

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).

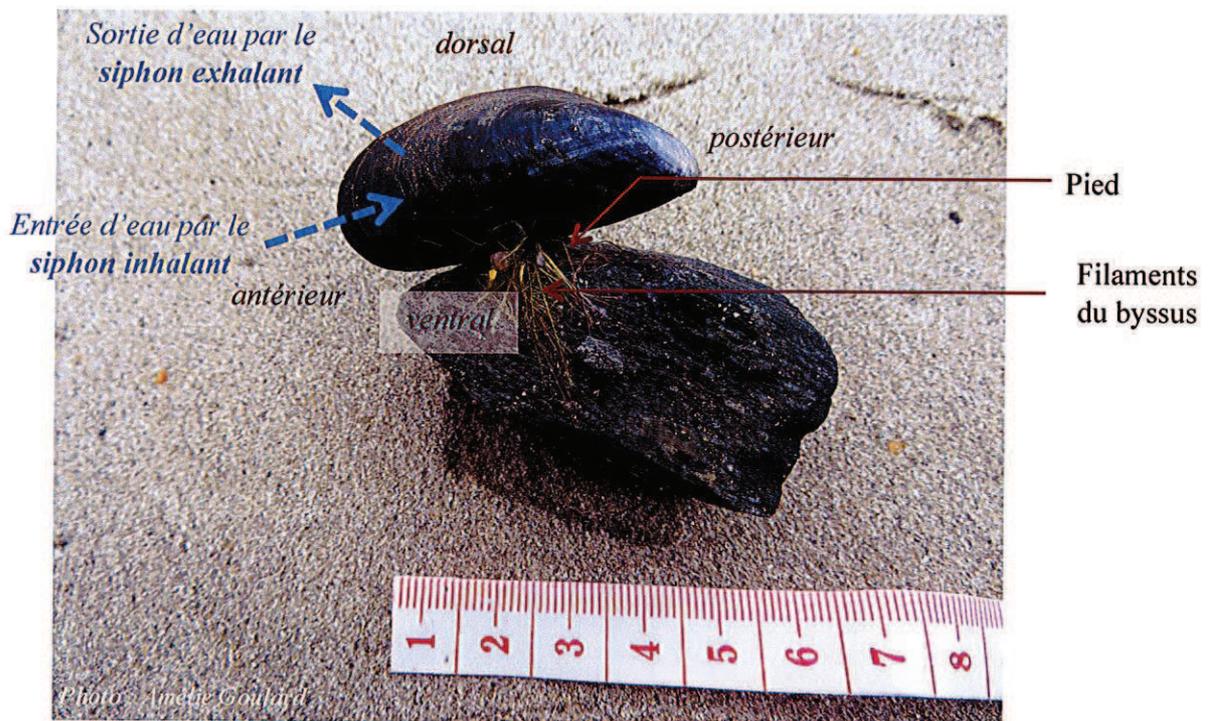


Figure 1 : Structure anatomique de la moule *Mytilus edulis*.

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).

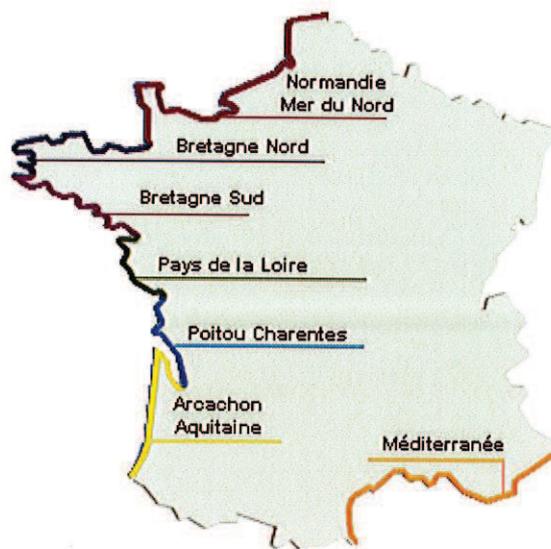
La profession conchylicole est représentée aux niveaux régional et national par une organisation interprofessionnelle établie par l'article L912-6 du Code Rural et de la Pêche maritime. Au niveau régional, le **Comité Régional de la Conchyliculture (CRC)** a pour rôle de représenter et de défendre les 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

