

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 apparaissent 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 : $m_{\text{ref}} = m_{\text{moy}} * d_{\text{moy}}$.

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 $d_{\text{moy}} = 26$ moules/carré de 49 cm² et la longueur moyenne associée a été estimée à $L_{\text{moy}} = 46$ mm. Le tableau des biométries de moules a permis de déterminer que la masse moyenne des moules d'une longueur de 46 mm vaut $m_{\text{moy}} = 8,6$ g.

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

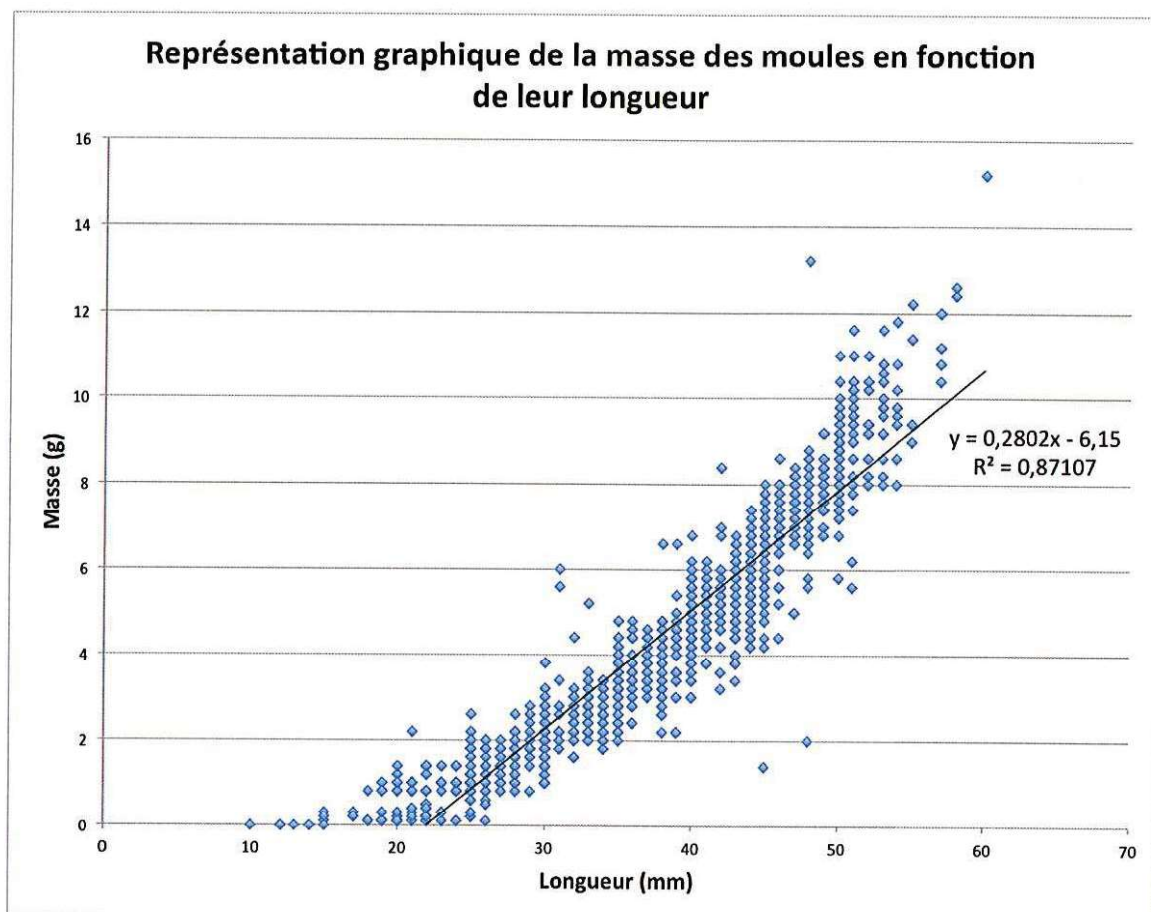


Figure 29 : Graphique représentant la masse des moules en fonction de leur longueur

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, $S_{\text{classe 1}} = 0 \text{ cm}^2$

- classe 2 : $S_{\text{classe 2}} = 42\,375 \text{ cm}^2$

- classe 3 : $S_{\text{classe 3}} = 21\,188 \text{ cm}^2$

- classe 4 : $S_{\text{classe 4}} = 21\,187 \text{ cm}^2$

- classe 5 : pieu intact, $S_{\text{classe 5}} = 0 \text{ cm}^2$

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 $r_{\text{classe x}}$). Connaissant la masse de référence m_{ref} , il est possible de calculer une masse moyenne estimée de moules consommées pour chaque classe ($m_{\text{classe x}}$).

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 : $r_{\text{classe 2}} = S_{\text{classe 2}} / 49 = 865 \rightarrow m_{\text{classe 2}} = r_{\text{classe 2}} * m_{\text{ref}} = 865 * 223,6 = 193\,414 \text{ g}$

- classe 3 : $r_{\text{classe 3}} = S_{\text{classe 3}} / 49 = 432 \rightarrow m_{\text{classe 3}} = 96\,595 \text{ g}$

- classe 4 : $r_{\text{classe 4}} = S_{\text{classe 4}} / 49 = 432 \rightarrow m_{\text{classe 4}} = 96\,595 \text{ g}$

- 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 ($m_{\text{tot,classe x}}$) puis la masse totale à l'échelle de toutes les concessions du mytiliculteur ($m_{\text{tot,prédagée}}$).

- classe 1 : aucune rangée $\rightarrow m_{\text{tot,classe 1}} = 0 \text{ g}$

- classe 2 : 5,5 rangées $\rightarrow m_{\text{tot,classe 2}} = 193\,414 * 5,5 = 1\,063\,777 \text{ g}$ soit **1 064 kg**

- classe 3 : 4 rangées $\rightarrow m_{\text{tot,classe 3}} = 386\,380 \text{ g}$ soit **386 kg**

- classe 4 : 4,5 rangées $\rightarrow m_{\text{tot,classe 4}} = 434\,678 \text{ g}$ soit **435 kg**

- classe 5 : 24 rangées $\rightarrow m_{\text{tot,classe 5}} = 0 \text{ g}$

D'où : $m_{\text{tot,prédagée}} = 1\,885 \text{ kg}$ 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 calculée			Perte de production déclarée 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 %
- macreuses : 10 %
- goélands : 4 %
- mortalité : 20 %

39 % de pertes de
production au total



Pour ce mytiliculteur, le Goéland argenté est
responsable de 10 % des pertes constatées.

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 $3 \times 11,9 \times 5 = 178,5 \text{ €}$.

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

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**.

3.3. Recenser et diagnostiquer les moyens employés de limitation de la prédation

3.3.1. Recensement des moyens de limitation de la prédation existants

3.3.1.1. Limitation passive : méthodes d'exclusion et de leurres alimentaires

➤ Méthodes d'exclusion

Méthodes qualifiées de passives et non soumises à dérogation par Arrêté préfectoral, elles se caractérisent par « *l'utilisation de toutes sortes d'obstacles physiques qui visent à empêcher ou gêner la prédation sur les pieux* » (ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005b).

Parmi les méthodes de **gêne**, les **affolants** sont couramment utilisés. Il s'agit de lanières de plastique blanches ou argentées accrochées en tête de pieu (figure 30). En volant ou en bougeant avec le courant, elles gênent les oiseaux qui nagent autour du pieu et constituent de plus un **effarouchement visuel et auditif** (Bellanger, 2002 cité par ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005b). Le « **fil téléphone** » est quant à lui un ensemble de fils de fer tendus au-dessus et de part et d'autre d'une rangée de pieu (figure 31). Il empêche les oiseaux de se poser sur les pieux et leur en rend difficile l'accès à la nage lorsqu'ils sont posés sur l'eau. Il représente enfin un effarouchement visuel et auditif grâce aux vibrations faites par le vent ou lorsqu'un oiseau le touche (CEN-LR et SIEL, 2006). Souvent seul le fil tendu au-dessus de la rangée est mis en place. Ce système ne peut pas être installé dans des secteurs, où des éléments comme les sargasses circulent dans l'eau, car cela s'accroche et cause des dégâts. Ces deux systèmes ont pour avantage d'être **financièrement peu coûteux et relativement faciles à mettre en place, mais leur efficacité reste limitée** (ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005b).

Les systèmes qui visent à **empêcher les goélands d'accéder aux moules** sont différents types de **filets** installés sur chaque pieu. Surtout utilisés pour limiter la prédation par les canards (et par les dorades dans d'autres secteurs de production hors Normandie et Hauts-de-France) et donc principalement installés l'hiver, ils sont tout de même utilisés l'été peu après la pose du naissain pour lutter contre les goélands. On distingue ainsi **plusieurs types de filets suivant la taille des mailles et la rigidité du matériau. Ils présentent une certaine efficacité mais limitent la croissance des moules** (ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005b) car des algues obstruent rapidement les mailles et bloquent le flux d'eau (et donc l'apport nutritif pour les moules).

Enfin, des **gaines Catiprotect™** (figure 32) peuvent également être disposées sur les pieux et ont pour avantage, outre leur efficacité contre la prédation, de pouvoir rester en place pendant toute la durée de pousse des moules et de ne pas baisser la productivité (Blin *et al.*, 2013). Le système Catiprotect est cependant fragile et ne peut pas être utilisé dans des sites exposés au mauvais temps (Blin *et al.*, 2013).

➤ Méthodes de leurres alimentaires

Ces méthodes « *visent à utiliser des aliments de substitution pour détourner les oiseaux des moules de bouchot* » (ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005b). Par exemple, la **moule d'erquy**, moule de l'espèce *Mytilus galloprovincialis* est moins consommée par les goélands



Figure 30 : Rubans affolants



Figure 31 : « Fil téléphone » : fil tendu au-dessus d'une rangée de pieux

argentés. L'ensemencement des têtes de pieu avec cette espèce (testé en baie de Morieux, en Bretagne Nord) permet de **désintéresser les oiseaux** mais a pour conséquence de **diminuer la valeur commerciale de la production**. En effet *Mytilus galloprovincialis* a un moins bon taux de remplissage que *Mytilus edulis* (ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005b). De plus l'introduction d'une nouvelle espèce sur un site donné peut générer l'arrivée de nouveaux pathogènes dans un contexte de mortalités massives observées sur la production mytilicole française. Les hybridations entre *Mytilus edulis* et *Mytilus galloprovincialis* sont possibles et font justement l'objet d'études dans le cadre de cette problématique de mortalités importantes.

La dernière méthode n'a pas pour vocation initiale la limitation de la prédation, mais joue en faveur de la réduction de la prédation sur les bouchots, par la constitution de leurres alimentaires. Les petites moules non commercialisables à l'issue de la cueillette (sous-produits) sont actuellement épandues sur l'estran, sur des **zones de dépôt** faisant l'objet d'une Autorisation d'occupation temporaire du DPM. Elles doivent être broyées avant d'être épandues sur une hauteur maximale de cinq centimètres. Cette pratique n'est censée être que provisoire et des méthodes de valorisation de ces sous-produits sont actuellement recherchées. Actuellement cependant, **les zones de dépôt sont fréquentées par les goélands argentés (figure 33) et représentent une source d'alimentation alternative qui les détourne des bouchots** (ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005b). Par exemple, sur la zone de dépôt de petites moules de Briqueville-sur-Mer, plusieurs dizaines et jusqu'à plus de 400 goélands ont pu être régulièrement observées dans le cadre du protocole n°1 de caractérisation de la prédation.

3.3.1.2. Limitation active : méthodes de dispersion et d'élimination

La mise en place d'une **limitation active par effarouchement** est quant à elle soumise à l'obtention d'un Arrêté préfectoral de dérogation au statut de protection du Goéland argenté (au titre de l'article 3 de l'arrêté ministériel du 29 octobre 2009 et la Zone de Protection Spéciale pour Chausey) afin d'autoriser la **perturbation intentionnelle voire la destruction des individus**. On qualifie d'effarouchement « *la réduction [par diverses méthodes] du désir des animaux prédateurs d'entrer ou de stationner sur une zone où se trouve une ressource* » (Nolte, 1999 cité par Gilsdorf et al., 2002).

➤ Méthodes de dispersion

Il existe différents types d'effarouchement : l'effarouchement auditif, l'effarouchement visuel ou l'utilisation de répulsifs chimiques.

Les méthodes d'**effarouchement auditif** consistent à **effrayer les oiseaux à partir de sons ou d'ultrasons**. Dans le cas des goélands argentés, l'utilisation d'ultrasons n'a aucun effet (Gilsdorf et al., 2003). Il existe de nombreux systèmes de diffusions de sons, de cris de détresse ou de cris de prédateurs :

- Des **balises flottantes reproduisant des cris d'alerte ou de détresse** des goélands ou **des cris de prédateurs** susceptibles de les attaquer (faucon pèlerin par exemple) ont pu être testées au Canada notamment (BFI Usine de triage Lachenaie Ltée et Nove Environnement Inc., 2002). De tels essais ont également été réalisés à Chausey par le groupe de travail en 2007, avec une balise flottante (figure 34a) visant l'effarouchement à la fois des goélands et des canards (eiders et macreuses). Un suivi ornithologique avait été réalisé parallèlement par le GONm afin de s'assurer que les autres



Figure 32 : Gaines Catiprotect



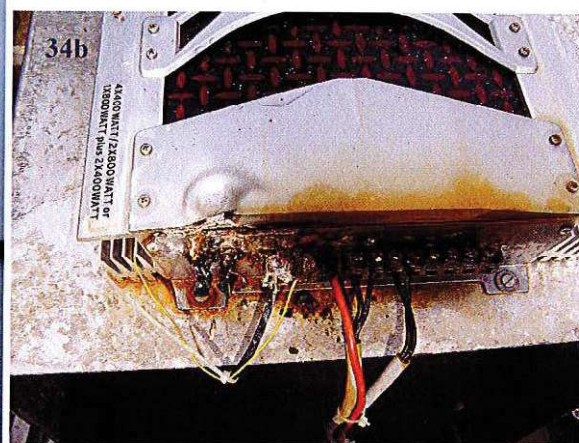
Figure 33 : Goélands argentés (et autres Laridés) en alimentation sur une zone de dépôt de moules sous-taille sur l'estran (ici zone de dépôt du secteur d'Agon)

espèces d'oiseaux présentes sur le secteur n'étaient pas impactées. **Cet essai n'a cependant pas été concluant, les oiseaux s'y étant rapidement accoutumés.** De plus la balise était peu résistante aux conditions météorologiques difficiles (figure 34b), ce qui confirme qu'**une telle solution ne peut être envisageable à long terme.**

- Il existe de nombreux autres appareils similaires diffusant des bruits divers afin d'effaroucher les oiseaux (**dispersion électro-acoustique**). Une fois de plus, les essais qui ont pu être réalisés avec de tels équipements **n'ont pas montré d'efficacité dans les moulières** (Bellanger, 2002 cité par ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005b).
- Des **moyens pyrotechniques** sont enfin souvent utilisés, c'est-à-dire la production de bruits explosifs par des fusils ou canons qui éloignent les oiseaux des secteurs à protéger. Parmi ces moyens, les **canons à gaz** semblent montrer une certaine efficacité sur un rayon assez large (plusieurs centaines de mètres), même si les oiseaux finissent par s'y accoutumer (Bellanger, 2002 cité par ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005b). Ils représentent cependant une nuisance sonore qui empêche de les utiliser à proximité de zones habitées ou touristiques. Ainsi, un canon à propane avait été mis en place en baie du Mont Saint Michel en 2001 mais avait dû être rapidement enlevé à cause des plaintes reçues de la part des habitants locaux (Bellanger, 2002 cité par ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005b). Le **tir au fusil** est une méthode classique souvent employée, même si elle montre comme tous les autres moyens une efficacité de court terme du fait de l'accoutumance des oiseaux.

Des méthodes d'**effarouchement visuel** peuvent également être employées et montrer une certaine efficacité. Elles consistent à **provoquer un stimulus visuel inhabituel que les oiseaux associent à un danger** (BFI Usine de triage Lachenaie Ltée et Nove Environnement Inc., 2002).

