

Annexe 4

Etude de la prédation des moules de bouchot
par les goélands argentés :
Evaluation de son impact économique
sur les entreprises mytilicoles et
de l'efficacité des moyens de lutte employés

Auteur : Amélie GOULARD
Stage réalisé du 20 mars au 25 août 2017

Sylvie GRANGER
Enseignant référent

Manuel SAVARY
Tuteur de stage
Comité Régional de la Conchyliculture
Normandie – Mer du Nord

Table des matières

TABLE DES MATIÈRES.....	1
INTRODUCTION	1
1. CONTEXTE.....	2
1.1. Biologie et physiologie de la moule.....	2
1.2. Présentation de la mytiliculture en Normandie et Hauts-de-France	3
1.2.1. Cadre réglementaire et organisation de la filière conchylicole.....	3
1.2.2. Systèmes de production mytilicole et cycle de production de la moule de bouchot.....	3
1.2.3. Rendement, qualité de la récolte et commercialisation	5
1.2.4. Pertes de production liées à l'environnement.....	6
1.3. La prédation des moules par le Goéland argenté	7
1.3.1. Le Goéland argenté <i>Larus argentatus</i> et son statut de conservation.....	7
1.3.2. Moyens employables de limitation des prédateurs par les oiseaux en agriculture.....	9
1.3.3. Gestion du Goéland argenté en Normandie et Hauts de France pour limiter la prédation des moules.....	10
1.4. Questions et objectifs.....	11
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES	12
2.1. Cadre de l'étude.....	12
2.2. Collecte des données.....	12
2.3. Enquêtes.....	13
2.4. Observations de terrain	13
2.4.1. Protocole n°1 : Caractérisation de la prédation par les goélands argentés.....	14
2.4.1.1. <i>Identification du Goéland argenté</i>	14
2.4.1.2. <i>Suivi par secteur</i>	14
2.4.1.3. <i>Suivi par individu</i>	14
2.4.2. Protocole n°2 : Estimation des pertes de production dues à la prédation par les goélands.....	15
2.4.2.1. <i>Prédation de naissain</i>	15
2.4.2.2. <i>Bilan des pertes de production de la saison écoulée</i>	15
2.4.3. Protocole n°3 : Évaluation de l'efficacité des systèmes de limitation de la prédation.....	17
2.4.3.1. <i>Systèmes passifs</i>	17
2.4.3.2. <i>Systèmes actifs</i>	17
2.4.4. Traitement des résultats	18
3. RÉSULTATS	18
3.1. Caractériser la prédation des moules par les goélands.....	18
3.1.1. Origine des goélands argentés présents sur les concessions mytilicoles	18
3.1.2. Saisonnalité et répartition spatiale des goélands et de la prédation	19
3.1.3. Comportement du Goéland argenté sur les concessions mytilicoles	20
3.1.3.1. <i>Évolution de la fréquentation des bouchots au cours d'une marée</i>	20
3.1.3.2. <i>Mode de prédation des moules par le Goéland argenté</i>	21
3.1.4. Caractéristiques des dégâts observables sur les pieux et différenciation des pertes dues aux différents prédateurs.....	22
3.2. Évaluer l'impact économique sur les entreprises mytilicoles des dégâts causés par de la prédation due aux goélands	24
3.2.1. Estimation des pertes de production par enquête	24
3.2.2. Estimation des pertes de production par observation des pieux	25
3.2.2.1. <i>Prédation de naissain de la saison en cours (2017-2018)</i>	25
3.2.2.2. <i>Bilan des pertes de production de la saison écoulée (2016-2017)</i>	26
3.2.3. Estimation de la part des différentes origines de pertes	31
3.2.4. Bilan moyen estimatif des coûts induits par la prédation.....	32
3.3. Recenser et diagnostiquer les moyens employés de limitation de la prédation	35
3.3.1. Recensement des moyens de limitation de la prédation existants	35
3.3.1.1. <i>Limitation passive : méthodes d'exclusion et de leurres alimentaires</i>	35
3.3.1.2. <i>Limitation active : méthodes de dispersion et d'élimination</i>	36
3.3.1.3. <i>Bilan</i>	39
3.3.2. Évaluation de terrain de l'efficacité des moyens de lutte.....	40
3.3.2.1. <i>Systèmes passifs</i>	40
3.3.2.2. <i>Limitation par effarouchement</i>	41
4. DISCUSSION, PERSPECTIVES ET PRÉCONISATIONS	43

4.1.	Caractériser la prédation des moules par les goélands.....	43
4.1.1.	Origine des goélands argentés présents sur les concessions mytilicoles.....	43
4.1.2.	Saisonnalité et répartition spatiale des goélands et de la prédation.....	44
4.1.3.	Comportement du Goéland argenté sur les concessions mytilicoles.....	45
4.2.	Évaluer l'impact économique sur les entreprises mytilicoles des dégâts causés par la prédation due aux goélands.....	46
4.2.1.	Estimation des pertes de production par enquête.....	46
4.2.2.	Estimation des pertes de production par observation des pieux.....	46
4.2.3.	Conclusion sur l'estimation des pertes de production.....	47
4.2.4.	Bilan des coûts induits par la prédation.....	49
4.3.	Recenser et diagnostiquer les moyens employés de limitation de la prédation.....	50
4.3.1.	Analyse des systèmes passifs de limitation de la prédation.....	50
4.3.2.	Analyse des systèmes actifs de limitation.....	52
CONCLUSION		56
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		57

INTRODUCTION

Avec plus de 5 500 kilomètres de littoral, la France métropolitaine dispose d'un environnement propice à l'aquaculture et notamment à la conchyliculture (élevage de coquillages). Elle produit les trois quarts des huîtres européennes et est le second producteur de moules en Europe, derrière l'Espagne (Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, 2014). En Normandie, la mytiliculture (élevage de moules) est une activité récente par rapport aux autres régions françaises, avec une implantation sur la côte Ouest du département de la Manche en 1963 (Nogues et Gangnery, 2008). Elle s'est néanmoins rapidement développée et le département de la Manche constitue aujourd'hui l'un des premiers bassins de la production conchylicole avec environ 25% de la production française de moules de bouchot (CRC Normandie-Mer du Nord, 2015a). La mytiliculture représente donc en Normandie une activité économique importante qu'il est nécessaire de préserver.

Cependant, du fait de sa pratique en milieu naturel ouvert, l'élevage de moules de bouchot présente de nombreuses contraintes liées notamment à l'existence de prédateurs (oiseaux, crabes, mollusques...). Ces prédateurs occasionnent des pertes de production dont l'impact économique sur les entreprises est plus ou moins important. En Normandie, trois espèces d'oiseaux ont été identifiées comme prédatrices : la Macreuse noire *Melanitta nigra*, l'Eider à duvet *Somateria mollissima* et le Goéland argenté *Larus argentatus*. À la différence des deux premières espèces, qui ont le statut réglementaire d'espèces chassables, le Goéland argenté est une espèce sauvage inscrite dans la Directive 2009/147/EC, dite « Directive Oiseaux ». Celle-ci contraint les États membres de l'Union Européenne à engager des mesures visant à conserver cette espèce, ce qui s'est traduit en droit français par un arrêté ministériel du 29 octobre 2009 fixant une liste d'oiseaux protégés et les modalités de leur protection. Les méthodes de gestion telles que l'effarouchement nécessitent donc l'obtention d'un Arrêté préfectoral de dérogation à son statut de protection.

La demande d'un tel arrêté doit être solidement justifiée, or les modalités d'évaluation des pertes engendrées et la pertinence de certaines méthodes de limitation de la prédation posent question. Le travail entrepris cible donc une meilleure connaissance des caractéristiques de la prédation par les goélands, de l'impact économique que celle-ci provoque réellement sur les entreprises mytilicoles et de l'efficacité des différentes méthodes de limitation de la prédation pour l'amener à un niveau acceptable pour les producteurs mais avec des systèmes applicables techniquement et financièrement, sans incidence sur l'évolution des populations de Goéland argenté.

1. Contexte

1.1. Biologie et physiologie de la moule

La moule est un mollusque bivalve marin appartenant à la famille des Mytilidés. Il s'agit d'un **coquillage filtreur** vivant en eau peu profonde (jusqu'à dix mètres de profondeur environ), fixé sur un substrat dur tel qu'un fond rocheux, une coque de bateau, des pierres, des pilotis... Les moules se fixent grâce à un ensemble de filaments qu'elles sécrètent, appelé **byssus** (figure 1). Grégaires, elles se fixent ensemble pour former des agglomérats appelés **moulières**. Ces agglomérats sont toutefois dynamiques et les coquillages peuvent effectuer des déplacements courts (Didierlaurent *et al.*, 2014).

En France métropolitaine, deux espèces de moules sont communément élevées : *Mytilus edulis* Linnaeus, 1758 sur les côtes de la mer du Nord, de la Manche et de l'Atlantique, et *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 sur les côtes de l'océan Atlantique et de la mer Méditerranée (Lubet et Dardignac, 1976). Les deux espèces peuvent s'hybrider entre elles aux endroits où elles coexistent (Didierlaurent *et al.*, 2014).

La moule respire et s'alimente grâce à un courant d'eau créé par les cils vibratiles des branchies, entre le siphon inhalant et le siphon exhalant (figure 1). Au contact des branchies, les échanges gazeux se font et l'eau est filtrée pour extraire le **phytoplancton** dont le mollusque se nourrit (Didierlaurent *et al.*, 2014).

La croissance des moules dépend de différents paramètres, les principaux étant la salinité et la température de l'eau et surtout la nourriture disponible. Les conditions optimales sont une température comprise entre 10 et 20°C et une salinité allant de 12 à 38‰ et les coquillages ne peuvent plus vivre si la température de l'eau dépasse 27°C (Didierlaurent *et al.*, 2014). La disponibilité en phytoplancton est liée d'une part à la quantité présente dans l'eau et d'autre part à la durée d'immersion des coquillages. Pour se développer normalement, les moules doivent être immergées au moins 75% du temps (Didierlaurent *et al.*, 2014). En conséquence, la **position des moules sur l'estran** (zone du littoral située entre les limites extrêmes des plus hautes et des plus basses marées) **joue un rôle important dans leur vitesse de croissance** : les moules croissent moins rapidement en haut d'estran car il s'agit de la zone qui découvre le plus tôt lorsque la mer se retire et reste émergée le plus longtemps.

Concernant la reproduction, plusieurs pontes ont lieu chaque année entre mars et octobre, libérant plusieurs millions d'ovocytes dans le milieu. La fécondation est externe, c'est-à-dire que les femelles expulsent des ovules qui sont ensuite fécondés dans l'eau par les spermatozoïdes également libérés dans le milieu par les mâles (His et Cantin, 1995). Les larves se développent alors un certain temps dans l'eau avant de se fixer sur un support fin (cordes, algues...). Une métamorphose intervient et les larves deviennent des moules juvéniles qui, lorsqu'elles atteignent une taille d'un à deux millimètres, sécrètent les filaments du byssus et se fixent sur un substrat plus dur. **L'ensemble de ces jeunes moules est appelé naissain** (Didierlaurent *et al.*, 2014).

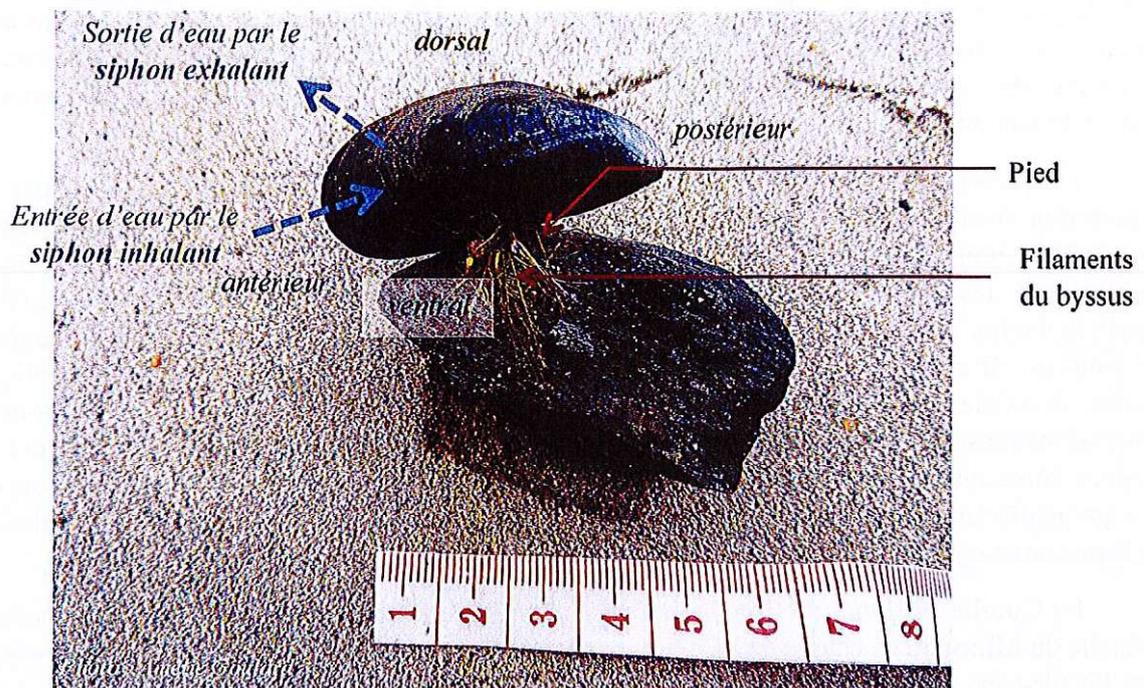


Figure 1 : Structure anatomique de la moule *Mytilus edulis*.

1.2. Présentation de la mytiliculture en Normandie et Hauts-de-France

1.2.1. Cadre réglementaire et organisation de la filière conchylicole

L'élevage de coquillages prend place sur le **Domaine Public Maritime naturel** (DPM), constitué entre autres « *du sol et du sous-sol de la mer, compris entre la limite haute du rivage (c'est-à-dire celle des plus hautes mers) et la limite, côté large, de la mer territoriale* » (Préfet Maritime de l'Atlantique, 2017). L'utilisation du DPM nécessite l'obtention d'un titre d'autorisation à durée définie de type **concession** (dans le cas des cultures marines) ou de type **Autorisation d'Occupation Temporaire** (Préfet Maritime de l'Atlantique, 2017). Ces titres sont accordés par le Préfet de département par le biais éventuel d'un représentant de l'État (Direction départementale des territoires et de la mer / Service mer et littoral) et présentent un cahier des charges à respecter. De plus, les pratiques des éleveurs sur les concessions sont encadrées par des **Schémas départementaux des structures des exploitations de cultures marines**, arrêtés préfectoraux mis en place au niveau de chaque département (CRC Normandie-Mer du Nord, 2015b).

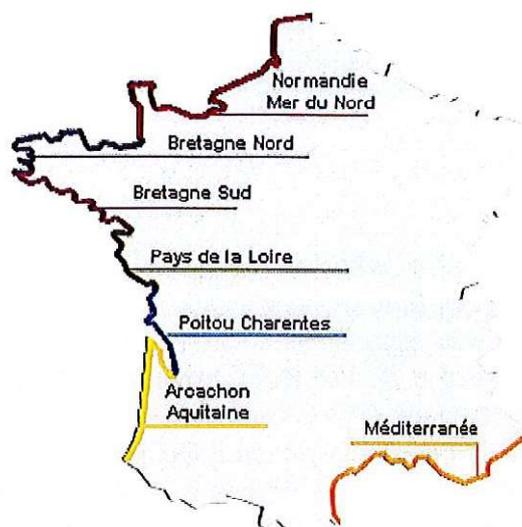
La profession conchylicole est représentée aux niveaux régional et national par une organisation interprofessionnelle établie par l'article L912-6 du Code Rural et de la Pêche maritime. Au niveau régional, le **Comité Régional de la Conchyliculture** (CRC) a pour rôle de représenter et de défendre les intérêts généraux des conchyliculteurs de sa circonscription géographique, conchyliculteurs qui en sont membres *de facto* (paiement de cotisations professionnelles obligatoires). Il s'agit d'une structure privée, mais qui assure des missions de service public. En France, il existe sept CRC (figure 2). Le CRC Normandie-Mer du Nord représente tous les concessionnaires éleveurs de coquillages sur le DPM entre le Mont Saint-Michel et la frontière belge (régions Normandie et Hauts-de-France) et son siège se situe dans la Manche. En ce qui concerne plus particulièrement la mytiliculture, les concessionnaires représentés par le CRC Normandie-Mer du Nord sont au nombre de cent trente, dont cent dix sont situés dans la Manche.

Le **Comité National de Conchyliculture** (CNC) est quant à lui un service public, placé sous la tutelle du Ministère en charge de l'Environnement et dont le siège est localisé à Paris. Il représente tous les éleveurs, transformateurs et distributeurs de coquillages élevés sur le territoire français et défend leurs intérêts généraux. Il est l'interlocuteur obligatoire des pouvoirs publics pour toute réglementation relative à la conchyliculture (CNC, 2014b).

1.2.2. Systèmes de production mytilicole et cycle de production de la moule de bouchot

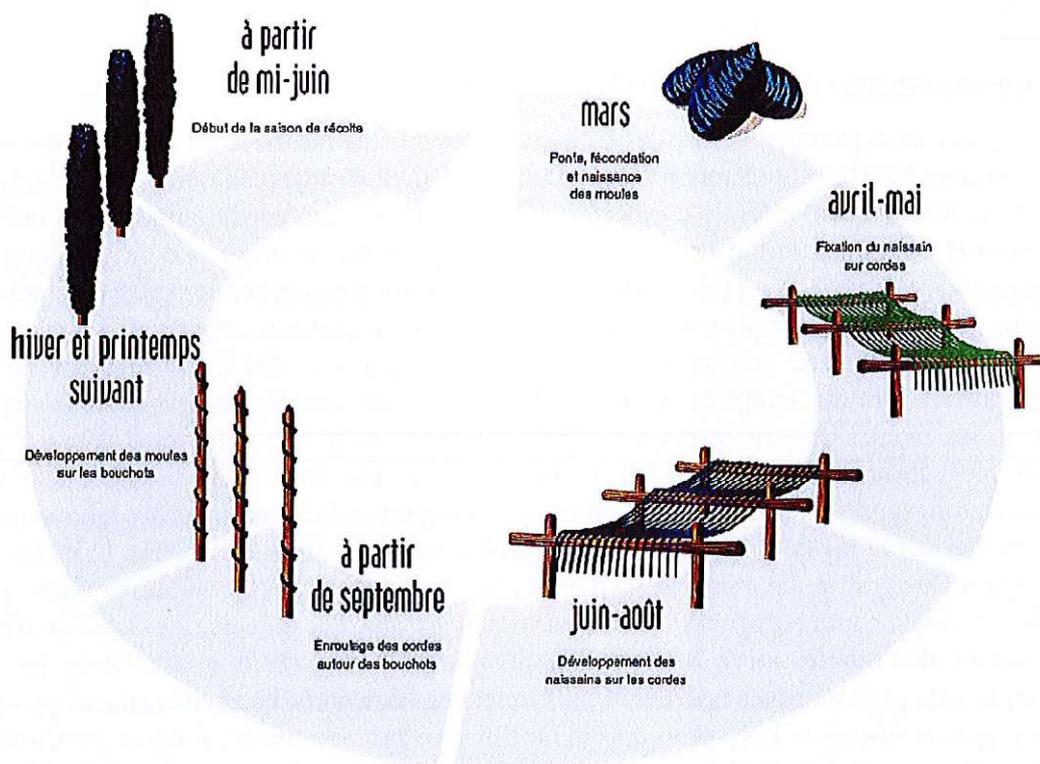
Il existe différents types de production mytilicole sur le littoral français : la **moule de bouchot** (élevée sur pieu), la **moule de filière** (élevée sur des cordes en suspension en pleine mer) et de façon plus minoritaire la **moule élevée sur parc** (à même le sol ou en surélévation, en poche ou non). L'élevage sur pieu reste prédominant, notamment en Normandie et dans les Hauts-de-France où la plupart des mytiliculteurs produisent des moules de bouchot. Sur quatre-vingt mille tonnes de moules produites en France, cinquante-cinq mille tonnes sont issues de ce mode de production (CNC, 2014c).

Le cycle de production de la moule de bouchot peut s'étaler sur une durée de un à deux ans, selon les éleveurs et les sites de production (Thomas *et al.*, 2006). Le terme de **bouchot** désigne dans la Manche (Préfet de la Manche, 2005) une ligne de cent mètres constituée d'une **double rangée de**



Source : CNC, 2014a

Figure 2 : Schéma représentant la compétence territoriale des différents Comités Régionaux de la Conchyliculture en France.



Source : CNC, 2014c

Figure 3 : Schéma représentant le cycle de production classique des moules de bouchot.

cent vingt-cinq pieux (en chêne ou en bois exotique). Dans la Somme, les lignes sont constituées de trois rangées de deux cents mètres avec deux cent trente-trois pieux et dans le Pas-de-Calais les lignes sont l'une longueur maximale de cent mètres avec deux cent cinquante pieux plantés en deux ou quatre rangées. La figure 3 (CNC, 2014c) présente les principales étapes d'un cycle de production classique, détaillées ci-après.

➤ **Captage du naissain**

La première étape du cycle de production est appelée **captage** et a lieu entre mars et juin. Elle consiste en la disposition de lignes en fibre de noix de coco dans des zones connues pour être des gisements naturels de moules (zone de reproduction naturelle de moules) pour permettre au naissain de s'y fixer. Il n'existe à ce jour pas de bassin de captage en Normandie. Les mytiliculteurs normands achètent donc leurs cordes à des éleveurs, qui ont procédé au captage principalement dans les gisements de Noirmoutier, de la Plaine-sur-mer ou d'Oléron, sur la côte Atlantique (Nogues et Gangnery, 2008). Les mytiliculteurs des Hauts de France réalisent parfois du captage sur leurs concessions, mais font appel en grande majorité à du naissain des côtes atlantiques.

➤ **Mise en chantier des cordes**

Les cordes reçues par les professionnels sont ensuite disposées sur des portiques en bois appelés **chantiers** (situés sur les concessions, entre les bouchots, ou externalisés hors des pieux dans des concessions dédiées) de façon à laisser le naissain se développer sur les cordes entre juin et août (figure 4).

