



RAPPORT DE PROJET

ÉTUDE DE LA PÊCHE AU CASIER LUMINEUX DANS LE DÉTROIT DU PAS-DE-CALAIS

FÉVRIER 2024 À JANVIER 2026



Cofinancé par
l'Union européenne

Ce document doit être cité comme suit :

WERQUIN Sarah, YON Arthur, VAN VLASSELAER Jasper, VAN OPSTAL Mattias, 2025. Rapport final du projet POLUX, Étude de la pêche au casier lumineux dans le détroit du Pas-de-Calais. FROM Nord, ILVO, 64 p.

Contact :

FROM Nord
16 rue du Commandant Charcot
CS 10381
62200 Boulogne-sur-Mer
op@fromnord.fr
+33 21 30 03 43

Auteurs :

WERQUIN Sarah (1), YON Arthur (1), VAN VLASSELAER Jasper (2), VAN OPSTAL Mattias (2).

Collaborateurs :

FROM Nord (Fonds Régional d'Organisation du Marché du poisson), 16 rue du Commandant Charcot, CS 10381, 62 200 BOULOGNE-SUR-MER (1).

ILVO (Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek), Jacobsenstraat 1, 8 400 OOSTENDE, Belgium (2).

Remerciements

Nous remercions les financeurs du projet, l'Union européenne, à travers le Fonds européen pour les affaires maritimes, la pêche et l'aquaculture (FEAMPA), et la région Hauts-de-France, sans lesquels ce projet n'aurait pu être réalisé.

Nous remercions l'ensemble des cinq patrons de pêche des caseyeurs-fileyeurs pour leur expertise et la réalisation des expérimentations en mer : Josse MARTIN, Gaëtan DELSART, Loïc DEPARIS, Loïc MERLIN et Matthieu PINTO.

Merci à Robert ENEVER (Fishtek Marine) de nous avoir partagé ses travaux sur la pêche au casier avec lumière. Nous remercions également Olivier COPPIN d'Alprech filets pour son implication dans la conception de nouveaux casiers.

Enfin, merci à Charles-Henri GEORGET de NEOGRAPHIC d'avoir retranscrit les enjeux du projet en images, ainsi qu'au pôle Aquimer pour le soutien en matière de communication.

Table des matières

INTRODUCTION	7
1. CONTEXTE	
1.1. Raréfaction du stock de poissons plats en Manche Est	8
1.2. Fragilisation des entreprises de fileyeurs à Boulogne-sur-Mer	10
1.3. Pêche au casier sur la Côte d'Opale	11
1.4. Réfléchir à un mode de pêche durable	13
1.5. Pêche à la lumière	13
1.6. Perception visuelle des espèces marines ciblées	14
1.7. Comportement des espèces à la lumière	17
2. MATERIEL ET METHODES	18
2.1. Phase en bassin	18
2.1.1. Présentation des bassins à bouquet	18
2.1.2. Dispositif expérimental pour le bouquet	19
2.1.3. Présentation des bassins à gros crustacés	20
2.1.4. Dispositif expérimental pour le tourteau	21
2.1.5. Dispositif expérimental pour le homard européen	21
2.1.6. Lumières LED	22
2.2. Phase en mer	23
2.2.1. Fileyeurs-caseyeurs volontaires	23
2.2.2. Composition des filières	23
2.2.3. Protocole en mer	24
2.2.4. Lumières LED : ScallopLight	25
2.2.5. Types de casiers de pêche	25
2.2.5.1. Casiers mixtes à crustacés et coquilles Saint-Jacques	26
2.2.5.2. Casiers à bouquet	27
2.2.5.3. Casiers à seiche	27
2.2.5.4. Casiers à encornet	28
2.2.6. Matériel supplémentaire	28
2.2.7. Zone de pêche et collecte des données	29
2.3. Analyses des données	30
2.3.1. Tests en bassins	30
2.3.2. Tests en mer	30
3. RESULTATS	32
3.1. Tests en bassins	32
3.1.1. Expériences sur le bouquet	32
3.1.2. Expériences sur le tourteau	35
3.1.3. Expériences sur le homard européen	35
3.2. Tests en mer	36
3.2.1. Casiers mixtes à crustacés et coquilles Saint-Jacques	36
3.2.2. Casiers à bouquet	40
3.2.3. Casiers à seiche	40
3.2.4. Casiers à encornet	44

4. DISCUSSION	45
4.1. Observation des pêcheurs	46
4.2. Efficacité de la lumière sur les espèces capturées au casier	46
4.2.1. Tourteau	46
4.2.2. Bouquet	47
4.2.3. Seiche	47
4.3. Potentiel sélectif : espèces non ciblées	48
4.4. Valorisation de nouvelles espèces	48
4.4.1. Coquille Saint-Jacques	48
4.4.2. Encornet	49
4.5. Turbidité	49
4.6. Rentabilité économique	50
 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	 52
 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	 53
 LISTE DES FIGURES	 57
 LISTE DES TABLEAUX	 60
 ANNEXES	 61

Résumé

Face à une diminution des captures de poissons plats en Manche Est (ICES, 2022), les fileyeurs de la Côte d'Opale se sont progressivement tournés vers la pêche au casier. Le casier, comme tout engin de pêche, peut être amélioré de façon à soutenir l'équilibre économique de ces flottilles tout en favorisant une pêche durable. En 2022, Enever *et al.* ont montré qu'il est possible de pêcher des coquilles Saint-Jacques dans un casier grâce à l'ajout de lumière blanche. Dans le cadre du projet POLUX, cette méthode a été testée de février 2024 à janvier 2026 dans les eaux françaises du détroit du Pas-de-Calais avec différents objectifs : évaluer l'efficacité de casiers équipés de lumière sur les espèces habituellement commercialisées (tourteau, homard, seiche) et sur de nouvelles espèces (coquilles Saint-Jacques, encornet), ainsi que la possibilité de cibler les captures avec une plus grande sélectivité selon leur réaction à la lumière.

POLUX s'est déroulé en deux phases expérimentales menées simultanément :

- Une phase en bassin, qui a permis d'observer la réaction du bouquet, du tourteau et du homard européen vis-à-vis de la lumière. Leurs déplacements ont servi à déduire un attrait, une répulsion ou une inaction pour la lumière.
- Une phase en mer, durant laquelle des pêcheurs professionnels ont comparé le nombre de captures entre des casiers « contrôles » et des casiers « tests » équipés de LED. Un modèle de casier spécifique par espèce ciblée a été utilisé (casiers mixtes à crustacés et coquilles Saint-Jacques, casier à bouquet, casier à seiche et casier à encornet).

Ce projet a permis d'améliorer les connaissances sur le comportement de différents crustacés en réponse à la lumière. En conditions contrôlées, les tourteaux ont été significativement attirés vers la lumière blanche. À l'inverse, une répulsion des homards pour toute couleur de lumière testée (blanc, vert, proche UV) a été observée. Enfin, les bouquets ont évité la lumière blanche, verte, bleue ou rouge, mais pas la lumière proche UV.

En conditions réelles, les casiers à seiche équipés de LED se sont montrés significativement plus efficaces, quelle que soit la couleur (verte ou blanche), comparés aux contrôles. Les casiers mixtes avec LED blanche ont eu des performances similaires aux contrôles pour les tourteaux, tandis que la présence d'araignées de mer a doublé. Approfondir la conception du casier, notamment des ouvertures, pourrait aider à limiter l'entrée des araignées de mer. Sur certaines marées, un casier avec LED de la filière a pu capturer une à deux coquilles Saint-Jacques (événement rare). Bien que les observations des pêcheurs sur la capture des bouquets semblent soutenir les résultats obtenus en bassin, les données de terrain restent insuffisantes. Enfin, l'encornet n'a pas pu être pêché, seuls des œufs ont été observés sur les casiers et à l'intérieur.

Ces résultats donnent une première idée des applications de la lumière dans les casiers. De nouvelles études sur la conception de l'engin de pêche pourraient documenter par exemple les types d'entrées optimales (tailles ou formes) pour chaque espèce. Il serait également intéressant de tester d'autres pratiques de pêche au casier, comme des dispositifs suspendus dans la colonne d'eau, afin d'essayer de capturer de nouvelles espèces commercialisables. Plus simplement, des études comparatives entre types d'appâts pourraient mettre en évidence le plus efficace.

Abstract

Since the collapse of flatfish captures in the Eastern Channel (ICES, 2022), gillnet fishermen on the Opal Coast have gradually turned to pot fishing. Like all fishing gear, pots can be improved to support the economic balance of these fleets while promoting sustainable fishing. In 2022, Enever *et al.* demonstrated that it is possible to catch scallops in a pot by adding white light. From February 2024 to January 2026, this method has been tested in the French waters of the Dover Strait within the POLUX project to meet various objectives: assess the effectiveness of pots equipped with light for species commonly marketed (brown crab, lobster, cuttlefish) and new species (scallops, squid). In addition, the reaction of species to a light stimulus was studied to evaluate the possibility of targeting catches with higher selectivity.

The POLUX project had two simultaneous experimental phases:

- A tank phase, which investigated the reaction of prawn, brown crab and European lobster to light. Their movements were used to determine whether they showed attraction, repulsion or no reaction to light.
- An at-sea phase, where professional fishermen compared catches between “control” pots and “test” pots equipped with LED. A specific pot model was used for each target species (mixed pot for crustaceans and scallops, prawn pot, cuttlefish pot, and squid pot).

This project improved knowledge about the behaviour of various crustaceans in response to light. Under controlled conditions, brown crabs were significantly attracted to pots equipped with white light. Conversely, a repulsion of lobsters by all types of light tested (white, green, near-UV) has been observed. Finally, prawns avoided white, green, blue and red light, but were attracted to near-UV light.

Under field conditions, cuttlefish pots equipped with LED proved significantly more effective, regardless of the colour (green or white), than control pots. The mixed pots with white LED performed similarly to controls for brown crabs, but the catches of spider crabs doubled with the use of white light. Refining the pot design, particularly the openings, may help to limit the entry of spider crabs. On some trips, a mixed pot equipped with LED could catch one or two scallops (rare events). Although fishermen's observations for prawn capture seem to support the results obtained in the tank, not enough data could be gathered from the trials at sea. Finally, squid could not be caught in the pots; only eggs were observed on and inside the pots.

These results provide an initial insight into the application of light in pots. Further studies on the fishing gear design could document, for example, the optimal types of entrances (sizes or shapes) for each species. It would also be interesting to test other pot fishing practices, like devices suspended in the water column, to try catching new marketable species. More simply, comparative studies between types of bait could highlight the most effective.

Introduction

Améliorer l'efficacité et la sélectivité des casiers est un enjeu majeur pour les fileyeurs-caseyeurs pêchant dans le détroit du Pas-de-Calais. Depuis le milieu des années 2010, une raréfaction de poissons plats en Manche Est a été observée, ce qui a impacté la rentabilité économique de la pêche au filet trémail. Certains navires fileyeurs des Hauts-de-France se sont adaptés et diversifiés en pratiquant la pêche au casier à crustacés et à bulots (espèces non soumises à quota) dont le potentiel de développement a récemment été étudié (MECANOR², 2023). Le métier du casier à gros crustacés a été le deuxième métier pratiqué à Boulogne-sur-Mer en 2021, le tourteau y étant la dixième espèce la plus importante en termes de tonnage (MECANOR², 2023).

La pêche au casier apparaît alors comme une solution pour le maintien de la rentabilité économique de ces flottilles sur le long terme. Seulement, très peu d'études sur les possibilités d'amélioration de cet engin de pêche passif ont été menées. Il est alors important de réfléchir dès à présent à des moyens d'innovation du casier, en améliorant sa sélectivité et en valorisant la capture de nouvelles espèces tout en pratiquant une pêche durable avec un faible impact sur l'environnement marin. Un autre avantage au développement et à la valorisation des métiers au casier pourrait être de rendre le secteur plus attractif et d'attirer plus de jeunes.

Ces réflexions, amenées par échanges avec les caseyeurs-fileyeurs adhérents du FROM Nord, ont abouti à la recherche de pistes d'innovation du casier. Le travail récent d'Enever *et al.* (2022), qui par l'ajout de lumière blanche constante a montré la possibilité de pêcher des coquilles Saint-Jacques au casier en Cornouailles, a inspiré le projet POLUX. D'une durée de deux ans (février 2024 – janvier 2026), le projet a visé à tester la lumière en tant qu'appât artificiel pour les casiers dans le détroit du Pas-de-Calais. En effet, l'utilisation de lumière pour augmenter l'efficacité de capture est aujourd'hui testée sur divers engins de pêche comme les chaluts (Lancelot *et al.*, 2021), les filets ancrés (Ortiz *et al.*, 2016), les palangres (Wang *et al.*, 2007) ou encore les casiers (Humborstad *et al.*, 2018 ; Nguyen *et al.*, 2017). Du fait que les eaux du détroit du Pas-de-Calais soient généralement sombres et turbides, l'introduction d'un stimulus lumineux peut influencer le comportement des espèces marines (Breen & Lerner, 2013).

Le premier enjeu de POLUX a été d'acquérir de nouvelles connaissances concernant l'impact de la lumière sur les crustacés et les seiches, qui sont des espèces habituellement pêchées au casier dans le détroit du Pas-de-Calais. Le second a été d'étudier l'impact de la lumière sur de nouvelles espèces potentiellement valorisables au casier, qui sont habituellement capturées via l'utilisation d'autres engins de pêche (coquille Saint-Jacques, encornets). Un dernier objectif a été d'évaluer le potentiel sélectif de la lumière dans le cadre des pêcheries au casier. Dans les eaux françaises du détroit du Pas-de-Calais, il a été question d'étudier la possibilité de continuer à pêcher des crustacés au casier, tout en évitant la capture d'araignées de mer *Maja brachydactyla*, qui sont abondantes et difficilement valorisables.

Pendant la première phase du projet, le comportement des crustacés vis-à-vis de la lumière a été étudié en bassin pour déterminer le potentiel d'amélioration des captures. Dans une seconde phase, des tests en mer ont été menés par cinq fileyeurs-caseyeurs pour évaluer l'efficacité de différents types de casiers équipés de lumière en conditions de pêche commerciale.

1. Contexte

1.1. Raréfaction du stock de poissons plats en Manche Est

Actuellement, l'avis du CIEM (Conseil international pour l'exploration de la mer) préconise des restrictions de captures pour permettre la durabilité des populations capturables et exploitables (stocks) de certains poissons plats en Manche Est (ou zone CIEM VIId ; Figure 1). Dans le cas de la sole commune *Solea solea*, une approche de gestion de Rendement Maximal Durable (RMD) est effective dans cette zone depuis 2012 (ICES, 2022).

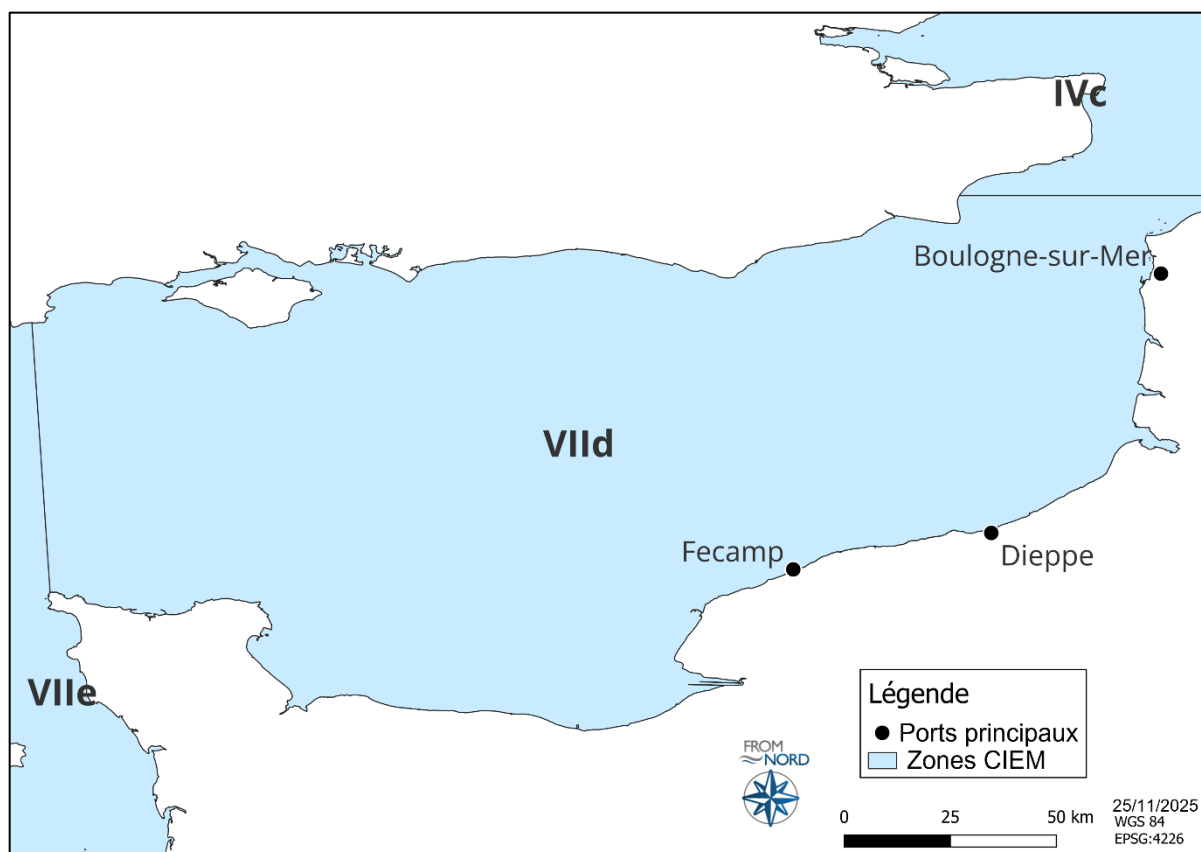


Figure 1 : Carte du découpage administratif en Manche-mer du Nord selon les zones CIEM (ICES).

L'approche RMD consiste à ajuster l'effort de pêche pour exploiter la plus grande quantité de biomasse d'un stock halieutique sans affecter le processus de reproduction. Pour y parvenir, des Totaux Admissibles de Captures (TAC) sont définis après une évaluation du statut d'un stock. Un stock peut être qualifié « effondré » lorsque la quantité de reproducteurs est considérée insuffisante pour le renouvellement de la population (Vermard & Ulrich, 2025). Dans ce cas, une diminution d'abondance est telle qu'elle ne permet plus la pratique d'une pêche ciblée viable économiquement.

En 2013, le WGNSSK, groupe de travail du CIEM chargé de l'évaluation des stocks en VIId, a diagnostiqué un effondrement du stock de sole de Manche-Est (ICES, 2023). Le taux de recrutement en 2012 a été estimé très inférieur aux années précédentes (Figure 2). Le recrutement désigne le moment où de jeunes poissons qui ont survécu à la phase larvaire et ont atteint une taille suffisante rejoignent le groupe d'adultes exploitable. Lorsque le recrutement diminue, la biomasse exploitable dans les années suivantes baisse également (Biseau, 2014).

