs sont :

- Dresser un état des lieux des connaissances sur la biologie et le cycle de vie de la coque, son implantation dans les Hauts-de-France, les risques et périls des coquillages et les causes de mortalités de la coque ;
- Etudier les causes de mortalité de la coque des Hauts-de-France selon certains facteurs (les agents pathogènes, les paramètres environnementaux et les dynamiques de population) et suivre et référencer les mortalités durant le projet ;
- Réfléchir à un système de prévention et de gestion pour faire face à ces mortalités.

Cette étude a été réalisée d'avril 2019 à août 2021, avec une approche pluridisciplinaire, en impliquant plusieurs organismes en plus du CRPMEM : le GEMEL (biologie-écologie), Fabien Riera - Far View Conseil (anthropologie) ainsi que l'IFREMER de la Tremblade (microbiologie) et de Boulogne-sur-Mer (étude des paramètres environnementaux).

Elle a été financée par le GALPA trois estuaires (Région Hauts-de-France et FEAMP), le Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale et le Conseil Départemental de la Somme.

Dans le cadre de ce projet, plusieurs rapports ont été réalisés, par différents organismes. Dans un souci de clarté, ce présent rapport en constitue la synthèse. Tous les rapports complets figurent cependant en annexe. La version complète comprenant les annexes est disponible sur le site internet du CRPMEM Hauts-de-France : <https://www.comitedespeches-hautsdefrance.fr/>.

# I – ETAT DES LIEUX DES CONNAISSANCES

*Dans cette partie, les éléments ajoutés à la présente synthèse sont en italique afin de les différencier des éléments issus des rapports annexés cités dans le texte.*

## I-1. Biologie et cycle de vie de la coque

→ Partie issue de Rocroy, 2020 - Annexe 1

Les coques appartiennent à l'embranchement des Mollusques. Ce terme désigne des espèces caractérisées par un corps mou (*mollusca*). Ce sont des invertébrés sans squelette interne. La coquille est formée de deux valves égales, bombées, arrondies et globuleuses (Figure 1). L'épaisseur de la coquille va en décroissant régulièrement depuis le sommet vers les bords.

La taille de la coque (distance antéro-postérieure de la coquille) varie de 50 µm à 50 mm. Les coques vivent en moyenne 2 à 4 ans mais peuvent exceptionnellement atteindre 10 ans.

C'est un suspensivore actif : elle retient le plancton et l'oxygène contenu dans l'eau lorsqu'ils passent à travers ses branchies et rejette ensuite l'eau et les excréments.

Les coques sont gonochoriques (sexes séparés) et les individus mâles sont moins nombreux que les femelles (Boyden, 1972, Kingston, 1974). Cela a été observé sur les effectifs de la baie de Somme (Desprez *et al.*, 1987) et indique que les mâles succombent plus rapidement et en plus grand nombre que les femelles lors des épisodes de mortalité, ce qui explique la proportion croissante de femelles.

En baie de Somme, les coques doivent mesurer au moins 13 mm pour être sexuellement matures (Desprez *et al.*, 1987). Les phénomènes liés à la reproduction sont induits par des modifications de l'environnement physique, parmi lesquelles les brusques réchauffements de l'air mais aussi par un seuil de température de l'eau de 13°C (Boyden, 1972).

Les coques du littoral des Hauts-de-France font partie des populations méridionales, il peut donc y avoir plusieurs pontes en cours d'année.

Les différentes phases de pontes qui peuvent être identifiées sont :

- Les pontes précoces en février-mars, qui concernent plutôt les individus plus âgés (Guillou *et al.*, 1990) ;
- Les pontes printanières (avril-juin) qui sont généralement les plus massives ;
- Les pontes estivales qui sont d'autant plus intenses que les pontes printanières ont été faibles ;
- Les pontes tardives automnales (fin septembre-novembre) qui sont toujours peu intenses.

L'intensité d'une ponte est en général inversement liée à celle de la ponte précédente. En baie de Somme, l'intensité de la ponte d'automne est inversement liée à celle de la ponte estivale (Desprez *et al.*, 1987). La littérature est unanime à reconnaître qu'un hiver rigoureux a une influence positive sur la ponte. Il stimule la reproduction en synchronisant les émissions de gamètes des deux sexes et en assurant une meilleure fertilité (Hancock, 1973). *D'après Honkoop & Van der Meer (1998), la coque femelle pond entre 200 000 et 700 000 œufs.*



Figure 1 : Coques  
(*Cerastoderma edule*)  
©CRPMEM HDF

Le cycle de vie de la coque est représenté sur la Figure 2. La fécondation et le développement se font dans l'eau. Les larves « véligères » nagent quelques temps près de la surface de l'eau et sont disséminées parfois assez loin par les courants de surface, les vents, etc. La durée de vie libre planctonique dure trois à quatre semaines, selon la température (Honkoop & Van der Meer, 1998 ; Chicharo & Chicharo, 2001). Ensuite, la larve acquiert une coquille rudimentaire et un long pied vermiforme (= larve pédivéligère), tombe sur le fond et s'enfouit légèrement.

Il faudra deux semaines de plus pour que le recrutement soit visible dans le sédiment, c'est-à-dire que les coques aient atteint la taille d'environ 2 mm (Baggerman, 1954). Les jeunes coques vivent dans la couche superficielle du sédiment et peuvent être facilement entraînées par les mouvements de flux et de reflux et des accumulations peuvent être observées selon la pente du site.

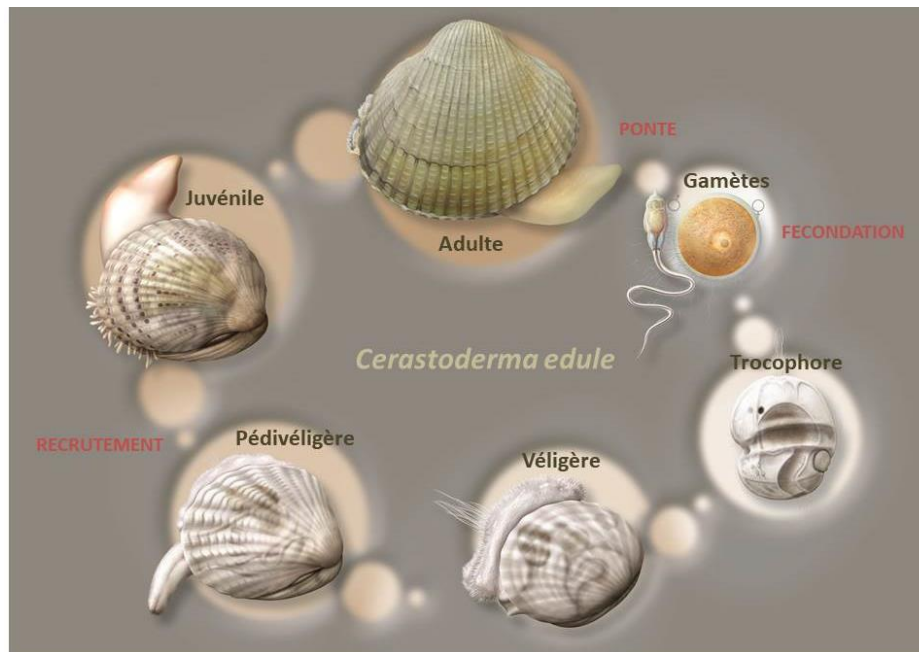


Figure 2 : Cycle de vie de la coque *Cerastoderma edule* (© Fernando Correia)

Quelle que soit la densité initiale des jeunes recrues, une chute brutale des effectifs est observée durant les toutes premières semaines. La stratégie de reproduction des coques est de type « r », c'est à dire basée sur la production d'un grand nombre de jeunes, le plus tôt possible, avec ordinairement une mortalité juvénile très élevée. C'est une adaptation aux milieux instables et imprévisibles tels que les habitats estuariens.

Un certain nombre de facteurs va affecter la croissance des coques :

- L'époque d'apparition des recrues qui dépend de la période de ponte ;
- La localisation géographique (Hancock, 1967 ; Ducrotoy *et al.*, 1992) ;
- La température de l'eau (Smaal *et al.*, 1997) ;
- La disponibilité en nourriture qui dépend de la saison, de la concentration de particules alimentaires dans l'eau, de la vitesse de l'eau et du temps d'immersion (Kamermans, 1993) ;
- La densité des coques (Jensen, 1993 ; De Montaudouin & Bachelet, 1996).

La croissance est saisonnière : par exemple, en baie de Somme, elle débute en mai, puis est maximale de juin à août (en été). Il y a ensuite un ralentissement automnal et un arrêt hivernal (Desprez *et al.*, 1987 ; Seed & Brown, 1977 ; Hancock & Franklin, 1972).

Des épisodes de mortalité de coques peuvent survenir spécifiquement sur différentes phases du cycle de vie des individus. Ils empêchent alors le bon rétablissement du gisement. C'est au moment du recrutement qu'apparaissent les indices les plus graves de perturbation de la dynamique de la coque en baie de Somme (Desprez *et al.*, 1987).

La coque est soumise à des cycles naturels, qui peuvent varier entre un et dix ans (Ducrotoy *et al.*, 1992). Ils sont régis par des périodes où les densités s'effondrent, se rétablissent et des phases plus constantes où les densités de coques plus élevées sont maintenues.

## I-2. Implantation de la coque dans les Hauts-de-France

### I-2.1. Implantation géographique

*La façade maritime des Hauts-de-France s'étale sur 210 km de la frontière belge au Tréport. Elle est composée d'estuaires (Bresle, Somme, Authie, Canche, Liane, Wimereux, Slack), d'estrans rocheux (entre Equihen et le Cap Gris-Nez) et d'estrans sableux.*

*La coque (Cerastoderma edule) affectionne :*

- *les terrains sablonneux du milieu intertidal (zone de balancement des marées) qui sont recouverts à chaque marée ;*
- *les dépôts d'alluvions des embouchures de fleuves ou de rivières.*

*Les principaux gisements de coques se concentrent dans les estuaires picards : la Somme et l'Authie (Figure 3). Des gisements de coques plus petits et parfois éphémères, situés dans des zones de production « à éclipse », ont également été observés ces dernières années à Cayeux, Sainte-Cécile, le Touquet et Oye-Plage. Enfin, d'autres gisements sont situés dans les grands ports régionaux.*

L'évolution des gisements de coques en baie de Somme, étudiée par le GEMEL depuis 1985, connaît d'importantes fluctuations en termes de dynamique de population, passant par des épisodes de mortalités qui ont été attribuées à différents facteurs selon les années (maladie, anoxie, fortes chaleurs, surpopulation, etc.). L'animal, comme son environnement, ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche (Rocroy, 2020 - Annexe 1).



Figure 3 : Les gisements de coques (en rose) des estuaires picards du littoral des Hauts-de-France ©GEMEL

## I-2.2. Pêche à pied professionnelle des coques

Cette étude ayant pour but principal de minimiser les impacts des mortalités de coques sur les entreprises de pêcheurs à pied professionnels, il paraît essentiel de présenter l'activité.

Selon Riera (2020 - Annexe 3), l'exploitation des mollusques est un secteur économique qui, en Europe, est dominé par la production conchylicole de l'huître japonaise. Les pêcheries à pied sur l'estran sont des secteurs marginaux. Il existe très peu voire pas de littérature qui traite du sujet. Pour autant, cela ne signifie pas une absence d'importance socio-économique de ces activités.

*En effet, la coque est précieuse pour les pêcheries européennes, la production de capture atteignant plus de 100 000 tonnes par an dans les années 80 et au début des années 90. Cependant, la production de coques a depuis diminué, avec une récolte de 24 626 tonnes en 2017 en Europe (FAO, 2018). La taille et le taux de chair des coquillages varient entre les saisons de pêche et les gisements et peuvent engendrer une diminution de la qualité des coquillages qui se répercute sur les prix de vente. Depuis plusieurs années, des épisodes de mortalités massives touchent de plus en plus de gisements. Les professionnels sont habitués à ces événements mais leur répétition fragilise l'activité.*

*Le CRPMEM Hauts-de-France regroupait 415 pêcheurs à pied professionnels lors de la saison de pêche 2021-2022, ayant chacun une ou plusieurs licences sur les 12 existantes. La grande majorité, 333 pêcheurs, possédait la licence « coques » (Figure 4). La pêche à pied professionnelle des coques fait également vivre des entreprises de la filière aval : cinq mareyeurs, une dizaine de pêcheurs vendant en frais après purification, plusieurs purificateurs régionaux, différentes conserveries dont une petite dans les Hauts-de-France.*



Figure 4 : Pêche à pied professionnelle des coques en baie de Somme ©CRPMEM HDF

*Il s'agit de la ressource la plus abondante et la plus lucrative en pêche à pied dans la région (Figure 5). Les gisements de coques des estuaires picards font partie des gisements les plus productifs, notamment en Baie de Somme qui est le premier gisement de coques en France.*



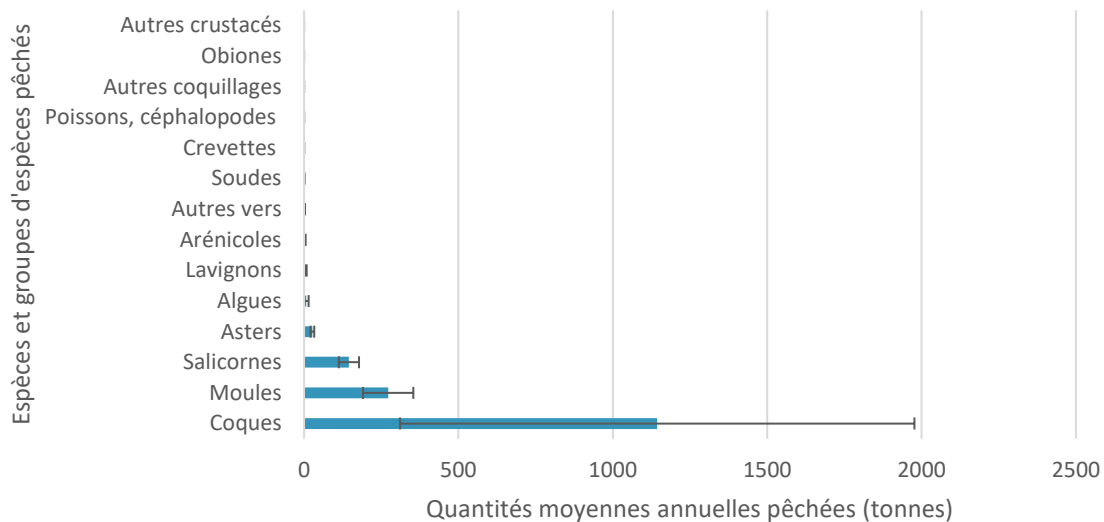


Figure 5 : Quantités moyennes annuelles pêchées par les pêcheurs à pied professionnels entre 2014 et 2018 (en tonnes) dans les Hauts-de-France selon les espèces ou groupes d'espèces (écart-type en fonction des années)

La pêche aux coques est gérée de façon spatiale et temporelle par de nombreuses ouvertures/fermetures. Entre 2013 et 2019, 78 arrêtés préfectoraux ont ouvert ou fermé la pêche aux coques dans la région. Au cours de l'année, le nombre de jours de pêche est très variable, allant de valeurs proches de 40 jours les « mauvaises années » à 136 jours pour l'année 2018.

De 2013 jusqu'en 2016, la pêche était autorisée uniquement en automne-hiver, jusqu'aux environs de Noël. A partir de 2017, les ouvertures ont lieu dès juin, jusqu'aux environs de Noël. L'ouverture de la période de pêche l'été répond à plusieurs éléments :

- Une modification de la taille légale de pêche de la coque, de 30 mm à 27 mm minimum ;
- Une ressource plus abondante ;
- Une coque de meilleure qualité ;
- Une possibilité offerte par les communes littorales de pêcher à ces périodes ;
- Une volonté de gestionnaires d'espaces protégés de commencer la saison de pêche tôt pour minimiser la pêche en période hivernale (hivernages d'oiseaux dans les estuaires).

D'après l'arrêté du 22 octobre 2012 relatif à l'obligation de déclarations statistiques en matière de produits de la pêche maritime à pied professionnelle, les pêcheurs à pied sont dans l'obligation de déclarer leurs captures mensuellement, en indiquant entre autres la zone de production dans laquelle la pêche a été effectuée, à la DDTM-DML et au CRPMEM compétents.

Les quantités de coques pêchées par les pêcheurs à pied professionnels entre la saison de pêche 2014-2015 et la saison de pêche 2018-2019 sont indiquées dans la Figure 6. En 2015 et 2018, lors des épisodes de mortalités massives, entre 300 et 500 tonnes de coques ont été pêchées chaque saison. En 2014 et 2017, environ 2000 tonnes ont été pêchées chaque saison. Les mortalités peuvent donc diminuer d'environ 75% les quantités de coques récoltables et donc potentiellement le revenu des pêcheurs.

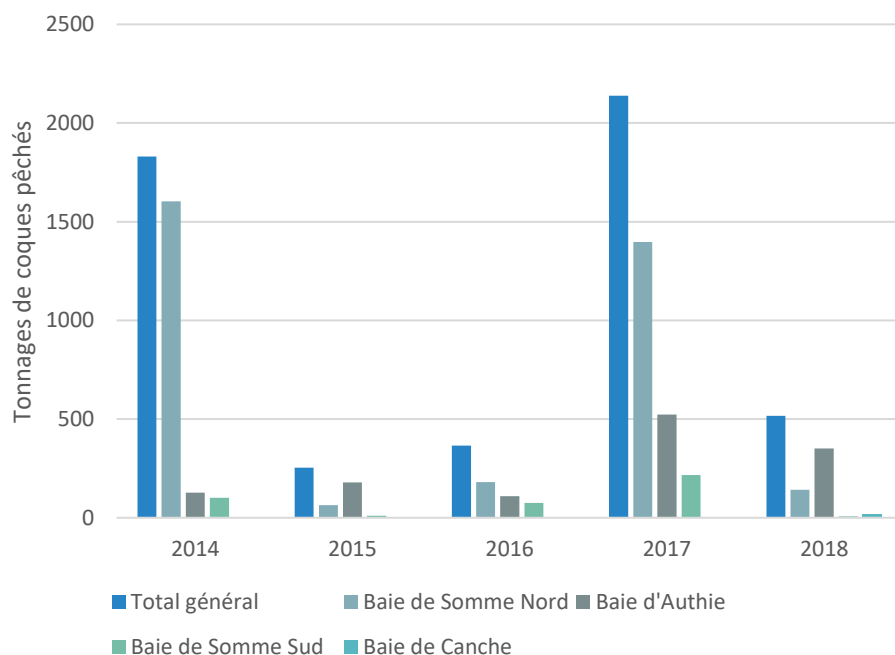


Figure 6 : Quantités de coques pêchées par les pêcheurs à pied professionnels entre 2014 et 2018 sur les différents gisements des Hauts-de-France (en tonnes)

### I-2.3. Identité de la coque au sein du réseau d'acteurs

→ Partie issue de Riera, 2021 - Annexe 2

Afin de mieux comprendre les risques associés aux mortalités de coques dans les Hauts-de-France, il est important de connaître la place qu'elle revêt au sein du réseau d'acteurs concerné.

Les baies estuariennes de la Somme, de l'Authie et de la Canche, où prennent place la pêche à pied professionnelle de *Cerastoderma edule*, sont un patch-work de différents territoires symboliques qui, s'ils ne sont pas nécessairement visibles « à l'œil nu », induisent des comportements formatés dans le temps et l'espace. La gestion de la ressource en coques doit ainsi être considérée comme l'objet certes d'une question écologique mais en même temps d'enjeux politiques entre des populations autochtones et de pouvoirs plus ou moins externalisés tels que peuvent être les services de l'état (DML, DDTM, etc.), les institutions territoriales (communes, syndicats mixtes, aires protégées, etc.) et les structures économiques.

La relation homme-coque ne peut donc pas se résumer aux seuls pêcheurs. En réalité, pour comprendre les enjeux de cette association, il convient de regarder l'ensemble du réseau d'acteurs (humains et non-humains) qui structure la relation entre l'homme et l'animal. Comme la Figure 7 le montre, selon les acteurs, l'animal acquiert une fonction, un statut spécifique, définissant des caractéristiques et des qualités, lesquelles régissent les modalités d'interactions entre les acteurs. Ces modalités peuvent être contradictoires les unes des autres et par conséquent source de controverses et de conflits entre les acteurs.