➤ **Ensemencement des pieux et croissance des moules**

À partir de septembre, les cordes sont enroulées sur les pieux : c'est l'**ensemencement** des bouchots (figure 5). **Un pieu d'une hauteur maximale de 2,40 mètres** imposée par le schéma des structures de la Manche (Préfet de la Manche, 2005) **nécessite une corde longue de 3 mètres** (2,5 mètres pour la Somme et le Pas-de-Calais). Un cône pyramidal ou une gaine de plastique appelée « Tahitienne » est disposé(e) au bas de chaque pieu, de façon à empêcher des prédateurs tels que les bigorneaux perceurs ou les crabes de remonter du sol. Après quelques semaines, des filets souples sont disposés sur les pieux pour aider la croissance des moules en les fixant et éviter qu'elles ne soient emportées lors des tempêtes (figure 5). Cette étape est appelée **catinage**. Au cours de leur croissance, les moules passent progressivement au travers du filet et forment différentes couches autour du pieu. Il est nécessaire d'ajouter régulièrement de nouveaux filets, toujours dans le même but de former un support pour les moules de la couche superficielle et d'empêcher leur emportement par la mer. **La durée idéale de croissance des moules est de douze à seize mois**. Dans les secteurs dans lesquels l'eau est moins riche en phytoplancton, la durée de pousse nécessaire pour atteindre une taille de moule commercialisable peut s'élever à deux ans. Par ailleurs, il existe une **différence de croissance des moules selon leur emplacement sur le pieu** (Blin *et al.*, 2004). Les moules situées en tête de pieu sont plus souvent et plus longtemps émergées que celles situées en milieu ou en bas de pieu et disposent donc d'un apport nutritif moindre. De même, il existe une compétition trophique entre les moules de la couche superficielle du pieu et celles des couches inférieures, qui explique que les coquillages situés au plus près du pieu soient de plus petite taille que ceux constituant la couche externe (Blin, comm. pers.). Il en découle une **large diversité de tailles des mollusques pour une même durée de pousse**.



Figure 4 : Cordes mises en chantiers.

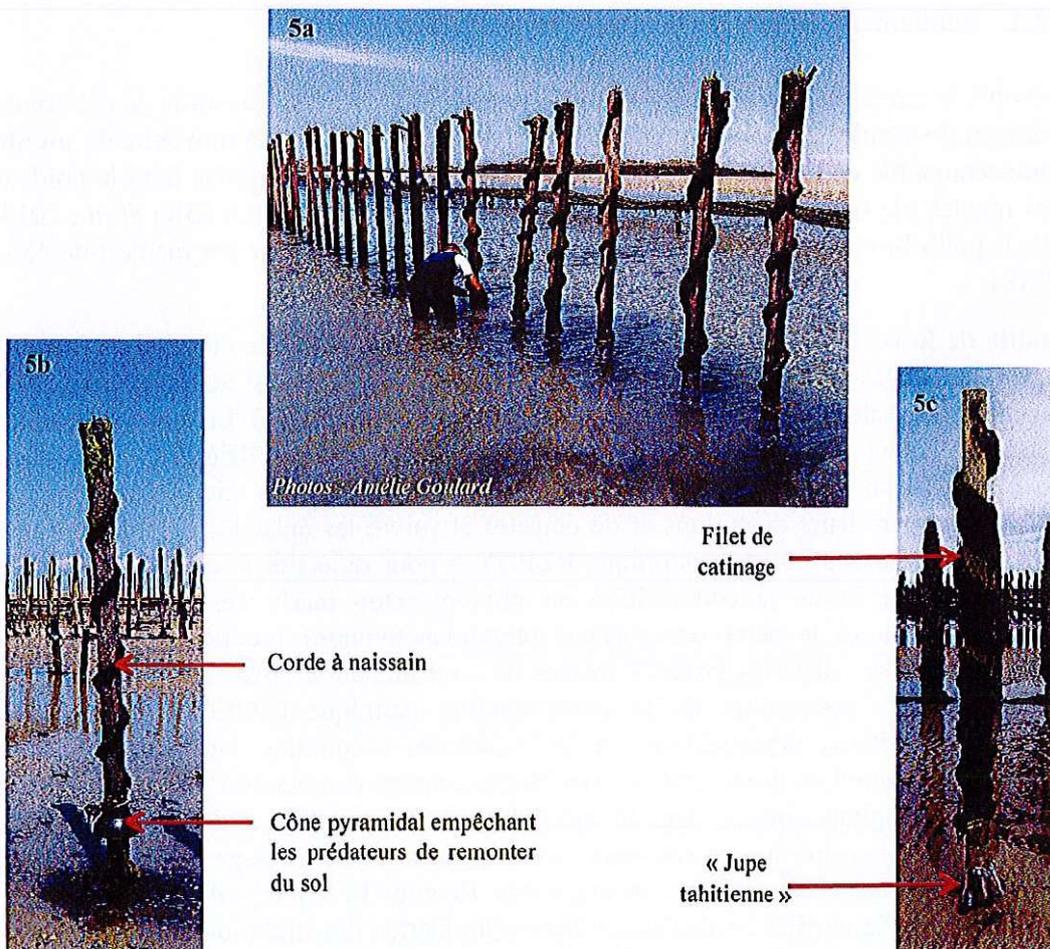


Figure 5 : Ensemencement des pieux (5a), pieu venant d'être ensencé (5b) et pieu ayant été ensencé un mois auparavant (5c)

➤ Cueillette et conditionnement

À partir de mi-juin de l'année n+1 a lieu la récolte, appelée **cueillette**. Elle se fait de façon mécanique, à l'aide d'une cueilleuse, cylindre métallique qui entoure le pieu et se referme par le bas en mettant celui-ci à nu (figure 6). Dans les Hauts-de-France, certains mytiliculteurs récoltent une partie de leurs moules manuellement afin de ne cueillir que les moules de taille commercialisable situées sur la couche externe des pieux. Les moules peuvent être mises en réserve (c'est-à-dire stockées dans des grands bacs) pendant une période allant jusqu'à quinze jours (CRC Normandie-Mer du Nord, 2015a). Elles sont ensuite généralement plongées douze à quarante-huit heures dans des bassins de purification (étape qui a lieu ou non en fonction de la qualité de l'eau du secteur de production).

Les opérations qui suivent la cueillette sont également très mécanisées. Les moules entrent dans une chaîne de machines (figure 7) et sont successivement égrenées et séparées des filets de catinage, lavées, brossées, triées selon leur taille (les petites moules non commercialisables, appelées **moules sous-taille**, sont enlevées à l'aide d'une calibreuse et font partie des sous-produits). Elles peuvent enfin être débarrassées (enlèvement du byssus), selon la demande du client, avant d'être conditionnées généralement en sacs de dix ou quinze kilogrammes et expédiées.

1.2.3. Rendement, qualité de la récolte et commercialisation

À la récolte, le rendement est évalué par le poids de moules par pieu. En sortie de calibreuse, le **poids net moyen de moules par pieu** est déterminé, c'est-à-dire la **quantité moyenne de moules de taille commercialisable contenues sur un pieu**. Le poids brut représente quant à lui le poids de l'ensemble des moules (de toutes tailles) et des filets récupérés par la cueilleuse (Blin *et al.*, 2014). En Normandie, le poids brut moyen par pieu est de 58 kg et le poids net moyen par pieu est de 43 kg (Blin *et al.*, 2014).

La **qualité de la récolte** est évaluée par le **taux de remplissage** des moules, c'est-à-dire le pourcentage de chair calculé selon l'Indice Simplifié de l'indice de Lawrence et Scott (Bourvic *et al.*, 2013). La moyenne régionale du taux de chair est de 25,8% (Blin *et al.*, 2017). La **qualité sanitaire du produit** est également suivie par différents réseaux animés par l'IFREMER. Le réseau microbiologique REMI a pour objectif d'évaluer les niveaux de contamination microbiologique dans les coquillages et de suivre leurs évolutions et de détecter et suivre les épisodes de contamination (IFREMER, 2016a). Le réseau phytoplanctonique REPHY a pour objectifs la connaissance de la biomasse, de l'abondance et de la composition du phytoplancton marin des eaux côtières et lagunaires et la détection et le suivi des espèces phytoplanctoniques productrices de toxines susceptibles de s'accumuler dans les produits marins de consommation (Ifremer Environnement, 2014). Enfin le réseau d'observation de la contamination chimique (ROCCH) surveille les contaminants de type métaux, organochlorés et hydrocarbures accumulés dans les coquillages (IFREMER, 2016b). Les zones de production de coquillages peuvent être classées en trois catégories (A, B ou C) selon les résultats obtenus dans le cadre des réseaux évoqués ci-dessus. En zone de catégorie A, les moules peuvent être directement commercialisées. Le passage en bassin a alors vocation à stocker les moules et à y éliminer les impuretés. En zone B, le temps de passage dans les bassins est plus long afin de purifier les des coquillages (élimination des micro-organismes présents dans les moules). Il n'est pas possible de commercialiser des moules élevées provenant de zones C. Enfin, la **taille des moules** (longueur et épaisseur) est un critère pris en compte pour l'attribution de signes de qualité, tels que la Spécialité Traditionnelle Garantie (STG) « Moule de bouchot » ou le

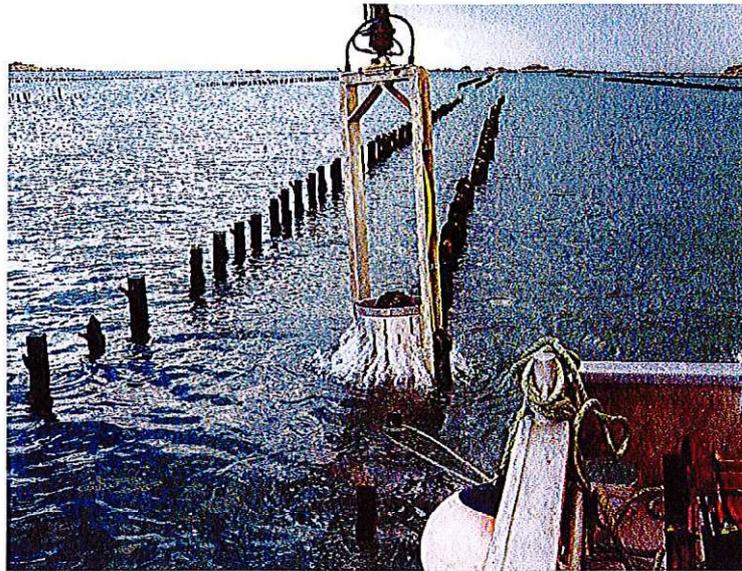
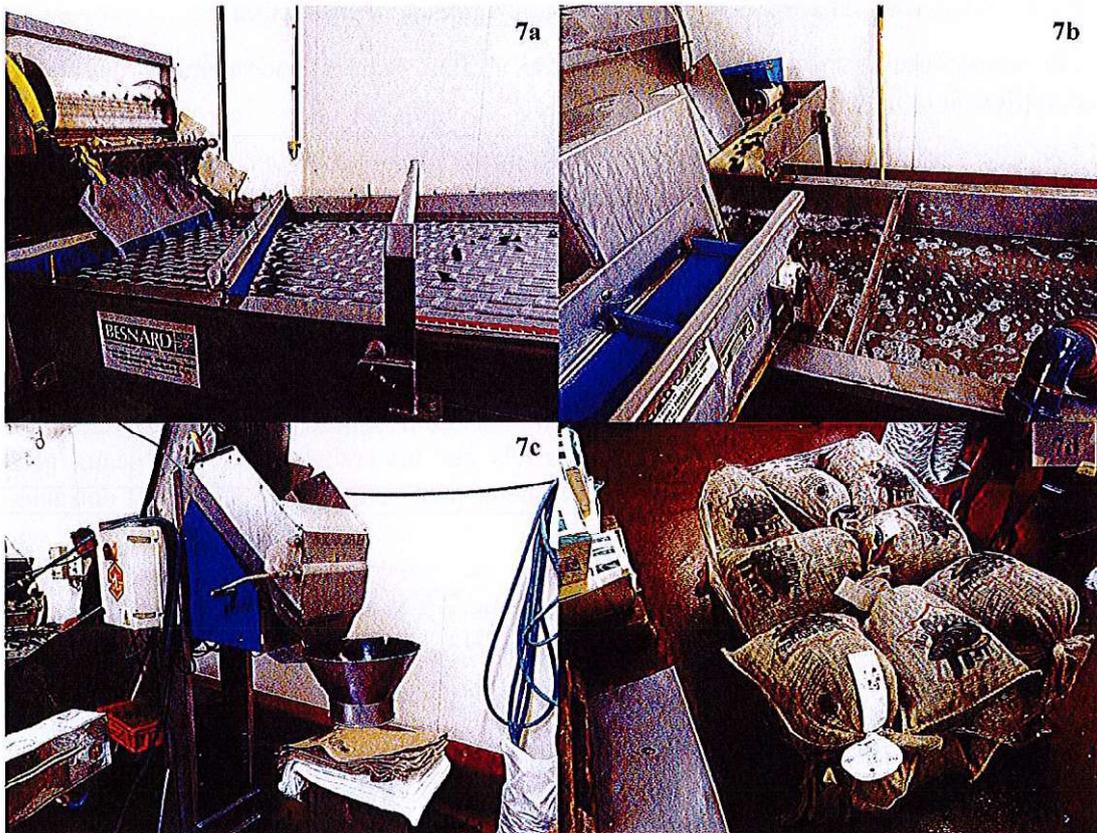


Photo : Amélie Goulard

Figure 6 : Cueillette des moules



Photos : Amélie Goulard

Figure 7 : Tri (7a), lavage (7b) et conditionnement (7c et 7d) des moules

Label Rouge par exemple. Ainsi, le cahier des charges de la STG, auquel adhèrent 95% des mytiliculteurs de Normandie et Hauts-de-France, impose une épaisseur minimale des moules de douze millimètres avec un taux de chair supérieur à 21,86%.

Pour la **commercialisation**, les moules de bouchot sont, en Normandie, majoritairement destinées aux **grandes et moyennes surfaces (GMS)** par l'intermédiaire de grossistes, mais une partie de la production est expédiée à d'autres types de distributeurs comme les poissonneries ou les restaurateurs, ou encore vendue de façon directe (marchés par exemple). La part de moules destinée aux GMS est de à 70 à 75% (CRC Normandie-Mer du Nord, 2015a). Dans les Hauts-de-France, les circuits de vente utilisés sont principalement les marchés locaux dits « de niche », comme la restauration ou les poissonneries.

1.2.4. Pertes de production liées à l'environnement

Comme toute production en milieu naturel ouvert, la mytiliculture est soumise à de nombreuses contraintes environnementales, qui peuvent être sources de mortalité chez les moules et de pertes économiques pour le producteur. Parmi ces contraintes, la **météorologie** peut avoir son importance du fait du risque d'emportement des coquillages par les tempêtes, et ce malgré les filets de catinage, ou même d'emportement ou de déterrement du pieu lui-même. La quantité dans le milieu du **phytoplancton** dont se nourrissent les moules est également déterminante de leur vitesse de croissance (Didierlaurent *et al.*, 2014) et des volumes finaux de production.

De nombreuses espèces présentes dans le milieu peuvent occasionner des pertes de production plus ou moins importantes.

- Les **crépidules** (*Crepidula fornicata*), mollusques gastéropodes marins considérés comme espèce invasive (figure 8a), entrent en compétition trophique avec les moules (Ifremer Environnement, 2009).
- La **sargasse** (*Sargassum muticum*), quant à elle, est une algue originaire du Japon, également invasive (figure 8b). En s'accumulant au pied des parcs mytilicoles (Pien *et al.*, 2016), les sargasses forment des barrages qui limitent la circulation de l'eau et donc l'approvisionnement en alimentation pour les mollusques. Cette accumulation forme également une échelle pour des prédateurs tels que les crabes et les bigorneaux perceurs. Enfin l'enroulement des algues autour des pieux peut arracher les moules et entraîner leur perte dans le milieu (Pien *et al.*, 2016).
- Des **agents pathogènes** vivant dans l'eau, comme *Vibrio splendidus* (Béchemin *et al.*, 2015) ou *Mytilicola intestinalis* (Basuyaux *et al.*, 2011), peuvent également causer de fortes mortalités.

Il est possible de lutter contre les pertes dues aux crépidules et aux sargasses grâce au nettoyage régulier des parcs à moules (Observatoire de la biodiversité et du patrimoine naturel en Bretagne, 2008) qui consiste à racler le sol pour enlever les mollusques et les algues qui s'y fixent. Pour les sargasses, des projets de mise en place de barrages autour des parcs pour les récupérer et les valoriser sont actuellement étudiés (Pien *et al.*, 2016).

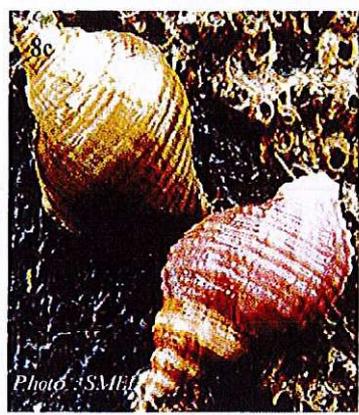
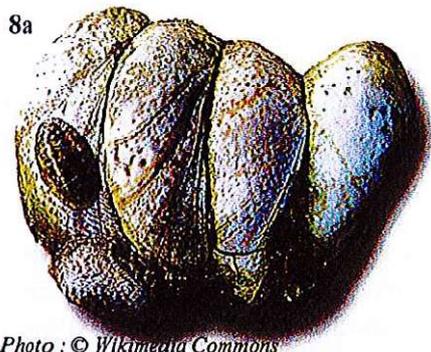


Figure 8 : Espèces présentes dans le milieu et pouvant causer des pertes de production.

8a : Crépiudules *Crepidula fornicata*

8b : Sargasses *Sargassum muticum*

8c : Bigorneau perceur *Nucella lapillus*

8d : Eider à duvet *Somateria millissima*

8e : Macreuse noire *Melanitta nigra*

8f : Goéland argenté *Larus argentatus*

La **prédation** par différentes espèces est enfin source de pertes de production qui peuvent être très préjudiciables pour les professionnels.

- Les **crabes** attaquent le bas des pieux en remontant du sol. Outre les systèmes de type « jupe tahitienne » mis en place sur le bas des pieux pour empêcher les crabes de remonter, la disposition de casiers permet de lutter efficacement contre ce prédateur (Goulletquer *et al.*, 1995).
- Les **bigorneaux perceurs** de type nucelles (*Nucella lapillus*), appartenant à la famille des Muricidés, infestent surtout les cordes à naissain (Basuyaux *et al.*, 2012). Avec la croissance des moules, les nucelles sont amenées au cœur du pieu et disposent d'un abri et d'une source d'alimentation. Comme leur nom l'indique, les bigorneaux perceurs (figure 8c) exercent une prédation en perçant la coquille des moules et en en digérant la chair (première perte), mais parfois la quantité de nucelles au cœur du pieu entraîne le détachement des moules du pieu et donc leur perte totale (Basuyaux *et al.*, 2012). La balnéation des cordes dans une eau de mer sur-salée est une solution de lutte efficace (Basuyaux *et al.*, 2012), en plus de l'entretien des parcs.
- Les **oiseaux** constituent enfin d'importants prédateurs dont la gestion est complexe. En Normandie et Hauts de France, trois espèces d'oiseaux sont sources de préoccupation : deux espèces de canards plongeurs (l'**Eider à duvet** *Somateria mollissima* et la **Macreuse noire** *Melanitta nigra*) et un Laridé (le **Goéland argenté** *Larus argentatus*). Les canards (figures 8d et 8e) exercent une prédation hivernale des moules de toutes tailles. En plongeant, ils peuvent consommer la totalité des moules d'un pieu (CRC Normandie-Mer du Nord, 2015b). Le Goéland argenté (figure 8f) n'est quant à lui pas plongeur et profite de l'émersion partielle des pieux pour consommer les moules (CRC Normandie-Mer du Nord, 2015b).

1.3. La prédation des moules par le Goéland argenté

1.3.1. Le Goéland argenté *Larus argentatus* et son statut de conservation

Le Goéland argenté est une espèce d'oiseau faisant partie du groupe des Laridés, qui comprend de nombreuses espèces de mouettes et goélands. Les espèces communément présentes et cohabitant dans les régions Normandie et Hauts-de-France sont le Goéland marin *Larus marinus*, le Goéland brun *Larus fuscus* et le Goéland cendré *Larus canus*. De même que les autres Laridés, le Goéland argenté *Larus argentatus* niche en grandes colonies sur le littoral. Néanmoins, il est de plus en plus présent dans l'intérieur des terres, surtout en dehors des périodes de nidification (Svensson *et al.*, 2015) qui ont généralement lieu entre avril et juin. En France, l'aire de répartition du Goéland argenté s'étend sur les côtes de la Mer du Nord et de la Manche, et sur la côte Atlantique jusqu'en Charente maritime. C'est ensuite le Goéland leucophée *Larus michaellis* qui occupe le littoral de la Bretagne Sud à l'Espagne et sur les côtes méditerranéennes (quelques couples nichent également en Normandie depuis 1995).

Espèce partiellement migratrice, le Goéland argenté est présent toute l'année sur son aire de répartition, mais les individus sédentaires sont rejoints en période hivernale par des nicheurs de Scandinavie et de la Baltique (Svensson *et al.*, 2015).

La question de l'évolution des populations de goélands est intimement liée à celle des ressources alimentaires. Les goélands sont à la fois prédateurs et charognards, et **exploitent pour s'alimenter aussi bien les milieux marins que littoraux et continentaux** (Cadiou et Yésou, 2006). La distance des dortoirs aux lieux nourriciers peut d'ailleurs atteindre quarante kilomètres (Svensson *et al.*, 2015). Ils se nourrissent à la fois de vertébrés, d'invertébrés et de rejets de pêche et le Goéland argenté, omnivore, a également d'autres sources d'alimentation d'origine anthropique comme les ordures ménagères (Washburn *et al.*, 2013).

Le Goéland argenté nichait communément au XIX^{ème} siècle sur le littoral de Picardie, Normandie et Bretagne, atteignant le Morbihan au sud (Henry et Monnat, 1981 cités par Yésou, 2003). À partir du milieu du XIX^{ème} siècle, un **premier déclin des effectifs** est observé du fait d'activités humaines telles que la plumasserie et le tir considéré comme sportif, d'où une quasi-disparition de l'espèce des côtes françaises au début du XX^{ème} siècle (Yésou, 2003). À partir des années 1920, un **nouvel essor des populations** est observé, ayant pour cause deux types de facteurs (Spaans *et al.*, 1991 cités par Yésou, 2003 ; Migot, 1987) : d'une part un changement de l'attitude de l'Homme à l'égard des oiseaux marins (traduit par la **protection réglementaire** de certaines espèces et l'arrêt de la collecte des œufs et de la chasse des adultes) et d'autre part la mise à disposition de **nouvelles ressources alimentaires d'origine anthropique** (rejets de pêche chalutière, ordures ménagères dans des décharges à ciel ouvert). À partir de 1965, les effectifs de *Larus argentatus* sont redevenus comparables à ceux du début du XIX^{ème} siècle, mais l'espèce conquiert de nouveaux espaces et notamment les milieux urbain et industriel (Cadiou, 1997). Enfin, un **nouveau déclin est enregistré à la fin des années 1990, toujours observé de nos jours**, dû à la fermeture progressive des décharges à ciel ouvert (Pons, 1992 cité par Yésou, 2003), mais également à d'autres facteurs comme la modification des techniques de pêche (Furness *et al.*, 1988 cités par Yésou, 2003), la mise en place de campagnes de destruction en milieu naturel et en milieu urbain (Cadiou et Jonin, 1997 cités par Yésou, 2003 ; Pons, 2002) et enfin au développement de la prédation par le Goéland marin *L. marinus*.