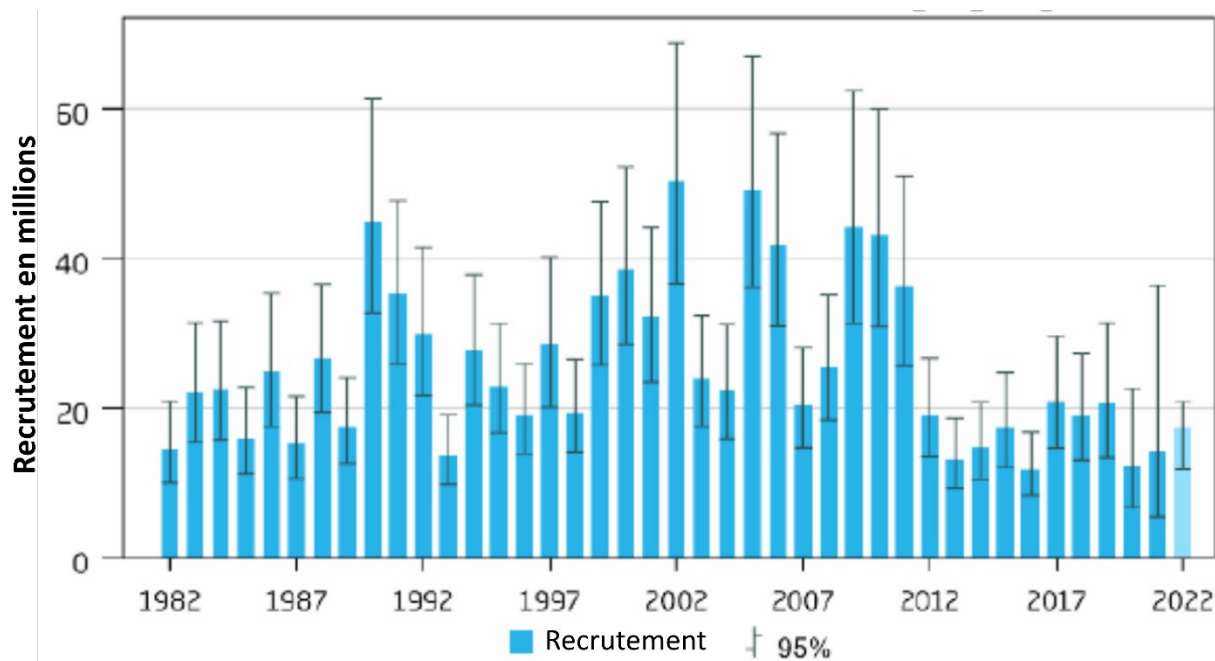


Figure 2 : Recrutement estimé de sole en zone VIId par le WGNSSK Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak (traduit d'ICES, 2023). Le taux de recrutement de la sole a fortement diminué dès 2012.

Suite à ce constat, les avis concernant les TAC de sole ont été réduits les années suivantes. Les taux de capture qui fluctuaient en moyenne autour de 4 838 tonnes entre 2000 et 2014 ont diminué jusqu'à 1 664 tonnes en 2021 (Figure 3). En 2012, la part de la France en débarquements totaux de sole de Manche Est a été majoritaire avec 61 % comparée à la Belgique (23 %) et au Royaume-Uni (16 % ; Biseau, 2014). Parmi les flottilles françaises, les fileyeurs ont été les plus exposés à un impact économique. À cette période, leur chiffre d'affaires a été estimé dépendre à 58 % de la sole de VIId par l'Ifremer (Tableau 1). Plus particulièrement les fileyeurs de la façade Manche Est - mer du Nord, dont les filets trémail et maillant ont contribué à 64 % aux débarquements français de sole en 2012.

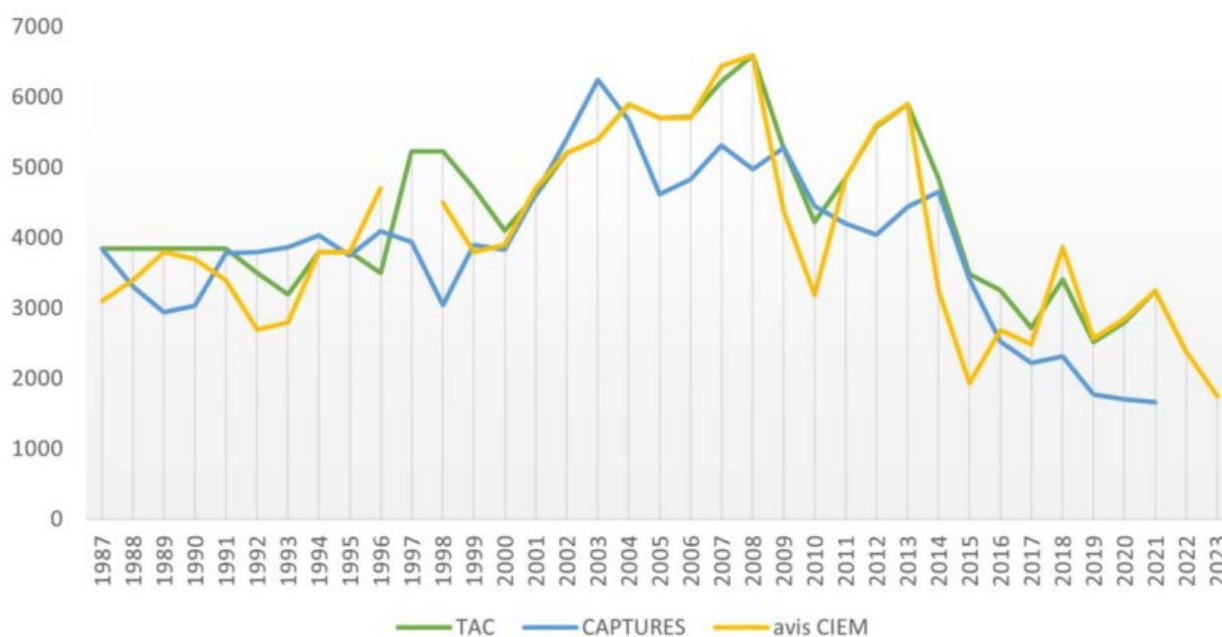


Figure 3 : Évolution des TAC, débarquements et avis CIEM de soles de Manche Est (en tonnes). ICES, 2023. Les captures ont diminué depuis 2014.

Tableau 1 : Dépendance des chiffres d'affaires (CA sole Vld/CA total de la flottille) des flottilles françaises aux captures de sole de Manche Est (Biseau, 2014).

Flottille	Nombre de navires	Nombre de marins	Contribution aux captures internationales	Dépendance (% Sole dans CA)
Chalutiers de fond exclusifs	16	46	2%	11%
Chalutiers - Dragueurs	109	352	17%	20%
Chalutiers – Arts dormants	8	25	3%	51%
Dragueurs exclusifs	15	45	3%	26%
Fileyeurs	78	271	30%	58%
Fileyeurs - Caseyeurs	34	113	8%	41%
autres	8	33	2%	17%
<i>Total</i>	<i>268</i>	<i>885</i>	<i>64%</i>	<i>32%</i>

1.2. Fragilisation des entreprises de fileyeurs à Boulogne-sur-Mer

La pêche au filet trémail est une activité historique à Boulogne-sur-Mer. Les fileyeurs, bateaux de la petite pêche boulonnaise, ont connu un essor jusqu'en 1987-1988 en ciblant notamment la sole (Figure 4). En 1989, la sole figurait parmi les espèces débarquées à plus forte valeur (Figure 5 ; Allard, 1991). La forte valeur ajoutée de cette espèce s'est maintenue. En 2017, la sole valait en moyenne 10,61 euros au kilo, soit l'une des espèces les plus rentables après le homard et le bar (Ifremer SIH, 2018).



Figure 4 : Port de Boulogne-sur-Mer dans les années 1980 (ancienne carte postale édition Estel).

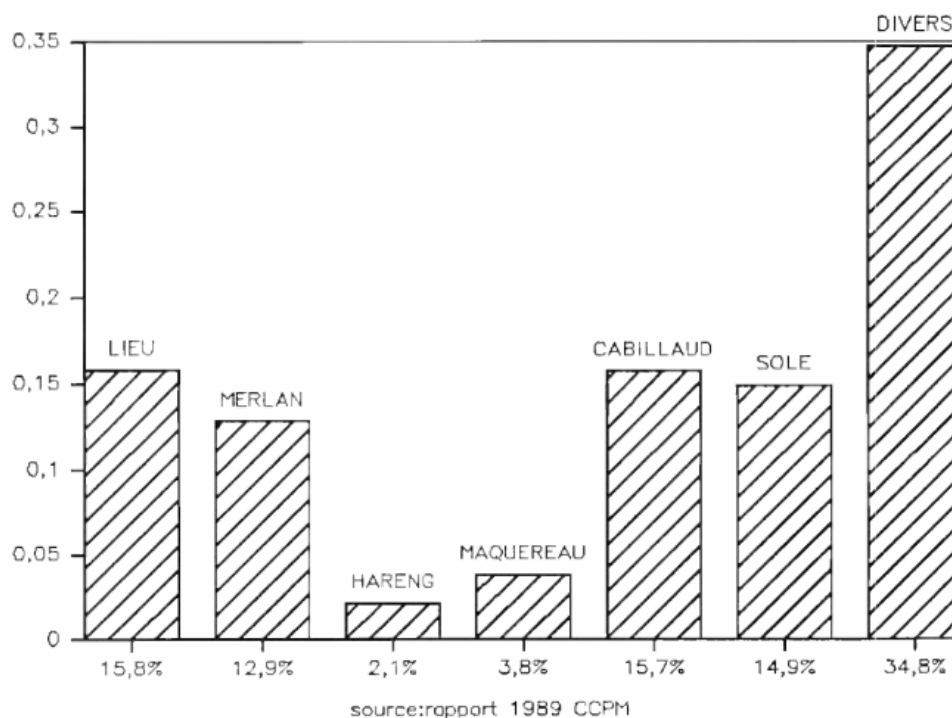


Figure 5 : Part relative des espèces en valeur des débarquements de 1989 (Allard 1991).

Les baisses de rendements liées à la sole ont eu des conséquences sur l'équilibre économique des fileyeurs qui en dépendaient et la pérennité de ces entreprises s'est fragilisée. La flotte du Nord-Pas-de-Calais est passée de 85 navires fileyeurs exclusifs en 2004 (Leblond *et al.*, 2004) à 56 en 2012 (Leblond *et al.*, 2014).

En réponse à ces difficultés économiques, une diversification des activités des fileyeurs de Boulogne-sur-Mer a progressivement été observée. En 2023, le nombre moyen de métiers pratiqués par navire actif de pêche s'élevait à 2,7 contre 2,3 en 2017. Actuellement, le métier de fileyeur est principalement exercé associé à celui de caseyeur. En 2022, les navires désignés fileyeurs-caseyeurs étaient au nombre de 14 contre 3 pour les fileyeurs stricts (Ifremer SIH, 2022).

1.3. Pêche au casier sur la Côte d'Opale

Parmi les adhérents de l'organisation de producteurs (OP FROM Nord), 34 navires pratiquaient la pêche au casier en 2024 sur la façade Manche - mer du Nord. Ces navires de moins de 15 mètres sont munis d'un pont de large surface permettant d'accueillir les casiers (Figure 6). Les casiers se composent d'une armature rigide recouverte par un filet. Ils comportent une ou plusieurs ouvertures appelées goulottes. Un appât est placé à l'intérieur. La pratique du casier se fait à l'aide de filières, c'est-à-dire d'un ensemble de casiers reliés les uns aux autres et lestés pour reposer sur le fond.

Sur la Côte d'Opale, les équipages des fileyeurs-caseyeurs comptent entre trois et cinq hommes. Ils partent généralement avant le lever du soleil pour réaliser des marées à durées variables n'excédant pas douze heures journalières. La pratique du casier permet aux fileyeurs-caseyeurs de cibler des espèces d'intérêt commercial non soumises à quota telles que les crustacés et les seiches. Cibler un panel d'espèces leur permet de favoriser la rentabilité de leur activité.

Comme tout engin de pêche, la performance du casier peut être améliorée. D'abord, il peut être envisagé une meilleure efficacité de capture des espèces ciblées. De plus, il serait intéressant de vérifier si de nouvelles espèces peuvent être valorisées. L'encornet par exemple, actuellement pêché au chalut

de fond et à la senne, a vu ses débarquements augmenter dans le détroit du Pas-de-Calais (30F1) depuis 2014 (Figure 7). Cette espèce pourrait peut-être aussi être pêchée au casier.

Un autre enjeu réside dans la sélectivité des captures. Sur la zone Hauts-de-France, les captures d'araignées de mer au casier ont augmenté de manière exponentielle, passant de 6 tonnes en 2016 à 151 tonnes en 2020 (MECANOR², 2023). Cette espèce n'est pas fortement ciblée par les caseyeurs, puisqu'elle n'a pas de grande valeur ajoutée à la commercialisation et est plutôt utilisée en tant qu'appât pour la pêche aux bulots.



Figure 6 : Navire fileyeur-caseyeur



Figure 7 : Répartition annuelle du poids d'encornets (*Loligo vulgaris* et autres espèces) débarqués par rectangles statistiques. Les poids débarqués d'encornets capturés en zone 30F1, soit dans le détroit du Pas-de-Calais, ont fortement augmenté.

1.4. Réfléchir à un mode de pêche durable

La pêche aux casiers, en tant que méthode de capture alternative, est considérée comme une pratique respectueuse de l'environnement. Comparée aux engins actifs, la pêche au casier consomme environ trois à cinq fois moins de carburant et réduit considérablement l'impact sur le fond (Suuronen *et al.*, 2012). Une étude menée en Méditerranée a démontré que, comparativement aux filets trémails, les casiers permettaient de maintenir les captures commerciales des espèces cibles tout en réduisant les prises accessoires d'espèces commerciales de taille inférieure à la taille minimale de référence, ainsi que les prises accessoires d'espèces indésirables (Petetta *et al.*, 2020). Outre la durabilité environnementale, il est tout aussi important d'assurer la viabilité économique de la pêche au casier ; l'innovation et l'amélioration sont donc primordiales dans ce domaine.

Pour la première fois en 2022 en Cornouailles, il a été montré que les coquilles Saint-Jacques *Pecten maximus* pouvaient être pêchées au casier (jusqu'à 24 dans un casier). Pour arriver à ce résultat, des LED produisant une lumière blanche constante ont été associées à des casiers modifiés, adaptés au style de nage de la coquille Saint-Jacques (Enever *et al.*, 2022). Cette étude permet d'envisager la lumière comme un moyen d'étendre la pêche au casier à de nouvelles espèces.

Ces dernières années, la lumière est apparue comme une innovation prometteuse, car elle est également susceptible de cibler les espèces et d'augmenter les captures. À ce jour, seules quelques études en mer s'y sont intéressées avec des casiers à crabe. Dans des casiers coniques habituels avec appât, la lumière a significativement augmenté les prises par unité d'effort de crabe des neiges *Chionoecetes opilio* en mer de Barents (Nguyen *et al.*, 2017) et au Canada (Cerbule *et al.*, 2021). Les mêmes résultats ont été constatés en Malaisie avec le crabe de boue orange *Scylla olivacea* (Naimullah *et al.*, 2021).

1.5. Pêche à la lumière

Depuis des milliers d'années, l'Homme a associé la lumière artificielle à ses techniques de pêche pour attirer les espèces sous-marines. Les premières méthodes de pêche à l'aide d'une source lumineuse ont été initiées au Cameroun, en Indonésie et en Australie (Nguyen & Wingler, 2019). Elles consistaient à ériger un grand feu sur la plage au plus proche du bord de l'eau. La zone illuminée attirait et concentrait les poissons, ce qui permettait aux pêcheurs de les entourer à l'aide d'un filet.

La pêche à la lumière s'est complexifiée au fil des avancées technologiques. À Hawaï, les années 1920 marquent le début de l'utilisation de lampes sous-marines par les immigrants d'Okinawa pour la pêche au thon (Sokimi & Beverly, 2010). Les types de lampes utilisées étaient d'abord à pétrole, à acétylène, à incandescence (1930), fluorescentes (1950) ou halogènes (1970). Elles sont aujourd'hui, et ce depuis le début des années 2000, largement remplacées dans la pêche commerciale par des LED (Light Emitting Diode ; Nguyen & Wingler, 2019). Les LED présentent des avantages pour la pêche. Leur utilisation permet d'économiser de l'énergie par rapport aux ampoules halogènes puisque les LED consomment très peu d'électricité et disposent d'un bon rendement lumineux grâce à leur longue durée de vie et leur résistance. Leur spectre lumineux est majoritairement situé dans la lumière visible et n'émet pas d'infrarouges et d'ultraviolets nocifs pour les organismes marins juvéniles (Hua & Xing, 2013).

Actuellement, la pêche à l'aide de LED sous-marines est associée à l'utilisation de divers engins de pêche pour augmenter l'efficacité de capture et améliorer la sélectivité. Par exemple au Japon, la production totale en 2009 issue de la senne coulissante, de la pêche à l'épuisette et du calmar à la turlute associés à la lumière était de plus de 1,6 millions de tonnes (Nguyen & Wingler, 2019). D'autres engins de pêche ont fait l'objet d'études associées à la lumière (Figure 8) notamment les chaluts (Lancelot *et al.*, 2021), les filets ancrés (Ortiz *et al.*, 2016), les palangres (Wang *et al.*, 2007) ou encore les casiers (Enever *et al.*, 2022 ; Humborstad *et al.*, 2018 ; Nguyen *et al.*, 2017 ; Figure 8).

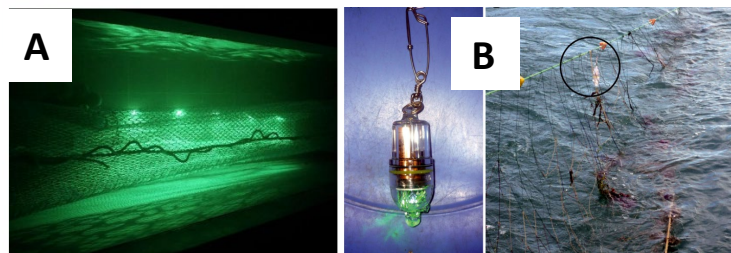


Figure 8 : Exemple d'engins équipés de LED : A) LED dans un chalut B) LED en forme de lanterne attaché à un filet ancré (dans le cercle noir).

La pêche à la lumière s'avère être une approche multidisciplinaire et complexe. Breen & Lerner (2013) ont mis en évidence l'importance de la technologie, l'ingénierie, la physique, la biologie ainsi que la science comportementale dans la définition de la pêche à la lumière (Figure 9).

Qu'est-ce que la « pêche à la lumière »?

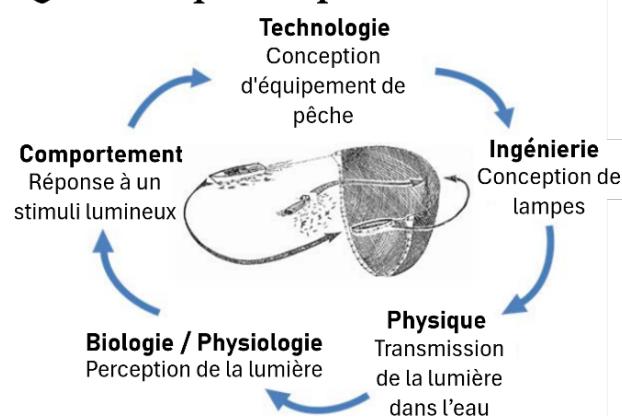


Figure 9 : Connaissances pluridisciplinaires de la pêche à la lumière (traduites de Breen & Lerner, 2013).

1.6. Perception visuelle des espèces marines ciblées

En fonction de leurs aptitudes visuelles, il semble que les organismes marins pourront ou non repérer la lumière.

À titre de référence, chez l'Homme, la lumière entre dans l'œil à travers la cornée, puis la pupille et le cristallin où l'image est projetée sur la rétine. Les photorécepteurs qui composent la rétine transforment le flux électromagnétique en flux nerveux vers le cortex visuel à l'arrière du cerveau. Il existe deux types de photorécepteurs : les cônes et les bâtonnets. Les bâtonnets permettent la vision lorsque l'intensité lumineuse est faible, tandis que les cônes déterminent l'acuité visuelle et la distinction des couleurs (Zhu *et al.*, 2012).