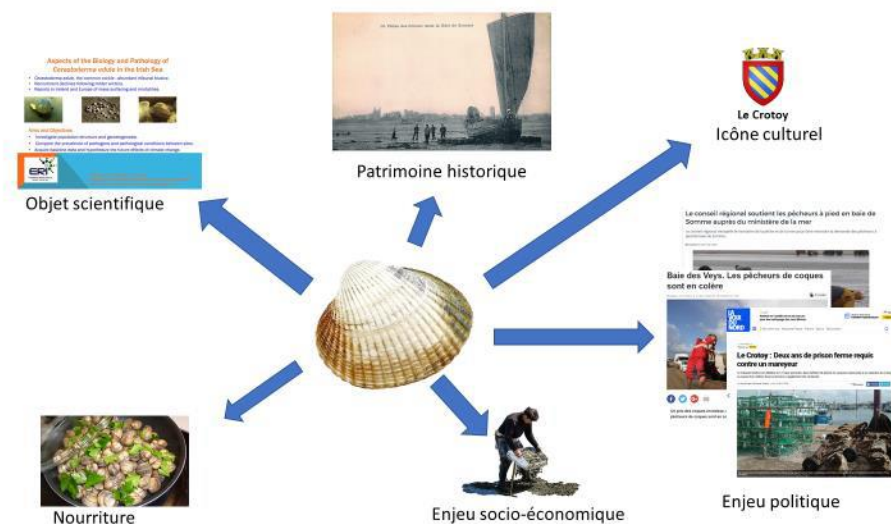


Figure 7 : La coque, un agent aux multiples identités

A titre d'exemple, il existe au sein des discours des acteurs trois identités propres aux coques. Cette discrimination est liée à la réglementation de la pêche, c'est-à-dire une règle sociale qui régit la relation entre les acteurs institutionnels (services de l'état, CRPMEM), économiques (les pêcheurs, les mareyeurs, etc.) et l'animal. Les coques sont discriminées en trois catégories :

- Les coques adultes (>27mm) ;
- Les coques adultes qui ont presque la maille (<27mm) qui ont un potentiel relationnel avec les humains important et modifient les jeux de pouvoir ;
- Les coques juvéniles, appelées aussi naissain, qui possèdent un statut ambivalent (garantie d'un renouvellement de la ressource / danger de sur-densification du gisement et donc de mortalité).

Chaque catégorie de coques possède donc un ensemble de caractéristiques propres qui induit un mode relationnel spécifique avec les humains de par son potentiel adaptatif face aux aléas.

Au cours du XX<sup>ème</sup> siècle, la pratique des *hénonniers*<sup>1</sup> s'est progressivement institutionnalisée, associant plusieurs groupes d'acteurs d'univers différents qui interagissent au sein d'un réseau sociotechnique (Figure 8). Ce dernier met en relation des agents humains et non-humains. Ce type de réseau hybride permet de comprendre les transformations symboliques que subissent les différents agents, telle que la coque, ce qui lui confère cette identité multiple.

En effet, entre la coque avant qu'elle entre en relation avec l'humain et la coque comme objet de transaction commerciale, il y a des traductions de plusieurs ordres. Ces traductions s'opèrent à partir d'éléments du réseau sociotechnique, lesquels sont considérés comme des dispositifs d'intéressement. Aussi, dans le réseau figuré ci-dessous, qui représente les jeux de relation et de transformation de la coque dans le cadre de la pêche professionnelle, le pêcheur (2) utilise la vénette et le râteau comme dispositifs d'intéressement de la coque (1) avant d'insérer cette dernière dans une dynamique de traduction dont la finalité est celle d'une traduction en moyen financier. Cependant, ce lien tissé entre le pêcheur et la coque ne peut se stabiliser dans le temps qu'à condition de passer le « Point de Passage Obligé (PPO) »<sup>2</sup> qui traduira le lien Homme-Hénon en « produit ».

<sup>1</sup> Le Hénon est l'appellation vernaculaire de la coque dans les Hauts-de-France. Par extension, les hénonniers sont les pêcheurs professionnels de coques (même si ces derniers pratiquent d'autres types de pêche à pied).

<sup>2</sup> Le Point de Passage Obligé est un nœud du réseau à travers lequel la circulation est inévitable.

Au sein du réseau, deux PPO ont été identifiés. Celui de la réglementation dont les porte-paroles sont les *agents* « quota », « maille », « horaires d'ouverture », « secteur ». Ces *agents* infléchissent le comportement du pêcheur et les modalités de sa mise en lien avec la coque. Et ainsi de suite. L'autre PPO est l'évènement « commission d'ouverture de gisement ». En effet, cet évènement agrège l'ensemble des *agents* du réseau, dont la présence sous diverses formes (matérialisée, en nom propre, représentée ou symbolisée) va chercher à influencer le devenir du réseau et de ses acteurs en vue de répondre à la problématisation commune « assurer la pérennité de la filière et de la ressource ». C'est notamment à l'occasion de ce *fait social total* que vont émerger les controverses, car si la problématisation est communément acquise, les moyens d'y parvenir divergent en fonction des acteurs.

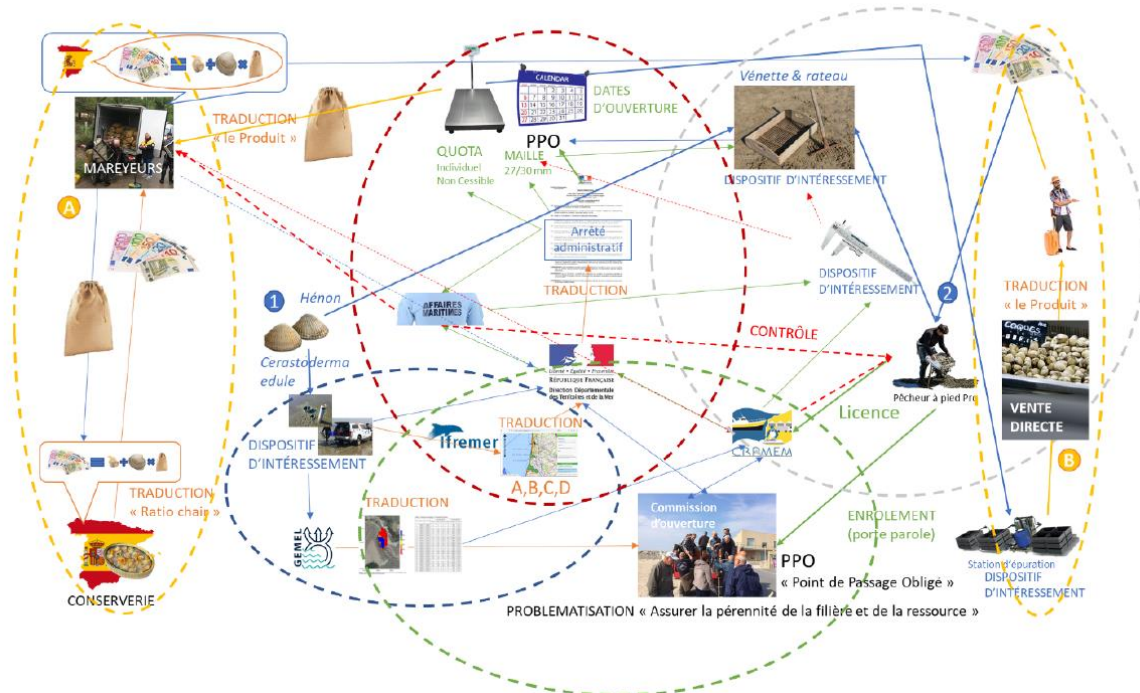


Figure 8 : Réseau d'acteurs de la pêche professionnelle de la coque en Picardie (réseau simplifié)

La diversité des acteurs en relation au sein du réseau constitue en soi un potentiel de résilience et adaptatif conséquent car il permet de produire des réponses multiples face aux aléas de l'écosystème. En soi, il s'agit d'une multitude d'alliances possibles et donc de processus de traduction.

Néanmoins, tout en constituant une capacité adaptative, le réseau d'acteurs de la coque est aussi une part de sa vulnérabilité car il existe de nombreux enjeux de pouvoir (au sens de capacité autonome d'action) qui peuvent aussi bloquer le fonctionnement du réseau.

Thomas *et al.* (2014) ont mis en évidence ces enjeux dans le cadre de l'étude qu'ils ont menée sur la pêche à pied professionnelle en Picardie dans le cadre du projet GIFS. Ces potentiels adaptatifs et ces vulnérabilités émergent alors lorsque l'un des acteurs centraux, la coque, vient à quitter son rôle, c'est-à-dire celui qui lui est affublé dans le cadre du socio-écosystème de la « filière coque ». Cependant, si elle vient à se défilier, c'est qu'elle a été attirée par d'autres acteurs hors du système considéré. Les acteurs du socio-écosystème de la « filière coque » n'auront de cesse de mettre en place des dispositifs d'intéressement qui permettent de remettre la coque à sa place et garantir ainsi la stabilité et la pérennité du réseau.

A cet égard, Riera (2021 – Annexe 2), montre comment le processus de traduction induit l'appropriation symbolique des populations de coques et met en lien les rapports socio-économiques et les dynamiques écologiques. Aussi, si la population de coques, ainsi valorisée économiquement du fait de sa traduction en « stock » par les agents sociotechniques, venait à disparaître par l'entremise d'un évènement soudain, cela serait vécu comme une perte effective, et ce malgré l'adage de « *ne pas vendre la peau de l'ours avant de l'avoir tué* ». Cette spécificité dans le processus de construction de l'identité économique de la coque, induit tout un ensemble de réactions et de comportements qui sont intimement liés à l'institutionnalisation de la pratique. En effet, le fondement de l'Etat est certes de contraindre l'individu mais aussi, et peut-être surtout, dans l'esprit de la population, de le protéger. Aussi, face aux périls, dans une société du risque telle qu'elle s'est développée depuis près d'un siècle, il n'est pas surprenant que les acteurs (les pêcheurs) demandent des comptes en cas de perte (*a priori*) pour « *péril environnemental* », comme le demanderait un agriculteur suite à un évènement climatique. « *La faute aux « ben pensants » qui ouvrent la pêche trop tardivement lors des coups de chaleur, et font perdre la récolte. « S'ils nous laissaient gérer nous-mêmes la ressource, on la sauverait... »*. Cette remarque illustre aussi la fragilité de l'ensemble du système où des acteurs (les pêcheurs) sont disposés à se soumettre au pouvoir d'un autre acteurs (l'Etat) dès qu'il y a une contrepartie, une garantie de gain.

### I-3. Risques liés aux mortalités de coquillages

→ Partie issue de Riera, 2020 - Annexe 3

Après avoir vu la place que peut revêtir un coquillage pêchable au sein d'un réseau d'acteur, il est important de définir le risque d'une manière générale puis plus particulièrement en ce qui concerne les coquillages.

Les variations climatiques, ponctuées d'évènements critiques et de modifications plus ou moins rapides des conditions environnementales ont impacté régulièrement les écosystèmes littoraux.

Ce n'est qu'à partir du XVIII<sup>ème</sup> siècle que l'origine des aléas passe d'une dimension surnaturelle, avec laquelle il convenait de négocier, à une « laïcisation » du danger et de sa rationalisation. Cette mise à distance fait émerger un nouveau paradigme, celui de la gestion du risque, avec comme idée centrale que l'homme peut acquérir la maîtrise des éléments naturels grâce aux progrès constants des connaissances techniques et scientifiques. Cette approche, séparant le monde des hommes de la nature dont il faut se protéger, a fait la part belle aux solutions techniques, sans nécessairement prendre en compte la complexité des interactions et les impacts sur le moyen ou long terme de ces dernières.

Un aléa de quelque nature qu'il soit ne constitue ni un risque, ni un péril, dès lors que ses conséquences restent hors de notre conscience. Il en découle que la notion même de risque est une notion subjective qui, au sein d'un même territoire, n'aura ni les mêmes caractéristiques, ni les mêmes limites. En cela, il sera révélateur des enjeux sociaux, politiques et économiques. Dans ce cadre, la nature et l'environnement ne sont pas exclus mais intimement imbriqués et socialisés au sein des réseaux d'acteurs humains et non-humains.

Concernant les biens, dans la logique d'une nature socialisée, il sera fait état à la fois de l'impact sur la ressource et de ses modalités d'exploitation. En effet, la dimension anthropique est toujours à prendre en compte car elle modifie dans un sens ou dans un autre l'intensité et l'incidence des périls naturels.

## Le risque

Selon une définition du Programme des Nations Unies pour le Développement, le risque est « la probabilité de conséquences néfastes ou des prévisions de pertes en vies humaines, de dommages corporels, de troubles à la propriété, aux moyens d'existence et à l'activité économique (ou de dégâts sur l'environnement) résultant d'interactions entre des périls naturels ou causés par les humains et des conditions vulnérables ». Le risque est défini de façon conventionnelle par l'équation :  $\text{Risque} = \text{Péril} \times \text{Vulnérabilité}$  (Pelling, 2004).

L'autre concept qui est largement appliqué dans la recherche sur les événements catastrophiques est la conception du risque comme ayant trois composantes : le péril, l'exposition et la vulnérabilité (Schneiderbauer & Ehrlich in Birkmann, 2006) qui est illustré par le triangle de risque.

La Figure 9 montre une autre conception du risque avec une perspective à plus long terme en ajoutant la résilience d'un système aux facteurs qui déterminent la taille du risque. C'est cette définition qui sera retenue dans le cadre de cette étude.

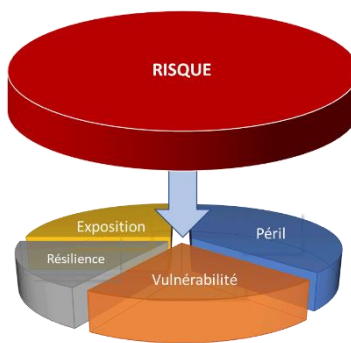


Figure 9 : Le risque comme une fonction du péril, de la vulnérabilité, de l'exposition et de la résilience (d'après Thyvisen, 2006)

## Les périls

Parmi les définitions de « périls », celle de la Stratégie Internationale de Réduction des Catastrophes des Nations Unies (UN/ISDR) est souvent citée dans la littérature : « Un événement physique, une activité humaine ou un phénomène potentiellement destructeur et qui pourrait causer des pertes de vies ou des blessures, des dégâts sur les biens, des troubles économiques et sociaux ou une dégradation de l'environnement. Le péril peut comprendre des conditions latentes susceptibles de représenter des menaces futures et qui peuvent avoir diverses origines : naturelles (géologiques, hydrométéorologiques et biologiques) ou qui sont suscitées par des processus humains (dégradation de l'environnement et risques technologiques). Les périls peuvent être simples, séquentiels ou combinés dans leurs origines et dans leurs effets. Chaque péril est caractérisé par son emplacement, son intensité, sa fréquence et sa probabilité. » (UN/ISDR, 2004).

D'après Birkmann (2006), une des approches pour analyser les périls est de les catégoriser selon leurs causes. Les principaux types de périls retenus pour cette étude sont les suivants : climatique/environnemental, géologique, biologique, anthropique.

## La vulnérabilité

De Sherbinin (2007) décrit la vulnérabilité comme « un état d'un système ou de l'un de ses éléments qui est susceptible de subir une exposition nocive à un danger, des perturbations ou des contraintes ». La vulnérabilité est le plus souvent conceptualisée dans la littérature comme une composante qui comprend l'exposition, la sensibilité aux perturbations ou aux stress externes, et la capacité d'adaptation.

Si la vulnérabilité peut s'entendre d'un point de vue écologique, elle est aujourd'hui utilisée dans son pendant socio-économique : la vulnérabilité sociale. Elle est définie par l'incapacité à faire face à un aléa. Elle est fonction de plusieurs éléments : la capacité à anticiper l'occurrence de l'aléa (connaître/prévoir/alerter) ; la capacité à s'adapter à l'existence de cet aléa (mesures de réduction de l'aléa ou de protection/réduction de l'exposition) ; la préparation de la société à faire face à l'urgence (plans de gestion de crise/exercices de simulation) ; le comportement de la société pendant la crise (gestion d'urgence/ capacité d'adaptation/réactivité) ; la capacité à anticiper et à effectuer la reconstruction dans les meilleurs délais (résilience) (Veyret et Reghezza, 2005).

L'exploitation des bivalves par la pêche présente une grande vulnérabilité du fait de dépendre d'un bien commun comme ressource directe. Les pêcheurs sont interdépendants, ou a minima dépendants de comportements externes dont ils n'ont pas la maîtrise. Ces externalités constituent un des aspects majeurs de la vulnérabilité du secteur puisque les acteurs ne peuvent pas agir directement dessus pour réduire le degré d'exposition aux aléas. De plus, le secteur professionnel possède une grande vulnérabilité socio-économique du fait de la faible quantité voire de l'absence d'outils économique et juridique pour faire face aux multiples aléas auxquels la filière est confrontée (Le Bihan & Pardo, 2012 ; Le Bihan *et al.*, 2018).

### **La résilience**

Le concept de résilience est utile pour décrire la capacité d'un système, notamment marin, à se rétablir après une perturbation. Il trouve son origine dans l'écologie, où il a été introduit pour la première fois par Holling (1973) et défini par Walker *et al.* (2004) pour décrire « la capacité d'un système à absorber une perturbation et à se réorganiser tout en subissant un changement de manière à conserver essentiellement la même fonction, structure, identité et rétroactions ». Pimm (1984) a étendu ce concept pour inclure la "résilience d'ingénierie", « une mesure du temps qu'il faut à un système pour revenir à l'équilibre » après une perturbation. Le concept de résilience inclue non seulement la notion de récupération, mais aussi de résistance et de réversibilité (Palumbi *et al.*, 2008).

D'autres chercheurs se sont intéressés aux aspects socio-économiques de la résilience comme capacité de ces systèmes à minimiser les pertes de bien-être après l'épisode critique. Ce qu'Hallegatte (2014) définit comme résilience instantanée et qu'il complète par la résilience dynamique correspondant, pour sa part, à la capacité de ces mêmes systèmes à reconstruire et récupérer. Dans la même veine, Rose (2004) parle de résilience socio-économique statique comme la capacité d'un système à maintenir ses fonctions lorsqu'il est déstabilisé.

Un troisième aspect de la résilience qui a été exploré est celui de la gouvernance. La résilience de la gouvernance a été définie pour représenter les décisions prises au niveau communautaire ou par des politiques publiques pour atténuer la perturbation des activités après une perturbation (Kajitani & Tatano, 2009).

## I-4. Causes potentielles de mortalité de la coque



Figure 10 : Ramassés de coques mortes au Hourdel en avril 2020 ©CRPMEM HDF

Rocroy (2020 - Annexe 1) décrit que lorsque les conditions du milieu lui sont favorables, la coque peut atteindre de fortes biomasses sur de grandes étendues comme en 2019 en baie de Somme (Rocroy, 2019a,b,c,d), mais elle peut également disparaître totalement ou voir ses effectifs diminuer de manière importante et durable (Figure 10 ; Franklin, 1972 ; Evans, 1977 ; West *et al.*, 1979).

Les mortalités et les facteurs les favorisant sont définis et classés de manières différentes selon les acteurs. Toutes les mortalités référencées sont présentées ci-dessous.

Pour donner un exemple, selon Bellamy *et al.* (2009), les facteurs influençant les différentes étapes du cycle de vie de la coque peuvent être regroupés en quatre grandes catégories :

- **Conditions de l'environnement naturel** : température (de l'eau et de l'air), salinité, substrat, bathymétrie, hydrodynamisme, niveau marégraphique, temps d'immersion, etc. ;
- **Facteurs biotiques** : prédation, parasitisme, limitation de la nourriture, etc. ;
- **Dynamique de population** : mortalité naturelle, faible reproduction, faible croissance, faible vitalité, densité de coques, etc. ;
- **Influences anthropiques** : pollution (dont prolifération algale = blooms), etc.

Ces facteurs influencent différents moments du cycle de vie de la coque (Figure 11).

Dans ce rapport, les mortalités sont présentées en fonction des facteurs pouvant les provoquer : naturels ou anthropiques. Un focus est ensuite fait sur les mortalités décrites dans la région Hauts-de-France d'après la littérature.



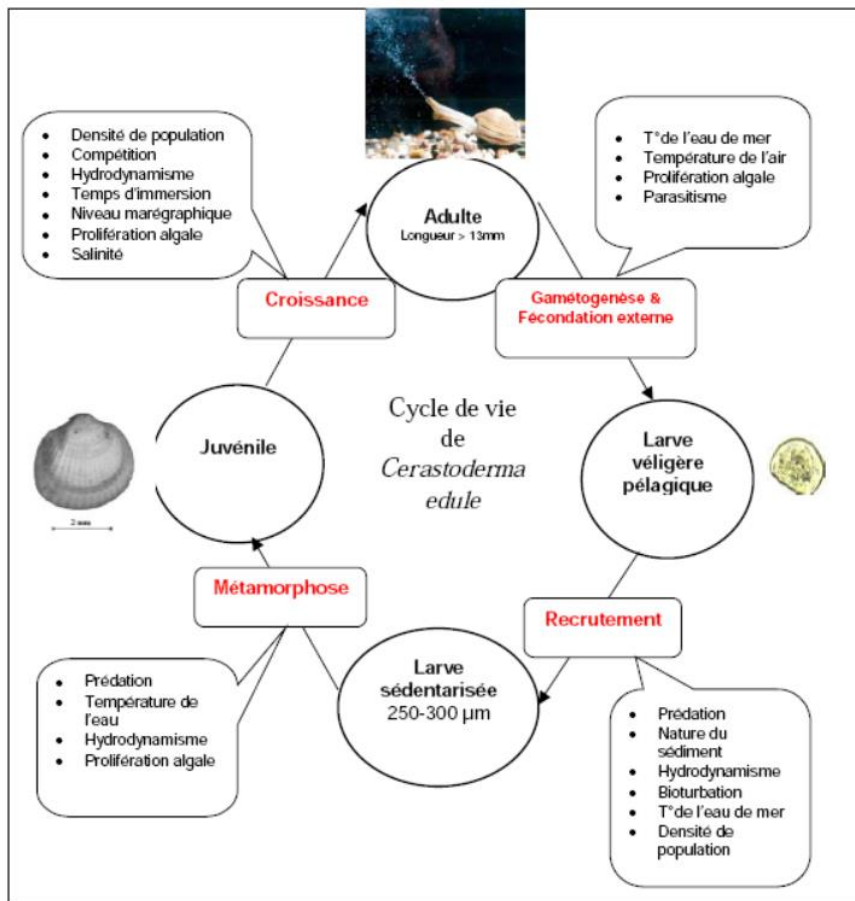


Figure 11 : Facteurs influençant les différentes étapes du cycle de vie de la coque, *Cerastoderma edule*. (d'après Bellamy *et al.*, 2009)

## I-4.1. Mortalités liées à des facteurs naturels

→ Partie issue de Rocroy, 2020 - Annexe 1

### Influence des paramètres environnementaux

Tous les organismes vivent avec des seuils de tolérance pour chaque variable environnementale. Si ces variables augmentent ou diminuent, en dehors des limites de tolérance, les organismes subissent des effets néfastes sur leur santé ou leur cycle de développement (Wither *et al.*, 2012).