Les populations de Goéland argenté n'ont donc pas évolué uniquement de façon numérique depuis le XIX^{ème} siècle. **Une modification progressive du régime alimentaire et des zones de nidification a pu être observée et fait apparaître de nouveaux problèmes**, tant écologiques (compétition avec d'autres espèces comme les sternes) qu'humains (nuisances sonores et visuelles dans les villes, problèmes de salubrité publique et problèmes économiques dans les secteurs industriel et agricole).

Comme « l'ensemble des espèces d'oiseaux vivant naturellement à l'état sauvage sur le territoire européen des États membres », le Goéland argenté est une espèce d'intérêt communautaire (art. 4.2. de la Directive 2009/147/EC), Directive qui « a pour objet la protection, la gestion et la régulation de ces espèces et en régleme[n]te l'exploitation » (article 1). Au niveau national, sa conservation est régleme[n]tée par le Code de l'Environnement (articles L411-1 à L412-1 et R411-1 à R412-7) et il est protégé par l'Arrêté ministériel du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. La liste rouge des oiseaux de Basse-Normandie, validée par le CSRPN le 3 octobre 2012, identifie le goéland argenté comme **quasi-menacé en nicheur et en danger en hivernant**. L'espèce est classée sur la **Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine de 2016 en tant qu'espèce quasi-menacée**, c'est-à-dire proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises (UICN France *et al.*, 2016). Le Goéland argenté reste répertorié comme **espèce de préoccupation mineure** sur la **Liste rouge mondiale des espèces menacées** (BirdLife International, 2016).

1.3.2. Moyens employables de limitation des prédatons par les oiseaux en agriculture

Les problèmes que posent l'avifaune notamment vis-à-vis de l'agriculture ne sont pas nouveaux et d'après Clergeau (2000), l'ensemble des interventions de l'homme à ce sujet au fil de l'histoire humaine peut se résumer en deux stratégies : la **protection des sites pour écarter les oiseaux indésirables** et la **destruction des oiseaux pour limiter le nombre d'individus**. Cette deuxième stratégie de régulation de population, bien qu'employée à une époque au Canada (Blokpoel et Tessier, 1987) pour lutter contre le Goéland à bec cerclé *L. delawarensis* (abattage d'individus, collecte des œufs ou dérangement pour les décourager à nicher) ne peut pas être employée dans le cas du Goéland argenté du fait de son statut de protection.

Les méthodes employées dans ce type de situation peuvent donc reposer sur la **protection des cultures à l'aide de systèmes passifs** tels que des filets ou autres dispositifs d'exclusion qui empêchent les oiseaux d'accéder à la culture (Kaplan *et al.*, 1972 ; Treca, 1985 ; Severac et Siegwart, 2013). Les méthodes les plus utilisées restent cependant les méthodes d'**effarouchement**, qui ont pour objectif « *d'empêcher ou d'atténuer les dommages causés par les animaux déprédateurs en réduisant leur désir d'entrer ou de stationner sur un zone où se trouve une ressource* » (Nolte, 1999 cité par Gilsdorf *et al.*, 2002). De très nombreux dispositifs d'effarouchement ont pu être étudiés pour lutter contre des espèces déprédatrices telles que les cormorans en aquaculture (Glahn *et al.*, 2000), les Flamants roses dans les rizières de Camargue (Béchet et Berson, 2007), les Grues cendrées dans les champs de Picardie (Salvi, 2014) ou encore les Bernaches nonnettes dans les prairies d'Écosse (Percival *et al.*, 1997). Quelle que soit l'espèce, on retrouve les mêmes types de dispositifs pour un **effarouchement visuel ou auditif** : tirs à canon, gyrophares, diffusion de cris de détresse, utilisation de rapaces, épouvantails de forme humaine ou de rapace, dispositifs pyrotechniques, laser, rubans affolants, produits chimiques entraînant la dispersion des individus... Par ailleurs, une stratégie d'orientation des populations utilisant l'effarouchement a pu montrer une certaine efficacité pour diverses espèces d'oiseaux. Appelée **stratégie du « push and pull »**, c'est-à-dire « effarouchement ici et attraction là-bas » (Mansson et Nilson, 2014 cités par Salvi, 2014), elle a pour objectif, à défaut de pouvoir diminuer la prédation sur les cultures, de reporter les oiseaux sur des parcelles dédiées (parcelles sacrifiées en échange d'indemnités) afin de préserver les autres parcelles.

Toutes ces méthodes ont cependant le point commun de ne présenter une **efficacité que temporaire** du fait de l'**accoutumance** des oiseaux aux différents dispositifs (Reinhold et Sloan, 1997 ; Gilsdorf *et al.*, 2002 ; Béchet et Berson, 2007). Les solutions pour pallier ce phénomène d'accoutumance sont la **combinaison de différents dispositifs** avec leur **changement de place régulier** d'une part (Reinhold et Sloan, 1997 ; Gilsdorf *et al.*, 2002) et la mise en œuvre de **tirs létaux pour renforcer l'effarouchement** d'autre part (Kirby, 1996 ; Glahn *et al.*, 2000a ; Reinhold et Sloan, 1997 ; Gilsdorf *et al.*, 2002).

Face à toutes ces contraintes, il semble nécessaire de lutter contre les organismes qui causent des dégâts aux productions de façon **intégrée**, c'est-à-dire de **mettre en œuvre en temps opportun une diversité de méthodes de lutte pour réduire les dommages à des niveaux tolérables, et ce de façon rentable** pour les usagers du site (Gilsdorf *et al.*, 2002). Ces méthodes doivent aussi être **acceptables** socialement et pour la protection de l'environnement.

1.3.3. Gestion du Goéland argenté en Normandie et Hauts de France pour limiter la prédation des moules

En Normandie et Hauts de France, diverses méthodes sont actuellement employées pour réduire la prédation des moules de bouchot par le Goéland argenté. Des systèmes passifs de type filet (filets souples ou rigides), gaines (gaine à dorade ou Catiprotect®) ou rubans affolants sont couramment utilisés (CRC Normandie-Mer du Nord, 2015).

L'utilisation de méthodes actives de type « effarouchement » et « tir » nécessite, au regard du statut de protection de l'espèce, l'obtention de dérogations au régime stricte de protection du Goéland argenté. Elles peuvent être accordées, « pour prévenir de dommages importants notamment aux cultures et à l'élevage » et « à condition qu'il n'existe pas d'autre solution satisfaisante (...) et que la dérogation ne nuise pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle » (article L411-2 §4 du Code de l'Environnement). Ces dérogations sont accordées, sur **avis préalable du Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN)**, par un **Arrêté préfectoral** qui autorise à réaliser des opérations d'effarouchement des oiseaux par des **tirs à blanc** réalisés par les mytiliculteurs et ponctuellement par des **tirs létaux** réalisés alors par des agents de l'ONCFS en Normandie et par les mytiliculteurs en Hauts de France (Préfet de la Manche, 2017 ; Préfet du Pas-de-Calais, 2017). Les effarouchements et les tirs réalisés à bord de navires à moteur nécessitent des autorisations délivrées à titre individuel de détention et d'utilisation d'armes à feu à bord des bateaux concernés. Des statuts de protection spécifiques à certains territoires comme la réserve de chasse maritime, la Zone de Protection Spéciale (Natura 2000 directive oiseaux) et la Zone Spéciale de Conservation (Natura 2000 directive habitats) de l'archipel des îles Chausey conduisent également à des dérogations dédiées pour l'effarouchement et le tir de goélands argentés. L'une des actions détaillées dans le Document d'objectif de la Zone de Protection Spéciale de l'Archipel des îles Chausey est d'ailleurs « *d'améliorer la cohabitation entre les activités professionnelles et l'avifaune d'intérêt communautaire* » avec la « *recherche d'une compatibilité optimale entre la conservation des oiseaux et les activités professionnelles* ».

Depuis 2000, un groupe de travail a été mis en place dans la Manche afin de traiter de la question de la prédation par les oiseaux (macreuses, eiders et goélands). Il comprenait initialement les services de l'État (DREAL et DDTM), l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS), le Groupe Ornithologique Normand (GONm) et le CRC Normandie-Mer du Nord. Aujourd'hui d'autres acteurs l'ont intégré : le Conservatoire du Littoral, le Syndicat Mixte des Espaces Littoraux de la Manche (SyMEL), l'Agence Française de la Biodiversité et la Réserve Naturelle Nationale de Beauguillot. Ce groupe de travail a pour rôle de trouver les modes opératoires les moins impactants pour les populations d'oiseaux concernées et, quand c'est le cas, pour les espèces et les habitats en présence ayant permis la désignation des sites en zone Natura 2000 (en particulier les Zones de Protection Spéciale) ; et les plus efficaces pour la préservation de la production mytilicole, afin de concilier enjeux économiques et patrimoine naturel. Il apporte notamment un avis consultatif sur les demandes faites par le CRC de régulations de populations d'oiseaux prédateurs sur les concessions mytilicoles par la mise en place de battues administratives (cas des macreuses et eiders), d'opérations de tirs létaux (cas des goélands argentés) et d'effarouchement. La collaboration entre les différents acteurs du groupe a ainsi permis la mise en place depuis 2003 des mesures évoquées ci-dessus. Il a aussi un rôle de veille et d'échanges sur les connaissances liées à cette problématique.

1.4. Questions et objectifs

Aujourd'hui, le suivi du phénomène de prédation permet de disposer d'une certaine quantité de résultats concernant notamment l'évolution quantitative des pertes de moules, la caractérisation des prédatons et de leur impact économique. Il apparaît cependant nécessaire de synthétiser les suivis et expérimentations réalisés et de compléter l'analyse par l'apport de nouvelles données, afin d'avoir une meilleure connaissance du phénomène de prédation, de son impact économique et des moyens de limitation de la prédation mis en place. Ces données permettront notamment d'objectiver les bilans actuellement réalisés dans le cadre des demandes de dérogations d'effarouchement et de tirs de goélands argentés et d'évaluer la pertinence des dispositifs mis en place pour limiter la prédation.

Il se pose ainsi les questions suivantes :

Quelles sont les caractéristiques de la prédation des moules par le Goéland argenté, notamment par rapport à d'autres types de perte ?

Quels sont les impacts économiques causés par cette prédation sur les entreprises mytilicoles en Normandie et Hauts-de-France, en relation notamment avec les déclarations faites par les mytiliculteurs ?

Quels moyens de lutte peuvent permettre de réduire la prédation par le Goéland argenté sans affecter de manière significative les populations de cette espèce et l'environnement d'une manière générale dans le cadre d'un modèle technique, économique, social et environnemental viable ?

Il en découle trois objectifs :

1) Caractériser la prédation des moules par les goélands

La caractérisation de la population de goélands présente sur les concessions mytilicoles et de la prédation (saisonnalité, cyclicité, localisation, type de moules prédatées, comportement,...) permettra de différencier l'origine des pertes observées et d'optimiser l'utilisation des systèmes de limitation de la prédation (que protéger, où, quand et comment).

2) Évaluer l'impact économique sur les entreprises mytilicoles de la prédation par les goélands

Cet impact économique correspond à la quantification des pertes de production liées à la prédation par les goélands, aux coûts de remplacement des cheptels perdus quand cela est possible et aux dépenses liées à la mise en œuvre des systèmes de limitation de la prédation. L'évaluation des différents coûts engendrés permettra de savoir le niveau de préoccupation à accorder à cette cause de perte de production et donc l'effort à fournir pour la mise en place de systèmes de limitation de la prédation (notamment en termes de coût de mise en œuvre).

3) Recenser et diagnostiquer les moyens employés pour limiter la prédation

Un état des lieux des différents moyens de limitation de la prédation actuellement utilisés et de leurs avantages et inconvénients permettra de déterminer lesquels sont les plus adaptés et les conditions optimales de leur utilisation. Leur efficacité et leur efficience pourront ainsi être déterminées, l'efficacité étant le rapport entre les résultats de réduction des pertes et l'objectif de limiter la prédation et l'efficience étant le rapport entre les résultats de réduction des pertes et les coûts (technique, économique, social et environnemental) de mise en œuvre du système.

2. Matériel et méthodes

2.1. Cadre de l'étude

L'étude concerne l'ensemble de la circonscription du CRC Normandie-Mer du Nord, et plus précisément le domaine mytilicole compris entre le Mont Saint-Michel et la frontière belge (culture des moules de bouchot présentes dans les départements de la Manche, de la Somme, du Pas-de-Calais), mais le département de la Manche est plus particulièrement ciblé. Les concessionnaires concernés sont au nombre de cent trente, dont cent dix sont situés dans la Manche, quatorze dans la Somme et six dans le Pas-de-Calais.

Deux secteurs ont été définis pour un suivi plus approfondi (figure 9) : le secteur de Donville-les-bains (côte ouest de la Manche) et l'archipel des îles Chausey (archipel constitué d'une cinquantaine d'îles et d'une multitude d'îlots, situé au large de la côte occidentale de la Manche). Le secteur de Donville est constitué de dix concessions mytilicoles appartenant à quatre concessionnaires (avec un total de 6 080 mètres linéaires de bouchots). L'archipel des îles Chausey comprend seize concessions mytilicoles appartenant à sept concessionnaires (avec un total de 34 210 mètres linéaires de bouchots). La cartographie sur photo aérienne de ces deux bassins de production est visible sur les figures 13 et 14 (pages 14).

Ces secteurs ont été choisis car il s'agit des deux secteurs les plus touchés par la prédation par les goélands dans la Manche, d'après les bilans annuels réalisés par le CRC. Ce sont les deux seuls secteurs qui disposent d'un Arrêté préfectoral de dérogation pour la réalisation de tirs pour destruction de goélands dans ce département.

2.2. Collecte des données

Une **étude bibliographique** a permis dans un premier temps d'avoir des informations sur la caractérisation de la prédation des moules de bouchot par les goélands, sur les dégâts économiques occasionnés et sur les systèmes de limitation de la prédation existants.

Depuis sa mise en place dans les années 2000, le groupe de travail sur la prédation par les oiseaux dans la Manche a collecté une grande quantité d'informations. Plusieurs études et de nombreux constats de terrain ont pu être réalisés par les agents de l'ONCFS et du GONm principalement mais également par la DDTM et le Conservatoire du Littoral pour des constats officiels de prédation. Des questionnaires sont envoyés chaque année aux professionnels pour permettre de suivre les dégâts occasionnés et les moyens de lutte employés. Enfin, le dossier de demande des Arrêtés préfectoraux de dérogation pour autorisation des tirs (effarouchement et tirs létaux), renouvelé chaque année, comprend un état des lieux de la saison en ce qui concerne les systèmes de protection des pieux employés, les opérations d'effarouchement et de tirs létaux de goélands réalisées et les pertes de productions. Ces données n'ont jamais fait l'objet de synthèse et la compilation de toutes les informations disponibles a permis de mettre en évidence les avancées réalisées par le groupe de travail sur la question de la limitation de la prédation par les goélands. Tous les membres du groupe de travail ont été interviewés pour obtenir ces données. Le SMEL (Synergie Mer et Littoral), centre technique d'appui aux filières marines de la Manche, a également été sollicité notamment pour l'évaluation de la production mytilicole.



Source : <https://www.geoportail.gouv.fr/carte>

Figure 9 : Localisation des deux secteurs d'étude.

2.3. Enquêtes

Afin de connaître les pratiques des mytiliculteurs concernés par la prédation par les goélands et la répartition de ces prédatons ainsi que les dégâts occasionnés et la diversité des moyens employés pour limiter la prédation, l'ensemble des concessionnaires des deux secteurs d'étude ont été enquêtés suivant un guide réalisé au préalable.

Le **guide d'enquête** suit les axes suivants :

- **pratiques** des mytiliculteurs en lien avec leur secteur d'exploitation (mode d'accès aux concessions, taux et dates d'ensemencement, fréquence de présence sur les parcs)
- **caractérisation de la prédation** (espèces prédatrices ou causes de pertes, périodes de présence, types de moules prédatées, caractéristiques et emplacement sur les pieux des prédatons, répartition à l'échelle de la concession)
- **moyens passifs de limitation de la prédation** (systèmes de protection des pieux mis en place avec le taux d'équipement de la concession, avantages et inconvénients des différents systèmes, période de présence avec des systèmes passifs)
- **moyens actifs de limitation de la prédation** (réalisation ou non d'effarouchement par tirs à blanc ou par d'autres méthodes, périodes, coût en temps, en main d'œuvre et en matériel, effets observés suite à l'effarouchement ou à la réalisation de tirs létaux)
- **évaluation des pertes** (pertes de production dues à la prédation par les goélands, bilan des coûts induits par la prédation)

2.4. Observations de terrain

Parallèlement aux enquêtes sur les deux secteurs de Donville et de l'archipel des îles Chausey, des observations de terrain ont été réalisées suivant trois protocoles visant d'une part à avoir une meilleure connaissance des pertes de production dues à la prédation par les goélands et d'autre part à évaluer l'efficacité des différents moyens de limitation de la prédation (actifs et passifs). Les trois protocoles répondent aux trois objectifs de l'étude, à savoir la **caractérisation de la prédation**, l'**estimation des pertes** dues à la prédation par les goélands et le **diagnostic de divers systèmes de limitation de la prédation**. Les observations ont été réalisées à raison de deux sorties par semaine à Donville dont les concessions sont facilement accessibles. À Chausey, l'accès aux concessions se fait uniquement par bateau. En marées de vive-eau (marées à coefficient supérieur à 70, de grande amplitude), les mytiliculteurs s'y rendent tous les jours et il a été possible de réaliser deux sorties dans la semaine (une sortie au Centre de l'archipel et l'autre à l'Est). En marées de morte-eau (marées à coefficient inférieur à 70, de faible amplitude), lorsque les mytiliculteurs ne se rendent plus sur les concessions (la mer ne descend pas assez pour leur permettre de travailler), au total trois sorties ont pu être réalisées avec l'aide de Fabrice Gallien, salarié du GONm, qui est souvent amené à se déplacer dans l'archipel pour étudier les populations locales d'oiseaux.

2.4.1. Protocole n°1 : Caractérisation de la prédation par les goélands argentés

2.4.1.1. Identification du Goéland argenté

Même si le Goéland argenté est la **seule espèce de goéland prédatrice des moules** (Debout, 2005 ; CRC Normandie-Mer du Nord, 2015b), des confusions sont possibles avec les autres espèces de Laridés et de Sternidés qui cohabitent. Les adultes des trois espèces de Goéland observables sur les zones d'étude (Goéland marin, Goéland brun et Goéland argenté) sont aisément différenciables par leur apparence (taille, plumage et couleur des pattes notamment, figure 10). L'identification par observation des immatures est quant à elle plus complexe. Les immatures de Laridés présentent en effet des plumages différents selon leur âge (ils acquièrent leur plumage d'adulte au bout de quatre ans) et il existe de deux à quatre classes d'âge selon les espèces (Svensson *et al.*, 2015). Quelle que soit l'espèce, ils ont alors un plumage brun ou barré avec un bec et des pattes aux teintes neutres (figure 11) et le risque de confusion est accru. En ce qui concerne les Laridés, seule la Mouette rieuse *Chroicocephalus ridibundus* (figure 12a) est régulièrement observable sur les concessions à partir de juillet. Pour ce qui est des Sternidés, la Sterne caugek *Sterna sandvicensis* (figure 12b) et la Sterne pierregarin *Sterna hirundo* (figure 12c) peuvent être présentes sur les concessions mytilicoles. Le risque de confusion de ces trois dernières espèces avec le Goéland argenté *Larus argentatus* est cependant très réduit du fait de la différence de taille et de comportement des oiseaux.

2.4.1.2. Suivi par secteur

L'objectif de ce protocole est de caractériser le **comportement du Goéland argenté sur les bouchots de moules lors de la prédation**.

La fréquentation aviaire a été étudiée suivant une méthode similaire à celle utilisée par la LPO dans une étude de la déprédation aviaire (c'est-à-dire des dégâts causés par les oiseaux) sur les bouchots de la Réserve Naturelle Nationale de Moëze-Oléron (Bricout *et al.*, 2015). Ici, les zones d'étude (Donville et Chausey) ont été quadrillées en différents secteurs au sein desquels le **nombre de goélands argentés a été compté à la longue-vue**. Les secteurs (figures 13 et 14) correspondent à des concessions ou parties de concessions dont les pieux découvrent au même moment. Quatre comptages, appelés scans, ont été effectués à différents stades d'une marée (figure 15) :

- Scan 1 : de 2h30 à 1h avant la basse-mer (BM)
- Scan 2 : de 1h à 30 minutes avant la basse-mer
- Scan 3 : de 30 minutes avant la basse-mer à l'heure de la basse-mer
- Scan 4 : de 30 minutes à 1h30 après la basse-mer

Lors des comptages, la proportion entre individus adultes et immatures a été relevée et le nombre de goélands posés sur les pieux a été distingué du nombre de goélands posés sur l'eau. Les **variables environnementales** (météo, intensité du vent et état de la mer, coefficient de marée, moment de la journée) ont été relevées, ainsi que celles liées à la **fréquentation humaine** (présence des professionnels sur leurs concessions, fréquentation touristique).