Les yeux des céphalopodes (comme la seiche ou l'encornet) sont au nombre de deux, généralement grands et disposant d'une structure « renversée ». C'est-à-dire que les cellules de la rétine sont tournées vers la source lumineuse (Goerger, 2022 ; Figure 10). Les crustacés ont des yeux « composés » car constitués de plusieurs sous-unités similaires : les ommatidies (Cronin & Feller, 2014 ; Figure 11). La coquille Saint-Jacques est dotée d'ocelles, des structures visuelles plus simples, sensibles aux différences de lumière et aux mouvements dans le milieu ambiant. Jusqu'à 200 ocelles tapissent le tissu du manteau des coquilles Saint-Jacques (Palmer *et al.*, 2017 ; Figure 12).

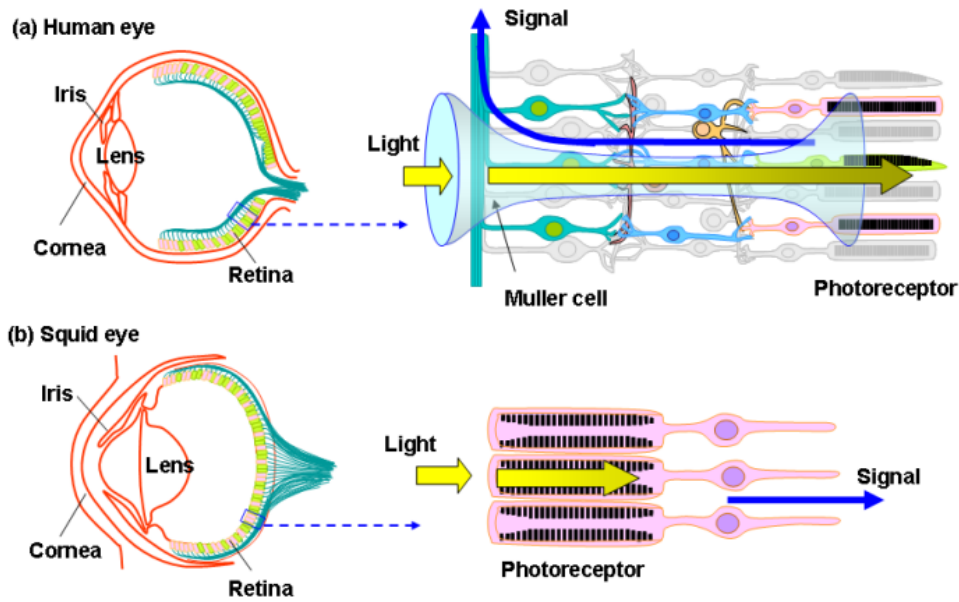


Figure 10 : Comparatif d'une structure d'œil humain (a) et d'œil de seiche (b) issu de Watanabe, Hisashi. (2012).

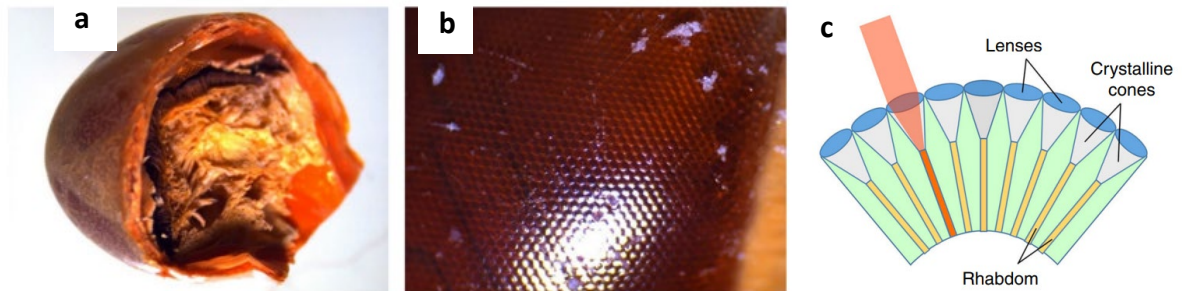


Figure 11 : Œil de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) : (a) Vue au stéréo microscope en coupe ; (b) numérisation micrographie électronique (MEB) de la surface de l'œil (Nguyen & Wingler, 2019) ; (c) Schéma de la structure des yeux composés (Kogos et al., 2020).

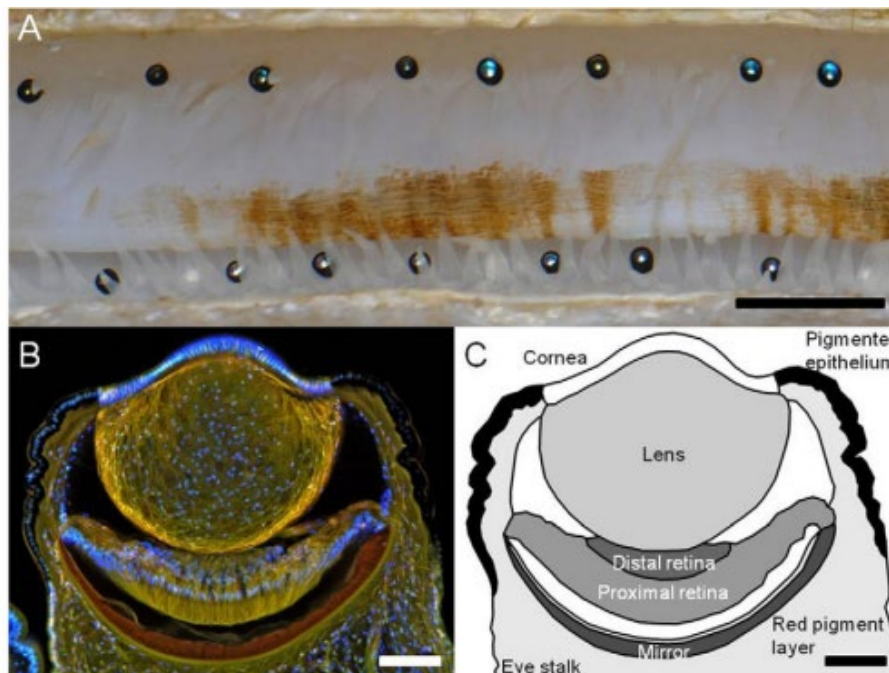


Figure 12 : Yeux de *Placopecten magellanicus* une espèce de coquille Saint-Jacques. (A) yeux disposés le long des bords du manteau valvulaire. Échelle = 5mm. (B) Coupe transversale d'un œil de *P. magellanicus* coloré au colorant Hoechst (C) Schéma annoté de (B). Échelle = 100 μ m (Speiser et al., 2010).

Les coupes histologiques verticales de la rétine permettent de décrire la position des cônes et des bâtonnets pour en déduire l'acuité visuelle (c'est-à-dire la distance visible). Les céphalopodes ont une bonne acuité visuelle puisque leur système visuel est très développé par rapport à leur taille (Goerger, 2022). Les ommatidies des crustacés leur confèrent une très bonne résolution (Cronin & Feller, 2014). De même, les coquilles Saint-Jacques ont la meilleure acuité visuelle parmi les bivalves (Palmer *et al.* 2017). La pêche au casier lumineux apparaît prometteuse de par ces performances visuelles. Il est nécessaire de connaître la longueur d'onde optimale à employer pour attirer ces espèces.

Dans plusieurs études de pêche au casier avec lumière, l'efficacité de capture a varié selon les couleurs de LED appliquées, c'est-à-dire la longueur d'onde perçue par l'œil des organismes marins. Par exemple, le crabe des neiges a été attiré seulement par la lumière bleue et blanche, de même pour le crabe de boue orange en y ajoutant la lumière verte (Nguyen *et al.*, 2017 ; Naimullah *et al.*, 2021). Les techniques électro-physiques comme les électrorétinogrammes (ERG) mesurent l'intervalle de longueur d'onde perçus par les photorécepteurs pour déterminer la sensibilité de l'œil à différentes intensités lumineuses et couleurs.

La vision sous-marine est très diverse entre espèces, certaines sont en mesure de percevoir deux longueurs d'onde (dichromates), d'autres une seule (monochromates). Pour la majorité des crustacés et des céphalopodes, l'intervalle de longueur d'onde perçue (λ) s'étend entre 450 et 500 nm soit du bleu au vert (Marshall *et al.*, 2015). La plupart des céphalopodes sont monochromates avec une longueur d'onde de sensibilité maximale comprise entre 470 et 500 nm (Hanlon & Messenger, 2018). Une étude a montré que les pupilles des encornets étaient plus dilatées en réponse à la lumière bleue et verte par rapport à la lumière rouge (Matsui *et al.*, 2016). Ils distinguent la séparation des couleurs notamment les bords des objets (Mäthger *et al.*, 2005). Les coquilles Saint-Jacques ont une vision dichromate (Cronin *et al.*, 1987).

La lumière visible transmise et visible par une espèce dépend également des conditions du milieu. Dans l'océan, la lumière s'atténue avec la profondeur, principalement à cause du processus d'absorption. La perte d'intensité est variable selon la longueur d'onde et les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer. En eau profonde, la couleur observée correspond à celle dispersée par les molécules d'eau. Le bleu de la lumière visible est dispersé jusqu'à plus de 250 mètres de profondeur tandis que le rouge est absorbé dès les premiers mètres (Jonhsen & Sosik, 2004 ; Figure 13). On peut supposer qu'une lumière artificielle de longueur d'onde donnée sera plus ou moins visible selon la profondeur et la turbidité du milieu, cette dernière donnant une information sur la teneur en matières en suspension de l'eau.

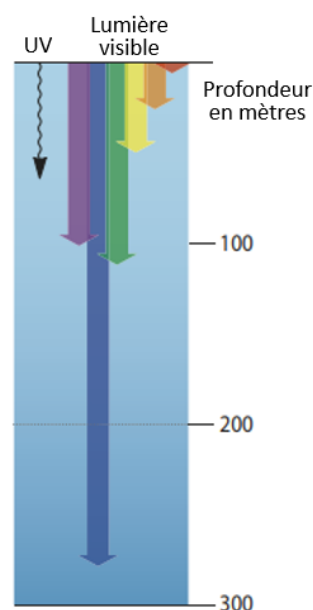


Figure 13 : Propagation de la lumière dans l'océan (Jonhsen & Sosik, 2004). Les longueurs d'onde visibles (en couleur) et ultraviolets pénètrent à différentes profondeurs dans l'eau claire de l'océan.

1.7. Comportement des espèces à la lumière

L'effet de la lumière sur le comportement d'une espèce donnée peut être totalement inverse sur une autre. Ceci a notamment pu être démontré pour le merlan et le maquereau qui vont plutôt avoir un comportement d'évitement vis-à-vis de la lumière, tandis que les petits pélagiques comme le sprat et le hareng vont être attirés par celle-ci (Lancelot et al., 2021). Ce mouvement qu'adopte une espèce face à une lumière artificielle est appelé phototaxie. La phototaxie est positive si l'espèce s'approche de la source lumineuse et négative si elle s'en éloigne. Les hypothèses expliquant une phototaxie positive suggèrent un réflexe investigateur. L'espèce pourra par exemple rechercher des proies ou des congénères eux-mêmes attirés par la lumière, être désorientée ou simplement curieuse (Nguyen & Wingler, 2019).

La réponse des espèces vis-à-vis de la lumière est fortement corrélée à leur mode de vie et au rôle qu'occupe la vision dans leur comportement. Par exemple, les céphalopodes sont dépendants de la vision pour la navigation, la capture de proies et le camouflage (Goerger, 2022). Tandis que les crustacés s'orientent avec la vision, repèrent les prédateurs, les proies et les abris (Cronin & Feller, 2014), les bivalves, notamment les coquilles Saint-Jacques, s'appuient sur la vision pour déclencher des réflexes de défense ou de fuite (Speiser *et al.*, 2010). Ces espèces pourraient vouloir s'approcher de la lumière car celle-ci met en évidence une proie ou un abri comme le casier. À l'inverse, certaines pourraient fuir la lumière pour être moins facilement repérées par les prédateurs.

2. Matériel et méthodes

L'objectif du projet POLUX a été de tester l'efficacité et le potentiel sélectif de la pêche au casier équipé de lumière dans le détroit du Pas-de-Calais. Deux phases expérimentales ont eu lieu : une dans les bassins expérimentaux d'ILVO (Ostende) et une en mer dans le détroit du Pas-de-Calais.

2.1. Phase en bassin

La phase en bassin, avait pour but de tester la lumière en tant qu'appât artificiel pour attirer les crustacés habituellement pêchés au casier. Les tests ont été menés de mai 2024 à novembre 2025. Deux types de bassins ont été utilisés selon la taille des espèces. Les expérimentations ont été réalisées sur le bouquet *Palaemon serratus*, le tourteau *Cancer pagurus* et le homard européen *Homarus gammarus*.

2.1.1. Présentation des bassins à bouquet

Pour les expérimentations de ce projet, ILVO a converti une pièce du campus InnovOcean en une installation de recherche équipée de sept bassins de 450 litres (110 x 90 x 50 cm ; Figure 14 gauche). Les bassins ont été munis d'un système d'alimentation en oxygène et d'un système de drainage passant par un filtre antibactérien, une éponge filtrante et un écumeur à protéine. L'écumeur à protéine a été nettoyé plusieurs fois par semaine. Les températures de la pièce et de l'eau ont été activement contrôlées, la température de l'eau étant ajustée pour correspondre à celle de la partie belge de la mer du Nord. La température ambiante a été comprise entre 12 et 19 degrés Celsius et la température de l'eau entre 8 et 19,5 degrés Celsius. L'eau du bassin a été régulièrement renouvelée avec de l'eau de mer fraîche. Des contrôles du niveau de salinité et de nutriments ont été effectués pour garantir la qualité de l'eau.

Les animaux ont été nourris avec des aliments décongelés ou congelés selon les besoins spécifiques de chaque espèce (Figure 15). Chaque bassin disposait d'une couche de sable ou de roche pour favoriser un comportement naturel et réduire le stress. Le cycle jour-nuit a été fixé à 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité, le « jour » allant de minuit à midi et la « nuit » de midi à minuit. Ce planning a permis d'effectuer la maintenance et les expériences en journée, la plupart des animaux étudiés étant nocturnes. Pour procéder au comptage à la fin d'un essai, le laboratoire a pu être éclairé avec une lumière rouge, ce qui prévenait de fortes réactions de stress et des effets négatifs sur la vision des animaux (Figure 14 droite).

L'installation a permis simultanément les expérimentations et l'hébergement des animaux, avec une séparation stricte entre eux pour prévenir la prédation. Les horaires d'alimentation, la qualité de l'eau et les taux de mortalité ont été soigneusement consignés dans des journaux de bord disponibles dans la salle.



Figure 14 : Aperçu des bassins à bouquet. À gauche : Aperçu de la pièce avec 7 bassins de 450 litres de 110 x 90 x 50 cm. À droite : La pièce en lumière rouge, invisible pour la plupart des animaux marins. Ce type de lumière est utilisé pendant la phase "nuit" de l'expérience pour travailler avec le moins de perturbations.



Figure 15 : Exemple de nourriture donnée aux animaux. Le pot à gauche contient des polychètes, principalement pour nourrir les poissons. Au-dessus, les artémias visibles sont données principalement aux bouquets et aux crevettes. Le seau à droite contient de la daurade, surtout à destination des crabes.

2.1.2. Dispositif expérimental pour le bouquet

Pour les tests en bassin sur les bouquets, un dispositif a été construit en utilisant deux plaques de PVC (Figure 16). Ces plaques coulisent les unes dans les autres pour former quatre compartiments. Quatre autres « portes » insérables au centre forment un compartiment carré, séparé des quatre compartiments latéraux. Les portes comportent de petits trous et une entrée qui ressemble à celle d'un casier à bouquet. Ces entrées ont été scellées par un bouchon jusqu'au début des expérimentations.

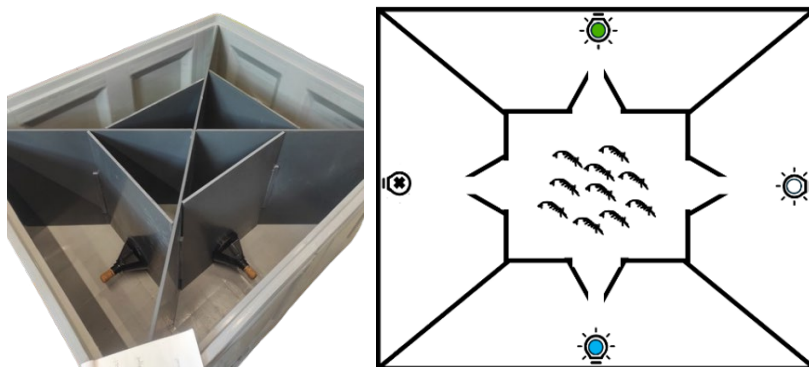


Figure 16 : À gauche : Dispositif expérimental fait de PVC et de cinq compartiments. Ce modèle est adapté pour les expériences sur de petites espèces comme les crevettes. À droite : schéma du dispositif expérimental (image de Flores et al., en cours d'écriture).

Le compartiment central a servi de point de départ pour les animaux. De là, ils ont pu se déplacer, sous l'influence de la couleur de lumière testée, vers l'un des quatre compartiments. Au cours des expériences, les traitements testés ont été répartis aléatoirement dans les quatre compartiments (Figure 17).

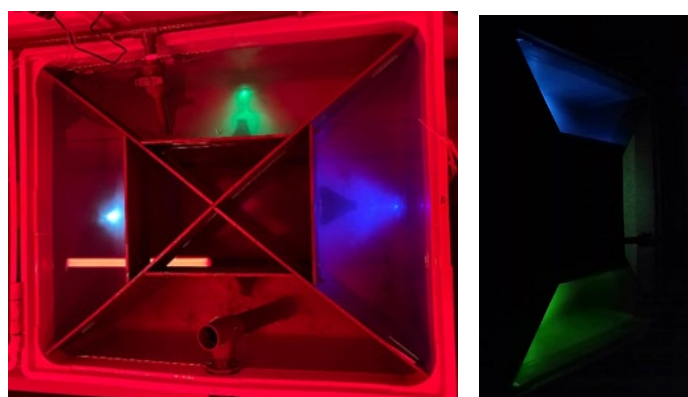


Figure 17 : Exemple de tests d'appâts lumineux, en lumière rouge et dans l'obscurité totale.

Le dispositif expérimental a été utilisé pour vérifier si le bouquet est attiré par la lumière. C'est une grande espèce de crevette pouvant atteindre dix centimètres (Figure 18). Elle est présente en Atlantique Est, en mer du Nord, en Méditerranée et en mer Noire (Neal, 2008).

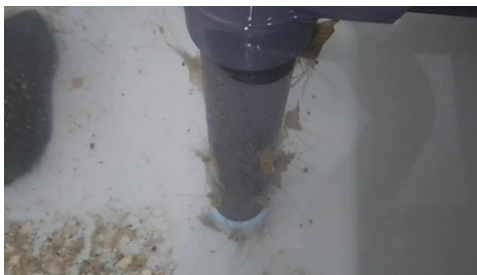


Figure 18 : Le bouquet habite naturellement les rochers, les algues ou d'autres structures comme ici avec le conduit d'eau du bassin.

Quatre expériences avec de multiples essais ont été menées. Pour chaque essai, entre 20 et 25 bouquets ont été placés dans le compartiment central du dispositif. Après une période d'acclimatation d'une heure, des LED ont été ajoutées aux quatre compartiments latéraux. Puis les bouchons obstruant les entrées de ces compartiments ont été retirés.