*Parada & Molares (2008) décrivent les températures atmosphériques extrêmes comme responsables de nombreuses altérations chez la coque (capacité de filtration, d'enfouissement, évolution de la masse corporelle, effet des prédateurs, etc.) qui engendreraient sa mort. Selon Hancock (1973), le froid intense n'a pas d'influence négative sur la ponte puisqu'il stimule la reproduction. Cependant, Parada & Molares (2008) émettent trois hypothèses : le seuil de température atmosphérique minimum toléré par la coque est plus bas dans les régions situées à des latitudes plus élevées que dans des régions à climat tempéré (5-6°C en Espagne) ; l'effet de la température sur les mortalités est peut-être davantage dû à des températures irrégulières ou des changements brutaux de températures qu'à une valeur seuil ; les coques perdent plus de masse corporelle à 6,1°C qu'à 1,5°C et si la coque a moins de masse corporelle au début de la ponte, cela induira un taux de survie plus bas. Kristensen (1958) a montré qu'en mer des Wadden néerlandaise le seuil de tolérance à une forte température était de 34°C et que le seuil léthal était à 36°C alors que la température optimale pour la vie de la coque se trouve à 25°C. D'après Parada & Molares (2008), la température haute de tolérance dépend du temps d'exposition à cette température. De plus, tout comme pour le seuil de température basse, un changement brutal de température altérerait plus probablement les fonctions de la coque qu'une valeur seuil.*

Les tempêtes peuvent être la cause d'inondations, qui peuvent gravement affecter les coques par des changements drastiques de salinité. En dessous du seuil de 10 ‰, la salinité est incompatible avec la survie des coques (Seed & Brown, 1977). D'après Parada & Molares (2008), le taux de mortalité des coques n'augmente pas graduellement avec l'augmentation des précipitations mais subit une nette augmentation lorsqu'un certain seuil a été dépassé. Cela est confirmé par Kristensen (1958) qui décrit les mortalités massives associées à des événements de pluies abondantes comme régulières.

La survie des larves est liée au substrat qui doit avoir la capacité de retenir l'eau et donc d'avoir une proportion adéquate de particules fines. En baie de Somme, les sédiments sont fins et stables, mais s'il y avait une perturbation et une évolution vers des sables grossiers, cela pourrait engendrer une élimination complète du gisement (Lafite, 1986).

Le niveau marégraphique où se trouvent les coques influe sur le temps d'immersion par les eaux marines. Les coques dépendent de l'accessibilité en oxygène dissous nécessaire à la respiration ainsi que du temps de nourrissage. Une réduction significative du temps d'immersion réduit les taux de croissance des coques (Elliott, 1979). Cela se répercute sur le taux de mortalité ainsi que sur la fécondation et le recrutement des coques. L'optimum pour les coques est le niveau moyen de marées. Étant donné la nature très productive des environnements estuariens (McLusky & Elliott, 2004), il est peu probable que la limitation des aliments entraîne des mortalités massives chez les coques et, par conséquent, à l'heure actuelle, ce facteur est considéré comme peu probable.

### Importance de la coque dans son écosystème : la prédation

La coque est une composante essentielle de l'écosystème et constitue une importante source de nourriture pour un certain nombre d'espèces. Ses principaux prédateurs sont des oiseaux, des poissons ou des crustacés. Chaque espèce de prédateurs cible des tailles de coques spécifiques (Figure 12). Plusieurs auteurs se sont intéressés à la prédation qui intervient sur les juvéniles. En particulier, Reise (1985) et Triplet (1999) montrent clairement que la pression de prédation se concentre sur les premiers stades de développement de la coque et diminue progressivement au cours de la croissance. En effet, plus les coques sont grosses, moins il y a d'espèces pouvant s'en nourrir (taille de la bouche ou du bec).

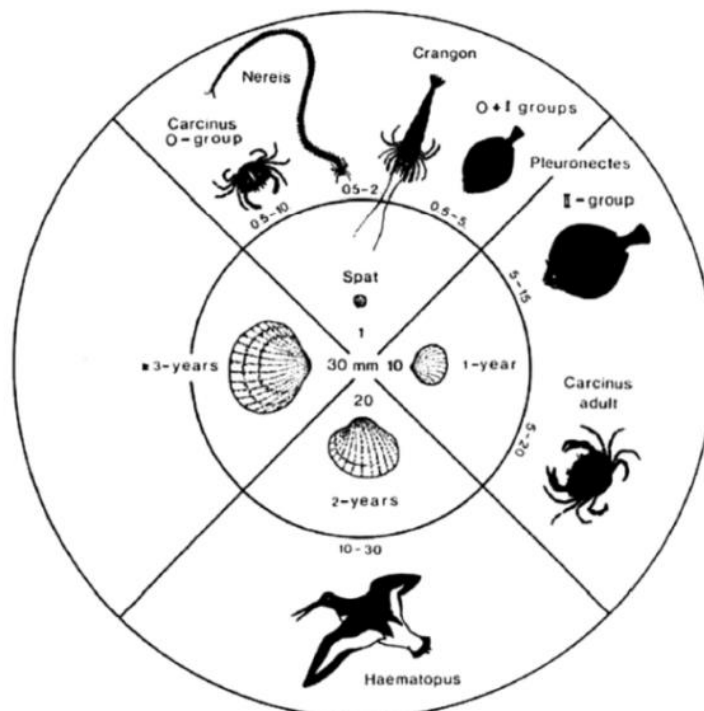


Figure 12 : Prédateurs de la coque selon sa taille (d'après Burdon *et al.*, 2014)

La suite de cette partie résulte d'une traduction libre d'une partie de l'article scientifique de Malham et al. (2012). Elle détaille de façon complète la place de la coque dans le réseau trophique des estuaires ouest européens.

Des crustacés, comme la crevette grise (*Crangon crangon*), se nourrissent de naissain nouvellement installé (Beukema & Dekker, 2005) tandis que le crabe vert (*Carcinus maenas*) se nourrit d'une plus large gamme de tailles de coques, consommant environ 40 C. edule par individu par jour (Sanchez-Salazar et al., 1987). Tout en reconnaissant que la prédation par les crabes juvéniles sur les jeunes coques est un facteur déterminant pour leur survie dans la mer des Wadden, Jensen & Jensen (1985) ont considéré qu'environ 6 % de la production totale de coques était compromis par la prédation par les crabes. Seuls les grands crabes (55–70 mm) de l'espèce *C. maenas* sélectionnent les coques dont ils se nourrissent en fonction de leur taille. En effet, ils sélectionnent des coques de 10-20 mm de long alors que les crabes de taille moyenne (40–55 mm) ont une préférence pour les coques d'une longueur de 5–10 mm (Mascaró & Seed, 2000a, b).

Un certain nombre d'espèces de bivalves filtreurs, dont *Crassostrea gigas* et *Mytilus edulis*, une fois adulte, s'alimente de larves de bivalves (Troost et al., 2008). De la même manière, la coque (*C. edule*) adulte peut filtrer jusqu'à 40 % des larves de son espèce (André & Rosenberg, 1991) bien qu'elle puisse ingérer jusqu'à 75 % des larves dérivant sur des sédiments peuplés de coques adultes (André et al., 1993).

Les coques de 5 à 10 mm de long peuvent représenter la nourriture principale du flet et de la plie, en particulier à la fin de l'été et au début de l'automne et pour les poissons plus âgés (De Vlas, 1979 ; Pihl, 1982). En plus de se nourrir de coques entières, les flets et les plies ont un taux de prédation élevé sur le pied et les siphons des *C. edule* (De Vlas, 1979). L'impact de cette prédation sur la survie des coques et sur l'augmentation de la sensibilité à la prédation supplémentaire est inconnu. Cependant, les coques de Nouvelle-Zélande (*Austrovenus stutchburyi*) avec le pied coupé ne peuvent pas s'enfouir avant que le pied ne se soit régénéré et sont donc plus sensibles aux stress liés à la chaleur et au dessèchement en plus d'être soumises à un risque de prédation sensiblement plus élevé (Mouritsen & Poulin, 2003).

Les huîtres pie (*Haematopus ostralegus*) et les bécasseaux maubèches (*Calidris canutus*) sont les principaux prédateurs aviaires de coques avec les bécasseaux sanderling (*Calidris alba*), les pluviers argentés (*Pluvialis squatarola*), les chevaliers gambette (*Tringa totanus*), les eiders à duvet (*Somateria mollissima*), les goélands cendrés (*Larus canus*) et les hareldes boréales (*Clangula hyemalis*) qui prédatent les coques dans une moindre mesure (Drinan, 1957 ; Bryant, 1979 ; Sutherland, 1982 ; Dekinga & Piersma, 1993 ; Cadée, 1994 ; Triplet, 1994 ; Stempniewicz, 1995 ; Perez-Hurtado et al., 1997 ; Beukema & Decker, 2006). Il est estimé que chaque oiseau peut consommer jusqu'à 300 coques par jour. Les huîtres pie se nourrissent préférentiellement de grosses coques (>15 mm) quand le nombre de coques est élevé, mais s'alimentent de coques plus petites (<15 mm) lorsque le nombre de coques s'appauvrit (O'Connor & Brown, 1977 ; Johnstone & Norris, 2000).

Les coques plus grandes et donc plus âgées ont tendance à être plus parasitées par les vers mais représentent aussi énergétiquement une proie plus rentable (Norris, 1999). De plus, des parasites comme les digéniens peuvent modifier le comportement d'enfouissement de la coque, entraînant une augmentation de la prédation. Ainsi, les oiseaux qui se nourrissent de coques plus grosses ont plus de risques d'être parasités à leur tour, en particulier les huîtres pie qui ne sélectionnent pas les coques non parasitées pour se nourrir (Norris, 1999). A terme, plusieurs milliers de digéniens peuvent apparaître dans un huître pie avec un impact concomitant sur la survie des oiseaux (Borgsteede et al., 1988).

De par sa position dans les chaînes trophiques, la perte ou la diminution du nombre de coques pourrait engendrer des répercussions fortes sur ces prédateurs, notamment les oiseaux (ex : huître-pie ; Triplet et al., 1999) et donc une perte de biodiversité à l'échelle locale.

## Impact des agents pathogènes

Un large éventail de parasites et d'agents pathogènes biologiques affectent la santé individuelle et la population des coques, bien qu'il existe actuellement un manque de compréhension du lien entre l'infestation et la mortalité de masse (Longshaw & Malham, 2013). Il est probable que l'impact des parasites et des agents pathogènes puisse indirectement contribuer à la mortalité de masse soit en affaiblissant les individus, soit en infectant des individus déjà stressés par un autre facteur ou une combinaison de facteurs.

Longshaw & Malham (2013) ont récemment passé en revue les parasites et les agents pathogènes des coques, dont ceux qui affectent *Cerastoderma edule*. Leur examen met en évidence un total de 50 parasites dont seulement certains sont impliqués dans des événements de mortalité.

Le macroparasite induisant la mortalité et le plus largement réparti dans les coques est *Gymnophallus choledochus* (trématode). Le microparasite inducteur de mortalité le plus récemment identifié est *Marteilia cochillia* (protozoaire), qui a été trouvé sur les côtes atlantiques et méditerranéennes d'Espagne (Carrasco *et al.*, 2013). En baie de Somme, il s'agit de *Vibrio aestuarianus* (bactérie). En 2012, 2015 et 2018, des mortalités importantes de coques (80 % du gisement) ont été constatées sur les estuaires picards. Lors de ces mortalités anormales, le réseau REPAMO de l'IFREMER a été déclenché par les professionnels et des bactéries appartenant à l'espèce *Vibrio aestuarianus* ont été isolées des animaux moribonds (aucun autre parasite d'importance n'avait été observé lors de ces mortalités) (Garcia *et al.*, 2021).

## Dynamiques de population

D'après Ducrotoy *et al.* (1992), la coque serait soumise à des cycles naturels, qui peuvent varier entre un et dix ans. Ils sont régis par des périodes où les densités s'effondrent, se rétablissent et des phases plus constantes où les densités de coques plus élevées sont maintenues.

La densité a été décrite par de nombreux auteurs comme l'un des facteurs pouvant affecter à la fois la croissance et la mortalité des coques (et des autres bivalves). Malham *et al.* (2012) reconnaissent que le succès de la population de coques peut être influencé négativement par la compétition pour l'espace et la nourriture (Franklin & Pickett, 1979).

Richardson *et al.* (1980) ont décrit l'influence de la densité sur la compétition pour l'espace, suggérant que les collisions entre individus à proximité immédiate font émerger les animaux à la surface des sédiments, ce qui les rend plus vulnérables aux prédateurs et plus sensibles aux conditions environnementales. Des densités élevées de coques ont également potentiellement un taux de croissance plus faible. De plus, une forte densité engendre une consommation accrue d'oxygène dans la couche limite du sédiment qui génère un risque d'anoxie. Selon Parada & Molares (2008), la mortalité augmenterait à partir d'une densité de 500-600 individus/m<sup>2</sup>.

La survie des jeunes recrues est également impactée par une densité trop importante de la population de coques adultes. La monopolisation de l'espace par les coques adultes entraîne un manque d'espace disponible pour les recrues qui doivent s'installer ailleurs et par conséquent sur des secteurs potentiellement moins favorables. Le cannibalisme par les coques adultes peut également jouer un rôle important en réduisant la survie des larves et des jeunes recrues (Hancock, 1973).

Comme chez la plupart des populations de bivalves, au-delà d'un certain seuil de population minimal, la biomasse des adultes reproducteurs n'est pas corrélée au recrutement (Magalhaes *et al.*, 2016). En effet, les processus ayant lieu durant la vie larvaire sont prépondérants sur la réinstallation du naissain par rapport à la biomasse d'adultes reproducteurs.

## I-4.2. Mortalités liées à des facteurs anthropiques

→ Partie issue de Rocroy, 2020 - Annexe 1 (*sauf italique*)

### **Pêche à pied professionnelle**

*Selon l'arrêté du 28 janvier 2013 déterminant la taille minimale ou le poids minimal de capture et de débarquement des poissons et autres organismes marins pour la pêche professionnelle, les pêcheurs doivent ramasser des coques d'une taille supérieure à 27 mm. Les gardes-jurés du CRPMEM étant tous les jours présents lors de la pêche des coques et réalisant plusieurs milliers de contrôles de taille chaque année (10 602 en 2021), la pêche de coques de taille inférieure à 27 mm est limitée.*

*Les quantités de coques pêchées par les pêcheurs à pied professionnels entre la saison de pêche 2014-2015 et la saison de pêche 2018-2019 sont indiquées dans la Figure 6. En 2015 et 2018, lors des épisodes de mortalités massives, entre 300 et 500 tonnes de coques ont été pêchées chaque saison. En 2014 et 2017, environ 2000 tonnes ont été pêchées chaque saison.*

*Lors d'épisodes très particuliers, fortes chaleurs durant la pêche ou fort envasement des gisements, il a été observé une difficulté pour les coques à se réenfouir après l'action de pêche. La pêche engendrerait alors, dans ces cas peu fréquents, une surmortalité directe des juvéniles. La pêche à pied professionnelle augmenterait également de façon indirecte la mortalité par prédation des coques sous taille qui sont laissées en surface. En effet, de nombreux laridés profitent de l'accessibilité accrue des coques suite à la pêche.*

Hancock & Urquhart (1965) analysent les causes de mortalité autres que celles engendrées par la pêche dans le cas d'un gisement exploité au sud du Pays de Galles (Burry Inlet). La mortalité totale pour l'ensemble du gisement sur une année est estimée à 85 %, la perte par pêche durant la même période n'étant que de 14 %. Les études menées précédemment par le GEMEL ont montré que l'exploitation traditionnelle du gisement de coques était favorable au gisement dans le sens où elle limite la compétition intraspécifique pour l'espace. Autrement dit, les prélèvements par pêche permettent de réduire les effets négatifs d'une surdensité d'individus adultes.

### **Pêche à pied de loisir des coques**

*De nombreux comptages de pêcheurs à pied de loisir ont été réalisés dans le cadre du projet Life pêche à pied de loisir (Meirland et al., 2017). Pour certaines pratiques, le nombre de pêcheur de loisir a été modélisé à l'année sur différents sites. Malheureusement, la pratique de la pêche des coques n'a pas fait l'objet de traitement des données de comptages. Par ailleurs, aucune enquête n'a été réalisée sur cette pratique dans le cadre de ce projet.*

### **Eutrophisation**

Les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement agricoles sont les principales sources de nutriments et de matières organiques dissoutes et particulaires dans les eaux estuariennes et côtières (Gray et al., 2002). L'augmentation des charges de nutriments dans l'eau peut entraîner plusieurs signes et symptômes d'eutrophisation, dont l'un est la mortalité benthique par anoxie (Elliott & de Jonge, 2002). Un effondrement de la population de coques dans la baie de Somme au cours de la période 1982 et 1985 est attribué à l'eutrophisation et à l'induction de l'anoxie (Desprez et al., 1992 ; Rybarczyk, 1996).

*Les masses d'eau côtières des Hauts-de-France sont fortement eutrophisées et présentent une dérogation à l'objectif d'atteinte du bon état écologique d'ici 2027. L'objectif fixé est de stabiliser l'état écologique de ces masses d'eau (SDAGE Artois-Picardie 2022-2027).*

L'eutrophisation favorise également le développement de blooms de *Phaeocystis* (Figure 13). D'après Lefebvre & Delpech (2004), « l'aspect le plus flagrant de la prolifération de *Phaeocystis* est la formation d'écume observée sur le littoral. En effet, une grande partie de la production primaire lors des blooms se fait sous forme de matériel mucilagineux. Sa consistance semble ralentir sa dégradation par les bactéries. Les colonies, quand elles sont présentes en densité suffisante, peuvent constituer une gêne pour les activités touristiques, récréatives et professionnelles. » D'après eux, il existe des observations d'effets nuisibles de *Phaeocystis* sur la conchyliculture ainsi que de poissons évitant les zones d'occurrence des blooms. Un cas officiel de mortalité de poissons associé à *Phaeocystis*, avec un stock important de saumon de culture perdu en 1992 pendant un bloom en Norvège a également été relevé. Spilmont et al. (2009) ont, quant à eux, documenté en baie de Canche une mortalité de benthos liée à la dégradation du bloom de *Phaeocystis*. Ces blooms semblent impacter le milieu et les individus de manière physique et non pas par toxicité.

D'une manière générale, au niveau de l'écosystème, la dominance de cette forme algale sur les autres groupes semble avoir des conséquences négatives sur la structure et le fonctionnement des compartiments benthique et pélagique aux niveaux environnemental et biogéochimique (Lancelot & Rousseau, 1994 ; Weisse et al., 1994 ; Lancelot et al., 1987 ; Wassmann, 1994).



Figure 13 : Bloom de *Phaeocystis* à Fort-Mahon ©CRPMEM HDF

## Pollutions

Les mollusques bivalves marins, y compris les coques, sont bien connus pour être sensibles à une grande variété de substances toxiques directement présentes dans le milieu marin. Les substances toxiques peuvent influencer l'augmentation de l'incidence des maladies signalées chez les animaux marins, peut-être en induisant une immunosuppression qui, à son tour, compromettrait gravement la défense contre les agents pathogènes (Wootton *et al.*, 2003).

En ce qui concerne les déchets dégradables, des mortalités massives de *Cerastoderma edule* ont été observées après un déversement majeur de pétrole, après l'échouement du Sea Empress en 1996 au large de la côte sud-ouest du pays de Galles (SEEEC, 1999). Parmi les polluants, les métaux lourds sont des contaminants dominants dans les environnements marins et estuariens et représentent un domaine de préoccupation croissant dans les domaines environnementaux. Sur le littoral des Hauts-de-France, le réseau ROCCH permet de suivre l'évolution de certains métaux sur les coques (baie de Somme) ou sur les moules. *Ces derniers n'atteignent pas des niveaux problématiques.*

Bien que les substances toxiques et autres polluants persistants puissent nuire aux organismes marins, ils ne semblent être une cause directe de mortalité massive de coquillages qu'en cas de déversement ponctuel très important.