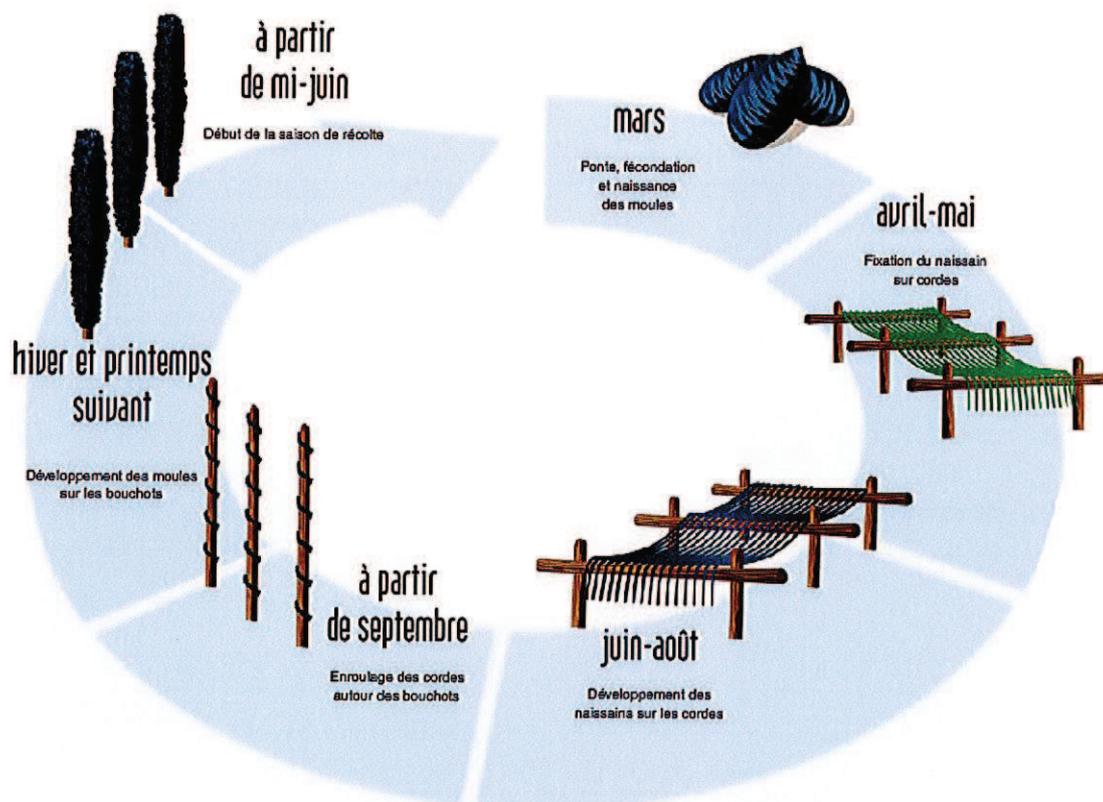
Il existe différents types de production mytilicole sur le littoral français : la **moule de bouchot** (élevée sur pieu), la **moule de filière** (élevée sur des cordes en suspension en pleine mer) et de façon plus minoritaire la **moule élevée sur parc** (à même le sol ou en surélévation, en poche ou 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**.