Une première expérience, sans lumière, a servi de référence pour vérifier l'effet du compartiment sur le déplacement des bouquets. Cela a été mené afin d'exclure la possibilité que la conception du dispositif expérimental ait pu fausser les données des expériences ultérieures. Dans la seconde expérience, l'attraction des bouquets aux lumières blanches, bleues et vertes a été comparée avec un compartiment de contrôle (muni d'une LED éteinte). Dans la troisième expérience, deux compartiments ont été éclairés par une lumière rouge et deux autres ont fait office de contrôles. Dans la dernière expérience, la même configuration a été utilisée pour tester deux lampes proches de l'UV. Chaque essai a duré de quatre à six heures.

Dans toutes les expériences, les compartiments « contrôle » et traitements lumineux ont été intervertis aléatoirement. Les cuves étant fixes dans la pièce, un même compartiment se trouve toujours plus près de la porte, du système de filtration ou des cuves contenant d'autres animaux, ce qui a pu influencer le comportement des sujets testés (bruit, vibrations, direction d'arrivée des scientifiques, etc.) et ainsi biaiser les résultats. En inversant la position des traitements entre les compartiments, ces biais sont autant que possible atténués, réduisant ainsi leur impact sur les résultats.

2.1.3. Présentation des bassins à gros crustacés

Dans une pièce différente de la précédente, se trouve un grand bassin de 6 mètres de long, 1,5 mètres de largeur et 1,5 mètres de hauteur (Figure 19). Ce bassin est divisé en six compartiments égaux qui peuvent être modulés en retirant les murs de séparation. La maintenance du bassin et les soins aux animaux ont été les mêmes que détaillés précédemment. Pour les tourteaux, des structures supplémentaires telles que des pierres et des grilles en plastique ont été ajoutées pour créer des refuges et réduire les comportements agressifs.

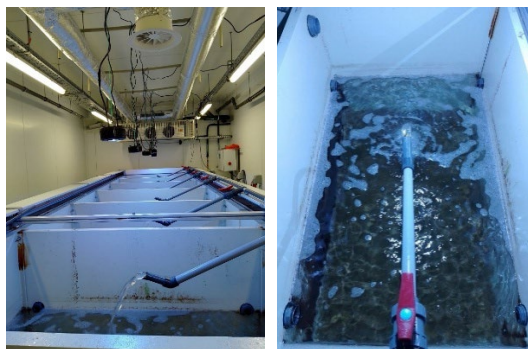


Figure 19 : Aperçu des bassins à gros crustacés. À gauche : Aperçu des six compartiments. À droite : Un seul compartiment.

2.1.4. Dispositif expérimental pour le tourteau

Les expériences sur les tourteaux ont été réalisées dans les grands bassins à l'aide de trois compartiments. Au total, 20 tourteaux ont été utilisés pour l'expérience. Les individus ont été marqués afin de permettre leur distinction (Figure 20).



Figure 20 : Photo d'un tourteau marqué.

Les deux cloisons séparant les compartiments sont restées fermées pendant une période d'acclimatation d'une heure avec le crabe placé au centre. Après acclimatation, les cloisons ont été ouvertes. Le crabe a eu cinq options : aller dans le compartiment avec le casier équipé de lumière, aller dans le casier éclairé, aller dans le compartiment sans lumière (contrôle), aller dans le casier sans lumière ou rester au milieu (Figure 21).

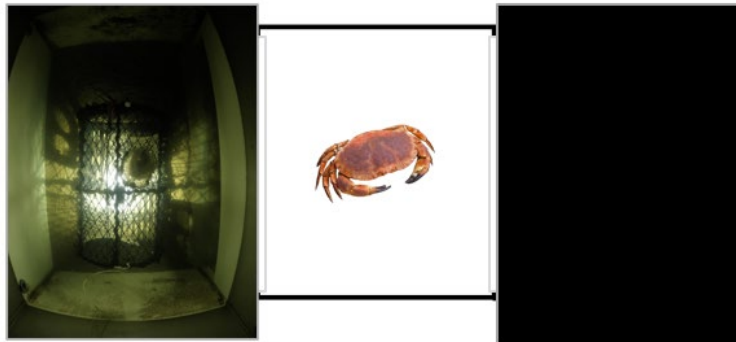


Figure 21 : Configuration expérimentale pour tester la lumière en tant qu'appât sur le tourteau. Un casier, dont un équipé de lumière, est placé dans chaque compartiment latéral.

Après une période d'essai prédéterminée (6 ou 24 heures), les cloisons ont été fermées et le compartiment où se trouve l'animal a été inspecté. Pendant les expériences, l'alimentation en eau des compartiments expérimentaux a été temporairement coupée. Les compartiments contrôles et expérimentaux ont été alternés, pour éviter que l'emplacement du compartiment n'affecte les résultats.

Une lumière blanche constante a été choisie comme appât pour cette expérience. Ce choix s'appuie sur des tests antérieurs menés en mer, en collaboration avec un pêcheur au casier néerlandais dans le cadre du projet de ILVO « Led There Be Light ». Il a été constaté que les lumières vertes et bleues n'avaient aucun effet positif significatif sur les prises, tandis que la lumière blanche a donné des résultats prometteurs (Van Opstal & van Vlasselaer, 2023). De plus, la lumière blanche possède un spectre de longueur d'onde plus large que certaines couleurs, ce qui augmente la probabilité qu'elle suscite une réaction. Le choix d'une lumière constante a visé à optimiser les chances de réussite des expériences. L'utilisation de lumières clignotantes aurait pu effrayer les animaux, réduire leur réaction ou encore induire des comportements plus complexes, susceptibles de fausser les résultats.

2.1.5. Dispositif expérimental pour le homard européen

Un autre dispositif expérimental a été conçu pour déterminer le comportement du homard à la lumière. Deux plaques en PVC ont été placées dans un bassin pour le diviser en forme de « T ». Trois compartiments ont ainsi été formés : un large occupant la moitié du bassin et deux plus petits identiques en dessous (Figure 22).



Figure 22 : Vue du dessus du dispositif expérimental à homard. Le tube vert approvisionne le bassin en oxygène. Il a toujours été placé sur le grand compartiment depuis lequel le homard a débuté sa période d'acclimatation au début de chaque essai.

Chaque petit compartiment a été connecté à la base du grand compartiment par une ouverture rectangulaire. Cette entrée a été munie d'un filet pour être similaire aux dispositifs anti-retours des casiers commerciaux à crabes et à homards (Figure 23). Depuis le grand compartiment, les homards ont pu grimper le long du filet incliné jusqu'à basculer dans un des petits compartiments adjacents.



Figure 23 : À gauche : Vue des petits compartiments de contrôle et de test du dispositif expérimental à homard. À droite : Vue de l'entrée depuis le grand compartiment où le homard débute l'expérience.

Au début de chaque essai, un homard a subi une phase d'acclimatation de 30 à 60 minutes dans le grand compartiment. Les entrées ont été bloquées à l'aide d'éponges au préalable. Après cette période, une LED a été placée dans l'un des petits compartiments et les éponges retirées pour libérer l'accès. Après 4 à 5 heures, la position finale du homard a été notée. Dix essais par traitement lumineux (vert, blanc et proche UV) ont été effectués. Les emplacements du contrôle et du test ont été alternés entre chaque essai pour éviter une préférence de l'un des compartiments issus de facteurs externes (bruits, courants d'air).

2.1.6. Lumières LED

Les lumières qui ont été utilisées pour la plupart des expériences sont des PISCES (Safety Net Technologies). Ces lampes fournissent un éclairage suffisant avec une autonomie de plus de 100 heures, selon l'intensité. Elles sont paramétrables en six couleurs différentes (Annexe 1). Les couleurs utilisées lors des expériences étaient : vert (pic mesuré à ≈ 518 nm), blanc (425 à 675 nm, pic mesuré à ≈ 456 nm), bleu (pic mesuré à ≈ 447 nm) et rouge (pic à ≈ 634 nm). Pour les tests en proche UV, deux lampes PotLight de Fishtek Marine ont été utilisées (pic à ≈ 405 nm) (Figure 24 ; Annexe 2).



Figure 24 : Deux types de LED utilisées pour les expérimentations. À gauche : LED Pisces de Safety Net Technologies®. À droite : La PotLight de Fishtek Marine®.

2.2. Phase en mer

En parallèle de la phase en bassin, des casiers équipés de lumière ont été testés en mer dans les eaux françaises du détroit du Pas-de-Calais par cinq fileyeurs-caseyeurs volontaires en conditions de pêche commerciale.

2.2.1. Fileyeurs-caseyeurs volontaires

Cinq équipages de professionnels de la pêche au casier de Boulogne-sur-Mer et Calais opérant sur des navires de moins de 15 mètres ont été volontaires pour tester les casiers équipés de lumière (Tableau 2). L'intérêt d'avoir sollicité cinq équipages a été d'avoir la possibilité de couvrir différentes zones géographiques liées à leurs habitudes de pêche. Certains endroits du détroit du Pas-de-Calais ou conditions environnementales spécifiques (profondeur, substrat sableux ou rocheux) ont pu offrir de meilleures conditions de pêche au casier qu'il serait pertinent de mettre en évidence.

Tableau 2 : Présentation des fileyeurs-caseyeurs volontaires.

					
	ADELE-CAMILLE	L'OPHELEA	LOÏC 2	MASHA	MIRLOU
Date de construction	1980	1995	1993	2009	1987
UMS	7,66	28,78	3	3	12,47
KW	162	146	162	162	162
Longueur	11,66 mètres	14,73 mètres	11,95 mètres	11,95 mètres	11,97 mètres

2.2.2. Composition des filières

La taille des filières optimale pour la collecte des données a été définie en amont. L'intérêt était de trouver l'équilibre entre collecte des données et faisabilité pour les pêcheurs. Deux filières identiques ont été testées simultanément pour chaque type de casiers. Cela avait pour but d'homogénéiser les conditions environnementales qui ont pu varier selon le placement des filières. L'une des filières a pu par exemple être posée sur un substrat différent ou être soumise à un autre sens de courant.

Puisque le spectre de la lampe blanche comprend toutes les longueurs d'onde de 400 nm à 630 nm, ce large intervalle a été le plus pertinent pour obtenir une lumière visible par les espèces ciblées. La lumière verte a été testée dans les casiers ciblant les céphalopodes (encornet et seiche) car leur sensibilité maximale est comprise entre 470 et 500 nm, soit du bleu au vert (Hanlon & Messenger, 2018).

Pour les mêmes raisons que la phase en bassin, la lumière constante a été choisie dans la mesure où le clignotement complique les expérimentations. Le clignotement est un paramètre différent car les espèces pourraient être attirées ou repoussées par l'intermittence du signal lumineux (allumé / éteint) plutôt que de la lumière en elle-même.

Au sein de chaque filière, des casiers dits « contrôles » sans lumière ont été alternés avec des casiers « tests » équipés de lumière. Il en a résulté les configurations de filières suivantes (Figure 25) :

- 2 filières de 20 casiers mixtes alternés entre contrôle et lumière blanche.
- 2 filières de 10 casiers à bouquets alternés entre contrôle et lumière blanche.
- 2 filières de 9 casiers à encornets alternés entre contrôle, lumière blanche et lumière verte.
- 2 filières de 9 casiers à seiche alternés entre contrôle, lumière blanche et lumière verte.

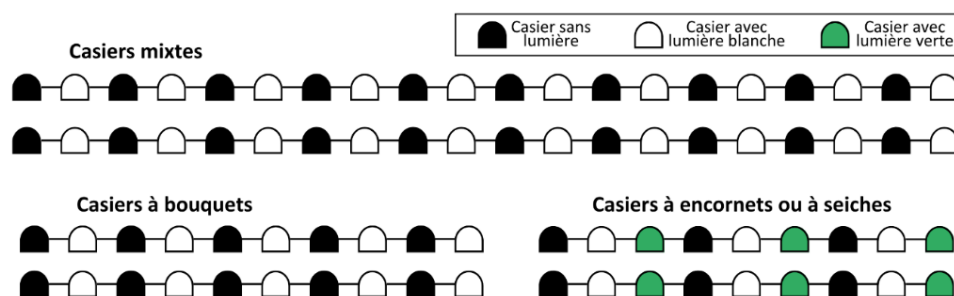


Figure 25 : Schéma des filières de tests constituées.

En plus de la lumière, des appâts classiques ont été utilisés. Il s'agissait dans le cas des casiers mixtes et des casiers à bouquets de morceaux de poissons blancs (tacaud, sébaste, merlan, lieu noir) disposés dans une poche prévue à cet effet à côté de la lampe. Pour les casiers à encornets et à seiches, l'appât était une bouteille de lait blanche sans étiquette. La forme de la bouteille est supposée imiter la forme des seiches pour attirer les mâles à la recherche de partenaire lors de la période de reproduction.

2.2.3. Protocole en mer

Le matériel a été distribué parmi les cinq pêcheurs volontaires pour qu'ils effectuent les tests selon leurs préférences (Tableau 3).

Tableau 3 : Répartition du matériel parmi les pêcheurs

Équipage	Casiers mixtes	Casiers à bouquets	Casiers à encornets	Casiers à seiche
ADELE-CAMILLE	2 x 20 casiers 20 lampes blanches	2 x 10 casiers 10 lampes blanches	2 x 9 casiers 3 lampes blanches 3 lampes vertes	2 x 9 casiers 3 lampes blanches 3 lampes vertes
LOÏC 2	2 x 20 casiers 20 lampes blanches	2 x 10 casiers 10 lampes blanches		(2 x 9 casiers) 3 lampes blanches 3 lampes vertes
L'OPHELEA		2 x 10 casiers 10 lampes blanches	2 x 9 casiers 3 lampes blanches 3 lampes vertes	
MASHA	2 x 20 casiers 20 lampes blanches	2 x 10 casiers 10 lampes blanches	2 x 9 casiers 3 lampes blanches 3 lampes vertes	
MIRLOU		2 x 10 casiers 10 lampes blanches		2 x 9 casiers 3 lampes blanches 3 lampes vertes

Les filières tests ont été posées en suivant la routine de pêche commerciale des pêcheurs. De ce fait, le temps d'immersion des casiers a été différent pour chaque marée. Dans un premier temps, les filières ont été mises à l'eau (filage). Les casiers à bouquets ont été posés près de la côte tandis que les autres types de casiers ont été posés au large. Quelques jours plus tard (1 à 18 jours), le navire est revenu sur la zone pour effectuer le virage, c'est-à-dire la remontée des casiers à bord. Les casiers d'une filière ont été remontés et vidés un à un. En même temps, un membre de l'équipage a compté, identifié les espèces par casier et rempli une feuille de résultats (Annexe 6).

Après un tri à bord, les individus de tailles inférieures à la réglementation (Tableau 4) et les espèces non ciblées par l'étude ont été remis à l'eau. Le reste a pu être commercialisé. Enfin, les navires ont transmis leur feuille de résultats au FROM Nord ainsi que leurs observations de terrain concernant la marée (Figure 26).

Tableau 4 : Tailles commercialisables selon les espèces ciblées. Les seiches et les encornets ne font pas l'objet d'une taille minimale de capture.

Espèces Cibles	Calibre commercial en zone VIId
<i>Pecten maximus</i> (coquille Saint-Jacques)	≥ 11 cm
<i>Palaemon serratus</i> (bouquet)	≥ 5 cm
<i>Cancer pagurus</i> (tourteau commun)	≥ 14 cm
<i>Homarus gammarus</i> (homard européen)	≥ 9 cm
<i>Necora puber</i> (étrille)	≥ 6,5 cm

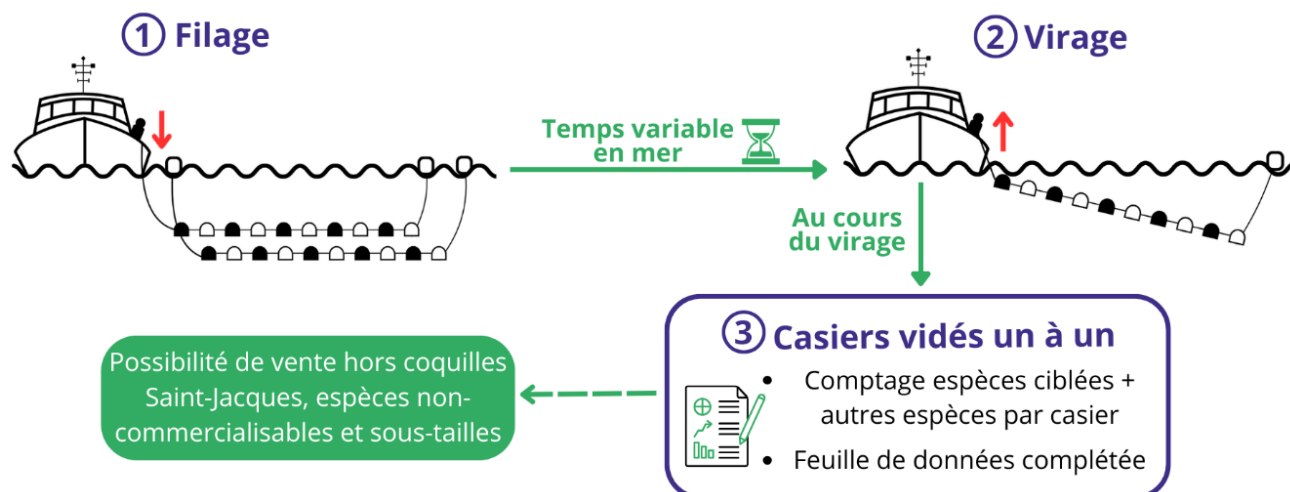


Figure 26 : Protocole de collecte des données en mer.

2.2.4. Lumières LED : ScallopLight

La « ScallopLight » est un produit développé par l'entreprise Fishtek marine. Cette lampe LED est conçue pour être suspendue à l'intérieur d'un casier (Figure 27). La lumière est orientée vers le bas et éclaire l'intérieur du casier avec un angle de 360°. Ce dispositif s'allume lorsqu'il est plongé dans l'eau. La lampe a une autonomie d'environ 1500 heures, soit deux mois (Annexe 3). La ScallopLight est disponible en différentes intensités, couleurs et options lumineuses. Pour cette étude, des lampes de 4 lumens blanches et vertes en lumière constante ont été choisies. Le lumen indique la puissance lumineuse, la valeur choisie correspondait à celle utilisée dans l'étude d'Enever *et al.* (2022).



Figure 27 : ScallopLight® suspendue à l'intérieur d'un casier.

2.2.5. Types de casiers de pêche

Des casiers mixtes (à crustacés et coquilles Saint-Jacques), à bouquets et à encornets ont été fabriqués sur mesure pour cette étude (Tableau 5). Les casiers à seiches utilisés appartenaient aux fileyeurs-caseyeurs volontaires.

Tableau 5 : Informations sur les dimensions et espèces ciblées par les types de casiers utilisés dans les tests en mer.

Type de casier	Mixte à crustacés et coquilles Saint-Jacques	Bouquet	Seiche	Encornet
Espèces cibles	Tourteau, homard européen, étrille commune, coquille Saint-Jacques	Bouquet	Seiche	Encornet
Dimensions	92 x 48 x 40 cm	56 x 42 x 26 cm	93 x 43 x 63 cm	70 x 43 x 63 cm
Caractéristiques	- Casier à parloir - 2 entrées latérales avec ScallopEyes	- Fond plat - 2 entrées latérales coniques	- 2 goulottes latérales - Maillage de 5 cm	2 goulottes latérales - Maillage de 2 cm
Traitement lumineux	Blanc	Blanc	Blanc et Vert	Blanc et Vert

2.2.5.1. Casiers mixtes à crustacés et coquilles Saint-Jacques

Pour concevoir ce casier adapté à la capture des coquilles Saint-Jacques et des crustacés, le FROM Nord s'est basé sur la technique de pêche au casier « Scallop potting » utilisée dans Enever *et al.* (2022) et développée par l'entreprise Fishtek Marine. Cette méthode consiste à associer la ScallopLight et le ScallopEye dans un casier adapté à la pêche aux crustacés (Figure 28).