## Prise en compte du changement global

*Le changement global est caractérisé par l'augmentation progressive de la température et par la survenue d'événements climatiques extrêmes (ex : tempêtes, canicules, sécheresses ou inondations), qui favorisent souvent des changements de salinité et des conditions hydrodynamiques sur les milieux aquatiques des écosystèmes (GIEC, 2014). Météo-France prévoit une augmentation du nombre de jours où la température est supérieure à 30°C et de jours de canicule, par rapport aux relevés des normales de 1971 à 2000 dans les Hauts-de-France, quel que soit le scénario climatique pris en compte. Dans le même sens, Beniston et al. (2007) indiquent que la fréquence des perturbations climatiques devrait augmenter au cours des prochaines décennies. Cela est préoccupant pour les populations de coques car certaines mortalités sont dues à des conditions environnementales particulières (cf. partie I-4.1.).*

Des changements dans la reproduction des coques ont déjà été observés du fait de la variabilité du climat : les hivers froids provoquant une production de gamètes plus forte et sur une période plus longue (Morgan et al., 2013).

La distribution géographique de *C. edule* devrait se contracter en réponse au changement climatique (Singer et al., 2017) et son aire de répartition pourrait se déplacer vers le nord en réponse à l'augmentation des températures (Verdelhos et al., 2015).

Le changement climatique peut également avoir un impact sur les interactions parasite-hôte chez les animaux aquatiques, ce qui peut, à son tour, créer des problèmes en raison d'une cascade à travers les réseaux trophiques (Marcogliese, 2008).

De plus, le réchauffement climatique, en combinaison avec l'acidification des océans, c'est-à-dire avec une pCO<sub>2</sub> élevée, peut également réduire la vitalité de *C. edule* (Ong et al., 2017) : une pCO<sub>2</sub> élevée diminue le pH de l'eau, ce qui entraîne une baisse de la calcification de la coquille puisque le calcium de la coquille des coques provient directement de l'environnement et non de l'alimentation.

### I-4.3. Mortalités décrites dans les Hauts-de-France

→ Partie issue de Meirland et al. (2022 - Annexe 4)

85 publications ont été étudiées afin d'y rechercher des mentions de mortalités sur le littoral des Hauts-de-France.

La première mention de mortalité sans équivoque date de 1963. La dernière à être intégrée dans ces résultats date de 2020. Entre les années 1990 et 1995, aucun élément bibliographique n'a été retrouvé concernant les gisements de coques des Hauts-de-France.

Les travaux recensés ne sont pas, pour la plupart, des travaux de recherche sur les causes de mortalités mais des évaluations de stocks de coquillages. Ainsi, les mortalités mentionnées le sont bien souvent à titre de commentaires. Les hypothèses développées ne sont pas systématiquement vérifiées et semblent plus faire l'objet d'un sentiment de l'observateur que d'une démonstration scientifique. Cependant, la récurrence des informations, les dates d'observation et les hypothèses récurrentes sont des indices très intéressants quant aux causes de mortalités (Figure 14).

Les informations sont annuelles depuis le début des années 1980. Des mortalités sont régulièrement observées. Les périodes de plus de deux années de suite sans mentions de mortalités dans les rapports sont faibles : 1995-2000, 2009-2011. Les périodes d'observation des mortalités au cours de l'année sont relativement constantes pour les plus récurrentes : hiver, printemps (mai-juin), été (août). Quelques évocations de déplacements sédimentaires ayant impacté les gisements y figurent, notamment des déplacements du chenal de la Somme (2000, 2001, 2003, 2006).



Figure 14 : Laisse de mer de coques mortes ©CRPMEM HDF

Les causes invoquées sont récurrentes par périodes :

- Froid hivernal jusqu'en 1987. Aucun événement lié au froid n'est évoqué par la suite.
- Les mortalités printanières ont fait l'objet de différentes hypothèses qui pourraient recouper le même phénomène : hypoxie, anoxie, *Phaeocystis*, *Phaeocystis* et densité, placage de vase, eutrophisation, capacité de charge du milieu atteinte, manque de nourriture. Ces mortalités de fin de printemps ne sont pas mentionnées avant l'année 1989 et semblent les plus importantes ces dernières années.
- Chaleur estivale (en août) depuis 1982 jusque récemment.

## II – METHODOLOGIE

Afin de mieux comprendre les mortalités de coques, le CRPMEM Hauts-de-France a travaillé avec le GEMEL, l'IFREMER de La Tremblade et Boulogne-sur-Mer et Fabien Riera - FAR View Conseil.

La première étape du projet consistait à dresser un état des lieux des connaissances sur la biologie et le cycle de vie de la coque (Rocroy, 2020 - Annexe 1), son implantation dans les Hauts-de-France (CRPMEM ; Pollet, 2021 ; Riera, 2021 - Annexe 2), les risques liés aux mortalités de coquillages (Riera, 2020 - Annexe 3) et les causes de mortalités potentielles de la coque (Rocroy, 2020 - Annexe 1 ; CRPMEM).

La deuxième étape du projet avait pour but d'étudier les causes de mortalité actuelle des coques dans les Hauts-de-France en fonction de certains facteurs, à savoir les agents pathogènes, les paramètres environnementaux et les dynamiques de population. Pour cela, toutes les mortalités ont été suivies, référencées et étudiées tout au long du projet par le CRPMEM, donnant lieu à un rapport qui inclut également les

mortalités passées dans la région identifiées dans la littérature ainsi que l'observation du littoral en période de bloom phytoplanctonique (Meirland *et al.*, 2022 - Annexe 4).

Des prélèvements de coques ont également été réalisés sur sept points répartis dans les cœurs de gisement des trois principales baies des Hauts-de-France (Figure 3) : quatre zones en baie de Somme (Ch'4, Voie de Rue, Le Crotoy et Le Hourdel), deux en baie d'Authie (Fort-Mahon et Groffliers) et une en baie de Canche (Sainte-Cécile). Réalisés par le CRPMEM Hauts-de-France et le GEMEL à raison d'une à deux fois par mois, ils étaient à destination du GEMEL afin d'étudier les dynamiques de populations (Rocroy, 2021 - Annexe 8). Des prélèvements supplémentaires ont été réalisés également tous les mois sur Ch'4 (coques + moules de bouchot) et sur Fort-Mahon (coques + sédiment). Ils étaient envoyés à l'IFREMER de La Tremblade, spécialisé en maladie des mollusques, pour des analyses vétérinaires (Travers *et al.*, 2021 - Annexe 5). Des coques noires ont également été envoyées à IFREMER La Tremblade pour analyses (Garcia, 2020 - Annexe 6).



Les données liées aux paramètres environnementaux ont aussi été compilées et analysées par rapport aux dates des mortalités. Pour les mortalités survenues avant le projet et figurant dans la littérature, les données environnementales ont été compilées au niveau du point de suivi « Bif » (Figure 15) du réseau régional SRN<sup>3</sup> et du réseau national REPHY<sup>4</sup> et les analyses menées par l'IFREMER de Boulogne-sur-Mer (Devreker, 2022 - Annexe 7). Les mortalités survenues pendant le projet ont, quant à elles, été compilées et analysées par le CRPMEM Hauts-de-France (Meirland *et al.*, 2022 - Annexe 4).

Afin de recueillir le point de vue des acteurs impliqués dans la pêche aux coques, notamment des pêcheurs à pied professionnels, des enquêtes ont été réalisées par le CRPMEM Hauts-de-France et des entretiens par Fabien Riera – FAR View Conseil. Les résultats des enquêtes ont été traités par le CRPMEM Hauts-de-France (De Laage, 2020 – Annexe 9 ; Laurent, 2020 - Annexe 10) et celui des entretiens par Fabien Riera – FAR View Conseil (Riera, 2021 - Annexe 2).

L'objectif de la troisième étape était de mettre en place un système de prévention et de gestion face aux mortalités de coques à l'échelle des Hauts-de-France. Pour cela, un état des lieux des connaissances sur la prévention et la gestion des périls dans l'exploitation des coquillages a été réalisé (Riera, 2020 - Annexe 3). Le GEMEL a également réalisé des tests de vitalité sur des coques saines afin de trouver des facteurs permettant de prévenir l'arrivée de mortalités (Rocroy & Prevost, 2021 - Annexe 11). De plus, une procédure d'urgence a été développée pour les cas de mortalité massive par le CRPMEM, le GEMEL et la DDTM-DML du Pas-de-Calais et de la Somme.

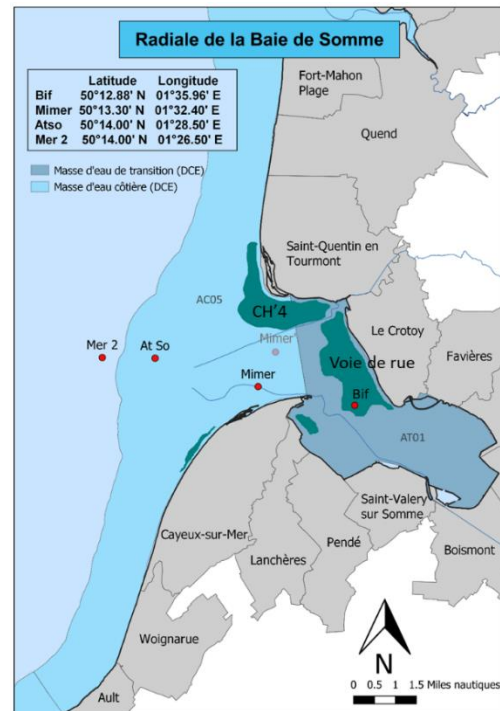


Figure 15 : Carte des gisements de coques et des points de suivis du réseau SRN en Baie de Somme ©IFREMER

<sup>3</sup> <https://wwz.ifremer.fr/manchemerdunord/Environnement/LER-Boulogne-sur-Mer/Surveillance-et-Observation/Suivi-Regional-des-Nutriments>

<sup>4</sup> <https://wwz.ifremer.fr/envlit/Surveillance-du-littoral/Phytoplancton-et-phyco-toxines>

# III – ETUDE DES CAUSES DE MORTALITÉ DES COQUES DANS LES HAUTS-DE-FRANCE

## III-1. Agents pathogènes

Selon Travers *et al.* (2021 - Annexe 5), le suivi des deux gisements de coques des Hauts-de-France a permis de montrer que la bactérie *Vibrio aestuarianus cardii* était bien présente sur ces deux gisements (baie de Somme et baie d'Authie) et affectait les différentes cohortes de coques (petites et grosses - Figure 16).

Cette bactérie semble préférentiellement se développer au cours du printemps et de l'été mais elle reste présente chez les coques en période hivernale en faible quantité.

*Vibrio aestuarianus cardii* a également été retrouvée dans le sédiment à proximité des coques uniquement en périodes printanière et estivale lorsque cette bactérie est présente en grande quantité chez les coques, tout comme au niveau des cordes de moules à proximité. La proximité phylogénétique des isolats (bactéries prélevées) suggère que pendant les périodes printanière et estivale, les coques excrètent fortement cette bactérie qui se retrouverait en grande quantité dans l'environnement et pourrait être accumulée ainsi au niveau du sédiment et/ou des moules.

Les populations de *Vibrio aestuarianus cardii* sont diversifiées à la fois en termes de génome (matériel génétique) et de virulence (intensité du pouvoir d'engendrer une lésion ou de causer une maladie). En pathologie expérimentale (injection intramusculaire de la bactérie dans des coques en laboratoire), des souches virulentes pour les coques se retrouvent tout le long de l'année quels que soient les lieux et les matrices d'isolement. Ces souches coexistent au sein des populations de coques avec des souches non virulentes.

Les résultats actuels ne permettent pas de comprendre les caractéristiques et spécificités des isolats (bactéries prélevées) virulents envers les coques.



Figure 16 : Coques préparées pour des analyses microbiologiques (à gauche) et ensemencement bactériologique après enrichissement des broyats d'individus sur milieu chromagar (à droite) ©IFREMER

Des coques présentant une coloration noire, issues de la baie de Somme, ont également été analysées. Le parasite détecté semble très proche de l'espèce *Haplosporidium edule*, décrit pour la première fois en Espagne. La présence de spores de ce parasite pourrait expliquer la coloration noire des coques. Ces spores remplacent les tissus conjonctifs des différents organes de la coque, provoquant à terme sa mort (Garcia, 2020 - Annexe 6).

## III-2. Paramètres environnementaux

Les analyses menées par Devreker (2022 - Annexe 7) comprennent des données issues des années 1992 à 2018 (chlorophylle *a*, matière en suspension (MES), matière en suspension organique (MESORG), ammonium (NH<sub>4</sub>), nitrates (NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>), oxygène, les pheopigments (PHEO), phosphates (PO<sub>4</sub>), salinité, silicates (SiOH), température, turbidité et espèces phytoplanctoniques).

En comparant ces données avec les dates de mortalité issues de la littérature compilées par Meirland *et al.* (2022 - Annexe 4) (comparaison de la moyenne des paramètres pendant les périodes de mortalités et en dehors des périodes de mortalités), il en ressort que les conditions environnementales dans lesquelles les mortalités se produisent correspondent à :

- Des concentrations en chlorophylle-*a* élevée ;
- De la MES et une turbidité faible ;
- Des températures hivernales élevées ;
- Une salinité normale (pas de forts apports de la Somme ou maritimes) ;
- Pas de désoxygénation ;
- Des concentrations en nutriments globalement faibles.

Toutefois, la plupart de ces variations s'expliquent par la saisonnalité, les mortalités de coques arrivant plutôt au printemps et en été, périodes caractérisées par les conditions mentionnées (Devreker & Lefebvre, 2021). Ces résultats (ainsi que des analyses statistiques *ACP-Between Class Analyse*<sup>5</sup>) ne permettent pas de mettre clairement en évidence des conditions environnementales qui favoriseraient la mortalité des coques (résultats non significatifs). De plus, les événements responsables des mortalités ne se produisent pas forcément à l'échelle spatio-temporelle du réseau de surveillance SRN-REPHY qui suit les paramètres environnementaux à une fréquence mensuelle à bimensuelle et pas exactement sur les zones de mortalité des coques ou peuvent être issus de paramètres non suivis par ce réseau (courantologie, ensablement).

L'analyse des communautés phytoplanctoniques présentes lors des périodes de mortalité montre une prépondérance de *Phaeocystis* légèrement supérieure lors de ces événements par rapport à l'ensemble des périodes printanières de 1992 à 2018. *Phaeocystis* représente ainsi en moyenne 50 % de l'abondance des communautés phytoplanctoniques en période de mortalité de coques contre 40 % sur l'ensemble des périodes printanières étudiées.

Afin de compléter cette étude, Meirland *et al.* (2022 - Annexe 4) ont, quant à eux, étudié le lien entre certains paramètres environnementaux (marée, température, nébulosité, précipitation, vitesse et direction du vent) et les mortalités observées durant le projet. Sur la durée du projet, entre avril 2019 et août 2021, 41 fiches d'observation de mortalité des coques ont été renseignées. Toutes les mortalités observées dans les Hauts-de-France ont fait l'objet de fiches de mortalité, qu'importe la quantité/proportion d'individus moribonds observés. Les mortalités observées peuvent toucher les coques uniquement, comme un ensemble d'espèces. Tous les gisements de coques de la région sont impactés, depuis les Hemmes d'Oye jusque Le Hourdel. Sur les 41 fiches, 27 ont été renseignées au printemps (66 %), 7 en été, 4 en hiver et 3 en automne.

---

<sup>5</sup> <https://pbil.univ-lyon1.fr/R/pdf/course4.pdf>

Quatre périodes de mortalités, dont les causes pourraient correspondre à celles renseignées dans la littérature, ont été identifiées grâce aux fiches de suivi des mortalités :



Figure 17 : Vase le long de la Maye en baie de Somme ©CRPMEM HDF

- Une mortalité ayant eu lieu en février 2020 peut être attribuée à un déchaussement des organismes benthiques, dont les coques, par les tempêtes, les animaux venant s'échouer sur la laisse de mer.
- Deux mortalités ont eu lieu au printemps. Pour la première, en 2019, aucune cause liée aux conditions météorologiques ne paraît être imputable directement, sur le laps de temps considéré, à cette mortalité. Cependant, les eaux étaient très fortement chargées en matières organiques. Pour la deuxième mortalité, le coup de chaleur du 16 juin 2021 (30,8°C d'après météoiel) pourrait avoir initié une mortalité. Il n'a cependant duré qu'une journée, d'autres facteurs ont donc sans doute contribué à l'extension de la mortalité.
- Une mortalité observée en été 2020 semble liée à de fortes chaleurs, plusieurs jours consécutifs (quatre jours à plus de 35°C).

Une observation du littoral en période de bloom phytoplanctonique a également été menée. Le phénomène d'envasement se fait progressivement, avec parfois des quantités importantes de vases qui arrivent, et semble entrainer des mortalités localisées (Figure 17), voire du déplacement de coquillages (phénomène difficile à démontrer dans ce cadre). Les coques remontent à la surface et parfois se réimplantent quand les conditions redeviennent propices.

L'observation des informations issues du projet EUROHAB, dont l'objectif est de détecter l'eutrophisation et les blooms algaux toxiques dans la Manche par satellite, ne permet, quant à elle, pas de mettre en évidence de cause claire et unique, sur la base des trois paramètres étudiés que sont la turbidité, la biomasse phytoplanctonique et la présence de *Phaeocystis* (Figure 18).

Aussi, durant la période du projet, d'importants travaux de déplacements de sédiments sont à l'origine de mortalités massives en baie d'Authie (Figure 19).

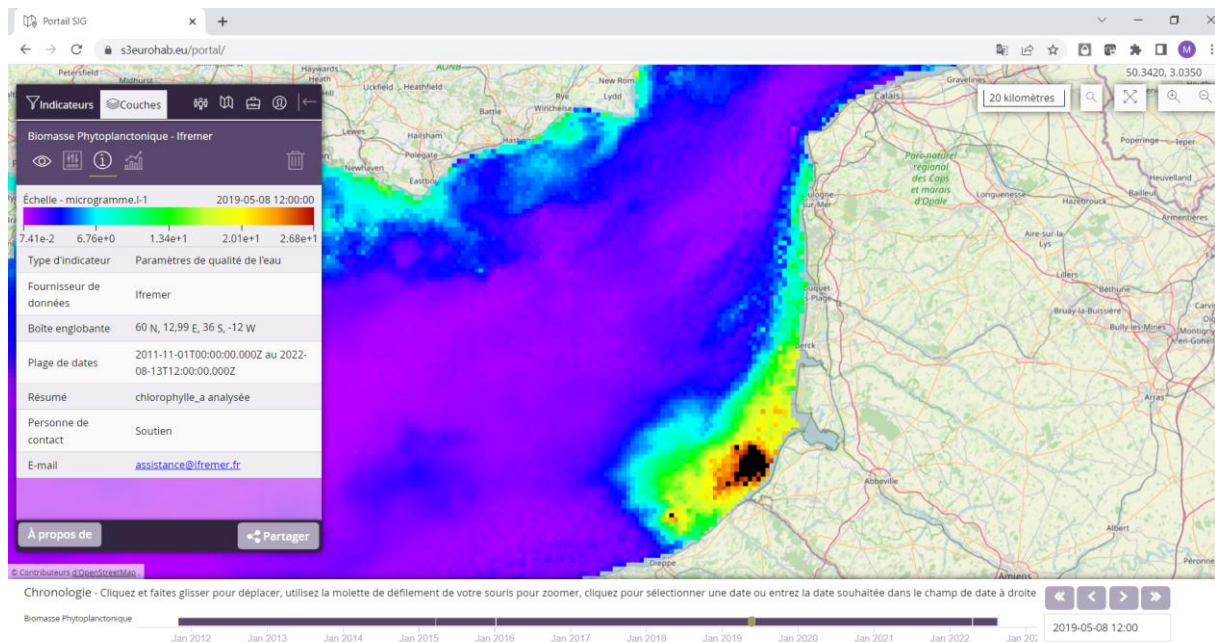


Figure 18 : Portail SIG du projet EUROHAB



Figure 19 : Traces d'engins à travers le gisement de coques pendant les travaux de reconstruction de la digue Barrois en baie d'Authie ©CRPMEM HDF

### III-3. Dynamiques de population

D'après Rocroy (2021 - Annexe 8), durant la période du suivi, aucune mortalité massive de coques n'a été observée comme cela s'était produit en 2012, 2015 et 2018. Cependant, à Fort-Mahon et à Groffliers, les travaux de ré-ensablement du bois de sapin ont causé une perte brutale de coques sur les points de suivi.

La localisation des points de suivi étant trop imprécise d'après le GEMEL, il ne leur a pas été possible de suivre le taux de mortalité pour chacune des cohortes identifiées au cours du temps. Cependant, ce suivi a permis de suivre la croissance des coques de chaque cohorte au cours du temps et d'identifier les périodes et l'intensité du recrutement des coques.

Aucune comparaison entre les densités, qui peuvent, lorsqu'elles sont trop élevées causer des mortalités, et les périodes de mortalités observées par le CRPMEM n'a été faite.

### III-4. Ce qu'en pensent les pêcheurs – Étude anthropologique

Selon Riera (2021, Annexe 2), l'élément qui marque certainement le plus rapidement le néophyte qui pénètre le monde du hénon est l'omniprésence, chez les acteurs, de la question de la disparition de la ressource. La question de la « crise » y est d'ailleurs particulièrement attachée. Pourtant, lorsque les pêcheurs sont interrogés plus longuement, et l'enquête psycho-sociale le confirme, la fluctuation de la ressource a semble-t-il toujours existé dans des proportions conséquentes : « *il y a des années avec et des années sans* ». Cette donnée subjective est d'ailleurs corroborée par les données statistiques de production (Figure 6).