- Les techniques les plus classiques sont celles qui consistent à disposer des **épouvantails** de diverses formes, humaine ou de rapace notamment (ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005 ; Gilsorf *et al.*, 2002). Pour prolonger l'efficacité de telles méthodes face à l'accoutumance des oiseaux, il est nécessaire de changer les systèmes de place régulièrement. Certains systèmes, appelés « scary-men » (Scher, 2011 ; Cadiou et Sadoul, 2002 cités par ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005b), sont des épouvantails gonflables programmés pour se déployer périodiquement.
- L'effarouchement par des systèmes lumineux peut aussi être envisagé. L'utilisation du **fusil laser** a en particulier montré une bonne efficacité sur plusieurs espèces d'oiseaux (Ferri, 1997), avec aucune accoutumance de la part des oiseaux. Il ne peut toutefois être utilisé que dans des conditions particulières avec une luminosité inférieure à 1200 lux, c'est-à-dire à partir de la tombée du jour et jusqu'au matin (Soucaze-Soudat, 1997). Il est donc plus adapté pour un effarouchement dans le cas d'une prédation ayant lieu la nuit.
- L'utilisation de la technique de la **fauconnerie** permet enfin de réaliser un effarouchement à la fois visuel et auditif. Des oiseaux (Faucon sacre, gerfaut ou pèlerin, Buse de Harris, Aigle pêcheur ou des steppes) sont lâchés sur le secteur sur lequel l'effarouchement doit être réalisé et volent à haute altitude avant de piquer sur des leurres agités par les fauconniers. La présence de prédateurs induit un comportement de fuite chez les oiseaux (BFI Usine de triage Lachenaie Ltée et Nove Environnement Inc., 2002). Cette technique a été envisagée par le groupe de travail et le CRC a sollicité à la société Phoenix Effarouchement en 2016 (figure 35). Les limites spatiales et temporelles de ce type d'effarouchement ne permettent pas d'envisager *a priori* une efficacité suffisante de cette solution aux coûts importants.
- Dans la Manche, un **ULM** est utilisé l'hiver pour effaroucher les macreuses et les eiders (passage quatre à cinq fois par jour à quelques mètres au-dessus des bouchots). Si cette méthode est efficace contre ces espèces, elle n'est pas applicable dans le cas du Goéland pour plusieurs raisons. Ce dernier



Photos : CRC

Figure 34 : Balise sonore testée à Chausey par le groupe de travail en 2007 (34a), peu résistante dans ce type de milieu (34b).



Figure 35 : Essai d'effarouchement des goélands par un faucon en 2016 sur la côte ouest du Cotentin

Tableau 3 : Détail du nombre de prélèvements de Goéland argenté autorisés en 2017 par secteur et modalités des tirs.

Secteur (département)	Période	Nombre de prélèvements autorisés	Modalités
Archipel des îles Chausey (50)	Du 1 ^{er} août au 31 octobre 2017	60 (+ 20 si la prédation se prolonge)	Tirs réalisés par des agents de l'ONCFS à raison de 20 oiseaux maximum par sortie (adultes uniquement)
Donville (50)		10	
Audinghen – Tardinghen – Oye-Plage – Marck (62)	Du 16 mai 2017 au 1 ^{er} juin 2018	60	Tirs réalisés par les concessionnaires ou leurs ayants-droit
Berck (62)		10	
Dannes (62)		40	
Le Crotoy (80)	Du 7 juin au 15 octobre 2017	238	17 oiseaux par concessionnaire (ou ayant- droit)

n'a pas le même comportement de fuite (envol des oiseaux de manière dispersée alors que les canards s'enfuient tous dans la même direction), ce qui augmente le risque de collision entre les oiseaux et l'engin et rend l'opération dangereuse pour le pilote. Cela ferait également perdre son sens à l'opération dont le but est d'effaroucher en évitant la destruction des oiseaux. De plus, le vol de l'ULM à si basse altitude en été (saison touristique) serait dangereux pour les personnes présentes à cet endroit et représenterait une nuisance sonore importante.

Enfin, l'utilisation de **répulsifs chimiques** tels que l'Avitrol® (4-aminopyridine) peut permettre d'entraîner une désorientation et un comportement erratique chez l'oiseau (ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005b). Mais cette méthode est surtout mise en œuvre pour des problématiques sur les décharges et semble difficilement envisageable sur des coquillages élevés en milieu naturel ouvert (impact sur l'environnement) et qui plus est destinés à l'alimentation humaine.

➤ **Méthodes d'élimination**

Afin de limiter l'accoutumance des oiseaux aux différents dispositifs d'effarouchement visant leur dispersion, des **opérations ponctuelles d'élimination** peuvent être mises en œuvre. Deux méthodes peuvent être employées : la **stérilisation des couvées** au sein des colonies, par application d'un film de paraffine sur les œufs (mis en œuvre dans les villes et par exemple à Granville), et le **tir au fusil**. Dans le cas de la lutte contre la prédation par les goélands sur les bouchots, c'est cette deuxième méthode qui est employée. Il est important de noter que **le tir léthal est ici une technique de régulation de prédation et non de population : l'objectif n'est pas de faire diminuer la population de goélands mais bien de renforcer l'effarouchement en « rappelant » aux oiseaux l'existence du danger lié à la détonation.**

En Normandie et Hauts de France comme dans d'autres régions de France, des Arrêtés préfectoraux sont accordés chaque année et autorisent le **prélèvement d'un nombre réduit de goélands argentés** sur les secteurs les plus touchés par la prédation et sur des **périodes définies afin de ne pas gêner la reproduction de l'espèce** (tableau 3, page 37). Dans la Manche, un suivi de la population de goélands touchée par les tirs létaux, réalisé à Chausey par le GONm, a montré que de tels tirs, « *dans les conditions dans lesquelles ils sont réalisés* », n'accélérent pas le déclin déjà observé depuis de nombreuses années du fait de la compétition avec le Goéland marin et « *ne semblent pas avoir un impact direct notable sur les populations nicheuses d'oiseaux* » (Gallien et Debout, 2015).

Actuellement et depuis cinq ans, le nombre maximal de prélèvements autorisés dans la Manche est de **soixante oiseaux à Chausey** (depuis quatre ans, vingt oiseaux supplémentaires peuvent être abattus à l'automne si des prédatons importantes continuent à être observées et font l'objet d'un constat officiel) et **dix oiseaux à Donville**. **Le nombre de prélèvements par sortie ne doit pas excéder vingt oiseaux à Chausey**. Trois sorties peuvent donc être organisées entre le 1^{er} août et la mi-septembre à la demande des mytiliculteurs, **lorsque la prédation est importante**. Une quatrième sortie peut être organisée en octobre si la prédation persiste. Depuis le premier arrêté en 2001, les quotas ont été adaptés à plusieurs reprises pour être optimaux entre efficacité d'effarouchement et préservation de la population d'oiseaux. Le tableau 3 et la figure 36 représentent l'historique du nombre de prélèvements autorisés depuis 2002.

Les autorisations de tirs ne concernent que les individus adultes de Goéland argenté, afin d'éviter la confusion avec le Goéland brun ou le Goéland marin. Les tirs sont réalisés par des agents de l'ONCFS dans les jours qui suivent un constat de la part des mytiliculteurs d'une

Tableau 3 : Évolution depuis la première autorisation en 2002 du nombre maximal de Goélands argentés pouvant être abattus à Chausey et du nombre de sorties correspondantes.

Année	Nombre maximal de prélèvements autorisés	Nombre de sorties
2002	300	5
2003	150	3
2004	50	5
2005	50	3
2006	50	3
2007	30	2
2008	30	2
2009	30	2
2010	30	2
2011	40	2
2012	60	3
2013	80 (60 + 20)	3 (+1)
2014	80 (60 + 20)	3 (+1)
2015	80 (60 + 20)	3 (+1)
2016	80 (60 + 20)	3 (+1)
2017	80 (60 + 20)	3 (+1)

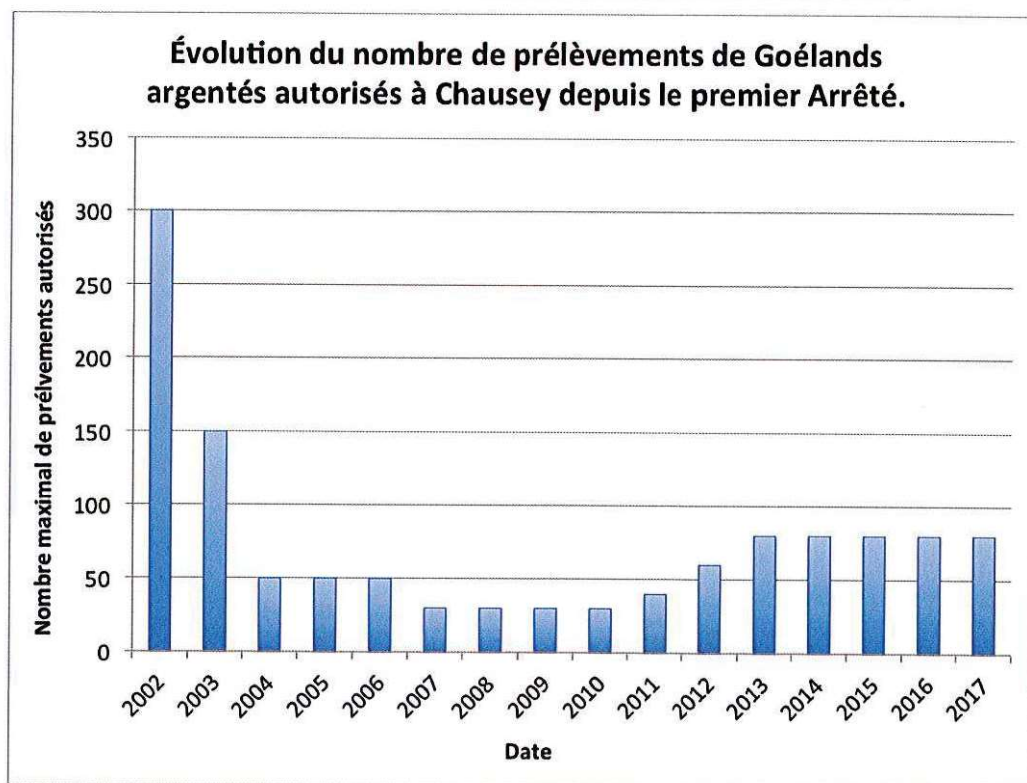


Figure 36 : Représentation graphique de l'évolution des quotas présentés dans le tableau 3.

importante prédation par les goélands. Plusieurs agents interviennent alors simultanément sur les concessions de l'ensemble de l'archipel afin de créer un dérangement d'un maximum d'oiseaux possible et d'empêcher qu'ils ne se reportent sur d'autres secteurs. Chaque concession est sillonnée à plusieurs reprises pour y limiter le retour des oiseaux après effarouchement. Les quotas de prélèvements ne sont pas toujours atteints en raison de la difficulté d'abattre les oiseaux ou des conditions météorologiques, mais les agents restent sur la zone pendant toute la durée de la marée et peuvent combiner des tirs létaux avec des tirs à blanc pour intensifier et prolonger la perturbation (Esclaffer, comme. pers.).

La réalisation de telles opérations est conditionnée par plusieurs facteurs environnementaux. Les tirs doivent avoir lieu en **marée de vive-eau** pour être efficaces, et à une période à laquelle un **grand nombre d'oiseaux** est constaté sur les concessions. Mais la **météorologie** reste le principal facteur limitant puisque les tirs sont effectués depuis un bateau (nécessité d'une bonne visibilité, peu de vent et mer peu agitée pour la sécurité des tireurs et le succès des tirs).

Dans les Hauts-de-France, les tirs létaux sont réalisés par les conchyliculteurs dans la limite d'un nombre autorisé dans chaque arrêté départemental (17 par conchyliculteur dans la Somme et de 10 à 60 par conchyliculteur dans le Pas-de-Calais en fonction de la superficie des sites de production). Dans la Somme, les conchyliculteurs disposent d'un arrêté préfectoral de dérogation renouvelé depuis plus de 10 ans tandis que dans le Pas-de-Calais l'arrêté n'est pas paru régulièrement chaque année sur la même période mais seulement en 2012, 2015 et 2017. Dans ces deux départements, les tirs sont réalisés au moyen de munitions de substitution au plomb depuis l'estran en direction de la mer. Pour contrôler les opérations de tirs, les cadavres des goélands sont soit déposés dans un coffre au niveau de la RNN de la Baie de Somme pour vérifier l'espèce abattue soit pris en photographie puis envoyés à la DDTM référente dans le Pas-de-Calais. Les tirs létaux ne sont réalisés que pour renforcer l'efficacité des tirs d'effarouchement afin que les goélands argentés continuent d'associer au bruit des fusils un danger réel. Ainsi en 2017, les tirs létaux réalisés étaient très en deçà du nombre autorisé car les conchyliculteurs ont pu accéder à de nouvelles techniques d'effarouchement (fusées sonores) apparemment très efficaces. Cependant, une certaine accoutumance en fin de saison (septembre) a commencé à être observée par les conchyliculteurs. Sur les 110 goélands argentés autorisés à être abattus en 2017 dans le Pas-de-Calais, seulement 37 tirs létaux ont été réalisés et sur les 238 autorisations dans la Somme, 43 goélands argentés ont été prélevés en 2017.

L'amarrage au sommet des pieux des cadavres des oiseaux tirés reste d'après les mytiliculteurs l'une des méthodes les plus efficaces, qui permet de réduire de 100% la fréquentation des bouchots pendant une à deux semaines de marée (d'après les déclarations faites lors des enquêtes). Cette méthode est utilisée dans d'autres régions de France et notamment en Poitou-Charentes (Mille *et al.*, 2017) mais reste peu employée dans des secteurs très touristiques pour des raisons d'acceptabilité sociale. Dans la Somme et le Pas-de-Calais, les Arrêtés préfectoraux rendent obligatoires l'enfouissement des cadavres après un tir létaux ou leur remise à des services référents.

3.3.1.3. Bilan

Il ressort de cette synthèse qu'aucune méthode ne montre d'efficacité à long terme pour limiter la prédation des moules par les goélands argentés. L'accoutumance des oiseaux aux différents systèmes implique de devoir combiner plusieurs méthodes avec des dispositifs dont il faut faire varier la fréquence d'action et qu'il faut changer de place (Reinhold et Sloan, 1997)

Afin de mettre en place une méthode de limitation de la prédation, plusieurs paramètres doivent être pris en compte : le type de milieu (exposition au mauvais temps notamment), l'impact du système sur la production des moules, le prix du système et enfin le temps de travail supplémentaire que son utilisation implique. Les impacts environnementaux des systèmes et notamment l'impact sur les autres espèces qui cohabitent doivent également être considérés. Les enquêtes ont montré que **les systèmes passifs sont de moins en moins utilisés par les mytiliculteurs du fait du mauvais rapport entre leur efficacité, l'effort à fournir pour les mettre en place et les entretenir** (effort financier et en termes de temps de travail supplémentaire) **et la perte de productivité des pieux qu'ils engendrent. À ce jour, dans de nombreuses régions françaises, les méthodes retenues sont donc les tirs à blanc combinés ponctuellement avec des tirs létaux.** Les mytiliculteurs utilisent aussi d'autres méthodes d'effarouchement n'impliquant pas de tir au fusil, telles que l'utilisation de pétards, l'effarouchement par des véhicules (bateau ou 4x4 dans les Hauts-de-France) ou l'effarouchement vocal.

3.3.2. Évaluation de terrain de l'efficacité des moyens de lutte

3.3.2.1. Systèmes passifs

Les systèmes expérimentaux de protection des pieux présentés dans le paragraphe 2.4.3.1. (figure 19, page 17), installés au moment de l'ensemencement des pieux (début juillet 2017) à Chausey et à Donville, ont pu être suivis pendant un mois.

Les effectifs de goélands présents sur les concessions à cette période sont restés faibles par rapport aux années précédentes, mais des prédateurs ont tout de même été observés (au Centre de l'archipel des îles Chausey principalement) et ont permis de comparer l'efficacité des systèmes à protéger les moules des goélands. Une part importante des dégâts observés sur les pieux sont également dus à la présence des systèmes eux-mêmes, qui favorisent le décrochement des moules du pieu par mauvais temps notamment. La moyenne des pertes de production constatées sur les trois répétitions de chacun des systèmes a été calculée pour les trois secteurs et la cause de ces pertes a été déterminée. Les résultats sont présentés dans le [tableau 4](#).