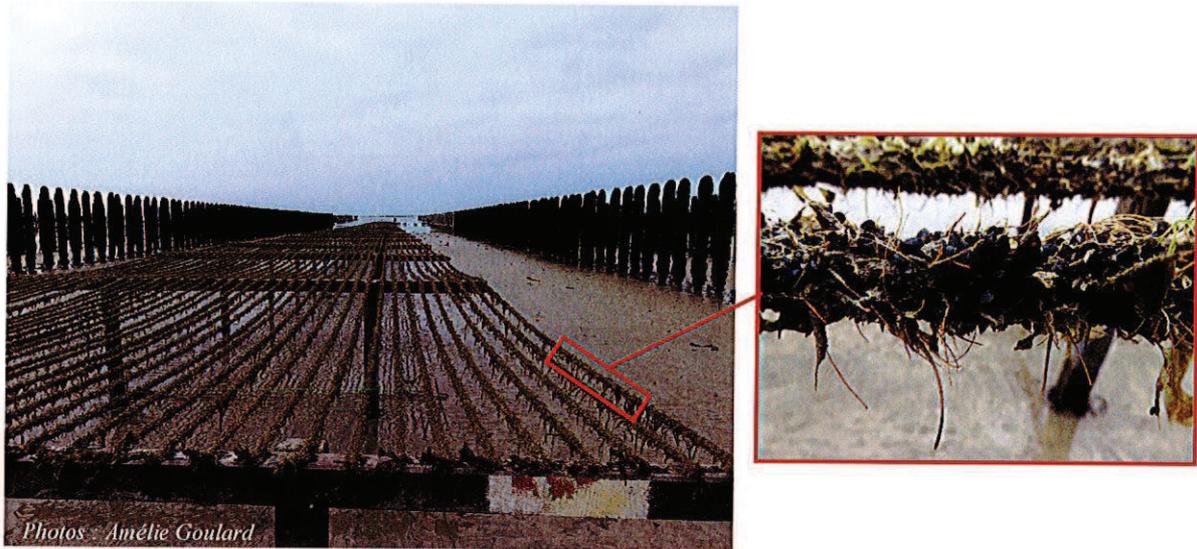


Figure 4 : Cordes mises en chantiers.

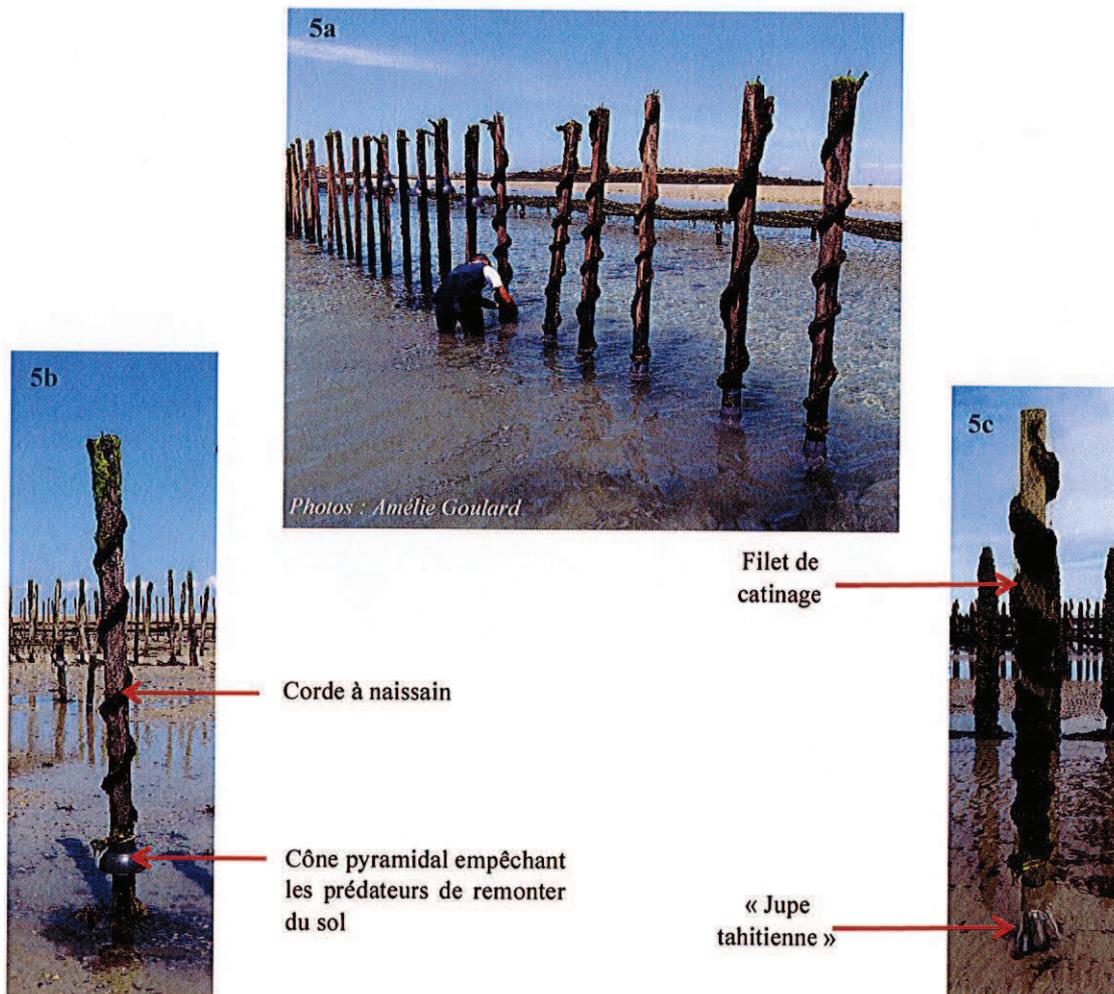


Figure 5 : Ensemencement des pieux (5a), pieu venant d'être ensemencé (5b) et pieu ayant été ensemencé un mois auparavant (5c)