2.4.1.3. Suivi par individu

Outre le suivi du nombre de goélands en prédation sur les concessions, le **comportement individuel** des oiseaux a été caractérisé. Régulièrement, un individu a été choisi aléatoirement parmi



Photos : Amélie Goulard

Figure 10 : Adultes des trois espèces de Goéland communes sur les secteurs d'étude

10a : Goéland marin *Larus marinus*

10b : Goéland argenté *Larus argentatus*

10c : Goéland brun *Larus fuscus*

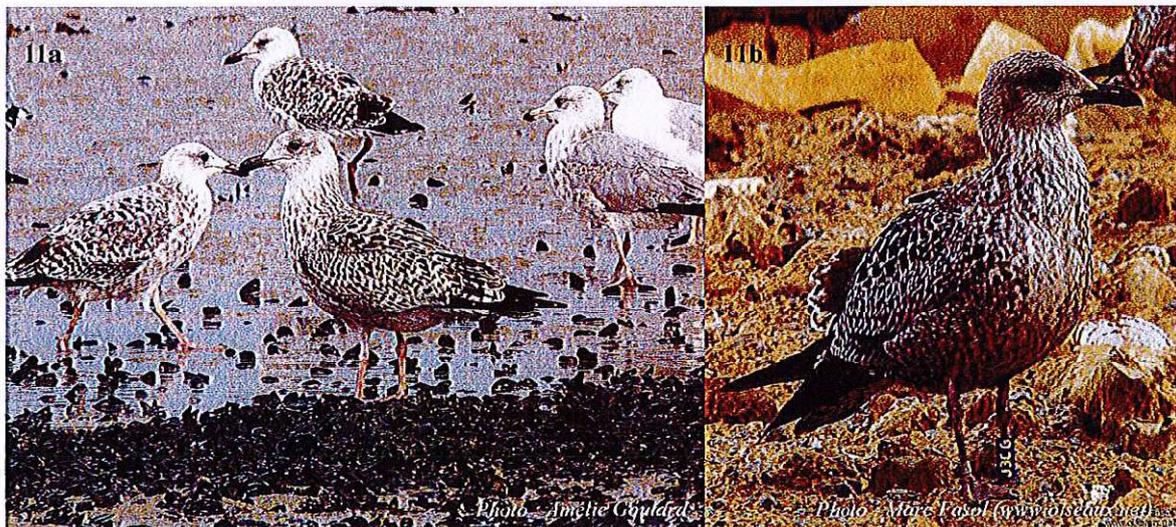
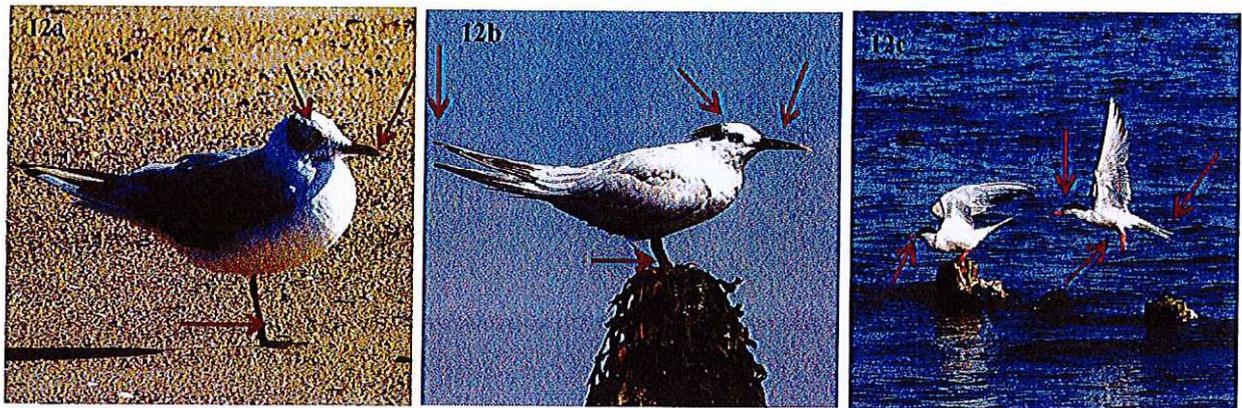


Figure 11 : Immatures des trois espèces de Goéland communes sur les secteurs d'étude

11a : Goéland marin *Larus marinus* (premier plan, au centre) et Goélands argentés *Larus argentatus*

11b : Goéland brun *Larus fuscus*



Photos : Amélie Goulard

Figure 12 : Autres Laridés et Sternidés observables sur les concessions mytilicoles

12a : Mouette rieuse

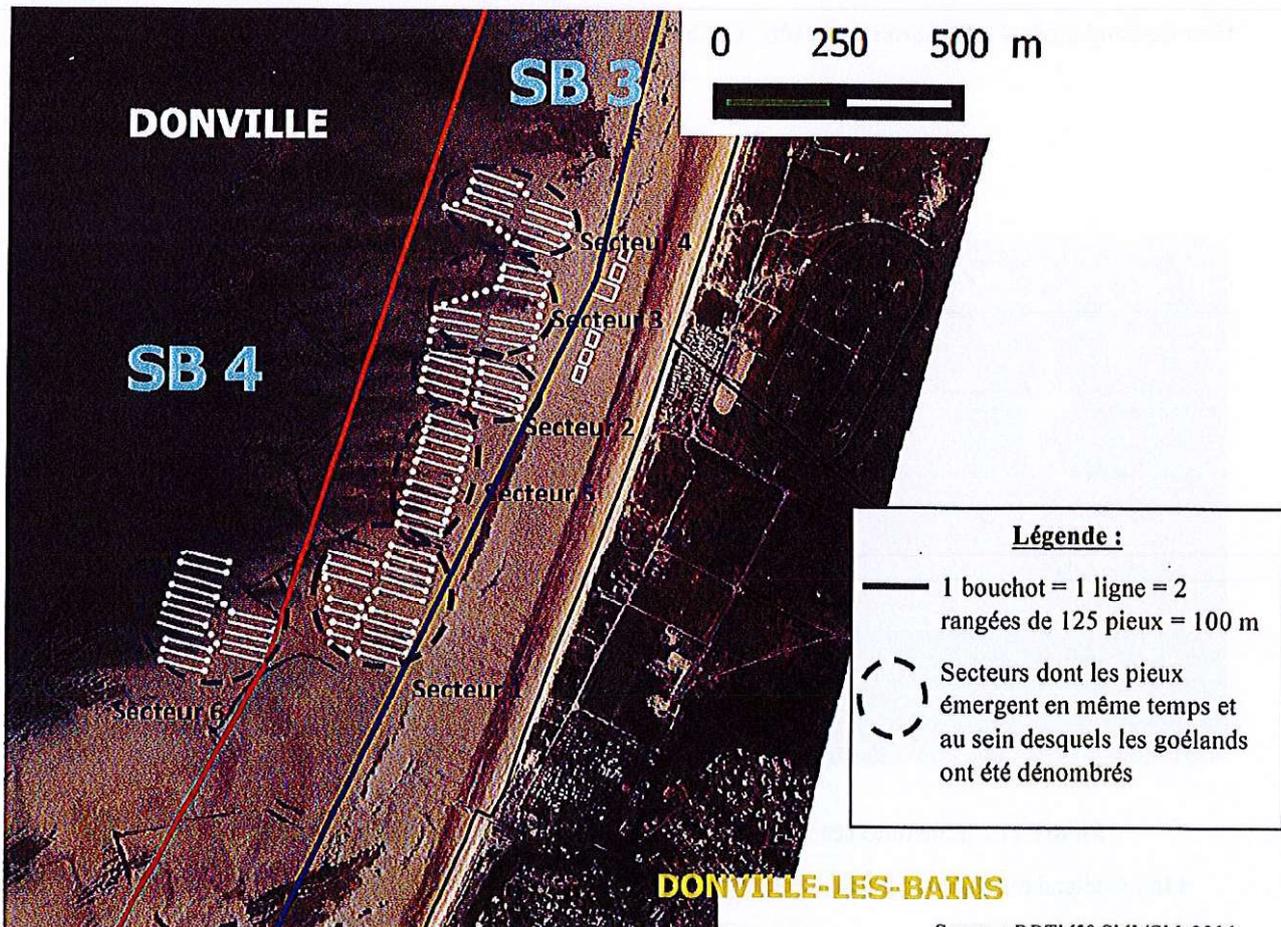
Chroicocephalus ridibundus

12b : Sterne caugek

Sterna sandivicensis

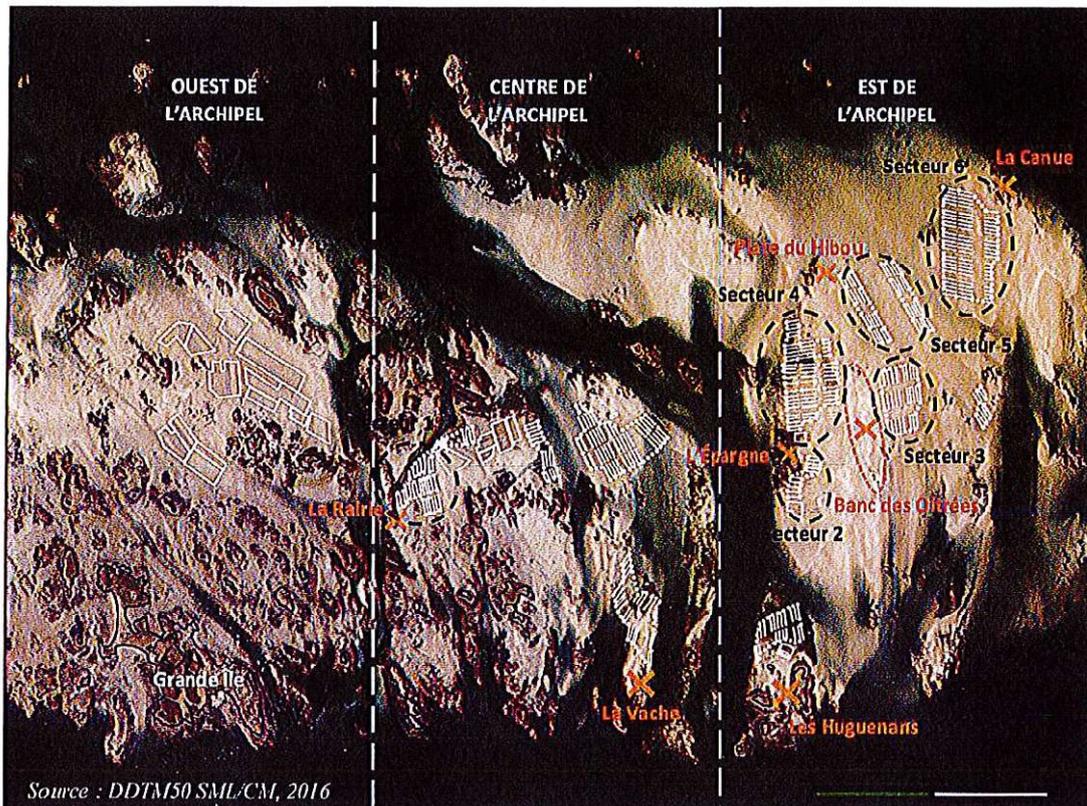
12c : Sterne pierregarin

Sterna hirundo



Source : DDTM50 SML/CM, 2016

Figure 13 : Zone mytilicole de Donville-les-bains et secteurs au sein desquels les goélands argentés ont été dénombrés



Légende :

- 1 bouchot = 1 ligne = 2 rangées de 125 pieux = 100 m
- Concession ostréicole ou vénéricole
- Îlot ou lieu-dit
- Secteurs au sein desquels les goélands ont été dénombrés

Figure 14 : Zone conchylicole de l'archipel des îles Chausey et secteurs au sein desquels les goélands argentés ont été dénombrés

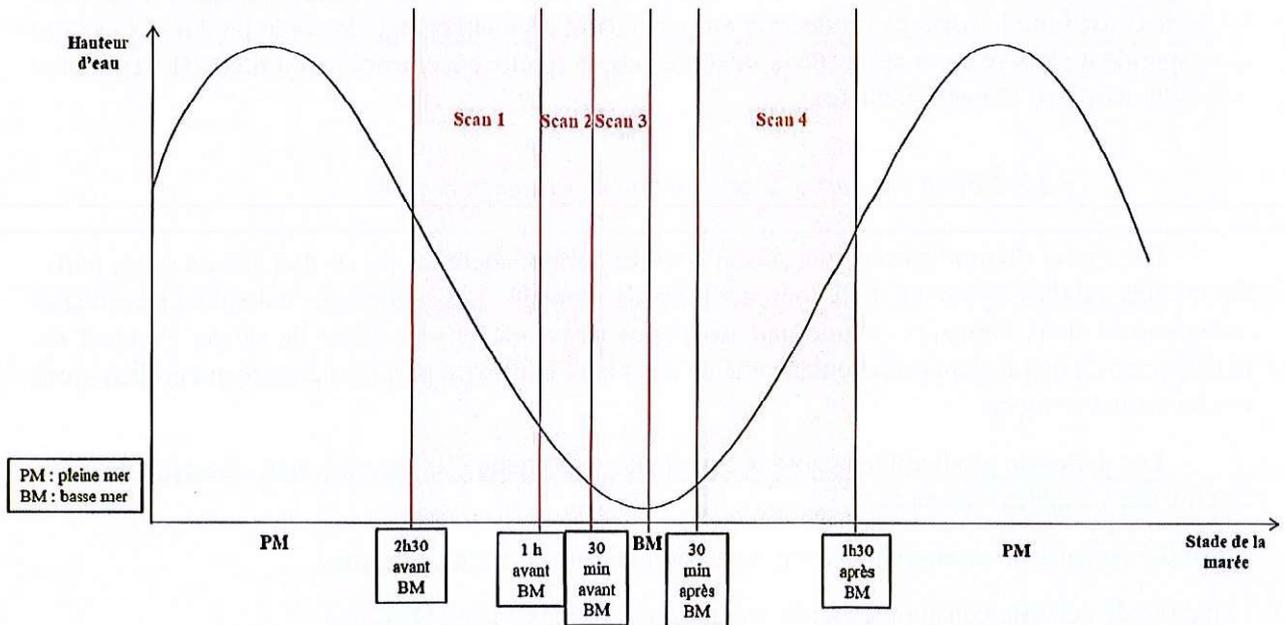


Figure 15 : Évolution de la hauteur d'eau au cours d'une marée de six heures et intervalles de temps au cours desquels ont été réalisés les comptages de goélands argentés

les goélands présents sur les concessions. Il a été suivi à la longue-vue autant que possible et le **part du temps passé à la prédation et celle du temps passé à se reposer ont été déterminés**.

Le **débit de prédation moyen** a également été déterminé, c'est-à-dire la quantité moyenne de moules consommées par individu et par minute. Pour cela, environ 10 oiseaux ont été suivis individuellement pendant quinze minutes et le nombre de moules consommées a été compté. La **taille des moules prélevées** a pu être évaluée par comparaison avec la taille du bec des goélands : le Goéland argenté a un bec d'une longueur moyenne de **52 millimètres** (Le Guillou, comm. pers.).

2.4.2. Protocole n°2 : Estimation des pertes de production dues à la prédation par les goélands

L'estimation des pertes de production est très complexe du fait de la quantité de facteurs liés au milieu qui peuvent intervenir et qui sont imprévisibles. Différents types de prédatons peuvent être distingués. Les goélands peuvent consommer du **naissain** (jeunes moules des cordes en chantier ou récemment enroulées sur les pieux) ou des **moules adultes** (moules en croissance voire de taille commercialisable). Par ailleurs, la prédation peut être **localisée** et donner lieu à des traces visibles sur le pieu telles que des **zones d'absence de moules** (cas d'oiseaux se concentrant sur un pieu) ou avoir lieu de manière plus **éparse** (cas des goélands se déplaçant au milieu des bouchots et prélevant des moules ponctuellement sur l'ensemble des pieux). Plusieurs méthodes d'estimation des pertes ont donc dû être envisagées pour s'adapter aux différentes situations possibles.

2.4.2.1. Prédation de naissain

Dans le cas de dégâts sur les cordes à naissain, qu'elles soient en chantier ou sur pieu, le **pourcentage de corde dont les moules ont été consommées par les goélands a été déterminé** au regard des caractéristiques de prédation évoqués au chapitre 3.1.4. Connaissant la quantité de moules potentielle pouvant être produite par pieu (et donc par corde) dans le secteur considéré, il est alors possible de déduire la perte de production correspondant au pourcentage de corde perdue. Les pertes correspondent dans ce cas à celles de la saison en cours (pieuxensemencés en juillet 2017 et dont la cueillette aura lieu l'année suivante).

2.4.2.2. Bilan des pertes de production de la saison écoulée

Les pertes de production de la saison écoulée comprennent les pertes de naissain et les pertes de moules adultes ayant eu lieu tout au long de l'année. Les pertes de naissain elles-mêmes comprennent deux éléments : d'une part les pertes ayant eu lieu en début de saison et ayant été palliées par un ou plusieurs réensemencements des pieux et d'autre part les pertes ayant eu lieu après ces réensemencements.

Les pertes de production à cause des goélands à l'échelle d'une concession correspondent à la somme des variables suivantes :

- quantité de naissain consommée avant réparation des pieux (notée $Q_{Np,avant}$)
- quantité de naissain consommée après réparation des pieux (notée $Q_{Np,après}$)
- quantité de moules adultes consommées (notée Q_{Ap})

➤ **Obtention des variables**

Chacune des variables a été ramenée à un pourcentage, de manière à obtenir un pourcentage de perte de la production totale de moules.

- La **quantité de naissain consommé avant réparation** des pieux ($Q_{Np,avant}$) est connue grâce aux enquêtes. Elle s'exprime de la façon suivante :

$Q_{Np,avant}$ = Nombre de pieux réensemencés * Pourcentage de corde perdue par pieu réparé

- La **quantité de naissain consommé après réparation** des pieux ($Q_{Np,après}$) correspond aux pertes en têtes de pieu encore visibles en fin de saison. Elle s'exprime de la façon suivante :

$Q_{Np,après}$ = Nombre de pieux touchés * Pourcentage de moules manquantes en tête de pieu

- En ce qui concerne la **quantité de moules adultes consommées** (Q_{Ap}), une approche par mesure de la taille des trous de prédation a été adoptée. Ces trous sont localisées sur la moitié haute du pieu et correspondent à des zones d'absence de moules (figure 16). L'objectif ici a été **d'estimer la quantité de moules consommées par détermination du volume prédaté sur le pieu considéré.**

La quantité de moules correspondant au volume prédaté a été déterminée en **estimant la densité, la taille et la masse moyennes de moules sur le pieu.** Or il existe une importante variabilité de croissance des moules selon leur localisation sur le pieu ou sur l'estran (cf paragraphe 1.2.2.). **Compte tenu de cette forte hétérogénéité, le schéma de variation de taille des moules suivant l'emplacement sur le pieu** (haut, milieu, bas ou couche externe, couche interne) **ou l'emplacement des pieux sur l'estran a été étudié, de façon à adapter la stratégie utilisée pour l'estimation de la quantité de moules consommées par les goélands.** Quatre rangées de cent vingt-cinq pieux ont donc été échantillonnées sur le secteur de Donville, à raison de trois pieux par rangée. Sur chacun des douze pieux échantillonnés, trois prélèvements ont été effectués (haut, milieu et bas du pieu), d'un volume correspondant à la surface d'un carré de sept centimètres de côté (figure 17). Les moules de la couche externe ont été séparées de celles de la couche interne. Au total, soixante-douze prélèvements ont donc été réalisés, dont les moules ont été comptées, mesurées et pesées. La longueur moyenne des moules ainsi que la quantité de moules de chacun des prélèvements ont été déterminées.

Les résultats de cette analyse de la distribution des tailles de moules suivant leur localisation sur les pieux et sur l'estran ont permis de déterminer la méthode induisant le moins de biais possible pour estimer la densité moyenne et la longueur moyenne des moules à l'échelle d'une concession.

➤ **Extrapolation à l'échelle de la concession des pertes de production (naissain et moules adultes)**

Les pertes dues à la prédation par les goélands ne sont pas réparties de façon homogène sur une concession. Or, considérant la taille des concessions, il est difficile de recenser de façon exhaustive toutes les traces de prédation observables. **Plusieurs classes ont donc été constituées suivant le niveau de dégât observé** et chaque rangée de la concession s'est vue attribuer une classe.

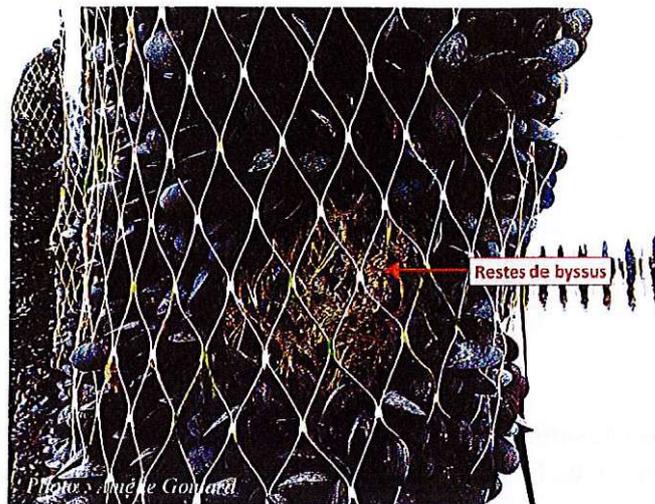


Figure 16 : Zone d'absence de moules due à la prédation par le Goéland argenté

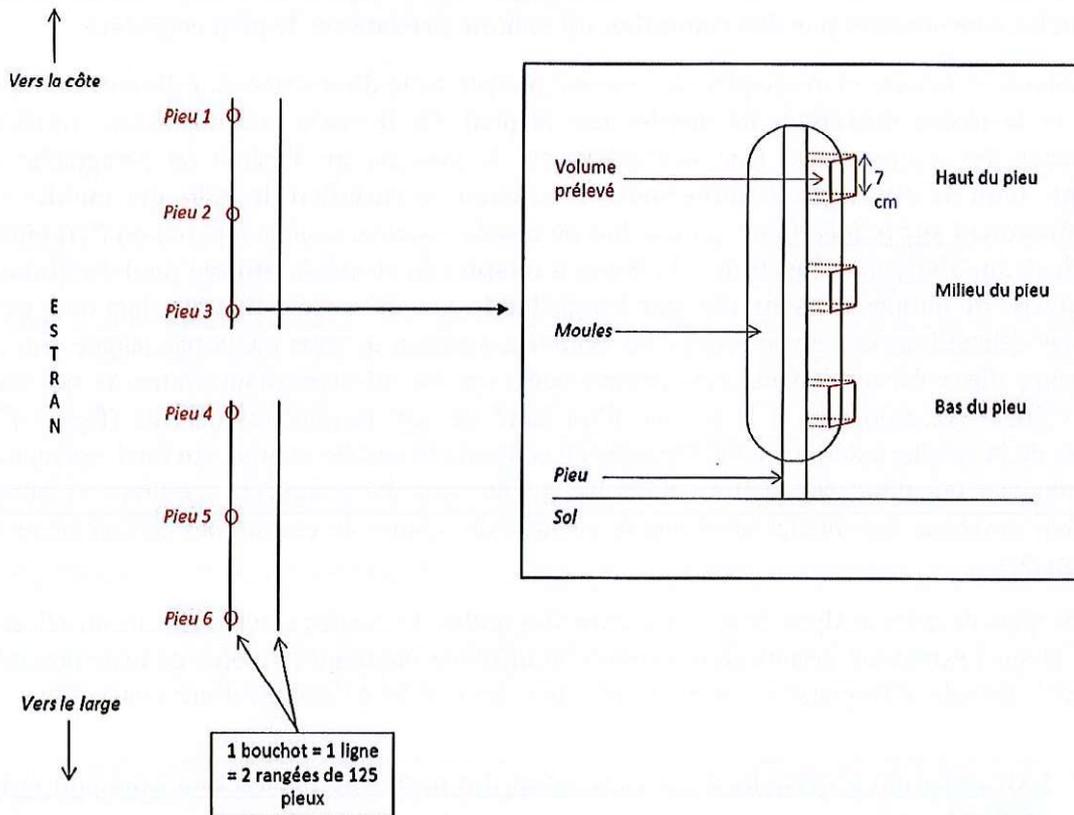


Figure 17 : Schéma représentant la méthode d'échantillonnage utilisée pour étudier la distribution des longueurs des moules en fonction de leur emplacement sur l'estran et sur le pieu

Les classes ont été établies en fonction de la hauteur de moules manquantes en tête de pieu :

- classe 1 : 50 cm manquants
- classe 2 : 30 cm manquants
- classe 3 : 20 cm manquants
- classe 4 : 10 cm manquants
- classe 5 : rangée intacte

Sur une rangée de chaque classe (rangée de référence pour la classe considérée), **les traces de prédation sur le corps du pieu ont été recensées de manière exhaustive** (mesure des volumes prédatés). La densité moyenne et la longueur moyenne des moules de la rangée ont été estimées suivant la méthode mise en place à la suite de l'analyse de la distribution des tailles de moules. Elles ont permis de calculer la biomasse correspondant au volume total prédaté à l'échelle de la rangée.