D'après les enquêtes menées (De Laage, 2020 - Annexe 9 ; Laurent, 2020 - Annexe 10), la majorité des pêcheurs (56 %) pensent que les mortalités sont dues à des causes qui n'étaient pas pré-écrites dans le questionnaire. Elles ont été classées dans la catégorie « autres » (Figure 20). Ensuite viennent les pollutions (entre 48 % et 51 % de pêcheurs) et les maladies (27 % des pêcheurs), en plus grand nombre de réponses. Les réponses citées spontanément et classées dans la catégorie « autres » apparaissent dans la Figure 21.

## 2. Citer, selon vous, les causes des épisodes de mortalité :

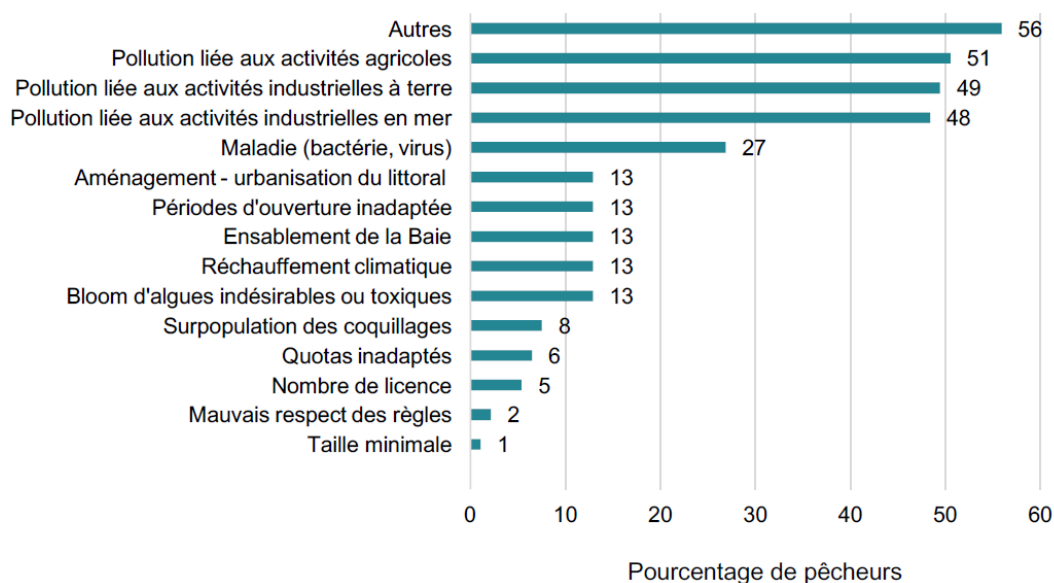


Figure 20 : Causes de mortalités selon les pêcheurs d'après les enquêtes menées par De Laage (2020 - Annexe 9)

Dans un premier temps, l'enquête met en évidence que pour la communauté des pêcheurs, le principal péril qui pèse sur la pérennité de la ressource est le surgissement de vagues de chaleur, d'autant plus si ces dernières sont concomitantes de mortes-eaux (faible coefficient de marée). Ce péril climatique est connu de longue date par les pêcheurs.

Dans un second temps, plusieurs facteurs cités par les pêcheurs se rejoignent : pluies, orages, météo, eau douce. Ils indiquent tous un apport d'eau douce supérieur à ce qui est habituel.



Figure 21 : Nuage de mots illustrant les causes principales de mortalité selon les pêcheurs enquêtés (catégorie "autres") selon leur occurrence

Dans les déclarations des pêcheurs, le phénomène dit de « l’huile » est également souvent cité. Le phénomène de l’huile correspond à l’apparition d’un dépôt surnageant sur le substrat de l’estran qui correspondrait, aux dires des acteurs, à des frayes de poissons ou à des blooms algaux qui ont lieu particulièrement au printemps. Ces concentrations huileuses seraient à l’origine, par leur convergence avec des phases de mortes-eaux, des anoxies des coquillages identifiables par la présence de nombreuses coquilles vides (« écailles ») sur les gisements. Ce phénomène environnemental ne peut pas, au sens des sciences de gestion du risque, être considéré comme un évènement critique au sens strict, ce dernier étant récurrent et cyclique au même titre que les vagues de chaleur. Cependant, ce dernier est vécu comme tel. Une hypothèse pouvant expliquer ce paradoxe serait le caractère relativement soudain et massif que ce phénomène produit sur le potentiel de récolte des gisements.

## IV – SYSTÈME DE PRÉVENTION ET DE GESTION FACE AUX MORTALITÉS

---

La compréhension des causes biologiques des évènements de mortalité massive chez les coquillages représente un volume extrêmement conséquent de l’activité de recherche des sciences marines dans le monde. Ces recherches traversent l’ensemble des champs disciplinaire de l’écologie à la génétique et à la biologie moléculaire, aussi bien pour comprendre les mécanismes d’adaptation aux changements environnementaux que les dynamiques des épisodes de mortalité massive. Cependant, il existe une inadéquation entre le temps de la recherche et le temps économique des filières coquillères face aux crises sanitaires et zoo-sanitaires. En effet, le temps de la recherche est un temps long qui peut permettre de structurer des solutions de résilience à long terme, mais ne peut pas aisément répondre aux enjeux à très court terme auxquels les professionnels font face.

La vulnérabilité d’un socio-écosystème vient en partie du fait qu’il est basé sur un « bien commun » (Ostrom, 1990). Dans le cadre de l’exploitation des mollusques, la revue de la littérature met clairement en évidence que si un des principaux facteurs de vulnérabilité est d’origine environnementale, il existe peu de possibilités qui permettent de s’en prémunir soit parce qu’il est causé par des éléments incontrôlables directement (climat), soit parce qu’il engage un trop grand nombre d’acteurs (pollution d’origine anthropique). Cependant, dans le cadre de la gestion des socio-écosystèmes, il a été démontré que la résilience du système dans son ensemble peut être améliorée en appuyant les efforts sur la vulnérabilité socio-économique.

Ainsi, le développement d’un système de prévention et de gestion face aux mortalités a pour objectif de réduire la vulnérabilité socio-économique des pêcheurs à pied de coques en augmentant leur capacité à faire face à aux mortalités. Leur vulnérabilité dépendra alors de : la capacité à anticiper la survenue d’une mortalité, la capacité à s’adapter à l’existence des mortalités, la préparation de la population à faire face à l’urgence, le comportement de la population pendant la crise et la capacité à anticiper et à effectuer un retour à la normale dans les meilleurs délais.

### IV-1. Comment prévoir les mortalités ?

La plupart des pays producteurs de mollusques ont mis en place des dispositifs de surveillance et de prévention à différentes échelles afin d’anticiper les crises. Souvent, ces dispositifs ont été mis en place et structurés à la suite d’évènements critiques.

En Hauts-de-France, l’étude des causes de mortalité de la coque a permis de dégager plusieurs facteurs qui pourraient permettre d’anticiper l’arrivée de mortalités.

## IV-1.1. Expériences passées

D'après Riera (2020 - Annexe 3), en France, plusieurs réseaux ont été mis en place pour les coquillages, que ce soit dans un objectif de protection de la santé humaine (REMI, REPHY, ROCCH), pour mieux comprendre les mortalités de ceux-ci ou pour pouvoir prévenir l'introduction et la propagation d'agents pathogènes et ainsi prévenir les événements qui pourraient fragiliser les filières économiques (REPAMO).

Concernant les mortalités massives de coquillages d'élevages et de l'huître creuse *Crassostrea gigas* en particulier, le réseau d'observations conchylicoles RESCO (ex-observatoire conchylicole) a été mis en place en 2009. La mise en œuvre de ce réseau d'observations correspond au suivi, sur des sites-ateliers disposés sur les principaux bassins ostréicoles, des performances de survie et de croissance de lots sentinelles de *Crassostrea gigas*. Les données de ce réseau pourront permettre de connaître l'évolution spatio-temporelle des épisodes de mortalité observés in situ, à partir de différents descripteurs physiologiques, environnementaux et zoo-sanitaires impliqués dans la survenue du phénomène.

Parallèlement au suivi des performances conchylicoles, des descripteurs physiologiques (ponte, indice de condition, maturation) sont acquis sur ces lots sentinelles et alimentent plus particulièrement le réseau VELYGER implanté sur cinq sites-ateliers communs aux sites RESCO (Fleury & Bedier 2013). Les réseaux comme VELYGER visent à modéliser les écosystèmes (Jarernpornnipat, 2003), ce qui peut permettre de comprendre, suivre et éventuellement anticiper les dynamiques de populations remplaçant certains épisodes de chute brutale de stocks dans des cycles plus longs de types pluriannuels.

## IV-1.2. Cas de la coque en Hauts-de-France

### Mise en place d'un système d'observation des mortalités

Le système d'observation des mortalités par le biais de fiches normalisées mis en place par Meirland *et al.* (2022 - Annexe 4) dans le cadre du projet MOCOPREGE a permis d'observer des mortalités de coques, parfois de limiter leur impact sur les pêcheries lorsque les observations avaient lieu en début de mortalité et qu'il était encore temps d'agir et d'essayer de mieux comprendre leurs causes. Il y a eu un différentiel de complétude des fiches selon les circonstances, mais l'élément le plus important, le report de la mortalité, a été bien fait.

### Suivi du littoral en période de bloom phytoplanctonique

Durant la période du projet, Meirland *et al.* (2022 - Annexe 4) ont suivi l'évolution du littoral, et plus particulièrement du benthos, en période de bloom phytoplanctonique. Ils ont montré que le phénomène d'envasement s'est fait progressivement et a entraîné des mortalités localisées. Ce suivi permet d'être vigilant à la survenue de certaines mortalités.

### Veille sur les conditions météorologiques

Selon Meirland *et al.* (2022 - Annexe 4), les tempêtes hivernales et les chaleurs estivales semblent pouvoir causer des mortalités sur les gisements de coques de la région. Un suivi des conditions météorologiques pourrait donc permettre de prévoir certaines mortalités. Les mortalités printanières sont, quant à elles, plus difficiles à expliquer et donc à prévoir.

### Suivi des densités de coques

Selon Parada & Molares (2008), la mortalité des coques augmenterait à partir d'une densité de 500-600 individus/m<sup>2</sup>. Un suivi de la densité permettrait alors d'anticiper les potentielles périodes critiques pour les populations de coques.



## L'observation de la vitalité de la coque



Figure 22 : Montage d'une coque sur les crochets nécessaires au test d'étirement des muscles ©GEMEL

Si la vitalité de la coque est observée et mesurée, elle peut permettre d'anticiper un épisode de mortalité massif de la population voire de l'éviter. Rocroy & Prevost (2021 - Annexe 11) ont réalisé des tests afin de trouver des indicateurs physiologiques et comportementaux pour diagnostiquer l'état de vitalité des coques et ainsi estimer leurs probabilités de survie face à des facteurs de stress (Figure 22). Les paramètres suivants ont été testés : temps d'enfouissement, force musculaire d'adduction intervalvaire, force de compression, indice de conditions.

Les tests réalisés ne permettent pas de mettre en évidence un ou des paramètres qui pourraient indiquer d'une mortalité à venir ou en cours.

Par ailleurs, De Montaudouin *et al.* (2021) ont montré qu'un suivi fin des quatre premiers mois d'une cohorte de coques pouvait prédire la durée de vie et l'état d'une cohorte donnée.

## IV-2. Quelle gestion face aux mortalités ?

Si les réseaux de surveillance montrent une certaine efficacité quant à la protection du consommateur, les études montrent que la vulnérabilité de la profession n'a pas évolué, les dispositifs de protection n'étant pour leur part pas particulièrement efficaces.

Des pêcheurs à pied professionnels essaient tout de même d'agir pour limiter l'impact de ces mortalités sur leurs entreprises.

### IV-2.1. Expériences passées

Riera (2020 - Annexe 1) indique que trois types de gestion ressortent de la gestion des phénomènes de mortalités massives passées : les solutions législatives/politiques, les solutions techno-scientifiques et les solutions économiques.

#### **Solutions législatives/politiques**

Les solutions législatives font le lien entre les écosystèmes, dont l'expertise revient généralement aux sciences de la nature, et les socio-systèmes, qui appartiennent au domaine des sciences humaines et sociales. Les solutions politiques peuvent émaner à différentes échelles en fonction des organisations institutionnelles. Elles représentent le cadre qui permet au système de répondre à court, moyen et long terme aux perturbations. Mais elles sont aussi et surtout les instances décisionnelles qui, s'appuyant sur les expertises, doivent poser les actes qui permettront de sortir des situations critiques et d'assurer une durabilité des socio-écosystèmes.

En effet, ces actes constituent généralement la première réponse d'urgence dans le cadre d'une crise sanitaire (bloom d'algues toxiques, pollution, etc.) ou d'un épisode de mortalité massive, en lien avec les réseaux de surveillance. La ressource marine étant un bien commun, il revient aux services de l'état de gérer les ouvertures/fermetures d'exploitation ou les modifications de quota de pêche.

De plus en plus, les pratiques de gouvernance se basent sur le principe de la co-gouvernance où les confréries, les coopératives ou association de pêcheurs, avec le soutien actif des pouvoirs public et des organismes scientifiques, jouent un rôle prépondérant dans la gestion durable des pêcheries et le maintien des stocks (Berkes *et al.*, 2002 ; Jackley, 2016 ; Frangoudes *et al.*, 2008 ; Castrejón & Defeo, 2015).

### **Solutions techno-scientifiques**

Les solutions techno-scientifiques sont celles qui ont prédominé longtemps dans la gestion des périls dans le cadre des activités de conchyliculture, et notamment de l'ostréculture. De multiples crises pandémiques ont fragilisé les cheptels et la profession, ayant pour effet de structurer un système d'organisation et de relations autour des instances techno-scientifiques. Pour autant, ces organes de gouvernance n'ont pas réussi à véritablement résoudre la situation de crise endémique de la profession.

De plus, face à la problématique zoo-sanitaire, la réponse a principalement été technique, adaptée à la conchyliculture mais pas à la pêche. Cependant, une intervention possible dans le cadre de la gestion des crises sanitaires ou zoo-sanitaires est le déplacement et/ou l'extraction des stocks (surtout lorsqu'ils sont issus de la culture) des zones à risques en bassin protégé (« naturel » ou non), atelier d'épuration (Shumway, 1990 ; Fernández *et al.*, 2003 ; Askew, 2009) ou à des profondeurs où la concentration de la pollution nocive est minimale.

Par ailleurs, dans le processus de domestication d'une ressource, dans le cas d'une ressource dite encore « sauvage », l'étape suivante à l'évaluation du stock est son remplacement ou son soutien par des processus de ré-ensemencement (Guillotreau *et al.*, 2017).

### **Solutions économiques**

Le Bihan *et al.* (2007, 2012, 2018) ont montré, dans leurs différents travaux, les dynamiques d'auto-protection et de solidarité mises en place par les professionnels afin d'augmenter leur capacité à faire face aux crises sanitaires, qu'elles soient dues à des événements biologiques (épidémie, eutrophisation, bloom algal, etc.), climatiques (tempêtes) ou anthropogéniques (marées noires).

La première mesure importante d'auto-assurance contre les risques sanitaires est l'adaptation de l'organisation de l'entreprise se traduisant par des réserves financières suffisantes pour pouvoir faire face à d'éventuels dommages.

Dans le domaine de la récolte, les pêcheurs opteront soit pour la diversification des licences pour des espèces présentes sur un même territoire (différentes espèces de pêche à pied voire pêche embarquée), d'autres, tout en restant sur une pêche monospécifique, diversifieront les territoires en optant pour une posture de nomade saisonnier en fonction des ouvertures des sites de production (Gervasoni *et al.*, 2011).

Dans le domaine de l'élevage, certaines solutions existent mais n'ont pas encore été transposées à la pêche à pied professionnelle. Il s'agit notamment des aides mises en place par l'Etat dans le cadre des déclarations de catastrophe naturelle (mesures de compensation, allègement fiscal (Guillotreau *et al.*, 2017)) et de la déduction pour les aléas (DPA) permettant aux conchyliculteurs, soumis à un régime réel d'imposition et ayant souscrit à une assurance incendie et bateau, de constituer une épargne pouvant être utilisée pour faire face à divers aléas (climatiques, sanitaires). Cette épargne de précaution est encouragée grâce à la défiscalisation des résultats annuels des entreprises. Malheureusement, ces solutions seraient en réalité très peu employées par les conchyliculteurs du fait de la difficulté à classer un événement en catastrophe naturelle.

Dans le cadre des crises sanitaires ou zoo-sanitaires, il a été mis en évidence la nécessité absolue d'une maîtrise de la communication sur un événement par la centralisation de la diffusion de l'information par une seule agence (Shumway, 1990) afin d'éviter la diffusion d'informations fausses ou contradictoires qui viendraient alimenter tout un ensemble de rumeurs et de fantasmes quant aux risques liés à la consommation des coquillages. Les expériences passées ont montré le grand pouvoir délétère de cette absence de maîtrise lors de périodes critiques comme les crises environnementales ou sanitaires, d'autant que l'impact peut durer plusieurs mois après l'épisode lui-même.

Pour résumer, les quatre attributs clés par lesquels la gestion des systèmes marins peut soutenir avec succès la résilience sont :

- Embrasser l'incertitude et le changement (capacité d'innovation et d'utilisation des perturbations comme une opportunité) ;
- Construire des connaissances et comprendre la dynamique des ressources et des écosystèmes ;
- Développer des pratiques de gestion qui mesurent, interprètent et répondent au retour d'information écologique ;
- Soutenir les institutions et les réseaux sociaux dans les systèmes de gouvernance à plusieurs niveaux (Hughes *et al.*, 2005).

## IV-2.2. Cas de la coque en Hauts-de-France

### Développement d'une procédure d'urgence pour sauver la récolte

Selon Riera (2021 - Annexe 2), face à ces périls « naturels », les perceptions des pêcheurs convergent vers les mêmes représentations : « *on ne peut agir sur la nature* ». En parallèle, puisque l'évènement est vu comme inévitable, la position d'une grande partie de la communauté serait donc de « sauver » non plus la 'population des coques' (c'est-à-dire cet étant non-humain en tant qu'être vivant qu'il convient de maintenir dans une vision naturaliste, autant qu'il soit possible), mais la 'production' (c'est-à-dire, le même étant mais traduit par l'acte de pêche en acteur économique au bénéfice du pêcheur). En effet, les pêcheurs se considérant comme membres à part entière d'un système homme-coque-estuaire, ils n'ont pas de problème à intervenir dans la dynamique en cours. C'est pour cette raison que nombre d'entre eux suggèrent de récolter les coques, même celles à la limite de la maille, afin de « *sauver la récolte* » (et en sous-entendu, les sauver, eux). Ce point de vue n'est pas partagé par certains acteurs (majoritairement non-pêcheurs) qui restent attachés à la dimension naturaliste, basée sur la dichotomie nature/culture, qui induit une certaine forme de non-interventionnisme dans les dynamiques écosystémiques et donc s'opposent à la modification des règles qui régissent les relations de prédation entre l'homme et la coque, malgré l'identification du péril.

Une procédure d'urgence a tout de même été développée par le CRPMEM HDF, le GEMEL et la DDTM-DML du Pas-de-Calais et de la Somme en cas de mortalité massive de coques, afin de « sauver la récolte » (Figure 23). Son objectif est que les pêcheurs puissent récolter un maximum de coques avant qu'elles meurent, dans le respect de la réglementation en vigueur.

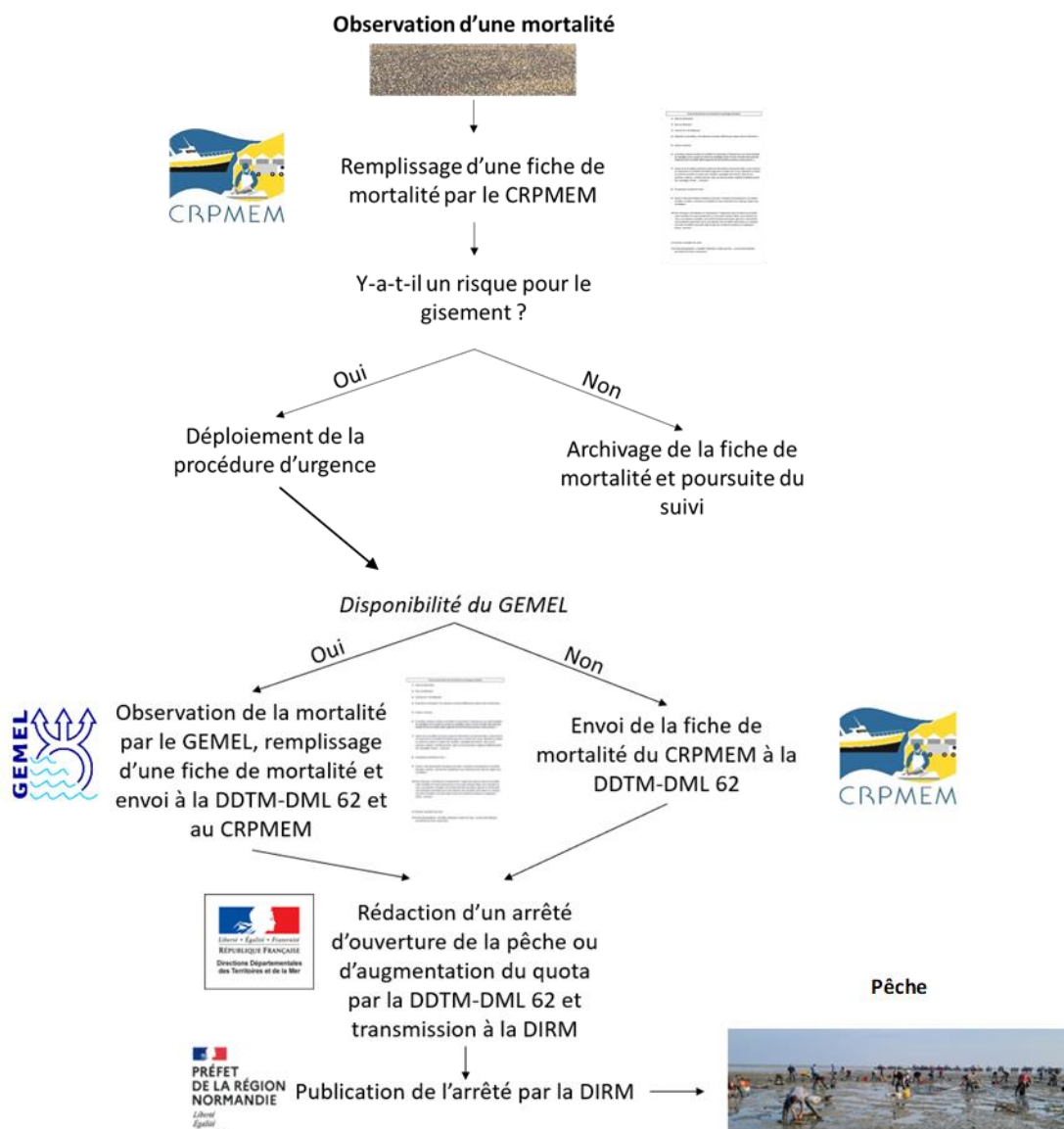


Figure 23 : Procédure à suivre en cas de mortalité de coques

### Possibilité de déplacement du gisement

Le déplacement d'un gisement de coques a été expérimenté il y a plusieurs dizaines d'années dans les Hauts-de-France, sans résultat probant. Selon les pêcheurs, ce test avait été réalisé sans réel protocole et les connaissances actuelles pourraient permettre d'envisager de meilleurs résultats.