➤ **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

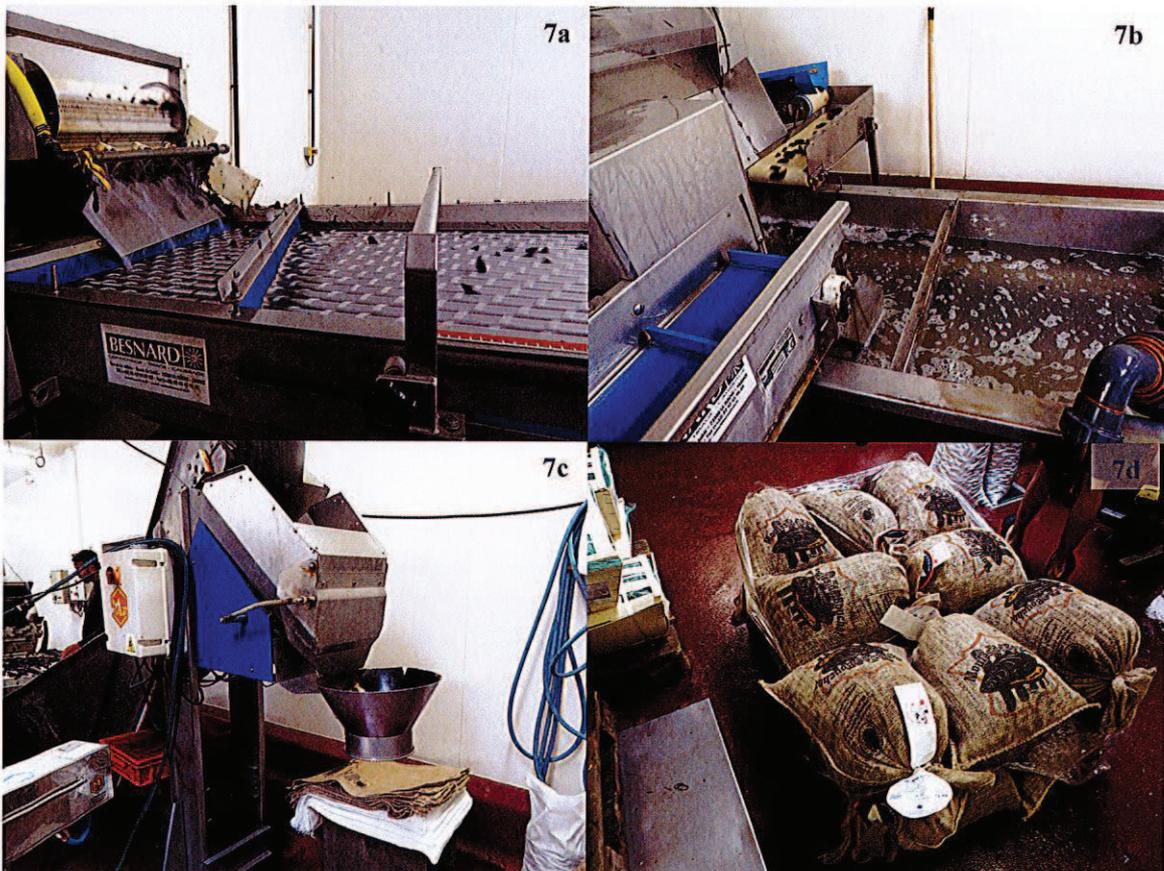
À la récolte, le rendement est évalué par le poids de moules par pieu. En sortie de calibreuse, le **poids net moyen de moules par pieu** est déterminé, c'est-à-dire la **quantité moyenne de moules de taille commercialisable contenues sur un pieu**. Le poids brut représente quant à lui le poids de l'ensemble 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 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).