Les pertes de production calculées pour la rangée de référence de chaque classe ont ensuite été multipliées par le nombre de rangées de la classe en question. **Les pertes de production totales correspondent à la somme des pertes de production de chacune des classes** (figure 18).

2.4.3. Protocole n°3 : Évaluation de l'efficacité des systèmes de limitation de la prédation

2.4.3.1. Systèmes passifs

L'évaluation de l'efficacité des systèmes passifs de limitation de la prédation (filets) a été faite grâce à l'installation de **filets expérimentaux sur trois secteurs** (mêmes secteurs que pour la quantification des pertes) : Donville, Centre de l'archipel des îles Chausey et Est de l'archipel. **Quatre types de systèmes passifs ont été mis en place** au moment de l'ensemencement des pieux (début juillet 2017) : deux filets souples (filet anti-eider et filet anti-macreuse), un filet rigide (gaine à dorade) et une gaine Catiprotect. Chacun des systèmes a été posé sur trois pieux (trois répétitions) et trois pieux témoins ont été laissés sans protection (figure 19). Les systèmes ont été mis en place pour toute la durée de croissance des moules, c'est-à-dire douze à dix-huit mois.

Les pertes causées par la prédation par les goélands argentés ont été quantifiées sur chacun des pieux par **détermination de la longueur de corde consommée**.

Afin d'évaluer l'efficacité des systèmes à plus long terme, une comparaison du rendement des pieux à la récolte sera effectuée. Lors de la cueillette, **le poids net de moules** de chacun des pieux sera donc déterminé. La qualité des moules sera également évaluée par détermination du **taux de remplissage moyen des moules** selon le système dont les pieux étaient équipés.

2.4.3.2. Systèmes actifs

L'efficacité des tirs (tirs d'effarouchement et tirs létaux) a été évaluée par comparaison du comportement des oiseaux avant et après opération de tir. Le même protocole a été suivi qu'il s'agisse de tirs à blanc ou de tirs létaux.

Avant effarouchement :

- Relevé du nombre de goélands sur l'ensemble de la zone mytilicole
- Relevé du nombre de goélands sur le secteur visé par l'effarouchement

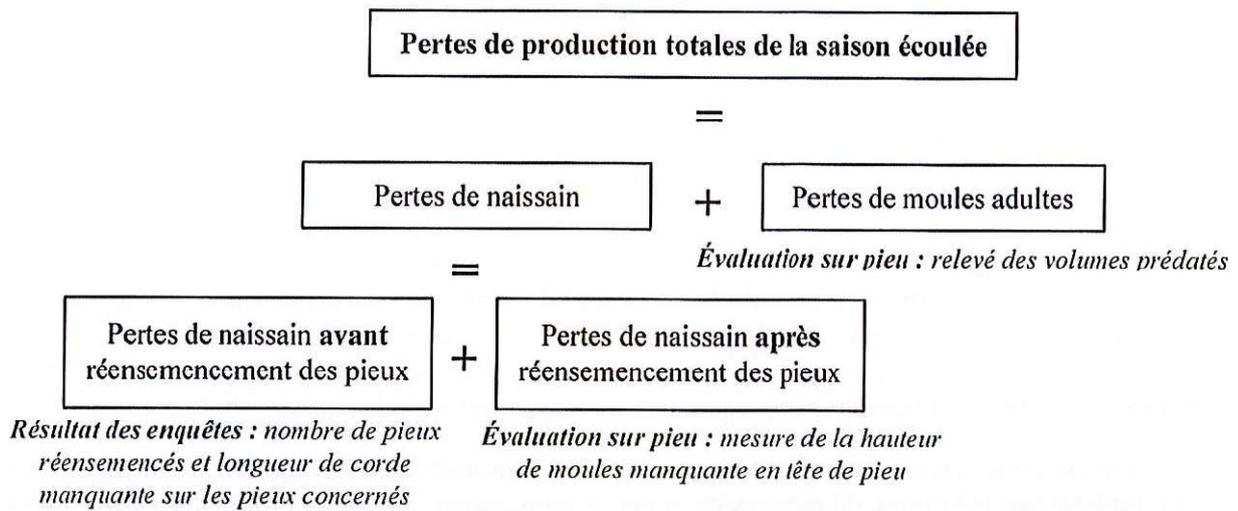


Figure 18 : Composantes des pertes de production totales de la saison écoulée et méthodes de détermination associées

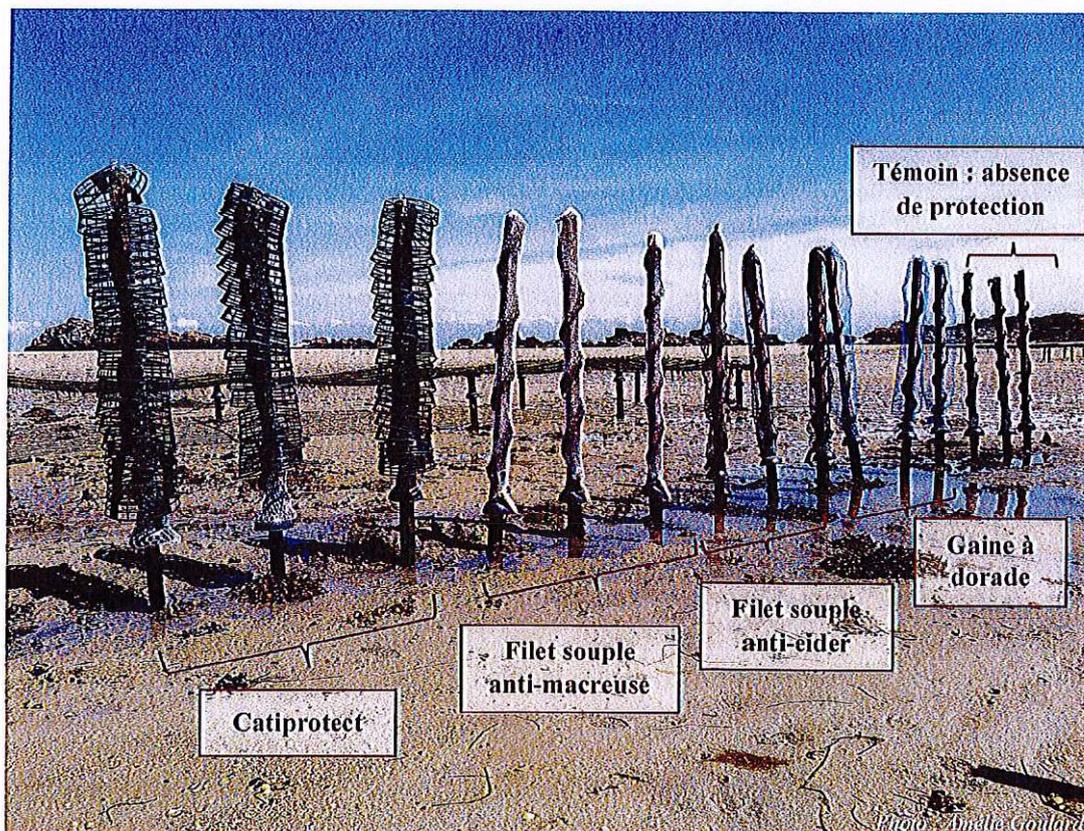


Figure 19 : Systèmes expérimentaux de protection des pieux contre la prédation par le Goéland argenté, mis en place à Chausey et Donville

- Évaluation de la distance d'approche avant envol des goélands

Pendant et après effarouchement

- Comptage du nombre d'oiseaux en fuite
- Détermination de la direction ou zone de fuite (départ définitif du secteur, report sur une autre concession, repos à proximité des concessions)
- Relevé de la durée écoulée avant retour sur le secteur visé par le tir et reprise de la prédation

Dans le cas des tirs létaux, la fréquentation aviaire des bouchots et la distance d'approche avant envol des oiseaux ont également été évaluées dans les jours suivant l'opération et lors de l'opération de tirs suivante.

Les distances d'approche avant envol des goélands ont été estimées en utilisant les espacements des rangées et lignes de bouchot (fixées par le Schéma des structures des exploitations de cultures marines) comme étalon de mesure.

2.4.4. Traitement des résultats

Les résultats des données de comptages et d'échantillonnage ont d'abord été traités avec le logiciel R, avant d'être exportés au format Excel pour les représentations graphiques.

Tous les calculs de pertes de production ont été réalisés avec le logiciel R.

3. Résultats

Les résultats sont présentés au regard des trois objectifs fixés :

- 1) Caractériser la prédation des moules par les goélands,
- 2) Évaluer l'impact des dégâts économiques sur les entreprises mytilicoles causés par la prédation due aux goélands,
- 3) Recenser et diagnostiquer les moyens employés de limitation de la prédation.

3.1. Caractériser la prédation des moules par les goélands

Il s'agit tout d'abord d'apporter des éléments sur les caractéristiques des populations de goélands argentés fréquentant les concessions mytilicoles (origine, saisonnalité, nombre, répartition) et sur la prédation, en particulier sur les deux sites d'expérimentation. Les caractéristiques du comportement du goéland lorsqu'il se nourrit de moules sera ensuite évoqué. Ces observations complétées d'autres constats permettront de définir le phénomène de prédation des moules par les goélands au regard notamment d'autres types de pertes de moules.

3.1.1. Origine des goélands argentés présents sur les concessions mytilicoles

La présence et l'importance des goélands argentés est très variable d'un secteur de production mytilicole à un autre. La **proximité de sites de nidification** et de zones de production mytilicole conduit généralement à une présence plus importante des goélands sur les concessions (Baie de

Somme, Granville et Chausey). Cela peut être aussi le cas de **proximité avec une ressource alimentaire** comme le site d'enfouissement de déchets à Dannes dans le Pas de Calais situé à moins de 5 kilomètres des concessions mytilicoles les plus proches. La proximité de friches portuaires servant à la fois de site de repos et d'alimentation pour cette espèce influe également sur les prédatons observées sur les zones de production de moules de bouchot avoisinantes. Ces populations locales sont le plus souvent accompagnées **de groupes migrateurs** à certaines périodes de l'année.

À Chausey, la colonie nicheuse compte aujourd'hui 450 couples (Gallien, comm. pers.). Après avoir connu une forte progression jusqu'au début des années 1990, atteignant alors 3000 couples (Debout, 2005), elle est depuis cette date en déclin notamment en raison de la compétition territoriale avec le Goéland marin qui colonise les îlots autrefois occupés par le Goéland argenté (Gallien et Debout, 2015). Une partie de la colonie nidifie à l'extrémité de la **Grande Île**, tandis que d'autres couples nidifient sur un îlot du Centre de l'archipel appelé la **Petite Ancre** (Gallien, comm. pers. ; figure 20).

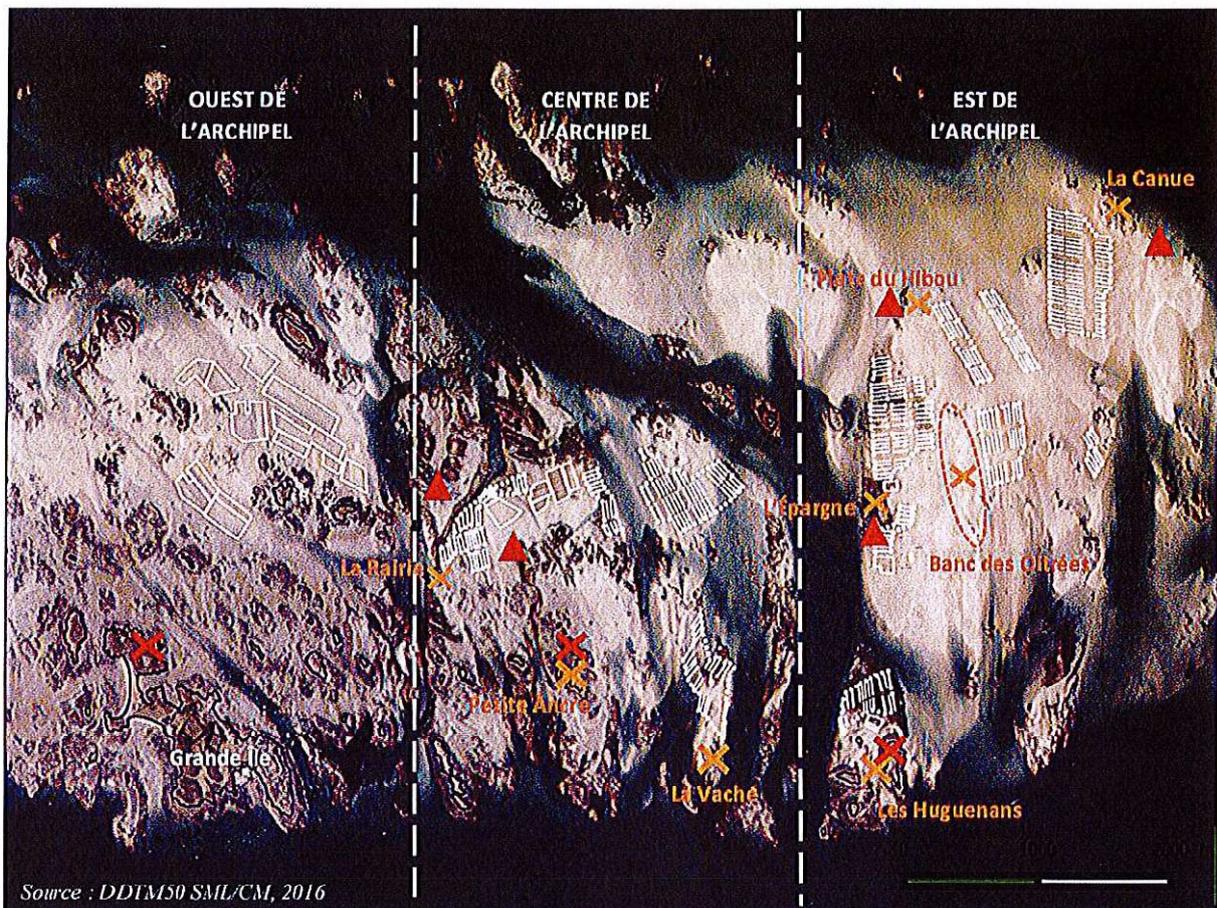
Comme beaucoup de villes portuaires, **Granville abrite une colonie d'au moins 400 couples nicheurs** (Alamargot, comm. pers.). Afin de limiter les nuisances sonores et pour préserver la salubrité publique, des campagnes de stérilisation des œufs sont engagées depuis deux ans à la demande des riverains. En 2017, 441 œufs ont été stérilisés sur les toits de Granville (Alamargot, comm. pers.). De plus, d'autres individus de Goéland argenté viennent aussi se nourrir à proximité du port de pêche Granville, sans pour autant appartenir à la colonie nicheuse (Alamargot, comm. pers.).

Outre les individus reproducteurs, les **immatures de moins de quatre ans se rassemblent et forment des groupes appelés « clubs »** (Gallien, comm. pers.). Dans l'attente d'intégrer une colonie nicheuse, ils se déplacent en fonction de la disponibilité en nourriture. À partir de la mi-juillet, les **juvéniles** (jeunes de l'année à l'envol) **se joignent aux adultes nicheurs**. Enfin, aux périodes de migration (en septembre et en février), **les nicheurs sont également rejoints par des individus migrants** provenant notamment des îles anglo-normandes (Jersey, Guernesey), d'Angleterre ou encore des Pays-Bas (Debout, 2005).

3.1.2. Saisonnalité et répartition spatiale des goélands et de la prédation

D'après les enquêtes des mytiliculteurs, **la prédation des moules par les goélands argentés intervient principalement en période estivale**, c'est-à-dire de juillet à septembre ou octobre. Cette période correspond à l'ensemencement des bouchots avec le naissain que les goélands semblent préférer du fait de la taille des moules. Cependant, depuis environ cinq ans, **les oiseaux tendent à être présents toute l'année et à consommer des moules de toutes tailles** et une **évolution de l'époque des prédatons** est observée. Ainsi, les prédatons sont observées à partir d'avril et se prolongent jusqu'en novembre. Les effectifs de goélands peuvent varier de quelques dizaines à plusieurs milliers d'individus sur les concessions, selon l'époque de l'année et le secteur.

La figure 21 fait le bilan des déclarations des mytiliculteurs enquêtés en ce qui concerne l'évolution de la prédation en lien avec le cycle de production des moules de bouchot. Les effectifs de goélands sont très variables d'un secteur à un autre, mais les mêmes tendances d'évolution au cours de l'année sont observables quelle que soit la région : malgré une présence des goélands qui tend de plus en plus à avoir lieu toute l'année et une prédation qui s'opère du printemps à l'automne, il ressort tout de même que la période estivale est la plus préoccupante pour les mytiliculteurs.



Légende :

— 1 bouchot = 1 ligne = 2 rangées de 125 pieux = 100 m

□ Concession ostréicole ou vénéricole

✕ Îlot ou lieu-dit

✕ Aire de nidification de goélands argentés

▲ Aire d'attente des goélands

Figure 20 : Localisation des colonies nicheuses de Goéland argenté dans l'archipel des îles Chausey et de leurs aires d'attente à proximité des concessions mytilicoles

À Chausey et Donville, les observations de terrain ont permis d'étudier de manière plus approfondie la **fréquentation des bouchots par les goélands argentés et son évolution sur plusieurs mois**. Ainsi, entre fin mai et fin juillet, quinze journées d'observations ont été réalisées à Donville et quatorze journées à Chausey (sept au Centre et sept à l'Est de l'archipel). Les figures 22 et 23 présentent les effectifs totaux de goélands argentés qui y ont été observés. Les graphiques ont été réalisés à partir des données présentées en **annexe 1**. Dans le cas de Chausey, l'ensemble de l'archipel n'a pas été couvert par les observations à cause de sa surface et compte tenu de l'éloignement des différentes concessions entre elles. Les effectifs du Centre de l'archipel correspondent donc à une seule concession (secteur 1 de la figure 13, page 14) tandis que celles réalisées à l'Est de l'archipel correspondent à six concessions (secteurs 2 à 6 de la figure 13).

À Donville comme à Chausey, il a été observé des effectifs de goélands relativement importants entre mi-mai et fin juin, avant une baisse en juillet, inhabituelle d'après les mytiliculteurs.

À Donville, entre mi-mai et fin juin, les effectifs moyens de goélands argentés à l'échelle d'une journée sur l'ensemble de la zone mytilicole (qui représente **6 080 mètres de linéaire de bouchots**) sont compris entre **30 et 60 individus**. Le nombre maximal de goélands observés en une marée n'a pas dépassé **70 individus** (figure 22).

Au **Centre de l'archipel** des îles Chausey (secteur 1, **2 600 mètres de linéaire de bouchots**), le nombre moyen de goélands argentés par journée d'observation sur la concession étudiée est très variable, compris entre moins de **10 et 50 individus**. Il a toutefois pu être observé jusqu'à **70 oiseaux** sur cette concession (figure 23a).

Enfin, à **l'Est de l'archipel** (secteurs 2 à 6, d'un total de **22 500 mètres de linéaire de bouchots**), les effectifs ayant été constatés entre mi-mai et fin juin sont généralement compris entre **200 et 300 individus**, mais il a pu y être observé **plus de 550 goélands** (figure 23b).

3.1.3. Comportement du Goéland argenté sur les concessions mytilicoles

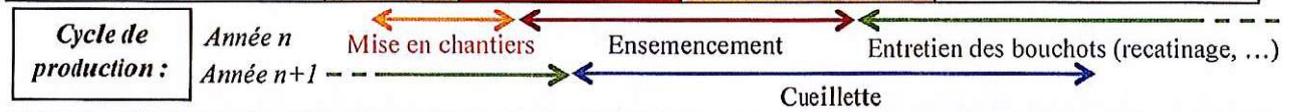
3.1.3.1. Évolution de la fréquentation des bouchots au cours d'une marée

Outre la variabilité temporelle, le niveau de prédation est plus ou moins important selon les concessions ainsi qu'au sein d'une même concession. Quel que soit le secteur mytilicole, **les zones les plus touchées sont celles dont les pieux découvrent le plus tôt à marée descendante**. Grégaires, les oiseaux s'y concentrent alors dès l'apparition des pieux et ont tendance à rester au même endroit pendant toute leur durée d'émersion, même si les bouchots des concessions voisines sont alors également exposés.

À Chausey et Donville, les observations de terrain et les enquêtes des mytiliculteurs ont permis d'établir les secteurs sur lesquels se concentrent les goélands et au sein desquels des dégâts dus à la prédation ont été observés (figure 24).

À Donville, il a donc pu être observé qu'en début de marée, seuls les pieux des secteurs 1 et 2 sont émergés, impliquant la présence de 100% des effectifs de goélands. Or, même lorsque les pieux de tous les secteurs sont émergés, en moyenne 50% des effectifs restent sur les secteurs 1 et 2, tandis que 29% des effectifs sont observés sur le secteur 6 (calculs réalisés à partir des données présentées en **annexe 2**). Au total, ce sont donc près de **80% des effectifs qui sont concentrés sur 38% de la zone mytilicole**, dont les bouchots appartiennent à **deux concessionnaires** des quatre qui y exploitent.

	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
Effectifs de goélands à Chausey (par concession)	50 à 100		100 à 200			50 à 100			< 50			
Effectifs de goélands à Donville (ensemble du secteur)	20 à 50		50 à 100			20 à 50			< 20			
Effectifs de goélands dans les Hauts-de-France (par secteur)	500 à 1 000		2 000 à 3 000			500 à 1 000			< 200			
Intensité de la prédation	Niveau de prédation moyen		Niveau de prédation élevé			Niveau de prédation moyen			Niveau de prédation faible à nul			



Légende :

■ Niveau de prédation élevé ■ Niveau de prédation moyen □ Niveau de prédation faible à nul

* donner les surfaces correspondant aux secteurs / ramener à une surface ?