Le ScallopEye est une armature en plastique qui remplace les entrées des casiers à crustacés classiques (Annexe 4). Cette armature est inclinée dans le sens de nage des coquilles Saint-Jacques, ce qui facilite leur entrée en créant des rampes (Figure 29 A). Le ScallopEye est également muni d'un dispositif de retenue composé de dents en fer. Les dents s'ouvrent uniquement dans le sens d'entrée dans le casier (Figure 29 B). Cette entrée permet aux crabes et aux coquilles Saint-Jacques d'entrer dans le casier et les empêche de s'échapper.

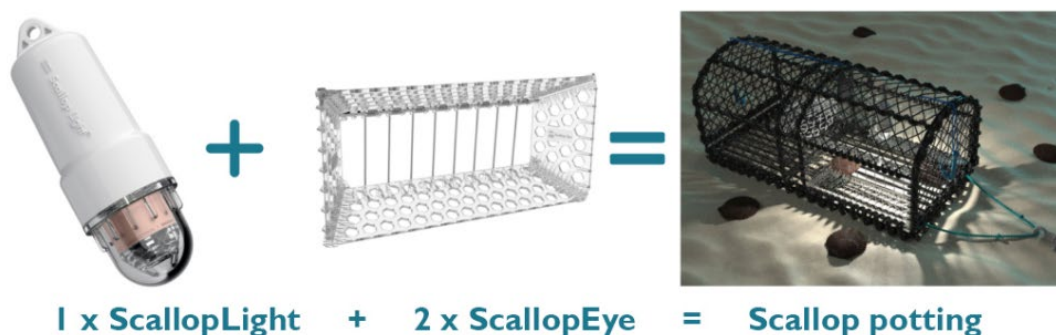


Figure 28 : Technique de pêche au casier Scallop potting.

Source : <https://www.fishtekmarine.com/scalloppotting/>

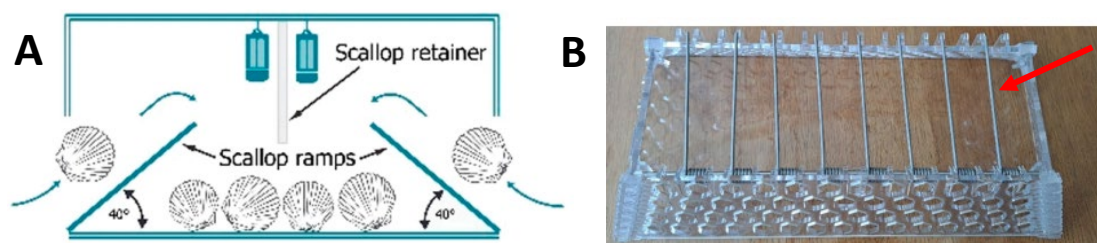


Figure 29 : A. Schéma du fonctionnement des ScallopEyes par Enever *et al.* 2022 ; B. Dents empêchant l'échappement des espèces sur le ScallopEyes.

Ce casier mixte est aussi muni d'un parloir, c'est-à-dire un dispositif anti-retour consistant en une chambre secondaire qui empêche les crustacés capturés de rejoindre la chambre principale. Depuis la chambre principale, les crustacés grimpent le long d'un filet élastique qui s'ouvre sous leur poids et les fait basculer dans la chambre secondaire (Figure 30). Une trappe d'échappement a été ajoutée pour

respecter la réglementation française de pêche au casier. L'utilisation d'un casier piège est autorisée s'il présente au moins une trappe d'échappement fixée dans la partie inférieure de la chambre, sur l'un des côtés ou sur le fond du casier (CRPMEM, 39/2020, art. 2).



Figure 30 : Parloir.

2.2.5.2. Casiers à bouquet

Jusqu'à maintenant, les pêcheurs de Boulogne-sur-Mer ont ciblé le bouquet avec des casiers de forme hexagonale de petite taille, connus pour être performants en Bretagne et en Normandie (Figure 31 A). Ce type de pêche se pratique proche de la côte sur un fond rocheux. Les casiers hexagonaux roulent dans le sens du courant et accèdent ainsi aux cavités où se situent les bouquets. La pêche avec ces casiers semble plus difficile sur la Côte d'Opale. Les pêcheurs supposent que le courant plus rapide dans la zone fait rouler le casier sur le fond. Cela pourrait entraîner un taux de capture plus faible ou un taux d'évasion plus élevé des bouquets capturés. Lors de l'utilisation de ce modèle de casier, des algues ont également fréquemment obstrué les entrées.

Pour cette étude, des casiers à bouquets ont été fabriqués à partir d'un prototype fonctionnel en Bretagne anciennement vendu par « Le Drezen » (Figure 31 B et C ; Annexe 5). L'intérêt de ce casier est son fond plat et son lestage plus important qui lui permettent de rester plus stable sur le fond lorsqu'il est placé dans le sens du courant.



Figure 31 : A. Casier à bouquet rond ; B. Prototype de casier « Le Drezen » ; C. Casier utilisé pour les expériences en mer.

Source image A : <http://www.alprechfilets.com/casiers-a-crustaces/50-casier-a-crevettes.html>

2.2.5.3. Casiers à seiche

Les casiers à seiche performants appartenant aux pêcheurs ont été utilisés. Ces types de casiers ont des formes rectangulaires ou rondes (Figure 32). Le filet tressé en polyéthylène supporté par l'armature mesure quatre centimètres et sert à retenir les seiches. Ces casiers présentent au total deux goulottes circulaires placées sur des faces opposées. L'une des faces sans goulotte du casier est positionnée sur le fond marin. Sur uniquement une face du casier, le filet peut être ouvert pour récupérer les seiches capturées.



Figure 32 : Trois exemples de modèles de casiers à seiche utilisés par les pêcheurs

2.2.5.4. Casiers à encornet

Pour initier la pêche à l'encornet au casier, un prototype a été conçu à partir d'un modèle de casier à seiches rectangulaire. Le maillage a été rendu plus petit grâce à l'utilisation d'un grillage en fer galvanisé de deux centimètres à la place du filet tressé en polyéthylène de quatre centimètres (Figure 33). Ces nouvelles dimensions ont permis de correspondre à la taille des encornets présents dans le détroit du Pas-de-Calais. Les goulottes circulaires des casiers à seiches ont été gardées comme entrée et le principe de positionnement du casier est le même. Sur l'une des faces sans goulotte, une section de filet extensible (carré mesurant 1/8 de la face) a été ajoutée pour pouvoir récupérer les captures.



Figure 33 : Casier à encornet utilisé pour les expériences en mer.

2.2.6. Matériel supplémentaire

L'ajout d'une sonde paramétrique Nke WiSens TBD (Figure 34 gauche) a eu pour but de suivre l'évolution des paramètres liés au milieu marin entre les marées. La variation de la turbidité a été le paramètre le plus pertinent à prendre en considération comme facteur de variation des résultats en mer (Yochum *et al.*, 2024). En effet, la lumière se disperse moins dans une eau turbide chargée de matière en suspension car les composants absorbent les rayons lumineux. À certaines périodes de l'année, une eau particulièrement trouble a pu altérer la capacité des espèces à détecter la lumière.

La sonde paramétrique a d'abord été positionnée dans les casiers mixtes de l'ADELE-CAMILLE du 25 novembre 2024 au 6 mars 2025 et dans les casiers mixtes du LOÏC 2 du 17 janvier 2025 au 4 avril 2025. Sur ces 2 périodes l'enregistrement des données n'a pas fonctionné. Après avoir corrigé le paramétrage, la sonde paramétrique a été déployée avec succès sur un casier à seiches de l'ADELE-CAMILLE et a été programmée pour effectuer des mesures de température, de pression et de turbidité chaque minute. Idéalement, la sonde aurait dû être utilisée sur davantage de sorties afin de pouvoir corrélérer les résultats de capture à la turbidité. Une GoPro 12 a permis de filmer à deux reprises la phase sous-marine des expérimentations en mer, d'abord dans un casier mixte puis dans un casier à seiche. La GoPro a été associée à une batterie externe permettant d'étendre l'autonomie à douze heures. Cette caméra et la batterie externe ont été placées dans un caisson adapté, étanche et résistant à la pression (Figure 34).

Pour un enregistrement, la caméra a été placée dans le fond d'un casier et orientée vers le centre au milieu des entrées.

Des vidéos du comportement d'une espèce attirée par la lumière peuvent servir à comprendre le moteur de la phototaxie. Par exemple, une espèce pourrait être filmée en train de se nourrir d'autres organismes plus petits eux-mêmes attirés par la lumière. La phototaxie positive pourrait être dans ce cas motivée par la recherche de nourriture. C'est le cas du cabillaud capturé dans des casiers appâtés avec de la lumière artificielle en mer Baltique, qui n'est pas directement attiré par la lumière, mais par le krill qui nage autour de lui (Anders *et al.*, 2017).



Figure 34 : À gauche : Sonde paramétrique Nke WiSens TBD. À droite : Caméra et caissons utilisés.

Source : <https://nke-instrumentation.fr/produit/wisens-tbd/>

2.2.7. Zone de pêche et collecte des données

Du 21 novembre 2024 au 24 novembre 2025, les cinq équipages de fileyeurs-caseyeurs ont réalisé volontairement les expérimentations dans la zone maritime VIId du détroit du Pas-de-Calais (Figure 35). Les zones de pêche ont varié selon les casiers testés et les zones préférentielles de pêche des volontaires. Ainsi, les casiers mixtes ont été testés au large de Boulogne-sur-Mer à des profondeurs comprises entre 50 et 55 mètres, tandis que les casiers à bouquets et à seiche ont été testés à proximité des côtes de Boulogne-sur-Mer et de Calais à des profondeurs de 5 à 25 mètres (Tableau 6).

Les quatre types de casiers testés ont produit quatre jeux de données auxquels la même démarche statistique a été appliquée lorsque cela était possible. L'objectif a été d'estimer l'efficacité et la sélectivité d'un type de casier équipé de lumière.

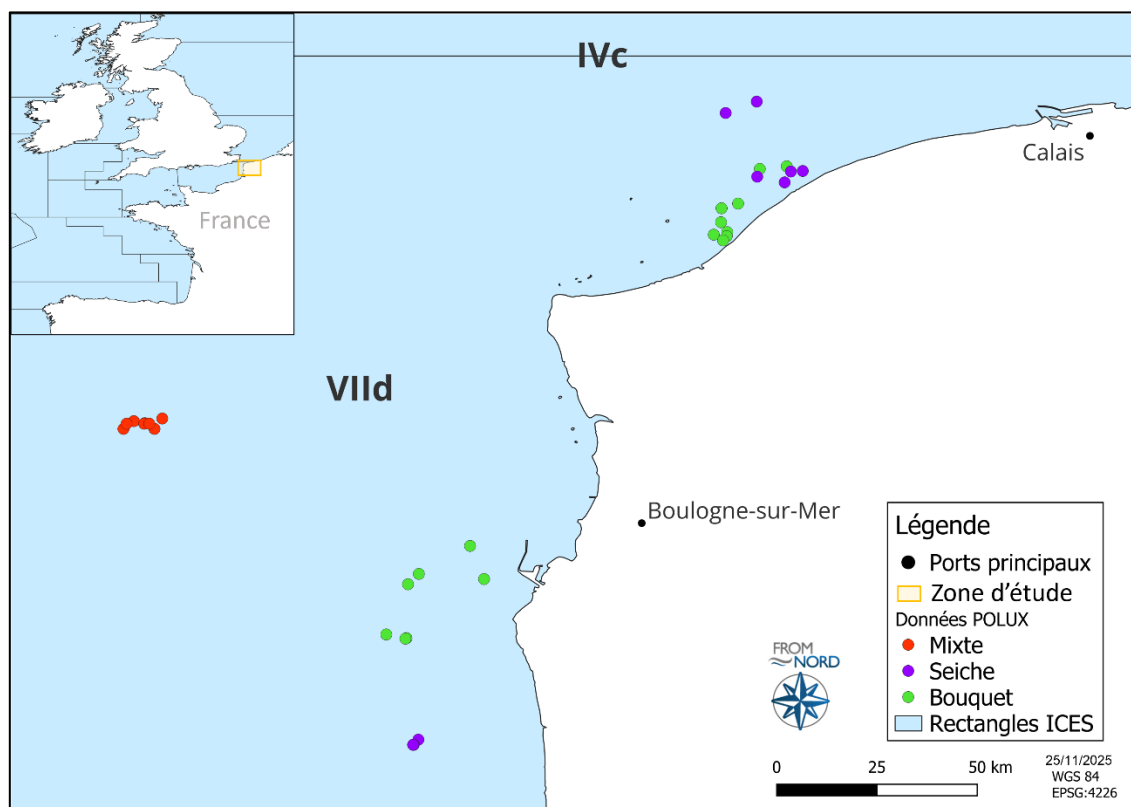


Figure 35 : Carte des échantillonnages réalisés avec en jaune les zones de pêche du bouquet, en vert de l'encornet, en rouge des casiers mixtes et en violet de seiche.

Tableau 6 : Synthèse des sorties effectuées.

Type de casier	Nombre de sorties	Nombre de casiers déployés	Période	Profondeur	Jours moyens d'immersion	Traitements testés
Mixtes	8	301	Du 21/11/2024 au 02/02/2025	50 à 55 m	11	Contrôle (=N) Lumière Blanche (=LB)
Seiches	12	332	Du 20/05/ 2024 au 24/05/2024 Du 18/04/2025 au 18/05/2025	10 à 25 m	4	N LB Lumière Verte (=LV)
Bouquets	16	320	Du 27/11/2024 au 01/03/2025	5 à 25 m	6	N LB
Encornets	2	36	03/12/2024 au 13/12/2024	Non communiquée par les équipages	3	N LB LV

2.3. Analyses des données

2.3.1. Tests en bassins

Pour analyser les expériences des bouquets, un modèle mixte linéaire généralisé (GLMM) a été appliqué avec une distribution de Poisson, un « offset » et un effet aléatoire. Dans le but de vérifier l'effet du traitement, un « offset » a permis de prendre en compte les bouquets restés dans le compartiment central. L'effet des différences de conditions entre essais a été ignoré en le rendant aléatoire. D'abord, l'effet des différents compartiments sur le taux de capture des bouquets a été testé. Le modèle a été le suivant :

Famille : poisson

Formule : Bouquets capturés ~ Compartiment + offset (log (Bouquets initiaux - Bouquets restant) + (1 | essai))

Un modèle similaire pour regarder l'effet de la lumière sur la capture des bouquets a été appliqué. Le facteur « compartiment » a été remplacé par la couleur de la lumière, dans lequel était inclus le contrôle (sans lumière).

Famille : poisson

Formule : Bouquets capturés ~ Couleur de lumière + offset (log (Bouquets initiaux - Bouquets restant) + (1 | essai))

Pour les expériences sur le tourteau et le homard européen, un modèle multinomial a été utilisé. Ce modèle statistique peut être utilisé lorsqu'une variable de résultat a plus de deux catégories distinctes. Il peut alors modéliser la probabilité de chaque catégorie. Dans ce cas, la localisation des individus à la fin de l'essai a été définie en cinq catégories : milieu, compartiment contrôle, compartiment test, casier contrôle ou test (situés dans les compartiments correspondants). Une seule variable correspondant à la localisation a été utilisée dans le modèle suivant :

Formule : Localisation finale crabe / homard ~ 1

2.3.2. Tests en mer

Puisque les données de capture n'étaient pas distribuées normalement, un modèle mixte linéaire généralisé (GLMM) a été utilisé. L'intérêt de ce modèle est de prendre en compte une source de variabilité non testée. Les données ont été des comptages par casiers issus de différentes sorties à des dates et des conditions environnementales variables. Le GLMM a permis de définir les sorties comme un facteur aléatoire pour réduire l'influence spatio-temporelle (saison, zone).

Les espèces capturées ont été classées dans trois catégories : ciblées, sous-taille et non ciblées. La catégorie « espèces ciblées » comprend les tourteaux, les étrilles, les homards et les coquilles Saint-Jacques. Les espèces en dessous de la taille commercialisable ont été regroupées dans une autre catégorie « espèces sous-taille ». Le reste des espèces identifiées a été placé dans la catégorie « espèces non ciblées ». Ces groupes ont permis d'analyser le potentiel sélectif du casier avec lumière.

Pour évaluer l'occurrence de capture, la présence (>1) ou l'absence (0) de capture dans chaque casier a été indiquée. Ces valeurs ont été comparées entre traitements à l'aide d'un GLMM suivant une loi binomiale.

Famille = binomiale

Formule : Total pêché ~ Traitement + (1 | Marée)

Pour la représentation graphique, la proportion de casiers ayant effectué une capture a été calculée par traitement.

$$\text{Occurrence de capture (\%)} = \frac{N_{\text{casiers avec captures}}}{N_{\text{total de casiers}}}$$

Ensuite, la quantité de captures par casier a été comparée entre les traitements avec un GLMM suivant une loi non binomiale.

Famille = Non binomiale

Formule : Total par casier ~ Traitement + (1 | Marée)

Un aperçu des espèces pêchées lors des expérimentations a été représenté. Pour cela, les proportions par espèces ont été calculées par traitement.

$$\text{Composition captures (\%)} = \frac{N_{\text{espèce } x \text{ capturée d'un traitement}}}{N_{\text{total de captures du traitement}}}$$

En complément, un test de corrélation de Spearman a permis de vérifier s'il existait une relation entre les captures de deux espèces. La capture d'une espèce a pu empêcher ou faciliter la capture d'une autre.

Méthode : Spearman

Formule : Nombre Araignée de mer, Nombre Tourteau

3. Résultats

3.1. Tests en bassins

3.1.1. Expériences sur le bouquet

L'effet des différents compartiments du dispositif expérimental sur l'attraction des bouquets a été vérifié. Quatre essais ont été effectués avec environ 20 bouquets. Il n'y avait pas d'effet significatif des différents compartiments ($p > 0.05$). Chaque compartiment avait une chance similaire que les bouquets y entrent (Figure 36).