Les résultats semblent montrer **l'efficacité de trois des systèmes contre la prédation** du naissain par les goélands (filet maille souple, gaine rigide et Catiprotect). Cependant, les systèmes les plus efficaces (Catiprotect et gaine rigide) sont aussi ceux qui **causent par ailleurs des pertes importantes du fait de leur simple présence**. En effet ces deux systèmes, du fait de leur rigidité, entraînent par frottement le **décrochement des moules de la corde et leur perte dans le milieu** (figure 36). Ainsi, à Donville, il a pu être observé jusqu'à 80 % de pertes de naissain sur un pieu équipé de Catiprotect.

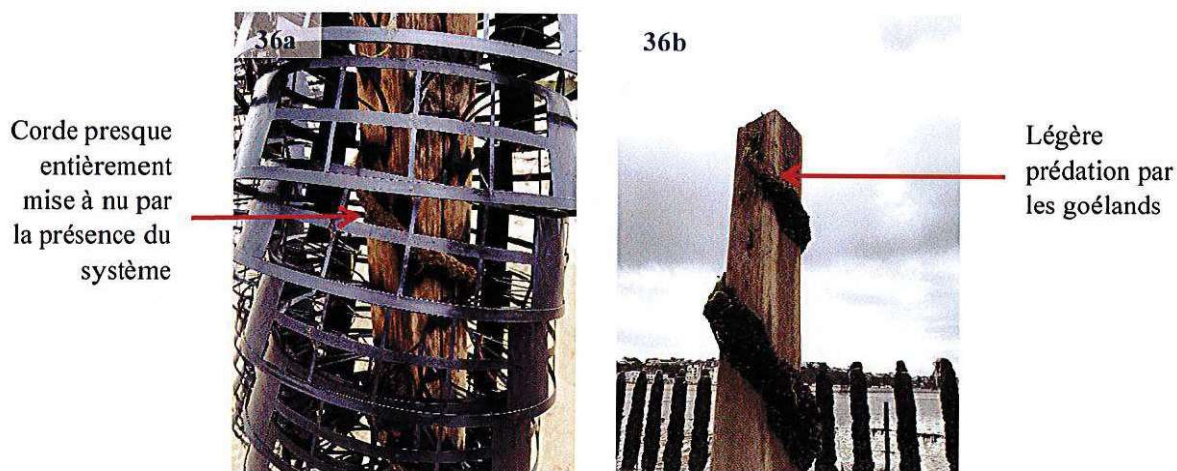
Par ailleurs, chacun des filets ne présente qu'une efficacité de court terme. En effet avec leur croissance **les moules passent rapidement au travers des mailles** et sont alors exposées et accessibles aux goélands (figure 37).

Enfin, la **résistance des systèmes au mauvais temps** est également un paramètre à prendre en compte. En effet, dans la semaine qui a suivi la mise en place des systèmes expérimentaux, l'un des filets à maille souple a été emporté par la mer et un nouveau filet a dû être posé. De même, deux Catiprotect ont souffert du mauvais temps et ne protègent plus l'ensemble du pieu (figure 38).

Tableau 4 : Bilan de l'efficacité des systèmes passifs expérimentés après un mois de présence sur les pieux.

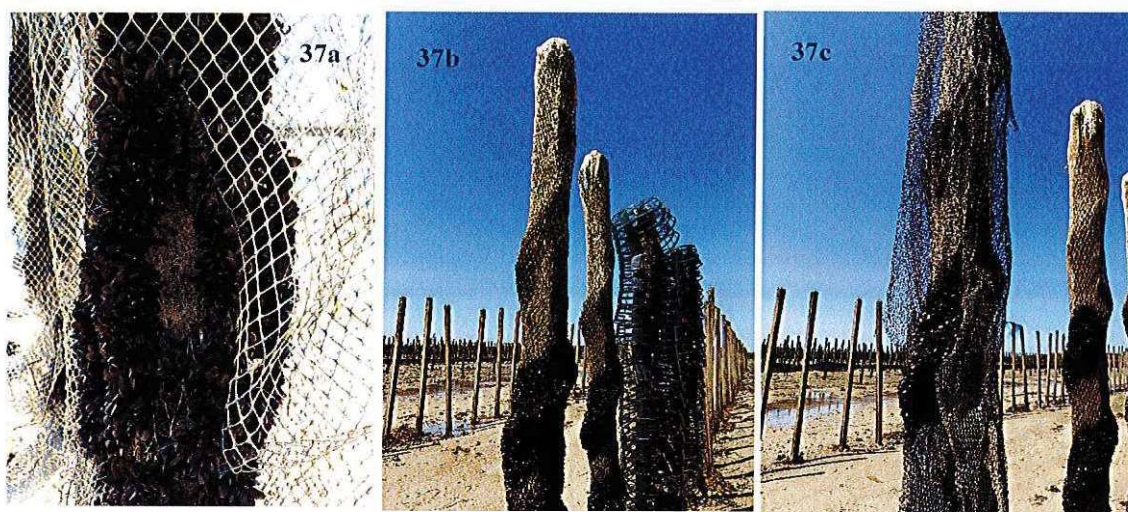
	Centre de l'archipel		Est de l'archipel		Donville		Diminution de la prédation par rapport au témoin*
	Pertes moyennes	Cause	Pertes moyennes	Cause	Pertes moyennes	Cause	
Témoin	40 %	Goélands	8 %	Goélands	3 %	Goélands	
Filet anti-macreuse	40 %	Goélands	1 %	Goélands	2 %	Goélands	- 40 %
Filet anti-eider	3 %	Goélands	0 %	-	1 %	Présence du système	- 98 %
Gaine à dorade	0 %	-	15 %	Présence du système	2 %	Présence du système	- 100 %
Catiprotect	3 %	Présence du système	3 %	Présence du système	60 %	Présence du système	- 100 %

* Ces chiffres représentent la diminution des pertes de naissain dues aux goélands et non des pertes globales observées.



Photos : Amélie Goulard

Figure 36 : Pertes de naissain causées par la présence du Catiprotect (36a) en comparaison avec le témoin (36b)



Photos : Amélie Goulard

Figure 37 : Après seulement quelques semaines, les moules passent au travers des mailles de chacun des filets

37a : Gaine à dorade

37b : Filet anti-macreuse

37c : Filet anti-eider



Photo : Amélie Goulard

Figure 38 : Chute de deux Catiprotect à cause du mauvais temps.

3.3.2.2.Limitation par effarouchement

➤ Tirs à blanc

L'efficacité d'une opération d'effarouchement peut être mesurée à travers deux éléments : la diminution de la fréquentation des bouchots et l'augmentation de la distance d'approche nécessaire à la mise en fuite des goélands. Plusieurs opérations d'effarouchement des goélands par tirs à blanc des mytiliculteurs sur leurs concessions ont pu être observées, principalement à Donville. La réaction des goélands à ces opérations a été étudiée (cf paragraphe 2.4.3.2.).

Trois types de comportement ont pu être observés au moment du tir en direction d'une concession :

- les oiseaux **se reportent sur une concession voisine** et y reprennent une activité de prédation après quelques minutes
- les oiseaux **quittent les concessions pour aller se poser à proximité de la zone mytilicole** (plage ou rochers) et peuvent revenir sur les concessions après une durée plus ou moins longue
- les oiseaux **quittent définitivement la zone mytilicole** (jusqu'à la fin de la marée)

Les goélands présents sur le secteur visé par les tirs et sur l'ensemble de la zone mytilicole ont été comptés avant et après effarouchement (données de comptage en **annexe 4**). **Il apparaît que les tirs entraînent une diminution moyenne de 96 % (+/- 9 %) de la fréquentation des bouchots du secteur visé** jusqu'à la fin de la journée. En ce qui concerne l'ensemble de la zone mytilicole, c'est une diminution moyenne de 61 % (+/- 31 %) des effectifs de goélands qui a été constatée après les opérations d'effarouchement.

Par ailleurs, il a été observé qu'en marées de vive-eau, lorsque les mytiliculteurs restent sur les concessions pour travailler après un effarouchement, les goélands quittent plus facilement la zone de manière définitive sans se reporter sur les concessions voisines. Ce même phénomène est observé lorsque les tirs ont lieu après une semaine d'effarouchement intensif.

En ce qui concerne la **distance d'approche avant envol** des oiseaux, il n'a été possible de l'évaluer qu'avant les premiers tirs. Les oiseaux ayant quitté le secteur ou s'étant mêlés à d'autres individus n'ayant pas subi d'effarouchement, il n'a pas été possible d'étudier leur réaction à l'approche du bateau dans les premières minutes ou heures ayant suivi les tirs. En revanche, il a pu être observé que **la distance d'approche dépend du nombre d'opérations qui ont été réalisées les jours précédant le moment de l'évaluation**. Aussi, deux cas ont été séparés : première opération après plusieurs jours sans effarouchement d'une part et opération ayant lieu après plusieurs jours d'effarouchement intensif d'autre part.

Dans le premier cas (reprise de l'effarouchement après une période sans), la distance d'approche moyenne nécessaire à l'envol des goélands est de **15 (+/- 7) mètres**. Lorsque l'opération a lieu après une semaine d'effarouchement intensif, en revanche, la distance d'approche est beaucoup plus élevée, avec une moyenne de **92 (+/- 52) mètres**.

Enfin, ce comportement de fuite des goélands à l'approche d'un bateau n'a été observé que dans le cas où il s'agissait d'un bateau appartenant à un mytiliculteur : la distance d'approche

nécessaire à l'envol des goélands n'a jamais dépassé quelques mètres dans le cas où il s'agissait d'un bateau de plaisance. Le Goéland argenté semble donc bien avoir une notion d'association entre le danger et sa provenance et semble capable de reconnaître les bateaux « à risque ».

➤ Tirs létaux

L'efficacité des tirs létaux n'a pas pu être étudiée de manière approfondie car la première opération de tirs à Chausey a dû être reportée à plusieurs reprises à cause de la météo et du faible nombre d'oiseaux constatés jusqu'à la mi-août (les tirs ne sont réalisés qu'en cas de nécessité).

Il a néanmoins été possible de suivre une opération réalisée à Chausey le 22 août 2017 et au cours de laquelle **vingt oiseaux** ont été abattus (nombre maximal autorisé). Parmi ceux-ci, deux oiseaux bagués ont été identifiés comme provenant de Jersey.

Le comportement des oiseaux pendant l'opération, d'une durée de plus de quatre heures, a pu être observé et il en ressort plusieurs éléments. Il est possible de distinguer **deux types de comportements** : des oiseaux généralement en groupes de 100 à 200 individus pour lesquels la **distance d'approche avant envol est de 75 à 100 mètres** même en début d'opération d'une part et des plus petits groupes de 10 à 20 oiseaux pouvant être **approchés à une vingtaine de mètres** d'autre part (figure 39a). Cette différence de comportement est observée à chaque opération par les agents de l'ONCFS qui réalisent les tirs (Esclaffer, comm. pers.) et pourrait correspondre à la présence de **deux sous-populations d'oiseaux**. Les oiseaux qui ne se laissent pas approcher appartiennent probablement à la **colonie nicheuse locale** qui est visée chaque année par les tirs. Les autres individus ont quant à eux été identifiés à plusieurs reprises (oiseaux bagués) comme **provenant de Jersey** (figure 39b).

Il peut par ailleurs être observé une **évolution du comportement des goélands au cours de l'opération**. En début d'opération les oiseaux sont dispersés sur toutes les concessions en groupes de 20 à 70 ou 100 individus. Plus l'opération avance, plus ils **se regroupent en voliers de 100 à 200 individus et se reportent d'une concession à l'autre ou sur les bancs de sables** (figure 40). Certains groupes ont aussi été observés posés sur l'eau à distance des concessions. Une **augmentation conséquente de la distance d'approche** peut également être constatée, **passant de 50 mètres ou moins en début d'opération à plus de 200 mètres en fin d'opération**, quatre heures plus tard. Il en résulte la difficulté voire l'impossibilité d'abattre des oiseaux en fin d'opération, ce qui explique que les quotas ne soient pas toujours atteints et démontre bien l'efficacité de cette méthode. Les données de comptages et d'évaluation des distances d'approche lors de cette opération sont présentées en **annexe 5**.

Il a également été constaté une **différence de comportement entre les individus adultes et les immatures** (et même **particulièrement les juvéniles**). Ainsi les jeunes goélands peuvent être approchés à une distance beaucoup plus faible que les adultes qui sont plus farouches (Esclaffer, comm. pers. ; obs. pers.). Ce constat a également été fait par l'ensemble des mytiliculteurs interrogés en Normandie et Hauts-de-France qui remarquent une dispersion plus difficile des jeunes que des adultes lors de l'effarouchement par tirs à blanc.

Lors de l'abattage d'un goéland, beaucoup de ses congénères ont le comportement typique de s'approcher et de tourner au-dessus de l'oiseau tombé avant de prendre la fuite. Là encore, ce sont souvent les immatures qui se rapprochent tandis que les oiseaux que l'on peut supposer locaux et « habitués » aux tirs fuient plus directement (figure 41). **Cela peut mettre en évidence la capacité**

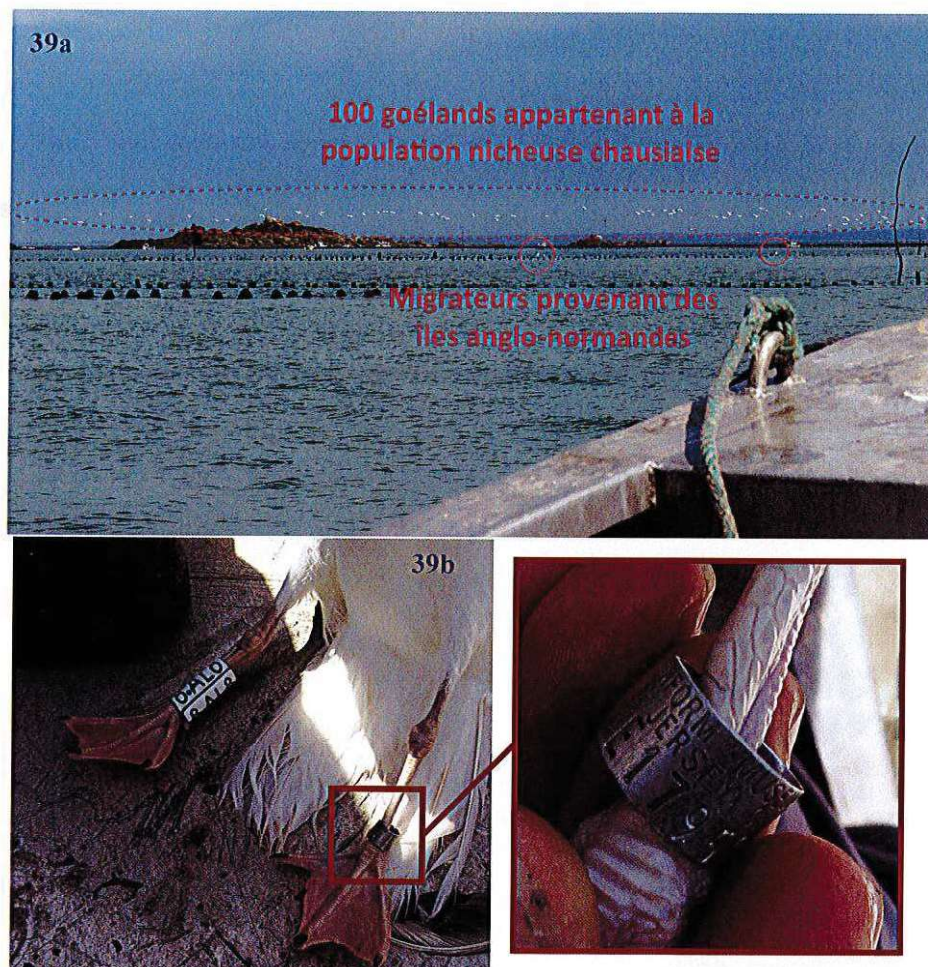


Figure 39 : Comportement de fuite des goélands pendant l'opération de tirs létaux de Chausey le 22 août 2017 : population locale très farouche et individus se laissant approcher (39a). Les oiseaux les moins farouches sont des migrants, ici de Jersey (39b).