Figure 21 : Évolution au cours d'une année de la fréquentation des bouchots en Normandie (côte ouest de la Manche et archipel des îles Chausey) et en Hauts de France

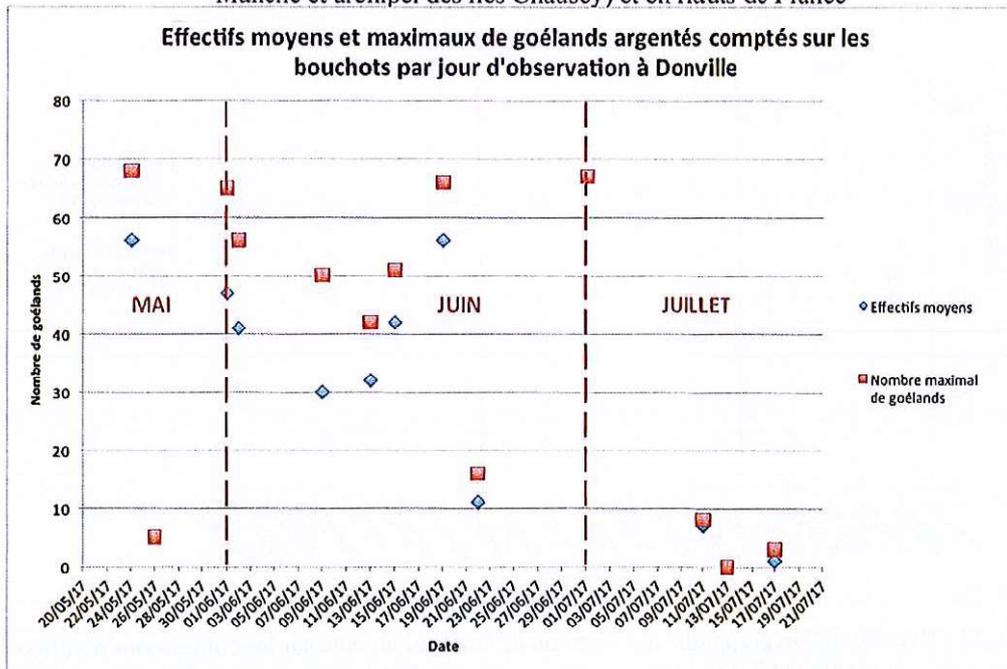


Figure 22 : Représentation graphique des effectifs de Goéland argenté observés sur les concessions mytilicoles de Donville-les-bains entre fin mai et fin juillet 2017.

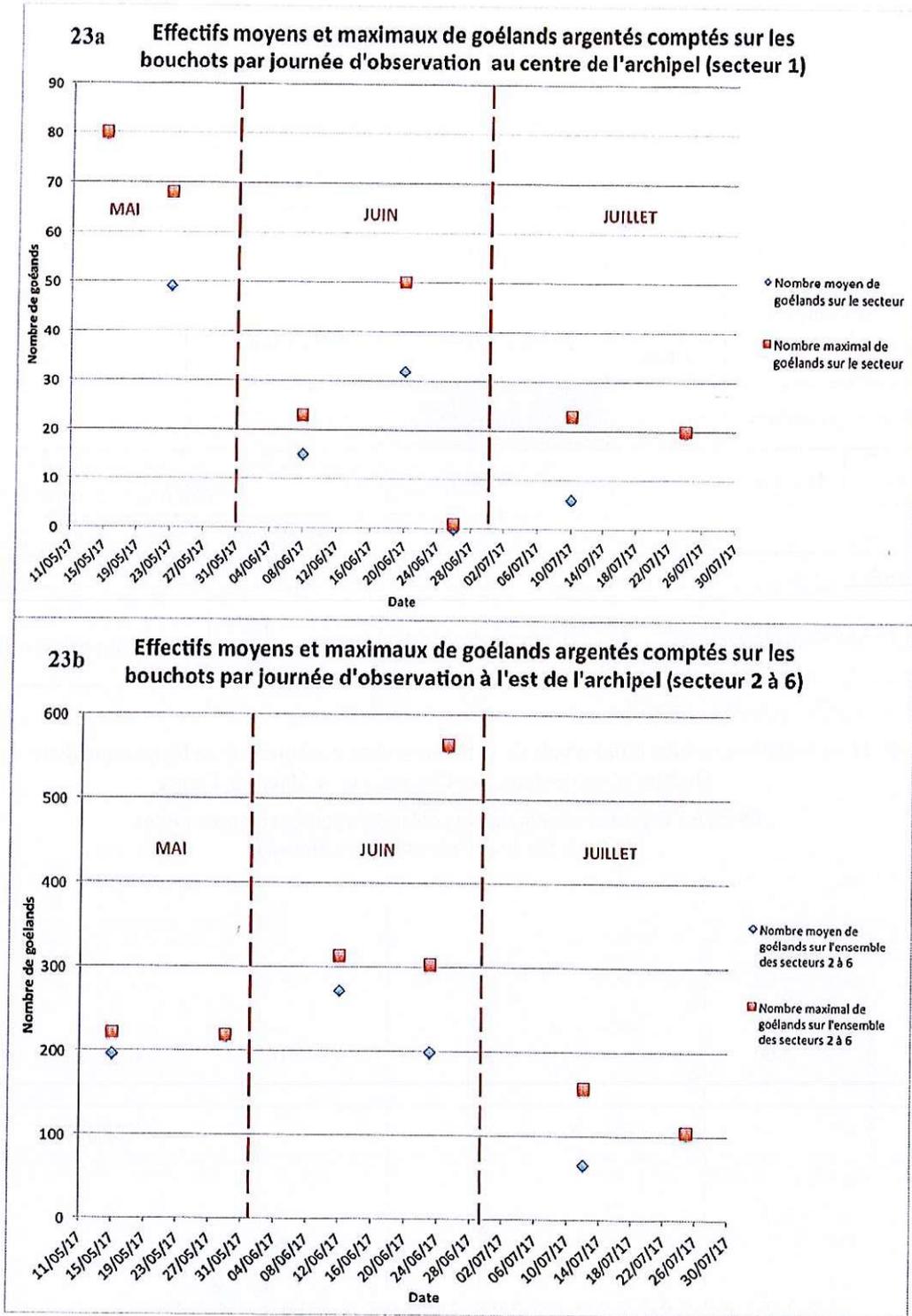


Figure 23 : Représentation graphique des effectifs de Goéland argenté sur les concessions mytilicoles de l'archipel des îles Chausey observés entre fin mai et fin juillet 2017.

23a : Centre de l'archipel

23b : Est de l'archipel

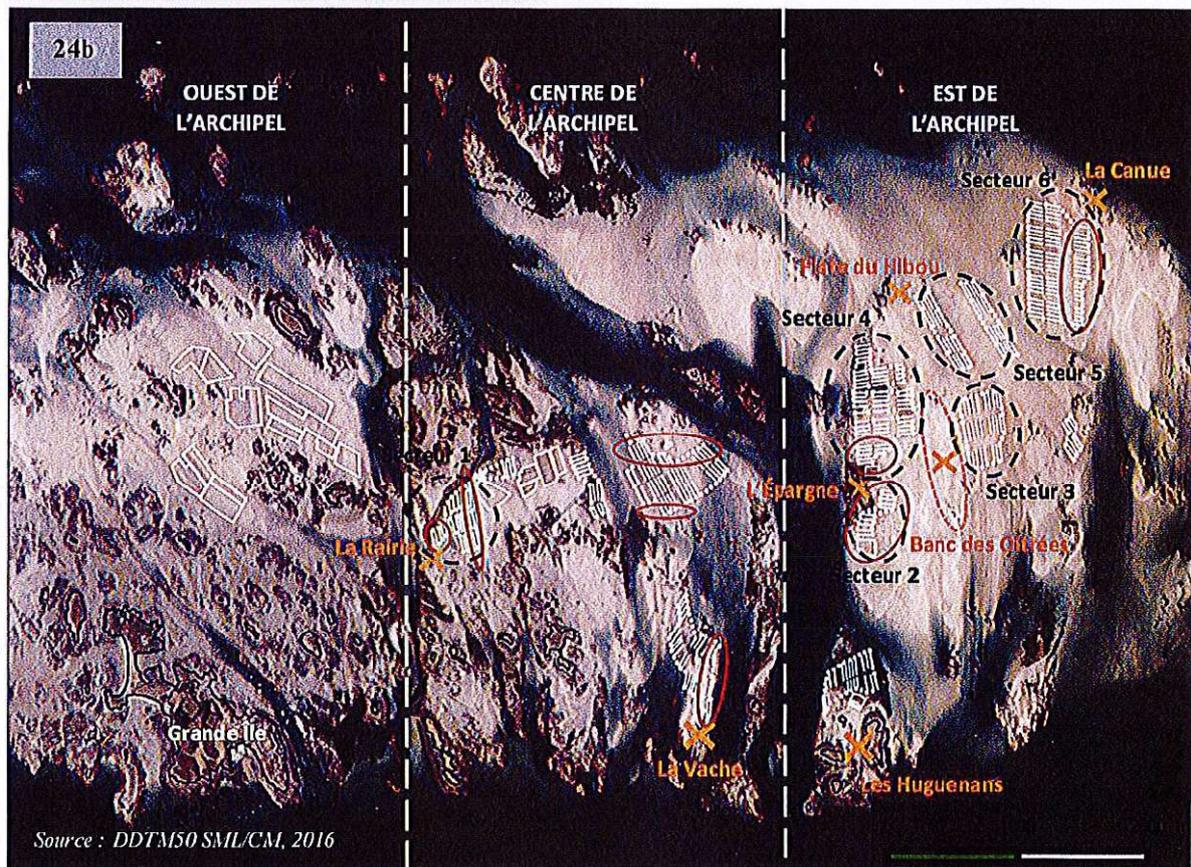
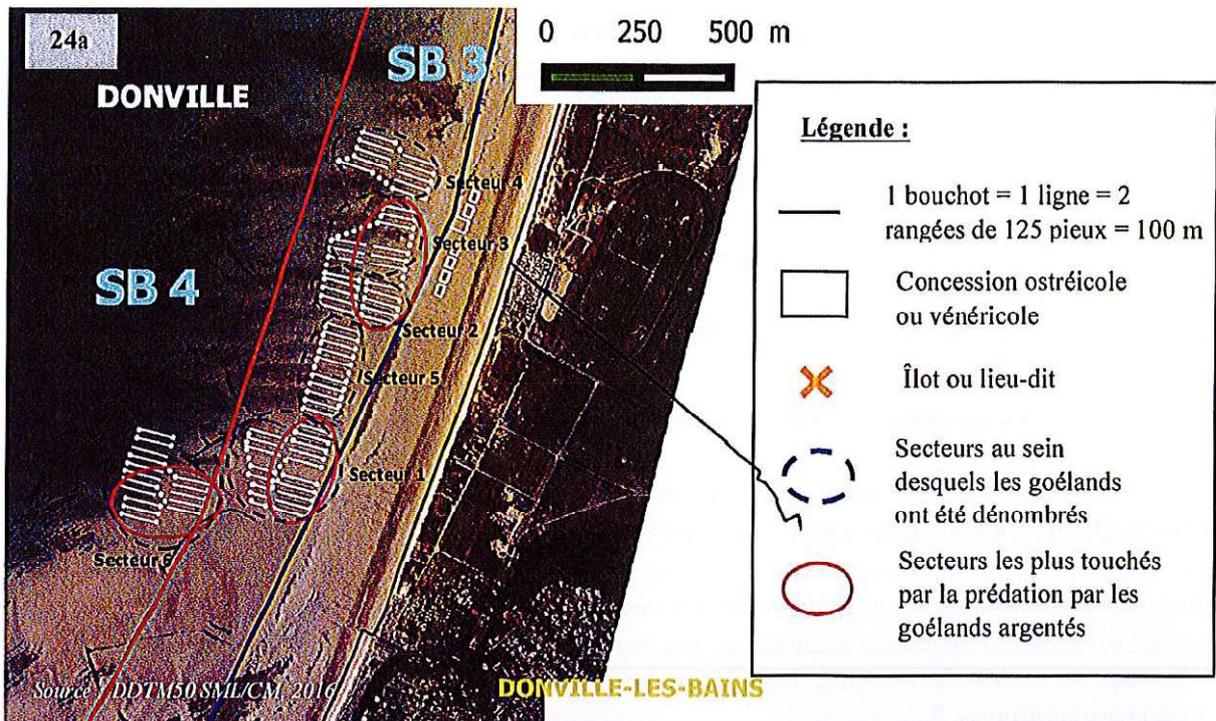


Figure 24 : Secteurs les plus touchés par la prédation des moules par les goélands argentés sur les zones mytilicoles de Donville-les-bains (24a) et de l'archipel des îles Chausey (24b)

Par ailleurs, le nombre total de goélands présents sur la zone mytilicole n'est pas constant au cours d'une marée (données de comptages en **annexe 1**). Ainsi, **en marée de vive-eau**, dans 71% des cas, **la fréquentation est maximale en début de marée (scans 1 et 2), entre le moment où les pieux émergent et 30 minutes avant la basse-mer**. Lorsque la hauteur d'eau est inférieure à la moitié des pieux, les goélands arrêtent la prédation et quittent le secteur pour se reporter sur un secteur dont les pieux sont moins émergés. Ce moment correspond généralement à l'arrivée des mytiliculteurs sur leurs concessions. En marée de **morte-eau**, en revanche, les goélands sont présents dans les bouchots pendant toute la durée d'émersion des pieux et les effectifs sont plus importants à l'approche de la basse-mer. Dans 80% des cas, **le nombre de goélands est maximal entre 30 minutes avant la basse-mer et le moment de la basse-mer (scans 2 et 3)**.

3.1.3.2. Mode de prédation des moules par le Goéland argenté

Les observations ont permis de montrer que **les goélands exercent une prédation principalement en nageant entre les pieux sur toute la longueur du bouchot**. Ils peuvent aussi être observés posés au sommet des pieux pour consommer les moules situées en tête, mais de façon plus minoritaire. Ils sont plus généralement à cet endroit lors d'un épisode de repos où lorsqu'ils sont en état d'alerte (à l'approche d'un bateau par exemple). **Ainsi, la proportion de goélands observés à la nage au cours d'une marée est en moyenne de 68% (+/- 18%)**. Les données de comptages sont présentées en **annexe 3**.

Au cours d'un cycle de marée, les goélands n'exercent pas une prédation en continu mais alternent épisodes de prédation en nageant au milieu des bouchots et épisodes de repos posés au sommet des pieux. En moyenne, un épisode de prédation dure 18 (+/- 5) minutes, pour un épisode de repos de 15 (+/- 3) minutes. Autrement dit, sur un cycle de marée, **les goélands passent environ 60% de leur temps de présence sur les concessions mytilicoles à la prédation des moules**.

Les goélands exercent **trois formes de prédation**. Ils peuvent soit arracher les moules du pieu et les avaler entières, soit donner des coups de bec jusqu'à casser la coquille et n'attraper que la chair, soit enfin arracher des moules du pieu mais les laisser tomber du fait de leur taille trop importante. Il en résulte des traces visibles sur la partie haute des pieux et qui permettent d'affirmer que les pertes observées sont bien causées par des goélands (*cf* paragraphe 3.2.3. suivant).

En dernier lieu, la quantité de moules que les goélands étaient capables de consommer a été étudiée à travers la mesure du **débit de prédation**, c'est-à-dire de **nombre de moules consommées par minute** (*cf* paragraphe 2.4.1.3.). En ce qui concerne les moules adultes, le suivi de dix individus pendant quinze minutes a permis de déterminer que le Goéland argenté consomme en moyenne **2,6 (+/- 1,4) moules adultes par minute**. Les moules consommées sont **de toutes tailles** et d'une longueur pouvant s'élever à 40 ou 50 millimètres. Concernant le naissain, seuls cinq individus ont pu être suivis sur cinq minutes chacun. Le débit de prédation de **naissain** semble beaucoup plus important que dans le cas des moules adultes, avec une valeur moyenne de **17,9 (+/- 2,0) moules par minutes**.

3.1.4. Caractéristiques des dégâts observables sur les pieux et différenciation des pertes dues aux différents prédateurs

Il existe plusieurs causes de pertes de production de moules : les conditions climatiques, les maladies liées à des agents pathogènes (parasites comme *Mytilicola intestinalis* ou bactérie comme *Vibrio splendidus*) et les prédatons dues à différents animaux : eiders à duvet, macreuses noires, goélands argentés, crabes, bigorneaux perceurs, étoiles de mer et dorades.

Des **conditions climatiques exceptionnelles** (forts vents, tempêtes, fortes chaleurs...) peuvent engendrer des pertes ponctuelles de production mytilicole. L'affaiblissement des animaux (mauvaise tenue, moules qui baillent) et des caractéristiques spécifiques (pertes sur la face d'un pieu, déstabilisation globale de la structure pieu-moule-filet) permettent d'identifier ces pertes au-delà des conditions climatiques en elles-mêmes.

Des suivis de la présence de *Mytilicola intestinalis* sont réalisés par le SMEL depuis plusieurs années sur différents sites de production mytilicole de la Manche (Blin, comm. pers.). Le **parasitisme** constaté n'atteint pas de proportions pouvant engendrer des pertes importantes de moules. Des suivis ponctuels dans les Hauts-de-France aboutissent aux mêmes résultats.

Des **mortalités** massives (entre 50 et 85%) ont été observées depuis 2014 sur des secteurs mytilicoles des côtes atlantiques et bretonnes. De tels événements ne sont pas survenus en Normandie et dans les Hauts-de-France, à l'exception du secteur de Oye-Plage – Marck dans le Pas-de-Calais en 2017 avec des mortalités d'environ 65% entre janvier et octobre. En Normandie, des mortalités sporadiques et ponctuelles ont pu être constatées sur des moules adultes entre avril et juin sur certains secteurs de la Côte Ouest de la Manche.

Ces mortalités causent des trous dans les pieux avec des coquilles de moules ouvertes appelées « papillons » (figure 26a) et contenant parfois encore des résidus de chair (figure 26b). De nombreuses coquilles sont également visibles au sol sur toute la longueur de la rangée.

La présence dans les concessions d'**étoiles de mer** et l'observation des prédatons liées à ces animaux sont uniquement constatées dans la zone d'élevage de moules sur filières en eaux profondes au large de Dunkerque, dans le Nord. Ce phénomène reste marginal du moment que les suspentes de moules ne touchent pas le sol.

La **dorade royale** est un poisson grégaire formant des bancs. Elle est particulièrement friande de mollusques et cause d'importants dégâts sur certains types d'élevages conchylicoles (culture à plat et sur filières de moules et d'huîtres) en particulier en Bretagne Sud et en Méditerranée. L'importance des dégâts causés a conduit à la mise en place de travaux de recherche afin de limiter l'impact de la prédation par ces poissons, notamment le programme PREDADOR.

Des prédatons par les dorades royales avaient été un moment suspectées sur la Côte Ouest de la Manche, mais des essais de capture par des filets autour des concessions n'avaient jamais abouti à la confirmation de la présence de dorade et les caractéristiques de la prédation par ce poisson n'ont pas été retrouvées sur les secteurs de production de Normandie et des Hauts-de-France (importance des dégâts, coquilles broyées...).

Les **bigorneaux perceurs**, en particulier *Nucella lapillus*, sont présents dans les cordes de naissain dès le début de l'élevage, soit parce qu'ils sont issus des sites de captage de moules, soit parce qu'ils se sont développées lors de la phase de pré-grossissement sur les chantiers. La croissance des nuelles se fait au même rythme que les moules. Les jeunes animaux (< 5 mm)

consomment plus de moules (1,2 moule/semaine), mais avec une taille plus petite (SMEL, 2001). Aussi la prédation des bigorneaux perceurs sur le naissain reste en général peu visible et relativement homogène sur les cordes, car les bigorneaux ne se sont pas encore regroupés en agrégats.

En revanche, les dégâts causés par les perceurs sur les pieux de moules adultes sont plus évidents, avec notamment la présence de plaques d'œufs ayant éclos, fixées sur le pieu au milieu d'une zone d'absence de moules (figure 27a). Le décrochement des moules des pieux témoigne aussi de la présence de perceurs qui, généralement issus des cordes à naissain, se nourrissent des moules des couches les plus internes (figure 27b). Des trous dans les coquilles peuvent également être observés et sont caractéristiques de la prédation par les bigorneaux perceurs.

Les **crabes** peuvent aussi être responsables de pertes, mais de façon plus minoritaire. Les dégâts sont alors visibles en bas de pieu. Ces dégâts sont observables sur le naissain, entre juin et octobre.

Les **macreuses** et plus rarement les **eiders** peuvent être présents sur les concessions mytilicoles de Normandie (les Hauts-de-France ne sont pas concernés) entre le mois d'août d'une année N au mois d'avril de l'année N+1. Les prédatons des moules ont lieu en général entre novembre et février, mais il a été observé d'importantes prédatons au mois d'avril. Les macreuses et les eiders sont des canards plongeurs, ce qui leur permet d'exercer une prédation sur l'ensemble du pieu (de haut en bas). Grégaires, ces oiseaux se concentrent sur une ou plusieurs rangée(s) de manière systématique, pouvant ne pas toucher aux rangées de pieux adjacents (figure 28).

Les dégâts causés par le **Goéland argenté** ont les caractéristiques suivantes :

- tête de pieu mise à nu, visible sur les pieux récemment ensemencés (figure 25a) ou sur les pieux ensemencés l'année précédente (figure 25b). Il s'agit dans les deux cas d'une prédation de naissain.
- présence de moules cassées (figure 25c). Cela résulte du cas où l'oiseau a donné des coups de bec dans le coquillage pour l'ouvrir et en manger la chair.
- présence de byssus à l'endroit où il y a absence de moules (figure 25d). Cela témoigne du cas où les goélands ont arraché les moules du pieu.
- les « trous » (absence de moules) visibles dans la moitié haute du pieu et essentiellement sur la couche supérieure de moules (plus facilement accessibles) apparaissent sur tous les pieux d'une rangée, à la même hauteur et sur la même face du pieu (figure 25e). Cela s'explique par le courant marin qui pousse les goélands à ne rester que d'un côté de la rangée et par le fait que les oiseaux exercent une prédation en étant posés sur l'eau (ils se laissent descendre le long du pieu avec la marée).
- des pelotes de réjection des goélands sont facilement trouvées sur les rochers aux alentours des concessions (figure 25f).

Les pertes liées à des **conditions climatiques exceptionnelles** s'identifient facilement par leur caractère ponctuel et rare et elles présentent souvent des caractéristiques qui permettent de les différencier facilement des prédatons par les goélands.