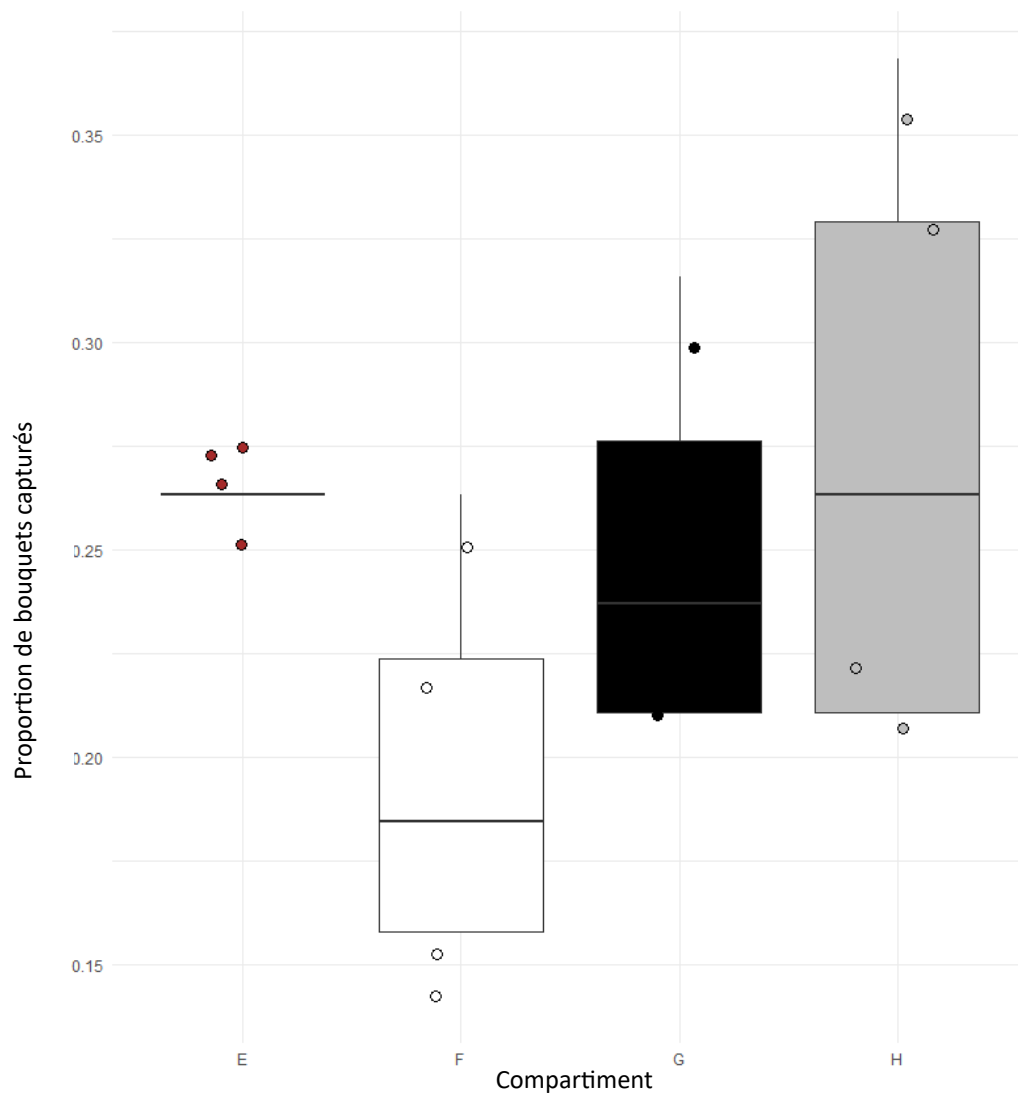


Figure 36 : Résultats de la comparaison entre les compartiments du dispositif expérimental. Le GLMM n'a pas montré d'effet significatif sur l'attraction des bouquets ($p > 0.05$).

Pour la première expérience avec les lumières blanche, bleue et verte, 12 essais ont été effectués. Aucune lumière de couleur n'a attiré les bouquets, quelle que soit l'intensité ou le clignotement. Le compartiment contrôle a capturé en moyenne 60 % des bouquets, soit significativement plus que les compartiments avec lumière (blanc, bleu et vert ; $p < 0.05$) qui en ont capturé environ 10 % chacun. Environ 10% des bouquets sont restés au centre (Figure 37). La lumière a eu un effet répulsif sur les bouquets. Ils ont cherché à s'éloigner de la lumière pour se réfugier dans le compartiment contrôle, le seul endroit du dispositif dépourvu d'éclairage. En effet, le compartiment central s'est retrouvé légèrement éclairé par les entrées des compartiments tests.

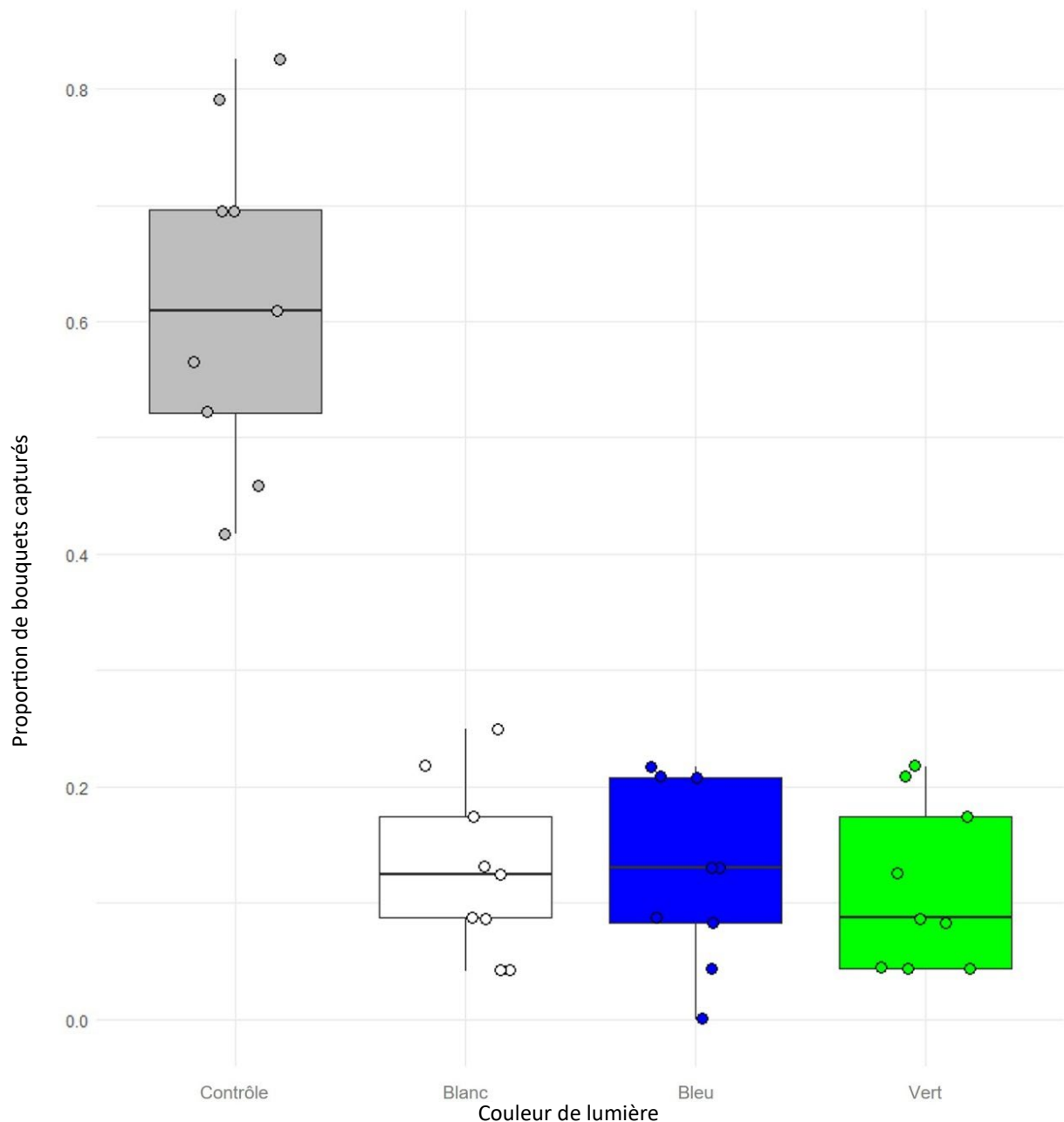


Figure 37 : Résultats du test lumineux sur les bouquets. Environ 10 % se sont orientés pour chaque couleur. Le groupe contrôle, en revanche, a compté plus de 60 % des bouquets. Le GLMM a montré une différence significative entre le contrôle et les compartiments avec lumière ($p < 0.05$).

Puisqu'aucun des pics de lumière mentionnés précédemment n'a attiré les bouquets, l'effet de la lumière rouge a été testé. Quatre essais ont été menés, chacun avec 25 bouquets, utilisant deux compartiments contrôle et deux compartiments avec des lumières rouges. Seulement 15 % des bouquets se sont déplacés dans les compartiments avec lumière rouge alors que plus du double sont allés dans les compartiments contrôles (Figure 38).

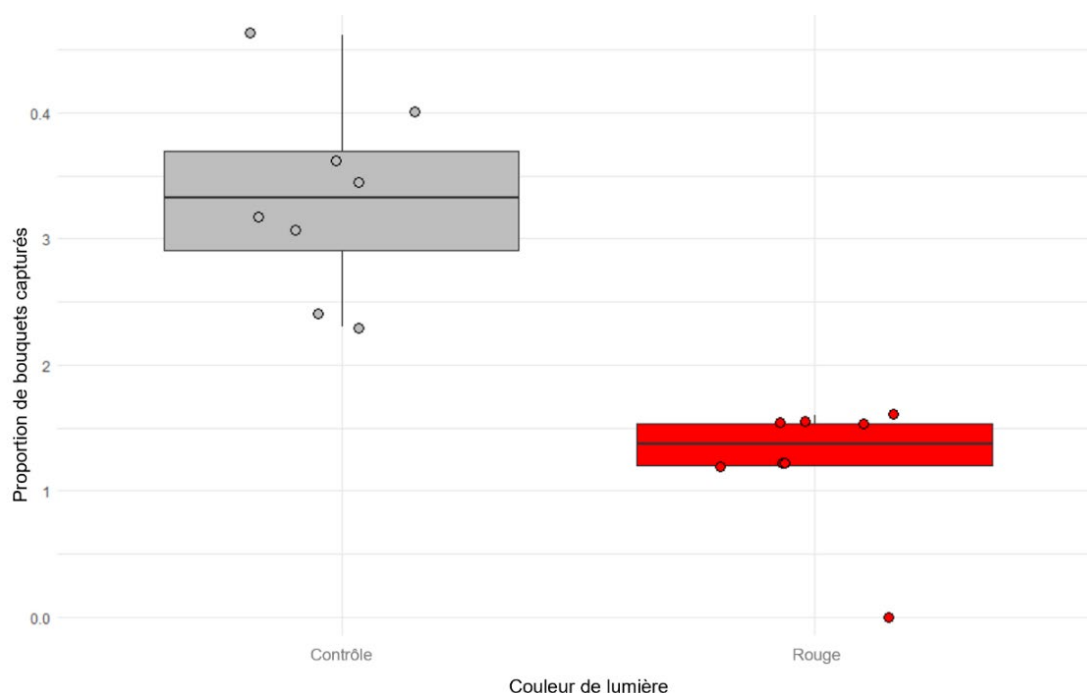


Figure 38 : Résultats du test avec la lumière rouge. 15 % des individus ont nagé jusqu'aux compartiments éclairés par la lumière rouge, contre environ 35 % vers les compartiments contrôles. Le GLMM a montré une différence significative entre la lumière rouge et les contrôles ($p < 0.05$).

En dépit des aversions du bouquet aux différentes couleurs de lumière montrées précédemment, l'effet de lumières proches UV sur les bouquets a été testé. De nombreuses espèces ont une affinité avec la partie UV du spectre, car celle-ci se propage plus profondément dans la colonne d'eau. Pour ces expériences, entre 20 et 25 bouquets ont été utilisés par essai, composé de deux compartiments contrôles et deux compartiments avec lumières proche UV. Au total, 13 essais ont été menés (Figure 39). En moyenne, la lumière proche UV a attiré environ 35 % des bouquets, soit deux fois plus que dans les compartiments contrôles. Cette différence était significative ($p < 0.05$), ce qui indique que la lumière proche UV a un effet d'attraction sur les bouquets.

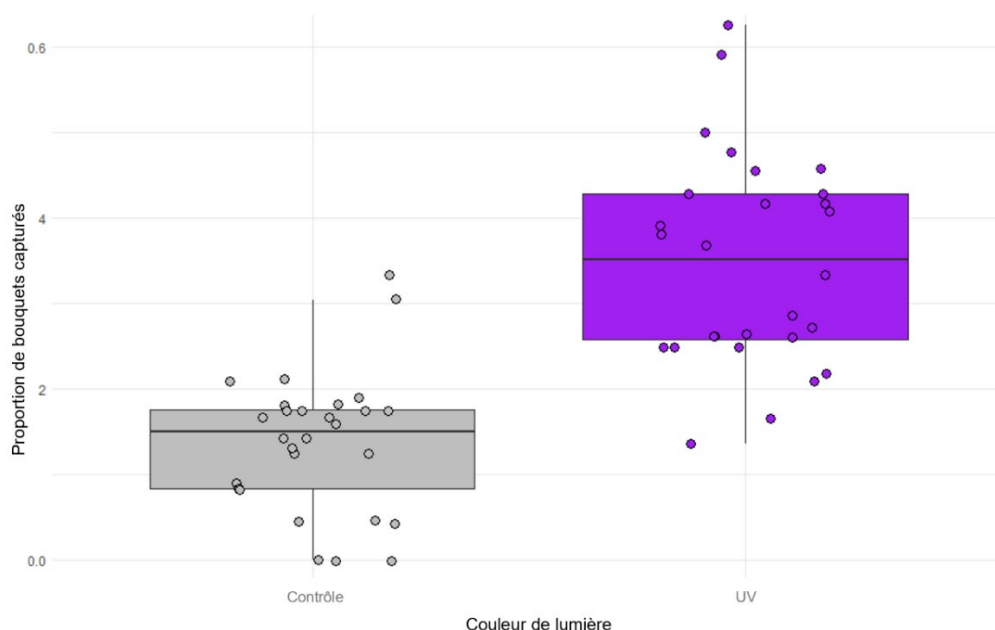


Figure 39 : Résultats du test d'attraction des bouquets par la lumière proche UV. Il y avait environ deux fois plus de bouquets dans le compartiment exposé à la lumière proche UV que dans les compartiments contrôles. Cela indique une forte attraction des bouquets à la lumière proche UV. Le GLMM a montré une différence significative entre le proche UV et les contrôles ($p < 0.05$).

3.1.2. Expériences sur le tourteau

Concernant les expériences pour vérifier l'attraction du tourteau à la lumière blanche, 80 essais ont été menés. Presque autant de crabes se sont déplacés dans le compartiment contrôle et éclairé (26 et 28 %). Dans des cas exceptionnels, le crabe est resté au centre du dispositif (7 %). Cependant, une différence significative de captures entre les casiers a été observée ($p < 0.05$). Il a été trois fois plus probable qu'un crabe pénètre dans un casier avec lumière (29 %) plutôt qu'un casier contrôle (10 % ; Figure 40).

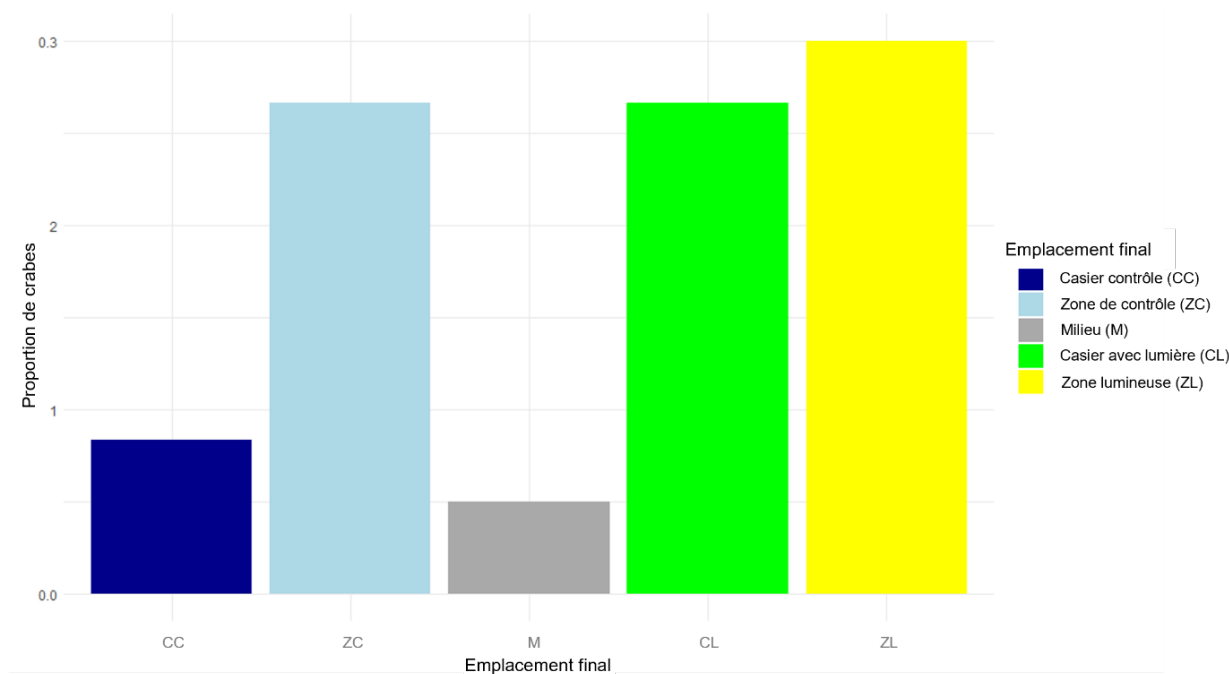


Figure 40 : Résultats des tests pour le tourteau et la lumière. Le modèle multinomial n'a pas montré de différence significative entre la zone contrôle et la zone avec lumière ($p > 0.05$). Le casier éclairé a capturé significativement ($p < 0.05$) plus de tourteaux que le casier contrôle sans lumière.

3.1.3. Expériences sur le homard européen

Parmi tous les traitements, 60 à 80 % des homards ont été retrouvés dans le compartiment contrôle, ce qui a indiqué des mouvements limités vers la source de lumière (Figure 41). Le modèle n'a pas montré d'effet significatif de la lumière sur les homards ($p > 0.05$). Les homards exposés au blanc et au proche UV sont allés dans le compartiment éclairé dans 20 % des cas, contre 0% avec la lumière verte. La proportion de homards restés sur l'emplacement de départ a été constamment égale à 10%.

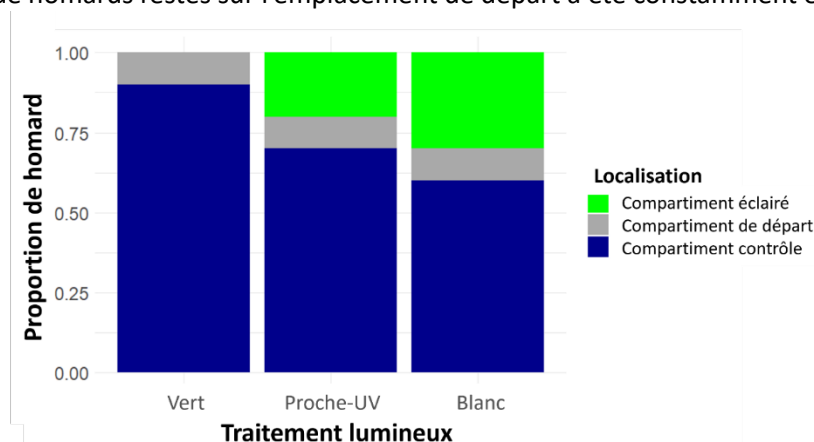


Figure 41 : Proportion de homards dans chaque compartiment après exposition à la lumière verte, proche UV ou blanche dans un bassin à trois compartiments. Le modèle multinomial n'a pas montré un effet significatif de la lumière sur le comportement du homard ($p > 0.05$).

Pendant certains essais, le comportement des homards dans le compartiment éclairé a été filmé. À de multiples occasions, le homard a commencé à entrer puis a reculé avant d'entrer complètement dans le compartiment (Figure 42).