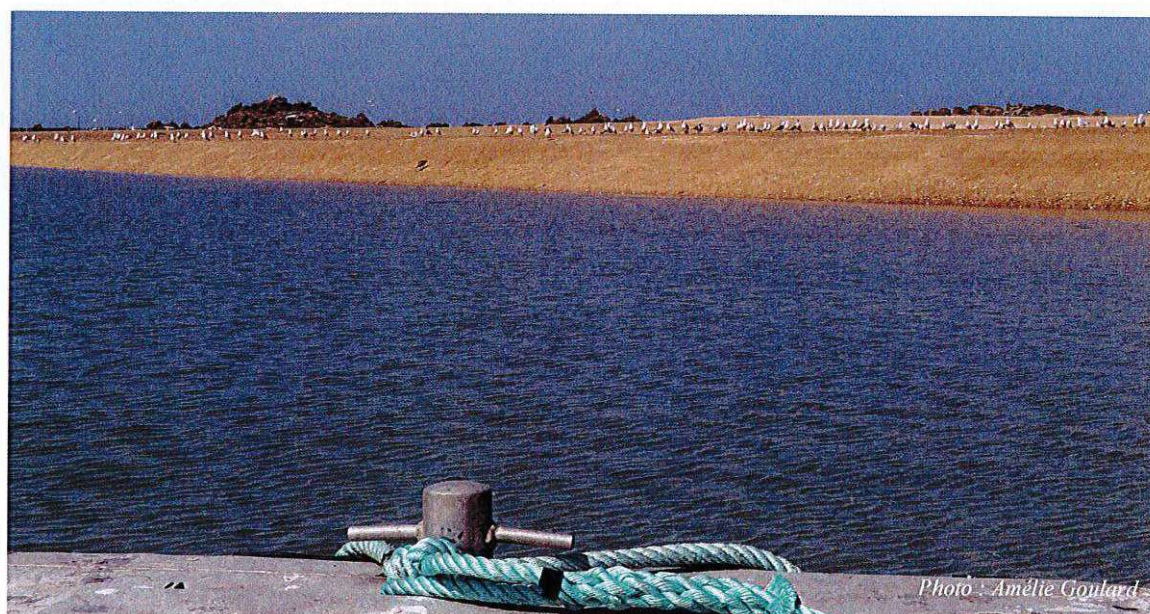


Figure 40 : Regroupement des goélands par centaines sur les bancs de sables (ici banc de sable de la Canue)

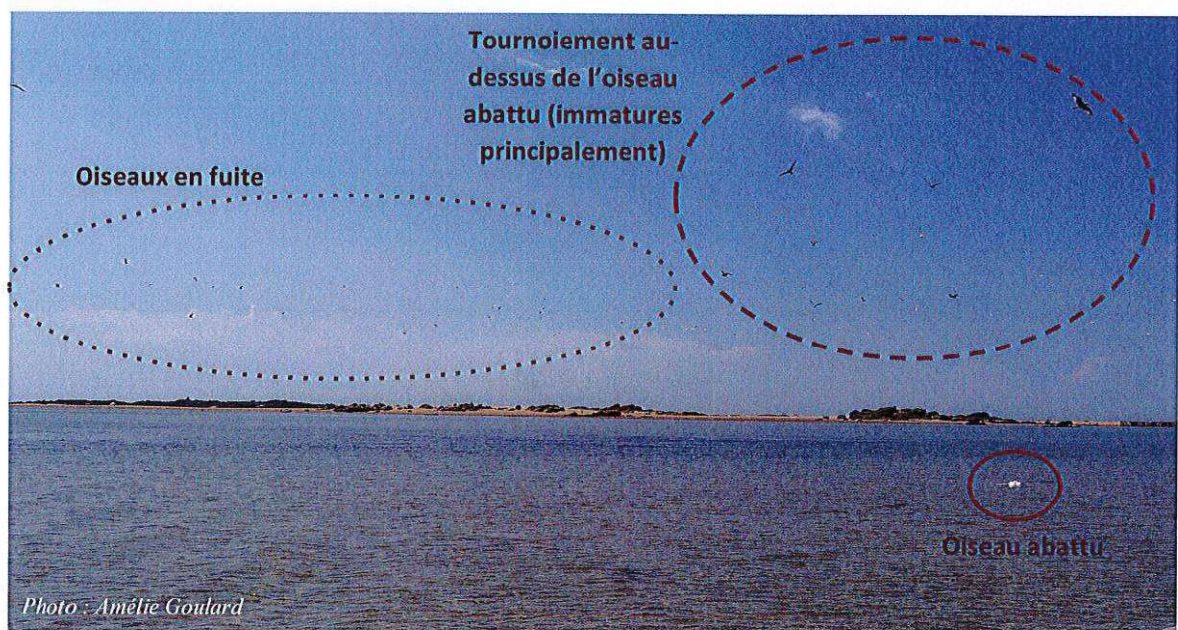


Figure 41 : Comportement typique des goélands lors de l'abattage d'un de leurs congénères : tournoiement au-dessus de l'oiseau avant de prendre la fuite.

des oiseaux à « reconnaître le danger », but recherché de ce type d'opérations. Le même comportement des oiseaux est observé dans le cas de la suspension de cadavres de goélands en tête de pieu (Esclaffer, comm. pers. ; communications des mytiliculteurs).

Enfin, il a pu être observé que **les autres espèces d'oiseaux présentes sur l'archipel ne semblent pas affectées par les tirs visant les goélands.** Par exemple il a pu être constaté que même en fin d'opération, les sternes (caugek et pierregarin) et des tournepierres à collier (*Arenaria interpres*) ne présentaient pas de comportement d'alerte ou de détresse et pouvaient être approchés à des distances d'une dizaine de mètres.

L'efficacité de l'opération a pu être constatée dans les jours qui ont suivi. En effet si les oiseaux étaient toujours présents sur les concessions (250 individus au total répartis principalement sur les secteurs 4, 5 et 6 de la figure 14), leur **dispersion a été beaucoup plus rapide**, dès deux tirs d'effarouchement, avec une distance d'approche d'une centaine de mètres.

Une **seconde opération de tirs létaux** a été réalisée à Chausey le 5 septembre 2017 (à la marée suivant la première opération) en raison du constat d'effectifs importants de goélands sur les concessions. Lors de cette opération, **treize individus** ont été abattus. Il a été constaté **dès le début de l'opération des distances d'approche avant envol supérieures à 200 m** et l'envol des goélands avant même qu'ils soient à portée de tir (Esclaffer, comm. pers.). L'effet de ces opérations ne se traduit donc pas par une diminution des effectifs de goélands sur les concessions mais bien par un **renforcement de l'efficacité de l'effarouchement.**

4. Discussion, perspectives et préconisations

4.1. Caractériser la prédation des moules par les goélands

4.1.1. Origine des goélands argentés présents sur les concessions mytilicoles

Les observations à Chausey et Donville ont permis de confirmer que les **effectifs de goélands sont très variables d'un endroit à un autre** et que **les individus observés n'appartiennent pas aux mêmes populations.**

Ainsi, à Donville, la prédation est en grande partie exercée par des individus **immatures** dont il est difficile de connaître la provenance. Les adultes observés, en revanche, appartiennent probablement à la **population nicheuse de la ville de Granville**, située à moins de cinq kilomètres de la zone mytilicole.

À Chausey, il a pu être observé que la population qui exerce une prédation au Centre de l'archipel n'est pas la même que celles de l'Est de l'archipel. Si les individus observés au centre, uniquement des adultes, appartiennent à la **colonie nicheuse de Chausey**, ceux de l'Est de l'archipel sont en partie des immatures qui peuvent provenir de la côte, située à une quinzaine de kilomètres. La distance entre un dortoir et un lieu d'alimentation peut en effet s'élever à plus de quarante kilomètres (Svensson *et al.*, 2015 ; BirdLife International, 2017).

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

Les enquêtes des mytiliculteurs et les observations de terrain ont permis de mieux caractériser le comportement du Goéland argenté sur les parcs mytilicoles à la fois temporellement (saison des prédatons, types de marées et stades de marées) et spatialement (secteurs les plus touchés au sein d'une zone mytilicole ou au sein des concessions, partie des pieux exposée à la prédation).

Il ressort que le Goéland argenté exerce une prédation principalement en **période estivale**. Les goélands sont observables toute l'année sur les concessions mytilicoles, mais entre fin novembre et début avril les effectifs sont suffisamment faibles pour que le niveau de prédation soit acceptable pour les mytiliculteurs. L'augmentation de ce dernier en été n'a pas pu être constatée par les observations de terrain du fait de la chute inhabituelle des effectifs visibles sur les concessions cette année, à partir de juin. Les retours des questionnaires envoyés ces dernières années par le CRC Normandie-Mer du Nord à l'ensemble de la profession mytilicole de sa compétence territoriale ont pu confirmer que si les goélands sont présents toute l'année, des prédatons importantes liées à une augmentation des effectifs n'ont lieu **qu'entre mai et septembre et particulièrement à partir de juillet**. La **saisonnalité** de la prédation par les goélands a également été mise en évidence **dans les autres régions mytilicoles de France** telles que la Bretagne, les Pays de la Loire et la Charente-Maritime (Mille *et al.*, 2017).

L'importance du niveau de prédation observée en période estivale s'explique par différents éléments. La première raison est **l'augmentation des effectifs de goélands argentés présents sur les concessions à partir d'avril**. En effet si en hiver seuls les nicheurs locaux, sédentaires, sont présents, ils sont rejoints au printemps par des « clubs » d'immatures erratiques sur le point d'intégrer une colonie et à partir de juillet et août par des individus plus nordiques en migration post-nuptiale (Nepveu, 2002 ; BirdLife International, 2017). D'après Debout (2005), les oiseaux présents sur le secteur des bouchots de la côte occidentale du Cotentin sont originaires de Chausey, de Jersey, et plus rarement de Guernesey. De plus, à partir de fin juillet, les juvéniles (jeunes de l'année à l'envol) sont aussi visibles sur les zones mytilicoles (Gallien, comm. pers. ; obs. pers.).

Il est possible d'avancer que **les populations observées sur chacun des secteurs sont les mêmes tout au long de la période de prédation** (même si d'autres individus rejoignent ceux déjà présents) **mais également d'une année sur l'autre**. En effet le **Goéland argenté est connu pour être fidèle à un site d'alimentation** (Shamoon-Baranes et Von Loon, 2006 cités par BirdLife International, 2017).

En ce qui concerne la méthode utilisée pour réaliser les comptages de goélands sur les concessions, il faut noter que la variabilité du nombre d'oiseaux d'un secteur à l'autre en fonction des jours d'observations ou même du stade de marée (les oiseaux se déplacent en fonction de la hauteur d'eau et de la présence des mytiliculteurs sur une concession) **rend nécessaire le contrôle simultané de toutes les concessions**. La distance élevée entre le point d'observation et les concessions (nécessaire pour avoir une visibilité de toutes les concessions), combinée au fait que les oiseaux exercent une prédation en nageant entre les pieux, rend impossible d'affirmer que le nombre d'oiseaux comptés correspond au nombre réel d'oiseaux présents. Il faut donc considérer les effectifs présentés comme le **nombre minimal d'oiseaux présents**. Ce problème avait déjà été soulevé par des agents du Conservatoire du Littoral et de la DDTM lors de constats officiels de prédation à Chausey, en 2014 notamment (DDTM et Conservatoire du Littoral, 2014). Ces constats avaient cependant mis en évidence la présence de cinquante à cent goélands sur une concession du Centre de l'archipel et de cent cinquante oiseaux sur une concession de l'Est de l'archipel.

4.1.3. Comportement du Goéland argenté sur les concessions mytilicoles

L'augmentation du nombre d'oiseaux par les mouvements naturels des populations coïncide avec la période d'ensemencement des bouchots par les mytiliculteurs. Les goélands semblent préférer le **naissain** au moules adultes. L'hypothèse qui peut être faite pour expliquer cela est que le naissain est **plus facile à consommer** : le byssus encore peu développé rend la fixation des moules au pieu plus fragile et ces dernières sont plus faciles à avaler du fait de leur petite taille. La dépense énergétique à fournir lors de la prédation est donc plus faible et cela peut également expliquer que le **débit de prédation** soit plus important sur le naissain que sur les moules adultes (cf paragraphe 3.2.2.2.).

Le Goéland argenté est une **espèce grégaire** (Richards, 1990 ; Snow et Perrin, 1998 ; cités par BirdLife International, 2017), dont les individus, dans le cas des zones mytilicoles, se concentrent sur certaines parties de concessions ou même sur certaines rangées de pieux. C'est ce comportement qui explique que le Goéland argenté soit une espèce préoccupante pour les mytiliculteurs : si les oiseaux étaient dispersés il pourrait y avoir un effet de « dilution des pertes ». Mais le groupement des effectifs sur les bouchots de quelques mytiliculteurs les rend très impactants pour ces derniers et implique que même de faibles effectifs observés à l'échelle d'une large zone mytilicole peuvent causer des dégâts importants pour certains exploitants (jusqu'à un quart de la production pour les plus touchés).

Les analyses ont été réalisées à Chausey et Donville uniquement car il s'agit des deux secteurs de Normandie sur lesquels la prédation par le Goéland est la plus importante et pour lesquels une limitation de la prédation active est nécessaire. Ainsi les bilans annuels réalisés par le CRC Normandie-Mer du Nord et joints chaque année au dossier de demande des Arrêtés mettent en évidence la présence d'effectifs importants de goélands argentés causant des prédatons uniquement sur les secteurs mytilicoles du Sud-Sienne (sur une distance d'une vingtaine de kilomètres au nord de Donville). **Sur les autres secteurs de la Manche, les pertes de production par les goélands sont nulles ou négligeables pour les concessionnaires, inférieures à 5 % de leur production.** Sur les différents secteurs mytilicoles du Sud-Sienne (Annoville, Lingreville, Bricqueville, Coudeville et Donville), des effectifs de plusieurs centaines de goélands sont observés chaque année.

Il est possible de supposer que la proximité de la ville portuaire de Granville est à l'origine de cette répartition spatiale des oiseaux. Il n'a pas été constaté d'augmentation ou de diminution du nombre de couples nicheurs à Granville depuis 2010 (Alamargot, comm. pers.), mais **plusieurs dizaines voire centaines d'individus non nicheurs de goélands argentés sont régulièrement observés dans le port, notamment à marée haute et par mauvais temps** (Alamargot, comm. pers.). Cela justifie bien que **la proximité de Granville représente une ressource alimentaire** pour les goélands lorsque les bouchots ne sont pas accessibles et **peut expliquer la concentration des oiseaux sur les secteurs mytilicoles voisins** par rapport aux autres secteurs normands.

Dans le cas des Hauts-de-France, ce sont plusieurs centaines à plusieurs milliers de goélands argentés qui peuvent être observés sur les concessions et cela s'explique par la proximité de décharges à ciel ouvert telles que celle de Dannes ou de friches industrielles comme celles de Boulogne-sur-mer ou de Calais (Ward, comm. pers.).

Les goélands exercent une prédation principalement en nageant entre les pieux sur toute la longueur du bouchot. Et ils passent environ 60% de leur temps de présence sur les concessions

mytilicoles à la prédation des moules. 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**.

Les caractéristiques des différents phénomènes pouvant engendrer des pertes ont pu être établies avec une différenciation qui permet de distinguer leur type. Cependant l'évaluation de la quantité de perte liée à chaque phénomène reste difficile de par leur superposition éventuelle et leur accumulation au cours du temps. De plus le déplacement et la recolonisation par les moules des trous de pertes rend difficile l'estimation précise des pertes causées.

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

Il y a eu pour évaluer l'impact économique une approche par enquête et une par observation de terrain.

En résumé, **la combinaison du nombre de goélands, de leur comportement grégaire et de la quantité de moules qu'ils sont capables de consommer explique l'importance des dégâts** qu'ils peuvent causer sur le **naissain** dans les concessions qu'ils touchent, en **période estivale**.