Pour ce qui est de la **mortalité** des moules, le cas particulier de Oye-Plage – Marck ne permet pas de confusion possible avec la prédation par les goélands. Les mortalités de moules peuvent

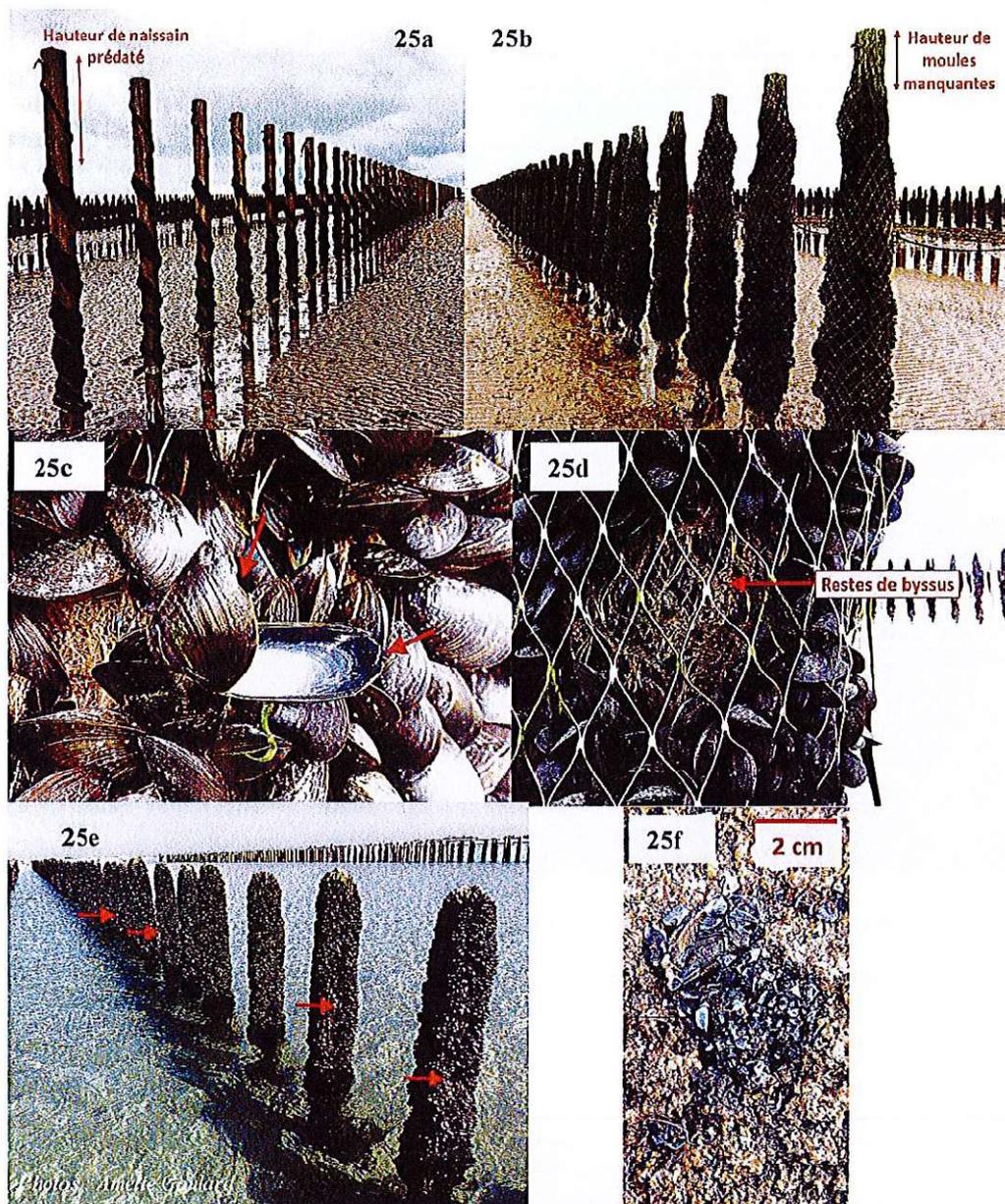


Figure 25 : Caractéristiques des dégâts causés par le Goéland argenté sur les bouchots

25a et b: Mise à nu de la tête de pieu

25c : Moule cassée dont la chair a été consommée

25d : Restes de byssus à la suite de la prédation

25e : Traces visibles à la même hauteur sur toute la rangée

25f : Pelote de réjection de Goéland argenté



Figure 26 : Caractéristiques des dégâts causés par la mortalité des moules

26a : « Papillon »

26b: Restes de chair dans la coquille

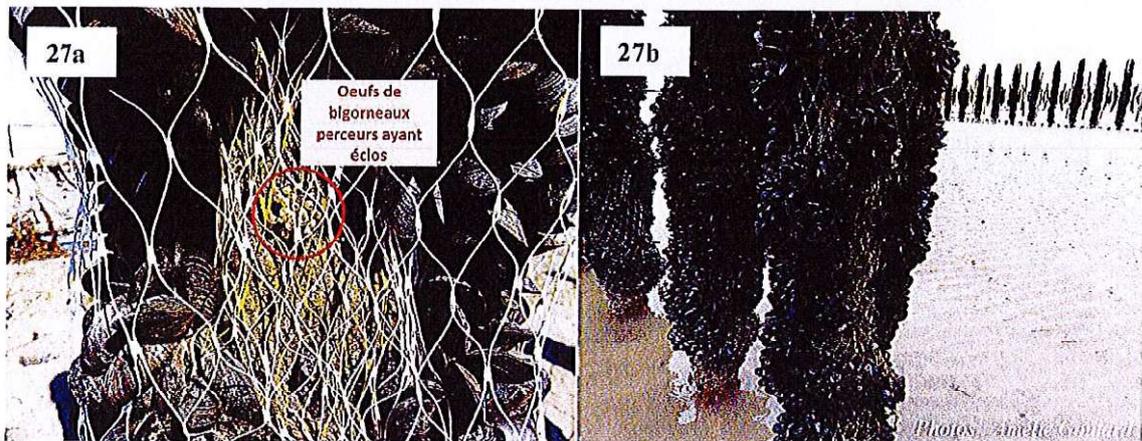


Figure 27 : Caractéristiques des dégâts causés par les bigorneaux perceurs

27a : Présence d'œufs fixés sur le pieu

27b: Décrochement des moules du pieu

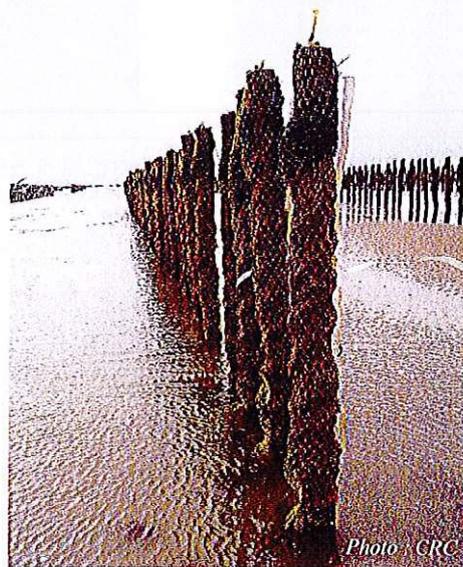


Figure 28 : Dégâts causés par des eiders

causer des trous similaires à de la prédation par les goélands. Les premières sont toutefois caractérisées par la présence sur les pieux de papillons (avec parfois de la chair) ainsi que de nombreuses coquilles visibles sur le sol, tandis que la prédation par les goélands implique la présence de coquilles cassées et de restes de byssus sur le pieu.

En ce qui concerne les **bigorneaux perceurs**, la présence des œufs, de trous dans les coquilles et le décrochement de moules permettent de différencier leur prédation de celle des goélands. La présence de trous est à rapprocher avec des pertes de moules adultes.

Les **macreuses** et les **eiders** exercent une prédation essentiellement en période hivernale, moment les goélands ne causent pas de pertes. Cependant au début (août-octobre) et à la fin (avril) de la présence possible de macreuses et d'eiders, des prédatons par les goélands peuvent avoir lieu. La typicité des prédatons par les macreuses et les eiders (prédation sur l'ensemble du pieu et par rangée) permet de facilement la différencier d'une prédation par les goélands. Les périodes concernées et la typologie de la prédation par les macreuses et eiders conduisent à des pertes qui ne concernent pas le naissain (moules adultes ou sub-adultes).

La prédation en bas de pieu différencie clairement les pertes liées aux **crabes** et les pertes liées aux goélands, oiseaux qui ne plongent pas et qui profitent de la mer descendante pour consommer les moules en partie principalement haute des pieux.

3.2. Évaluer l'impact économique sur les entreprises mytilicoles des dégâts causés par de la prédation due aux goélands

Les évaluations des pertes issues des bilans des enquêtes réalisées par les mytiliculteurs sont dans un premier temps reprises et permettent de dégager des tendances d'évolution spatio-temporelle des prédatons. Par la suite des estimations des pertes par des observations de terrain permettront de confronter les données issues des enquêtes aux calculs issus des observations de terrain. Un chapitre concernera ensuite l'importance des différentes origines de pertes. Une analyse des coûts engendrés par la prédation des goélands conclura ce chapitre.

3.2.1. Estimation des pertes de production par enquête

Dans le cadre des demandes d'autorisation d'effarouchement et de tir de goélands argentés dans les départements de la Manche, de la Somme et du Pas-de-Calais, le CRC Normandie – Mer du Nord dresse annuellement un bilan des pertes de production reposant sur une enquête auprès des mytiliculteurs.

Pour la Somme, en 2017, la moyenne des pertes estimées par les professionnels était de 27,5%. Cette donnée diffère des moyennes exprimées les années passées qui étaient aux alentours de 15% par an. La parution tardive de l'arrêté autorisant la réalisation de tirs létaux et de tirs d'effarouchement en 2017 explique cette augmentation très marquée. Paru au cours du mois de juin, les mytiliculteurs n'ont pu protéger le naissain dès sa pose sur les chantiers en mai. Les pertes étaient assez hétérogènes entre les concessionnaires car les goélands argentés ont concentré généralement leur prédation sur certaines zones du site d'élevage. En dehors de l'année 2017, les pertes moyennes de ces dernières années n'ont pas montré de tendance significative à la baisse ou à la hausse.

Pour le Pas de Calais, les pertes moyennes sont exprimées entre 17% et 20% ces dernières années. En 2017, un conchyliculteur n'a pu réaliser de lutte contre la prédation du fait de problèmes internes à son entreprise. Ses pertes globales se sont montées à plus de 50% de sa production, ce qui impacte la moyenne globale dans ce département en 2017 qui monte à 27%.

Dans les Hauts-de-France, les éleveurs de moules de bouchot ont tous fait part d'un changement du comportement des goélands argentés. Ils observent une crainte de moins en moins prononcée de cette espèce envers l'Homme. Ils présentent l'espèce comme étant de plus en plus vorace, car les dégâts sont plus importants, et de moins en moins farouche. Il leur est nécessaire d'alterner de plus en plus régulièrement les techniques d'effarouchement afin d'en conserver une certaine efficacité.

Pour le département de la Manche, les enquêtes montrent que l'impact économique de la prédation par les goélands argentés a diminué depuis dix ans sur la plupart des secteurs mytilicoles. C'est le cas notamment de la Pointe d'Agon, de Pirou et dans une moindre mesure de Utah Beach. Il y a également une tendance à la réduction de la prédation sur les secteurs situés au Sud du Havre de la Sienne sur la Côte Ouest de la Manche, mais avec des variations interannuelles plus marquées et parfois des professionnels avec des pertes individuelles importantes. Il reste deux secteurs avec des prédatons conséquentes et un impact économique pénalisant que sont Donville et Chausey.

3.2.2. Estimation des pertes de production par observation des pieux

Dans cette partie, plusieurs types de pertes ont été évalués. Dans un premier temps, les premières pertes du naissain ayant été **ensemencé à l'été 2017** ont été estimées. Il s'agit alors de la **saison de production de moules 2017-2018** (la cueillette aura lieu à l'automne 2018), qualifiée de saison en cours (paragraphe 3.2.1.1.). D'autre part, les pertes de la **saison écoulée (saison 2016-2017)** dont les pieux ont été **ensemencés à l'été 2016** et dont les moules sont actuellement progressivement récoltées) ont été évaluées dans le paragraphe 3.2.1.2..

Ces évaluations liées à des observations de terrain concernent uniquement les deux sites d'expérimentation de Chausey et Donville. Elles ont été ensuite comparées aux estimations de pertes faites par les mytiliculteurs des deux secteurs concernés.

3.2.2.1. Prédation de naissain de la saison en cours (2017-2018)

À Chausey et Donville, les mytiliculteurs ont commencé à semer les pieux de leurs concessions à partir du 22 juin. **Un bilan des premières pertes de naissain a été réalisé au bout d'un mois, c'est-à-dire fin juillet 2017** (recensement des rangées touchées par la prédation par les goélands et mesure de la longueur de corde perdue). Des pertes de naissain ont été engendrées par la prédation des goélands, par la prédation des crabes (en particulier les araignées) et par de mauvaises conditions climatiques, exceptionnelles en cette saison. Seules les pertes dues au goéland argenté avec certitude ont ici été prises en compte (pertes homogènes en tête de pieu, figure 25b).

À Donville, **6 rangées ont subi des prédatons par le Goéland argenté** sur 36,5 rangées ensemencées au moment du recensement. Deux mytiliculteurs sont concernés par ces pertes. Selon les rangées, il a été constaté des pertes de **10 à 33 % de corde par pieu**. Pour le **premier mytiliculteur, 3,6 % du naissain qu'il a posé ont été consommés** par les goélands argentés après un mois

d'ensemencement. Pour le **second mytiliculteur**, les pertes de naissain représentent **6 % de son ensemencement jusqu'alors**. Au total, les pertes sur l'ensemble du secteur s'élèvent à **2,6 %** du naissain ensemencé à la date du bilan.

À Chausey, les pertes de naissain ont été évaluées seulement pour deux concessionnaires (l'un au Centre de l'archipel et l'autre à l'Est). Au Centre de l'archipel, **2 rangées ont été touchées par la prédation par les goélands** sur 15 ensemencées, avec des pertes allant de **7 à 20 % de corde par pieu**. Au total, les pertes de naissain pour ce concessionnaire s'élèvent à **1,8 % du naissain ensemencé à la date du bilan**. À l'Est de l'archipel, aucune perte n'a été relevée pour le mytiliculteur dont les concessions ont été étudiées.

3.2.2.2. Bilan des pertes de production de la saison écoulée (2016-2017)

Dans ce paragraphe, le calcul des pertes concerne les pieux ayant été ensemencé à l'été 2016. Comme l'indique la figure 18 (page 17), les pertes totales intègrent à la fois les pertes de naissain et les pertes de moules adultes. Dans les deux cas, **l'évaluation a été réalisée à partir de l'observation de l'état des pieux de moules prêtes à être cueillies, fin juillet 2017**. Les pertes de production de la saison écoulée ont été évaluées chez l'ensemble des concessionnaires de Donville (au nombre de quatre) et pour deux concessionnaires à Chausey (un au Centre de l'archipel et un à l'Est de l'archipel). Le calcul des pertes sera détaillé à titre d'exemple pour l'un des mytiliculteurs.

➤ Bilan de la prédation de naissain de la saison écoulée (avant et après réensemencement des pieux)

Quand le cycle de production n'est pas trop avancé, il est possible pour un mytiliculteur de remplacer du naissain perdu sur un pieu, quel que soit l'origine de la perte, par tout ou partie d'une nouvelle corde de naissain. L'élevage de la moule s'inscrivant dans le cycle naturel de cet animal, cette possibilité de réensemencement se limite à la période de X à X. Il n'est pas possible de savoir de manière précise ce qui avait exactement été perdu avant un réensemencement, mais les professionnels déclarent réaliser cette pratique, quand cela est encore possible, quand il y a eu au minimum **25%** de pertes sur le pieu. Nous prendrons donc ce chiffre pour évaluer les pertes avant réensemencement qui constitue une estimation minimale des pertes réelles.

Les enquêtes ont permis de connaître, pour chacun des mytiliculteurs, le **nombre total de pieux ayant été réensemencés à la suite d'une prédation** par les goélands au cours de la saison. Sur cette base, il a été possible de calculer les pertes de naissain avant réensemencement des pieux.

Exemple : Le mytiliculteur a déclaré avoir réensemencé 1500 pieux sur ses concessions. Au total au moment de l'évaluation ayant été réalisée fin juillet 2017, ses concessions comptaient 38 rangées de moules commercialisables ayant été ensemencées l'année précédente, soit 4750 pieux (résultat des observations de terrain de juillet).

Ainsi, il a dû réensemencer **31,6 %** de ses bouchots dont, avec pour chaque pieu une perte minimale de **25%** de corde. **Au total, les pertes de naissain avant réensemencement s'élèvent donc à 7,9 % de sa production totale.**

Les pertes de naissain ayant eu lieu après réensemencement ont été estimées par attribution de classes à toutes les rangées de moules commercialisables des concessions, par observation de la hauteur de moule manquante en tête de pieu (cf paragraphe 2.4.2.2.).

Le Schéma des structures des exploitations de cultures marines impose une hauteur de pieu maximale de 2,40 mètres. En pied de pieu, une trentaine de centimètres ne sont pas ensemencés pour l'installation des cônes ou des « jupes tahitiennes » qui permettent de lutter contre les prédateurs pouvant remonter du sol. La hauteur de moules totale sur un pieu intact est donc d'au maximum 2,10 mètres.

Ainsi, les différentes classes correspondent au pourcentage de perte par pieu suivant :

- classe 1 : 50 cm de moules manquants, soit **23,8 % des moules du pieu**
- classe 2 : 30 cm manquants, soit **14,3 % des moules du pieu**
- classe 3 : 20 cm manquants, soit **9,5 % des moules du pieu**
- classe 4 : 10 cm manquants, soit **4,8 % des moules du pieu**
- classe 5 : pieu intact, soit **0 % de pertes par pieu**

Connaissant le nombre de rangées de chaque classe, il est alors possible de déterminer les pertes totales de naissain observables en fin de saison et qui correspondent donc aux pertes ayant eu lieu après réensemencement.

Exemple : Sur les concessions du mytiliculteur précédent, sur le total de 38 rangées, les nombres de rangées de chacune des classes sont les suivants :

- classe 1 : aucune rangée
- classe 2 : 5,5 rangées, soit **14,5 % de ses bouchots** → **2,1 %** de perte de la production totale
- classe 3 : 4 rangées, soit **10,5 % de ses bouchots** → **1 %** de perte de la production totale
- classe 4 : 4,5 rangées, soit **11,8 % de ses bouchots** → **0,6 %** de perte de la production totale
- classe 5 : 24 rangées, soit **63,2 % de ses bouchots** → **0 %** de perte de la production totale

Au total, les pertes de naissain après réensemencement des pieux s'élèvent donc à 3,7 % de sa production totale.

Le bilan des pertes de naissain de la saison écoulée, par rapport à la production totale, correspond à la somme des pertes de naissain avant et après réensemencement.

Exemple :

Pour ce mytiliculteur, les pertes de naissain de la saison écoulée s'élèvent à 11,6 % de sa production totale.

➤ Estimation de la quantité de moules adultes consommées par les goélands

La quantification de la prédation des moules adultes par les goélands argentés passe par la mesure des volumes des trous de prédation visibles sur les pieux et par l'estimation de la quantité de moules correspondant à ces volumes (cf paragraphe 2.4.2.2.). Il est donc nécessaire de connaître la

densité de moules sur pieu à l'échelle de la concession ainsi que la longueur des moules, afin de connaître la biomasse consommée.

Pour s'affranchir au mieux des biais induits par l'hétérogénéité de croissance des moules, la distribution des tailles de moules suivant leur localisation sur les pieux et sur l'estran a été étudiée suivant la méthode détaillée en 2.4.2.2.. Plusieurs éléments ont été analysés. Tout d'abord, la longueur moyenne des moules de la **couche supérieure** a été comparée à celle des moules de la **couche inférieure** des pieux, pour l'ensemble des prélèvements. Un test de Shapiro-Wilk appliqué aux deux variables que sont la longueur des moules de la couche supérieure et la longueur de celles de la couche inférieure a montré que ces variables ne suivaient pas une loi normale. En conséquence, la comparaison de moyennes a été effectuée à l'aide d'un test non paramétrique pour deux échantillons indépendants (test de Mann-Whitney). Il en a résulté une *p-value* inférieure à 0,05 (*p-value* = 8,4e-7), d'où le rejet de l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes. Autrement dit, **la longueur des moules de la couche supérieure des pieux est significativement plus grande que celle des moules de la couche inférieure des pieux**. Pour déterminer la longueur moyenne des moules à l'échelle d'une concession, il n'est donc pas possible de faire la moyenne des longueurs sans tenir compte de la couche à laquelle appartiennent les moules.

Ensuite, la différence de longueur moyenne des moules selon leur **emplacement sur le pieu** (haut, milieu ou bas) a été étudiée. Seules les longueurs moyennes des moules des couches supérieures ont été prises en compte. Là encore, l'application d'un test de Shapiro-Wilk à ces trois variables a montré qu'elles ne suivent pas une loi normale. L'analyse a donc été réalisée à l'aide d'un test non paramétrique pour trois échantillons indépendants (test de Kruskal-Wallis). La *p-value* est inférieure à 0,05 (*p-value* = 1,7e-9), donc **les longueurs des moules sont significativement différentes selon leur position sur le pieu**. De même que précédemment, il n'est pas possible, pour déterminer la longueur moyenne des moules à l'échelle de la concession, de faire la moyenne des longueurs sans tenir compte de la position des moules sur le pieu.

Enfin, la différence de longueur moyenne des moules suivant leur **emplacement sur l'estran** a été analysée. Seules les longueurs des moules de la couche supérieure et situées en haut de pieu ont été prises en compte. La comparaison de moyennes a été effectuée suivant la même méthode que précédemment, c'est-à-dire qu'un test de Kruskal-Wallis a été appliqué (variables ne suivant pas une loi normale). Une fois de plus, la *p-value* étant inférieure à 0,05 (*p-value* = 3,6e-5), **les longueurs des moules sont significativement différentes selon la position des pieux sur l'estran**.

Il résulte de cette analyse que pour estimer la longueur moyenne des moules à l'échelle d'une concession, il est nécessaire de tenir compte à la fois de la position des moules sur le pieu (hauteur sur le pieu et couche concernée) et de la position des pieux sur l'estran. Or il a été montré que les prédatrices dues au Goéland argenté apparaissaient exclusivement sur la moitié haute des pieux. En outre, les observations de terrain ont montré que ce sont principalement les moules de la couche supérieure qui sont consommées car elles sont plus accessibles pour les oiseaux. **Compte tenu de l'objectif qui est ici d'estimer la longueur des moules consommées, il est donc possible de calculer la longueur moyenne des moules à partir de mesures de moules prélevées sur la couche supérieure et sur la moitié haute des pieux**. En revanche, par souci de temps (toutes les mesures devant être effectuées en une seule marée), le choix a été fait de ne pas tenir compte du biais induit par l'emplacement des pieux sur l'estran.

En ce qui concerne l'estimation de la densité de moules sur pieu, il a été considéré que la densité était liée à la taille (et donc à la longueur) des moules. Pour estimer la densité moyenne à

l'échelle de la concession, il est donc nécessaire de tenir compte de la position des moules sur le pieu et de la position des pieux sur l'estran. De même que pour l'estimation de la longueur moyenne des moules, il est possible de ne réaliser des mesures de densité que sur la couche supérieure et sur la moitié haute des pieux, mais là encore le choix a été fait de ne pas tenir compte de la position des pieux sur l'estran.

Par ailleurs, lors des prélèvements, les moules échantillonnées ont été pesées. La figure 29 ci-contre est la représentation graphique des masses obtenues en fonction de la longueur des moules.