8a



Photo : © Wikimedia Commons

8b



Photo : SMEI

8c

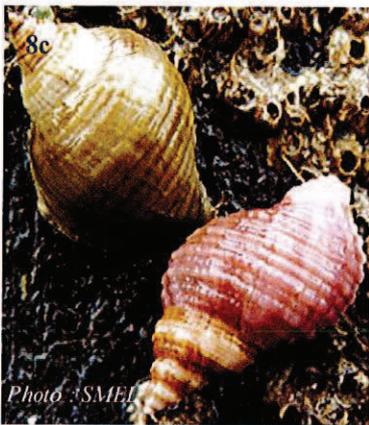


Photo : SMEI

8d

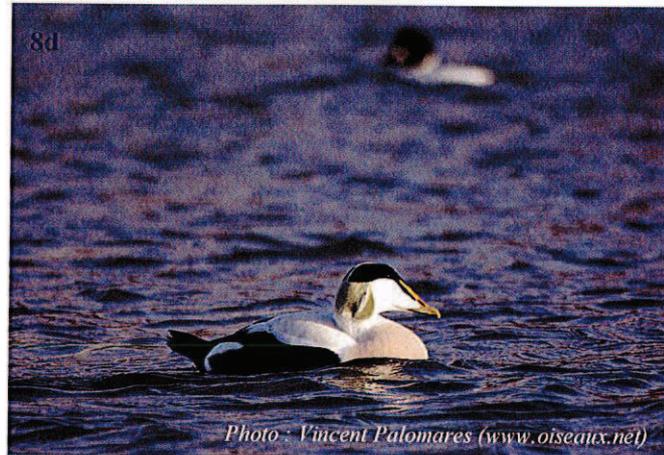


Photo : Vincent Palomares (www.oiseaux.net)

8e



Photo : Jean-Marie Poncelet (www.oiseaux.net)

8f



Photo : Amélie Goulard

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

8a : Crépidules *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 (Gouilletquer *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 la exploitation » (article 1). Au niveau national, sa conservation est réglementée 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'indemnisations) 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 ; Gilsorf *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.

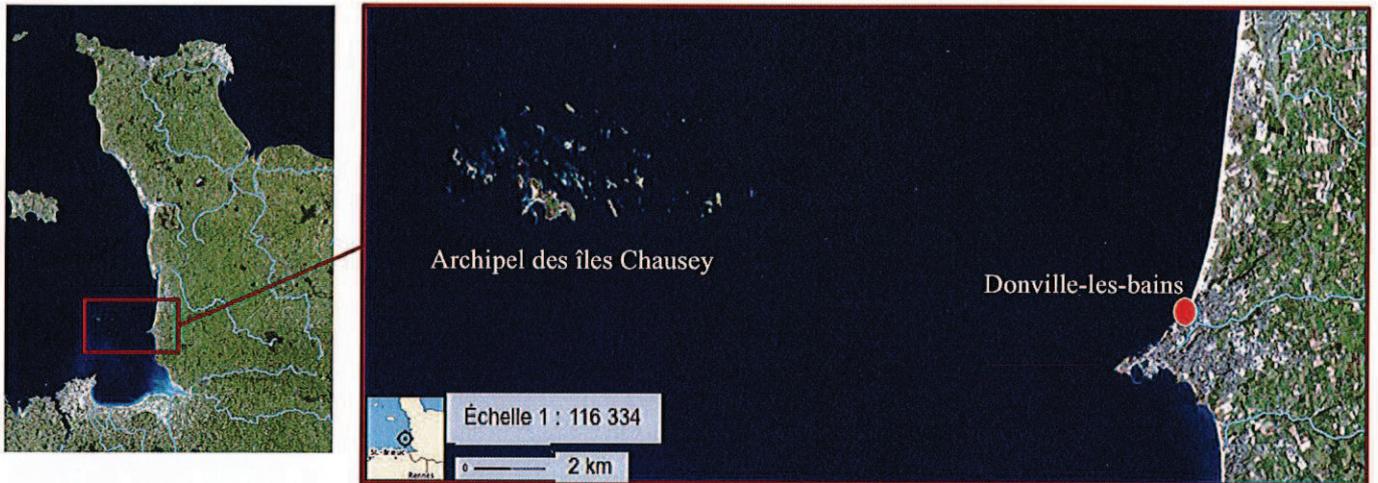
Deux secteurs ont été définis pour un suivi plus approfondi (figure 9) : le secteur de Donville-les-bains (côte ouest de la Manche) **et l'archipel des îles Chausey** (archipel constitué d'une cinquantaine d'îles et d'une multitude d'îlots, situé au large de la côte occidentale de la Manche). Le secteur 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 sandivicensis* ([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**.