4.2.1. Estimation des pertes de production par enquête

L'estimation des pertes de production par enquête a porté sur les bilans réalisés par le CRC lors des demandes d'autorisations et sur des enquêtes lors de rencontres avec les professionnels de Chausey et Donville.

Le temps pris pour une enquête plus précise auprès de chaque professionnel a permis de mieux cibler le phénomène de prédation et les coûts engendrés et donc de proposer un format d'enquête (annexe X) plus adapté.

4.2.2. Estimation des pertes de production par observation des pieux

L'évaluation des pertes de moules de taille commercialisable est très complexe notamment en raison du nombre de paramètres intervenant dans la croissance des moules qui devraient être pris en compte (origine du naissain, emplacement des moules sur les pieux ou des pieux sur l'estran...). Le choix a ici été fait de ne prendre ces paramètres en compte que partiellement, notamment dans le calcul de la longueur moyenne et de la densité moyenne des moules à l'échelle d'une concession. De plus, les traces de prédation (zones d'absence de moules) ont été recensées de façon exhaustive seulement sur une rangée de chacune des classes déterminées et une extrapolation a été faite à l'ensemble des rangées de la concession, ce qui induit un biais supplémentaire. Enfin, la principale limite de cette méthode apparaît dans le fait que les déplacements naturels des moules sur le pieu (Didierlaurent *et al.*, 2014) n'ont pas été pris en

compte. En effet, lorsqu'un espace se crée sur un pieu, il est rapidement comblé par les moules voisines de cet espace et une zone d'absence de moules causée par une prédation de Goéland peut disparaître en quelques jours. Le recensement des traces de prédation à un instant t ne prend donc pas en compte toutes celles qui ont pu être recolonisées par les moules du pieu et disparaître tout au long de la saison.

En ce qui concerne les pertes de naissain, **des approximations ont été réalisées dans la prise en compte du réensemencement**. Cette pratique permet de pallier les pertes dues aux goélands mais aussi aux autres prédateurs tels que les crabes ou les canards et pourrait induire un amalgame. Cependant la prédation par les canards est en période essentiellement hivernale et le réensemencement associé peut être facilement différencié. Le réensemencement suite aux dégâts occasionnés par les crabes reste en bas de pieu et souvent marginale. Aussi, l'incertitude parfois exprimée de professionnels sur l'origine du réensemencement induit une approximation mineure sur la part liée aux goélands et les coûts engendrés. Les mytiliculteurs ont indiqué qu'un réensemencement était engagé à partir du constat de 25% de pertes sur le pieu concerné, mais sans définir précisément le taux de perte réel. Cela introduit une approximation mais dans une valeur minimale, c'est-à-dire que les pertes sont évaluées à 25% au minimum, mais peuvent être plus importantes.

Le remplacement de naissain nécessite d'avoir des cordes en supplément dans un milieu à la capacité trophique limitée donc ces cordes surnuméraires ont un impact sur la croissance et la biomasse mytilicole.

4.2.3. Conclusion sur l'estimation des pertes de production

Le tableau 1 montre que les valeurs **calculées concordent avec les valeurs déclarées par les mytiliculteurs lors des enquêtes**. Or les valeurs calculées conduisent à de très faibles pertes liées aux moules adultes. Cela est confirmé par les mytiliculteurs lors des enquêtes qui conviennent que même si le phénomène de prédation des moules adultes, toute l'année, tend à prendre de l'importance, les pertes engendrées ne sont pas impactantes économiquement.

Aussi les biais de la méthode de calcul des pertes liées aux moules adultes restent à relativiser au regard du caractère négligeable de ce type de pertes par rapport à la production totale des concessionnaires.

Pour le naissain, la méthode de calcul ne présente que l'approximation basse de 25% quant aux pertes dues aux goélands sur les pieux réensemencés. Il est donc possible d'avancer que les chiffres obtenus restent proches de la réalité même s'ils ne peuvent être considérés que comme des estimations. **Inversement, cela permet de justifier les méthodes d'estimation utilisées par les mytiliculteurs**. Ces derniers estiment leurs pertes en utilisant la hauteur de moules manquantes sur les pieux et en comparant les rendements de pieux intacts et de pieux touchés par une prédation des goélands (le rendement correspond au poids net de moules par pieu). Il s'agit donc d'une méthode très similaire à celle utilisée ici et qui ne tient compte que des pertes de naissain. Si leur méthode n'implique pas un recensement exhaustif des pieux touchés par la prédation, elle reste précise du fait de leur présence sur les concessions toute l'année et de leur **connaissance du terrain** (suivi de la présence des différents prédateurs tout au long de l'année, observation des pertes « en temps réel », connaissance d'événements exceptionnels, météorologiques ou liés l'environnement par exemple, qui pourraient survenir et biaiser une évaluation à un instant donné).

Pour pallier cette difficulté, il serait nécessaire de réaliser deux évaluations au cours de la saison de production : la première avant le réensemencement (ou avant chacun des réensemencements si plusieurs sont effectués) et la seconde en fin de saison, avant la cueillette. Le nombre de pieux réensemencés et la valeur moyenne de 25% ne seraient alors plus utilisés dans le calcul et le résultat gagnerait en précision.

Pour évaluer l'impact financier des pertes de production, une proposition de protocole d'estimation des pertes de moules de bouchot (ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005c) a mis en avant les différents types de pertes auxquels étaient confrontés les producteurs de moules à cause de la prédation par les goélands :

- les **pertes sèches**, qui peuvent être exprimées en quantités finies :
 - tonnage (exemple : nombre de tonnes de moules adultes consommées)
 - heures (exemple : temps passé à des manipulations supplémentaires)
 - cordes à naissain (nombre de cordes perdues)
- les **pertes en valeur d'avenir**, qui correspondent à un **manque à gagner** et qui s'appliquent lorsque la prédation a lieu pendant la croissance des moules et peut avoir un impact sur la production future.

Les pertes de production calculées ici correspondent en réalité à des pertes en valeur d'avenir. Elles ne sont pas un équivalent de production vendue et donc directement transposables à des pertes financières. En effet, s'il est considéré que le naissain consommé par les goélands doit donner des moules qui seront ensuite commercialisées, il ne faut pas oublier que **l'ensemble des jeunes moules présentes sur une corde n'arrive pas à une taille marchande** du fait de la compétition entre elles sur le pieu (Mille *et al.*, 2017). Ainsi certaines subiront une mortalité naturelle tandis que d'autres seront éliminées à la cueillette par calibrage (seules les moules d'une épaisseur supérieure à 12 mm sont retenues).

Cependant, la fraction commercialisable à l'issue de la récolte, c'est-à-dire la part de moules d'une épaisseur supérieure à 12 mm sur un pieu de moules arrivées à maturité, peut être connue et est de l'ordre de 70 à 80% selon les origines de captage du naissain (Blin *et al.*, 2004). Aussi il est possible d'avoir une meilleure évaluation de l'impact financier des pertes de production de naissain en mettant un abattement de 20%.

L'impact financier de la prédation des moules par le Goéland argenté se définit bien par le bilan entre les pertes de production (pertes en valeur d'avenir) et le coût financier de la mise en œuvre des moyens de lutte (pertes sèches).

En conclusion, **l'évaluation des pertes de production dues à la prédation par les goélands peut bien se réduire à la simple évaluation des pertes de naissain** qui interviennent en période estivale.

Par la suite, il semble possible de continuer à obtenir les données concernant les pertes de production grâce aux déclarations des mytiliculteurs. Il conviendra d'optimiser l'enquête en ciblant les pertes de naissain par une évaluation du linéaire de cordes perdu et réensemencé. Il devra être conservé une évaluation des pertes de moules adultes en cas de dégâts exceptionnels sur celles-ci. Toutefois, si des évaluations de terrain doivent être réalisées, il serait de réaliser deux évaluations en début de cycle de production (dans les deux mois qui suivent l'ensemencement des pieux) afin de connaître le nombre exact de pieux ayant subi des prédictions par le Goéland argenté et la part de corde ayant été consommée.

4.2.4. Bilan des coûts induits par la prédation

En ce qui concerne les **pertes sèches**, il a été montré que les pertes de moules adultes étaient négligeables. Il a cependant été possible de mettre en évidence l'existence **de coûts indirects** principalement liés à la limitation de la prédation contre la prédation, que ce soit par la prévention des pertes (réensemencement des pieux) ou par la mise en œuvre de moyens de protection des bouchots (moyens passifs ou actifs). Ces coûts se traduisent par des heures de travail supplémentaire ou par le prix du matériel utilisé et s'apparentent alors à des pertes sèches.

Les coûts induits uniquement par la prédation par les goélands restent difficilement quantifiables (le coût du réensemencement notamment découle à la fois de la prédation par le Goéland et par d'autres espèces), mais il apparaît que **la lutte passive est très coûteuse pour les mytiliculteurs**, que ce soit en temps de travail supplémentaire (mise en place et entretien), en prix du matériel ou encore en risque de pertes de production dues à la présence du système. Le coût de la lutte active peut quant à lui se réduire à du temps de travail supplémentaire.

En dernier lieu, il est important de préciser que **toutes les pertes calculées sont constatées malgré l'emploi de moyens de lutte actifs et passifs**. S'il n'y avait pas d'effarouchement ou de lutte passive, on peut donc supposer que les dégâts seraient beaucoup plus importants. D'après les mytiliculteurs, **ils pourraient s'élever à 50 à 90 % de pertes de naissain** sur les pieux touchés.

4.3. Recenser et diagnostiquer les moyens employés de limitation de la prédation

L'étude bibliographique a mis en évidence l'existence de **nombreux moyens de limitation de la prédation des moules par le Goéland argenté**. Cependant ces systèmes sont souvent dérivés de méthodes employées pour la lutte contre les oiseaux dans d'autres domaines (aéronautique, autres types de cultures...) et ne sont **pas toujours applicables** en particulier en milieu marin. L'archipel des îles Chausey et la côte Ouest de la Manche, qui sont les secteurs les plus touchés par la prédation dans la Manche, ont la particularité d'avoir des **zones mytilicoles étendues** et pour le cas de Chausey très **exposées aux conditions météorologiques**, ce qui rend certains systèmes inutilisables. Les mêmes problèmes sont rencontrés dans les Hauts-de-France.

4.3.1. Analyse des systèmes passifs de limitation de la prédation

Les systèmes expérimentaux de protection des pieux contre les goélands mis en place à Donville et Chausey n'ont pu être suivis que pendant un mois, courte durée au regard de la durée du cycle de production de la moule de bouchot. Il a tout de même été possible de comparer l'efficacité des différents systèmes à protéger le naissain ainsi que leur impact sur le début de la croissance des moules.

Les systèmes **rigides** (Catiprotect et gaine à dorade) semblent être **plus efficaces à réduire la prédation** que les systèmes de type **filet souple**. Cela confirme un constat qui avait été fait dans le cadre de l'étude de l'impact sur la productivité mytilicole de systèmes passifs similaires réalisée par le SMEL (Blin *et al.*, 2013). Les résultats sont néanmoins à relativiser car **le nombre de répétitions est faible** (trois pieux équipés pour chaque système sur chacun des trois secteurs, soit neuf pieux par système au total) et **les pieux n'ont pas été exposés à une forte pression de prédation** si on considère le nombre d'oiseaux présents sur les concessions au moment du suivi.

Le problème de **l'impact des systèmes sur la production de moules** peut cependant être soulevé car des dégâts ont pu être constatés sur les pieux équipés. À ce stade du cycle de production, seules les pertes de naissain peuvent être appréciées mais montrent que les systèmes ne sont pas adaptés à tous les secteurs et que **les systèmes rigides notamment peuvent causer plus de dégâts qu'ils ne protègent les pieux**. Le **Catiprotect**, particulièrement, demande à être mis en place dans des endroits très protégés du mauvais temps et **ne peut pas être envisagé sur la côte ouest de la Manche** (dégâts constatés par la présente étude à Donville et par Blin *et al.* (2013) à la pointe d'Agon et sur le secteur d'Anneville).

En ce qui concerne la production finale de moules et la qualité de ces dernières sur les pieux équipés des différents systèmes, les résultats ne pourront être obtenus que lors de la cueillette en 2018. Les éléments suivants pourront alors être mesurés et comparés pour chacun des systèmes et avec les pieux témoins :

- poids brut et poids net de moules par pieu
- longueur moyenne des moules
- taux de remplissage des moules (mesurés en poids sec selon l'indice de Wayne et Mann)

L'étude du SMEL (Blin et al., 2013) avait montré sur d'autres secteurs de Chausey et de la côte ouest de la Manche que le filet souple est celui qui entrave le moins la croissance des

moules : longueur moyenne de 43,7 (+/- 0,7) mm contre 41,1 (+/- 0,7) mm sous Catiprotect et 41,7 (+/- 0,7) mm sous filet rigide et taux de remplissage de 189‰ (+/- 4‰) contre 179‰ (+/- 13‰) sous Catiprotect et 173‰ (+/- 7‰) sous filet rigide dans le cas du secteur d'Anneville. De même, à Anneville, le poids net de moules sur pieu était le plus élevé sous filet souple (45 kg de moules par pieu contre 43 kg/pieu sous filet rigide et 27 kg/pieu sous Catiprotect). En revanche, dans des endroits très abrités (exemple des Huguenans à Chausey), le Catiprotect présente les meilleures performances, avec une efficacité maximale contre la prédation, un poids net largement supérieur au témoin (42 kg/pieu avec Catiprotect contre 39 kg/pieu témoin), des longueurs moyennes identiques (42,5 (+/- 0,7) mm) et un meilleur taux de remplissage (298‰ (+/- 4‰) sous Catiprotect contre 178‰ (+/- 19‰) sur les pieux témoins).

L'utilisation de systèmes passifs de protection des pieux contre la prédation par le Goéland argenté dépend de l'équilibre entre leur efficacité à empêcher les oiseaux d'accéder aux moules, leur impact sur la productivité des pieux et leur coût de mise en place et d'entretien. Tous les systèmes ne sont pas adaptés à tous les secteurs, et les systèmes rigides notamment, pourtant plus efficaces, doivent être installés dans des endroits peu exposés au mauvais temps.

Il apparaît que les systèmes qui entravent le moins les performances de croissance des moules (filets souples) sont aussi ceux qui sont les moins efficaces. **L'efficacité des systèmes à réduire la prédation est donc à relativiser par rapport à leur efficience**, c'est-à-dire par rapport au prix et à l'effort nécessaires à leur mise en place ainsi qu'aux conséquences engendrées pour la production. Il convient aussi d'insister sur le caractère temporaire de la protection par les filets, essentiellement pour les filets souples, car la croissance des moules conduit à passer à travers les mailles et à devenir accessibles aux oiseaux.

Tous ces éléments permettent de comprendre la réticence de certains mytiliculteurs à utiliser de tels systèmes, réticence qui résulte la plupart du temps d'essais infructueux. La plupart des producteurs qui utilisent actuellement des systèmes passifs optimisent d'ailleurs leur utilisation en n'équipant que les parties des pieux et des concessions les plus exposées aux goélands (moitié haute des pieux et bouchots situées en haut d'estran).

Le problème de l'exposition au mauvais temps est non seulement à prendre en compte pour des raisons de productivité mais également pour des raisons environnementales. Des systèmes trop peu résistants aux conditions météorologiques risquent en effet d'être emportés et perdus dans le milieu (ce qui a été le cas avec l'un des filets anti-eider mis en place à l'Est de l'archipel) et constituent une **pollution supplémentaire du milieu marin**, déjà préoccupante de nos jours.

Il aurait été intéressant de pouvoir observer le comportement des goélands en présence des différents systèmes afin de comprendre en quoi chaque filet est efficace ou non (délaissement des pieux équipés par les oiseaux ou échec de la prédation par exemple) et d'en optimiser l'utilisation, mais une fois de plus le faible nombre d'oiseaux présents au moment du suivi a empêché d'étudier cet aspect.

Enfin, l'étude de terrain a mis en évidence une **efficacité des systèmes à protéger les moules limitée dans le temps** puisque ces dernières passent très rapidement au travers des mailles et deviennent accessibles aux goélands.