En conclusion, la stratégie adoptée pour estimer la longueur et la densité moyennes des moules à l'échelle d'une concession est la suivante.

Détermination de la masse de moules contenue dans un volume de référence

Les mesures ont été effectuées sur différentes rangées de la concession considérée : une rangée appartenant à chacune des classes définies dans le protocole d'estimation des pertes de naissain. Pour chaque rangée, trois pieux ont été sélectionnés selon l'emplacement sur l'estran (haut, milieu et bas de rangée). Toutes les opérations ont été réalisées sur la **couche supérieure** de moules des pieux.

Sur chacun des trois pieux, le nombre de moules contenues sous la surface d'un carré de sept centimètres de côté a été déterminé, toujours sur la moitié haute des pieux. La moyenne de toutes les valeurs obtenues pour les trois pieux de chaque rangée échantillonnée a été calculée (valeur appelée d_{moy}). Sur ces mêmes pieux, dix moules **localisées sur la moitié haute du pieu** ont été mesurées. La moyenne des longueurs a été calculée (valeur appelée L_{moy}). La masse moyenne m_{moy} associée à la longueur L_{moy} a été déterminée grâce aux pesées réalisées lors de l'analyse de la distribution des tailles des moules suivant leur localisation (figure 29).

Ces valeurs ont permis de calculer la masse de moules correspondant à la surface de référence utilisée pour l'estimation des densités, à savoir un carré de 49 cm². Cette valeur, appelée m_{ref} , s'exprime de la façon suivante : $m_{ref} = m_{moy} * d_{moy}$.

Exemple : Pour reprendre le cas du mytiliculteur précédent, la densité moyenne des moules de la couche supérieure des pieux de ses concessions a été estimée à $d_{moy} = 26$ moules/carré de 49 cm² et la longueur moyenne associée a été estimée à $L_{moy} = 46$ mm. Le tableau des biométries de moules a permis de déterminer que la masse moyenne des moules d'une longueur de 46 mm vaut $m_{moy} = 8,6$ g.

La masse des moules contenues sous cette surface de 49 cm² vaut donc $m_{ref} = 223,6$ g.

Une fois ces valeurs de référence déterminées, **les volumes de prédation ont été relevés de manière exhaustive sur une rangée de chacune des classes** définies pour l'estimation des pertes de naissain. Dans la pratique, ce sont en fait des surfaces qui ont été mesurées du fait de l'hypothèse que seule la couche supérieure de moules des pieux est prédatée par les goélands.

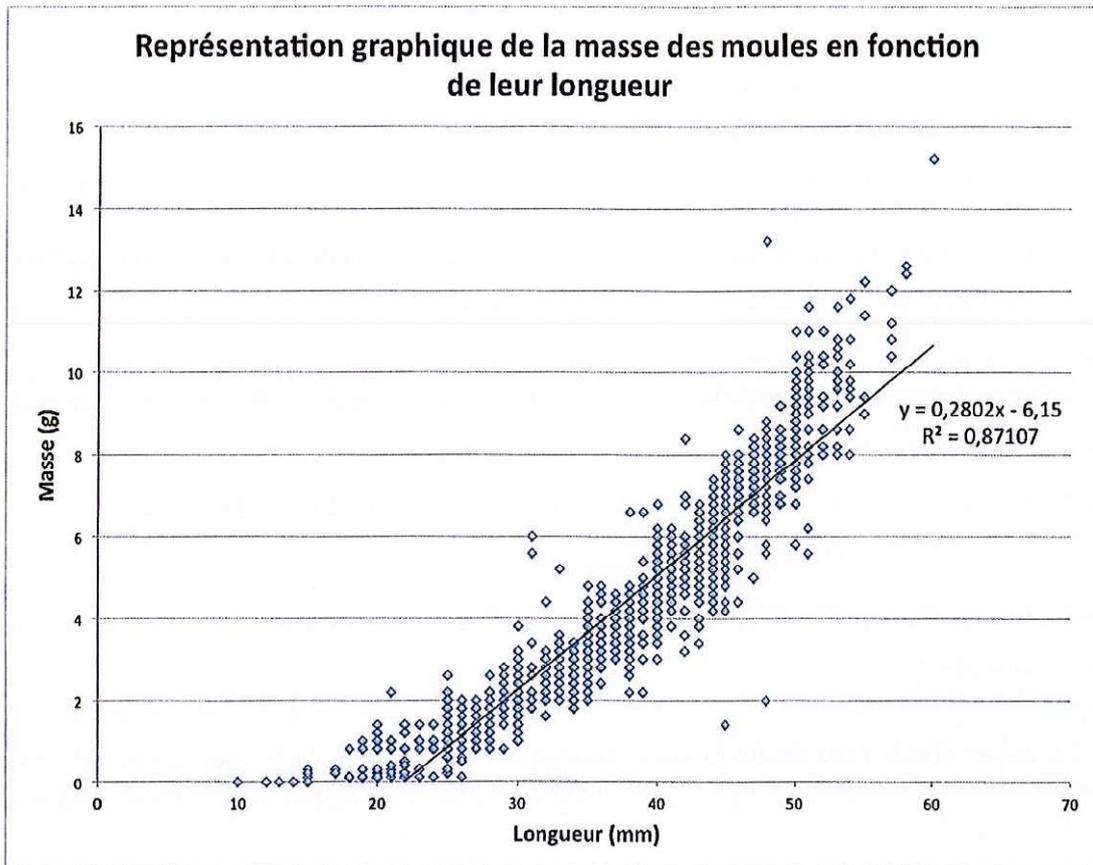


Figure 29 : Graphique représentant la masse des moules en fonction de leur longueur

À l'aide du nombre de rangées de chaque classe, la surface totale S_{tot} des traces de prédation à l'échelle de la concession a été déterminée.

Exemple : Sur les concessions étudiées, les surfaces de prédation d'une rangée de référence pour chacune des classes ont été mesurées et sommées pour obtenir une surface totale par rangée de classe x :

- classe 1 : pas de rangée de classe 1, $S_{classe\ 1} = 0\text{ cm}^2$
- classe 2 : $S_{classe\ 2} = 42\ 375\text{ cm}^2$
- classe 3 : $S_{classe\ 3} = 21\ 188\text{ cm}^2$
- classe 4 : $S_{classe\ 4} = 21\ 187\text{ cm}^2$
- classe 5 : pieu intact, $S_{classe\ 5} = 0\text{ cm}^2$

La masse correspondant à ces surfaces a été déterminée en calculant le rapport entre chaque surface et la surface de référence de 49 cm^2 (valeur appelé $r_{classe\ x}$). Connaissant la masse de référence m_{ref} , il est possible de calculer une masse moyenne estimée de moules consommées pour chaque classe ($m_{classe\ x}$).

Exemple : Les rapports entre les surfaces prédatées sur une rangée de chaque classe et la surface de référence sont les suivants et permettent d'obtenir les masses prédatées sur une rangée de référence pour chaque classe :

- classe 1 : pas de rangée de classe 1
- classe 2 : $r_{classe\ 2} = S_{classe\ 2} / 49 = 865 \rightarrow m_{classe\ 2} = r_{classe\ 2} * m_{ref} = 865 * 223,6 = 193\ 414\text{ g}$
- classe 3 : $r_{classe\ 3} = S_{classe\ 3} / 49 = 432 \rightarrow m_{classe\ 3} = 96\ 595\text{ g}$
- classe 4 : $r_{classe\ 4} = S_{classe\ 4} / 49 = 432 \rightarrow m_{classe\ 4} = 96\ 595\text{ g}$
- classe 5 : pieu intact

La **masse totale estimée de moules consommées** à l'échelle de la concession a été calculée grâce au nombre de rangées de chaque classe, déterminé pour l'estimation des pertes de naissain.

Exemple : Le nombre de rangée de chaque classe sur les concessions du mytiliculteur concerné est rappelé ci-dessous et permet de calculer la masse totale de moules adultes prédatées par classe ($m_{tot,classe\ x}$) puis la masse totale à l'échelle de toutes les concessions du mytiliculteur ($m_{tot,prédatée}$).

- classe 1 : aucune rangée $\rightarrow m_{tot,classe\ 1} = 0\text{ g}$
- classe 2 : 5,5 rangées $\rightarrow m_{tot,classe\ 2} = 193\ 414 * 5,5 = 1\ 063\ 777\text{ g}$ soit **1 064 kg**
- classe 3 : 4 rangées $\rightarrow m_{tot,classe\ 3} = 386\ 380\text{ g}$ soit **386 kg**
- classe 4 : 4,5 rangées $\rightarrow m_{tot,classe\ 4} = 434\ 678\text{ g}$ soit **435 kg**
- classe 5 : 24 rangées $\rightarrow m_{tot,classe\ 5} = 0\text{ g}$

D'où : $m_{tot,prédatée} = 1\ 885\text{ kg}$ soit **1,9 tonnes**

Enfin, la production totale des concessionnaires est connue grâce aux enquêtes et le pourcentage de perte de production que représente la prédation des moules adultes peut donc être calculé.

Exemple : Le mytiliculteur de cet exemple a une production annuelle de 170 tonnes.

Les pertes par prédation de moules adultes par les goélands argentés représentent donc 1,1 % de sa production totale.

➤ **Bilan des calculs de pertes de production et comparaison avec les enquêtes de mytiliculteurs à Donville et Chausey**

Les évaluations des pertes de production qui ont été réalisées pour les quatre concessionnaires de Donville et deux de Chausey sont présentées dans le tableau 1 ci-contre et ont été confrontées aux déclarations faites par les mytiliculteurs lors des enquêtes.

Plusieurs éléments ressortent de ces résultats. Tout d'abord, on retrouve une forte diversité des niveaux de pertes selon les mytiliculteurs, qui découle de l'hétérogénéité de répartition des goélands sur les concessions. Ainsi, pour la moitié des concessionnaires étudiés, les pertes de production dues à la prédation par les goélands restent faibles et peu impactantes, de l'ordre de 4 à 6%. En revanche, **pour un tiers des mytiliculteurs, les goélands ont causé des pertes avoisinant le quart de leur production totale.** Par ailleurs, les pertes de productions calculées à partir des relevés de terrain concordent avec les pertes déclarées par les professionnels, ce qui permet de justifier que les valeurs obtenues par l'une ou l'autre des méthodes restent proches de la réalité.

3.2.3. Estimation de la part des différentes origines de pertes

Durant la période de l'étude sur les deux sites de l'expérimentation, nous avons pu différencier par leurs caractéristiques propres (cf 3.1.4) quatre origines de pertes différentes : les conditions climatiques, les bigorneaux perceurs, les crabes et les goélands. Durant cette courte période et sur les deux secteurs d'expérimentation relativement petits, la variabilité spatiale et temporelle de chacune des pertes a été très importante. Aucune autre origine de pertes n'a été constatée car elles n'interviennent pas à la période de l'étude (cas des macreuses et des eiders) ou sur le site considéré (très faible présence des bigorneaux perceurs à Chausey, alors que cela constitue un impact majeur pour le secteur d'Agon, autre secteur mytilicole de la côte Ouest de la Manche).

Il convient également d'ajouter que les variations interannuelles peuvent être très importantes surtout pour les phénomènes de prédation, où le comportement des espèces prédatrices est soumis à une biologie propre (migration, besoin métabolique, accès aux ressources trophiques,...) qui peut avoir une incidence forte sur la prédation. L'évaluation des pertes à différentes périodes est également soumise au fait que la population de moules sur un pieu n'est pas statique et les moules se déplacent, même à l'échelle de deux marées de vives eaux consécutives et surtout si de l'espace se forme (en lien avec des pertes).

Au regard des éléments évoqués ci-dessus, une évaluation quantitative basée sur un effort important d'observations de terrain n'aurait fourni qu'une estimation ponctuelle et incomplète des

Tableau 1 : Pourcentages de production perdus à cause de la prédation par les goélands à Donville et à Chausey : comparaison entre les valeurs estimées à partir du protocole de terrain et les valeurs déclarées par les mytiliculteurs.

Secteur	Concessionnaire	Perte de production <u>calculée</u>			Perte de production <u>déclarée</u> par le concessionnaire
		Naissain	Moules adultes	Pertes totales	
Donville-les-bains	Mytiliculteur 1	26,8 %	< 0,1 %	26,8 %	25 %
	Mytiliculteur 2	6,2 %	< 0,1 %	6,2 %	4 %
	Mytiliculteur 3	5,8 %	< 0,1 %	5,8 %	5 à 10 %
	Mytiliculteur 4	4 %	< 0,1 %	4 %	2 à 3 %
Est de l'archipel des îles Chausey	Mytiliculteur 5	11,6 %	1,1 %	12,7 %	10 %
Centre de l'archipel des îles Chausey	Mytiliculteur 6	23,8 %	< 0,1 %	23,8 %	20 %

Tableau 2 : Estimation par les mytiliculteurs des pertes de production dues aux différents prédateurs et à la mortalité sur les secteurs de Donville et de l'archipel des îles Chausey.

Cause des pertes de production	Pourcentage de perte de la production totale	Type de moules perdues	Période de l'année
Goéland argenté	2 à 20 %	Naissain en majorité et moules adultes	Avril à novembre
Macreuses et eiders	5 à 10 %	<u>Eiders</u> : moules adultes <u>Macreuses</u> : naissain	Novembre à mars
Bigorneaux perceurs	0 à 2 %	Toutes tailles de moules	Toute l'année
Crabes	2 à 5 %	Naissain	Juin à octobre
Araignées	2 à 5 %	Naissain	Août et septembre
Mortalité	5 à 20 %	Moules de taille commercialisable	Avril à juin

différentes origines de pertes, dans un contexte où nous avons pu clairement différencier leurs caractéristiques et évaluer les pertes liées aux goélands, qui nous intéressent ici.

Aussi, il a été demandé lors des enquêtes auprès des mytiliculteurs de Donville et Chausey qu'ils estiment dans le temps et en moyenne la part des pertes de production dues aux différents prédateurs et à la mortalité. Les mytiliculteurs ont confirmé la difficulté de l'exercice au regard des éléments évoqués ci-dessus, mais ont été en mesure d'estimer les pertes de production que causent l'ensemble des prédateurs et la mortalité sur une saison de production. Les résultats sont présentés dans le tableau 2.

Dans le tableau 2, tous les facteurs de pertes observables à Chausey et Donville ont été cités, mais en général un mytiliculteur n'est confronté sur son secteur qu'à trois ou quatre de ceux-ci. Les pourcentages de perte de la production totale déclarés par les mytiliculteurs pour les sources de pertes qui les concernent ont permis de calculer la part des pertes dues aux goélands. Le détail du calcul est présenté dans l'exemple suivant.

Exemple : L'un des mytiliculteurs a déclaré lors de l'enquête être impacté par trois prédateurs et par la mortalité des moules. Les pertes de la production totale dues à chacun de ces éléments sont les suivantes :

- crabes : 5 %	}	39 % de pertes de production au total	→	Pour ce mytiliculteur, le Goéland argenté est responsable de 10 % des pertes constatées.
- macreuses : 10 %				
- goélands : 4 %				
- mortalité : 20 %				

Les déclarations de professionnels conduisent à évaluer la part des pertes par le Goéland argenté entre **10 à 70 % de l'ensemble des pertes de production dues aux prédateurs et à la mortalité sur les secteurs de Donville et de Chausey**, avec une **moyenne de 30 % de ces pertes**. Il convient bien sûr de prendre ces résultats avec précaution et il reflète deux secteurs où la prédation par les goélands argentés est la plus importante au moins à l'échelle du département de la Manche.

3.2.4. Bilan moyen estimatif des coûts induits par la prédation

En reprenant les pourcentages de pertes déclarées par l'ensemble des mytiliculteurs de Donville au tableau 1 au regard de leur production normale sur ce site, les quantités de pertes déclarées (proches de celles observées) peuvent être évaluées selon les producteurs entre 2,6 et 16,25 tonnes, avec un total de 29,2 tonnes sur 430 tonnes produites globalement sur Donville. Selon les professionnels, le coût moyen de production est de l'ordre de 0,80 centimes du kilo de moule (hors structures d'élevage et matériel). Le prix de vente moyen de la moule a été cette année en moyenne de 1,20 euros du kilo en vrac. La marge est donc d'environ 400 euros de la tonne. Pour le secteur de Donville, la perte de bénéfice due à la prédation des goélands (d'autres phénomènes entraînent également des pertes de bénéfice) est donc de l'ordre de 11 680 euros sur un total attendu de 172 000 euros.

Outre les pertes de production occasionnées par la prédation par les goélands, cette dernière a des conséquences sur le travail des mytiliculteurs et induit un certain nombre de coûts indirects. Ces coûts sont liés à deux éléments : la **réparation** des dégâts causés par les goélands (réensemencement des pieux) à l'automne et la **limitation de la prédation** active (effarouchement) ou passive (protection des pieux).

Le **coût du réensemencement** des pieux intègre à la fois le **prix de la corde utilisée** et le **temps de travail** nécessaire à l'opération. Le prix de la corde à naissain est de **0,99 euros par mètre de corde** et le temps de travail supplémentaire s'estime en jour de marée par personne selon le nombre de pieux à réensemencer. Il est possible d'estimer le coût financier que représente le réensemencement à l'aide des variables suivantes :

- nombre de pieux réparés
- longueur de corde utilisée par pieu
- prix d'un mètre de corde
- main d'œuvre
- coût horaire de la main d'œuvre
- temps passé au réensemencement

Le nombre de pieux réensemencés, la longueur de corde utilisée ou encore le temps de travail nécessaire sont très variables selon les pertes concernées et selon des variations propres à chaque facteur (coût salarial différent en fonction des entreprises et au sein des entreprises, évolution du prix du mètre de corde selon le marché, temps passé différent selon les compétences des salariés), mais les enquêtes ont démontré une relative homogénéité des facteurs permettant de définir un cas moyen présenté dans l'exemple suivant.

Exemple :

- nombre de pieux réparés : 500
- longueur de corde utilisée par pieu : 1,50 m
- prix d'un mètre de corde : 0,99 €/ m
- main d'œuvre : 2 personnes
- coût horaire de la main d'œuvre : 11,9 €/ personne / heure (salaire brut + charges patronales)
- temps passé au réensemencement : 2 jours de marée, soit 10 heures

Le coût du réensemencement en termes de matériel (corde) est donc ici de $0,99 \times 1,50 \times 500 = 742,5$ €.

Le coût du réensemencement en termes de temps de travail est ici de $2 \times 11,9 \times 10 = 238$ €.

Au total, le coût financier d'un réensemencement de 500 pieux en demi-cordes peut être estimé à 980 €.

Le **coût de la limitation de la prédation par les goélands**, qu'elle soit active (effarouchement) ou passive (protection des pieux), intègre également le **prix du matériel** utilisé (filets, cartouches...) et le **temps de travail supplémentaire** investi. L'estimation du coût financier de la limitation de la prédation est plus complexe que dans le cas de la réparation des pieux en raison de la diversité des pratiques des mytiliculteurs en ce qui concerne les moyens utilisés contre la prédation par les goélands. Ainsi, il existe différents moyens dont les coûts intrinsèques sont variables et chaque entreprise peut consacrer des budgets financiers différents pour un même moyen de limitation de la prédation.. Les détails concernant ces différents systèmes sont développés dans le paragraphe suivant (paragraphe 3.4.).

En ce qui concerne l'utilisation **des systèmes de protection des pieux** (gainés ou filets), le prix du matériel peut varier entre **0,50 €/mètre** de filet et **10 €/unité** pour le Catiprotect, soit **1,20 à 10 €/pieu**. Les opérations liées à leur utilisation et qui demandent du temps de travail supplémentaire sont la **mise en place des systèmes**, qui peut prendre plusieurs jours de marée, et leur **entretien** (réparation en cas de dégradation, nettoyage des algues...).

Pour 500 pieux, le coût de l'utilisation de systèmes de protection peut donc être évalué à :

- Catiprotect : **5 000 euros** de matériel et temps de travail estimé à 1 marée par 3 personnes $3*11,9*5 = 178,5 \text{ €}$.

- Filet : **600 euros** de matériel et temps de travail estimé à 1 marée par 2 personnes $2*11,9*5 = 119 \text{ €}$.

De plus, certains systèmes induisent eux-mêmes de pertes de production, soit par un blocage de la croissance des moules, soit par la fragilisation de l'attache des moules au pieu et l'augmentation du risque de leur emportement par mauvais temps (Blin *et al.*, 2013).

Pour ce qui est de la **lutte par effarouchement**, le prix du matériel (cartouches) est considéré comme négligeable par les mytiliculteurs. Le temps passé à l'effarouchement est quant à lui beaucoup plus important. En effet, pendant la période de pic de prédation (période estivale correspondant à l'ensemencement des pieux), la présence sur les concessions pendant toute la durée d'émersion des pieux est indispensable pour limiter les dégâts que peuvent causer les goélands. Sur la côte ouest de la Manche, cela implique pour les mytiliculteurs de **se rendre sur leurs concessions à la fois en semaine de vives-eaux et en semaine de mortes-eaux**. Ainsi, l'effarouchement représente un temps de travail supplémentaire limité en vives-eaux, car les mytiliculteurs sont de toute façon présents sur leurs concessions (mais le temps consacré à l'effarouchement est perdu pour le travail sur les moules). En revanche, la présence en mortes-eaux demande un **déplacement spécial qui peut nécessiter jusqu'à deux heures par jour**. Pour la Somme et le Pas-de-Calais, il y a deux marées par jour, donc deux fois plus de temps consacré à l'effarouchement.

Au total, les mytiliculteurs estiment que la mise en œuvre des moyens de limitation de la prédation par les goélands augmente de 20 % leur temps de travail.

Enfin, les mytiliculteurs peuvent être amenés à adopter certaines pratiques dans le but de limiter la prédation par les goélands, pratiques qui peuvent avoir des conséquences non négligeables mais difficiles à quantifier.

Ainsi certains producteurs peuvent faire le choix, dans leurs concessions de haut d'estran, de **planter des pieux d'une hauteur moins élevée que la hauteur maximale autorisée par le Schéma des structures** des exploitations de cultures marines. Cela permet aux pieux d'être émergés moins longtemps (ils sont donc découverts plus tard par la marée descendante) et donc d'être moins exposés à la prédation, mais il en découle une **production de moules par pieu moins élevée**.

Une pratique plus fréquemment adoptée est celle du **raisonnement du schéma d'ensemencement des pieux en tenant compte de la présence des goélands**. Les pieux situés en bas d'estran qui, immergés la plupart du temps, ne sont pas touchés par la prédation sont ensemencés en priorité, alors qu'il serait préférable d'ensemencer d'abord les pieux situés en haut d'estran. En effet, immergés moins longtemps, les moules de ces derniers nécessitent une durée de croissance plus longue que celles situées en bas d'estran. La date de cueillette ne pouvant quant à elle être trop retardée à cause d'autres contraintes telles que la demande des clients ou le besoin de place pour un nouvel ensemencement, il peut résulter de ce schéma d'ensemencement une **diminution de la qualité de la production**.