### Adaptation des stratégies de pêche

La majorité des professionnels demande plus d'une licence, qu'ils s'en servent ou non : cela s'explique par le fait que certains pêcheurs se préparent aux épisodes de mortalité des espèces rentables. En effet, la coque et la moule sont deux bivalves définis comme rentables dans l'étude de Pollet (2021) et, de ce fait, d'autres licences sont obtenues pour assurer un revenu suffisant lors de mauvaises saisons de pêche. Ces licences peuvent concerner d'autres espèces dans la région ou les mêmes espèces rentables dans d'autres régions (Figure 24).

Parmi les licences obtenues et acceptées, des associations ont pu être mises en évidence. Ces associations sont les mêmes que celles qui ressortent des déclarations statistiques des pêcheurs. Cela permet d'expliquer certaines variations de quantités pêchées pour certaines espèces : en effet, lors d'une mauvaise saison de coques, les quantités déclarées de moules et de salicornes augmentent tout comme les quantités d'asters. Ce report de pêche est possible à condition de disposer d'autres licences et que d'autres ressources soient disponibles.

Certains pêcheurs possèdent également une autre activité professionnelle. En effet, 36 % des pêcheurs sont affiliés à l'ENIM. Ils pratiquent ou pratiquaient donc également un métier maritime (pêche maritime embarquée ou conchyliculture). Même si aucun chiffre précis n'existe, de nombreux pêcheurs à pied affiliés à la MSA possèdent également une autre activité professionnelle, entre autres pour palier un potentiel manque de ressource.

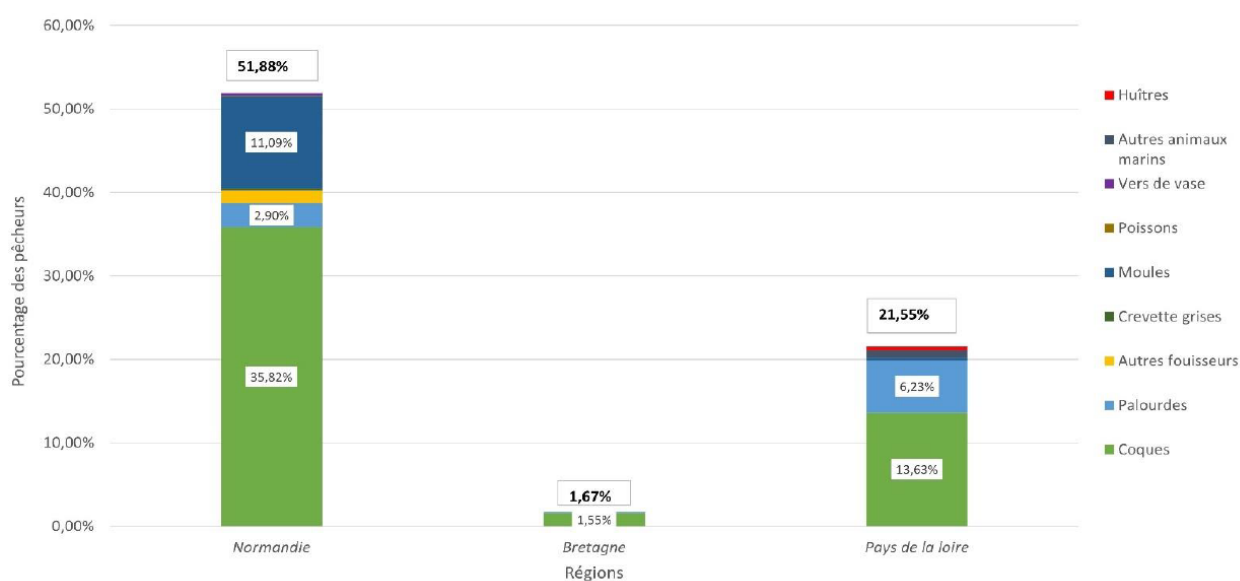


Figure 24 : Autres régions où les professionnels domiciliés dans les Hauts-de-France détiennent des licences de pêche à pied professionnelle durant la période d'étude (2013 à 2019 - Pollet, 2021)

### Meilleure valorisation de la ressource quand elle est présente

Une autre façon de faire face aux mortalités, sur un temps plus long, serait de mettre en place des solutions permettant d'avoir davantage de réserves financières. Pour cela, des pistes pour mieux valoriser la ressource lorsqu'elle est présente ont été évoquées durant les enquêtes auprès des pêcheurs.

La piste qui a été le plus souvent mise en avant est celle qui permettrait d'augmenter les revenus des pêcheurs en développant la possibilité de vente directe. En effet, actuellement, la quasi-totalité des coques sont vendues à des mareyeurs pour un prix moyen de 3€/kg et quittent la région. Or, la pêche à pied de la coque est devenue, depuis plusieurs décennies, un objet patrimonial, en particulier dans la commune du Crotoy où résident la majorité des pêcheurs de coques. En vente directe, le prix de la coque peut varier de 5-6€/kg à plus de 10€/kg. Il appartient à chaque pêcheur de choisir le circuit de vente de ses coques.

Une des contraintes principales à la mise en place de ce type d'activité, en dehors de l'adhésion des pêcheurs, est la qualité sanitaire des zones de production du littoral picard (classées en B) qui interdit toute vente directe en sortie de pêche. Pour rappel, les coquillages issus de zones B doivent être purifiés avant d'être mis en vente. Aussi, plusieurs pêcheurs ont insisté sur la nécessité de mettre en fonction une ou plusieurs installations qui permettent la purification des coquillages.

En effet, si certains ont des installations individuelles ou profitent de leur réseau personnel, notamment avec des conchyliculteurs, pour purifier une partie des coques qu'ils récoltent afin de les vendre directement, il s'agit d'une minorité de pêcheurs. L'hypothèse de la construction d'un centre d'épuration collectif a donc été présente dans de nombreux échanges au sein de la communauté picarde des hénnoniers. Cependant, une étude de faisabilité réalisée en 2020 par une poignée de pêcheur a permis de mettre en lumière que le niveau d'investissement et les contraintes opérationnelles rendent ce projet non viable économiquement. A ce jour, différents pêcheurs développent individuellement des solutions de purification de petite capacité pour leur activité.

La seconde piste mise en avant lors des enquêtes est le développement d'un label afin de mieux valoriser les coques et d'en obtenir un meilleur prix, en plus des marques déjà déposées par le CRPMEM HDF pour les coques. En effet, le CRPMEM a commencé depuis quelques années à réfléchir à la mise en place d'un label (qualité/producteur) qui permettrait d'identifier et de singulariser les coques qui passeraient par ce mode de circuit court.

## V – DISCUSSION

---

### V-1. Étude des mortalités de coques

Le projet MOCOPREGE s'est focalisé sur certains paramètres identifiés comme pouvant causer des mortalités, à savoir les agents pathogènes, les paramètres environnementaux et les dynamiques de population. L'étude anthropologique menée auprès des acteurs en lien avec la coque, et notamment les pêcheurs, a permis d'appuyer certaines hypothèses quant à des facteurs potentiels de mortalités ou d'en dégager des nouvelles. Ainsi, les mortalités liées à la prédation, aux polluants ou au changement climatique n'ont pas été approfondies, ce qui pourrait être une piste pour l'avenir.

Concernant les analyses liées aux agents pathogènes des coques, elles sont encore en cours à ce jour et seront finalisées fin 2022. Il s'agit notamment des analyses permettant de connaître les facteurs favorisant les maladies associées à *V. aestuarianus* chez les coques (identification, hiérarchisation et tests expérimentaux) ainsi que celles permettant de comprendre les caractéristiques et spécificités des isolats (bactéries prélevées) virulents envers les coques (phénotypage des isolats de coques).

L'analyse du lien entre les paramètres environnementaux et les mortalités issues de la littérature, réalisée par Devreker (2022 - Annexe 7), n'a pas permis d'identifier clairement un facteur unique qui aurait causé ces mortalités. Cela a mis en lumière que les réseaux nationaux d'observation sont mis en œuvre à une échelle trop imprécise pour pouvoir prévoir les mortalités. En effet, les zones où apparaissent les mortalités sont restreintes, il faudrait donc envisager un suivi plus fin localement des différents paramètres environnementaux.

Cependant, les facteurs ayant pu causer les mortalités observées durant le projet, identifiés dans l'étude des paramètres environnementaux réalisée par Meirland *et al.* (2022 - Annexe 4), semblent concorder avec les causes saisonnières mentionnées dans la littérature : l'hiver, les mortalités ne sont visiblement plus dues au froid mais aux tempêtes déchaussant les organismes benthiques ; au printemps, les mortalités demeurent inexplicables mais sont sans doute dues à un ensemble de facteurs ; l'été, elles sont toujours dues aux fortes chaleurs (peut-être sur plusieurs jours consécutifs).

Concernant les mortalités printanières, l'observation des données issues du projet EUROHAB ne permet pas de mettre en évidence de cause claire et unique, sur la base des trois paramètres étudiés que sont la turbidité, la biomasse phytoplanctonique et la présence de *Phaeocystis*. La turbidité semblerait être un paramètre mieux ajusté, même si l'échelle de travail d'EUROHAB rend difficile l'appréhension de phénomènes à une échelle plus fine. Par ailleurs, les paramètres étudiés ne sont pas renseignés dans les estuaires, ce qui rend leur interprétation compliquée à l'échelle d'un gisement.

Cette étude a également permis de mettre en cause d'importants travaux de déplacements de sédiments à l'origine de mortalités massives en baie d'Authie. Cela illustre parfaitement une notion de risque situé puisque si ces travaux ont constitué un événement critique pour les pêcheurs, ils avaient vocation à réduire un risque pour d'autres acteurs, celui de la submersion côtière.

Le phénomène d'envasement observé dans le cadre du suivi du littoral en période de bloom phytoplanctonique pourrait être issu de la dégradation du bloom de *Phaeocystis*, mais les informations issues d'EUROHAB montrent que d'autres blooms phytoplanctoniques importants pourraient également être en cause. Il semblerait qu'une modélisation spécifique du phénomène d'arrivée de vase printanière à l'échelle des baies picardes, couplée à des mesures d'anoxie du sédiment qu'elles entraînent et l'étude de leur lien avec les mortalités de coques, soit nécessaire à une meilleure compréhension du phénomène.

L'étude de la dynamique de populations des coques sur les différents gisements des Hauts-de-France n'a pas permis de dégager de pistes quant à un facteur qui causerait des mortalités, comme cela peut être indiqué dans la littérature ainsi que dans les discours des pêcheurs (densité maximum). En effet, aucune mortalité importante n'a eu lieu sur les points de prélèvement, la densité de coques dans les zones de mortalité est donc inconnue. Afin de vérifier si la densité peut être un facteur responsable de mortalités des coques dans les Hauts-de-France, il faudrait connaître les densités totales présentes sur les gisements lorsqu'il n'y a pas de mortalité mais aussi lorsqu'il y en a, en réalisant des prélèvements dédiés.

L'étude anthropologique a, quant à elle, montré que les pêcheurs identifient majoritairement, par expérience, des paramètres environnementaux comme responsables des mortalités, notamment un croisement entre les conditions météorologiques et marégraphiques (fortes chaleurs/mortes-eaux, fortes pluies/mortes-eaux). Ces observations ont été décrites en partie dans les conclusions des expériences scientifiques menées par Parada & Molares (2008) selon lesquelles une brutale augmentation de la température ou des précipitations (entraînant une baisse de la salinité) pourrait provoquer des mortalités importantes. Cependant, le lien à la marée (mortes-eaux) n'est pas décrit. Il serait donc intéressant de l'étudier plus en détail, d'autant plus qu'il s'agit d'un paramètre semblant ressortir de l'étude menée comme fragilisant les coques et qui donc, associé à d'autres paramètres, pourrait entraîner une mortalité.

Plusieurs facteurs semblent causer des mortalités. Cependant, certaines hypothèses nécessiteraient d'être approfondies. Il serait également intéressant de croiser les sources de mortalité entre elles car il semble y avoir des synergies : plusieurs facteurs affaiblissant les coques provoqueraient alors, ensemble, une mortalité.

## V-2. Comment prévoir les mortalités ?

### Importance des réseaux d'observation

Dans le but d'essayer de prévoir les mortalités de coquillages, la littérature décrit notamment la mise en place de réseaux d'observation.

Dans le cadre du projet MOCOPREGE, le système d'observation des mortalités mis en place a permis d'observer des mortalités de coques, parfois de limiter leur impact sur les pêcheries lorsque les observations avaient lieu en début de mortalité et qu'il était encore temps d'agir et d'essayer de mieux comprendre leurs causes. Il pourrait néanmoins être étendu à d'autres observateurs du littoral pour gagner en efficacité, notamment durant le printemps. A défaut de prévoir les mortalités, ce système permet d'identifier plus rapidement le début d'une mortalité et ainsi d'être davantage réactif.

Concernant le suivi du littoral en période de bloom phytoplanctonique, il serait intéressant de le poursuivre afin d'être vigilant à la survenue de mortalités localisées. De plus, identifier un paramètre corrélé à l'arrivée de ces blooms permettrait d'anticiper davantage une éventuelle mortalité via le suivi de ce paramètre.

Les autres réseaux en place s'étalent à une échelle trop grande pour pouvoir prévoir les mortalités. Par ailleurs, il serait intéressant de continuer à récolter de la donnée et de suivre les mortalités des coques à l'échelle régionale, voire nationale, car cela permettrait peut-être de replacer certains épisodes de chute brutale de stocks dans des cycles plus long de type pluriannuels grâce à une plus grande base de données, comme cela a été montré dans le cadre du réseau VELYGER.

### **Veille sur les conditions météorologiques**

Une veille régulière des conditions météorologiques (tempêtes en hiver et fortes chaleurs en été) pourrait permettre de prévoir certaines mortalités. Elle pourrait être limitée aux périodes hivernales et estivales afin d'être moins chronophage. Cependant, aucun chiffre précis n'a été trouvé concernant l'écart de température, le nombre de jours de chaleurs consécutifs, la force du vent, etc. pouvant provoquer les mortalités. Il serait intéressant d'étudier plus en détail ces phénomènes afin de pouvoir mieux les prévoir.

### **Suivi des densités de coques**

Des mesures de densité pourraient être réalisées aux endroits où il y a de la mortalité afin de savoir s'il y a également un seuil de mortalité dans les Hauts-de-France et de connaître sa valeur. En effet, un suivi mensuel des populations de coques étant réalisé par le GEMEL, les densités d'une population saine pourraient être comparées avec celles d'une population où une mortalité est en cours.

### **Potentiel des tests de vitalité de la coque**

Les tests concernant la vitalité de la coque, menés par le GEMEL, pourraient être approfondis afin de trouver un paramètre fiable pour mesurer la manifestation de la vitalité de la coque. Une fois des valeurs sûres obtenues quant aux coques saines, des tests sur des coques moribondes pourraient être conduits afin de comparer la variation de ce paramètre selon la vitalité de la coque. Des prélèvements réguliers permettraient alors de prédire les mortalités. D'après l'étude de De Montaudouin *et al.* (2021), ces tests pourraient se concentrer sur les quatre premiers mois des cohortes.

## V-3. Quelle gestion face aux mortalités ?

Les pêcheurs à pied professionnels qui dépendent directement de la ressource doivent posséder une certaine résilience pour faire face aux aléas de cette dernière. En considérant la population de pêcheurs comme un hologramme de la société dans son ensemble, elle est donc construite en plusieurs classes socio-économiques dans lesquelles se répartissent de manière inégalitaire les potentiels économiques et éducatifs pouvant permettre d'anticiper et de faire face aux périodes aléatoires de pénurie.

### V-3.1. Solutions d'urgence pour sauver la récolte

Lors de l'observation d'une mortalité importante, impactant une grande partie du gisement, la procédure d'urgence développée par le CRPMEM HDF, le GEMEL et la DDTM-DML du Pas-de-Calais et de la Somme consiste à sauver la récolte. Pour cela, la première action qui pourrait être mise en place serait l'ouverture en urgence de la zone de pêche ou l'augmentation du quota selon si le gisement est déjà ouvert ou non à la pêche. L'enjeu est alors d'avoir un délai minimum entre la signalisation de la mortalité et la parution de l'arrêté ouvrant une zone à la pêche ou augmentant le quota.

Le délai de rédaction de l'arrêté par la DDTM-DML puis la transmission à la DIRM pour signature et publication est incompressible. L'étape qui permettrait de gagner de temps dans la parution de l'arrêté serait la consultation du parc naturel marin. En effet, le parc naturel marin est actuellement consulté pour l'ouverture de la pêche à pied professionnelle des coques sur les sites Natura 2000 dans l'attente de la réalisation de l'étude d'incidence de l'activité de pêche sur ces sites. Des discussions sont en cours à ce sujet pour simplifier la procédure administrative notamment lors de mortalités massives de coquillages.



Selon la cause de la mortalité massive, un déplacement du gisement pourrait être envisageable si les coques sont de taille inférieure à la taille minimale de capture. Cependant, dans les Hauts-de-France, l'approche non interventionniste reste ancrée au sein des institutions, ne permettant pas un déplacement du gisement pourtant approuvé par la majorité des pêcheurs. De plus, cette pratique est risquée et ne doit pas être déployée s'il y a un doute sur la présence d'agents infectieux car cela contaminerait un autre secteur.

## V-3.2. Solutions sur du long-terme

### **Prévoir une possibilité de report d'activité**

Face à la fluctuation de la ressource en coques, les pêcheurs s'organisent. Ils prévoient notamment, individuellement, la possibilité d'un report d'activité. Certaines solutions évoquées par Gervasoni *et al.* (2011) dans la littérature ont été observées dans le cadre de la mortalité des coques des Hauts-de-France. En effet, l'étude de Pollet (2021) a mis en avant que des stratégies semblent être déployées par certains pêcheurs en prévision du manque de ressource. Il s'agit notamment de la demande et de l'obtention de licences de secours en pêche à pied ou de la pratique d'autres activités professionnelles que la pêche à pied. Les pêcheurs pourraient être davantage sensibilisés à ces stratégies.

### **Mieux valoriser la ressource quand elle est présente**

Une autre façon de faire face aux mortalités, sur un temps plus long, consiste à mieux valoriser la ressource lorsqu'elle est présente afin d'augmenter les réserves financières des pêcheurs.

La vente directe des coques des Hauts-de-France nécessitant actuellement une purification préalable des coquillages et un projet de centre de purification collectif n'étant pas viable économiquement, le CRPMEM HDF accompagne actuellement les pêcheurs dans l'installation d'unités de purifications individuelles.