4.3.2. Analyse des systèmes actifs de limitation

Les résultats de terrain qui concernent les effarouchements par tirs à blanc et tirs létaux ont permis d'étudier leur efficacité à limiter la prédation des moules par le Goéland argenté.

Dans le cas de l'effarouchement, il est important de réaliser les opérations **en début de marée** (entre 1h30 et 30 minutes avant la basse-mer), au moment où les effectifs de goélands sont les plus importants, de façon à **déranger un maximum d'individus**. **C'est bien au moment de l'ensemencement des pieux qu'il faut être le plus vigilant vis-à-vis de la protection des concessions contre les goélands**, que ce soit par des méthodes passives de protection des pieux ou des méthodes actives d'effarouchement des oiseaux.

Les données chiffrées concernant la fréquentation aviaire des bouchots avant et après effarouchement (cf paragraphe 3.4.2.2.) sont à employer avec prudence car peu de répétitions ont pu être réalisées, toujours pour la même raison de la faiblesse des effectifs de goélands sur les concessions, qui ne justifiaient pas de réaliser des effarouchements. **Toutes les observations réalisées ont néanmoins confirmé les constats réalisés par tous les mytiliculteurs et par les agents de l'ONCFS chargés des opérations de tirs létaux.**

Les différents essais de limitation par effarouchement qui ont pu être réalisés dans la Manche, dans d'autres régions de France et à l'étranger ont révélé la nécessité de prendre en compte de nombreuses contraintes. La principale est l'**accoutumance des oiseaux aux différents systèmes d'effarouchement**, si aucun danger n'y est associé. Plusieurs méthodes ont ainsi dû être rejetées à cause de leur inefficacité sur le long terme (exemple des canons à gaz, des balises sonores ou des épouvantails). L'étude bibliographique et les enquêtes ont mis en évidence que **pour prolonger l'efficacité de l'effarouchement les systèmes utilisés doivent être mobiles et agir à des fréquences variables.**

Par ailleurs le fait de se trouver dans un milieu à forte attractivité touristique induit d'autres contraintes, telles que le **maintien de la sécurité des personnes** et l'**absence de nuisances sonores**. L'emploi de certaines méthodes se voit donc limité par leur acceptabilité sociale (exemple des canons à gaz cités par Bellanger (2002, cité par ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005b) ou de l'amarrage de cadavres de goélands en tête de pieu. Dans le cas de Chausey il faut également prendre en compte le fait qu'il s'agisse d'une Réserve de Chasse Maritime (RCM) et d'une Zone de Protection Spéciale (ZPS) pour les oiseaux. **Les méthodes appliquées ne doivent donc pas constituer un dérangement des autres espèces fréquentant le site** et ayant permis sa désignation en ZPS, ce que confirme le GONm dans le cadre d'une note effectuée chaque année en lien avec les demandes d'autorisations du CRC pour Chausey.

Les évaluations de terrain ont permis de prouver que **l'effarouchement par tirs à blanc est efficace au moins à court terme** car il permet de **faire fuir presque la totalité des oiseaux présents sur le secteur visé pour toute la durée de la marée**. Il a été constaté par les mytiliculteurs (et les observations de terrain l'ont confirmé) que la répétition d'opérations d'effarouchement de manière intensive pendant toute une semaine de marée permettait d'en augmenter fortement l'efficacité : les oiseaux se dispersent alors plus rapidement et plus facilement et délaissent les bouchots dès l'arrivée des mytiliculteurs. Cela rejoint les conclusions de Littauer *et al.* (1997) qui déclarent qu' « *un programme d'effarouchement doit être intensif et agressif pour être fructueux* » et que « *lorsque la pression de prédation par les oiseaux est à son maximum, les opérations d'effarouchement doivent être menées sept jours sur sept* ».

Dans le cas des tirs à blanc comme des tirs létaux, il a pu être remarqué l'impossibilité d'empêcher complètement les oiseaux de revenir sur les concessions et il reste toujours, quelle que soit l'agressivité de l'opération, de faibles effectifs dans les bouchots. Ce constat avait déjà été relaté dans diverses études menées sur l'effarouchement pour réduire la prédation aviaire en aquaculture (Littauer *et al.*, 1997 ; Reinhold et Sloan, 1997 ; Gilsdorf *et al.*, 2002). Néanmoins, **l'efficacité de l'effarouchement est constatée par l'augmentation de la distance d'approche nécessaire à l'envol des oiseaux.**

Ainsi, **la répétition des effarouchements** tout au long d'une saison de prédation (pour les tirs à blanc), mais également d'une année sur l'autre (pour les tirs létaux), présente une efficacité à réduire la prédation qui se justifie par un certain nombre de constats concernant les différentes réactions des goélands en fonction des populations auxquelles ils appartiennent. Tout d'abord, il a pu être observé (Esclaffer, comm. pers. ; obs. pers.) que **les adultes nicheurs locaux réagissent très rapidement aux tirs létaux** (augmentation de la distance d'approche dès les premiers tirs, adoption immédiate d'un comportement de fuite) tandis que les individus identifiés comme migrateurs et les juvéniles sont peu farouches et peuvent montrer un comportement de curiosité (survol du bateau après abattage d'un goéland par exemple). Cela confirme la notion de « **reconnaissance du danger** » de la part d'individus qui sont habitués à s'alimenter sur les moulières. **La pratique de l'effarouchement de manière intensive prend également tout son sens dans le fait que les goélands développent des habitudes d'alimentation et que les individus observés sur les différentes concessions sont toujours les mêmes** au cours d'une saison ou même d'une année sur l'autre (cf paragraphe 4.1.1. ; Shamooin-Baranes et Von Loon, 2006 cités par BirdLife International, 2017). Il a également pu être constaté, dans le cas des tirs létaux comme des tirs à blanc, que les goélands semblent capables d'identifier les bateaux « à risque » et sont plus prompts à fuir à l'approche d'un bateau de mytiliculteur que d'un bateau de plaisance (Esclaffer, comm. pers. ; déclarations des mytiliculteurs lors des enquêtes ; obs. pers.). Autrement dit, même si les goélands s'accoutument aux tirs, **la répétition des effarouchements permet d'entretenir leur méfiance vis-à-vis des mytiliculteurs et de faciliter leur mise en fuite.**

Cependant, l'efficacité des effarouchements par tirs à blanc reste de **court terme** du fait de l'**accoutumance** des goélands au dérangement. Leurs effets (augmentation de la distance d'approche et de la facilité à disperser les oiseaux) ne sont donc visibles que pendant une semaine de marée, et ce si les tirs restent intensifs. En revanche, **les opérations de tirs létaux ont des effets visibles sur plusieurs semaines** : les oiseaux restent très farouches même après une semaine de mortes-eaux et peuvent être mis en fuite par la simple présence des mytiliculteurs sur les concessions, avant même que des tirs ne soient réalisés. **Cet élément est intéressant pour les professionnels car ils peuvent alors réduire la pression des effarouchements par tirs à blanc** (moins de cartouches tirées et moins de temps passé à l'effarouchement). Cela peut également présenter un intérêt vis-à-vis du classement du site en ZPS, la réduction des tirs entraînant alors une **diminution de la perturbation potentielle des autres espèces d'oiseaux fréquentant la zone** (même si d'après Gallien et Debout (2015) les tirs ne nuisent pas à leur conservation).

La principale limite de la pratique de l'effarouchement est le report des populations d'oiseaux et donc de la prédation d'un secteur à l'autre. Ce comportement s'observe quelle que soit la méthode d'effarouchement, qu'il soit accompagné de destruction d'individus ou non, et est **inévitabile** avec les espèces aviaires et notamment les goélands qui sont des espèces difficiles à disperser (Littauer *et al.*, 1997). Pour optimiser l'effarouchement il est donc nécessaire de réaliser des opérations simultanément sur toutes les concessions concernées. **Il serait cependant possible d'utiliser le report des populations à des fins de lutte contre la prédation, en utilisant la**

stratégie du « *push and pull* » évoquée dans le paragraphe 1.3.2. (Mansson et Nilson, 2014 cités par Salvi, 2014) et qui a été démontrée comme efficace dans le cas des Flamants roses (Béchet et Berson, 2007), des Grues cendrées (Salvi, 2014) et des Bernaches nonettes (Percival *et al.*, 1997). Il pourrait ainsi être envisagé de créer une concession de quelques lignes de bouchots, qui serait entretenue de manière collaborative par les mytiliculteurs du secteur et qui serait laissée sans aucun moyen de protection. L'effarouchement sur les concessions des alentours mais pas sur celle-ci permettrait d'y reporter les goélands. Cette possibilité reste toutefois à relativiser car il n'est actuellement pas envisageable dans la Manche de créer de nouvelles concessions, pour des raisons d'épuisement des ressources du milieu (la notion de capacité de support du milieu, qui correspond à la quantité de moules pouvant être produites dans celui-ci, est évoquée dans le Schéma des structures des exploitations de cultures marines (Préfet de la Manche, 2005) et est actuellement à son maximum). Les mytiliculteurs sont même dans une logique inverse puisque un taux d'ensemencement a été mis en place en 2011, afin de réduire les biomasses mytilicoles présentes. De plus, sachant que les goélands consomment principalement du naissain, la nécessité de s'assurer que suffisamment de pieux sont disponibles suffisamment longtemps pour eux conduirait à renouveler très rapidement les cordes de naissain et risquerait de rendre cette méthode contraignante et aux coûts élevés. En revanche, **le maintien des zones de dépôt de moules sous-taille sur l'estran correspondrait à cette stratégie** et pourrait montrer une réelle efficacité à réduire la prédation des moules par les goélands. En effet, il est fait le constat par les professionnels d'une intensité moindre de prédation depuis l'installation de ces zones et les secteurs comme Donville et Chausey ne disposant pas de zones de dépôt sont plus sensibles à la prédation.

La destruction de faune qui impacte des activités ou la santé humaine a toujours été controversée et **acceptée socialement uniquement dans le cas où la recherche d'autres méthodes non létales reste infructueuse** (Reiter *et al.*, 1999 cité par Gilsdorf *et al.*, 2002). Aujourd'hui dans le cas du Goéland argenté, l'emploi des tirs létaux est une méthode de plus en plus contestée pour des raisons éthiques et environnementales (question de la préservation d'une espèce dont les populations sont en déclin). Cependant il s'agit à ce jour de la seule méthode qui apparaît comme optimale, montrant une bonne efficacité au regard des coûts de mise en œuvre. En ce qui concerne l'impact des tirs sur la dynamique de population de l'espèce, il a été montré par le GONm qu'ils n'amplifient pas le déclin déjà existant pour d'autres raisons. De plus, il a été évoqué par le CSRPN (conseil dont l'avis est nécessaire pour l'obtention des autorisations de tirs et d'effarouchement) que *« même s'il est atteint, le nombre maximum d'individus sujets à ces tirs létaux [...] n'est pas de nature à modifier l'état de conservation de la population de goélands argentés sur l'archipel de Chausey. Par ailleurs, le fait que les tirs létaux soient assurés par des agents de l'ONCFS permet d'être confiants sur le respect de l'effectif maximal d'animaux détruits »* (CSRPN, 2017).

Dans la plupart des cas de déprédation des cultures par la faune, et c'est le cas ici aussi, l'objectif n'est pas d'éradiquer le phénomène par destruction de l'espèce mais simplement de ramener les dégâts à un niveau tolérable pour les producteurs (Gilsdorf *et al.*, 2002). Aussi « *la première fonction de la lutte létale est de renforcer et d'améliorer les méthodes de lutte non létales* » (Reinhold et Sloan, 1997). Malgré le maintien des opérations de destruction, l'adaptation des quotas au cours des vingt dernières années dénote bien la mesure de la part de tous les acteurs impliqués avec la volonté de trouver un compromis pour arriver à un optimum entre préservation des populations de Goéland argenté et limitation à un niveau acceptable de l'impact de l'espèce sur l'activité mytilicole.

Il ressort de tous ces éléments que la même conclusion s'applique dans le cas de la limitation passive et dans celui de la limitation active, à savoir que **le choix des systèmes de lutte doit être réfléchi en fonction non seulement de leur efficacité à réduire la prédation mais également en fonction des contraintes du milieu et de l'effort à fournir pour les mettre en œuvre** (effort en termes de travail supplémentaire et effort financier).

La mise en place de systèmes actifs de lutte doit également prendre en compte les enjeux du territoire, où ils sont réalisés. Ainsi, dans le cas de sites avec des statuts de protection réglementaire, il devra apporter les preuves justifiant de la non-atteinte des éléments ayant justifié de la désignation en statu de protection réglementaire.

Dans le cas où cela est réalisable et où les coûts de mise en œuvre sont acceptables, la meilleure méthode semble la **combinaison de systèmes passifs et de tirs d'effarouchement ponctuellement renforcés par des tirs létaux**.

En résumé, pour assurer et prolonger l'efficacité de l'effarouchement et pour limiter le risque de report des oiseaux d'une concession à l'autre, **il est nécessaire d'effaroucher de manière intensive sur l'ensemble du secteur mytilicole dès que des prédatations sont constatées**. Cependant, pour Chausey, ces efforts d'effarouchement peuvent être à l'origine d'un dérangement plus important de l'avifaune, compte tenu de l'étendue du site, alors que ce site a fait l'objet d'un statut de protection réglementaire pour les oiseaux. Aussi les efforts d'effarouchement devront prendre en compte cette notion. L'efficacité de l'effarouchement est maximale quand ce dernier a lieu en début de marée et que les mytiliculteurs restent sur le secteur visé pour y travailler à la suite de l'opération.

Quand cela est réalisable, il est important de **ne pas négliger les périodes de mortes-eaux** qui sont pour les concessions situées en haut d'estran des **moments de forte vulnérabilité à la prédation par les goélands**.

Enfin, l'**efficacité des tirs létaux** peut encore être **accrue et prolongée** par la réalisation d'**effarouchements par tirs à blanc** dans les jours qui suivent l'opération.

CONCLUSION

L'impact négatif de la faune et particulièrement de l'avifaune en agriculture est un problème rencontré depuis l'Antiquité et qui malgré toutes les avancées des connaissances et les avancées techniques reste très difficilement maîtrisé. La prédation aviaire est un phénomène qu'il ne sera jamais possible d'éradiquer, ce dont il faut avoir conscience. Les producteurs l'ont compris et il n'est plus question de faire disparaître une espèce qui porte préjudice mais de la gérer de façon raisonnée et intégrée pour en limiter son impact.

Pour pouvoir appliquer des méthodes de lutte optimales contre une espèce, il est nécessaire de connaître au préalable son réel impact sur les producteurs qu'elle touche. Dans le cas de la prédation des moules par le Goéland argenté, il a été montré que si l'espèce reste une préoccupation mineure pour quelques entreprises, elle représente pour les mytiliculteurs les plus touchés une source de pertes économiques non négligeables qui, ajoutées aux pertes dues à la mortalité et aux autres prédateurs, deviennent de moins en moins acceptables. **Ces pertes économiques se traduisent par le bilan des pertes de production et des coûts induits par la prédation** (mise en œuvre des moyens de limitation de la prédation et réparation des picux, augmentation du temps de travail, nécessité de main d'œuvre, augmentation de la pénibilité du travail et perte de qualité du produit) **et justifient la nécessité de mettre en œuvre des mesures de limitation contre le phénomène de prédation.**

De nombreuses méthodes de limitation contre la prédation par les goélands existent et ont été testées depuis plusieurs dizaines d'années dans différentes régions mytilicoles de France, qu'il s'agisse de méthodes passives comme la protection des pieux ou de méthodes actives telles que l'effarouchement des oiseaux. **Les systèmes passifs sont le plus souvent peu efficaces au regard des contraintes qu'ils représentent** (prix, ralentissement de la croissance des moules, temps et main d'œuvre nécessaires à leur mise en place et entretien, pollution du milieu...). **Les systèmes de lutte active sont quant à eux contraints par le phénomène d'accoutumance rapide des goélands.** La seule méthode qui donne actuellement satisfaction au regard de **l'équilibre entre efficacité et coût de mise en œuvre** reste donc l'effarouchement par tirs à blanc, renforcé ponctuellement par des tirs létaux.