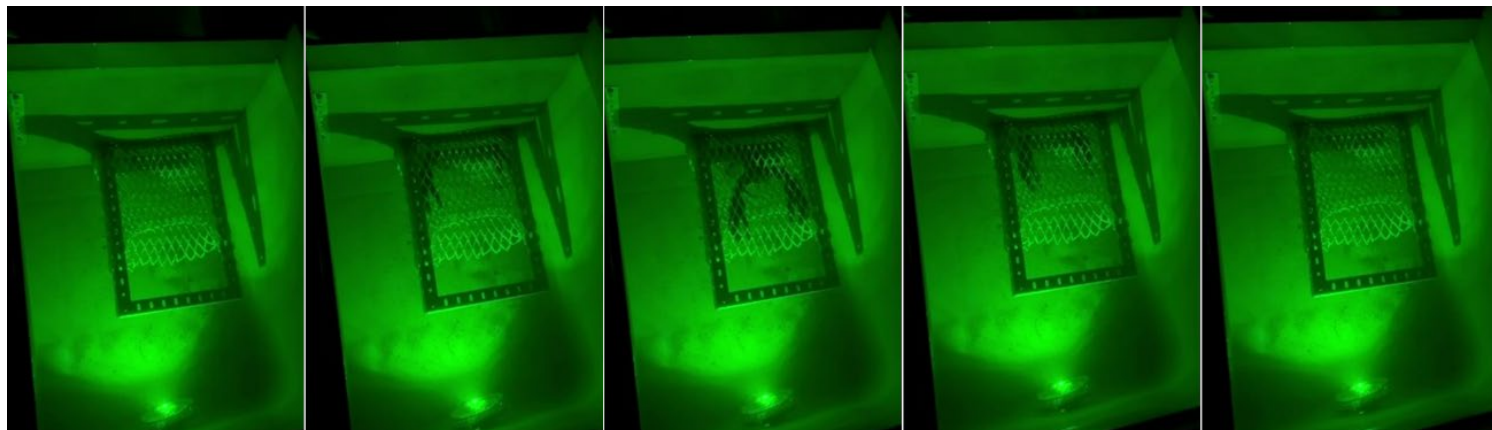


Figure 42 : Séquence d'images vidéo montrant l'entrée puis le retrait successif du homard devant la lumière verte.

3.2. Tests en mer

3.2.1. Casiers mixtes à crustacés et coquilles Saint-Jacques

Deux filières de 20 casiers mixtes ont été testées huit fois en mer du 21 novembre 2024 au 6 mars 2025. Les filières ont alterné contrôle (N) et casier avec lumière blanche (LB). Au total, 165 casiers contrôles et 136 casiers avec lumière blanche ont été testés. Moins de casiers tests ont été analysés car les piles des lampes ont dû être remplacées au cours des expérimentations.

Il y a eu significativement plus de captures dans les casiers équipés de lumière ($p < 0.05$). Avec lumière, 80 % des casiers ont effectué une capture, comparée à 69 % sans lumière (Figure 43).

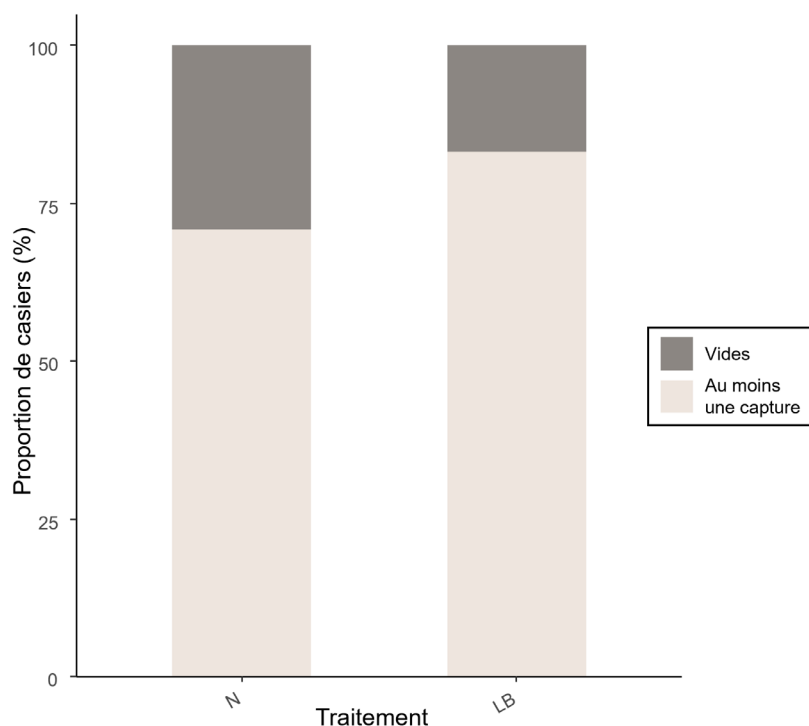


Figure 43 : Occurrence de captures dans les casiers mixtes par traitement. Le GLMM a montré une différence significative ($p < 0.05$) entre les casiers contrôles et les casiers avec lumière blanche de la proportion d'avoir au moins une capture.

De plus, les casiers équipés de lumière blanche ont pêché des quantités significativement plus importantes ($p<0.05$) et en moyenne 1 individu de plus comparé aux casiers sans lumière (Figure 44).

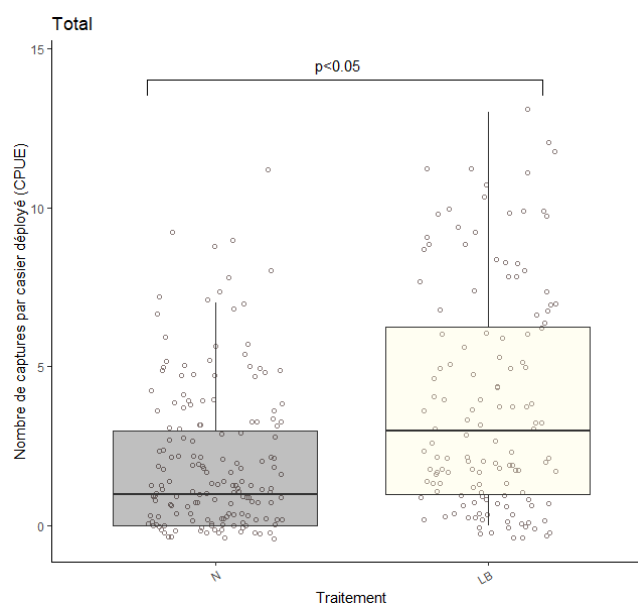


Figure 44 : Quantités des casiers mixte par traitement. Le GLMM a montré une différence significative ($p<0.05$) de quantité de captures entre les casiers contrôles et les casiers avec lumière blanche.

Des quantités significativement plus importantes d'espèces non ciblées sont survenues dans les casiers équipés de lumière blanche, avec en moyenne près de deux captures en plus ($p<0.05$). En ce qui concerne les espèces ciblées et sous-tailles, la quantité par casier n'a pas montré de changement significatif entre les deux traitements (Figure 45).

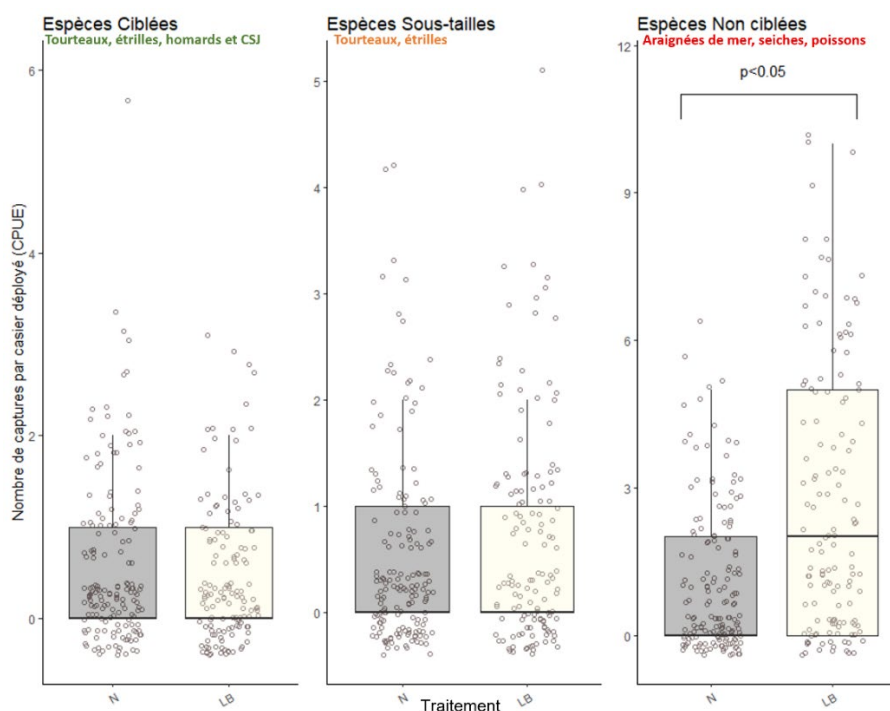


Figure 45 : Quantités par casier mixte regroupées par catégories d'espèces. Le GLMM a montré une différence significative ($p<0.05$) du nombre de captures entre le casier contrôle et la lumière blanche pour la catégorie « espèces non ciblées ».

Enfin, les analyses ont été affinées par espèces capturées en majorité. Le nombre de tourteaux adultes et sous-taille par casier est resté similaire avec et sans lumière blanche. À l'inverse, le nombre d'araignées de mer par casier a augmenté de manière significative dans les casiers équipés de lumière blanche, avec en moyenne deux araignées de mer en plus (Figure 46 ; Tableau 7).

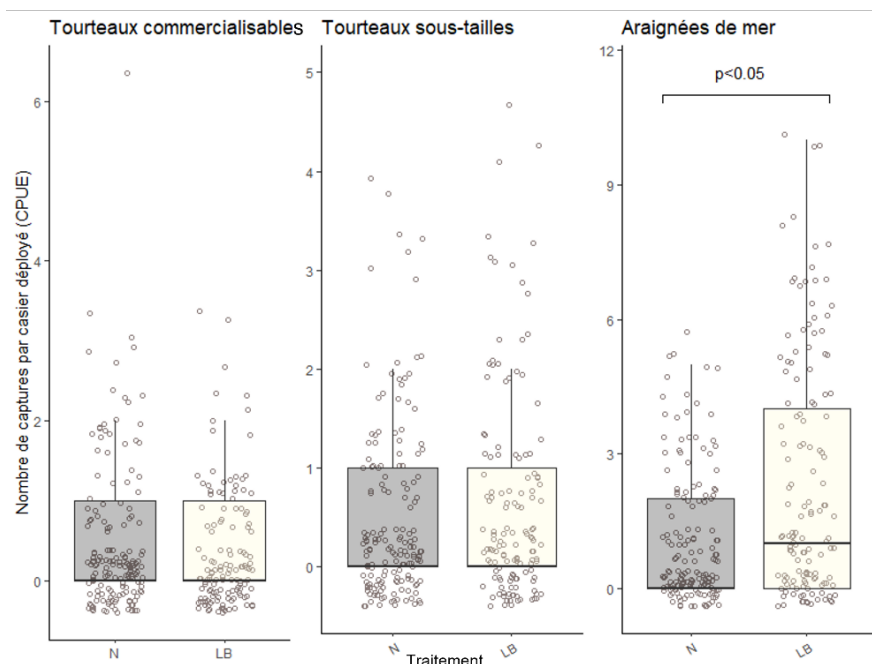


Figure 46 : Quantités d'espèces majoritairement capturées par casier mixte. Le GLMM (Non Binomiale) montre une différence significative du nombre d'araignées de mer entre les casiers contrôles et les casiers avec lumière blanche ($p < 0.05$).

Tableau 7 : Synthèse des captures des casiers mixtes. « Max » indique le nombre maximum pêché dans un casier pour une espèce donnée.

Traitement	Sans lumière			Lumière blanche	
Nombre de casiers déployés	165			135	
	Moyenne par casier et écart-type		Max	Moyenne par casier et écart-type	Max
Espèces Ciblées	0,56 ± 0,92	6		0,49 ± 0,75	3
Tourteau	0,5 ± 0,92	6		0,4 ± 0,68	3
Étrille	0	0		0,01 ± 0,12	1
Homard	0,05 ± 0,23	1		0,02 ± 0,15	1
CSJ	0	0		0,06 ± 0,27	2
Espèces Sous-tailles	0,52 ± 0,87	4		0,74 ± 1,03	5
Tourteau	0,52 ± 0,87	4		0,68 ± 1,02	5
Étrille	0	0		0,01 ± 0,09	1
CSJ	0,01 ± 0,08	1		0,06 ± 0,27	2
Espèces non ciblées	1,08 ± 1,46	6		2,66 ± 2,72	10
Araignée de mer	1,01 ± 1,42	6		2,44 ± 2,69	10
Seiche	0,02 ± 0,15	1		0,07 ± 0,28	2
Tacaud	0,02 ± 0,13	1		0,07 ± 0,28	2
Roussette	0,01 ± 0,11	1		0,01 ± 0,09	1
Congre	0,01 ± 0,11	1		0	0
Grondin perlon	0,01 ± 0,08	1		0	0
Bar	0	0		0,02 ± 0,19	2
Lamproie	0	0		0,01 ± 0,09	1
Vieille	0	0		0,01 ± 0,09	1
Plie	0	0		0,02 ± 0,15	1
Sole	0	0		0,02 ± 0,15	1
Total	2,16 ± 2,36	11		3,9 ± 3,52	13

Les casiers mixtes ont capturé majoritairement des tourteaux et des araignées de mer quel que soit le traitement. La part cumulée de ces deux espèces occupait 94 % du total des casiers contrôles et 90 % avec lumière. La proportion d'araignées de mer capturées était plus importante avec l'utilisation de

lumière blanche par rapport au contrôle, avec 17 % en plus. Le résultat inverse a été observé pour les tourteaux adultes avec une diminution de 14 %.

Les casiers contrôles montrent une proportion similaire de tourteaux sous-taille et adultes avec 24 % chacun. Les casiers équipés de lumières blanches ont capturé une part plus importante de juvéniles, 17 % contre 10 % d'adultes.

Le reste des captures comprend un pourcentage moins représenté d'autres crustacés (étrilles, homards), des coquilles Saint-Jacques, des seiches et des poissons. À noter que la proportion de coquilles Saint-Jacques pêchées a été plus importante dans les casiers équipés de lumière avec 2 %. De même pour les poissons qui étaient principalement des tacauds *Trisopterus luscus* (Figure 47).

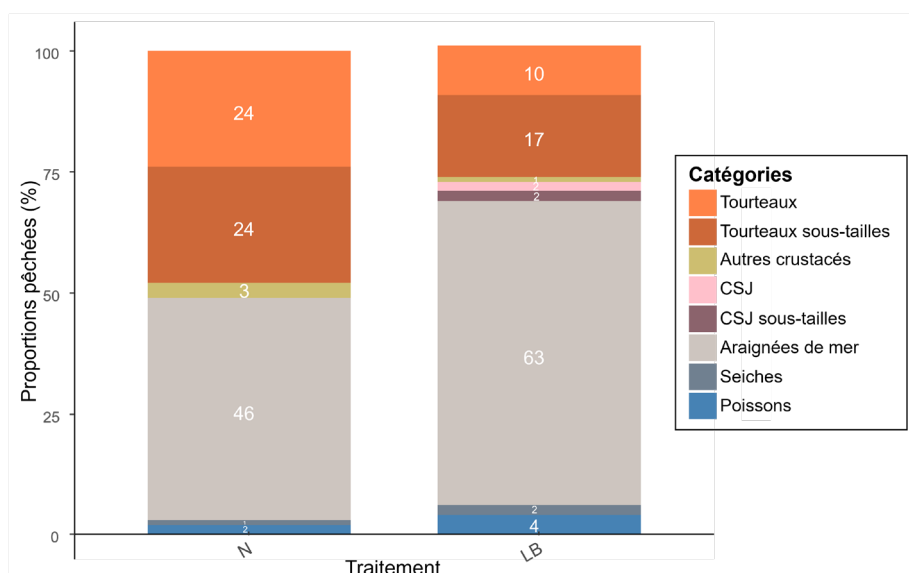


Figure 47 : Pourcentage d'espèces pêchées par les casiers mixtes en mer; la catégorie « autres crustacés » comprend des étrilles et des homards.

Une corrélation entre le nombre d'araignées de mer et de tourteaux dans les casiers a été recherchée. Avec un coefficient de corrélation de 0.24, le test de Spearman a montré une relation significativement positive ($p < 0.05$), ce qui indique que plus de tourteaux ont été capturés avec un nombre plus important d'araignées de mer dans les casiers. En moyenne, lorsqu'il y avait deux araignées de mer, il avait un tourteau. Lorsqu'il y avait quatre araignées de mer, il y avait quatre tourteaux (Figure 48).

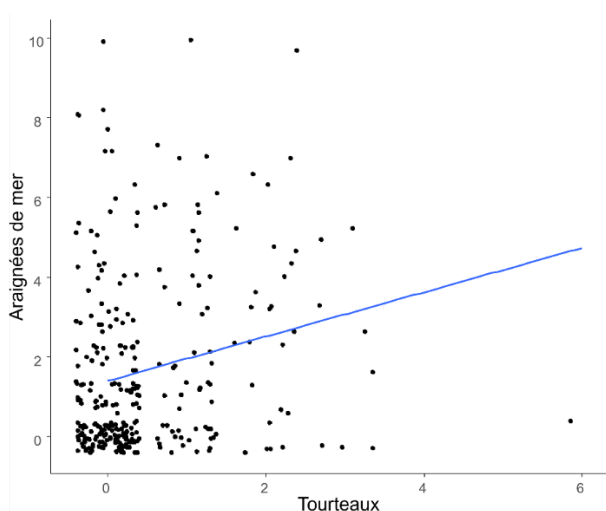


Figure 48 : Nombre d'araignées de mer par rapport au nombre de tourteaux par casier mixte. Le test de corrélation de Spearman a montré une relation significativement positive ($p < 0.05$) entre les deux espèces.

3.2.2. Casiers à bouquets

Les filières ont été déployées 16 fois en mer. Le poids total de bouquets pêchés à l'aide des filières alternant contrôle et lumière a été compris entre 0 kg et 4,75 kg (Tableau 8; Figure 49).

Les données collectées n'ont pas permis la distinction entre les traitements, il n'y a alors pas eu de tests statistiques réalisés.

Tableau 8 : Synthèse des résultats des casiers à bouquet

Équipage	Date filage	Date virage	Traitement	Poids total(kg)
1	27/11/2024	29/11/2024	avec et sans lumière	0,00
2	04/12/2024	10/12/2024	avec et sans lumière	0,81
3	11/12/2024	13/12/2024	avec et sans lumière	Non pesé
1	30/11/2024	03/12/2024	avec et sans lumière	0,83
2	13/12/2024	17/12/2024	avec et sans lumière	3,15
3	13/12/2024	17/12/2024	avec et sans lumière	2,84
1	11/12/2024	12/12/2024	avec et sans lumière	0,36
3	17/12/2024	27/12/2024	avec et sans lumière	4,56
1	13/12/2024	16/12/2024	avec et sans lumière	0,11
3	27/12/2024	08/01/2025	avec et sans lumière	3,97
1	30/12/2024	10/01/2025	avec et sans lumière	0,00
3	08/01/2025	13/01/2025	sans lumière	3,30
3	14/01/2025	20/01/2025	sans lumière	4,75
3	20/01/2025	31/01/2025	sans lumière	1,50
3	12/02/2025	17/02/2025	Proche UV	3,64
3	17/02/2025	01/03/2025	Proche UV	4,70



Figure 49 : Deux résultats issus de deux marées à bouquet différentes (à gauche du 04/12/2024 au 10/12/2024 ; à droite : du 14/01/2025 au 20/01/2025).