Le développement d'une certification permettrait, quant à lui, de mieux valoriser les coques et d'en obtenir un meilleur prix. Les marques collectives pour les coques étant créées, il est nécessaire de mettre en place une bonne communication afin de les faire connaître et reconnaître. La mise en place d'un label est également envisagée. Cependant, si un label qualité peut constituer de prime abord un avantage concurrentiel, il peut tout autant être une « mauvaise bonne idée ». En effet, l'obtention d'un label qualité répond à la normalisation d'une pratique selon un cahier des charges strict préétabli par l'organisme détenteur. L'obtention et le maintien du label induit donc l'intégration de nouveaux acteurs qui modifieront les liens préexistants. En premier lieu, ce nouveau lien de subordination prendra la forme d'une transaction financière entre l'organisme labellisateur et le collectif dont la pratique sera labellisée. Cette obligation relationnelle nécessitera que le collectif désirent disposer de ce dispositif d'intéressement s'organise au sein d'une structure légale qui permette la relation de ce lien contractuel entre les nouveaux acteurs. Au-delà de cette contrainte institutionnelle, ce collectif devra s'assurer que l'intéressement généré par le label augmente effectivement le revenu individuel des membres du collectif ainsi structuré. Et cet aspect est loin d'être évident. Par ailleurs, à côté de cet aspect, la pérennité du label nécessite des contrôles réguliers de conformité au cahier des charges. Cette partie de la relation est réalisée par l'organisme labellisateur moyennant rétribution. Le montant demandé dans ce cadre peut s'avérer nettement supérieur à la plus-value commerciale qu'il est censé apporter. C'est l'amer constat que les pêcheries de coques du Burry Inlet and Three Rivers aux Pays de Galles ont fait en s'engageant dans une labellisation MSC (Murray & Tarrant, 2015). S'engager dans cette voie nécessiterait donc l'organisation préalable d'un réseau d'acteurs (membres de la filière, territoires, institutions, etc.) qui puisse soutenir la démarche et garantir sa pérennité.

### **Structurer un réseau d'acteur autour de la coque**

Une autre piste serait le développement de dispositifs de protection juridique et économique des pêcheurs en lien avec la ressource. Ces derniers pourraient notamment s'appuyer sur l'évaluation de la ressource ainsi que sur l'évaluation des services écosystémiques que la coque génère au sein du territoire. Ces dispositifs constitueraient des outils de résilience puissants lorsque la ressource est menacée, comme ce fut le cas avec les travaux de déplacement de sédiments dans la baie d'Authie. A titre d'exemple, un service écosystémique possible serait l'évaluation de la dimension historico-culturelle/identitaire d'un territoire en lien avec la coque (ch'té hénons/enfants de la Baie) (Carss *et al.*, 2020).

Au-delà de l'alimentation de ces dispositifs, l'évaluation des services écosystémiques, parmi d'autres approches transverses, aurait un effet structurant pour le réseau d'acteurs afin qu'il s'entende au-delà des intérêts marchands de la « simple » production de la coque. Cela permettrait d'ancrer, sans verser dans un biais folkloriste, la pratique de la pêche aux hénons en rendant ses acteurs plus visibles pour les autres communautés professionnelles, économiques ou politiques.

L'objectif central, pour développer les potentiels de résilience, est d'élargir le réseau d'acteurs. A ce titre, la rencontre des acteurs du territoire et l'élaboration d'un plan d'action à l'horizon 2030 par le CRPMEM sont pertinentes.

### **Du soutien de gisement post-mortalité**

Au-delà de se préparer à un épisode de mortalité ou d'y faire face lorsqu'il survient, un soutien au gisement en place pourrait être mis en œuvre à la suite d'une mortalité via du réensemencement. Cette option n'a jamais été explorée dans les Hauts-de-France à ce jour mais pourrait constituer une piste à explorer dans le cas où les gisements ne se régénèreraient pas.

## CONCLUSION

---

Le projet MOCOPREGE a permis de réaliser un état de l'art et une étude sur les causes de mortalité de la coque ainsi que sur les systèmes de prévention et de gestion existants ou à développer.

L'étude des causes de mortalités s'est focalisée sur certains paramètres, tous ceux identifiés dans la littérature n'ont donc pas pu être approfondis. Elle n'a pas permis de démontrer scientifiquement de lien clair entre les mortalités et les paramètres étudiés : les agents pathogènes, les paramètres environnementaux ou les dynamiques de population. Cependant, les observations réalisées semblent lier les mortalités à des tempêtes hivernales, des chaleurs estivales ou des travaux de déplacement de sédiments. Les mortalités printanières demeurent, quant à elles, inexpliquées. Il semblerait qu'une modélisation spécifique du phénomène d'arrivée de vase printanière à l'échelle des baies picardes, couplée à des mesures d'anoxie du sédiment qu'elles entraînent et l'étude de leur lien avec les mortalités de coques, soit nécessaire à une meilleure compréhension du phénomène. Certaines hypothèses concernant les causes de mortalité nécessiteraient d'être approfondies (densité, période de fraie, lien avec les mortes-eaux, impact de l'arrivée de vase, valeurs seuils, etc.). Il serait également intéressant de croiser les sources de mortalité entre elles car il semble y avoir des synergies : plusieurs facteurs affaiblissant les coques provoqueraient alors, ensemble, une mortalité. Mieux comprendre les causes de ces mortalités permettra de mieux les prévenir.

Actuellement, la survenue d'une mortalité en été ou en hiver peut potentiellement être prévue grâce à la veille sur les conditions météorologiques. Cependant, aucun chiffre précis n'a été trouvé concernant l'écart de température, le nombre de jours de chaleurs consécutifs, la force du vent, etc. pouvant provoquer les mortalités. Il serait donc intéressant d'étudier plus en détail ces phénomènes afin de pouvoir mieux les prévoir. Au printemps, certaines mortalités localisées peuvent être prévues via le suivi des blooms phytoplanctoniques. Le réseau d'observation des mortalités développé dans le cadre de ce projet permet, quant à lui, de prévoir l'évolution de la mortalité une fois qu'elle est là. Ce réseau pourrait être étendu à d'autres observateurs du littoral pour gagner en efficacité, notamment durant le printemps. D'autres mortalités pourraient être prévues grâce au suivi des densités et de la vitalité de la coque qui constituent des pistes intéressantes à creuser. Au-delà de systèmes de prévention efficaces, une gestion des gisements et des entreprises de pêche à pied professionnelle devrait être mise en place pour faire face aux mortalités.

Deux types d'actions permettent de mieux faire face aux mortalités : l'augmentation du potentiel de résilience du socio-écosystème sur le long terme et la solution d'urgence lorsque la mortalité apparaît. Ces solutions peuvent concerner l'ensemble de la pêcherie ou les pêcheurs de manière individuelle. Les solutions sur du long terme comprennent une possibilité de report d'activité en pêche à pied (d'autres ressources ou d'autres régions) ou sur une autre activité, une meilleure valorisation de la coque mais aussi la structuration d'un réseau d'acteurs. Les solutions d'urgence, concernant l'ensemble de la pêcherie, peuvent être de nature non interventionniste (modification des procédures institutionnelles permettant une pêche intense avant que tout meurt) ou interventionniste (déplacement du gisement). Une restauration du gisement via du réensemencement pourrait également être envisagée dans certains cas post-mortalité.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- André C. and Rosenberg R., 1991. Adult–larval interactions in the suspension-feeding bivalves *Cerastoderma edule* and *Mya arenaria*. *Marine Ecology Progress Series* 71, 227–234.
- André C., Jonsson P.R., Lindegarth M., 1993. Predation on settling bivalve larvae by benthic suspension feeders : the role of hydrodynamics and larval behaviour. *Marine Ecology Progress Series* 97, 183–192.
- Askew C., 2009. Legislation, regulation and public confidence in shellfish, in Shumway S.E., Rodrick G.E. (Eds) *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Shellfish Safety and Quality*, Woodhead Publishing, pp. 455-473, DOI : 10.1533/9781845695576.4.455.
- Baggerman B., 1954. Spatfall and Transport of *Cardium edule* L. *Archives Néerlandaises de Zoologie* 10, 315–342. <https://doi.org/10.1163/036551653X00042>
- Bellamy E., Lefebvre A., Mahé K., de Rafélis M., 2009. Croissance de la coque (*Cerastoderma edule*) en baie de Somme. *Morphométrie et marquage* (No. RST/LER.BL/09.04). IFREMER, Boulogne-sur-Mer (France).
- Beniston M., Stephenson D.B., Christensen O.B., Ferro C.A.T., Frei C., Goyette S., Halsnaes K., Holt T., Jylhä K., Koffi B., Palutikof J., Schöll R., Semmler T., Woth K., 2007. Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections. *Climatic Change* 81, 71–95. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9226-z>
- Berkes F., Colding J., Folke C., 2002. *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. DOI : 10.1017/cbo9780511541957
- Beukema J.J. and Dekker R., 2005. Decline of recruitment success in cockles and other bivalves in the Wadden Sea: possible role of climate change, predation on postlarvae and fisheries. *Marine Ecology Progress Series* 287, 149–167.
- Beukema J.J. and Dekker R., 2006. Annual cockle *Cerastoderma edule* production in the Wadden Sea usually fails to sustain both wintering birds and a commercial fishery. *Marine Ecology Progress Series* 309, 189–204.
- Birkmann B., 2006. *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies*, United Nations University Press. 720 p.
- Borgsteede F.H.M., Van Den Broek E., Swennen C., 1988. Helminth parasites of the digestive tract of the oystercatcher, *Haematopus ostralegus*, in the Wadden Sea, The Netherlands. *Netherlands Journal of Sea Research* 22, 171–174.
- Boyden C.R., 1972. Relationship of Size to Age in the Cockles *Cerastoderma Edule* and *C. Glaucum* from the River Crouch Estuary, Essex. *Journal of Conchology* 27, 475–489.
- Bryant D.M., 1979. Effects of prey density and site character on estuary usage by overwintering waders (Charadrii). *Estuarine, Coastal and Marine Science* 9, 369–384.
- Cadee G.C., 1994. Eider, shelduck, and other predators, the main producers of shell fragments in the Wadden Sea: palaeoecological implications. *Palaeontology* 37, 181–202.

- Carrasco N., Hine P.M., Durfort M., Andree K.B., Malchus N., Lacuesta B., González M., Roque A., Rodgers C., Furones M.D., 2013. *Marteilia cochillia* sp. nov., a new *Marteilia* species affecting the edible cockle *Cerastoderma edule* in European waters. *Aquaculture* 412–413, 223–230. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.07.027>
- Carss D. N., Brito A. C., Chainho P., Ciutat A., de Montaudouin X., Otero R. M. F., Jones L., 2020. Ecosystem services provided by a non-cultured shellfish species : The common cockle *Cerastoderma edule*. *Marine Environmental Research*, 158, 104931.
- Castrejón M. and Defeo O., 2015. Co-governance of small-scale shellfisheries in Latin America : the role of institutional adaptive capacity to cope with climatic and human drivers of change. In : Jentoft, S., Chuenpagdee, R. (Eds.), *Governing the governance of small-scale s fisheries*, vol. 13. Springer, New York, pp. 605–625, MARE Publication Series.
- Chícharo L. and Chícharo M.A., 2001. Effects of environmental conditions on planktonic abundances, benthic recruitment and growth rates of the bivalve mollusc *Ruditapes decussatus* in a Portuguese coastal lagoon. *Fisheries Research* 53, 235–250. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00290-3](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00290-3)
- De Montaudouin X. and Bachelet G., 1996. Experimental evidence of complex interactions between biotic and abiotic factors in the dynamics of an intertidal population of the bivalve *Cerastoderma edule*. *Oceanologica Acta* 19, 449–463.
- De Montaudouin X., Grimault S., Grandpierre M., Garenne A., 2021. Juvenile growth deficit as an early alert of cockle *Cerastoderma edule* mortality. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES*. Vol. 679 : 85–99. <https://doi.org/10.3354/meps13892>
- De Sherbinin A., Schiller A., Pulsipher A., 2007. The vulnerability of global cities to climate hazards. *Environ Urban*, pp.19-39.
- De Vlas J., 1979. Annual food intake by plaice and flounder in a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea, with special reference to consumption of regenerating parts of macrobenthic prey. *Netherlands Journal of Sea Research* 13, 117–153.
- Dekinga A. and Piersma T., 1993 Reconstructing diet composition on the basis of faeces in a mollusc-eating wader, the knot *Calidris canutus* . *Bird Study* 40, 144–156.
- Desprez M., Rybarczyk H., Wilson J.G., Ducrotoy J.-P., Sueur F., Olivesi R., Elkaim B., 1992. Biological impact of eutrophication in the bay of somme and the induction and impact of anoxia. *Netherlands Journal of Sea Research, Proceedings of the 26th European Marine Biology Symposium Biological Effects of Disturbances on Estuarine and Coastal Marine Environments* 30, 149–159. [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(92\)90054-I](https://doi.org/10.1016/0077-7579(92)90054-I)
- Desprez M., Ducrotoy J.-P., Elkaim B., 1987. Crise de la production des coques (*Cerastoderma edule*) en baie de Somme. 1. Synthèse des connaissances biologiques. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* 49, 215–230.
- Devreker D. and Lefebvre A., 2021. Résultats de la mise en oeuvre des réseaux REPHY (Réseau Phytoplancton et Phycotoxines) et SRN (Suivi Régional des Nutriments). Zones côtières de la Manche orientale et de la baie sud de la Mer du Nord. Bilan de l'année 2020. ODE/LITTORAL/LER.BL/21.10. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00718/82997/>
- Drinan R.E., 1957. The winter feeding of the oystercatcher (*Haematopus ostralegus*) on the edible cockle (*Cardium edule*). *Journal of Animal Ecology* 26, 441–469.
- Ducrotoy J.-P., Rybarczyk H., Desprez M., 1992. Approche de la dynamique de la matière organique dans un estuaire macrotidal : la baie de Somme. France (Rapport pour le Conseil Régional de Picardie No. 1), *Rapports Scientifiques du G.E.M.E.L. GEMEL, Saint-Valery-sur-Somme (France)*.

- Elliott M., 1979. Studies on the Production Ecology of Several Mollusc Species in the Estuarine Firth of Forth. PhD thesis. University of Stirling, UK. Available
- Elliott M. and de Jonge V.N., 2002. The management of nutrients and potential eutrophication in estuaries and other restricted water bodies. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1023/A:1020372316420>
- Evans S., 1977. Growth, production, and biomass release of a non-stable population of *Cardium edule* L. (*Bivalvia*). *Zoon* 5, 133–141.
- Fernández M. L., Shumway S., Blanco J., 2003. Management of shellfish resources, in Hallegraeff G.M., Anderson D.M., Cembella A.D. (Eds), *Manual on Harmful Marine Microalgae*, Unesco Publishing, pp 657- 692
- Flcury E. and Bedier E., 2013. RESCO - REseau d'Observations Conchylicoles : Campagne 2012. RST/LER/MPL-2013 09, 98p., <https://archimer.ifremer.fr/doc/00142/25346/>
- Frangoudes K., Pintos B., Pascual-Fernandez J., 2008. From open access to co-governance and conservation: The case of women shellfish collectors in Galicia (Spain), *Marine Policy*, 32, pp. 223–232
- Franklin A., 1972. The cockle and its fisheries. Ministry of Agriculture Fisheries and Food, Fisheries Laboratory, Burnham on Crough, Essex.
- Franklin A. and Pickett G.D., 1978. Studies on the indirect effects of fishing on stocks of cockles, *Cardium edule*, in the Thames Estuary and Wash. Great Britain Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- Garcia C., Mesnil A., Tourbiez D., Moussa Pouly M., Dubreuil C., Gonçalves De Sa A., Chollet B., Godfrin Y., Dégremont L., Serpin D., Travers M.A., 2021. *Vibrio aestuarianus* subsp. *cardii* subsp. nov., pathogenic to the edible cockles *Cerastoderma edule* in France, and establishment of *Vibrio aestuarianus* subsp. *aestuarianus* subsp. nov. and *Vibrio aestuarianus* subsp. *francensis* subsp. nov. *International Journal Of Systematic And Evolutionary Microbiology*, 71(2), 004654 (10p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004654>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00677/78893/>
- Gervasoni E., Perignon A., Sourisseau E., Rey-Valette H., Lagarde F., Perez J., Yimam E., Feldman N., 2011. Monographie - La conchyliculture en Méditerranée, 29 p.
- Gray J.S., Wu R.S., Or Y.Y., 2002. Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. *Marine Ecology Progress Series* 238, 249–279. <https://doi.org/10.3354/meps238249>
- Guillotreau P., Allison E. H., Bundy A., Cooley S. R., Defeo O., Le Bihan V., Pardo S., Perry R., Santopietro G., Seki T., 2017. A comparative appraisal of the resilience of marine social-ecological systems to mass mortalities of bivalves. *Ecology and Society* 22, DOI: 10.5751/ES-09084-220146
- Guillou J., Bachelet G., Desprez M., Ducrottoy J.-P., Madani I., Rybarczyk H., Sauriau P.-G., Sylvand B., Elkaim B., Glermarec M., 1990. Les modalités de la reproduction de la coque (*Cerastoderma edule*) sur le littoral français de la Manche et de l'Atlantique. *Aquat. Living Resour.* 3, 29–41. <https://doi.org/10.1051/alr:1990003>
- Hallegatte S., 2014. Economic resilience: definition and measurement. World Bank Policy Research Working Paper 6852. World Bank, Washington, D.C., USA. [online] URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/350411468149663792/pdf/WPS6852.pdf>
- Hancock D.A., 1967. Growth and Mesh Selection in the Edible Cockle (*Cardium edule* L.). *Journal of Applied Ecology* 4, 137–157. <https://doi.org/10.2307/2401414>

- Hancock D.A., 1973. The relationship between stock and recruitment in exploited invertebrates. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. perm. int. Explor. Mer.* 164, 113–131.
- Hancock D.A. and Franklin, A., 1972. Seasonal Changes in the Condition of the Edible Cockle (*Cardium edule* L.). *Journal of Applied Ecology* 9, 567–579. <https://doi.org/10.2307/2402454>
- Hancock D.A. and Urquhart A.E., 1965. The determination of natural mortality and its causes in an exploited population of cockles (*Cardium edule* L.) *Fishery Invest. Lond. Ser. 2* 24, 1–40.
- Holling C. S., 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, pp. 1-23. DOI: 10.1146/annurev.es.04.110173.000245
- Honkoop P.J.C and Van Der Meer J., 1998. Experimentally induced effects of water temperature and immersion time on reproductive output of bivalves in the Wadden Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Volume 220, Issue 2. Pages 227-246. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(97\)00107-X](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(97)00107-X)
- Hughes T. P., Bellwood D. R., Folke C., Steneck R. S., Wilson J., 2005. New paradigms for supporting the resilience of marine ecosystems. *Trends in ecology & evolution*, 20(7), 380-386.
- Jackley J., Gardner L., Djunaedi A. F., Salomon.A.K., 2016. Ancient clam gardens, traditional management portfolios, and the resilience of coupled human-ocean systems. *Ecology and Society* 21(4):20. , DOI: 10.5751/ES-08747-210420
- Jarernpornnipat A., Pedersen O., Jensen K.R., Boromthanasat S., Vongvisessomjai S., Choncheanchob P., 2003. Sustainable management of shellfish resources in Bandon Bay, Gulf of Thailand. *Journal of Coastal Conservation* 9, pp. 135-146
- Jensen K.T., 1993. Density-dependent growth in cockles (*Cerastoderma edule*): evidence from interannual comparisons. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 73, 333–342. <https://doi.org/10.1017/S0025315400032896>
- Jensen K.T. and Jensen J.N., 1985. The importance of some epibenthic predators on the density of juvenile benthic macrofauna in the Danish Wadden Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 89, 157–174.
- Johnstone I. and Norris K., 2000. Not all oystercatchers *Haematopus ostralegus* select the most profitable common cockles *Cerastoderma edule*: a difference between feeding methods. *Ardea* 88, 137–153.
- Kajitani Y. and Tatano H., 2009. Estimation of lifeline resilience factors based on surveys of Japanese industries. *Earthquake Spectra*, 25(4), 755-776.
- Kamermans P., 1993. Food limitation in cockles (*Cerastoderma edule* (L.)): Influences of location on tidal flat and of nearby presence of mussel beds. *Netherlands Journal of Sea Research* 31, 71–81. [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(93\)90019-O](https://doi.org/10.1016/0077-7579(93)90019-O)
- Kingston P., 1974. Some Observations on the Effects of Temperature and Salinity Upon the Growth of *Cardium Edule* and *Cardium Glaucum* Larvae in the Laboratory. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 54, 309–317. <https://doi.org/10.1017/S0025315400058562>
- Kristensen I., 1958. Differences in Density and Growth in a Cockle Population in the Dutch Wadden Sea. *Archives Néerlandaises de Zoologie* 12, 351–453. <https://doi.org/10.1163/036551658X00038>
- Lafite R., 1986. Etude sédimentologique de la baie de Somme.
- Lancelot C., Billen G., Sournia A., Weisse T., Colijin F., Veldhuis M.J.W., Davies A. & P. Wassman, 1987. Phaeocystis blooms and nutrient enrichment in the continental coastal zones of the North Sea. *AMBIO.*, 16 (1) : 38-46.