Il convient enfin de ne pas négliger l'état des populations du Goéland argenté, qui sont en déclin depuis la fin des années 1990 et qui justifient son statut d'espèce protégée, **classée « espèce quasi-menacée » sur la Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine de 2016.** Néanmoins, un **réel effort de concertation et de collaboration entre les différents acteurs à l'échelle de la région** (services de l'État, professionnels, organismes de protection de la nature, *etc.*) a pu être constaté en Normandie comme dans les Hauts-de-France, qui a abouti à **l'emploi de méthodes mesurées** (d'ailleurs susceptibles d'être adaptées au constat de toute évolution) **et reconnues comme n'affectant actuellement pas la dynamique de population du Goéland argenté.**

Les évolutions de la prédation des moules par les goélands restent toutefois à surveiller, de même que l'efficacité et l'impact des méthodes de limitation de la prédation. L'avifaune est en effet sensible au changement climatique et une évolution du comportement des goélands pourrait à terme remettre en question ou au contraire amplifier les constats et conclusions établis aujourd'hui.

RÉSUMÉ

La production de moules de bouchot (élevage sur pieux) est contrainte par de nombreux facteurs environnementaux. Parmi ceux-ci, la prédation par le Goéland argenté est à l'origine de pertes économiques importantes pour les mytiliculteurs. Le déclin des populations de Goéland argenté en France et en Europe depuis les années 1990 a conduit à le classer sur la Liste rouge des oiseaux nicheurs de France comme espèce quasi-menacée. Les moyens de lutte mis en œuvre ne doivent donc pas affecter de manière significative la dynamique des populations de cette espèce. En Normandie et dans les Hauts-de-France, l'utilisation de systèmes passifs de protection des pieux est limitée par leur faible efficacité au regard des contraintes qu'ils représentent (entravement de la croissance des moules, temps de travail supplémentaire, prix). Il existe de nombreuses méthodes actives d'effarouchement des oiseaux, mais la rapidité avec laquelle les goélands s'accoutument aux divers systèmes mis en œuvre limite fortement l'emploi de ces méthodes. L'effarouchement par tirs à blanc renforcés ponctuellement par des tirs létaux reste à ce jour la méthode qui semble la plus efficace et la plus optimale au regard de l'effort (financier et en termes de temps de travail) à fournir et des résultats visibles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alamargot J., Groupe Ornithologique Normand, communication personnelle le 11 juillet 2017.
- Basuyaux O., Forêt M., Chataigner C., 2011. Étude et cartographie de *Mytilicola intestinalis* sur les côtes du département de la Manche. SMEL/CE-prod/2011-01, Blainville-sur-Mer, SMEL, 34 pages.
- Basuyaux O., Buret R., Laisney N., Jacquette J.M., 2012. Prédation par les perceurs dans le secteur conchylicole de la pointe d'Agon à Gouville-sur-Mer. SMEL/CE-Prod/2012-02, Blainville-sur-Mer, SMEL, 38 pages.
- Baxter A.T., Allan J.R., 2008. Use of lethal control to reduce habituation to blank rounds by scavenging birds. *Journal of Wildlife Management*, 72(7), 1653-1657.
- Beadman H., Caldow R., Kaiser M., Willows R., 2003. How to toughen up your mussels: using mussel shell morphological plasticity to reduce predation losses. *Marine Biology*, 142(3), 487-494.
- Béchemin C., Soletchnik P., Polsenaere P., Le Moine O., Pernet F., Protat M., Fuhrman M., Quéré C., Goulitquer S., Corporeau C., Lapègue S., Travers A., Morgua B., Garrigues M., Garcia C., Haffner P., Dubreuil C., Fauray N., Baillon L., Baud J.P., Renault T., 2015. Épisodes de mortalité massive des moules bleues observés en 2014 dans les Pertuis Charentais. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation*, 67, 6-9.
- Béchet A., Berson M., 2007. Développement et optimisation d'un modèle de gestion durable pour la maîtrise des incursions de Flamants roses dans les rizières de Camargue. Rapport d'activités 2007. Le Sambuc, Tour du Valat, 44 pages.
- BFI Usine de triage Lachenaie Ltée, Nove Environnement Inc., 2002. Bilan des connaissances, Contrôle des goélands. BFI environnement, 116 pages.
- BirdLife International, 2016 [en ligne]. *Larus argentatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. Disponible sur : <http://www.iucnredlist.org/details/62030608/0>, consulté le 29 août 2017.
- BirdLife International, 2017 [en ligne]. Species factsheet: *Larus argentatus*. Disponible sur : <http://datazone.birdlife.org/species/factsheet/european-herring-gull-larus-argentatus/text>. Consulté le 18 août 2017.
- Blin J.L., SMEL, communication personnelle le 5 mai 2017.

- Blin J.L., Pien S., Richard O., 2004a. Étude de validation d'outils méthodologiques en vue de la mise en place d'un réseau de suivi de la production mytilicole Bas-Normande. Résultats 2002-2003. SMEL/CE-prod/2004-03, Blainville-sur-mer, SMEL, 29 pages.
- Blin J.L., Pien S., Richard O., 2004b. Suivi sur pieu de la production mytilicole Bas-Normande. Résultats 2003-2004. Étude préliminaire d'un suivi de productivité standard. SMEL/CE-prod/2004-04, Blainville-sur-mer, SMEL, 32 pages.
- Blin J.L., Savary M., Gauquelin T., Lefebvre V., 2013. Impact sur la productivité mytilicole de systèmes passifs de protection contre la prédation par les oiseaux. SMEL/CE-prod/2013-07, SMEL et CRC Normandie-Mer du Nord, 8 pages.
- Blin J.L., Moal S., Petinay S., 2017. Suivis de la production mytilicole Bas-Normande. Résultats du cycle 2015-2016. SMEL/CE-prod/2016-01, Blainville-sur-mer, SMEL, 59 pages.
- Blokpoel H., Tessier G.D., 1987. Control of ring-billed gull colonies at urban and industrial sites in Southern Ontario, Canada. *Third Eastern Wildlife Damage Control Conference, 1987*, Paper 2, 11 pages.
- Bosch M., Oro D., Cantos F.J., Zabala M., 2000. Short-term effect of culling on the ecology and population dynamics of the yellow-legged gull. *Journal of Applied Ecology*, 37-2, 369-385.
- Bourvic A., Couepel V., Salaun J., 2013. Plan de contrôle du cahier des charges de la Spécialité Traditionnelle Garantie « moule de bouchot », CERTIS (organisme certificateur), 22-23.
- Bricout C., Loubat P., Vallade A., Micol T., 2015. Étude de la déprédation aviaire sur les exploitations mytilicoles au sein de la Réserve Naturelle Nationale de Moëze-Oléron. Rapport intermédiaire. Ligue pour la Protection des Oiseaux, 75 pages.
- Cadiou B., Monnat J.Y., Pons J.M., 1997. Les goélands argentés : problèmes urbains. Dans : Clergeau P. Coord. Oiseaux à risques en ville et en campagne : vers une gestion intégrée des populations ? Quae, Paris, INRA, 69-83.
- Cadiou B., Yésou P., 2006. Évolution des populations de goélands bruns, argentés et marin *L. fuscus*, *L. argentatus* et *L. marinus* dans l'archipel de Molène (Bretagne, France) : bilan de 50 ans de suivi des colonies. *Revue d'Écologie (La Terre et la Vie)*, 61, 159-173.
- Camberlain G., 1980. Méthodes d'effrayement du Goéland argenté appliquées à la protection de la mytiliculture dans les Côtes du Nord. *Bull. Mens. Off. Nat. Chasse, spec. Sci. Tech.*, 261-267.
- CEN-LR et SIEL, 2006. La problématique du Goéland leucophaea *Larus michaellis* sur les étangs palavasiens, Test d'un dispositif d'effarouchement sur deux sites des étangs palavasiens et réflexions sur les actions futures. Document de travail, CEN-LR et SIEL, 12 pages.
- Conseil d'état, 2016. Code de l'Environnement, article L411-2 du 10 août 2016 [en ligne]. Disponible sur : https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do;jsessionid=367943A8EBF34088A4E3F7C5AA8DF635.tpdila07v_2?idArticle=LEGIARTI000033034252&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20170407, consulté le 7 avril 2017.
- CNC, 2014a. Comité National de la Conchyliculture [en ligne]. Les régions de production. Disponible sur : <http://www.cnc-france.com/Les-regions-de-production.aspx>, consulté le 20 août 2017.
- CNC, 2014b. Comité National de la Conchyliculture [en ligne]. Disponible sur : <http://www.cnc-france.com/Le-CNC.aspx>, consulté le 4 avril 2017.
- CNC, 2014c. Moules de bouchot, Spécialité Traditionnelle Garantie [en ligne]. Disponible sur : <http://www.moulesdebouchot.fr/decouvrir/elevage-de-moules/>, consulté le 3 avril 2017.
- CRC Normandie-Mer du Nord, 2015a. Effarouchement par les mytiliculteurs des macreuses et des eiders, oiseaux prédateurs de moules de bouchot, sur l'archipel des Îles Chausey et les Côtes de la Manche entre avril 2014 et avril 2015. CRC Normandie-Mer du Nord, 13 pages.
- CRC Normandie-Mer du Nord, 2015b. Effarouchement par les conchyliculteurs des Goélands argentés, prédateurs de moules de bouchot et de palourdes sur l'archipel de Îles Chausey entre janvier 2014 et décembre 2014. CRC Normandie-Mer du Nord, 19 pages.

- CSRPN, 2017. Avenant à l'avis émis par l'expert délégué à l'issue de la délibération du CSRPN du 20 mars 2017, Dommages aux biens et activités – tirs létaux Chausey, référence ONAGRE projet – demande 2015-05-23x00505 – 2015-00505-034-003.
- Dardignac-Corbeil M.J., 1994. Estimation des biomasses de moules (*Mytilus edulis* L.) en élevage dans les bouchots du Pertuis Breton. Évolution entre 1988 et 1993. RIDRV 94, L'Houmeau, IFREMER, 16 pages.
- DDTM et Conservatoire du Littoral, 2014. Compte-rendu d'observations sur Chausey, 4 pages. Dans : CRC Normandie-Mer du Nord, 2015. Demandes d'autorisations d'effarouchement et de tirs à blanc des goélands argentés sur l'archipel des îles Chausey, annexe 3.
- Debout G., 2005. Les goélands et les moules. Caen, Groupe Ornithologique Normand, 54 pages.
- Didierlaurent S., Lamare V., Müller Y., 2014. *Mytilus edulis* Linnaeus, 1758. DORIS [en ligne]. Disponible sur : <http://doris.ffesm.fr/Especes/Moule-commune3>, consulté le 17 mai 2017.
- Duval J., 1993. Les oiseaux nuisibles aux cultures [en ligne]. Disponible sur : <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab360-05.htm>, consulté le 18 avril 2017.
- Ernoul L., Mesléard F., Béchet A., 2012. Diagnostic de l'échec de la contractualisation des mesures agri-environnementales pour réduire les incursions des Flamants dans les rizières de Camargue (France). *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [en ligne], 12(1). Disponible sur : <http://vertigo.revues.org/12112>, consulté le 10 avril 2017.
- Esclaffer H., Inspecteur de l'environnement, Cellule technique, Délégation inter-régionale Hauts-de-France et Normandie, communication personnelle le 31 mars 2017.
- Esclaffer H., Inspecteur de l'environnement, Cellule technique, Délégation inter-régionale Hauts-de-France et Normandie, communication personnelle le 9 septembre 2017.
- Ferri M., 1997. Cormorant (*Phalacrocorax carbo*) scaring tests in Italy during winter of 1995-96, *The Cormorant in conflict between nature protection and fish farming*, Königswartha/Saxony, Allemagne, 4 pages.
- Gallien F., Debout G., 2015. Note sur l'impact des effarouchements et des tirs létaux de Goéland argenté sur l'avifaune dans l'archipel des îles Chausey. Groupe Ornithologique Normand, 4 pages.
- Gilsdorf J.M., Hygnstrom S.E., VerCauteren K.C., 2002. Use of Frightening Devices in Wildlife Damage Management. *Integrated Pest Management Reviews*, 7(1), 29-45.
- Glahn J.F., Werner S.J., Hanson T., Engle C.R., 2000a. Cormorant Depredation Losses and their Prevention at Catfish Farms: Economic Considerations. *Human Conflicts with Wildlife: Economic Considerations*, Paper 17, 10 pages.
- Glahn J.F., Tobin M.E., Blackwell B.F., 2000b. A Science-Based Initiative to Manage Double-Crested Cormorant Damage to Southern Aquaculture. *USDA National Wildlife Research Center – Staff Publications*, Paper 532, 38 pages.
- Glahn J.F., Reinhold D.S., Sloan C.A., 2000c. Recent population trends of double-crested cormorants wintering in the Delta Region of Mississippi: Responses to roost dispersal and removal under a recent depredation order. *Waterbirds*, 23(1), 38-44.
- Gouletquer P., Joly J.P., Le Gagneur E., Ruelle F., 1995. La mytiliculture dans la Manche, Biomasses en élevage et croissance de *Mytilus edulis* L., RIDRV 95.01 RA/PORT-EN-BESSIN, Port-en-Bessin, IFREMER, 83 pages.
- Hilgerloh G., 1998. Are Blue Mussels *Mytilus edulis* important prey for Herring Gulls *Larus argentatus* after a 20 year decline in mussel stocks? Investigations on Spiekeroog. *Sula*, 12(3), 81-88.
- Hilgerloh G., 1999. Predation pressure by birds on mussels. Dans : Adams N.J., Slotow R.H., 1999. *Proc. 22 International Ornithological Congress*, Durban, BirdLife South Africa, Johannesburg, 2345-2352.
- Hilgerloh G., Herlyn M., Michaelis H., 1997. The influence of predation by herring gulls *Larus argentatus* and oystercatchers *Haematopus ostralegus* on a newly established mussel *Mytilus edulis* bed in autumn and winter. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 51, 173-189.

- His E., Cantin C., 1995. Biologie et physiologie des coquillages. R.INT.DEL/95.06/ARCACHON, Arcachon, Ifremer, 118 pages.
- Ifremer Environnement, 2009. Les Crépidules. Disponible sur : http://envlit.ifremer.fr/index.php/region/basse_normandie/etudes_specifiques/les_crepidules, consulté le 13 juin 2017.
- Ifremer Environnement, 2014. Phytoplancton et phycotoxines, Le Réseau Phytoplanctonique REPHY. Disponible sur : http://envlit.ifremer.fr/index.php/region/basse_normandie/qualite/phytoplancton_et_phycotoxines/le_reseau_de_suivi, consulté le 31/05/2017.
- IFREMER, 2016a. Réseau microbiologique : le REMI. Disponible sur : <http://www.ifremer.fr/lern/Observations/Environnement/Microbiologie-REMI>, consulté le 31/05/2017.
- IFREMER, 2016b. Biogéochimie et Écotoxicologie, Coordination ROCCH. Disponible sur : <https://www.ifremer.fr/pollution/Laboratoires-et-cellules-d-expertise/Coordination-ROCCH>, consulté le 31/05/2017.
- Kaplan J., Lenormand C., Comba D., 1972. La protection des régimes de dattier contre les attaques aviaires. *Fruits*, 27(6), 439-444.
- Kirby J.S., 1996. Cormorants *Phalacrocorax carbo* as fish predators: An appraisal of their conservation and management in Great Britain. *Biological Conservation*, 75(2), 191-199.
- Kubetzki U., Garthe S., 2003. Distribution, Diet and Habitat Selection by Four Sympatrically Breeding Gull Species in the South-Eastern North Sea. *Marine Biology*, 143, 199-207.
- Littauer G.A., Glahn J.F., Reinhold D.S., Brunson M.W., 1997. Control of bird predation at aquaculture facilities: strategies and cost estimates. Southern Regional Aquaculture Center, Publication 402, 4 pages.
- Lubet P., Dardignac M.J., 1976. Technologie de la mytiliculture. *Haliotis*, 5, 154-172.
- MAAF, 2017. Arrêté du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection [en ligne]. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000021384277>, consulté le 30 mars 2017.
- Migot P., 1987. Dynamique de population du goéland argenté en Bretagne, application à la gestion de l'espèce. *Revue d'Écologie (La Terre et la Vie)*, Suppl. 4, 183-187.
- Mille D., Bodin P., Oudot G., Massieu A., Geay A., Morellec C.M., Doussal E., Baudet F., Baudet T., Gaboriau C., Ibars A., Oudin M., 2017. Étude de la déprédation aviaire sur les bouchots d'élevage mytilicole de Boyard. Volet productivité des études collaboratives CREAA-LPO menées pour le compte du CRC Poitou-Charente. Bilan de deux saisons d'étude. CREAA, 55 pages.
- Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, 2014. Observation et statistiques [en ligne], L'essentiel sur la conchyliculture. Disponible sur : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/319/1186/conchyliculture.html>, consulté le 4 avril 2017.
- Nepveu C., 2002. Les espèces animales et végétales susceptibles de proliférer dans les milieux aquatiques et subaquatiques : fiches espèces animales. Agence de l'Eau Artois-Picardie, 164-172.
- Nogues L., Gangnery A., 2008. Évaluation des stocks mytilicoles de Basse-Normandie en 2006. RST.LERN/08-09. Brest, IFREMER, 75 pages.
- Observatoire de la biodiversité et du patrimoine naturel en Bretagne, 2008. La sargasse (*Sargassum muticum*). Disponible sur : <http://www.observatoire-biodiversite-bretagne.fr/especes-invasives/Faune-et-flore-marines/Flore-marine/La-sargasse-Sargassum-muticum>, consulté le 13 juin 2017.
- ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005a. Les oiseaux prédateurs de moules de bouchot dans le département de la Manche. Synthèse bibliographique, Phénologie du Goéland argenté et données complémentaires sur l'Eider à duvet et la macreuse noire. ONCFS, SRC Normandie-Mer du Nord, 64 pages.

- ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005b. Les oiseaux prédateurs de moules de bouchot dans le département de la Manche. Synthèse technique, Analyse des moyens de lutte. ONCFS, SRC Normandie-Mer du Nord, 24 pages.
- ONCFS et SRC Normandie-Mer du Nord, 2005c. Les oiseaux prédateurs de moules de bouchot dans le département de la Manche. Protocole d'estimation des pertes. ONCFS, SRC Normandie-Mer du Nord, 12 pages.
- Percival S.M., Halpin Y., Housto D.C., 1997. Managing the distribution of barnacle geese on Islay, Scotland, through deliberate human disturbance. *Biological conservation*, 82(3), 273-277.
- Pien S., Brebion J., Jacquette J.M., Rusig A.M., Lefebvre V., Dehail M., Mussio I., Maine L., 2016. Étude de l'algue invasive *Sargassum muticum* en vue d'une exploitation et d'une valorisation en Normandie. SMEL, 56 pages.
- Pons J.M., 2002. Goéland argenté *Larus argentatus*. Dans : Cadiou B., Pons J.M., Yésou P., 2002. Oiseaux marins nicheurs de France métropolitaine (1960-2000). Rapport au Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, G.I.S. Oiseaux Marins, Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, 70-74.
- Préfet de la Manche, 2005. Arrêté N°04-04-621 modifié par N°05-1047 du 1^{er} juin 2005 portant schéma des structures des exploitations de cultures marines du département de la Manche. Direction des libertés publiques, de la réglementation et de l'environnement, 12 pages.
- Préfet de la Manche, 2017. Arrêtés n°SRN/UAPPPA/2017-00505-034-003-(1à4) portant autorisation de procéder à des opérations d'effarouchement et de tirs létaux sur les zones conchyliques de Granville, Donville-les-bains, Bréville-sur-mer, Coudeville-sur-mer et Chausey. Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Normandie, 16 pages.
- Préfet Maritime de l'Atlantique, 2017. Domaine Public Maritime. Disponible sur : <https://www.premar-atlantique.gouv.fr/intervenir/domaine-public-maritime-dpm.html>, consulté le 25 mai 2017.
- Préfet du Pas-de-Calais, 2017. Arrêté préfectoral portant dérogation au titre de l'article L411-2 du Code de l'Environnement en vue de protéger les zones mytilicoles sur bouchot de la prédation par les Goélands argentés (*Larus argentatus*), Direction départementale des territoires et de la mer, 4 pages.
- Reinhold D.S., Sloan C.A., 1997. Strategies to Reduce Double-Crested Cormorant Depredation at Aquaculture Facilities in Mississippi. *Symposium on Double-Crested Cormorants: Population Status and Management Issues in the Midwest*, Paper 10, 9 pages.
- Robert S., Soletchnik P., Le Moine O., Zanker S., 2007. Bilan d'étude sur la croissance de la moule (*Mytilus edulis*) sur bouchots et filières dans les Pertuis Charentais entre 2000 et 2005. Réseau REMOULA. ODE/LERPC/rapport/2012, La Tremblade, IFREMER, 38 pages.
- Rome M.S., Ellis J.C., 2004. Foraging Ecology and Interactions between Herring Gulls and Great black-backed Gulls in New England. *Waterbirds*, 27(2), 200-210.
- Salvi A., 2014. Grues cendrées et agriculture. DREAL Lorraine, Lorraine Information Naturaliste, 57 pages.
- Scher O., 2011. Impact des méthodes de gestion des colonies de goéland leucophaé. Dans : Conservatoire du Littoral, Acte du séminaire de Conservation des larvicoles sur le littoral méditerranéen français. Life+ENVOLL, La Bédugue, 30-33.
- Severac G., Siegwart M., 2013. Protection Alt'Carpo, nouvelles études sur trois ans. *Phytoma-La Défense des végétaux*, 668, 33-37.
- SMEL., 2001. Evaluation de la prédation des perceurs dans les bassins mytilicoles en Basse-Normandie. SMEL
- Soucaze-Soudat J.D., 1997. A means of scaring birds: the laser gun. Description and application to cormorant and other birds, *The Cormorant in conflict between nature protection and fish farming*, Königswartha/Saxony, Allemagne, 5 pages.
- Svensson L., Mullarney K., Zetterström D., 2015. Le guide ornitho. Le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Delachaux et Niestlé, Paris, France, 446 pages.
- Thomas Y., Mazurié J., Bouget J.F., Pouvreau S., Bacher C., Gohin F., 2006. Modélisation de la croissance des moules

Mytilus edulis en fonction des pratiques culturelles et de données environnementales, Application aux résultats de 2003-2004 en Baie du mont Saint Michel. R.INT./LER-MPL/06-16, Saint-Malo, IFREMER, 44 pages.

Treca B., 1985. Les possibilités de lutte contre les oiseaux d'eau pour protéger les rizières en Afrique de l'Ouest. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 32, 191-213.

UICN France, MNHN, LPO, SEOF, ONCFS, 2016. La Liste rouge des espèces menacées en France, Chapitre Oiseaux de France métropolitaine. Paris, France, p.14.

Ward A., Groupe Ornithologique du Nord, communications personnelles le 21 avril 2017 et le 30 mai 2017.

Washburn B.E., Bernhardt G.E., Kutschbach-Brohl L., Chipman R.B., Francoeur L.C., 2013. Foraging Ecology of Four Gull Species at a Coastal-Urban Interface. *The Condor*, 115(1), 67-76.

Yésou P., 2003. Le Goéland argenté : *Larus argentatus* Pontoppidan, 1763. Dans : Pascal M., Lorvelec O., Vigne J.D., Keith P., Clergeau P., 2003. Évolution holocène de la faune de Vertébrés de France : invasions et disparitions. INRA, CNRS, MNHN, Rapport au Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (Direction de la Nature et des Paysages), Paris, France, 215-219.

Yésou P., Cadiou B., Pons J.M., 2005. Les grands changements dans l'avifaune marine nicheuse française au cours du XX^e siècle. *Aves* n°42(1-2), 81-90.

Annexe 1 : Tableaux de données des effectifs totaux de Goélands argentés comptés à Donville et Chausey.

Donville-les-bains

Date	Coefficient de marée	Scan 1	Scan 2	Scan 3	Scan 4	Effectifs moyens	Écart-type	Nombre maximal de goélands
24/05/17	93	61	68	40	NA	56	15	68
26/05/17	107	5	NA	NA	NA	5	NA	5
01/06/17	58	28	65	47	NA	47	19	65
02/06/17	51	13	40	56	56	41	20	56
09/06/17	76	30	50	24	16	30	15	50
13/06/17	69	29	42	35	24	32	8	42
15/06/17	58	30	51	38	49	42	10	51
19/06/17	55	51	47	61	66	56	9	66
22/06/17	87	6	12	16	NA	11	5	16
01/07/17	55	NA	NA	67	NA	67	NA	67
11/07/17	78	8	6	NA	NA	7	1	8
13/07/17	74	NA	0	NA	NA	0	NA	0
17/07/17	56	0	1	3	NA	1	2	3

Centre de l'archipel des îles Chausey

Date	Coefficient de marée	Scan 1	Scan 2	Scan 3	Scan 4	Nombre moyen de goélands sur le secteur	Écart-type	Nombre maximal de goélands sur le secteur	Scan auquel le maximum a été observé
15/05/17	64	NA	NA	80	NA	80	NA	80	3
23/05/17	81	68	55	25	NA	49	22	68	1
08/06/17	73	23	23	15	0	15	11	23	1
20/06/17	64	NA	50	25	22	32	15	50	2
26/06/17	100	0	1	1	0	0	1	1	2
10/07/17	77	23	0	0	1	6	11	23	1
24/07/17	101	20	NA	NA	NA	20	NA	20	1

Est de l'archipel des îles Chausey

Date	Coefficient de marée	Scan 1	Scan 2	Scan 3	Scan 4	Nombre moyen de goélands sur l'ensemble des secteurs 2 à 6	Écart-type	Nombre maximal de goélands sur l'ensemble des secteurs 2 à 6	Scan auquel le maximum a été observé
15/05/17	64	191	221	221	NA	196	43	221	2
29/05/17	89	193	NA	NA	NA	219	NA	219	1
12/06/17	73	NA	313	230	NA	272	59	313	2
23/06/17	85	NA	95	NA	136	199	147	303	4
25/06/17	103	388	NA	NA	NA	564	NA	564	1
12/07/17	77	35	NA	24	NA	66	79	157	2
25/07/17	100	105	NA	NA	NA	105	NA	105	1

Annexe 2 : Tableaux de données des pourcentages par secteur des effectifs totaux de Goélands argentés comptés à Donville et Chausey.

Donville-les-bains

Date	Coefficient de marée	Effectif maximum observé sur le secteur ce jour	Pourcentage de goélands en secteurs 1 et 2 au scan 1	Pourcentage de goélands en secteurs 1 et 2 au scan 2	Pourcentage de goélands en secteur 6 au scan 2	Pourcentage de goélands en secteurs 1 et 2 au scan 3	Pourcentage de goélands en secteur 6 au scan 3
24/05/17	93	68	67	59	41	0	75
26/05/17	107	5	100	NA	NA	NA	NA
01/06/17	58	65	100	100	NA	100	NA
02/06/17	51	56	100	100	NA	79	0
09/06/17	76	50	100	66	10	17	0
13/06/17	69	42	86	14	55	11	58
15/06/17	58	51	100	64	10	40	34
19/06/17	55	66	100	55	0	35	23
22/06/17	87	16	100	76	8	12	88
01/07/17	55	67	NA	NA	NA	100	NA
11/07/17	78	8	100	0	100	NA	NA
13/07/17	74	0	0	0	0	NA	NA
17/07/17	56	3	0	0	0	66	0
23/07/17	98	24	100	100	0	NA	NA
26/07/17	85	2	100	NA	NA	NA	NA

Est de l'archipel des îles Chausey

Date	Coefficient de marée	Effectif total maximum observé ce jour à l'Est de l'archipel	Pourcentage de goélands en secteur 2	Pourcentage de goélands en secteur 3	Pourcentage de goélands en secteur 4	Pourcentage de goélands en secteur 5	Pourcentage de goélands en secteur 6
15/05/17	64	221	0	20	38	NA	41
29/05/17	89	219	0	23	NA	NA	77
12/06/17	73	313	1	6	20	21	51
23/06/17	85	303	1	0	44	0	55
25/06/17	103	564	0	0	28	40	31
12/07/17	77	157	1	0	11	10	78
25/07/17	100	105	0	0	NA	33	67

Centre de l'archipel des îles Chausey : Un seul secteur d'observation (secteur 1) donc pas de données.

Annexe 3 : Tableau de données des effectifs de goélands observés nageant entre les bouchots

Date	Coefficient de marée	Scan 1			Scan 2			Scan 3		
		Nombre de goélands à la nage	Nombre de goélands posés sur les pieux	Proportion nage	Nage	Posé pieu	Proportion nage	Nage	Posé pieu	Proportion nage
24/05/17	93	56	5	92 %	NA	NA	NA	NA	NA	NA
26/05/17	107	2	3	40 %	NA	NA	NA	NA	NA	NA
01/06/17	58	12	16	43 %	31	34	48 %	NA	NA	NA
02/06/17	51	10	3	77 %	25	15	63 %	31	25	55
09/06/17	71	25	5	83 %	46	4	92 %	23	1	96
13/06/17	69	20	9	69 %	20	22	48 %	23	12	66
15/06/17	58	21	9	70 %	38	13	75 %	22	16	58
19/06/17	55	25	26	49 %	34	13	72 %	51	10	84
22/06/17	87	5	1	83 %	12	0	100 %	16	0	100
01/07/17	55	NA	NA	NA	NA	NA	NA	42	25	63
11/07/17	78	6	2	75 %	4	2	67 %	NA	NA	NA
13/07/17	74	NA	NA	NA	0	0	NA	NA		NA
17/07/17	56	0	0	NA	0	1	0 %	0	3	0

Annexe 4 : Données de comptage obtenues lors des observations d'opérations d'effarouchement par tirs à blanc sur les concessions mytilicoles de Donville.

Date	Coefficient de marée	Heure de l'opération	Effectif total sur la zone avant	Effectif total sur la zone 30 min après	Diminution de la fréquentation totale	Effectif sur le secteur visé avant	Effectif sur le secteur visé après	Diminution de la fréquentation du secteur	Distance d'approche avant	Distance d'approche après
12/05/17	81	2h avant BM*	67	29	57 %	38	0	100 %	50 m	NA
24/05/17	93	1h30 avant BM	57	12	79 %	45	0	100 %	150 m	NA
02/06/17	51	BM	56	46	18 %	35	7	80 %	10 m	50 m
09/06/17	76	1h30 avant BM	50	24	52 %	5	0	100 %	75 m	NA
23/07/17	98	1h30 avant BM	24	0	100 %	22	0	100 %	20 m	NA

*BM : Basse-Mer

Opération ayant eu lieu après une période d'effarouchement intensif

☐

Opération ayant eu lieu après une période sans effarouchement

Annexe 5 : Données de comptage et d'évaluation des distances d'approche obtenues lors de l'observation de l'opération de tirs létaux de goélands argentés à Chausey du 22 août 2017.

Avancement de l'opération	10 minutes	25 minutes	30 minutes	40 minutes	1 heure	2 heures 10	3 heures 20	3 heures 35
Stade de marée	1h30 avant BM	1h15 avant BM	1h10 avant BM	1h avant BM	50 minutes avant BM	30 minutes après BM	1h40 après BM	1h55 après BM
Concession	Secteur 6*	Secteur 5 (moitié est)	Secteur 5 (moitié ouest)	Centre de l'archipel	Centre de l'archipel	Secteur 6	Centre de l'archipel	Secteur 4
Nombre d'oiseaux abattus	2 oiseaux	4 oiseaux	1	1	1	1	0	0
Nombre d'oiseaux mis en fuite	Groupe 1 : 100 Groupe 2 : <10	70 oiseaux	25 oiseaux	Groupe 1 : 100 oiseaux Groupe 2 : 20 oiseaux	5 oiseaux	20 oiseaux	100 oiseaux	150 oiseaux
Distance d'approche avant envol	Groupe 1 : 75 à 100 m Groupe 2 : 20 m	150 m	150 m	Groupe 1 : 100 m Groupe 2 : 50 m	25 m	25 m	200 m	200 m
Remarques	- Fuite vers le banc de la Canue - 1 bague Jersey					- Majoritairement immatures - 1 bague Jersey		

* Les numéros de secteur sont ceux définis sur la figure 14