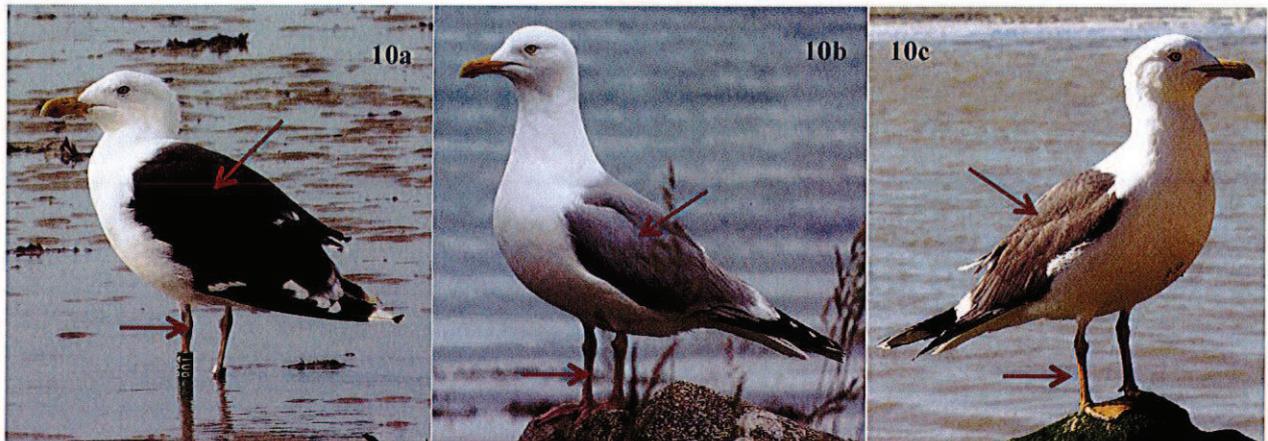
La fréquentation aviaire a été étudiée suivant une méthode similaire à celle utilisée par la LPO dans une étude de la déprédation aviaire (c'est-à-dire des dégâts causés par les oiseaux) sur les bouchots de la Réserve Naturelle Nationale de Moëze-Oléron (Bricout *et al.*, 2015). Ici, les zones d'étude (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*