- Lancelot C. and Rousseau V., 1994. Ecology of Phaeocystis : the key role of colony forms The Haptophyte Algae. Green J.C. & B.S.C. Leadbeater eds., Clarendon Press, Oxford. The Systematics Association, Special volume N°. 51, pp. 229-245.
- Le Bihan V., Pardo S., Perraudeau Y., 2007. La gestion globale des risques en conchyliculture. Rapport pour l'Observatoire des pêches et des cultures marines du golfe de Gascogne, AGLIA.
- Le Bihan V. and Pardo S., 2012. La couverture des risques en aquaculture. Une réflexion sur le cas de la conchyliculture en France, *Économie rurale* [En ligne], n° 329 | mai-juin, mis en ligne le 30 mai 2014, consulté le 19 avril 2019. <http://journals.openedition.org/economierurale/3419>, DOI :10.4000/economierurale.3419
- Le Bihan V., Catalo M., Le Bihan J., 2018. Reorganization of the value chain activities of oyster companies on the Atlantic coast following health crises in France (2006–2013), *Marine Policy*, DOI: 10.1016/j.marpol.2018.05.013
- Lefebvre A. and Delpech J.P., 2004. Le bloom de Phaeocystis en Manche orientale : Nuisances socio-économiques et / ou écologiques ? 36 p. <http://www.ifremer.fr/envlit/documentation/documents.htm>
- Longshaw M. and Malham S., 2015. A review of the infectious agents, parasites, pathogens and commensals of European cockles (*Cerastoderma edule* and *C.glaucum*). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 93, 227–247.
- Magalhaes L., Freitas R., De Montaudouin X., 2016. Cockle population dynamics : recruitment predicts adult biomass, note the inverse. *Marine Biology*. 163 (1).
- Malham S.K., Hutchinson T.H., Longshaw M., 2012. A review of the biology of European cockles (*Cerastoderma* spp.). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 92, 1563–1577. <https://doi.org/10.1017/S0025315412000355>
- Marcogliese D.J., 2008. The impact of climate change on the parasites and infectious diseases of aquatic animals. *Rev. - Off. Int. Epizoot.* 27, 467–484.
- Mascaró M. and Seed R., 2000a. Foraging behavior of *Carcinus maenas* (L.): comparisons of size-selective predation on four species of bivalve prey. *Journal of Shellfish Research* 19, 283–291.
- Mascaró M. and Seed R., 2000b. Foraging behavior of *Carcinus maenas* (L.): species-selective predation among four bivalve prey. *Journal of Shellfish Research* 19, 293–300.
- McLusky D.S. and Elliott M., 2004. *The Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats and Management*, Third Edition. ed. Oxford University Press, Oxford, New York.
- Meirland A., Beck F., Bouyer H., De Cubber L., Isler M.-L., Ricard M., 2017. Rapport final de diagnostic LIFE Pêche à pied de loisir « Expérimentation pour une gestion concertée et durable de la pêche à pied de loisir ». Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale, Agence Française pour la Biodiversité– LIFE PAPL, Boulogne-sur-Mer, France
- Morgan E., O' Riordan R.M., Culloty S.C., 2013. Climate change impacts on potential recruitment in an ecosystem engineer. *Ecol Evol* 3, 581–594. <https://doi.org/10.1002/ece3.419>
- Mouritsen K.N. and Poulin R., 2003. The risk of being at the top: foot-cropping in the New Zealand cockle *Austrovenus stutchburyi*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 83, 497–498.
- Murray F. and Tarrant P., 2015. A social and economic impact assessment of cockle mortality in the Burry Inlet and Three Rivers cockle fisheries, South Wales UK, Project Code: SEA-1109, Final Report, Welsh Government Marine and Fisheries Division, 116 p.



- Norris K., 1999. A trade-off between energy intake and exposure to parasites in oystercatchers feeding on a bivalve mollusc. *Proceedings of the Royal Society—Biological Sciences (Series B)* 266, 1703–1709.
- O'Connor R.J. and Brown R.A., 1977. Prey depletion and foraging strategy in the oystercatcher *Haematopus ostralegus*. *Oecologia* 27, 75–92.
- Ong E.Z., Briffa M., Moens T., Van Colen C., 2017. Physiological responses to ocean acidification and warming synergistically reduce condition of the common cockle *Cerastoderma edule*. *Mar. Environ. Res.* 130, 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2017.07.001>
- Ostrom E., 1990. *Governing the Commons*, Cambridge University Press, 279 p.
- Palumbi S. R., McLeod K. L., Grünbaum D., 2008. Ecosystems in action: lessons from marine ecology about recovery, resistance, and reversibility. *BioScience*, 58(1), pp.33-42. DOI: 10.1641/b580108
- Parada J. and Molares J., 2008. Natural mortality of the cockle *Cerastoderma edule* (L.) from the Ria of Arousa (NW Spain) intertidal zone. *Revista de Biología Marina Y Oceanografía* 43, 501–511. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572008000300009>
- Pelling M., Maskrey A., Ruiz P., Hall L., 2004. *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development. A Global Report.*, UNDP (United Nations Development Programme) Bureau for Crisis Prevention and Recovery, USA.
- Perez-Hurtado A., Goss-Custard J.D., Garcia, F., 1997. The diet of wintering waders in Cadiz Bay, southwest Spain. *Bird Study* 44, 45–52.
- Pihl L., 1982. Food intake of young cod and flounder in a shallow bay on the Swedish west coast. *Netherlands Journal of Sea Research* 15, 419–432.
- Pimm S. L., 1984. The complexity and stability of ecosystems. *Nature* 307, pp. 321-326. DOI : 10.1038/307321a0
- Pinkerton E., 2003. Toward specificity in complexity: Understanding co-management from a social science perspective in Wilson D.C., Nielsen J.R., Degnbol P. (Eds), *The Fisheries Co-management Experience Accomplishments, Challenges and Prospects*. The Institute for Fisheries Management and Coastal Community Development, Hirtshals, Denmark, DOI 10.1007/978-94-017-3323-6
- Pollet C., 2021. La pêche à pied professionnelle dans les Hauts-de-France de 2013 à 2019 : état des lieux et stratégies de pêche des professionnels locaux. 34 p.
- Reise K., 1985. *Tidal Flat Ecology: An Experimental Approach to Species Interactions*. Springer Science & Business Media.
- Richardson C., Crisp D., Runham N., Gruffydd L., 1980. The use of tidal growth bands in the shell of *Cerastoderma edule* to measure seasonal growth rates under cool temperate and sub-arctic conditions. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 60, 977 & ndash;989.
- Rocroy M., 2019a. Evaluation du gisement de coques de la baie de Somme Nord, au Nord de la Maye, le 26 juin 2019. (Rapport du GEMEL). GEMEL, Saint-Valery-sur-Somme (France).
- Rocroy M., 2019b. Evaluation du gisement de coques de la baie de Somme Nord, au Sud de la Maye, le 1er septembre 2019. (Rapport du GEMEL). GEMEL, Saint-Valery-sur-Somme (France).
- Rocroy M., 2019c. Evaluation du gisement de coques de la baie de Somme Centre au 1er septembre 2019. (Rapport du GEMEL). GEMEL, Saint-Valery-sur-Somme (France).
- Rocroy M., 2019d. Evaluation du gisement de coques du Hourdel (baie de Somme Sud) en août 2019 et simulation de croissance au 1er septembre 2019. (Rapport du GEMEL). GEMEL, Saint-Valery-sur-Somme (France).

- Rose A., 2004. Defining and measuring economic resilience to disasters. *Disaster Prevention and Management : an International Journal* 13(4), pp. 307-314. DOI : 10.1108/09653560410556528
- Rybarczyk, H., Elkaim, B., Wilson, J., Loquet, N., 1996. L'eutrophisation en Baie de Somme : mortalités des peuplements benthiques par anoxie. URL </paper/L%27eutrophisation-en-Baie-de-Somme-%3A-mortalit%C3%A9s-des-Rybarczyk-Elkaim/ea6774dd93515912312af13b74ae53d59941f906> (accessed 11.24.20).
- Sanchez-Salazar M.E., Griffiths C.L., Seed R., 1987. The effect of size and temperature on the predation of cockles *Cerastoderma edule* (L.) by the shore crab *Carcinus maenas* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 111, 181–193.
- SEEEC, 1998. The Environmental Impact of the Sea Empress Oil Spill. Final report of the Sea Empress Environmental Evaluation Committee. February 1998. The Stationery Office, London. ISBN 0 11 702156 3.
- Seed R. and Brown R.A., 1977. A comparison of the reproductive cycles of *Modiolus modiolus* (L.), *Cerastoderma (=Cardium) edule* (L.), and *Mytilus edulis* L. in Strangford Lough, Northern Ireland. *Oecologia* 30, 173–188. <https://doi.org/10.1007/BF00345419>
- Shumway S., 1990. A review on the effects of algal blooms on shellfish and aquaculture, *journal of the world aquaculture society*, June, Vol 21/2.
- Singer A., Millat G., Staneva J., Kröncke I., 2017. Modelling benthic macrofauna and seagrass distribution patterns in a North Sea tidal basin in response to 2050 climatic and environmental scenarios. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 188, 99–108. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.02.003>
- Smaal A.C., Vonck A.P.M.A., Bakker M., 1997. Seasonal Variation in Physiological Energetics of *Mytilus Edulis* and *Cerastoderma Edule* of Different Size Classes. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 77, 817–838. <https://doi.org/10.1017/S0025315400036213>
- Spilmont N., Denis L., Artigas L. F., Caloin F., Courcot L., Créach A., Desroy N., Gevaert F., Haquebart P., Hubas C., Janquin M.A., Lemoine Y., Luczak C., Migné A., Rauch M., Davault D., 2009. Impact of the *Phaeocystis globosa* spring bloom on the intertidal benthic compartment in the eastern English Channel : A synthesis. *Marine Pollution Bulletin*. Volume 58, Issue 1, Pages 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.09.007>
- Stempniewicz L., 1995. Feeding ecology of the long-tailed duck *Clangula hyemalis* wintering in the Gulf of Gdansk (southern Baltic Sea). *Ornis Svecica* 5, 133–142.
- Sutherland W.J., 1982. Spatial variation in the predation of cockles by oystercatchers at Traeth Melynog, Anglesey. II. The patterns of mortality. *Journal of Animal Ecology* 51, 491–500.
- Thomas S., Picault D., Lesueur M., 2014. Pêche côtière et gouvernance (France). Le cas des pêcheurs à pied professionnels de la baie de Somme. Rapport d'étude. Les publications du Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST n°24. 44 p.
- Triplet P., 1994. Kleptoparasitism by a common gull *Larus canus* on oystercatchers *Haematopus ostralegus*, feeding on common cockles *Cerastoderma edule*: behavioural adaptations. *Alauda* 62, 113–122.
- Triplet P., Sueur F., Fagot C., Oget E., Desprez M., 1999. Réponses de l'huître-pie *Haematopus ostralegus* à une diminution de sa ressource alimentaire principale en baie de Somme : La coque *Cerastoderma edule*. *Alauda (Dijon)* 67, 145–153.
- Troost K., Kamermans P., Wolff W.J., 2008. Larviphagy in native bivalves and an introduced oyster. *Journal of Sea Research* 60, 157–163. [CrossRefGoogle Scholar](https://doi.org/10.1016/j.seares.2008.05.003)

- Verdelhos T., Marques J.C., Anastácio P., 2015a. Behavioral and mortality responses of the bivalves *Scrobicularia plana* and *Cerastoderma edule* to temperature, as indicator of climate change's potential impacts. *Ecological Indicators* C, 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.05.042>
- Veyret Y. and Reghezza M., 2005. « Aléas et risques dans l'analyse géographique », *Annales des mines*, pp. 61-89.
- Walker B., Holling C., Carpenter S., Kinzig A., 2004. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and society*, 9(2):5.
- Wassmann P., 1994. Significance of sedimentation for the termination of *Phaeocystis* blooms. *J. Mar. Syst.*, 5(1): 81-100.
- Weisse T., Tande K., Verity P., Hansen F., W. Gieskes, 1994. The trophic significance of *Phaeocystis* blooms. *J. Mar. Syst.*, 5(1): 67-79.
- West A.B., Partridge J.K., Lovitt A., 1979. The cockle *Cerastoderma edule* (L.) on the South Bull, Dublin Bay: population parameters and fishery potential. *Irish Fisheries Investigations, Series B* 13.
- Wither A., Bamber R., Colclough S., Dyer K., Elliott M., Holmes P., Jenner H., Taylor C., Turnpenny A., 2012. Setting new thermal standards for transitional and coastal (TraC) waters. *Mar. Pollut. Bull.* 64, 1564–1579. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.05.019>
- Wootton E.C., Dyrinda E.A., Ratcliffe N.A., 2003. Bivalve immunity: comparisons between the marine mussel (*Mytilus edulis*), the edible cockle (*Cerastoderma edule*) and the razor-shell (*Ensis siliqua*). *Fish Shellfish Immunol.* 15, 195–210. [https://doi.org/10.1016/s1050-4648\(02\)00161-4](https://doi.org/10.1016/s1050-4648(02)00161-4)

## Table des figures

---

Figure 1 : Coques ( <i>Cerastoderma edule</i> ) ©CRPMEM HDF .....	3
Figure 2 : Cycle de vie de la coque <i>Cerastoderma edule</i> (© Fernando Correia) .....	4
Figure 3 : Les gisements de coques (en rose) des estuaires picards du littoral des Hauts-de-France ©GEMEL .....	5
Figure 4 : Pêche à pied professionnelle des coques en baie de Somme ©CRPMEM HDF.....	6
Figure 5 : Quantités moyennes annuelles pêchées par les pêcheurs à pied professionnels entre 2014 et 2018 (en tonnes) dans les Hauts-de-France selon les espèces ou groupes d'espèces (écart-type en fonction des années) .....	7
Figure 6 : Quantités de coques pêchées par les pêcheurs à pied professionnels entre 2014 et 2018 sur les différents gisements des Hauts-de-France (en tonnes).....	8
Figure 7 : La coque, un agent aux multiples identités.....	9
Figure 8 : Réseau d'acteurs de la pêche professionnelle de la coque en Picardie (réseau simplifié) ...	10
Figure 9 : Le risque comme une fonction du péril, de la vulnérabilité, de l'exposition et de la résilience (d'après Thyvissen, 2006).....	12
Figure 10 : Ramassés de coques mortes au Hourdel en avril 2020 ©CRPMEM HDF.....	14
Figure 11 : Facteurs influençant les différentes étapes du cycle de vie de la coque, <i>Cerastoderma edule</i> . .....	15
Figure 12 : Prédateurs de la coque selon sa taille (d'après Burdon <i>et al.</i> , 2014).....	16
Figure 13 : Bloom de <i>Phaeocystis</i> à Fort-Mahon ©CRPMEM HDF .....	20
Figure 14 : Laisse de mer de coques mortes ©CRPMEM HDF .....	22
Figure 15 : Carte des gisements de coques et des points de suivis du réseau SRN en Baie de Somme ©IFREMER .....	23
Figure 16 : Coques préparées pour des analyses microbiologiques (à gauche) et ensemencement bactériologique après enrichissement des broyats d'individus sur milieu chromagar (à droite) ©IFREMER .....	24
Figure 17 : Vase le long de la Maye en baie de Somme ©CRPMEM HDF .....	26
Figure 18 : Portail SIG du projet EUROHAB .....	26
Figure 19 : Traces d'engins à travers le gisement de coques pendant les travaux de reconstruction de la digue Barrois en baie d'Authie ©CRPMEM HDF .....	27
Figure 20 : Causes de mortalités selon les pêcheurs d'après les enquêtes menées par De Laage (2020 - Annexe 9).....	28
Figure 21 : Nuage de mots illustrant les causes principales de mortalité selon les pêcheurs enquêtés (catégorie "autres") selon leur occurrence .....	28
Figure 22 : Montage d'une coque sur les crochets nécessaires au test d'étirement des muscles ©GEMEL .....	31
Figure 23 : Procédure à suivre en cas de mortalité de coques .....	34
Figure 24 : Autres régions où les professionnels domiciliés dans les Hauts-de-France détiennent des licences de pêche à pied professionnelle durant la période d'étude (2013 à 2019 - Pollet, 2021).....	35

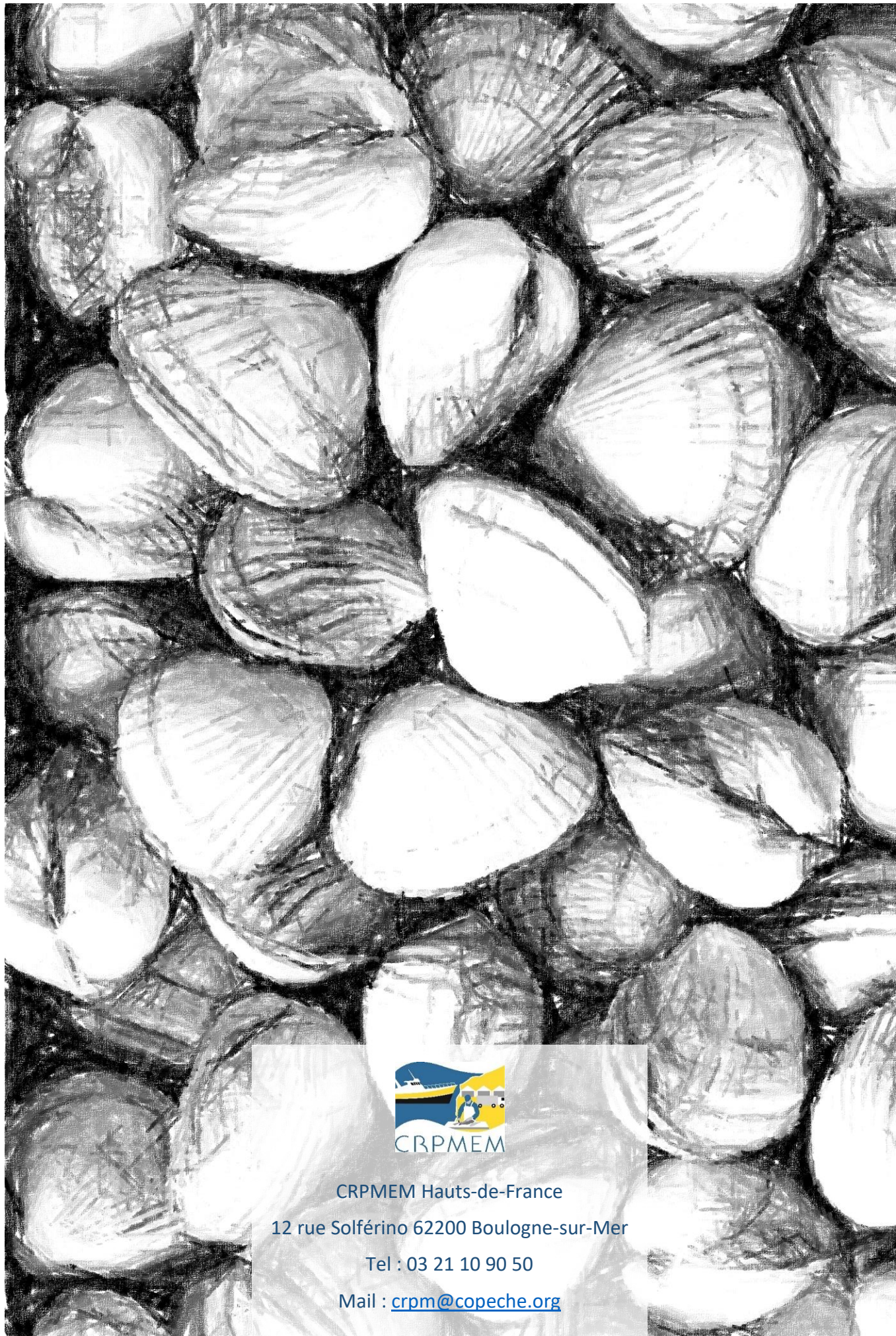
## Table des annexes

---

Annexe 1 : Rocroy, M., 2020. Etat de l'art sur la biologie des coques ( <i>C. edule</i> ), les causes de mortalité et les épisodes de mortalité sur le littoral des Hauts de France - Dans le cadre du projet MOCOPREVE. 42p.....	52
Annexe 2 : Riera, F., 2021. Périls et résiliences de la pêche professionnelle de la coque dans les Hauts de France. 61p.....	97
Annexe 3 : Riera, F., 2020. Etat de l'art - Expériences passées et actuelles de gestion des périls abiotiques et biotiques des espèces exploitées de mollusques. 33p.....	164
Annexe 4 : Meirland, A. et al., 2022. MOCOPREGE – Mortalité des coques : causes, prévention et gestion. Etude des mortalités de coques passées et en cours de projet. Recherche de paramètres environnementaux explicatifs. 89p.....	204
Annexe 5 : Travers, M.A. et al., 2021. Dynamique de <i>Vibrio aestuarianus</i> chez les coques dans des gisements exploités des Hauts de France et chez les huîtres creuses en lagune de Thau -MIRAGE-2 - Rapport intermédiaire 2021. 57p.....	296
Annexe 6 : Garcia, C., 2020. Compte-rendu d'analyses sur des coques présentant une coloration noire. 6p.....	354
Annexe 7 : Devrecker, D., 2022. Principaux résultats de l'analyse des paramètres environnementaux liés aux mortalités référencées dans la littérature entre 1992 et 2018.....	361
Annexe 8 : Rocroy, M., 2021. Dynamique de population de la coque ( <i>C. edule</i> ), sur 7 sites du littoral des Hauts-de-France - Dans le cadre du projet MOCOPREGE. 33p.....	369
Annexe 9 : De Laage, P., 2020. La pêche à pied professionnelle dans la région Hauts-de-France : enquêtes auprès des pêcheurs et éléments de réponses aux enjeux de la filière. 87p.....	405
Annexe 10 : Laurent, A., 2020. Stage de césure. 96p.....	493
Annexe 11 : Rocroy, M., Prevost, L., 2021. Tests de vitalité in situ de la coque ( <i>C. edule</i> ) - Dans le cadre du projet MOCOPREGE. 22p.....	591







CRPMEM Hauts-de-France  
12 rue Solférino 62200 Boulogne-sur-Mer  
Tel : 03 21 10 90 50  
Mail : [crpm@copeche.org](mailto:crpm@copeche.org)