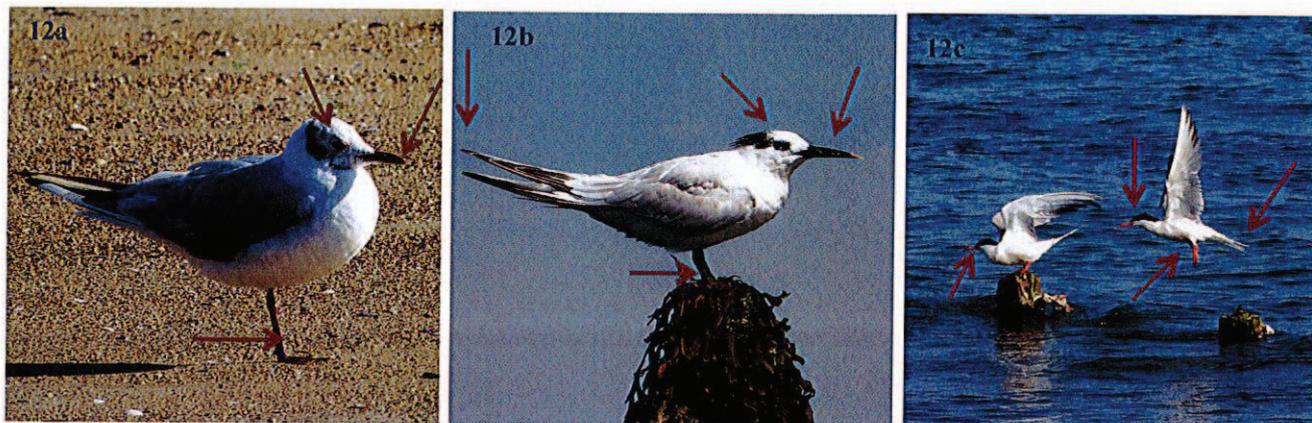
10c : Goéland brun *Larus fuscus*



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 caugék

Sterna sandivicensis

12c : Sterne pierregarin

Sterna hirundo

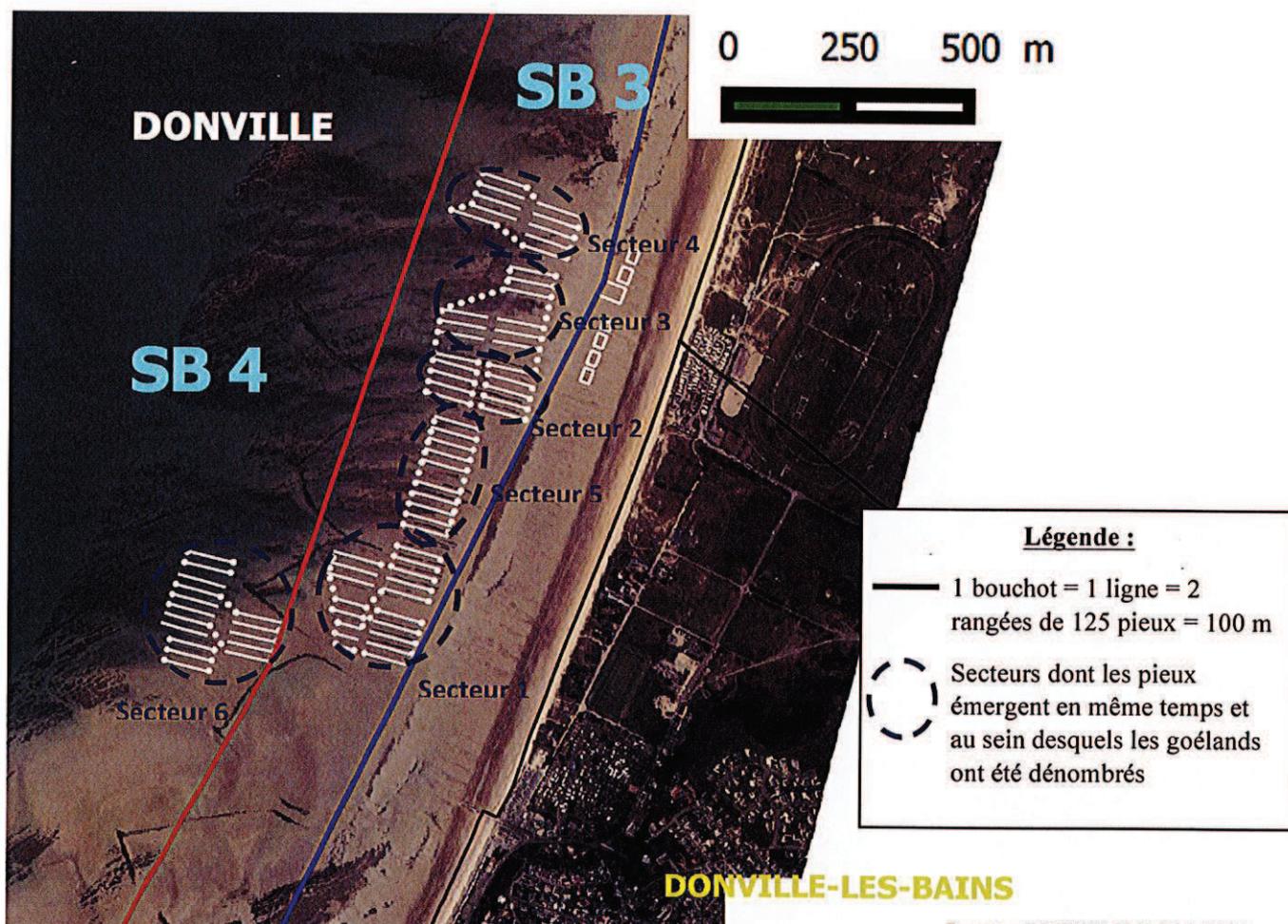


Figure 13 : Zone mytilicole de Donville-les-bains et secteurs au sein desquels les goélands argentés ont été dénombrés

Source : DDTM50 SML/CM, 2016