3.2.3. Casiers à seiche

12 essais en mer ont permis de tester l'effet des lampes blanches et vertes dans les casiers à seiches des pêcheurs. Un total de 150 casiers contrôle, 87 avec lumière blanche et 95 avec lumière verte ont été testés. Comme précédemment, le remplacement des piles explique le nombre inférieur de casiers avec lumières inclus dans le jeu de données.

La proportion d'avoir au moins une capture était significativement plus importante pour les casiers équipés de lumière blanche ou verte ($p < 0.05$). En effet, sans lumière, 69 % des casiers avaient au moins une capture contre 80 % avec la lumière blanche et 78 % avec la lumière verte (Figure 50).

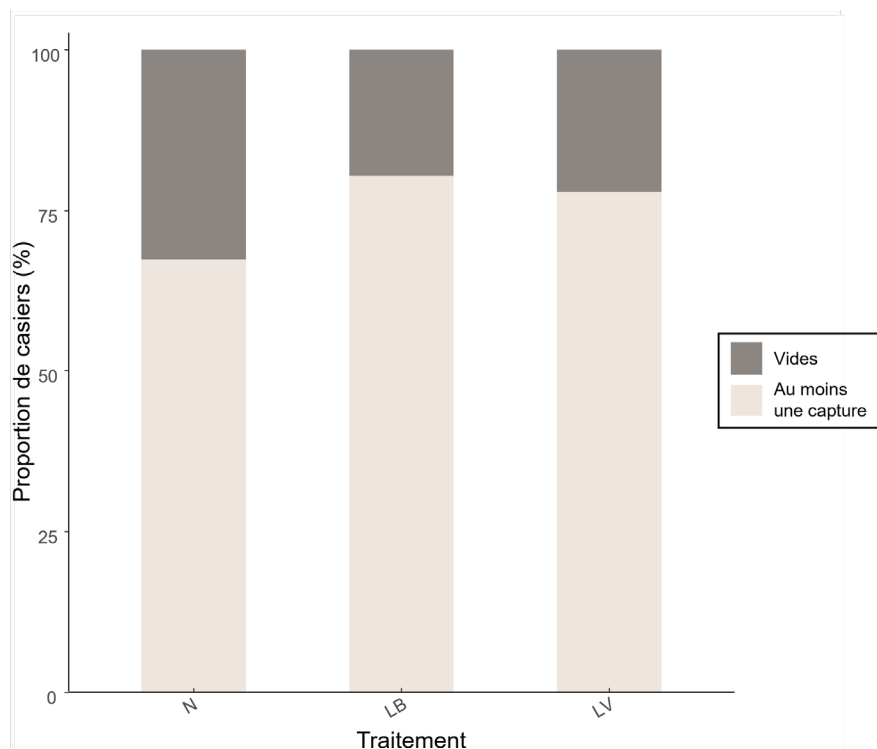


Figure 50 : Occurrence par traitement dans les casiers à seiche. Le GLMM a montré une différence significative ($p < 0.05$) de la proportion d'avoir au moins une capture entre le casier contrôle (N) et le casier avec de la lumière blanche (LB)

Toutes espèces confondues (total), l'ajout de lumières dans les casiers a pêché significativement plus, notamment avec la lumière verte ($p < 0.05$). En moyenne près d'une capture de plus avec la lumière blanche et près de deux de plus avec la verte.

En regardant spécifiquement la seiche (espèce ciblée), les captures par casiers équipés de lumières ($p < 0.05$) sont significativement plus importantes avec en moyenne près d'une seiche en plus par casier. Il n'y a pas eu de différences significatives entre les deux couleurs de lumière utilisées (Figure 51 ; Tableau 9).

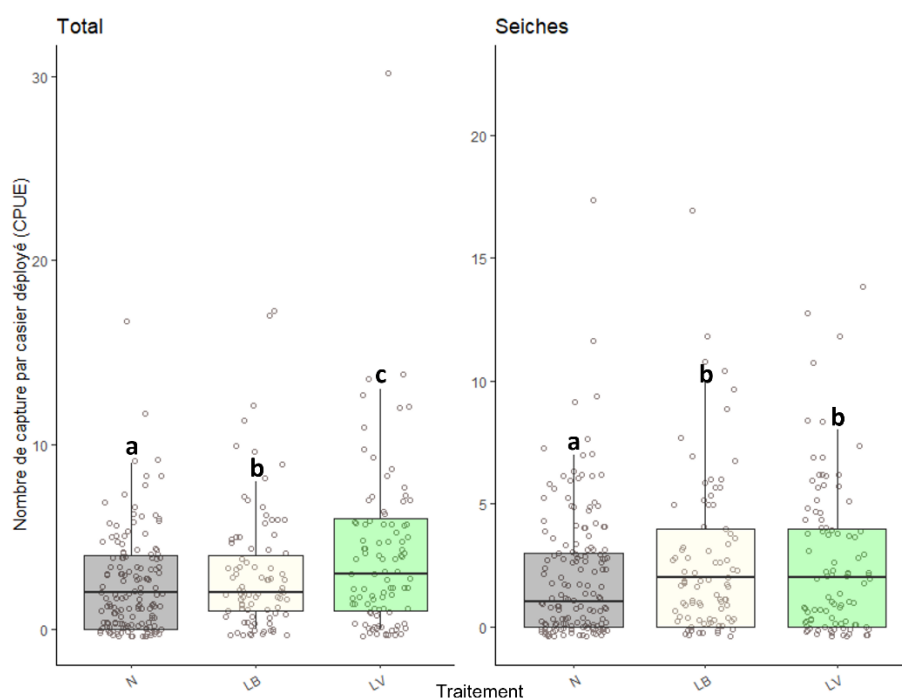


Figure 51 : Quantité d'espèces totale et de seiches pêchées par casier à seiche. Gauche : Le GLMM a montré une différence significative ($p < 0.05$) entre les casiers contrôles (N), la lumière blanche (LB) et la lumière verte (LV). Droite : Le GLMM a montré une différence significative ($p < 0.05$) entre le contrôle et les deux traitements lumineux.

Tableau 9 : Synthèse des captures des casiers à seiche.

Traitement	Sans lumière			Lumière blanche			Lumière verte		
Nombre de casiers déployés	150			87			95		
	Moyenne par casier et écart-type		Max	Moyenne par casier et écart-type		Max	Moyenne par casier et écart-type		Max
Seiche	2,18	± 2,66	17	2,72	± 3,22	17	2,74	± 3,09	14
Espèces non ciblées	0,19	± 0,67	4	0,46	± 2,02	17	1,20	± 3,90	30
Araignée de mer	0,07	± 0,31	2	0,28	± 1,01	6	0,57	± 1,65	10
Étrille	0,11	± 0,54	4	0,18	± 1,31	12	0,61	± 2,43	20
Tourteau	0,01	± 0,08	1	0		0	0,00	± 0,00	0
CSJ	0		0	0		0	0,02	± 0,21	2
Total	2,37	± 2,70	17	3,18	± 3,47	17	3,94	± 4,42	30

Les essais ont permis de capturer des seiches, des coquilles Saint-Jacques, des étrilles et des araignées de mer. Parmi tous les traitements, les seiches ont été capturées en majorité, représentant 70 à 92 % du total des captures par traitement. La part des araignées de mer est plus élevée avec l'utilisation de lumière, notamment de couleur verte. En effet, les araignées de mer représentaient 14 % des captures réalisées en lumière verte, 9 % en lumière blanche et 3 % sans lumière. La même tendance s'observe avec les étrilles, plus importantes dans les casiers à lumière verte avec 16 % contre respectivement 5 et 6 % pour le contrôle et la lumière blanche. Les coquilles Saint-Jacques ont représenté 1% des captures avec la lumière verte (Figure 52).

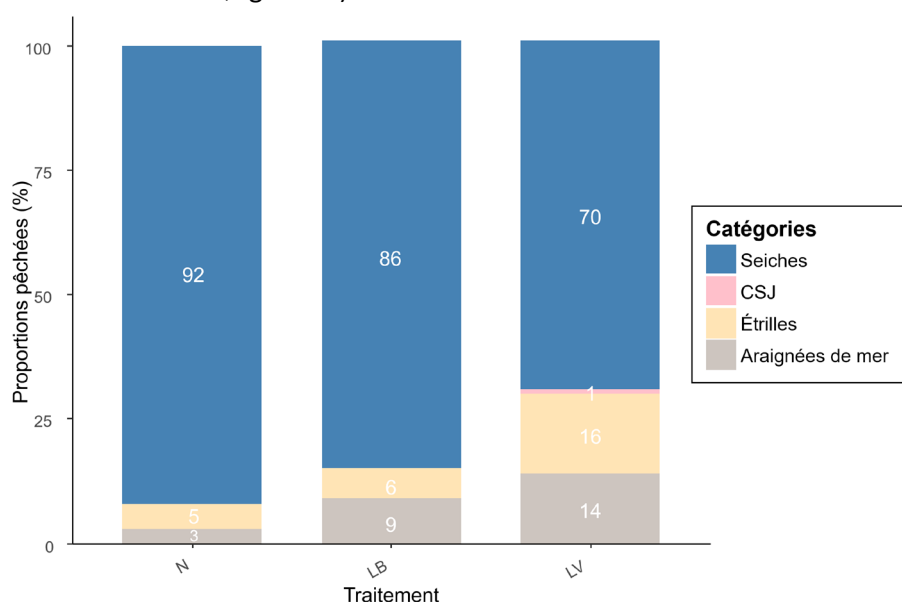


Figure 52 : Proportions d'espèces pêchées par les casiers à seiche en mer.

La sonde a enregistré la turbidité de deux marées à seiche de l'ADELE-CAMILLE du 9 au 14 mai 2025. La mesure de turbidité a diminué entre le 9 et le 14 mai, passant de 18 à 14 FNU (Unité Néphélométrique à la Formazin, soit la lumière diffusée dans l'échantillon à un angle de 90 degrés par rapport à la lumière incidente). Lorsque la turbidité a été mesurée plus élevée, la lumière verte a eu un nombre de captures plus important, en moyenne dix captures contre deux à trois pour les autres traitements. Lors de la deuxième marée, les deux traitements lumineux ont montré des nombres moyens de captures plus importants, de deux à cinq, par rapport au contrôle (Figure 53). La significativité n'a pas pu être vérifiée, la période étudiée étant trop restreinte.

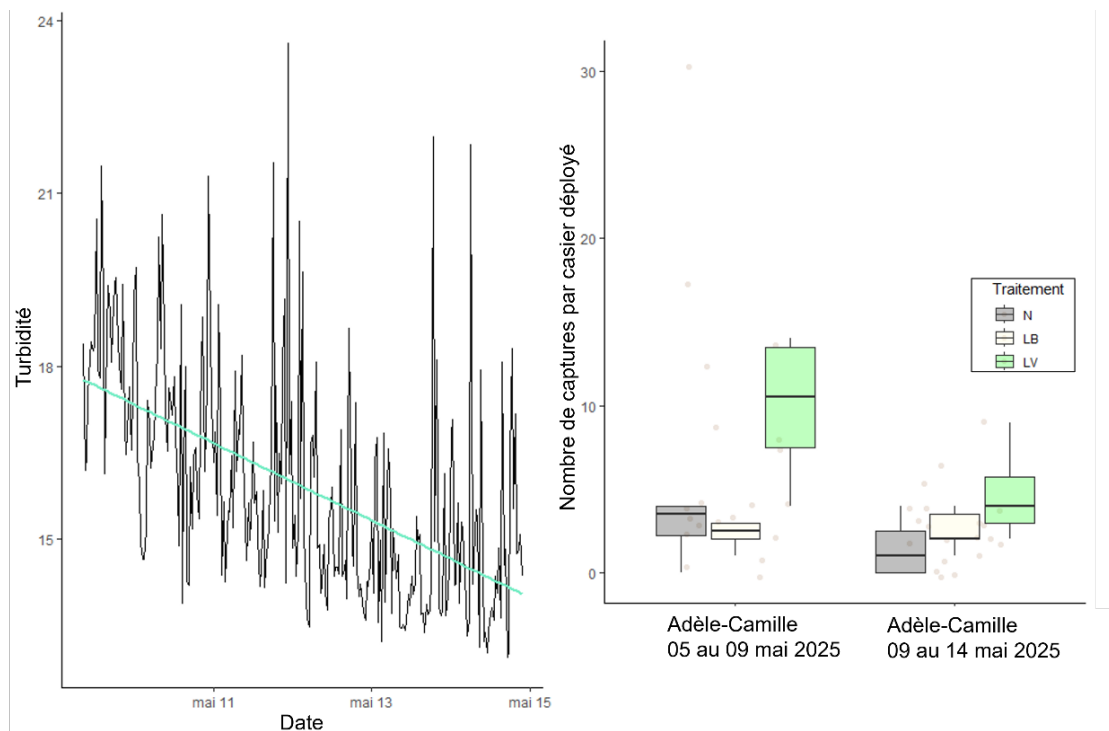


Figure 53 : Mesure de turbidité et résultats des marées du 5 au 14 mai 2025.

Une seiche capturée a pu être filmée. Trois types de déplacements se démarquent. D’abord, sur la vidéo du 1^{er} mai (entre 18h37 et 19h55), une seiche est apparue à l’image vers 19h20. Pendant près de 10 minutes, elle a nagé dans toutes les directions vers le filet du casier en restant dans la zone éclairée par la lumière (Figure 54). Sur la vidéo du 2 mai (entre 6h48 et 8h09), la seiche a cette fois fait des allers-retours vers la lampe pendant près de cinq minutes (Figure 55). Dans une autre vidéo le même jour, prise de 8h09 à 9h30, la seiche s’est approchée de la caméra un long moment (plus de 30 minutes), seul son œil a été visible (Figure 56).



Figure 54 : Extrait vidéo du 1^{er} mai 2025 vers 19h20 de la seiche nageant à proximité du filet. Le temps en bas à droite de chaque image indique le « time code » de la vidéo et non l’heure, ce qui donne une information sur la durée.



Figure 55 : Extrait vidéo du 2 mai 2025 vers 7h30 de la seiche nageant proche de la LED verte.



Figure 56 : Extrait vidéo du 2 mai 2025 vers 8h30 de la seiche très proche de la caméra.

3.2.4. Casiers à encornet

Les casiers à encornet ont été testés sur une marée par deux équipages différents : du 3 au 6 décembre et du 10 au 13 décembre 2024. Dans les deux cas, les casiers n'ont pas effectué de capture de l'espèce ciblée. Seules des captures accessoires de tacauds, de seiches et d'étoiles de mer sont survenues sans être comptées. Des œufs supposés d'encornets ont été observés à l'intérieur et sur le casier.

4. Discussion

Le projet POLUX a permis de tester l'efficacité de la lumière en tant qu'appât dans quatre types de casier (Tableau 10).

Tableau 10 : Synthèse des résultats POLUX.

En bassin		En mer		
Dispositif expérimental	Comportement des crustacés ciblés à la lumière	Matériel testé	Impact de l'appât lumineux sur les espèces ciblées valorisables	Impact de l'appât lumineux sur les espèces non ciblées
Choix entre un casier avec ou sans lumière.	Tourteaux en moyenne trois fois plus <u>attirés</u> par un casier équipé de lumière <u>blanche</u> , indiquant une phototaxie positive.	Casiers mixtes à crustacés et CSJ + lumière blanche	Tourteaux, homards, étrilles : pas de changement des quantités.	Augmentation des captures d' araignées de mer avec en moyenne deux de plus par casier.
Choix entre un compartiment avec ou sans lumière.	Homards : pas de phototaxie positive, possiblement une <u>phototaxie négative</u> envers la <u>lumière blanche, verte et proche UV</u> .		Coquilles Saint-Jacques : capture possible.	Capture de certains poissons (tacaud).
Choix entre des compartiments avec ou sans lumière.	Bouquets : <u>phototaxie négative</u> envers la lumière <u>blanche, bleue, rouge et verte</u> ; <u>phototaxie positive</u> envers le <u>proche UV</u> (deux fois plus de capture).	Casier à bouquets + lumière blanche ou proche-UV	Données non comparables.	
		Casier à seiches + lumière blanche ou verte	Seiches : augmentation des captures avec en moyenne une seiche de plus par casier. Pas de différence entre la lumière blanche et verte.	Légère augmentation des captures d' étrilles et d' araignées de mer , près d'un individu en moyenne par casier.
		Casier à encornets + lumière blanche ou verte	Pas d' encornets capturés, seulement des œufs.	Captures de tacauds, de seiches, d'étoiles de mer et d'éponges.

4.1. Observation des pêcheurs

En parallèle des expérimentations, les observations des pêcheurs ont été recueillies. Celles-ci ne constituent pas de données scientifiques tangibles pour répondre aux problématiques de l'étude. Toutefois, les remarques formulées fournissent des éléments pouvant étayer la discussion.

Les casiers mixtes équipés de lumière blanche ont donné l'impression aux pêcheurs de capturer davantage d'araignées de mer, de seiches et de poissons. Cette observation de terrain a été vérifiée avec l'analyse des données chiffrées qui ont montré une augmentation significative des captures d'espèces non ciblées dans les casiers avec lumière blanche.

Selon les trois équipages ayant testé les casiers à bouquets, la lumière blanche leur a semblé présenter moins de captures de bouquets. En cas de mauvais temps, ils ont mentionné avoir retrouvé des rougets barbets et des étoiles de mer dans les casiers. Ils estiment que les casiers à fond plat conçus sont plus performants que les hexagonaux (jusqu'à 4,7 kg par sortie avec deux filières de 10 casiers). L'équipage ayant réalisé deux essais avec des filières équipées totalement de lampes proches UV a indiqué ne pas avoir constaté visuellement de différences de capture.

Deux capitaines ont affirmé que la lumière semblait plus efficace pour capturer la seiche dans leur casier. L'un d'eux a estimé une augmentation de 25 % de seiches. Un autre a semblé remarquer des captures de seiches plus fréquentes dans les casiers avec lumière verte et a souligné le fait qu'ils avaient rarement eu d'autres espèces. Ces augmentations avec la lumière ont été vérifiées significativement dans les données chiffrées hormis dans le cas de la couleur. Les trois équipages ayant travaillé sur la seiche ont noté une saison assez courte qui s'est étalée de mi-avril à mi-mai 2025. Dès le début du mois de mai les débarquements ont commencé à faiblir probablement à cause des conditions météorologiques (vent et pluie fréquents). En effet, les écarts de température peuvent influencer la période de reproduction des seiches (Laptikhovsky *et al.*, 2023) et ainsi la possibilité de capturer l'espèce à proximité des côtes.

Deux pêcheurs ont réalisé une sortie pour pêcher l'encornet avec les casiers conçus. Aucun encornet n'a été pêché, seuls des œufs ont été observés sur les casiers et à l'intérieur. Les espèces pêchées ont été principalement du tacaud, de la seiche, des étoiles de mer et des éponges. Cela pourrait signifier que les encornets sont probablement entrés dans les casiers, mais qu'ils ont également pu s'en échapper. Les pêcheurs ont également remarqué que le maillage du casier s'est dégradé dès les premières utilisations. Cela a eu pour effet de démotiver les volontaires à réitérer les tests sur celui-ci.

4.2. Efficacité de la lumière sur les espèces capturées au casier

4.2.1. Tourteau

Les résultats en bassin ont montré que la probabilité de capturer un tourteau a été plus de trois fois plus élevée dans un casier avec LED. La raison pour laquelle les tourteaux sont entrés plus fréquemment dans ces casiers n'est pas certaine. Puisqu'il n'y a pas eu d'autre appât que la lumière en bassin, aucun autre signal n'a pu attirer les tourteaux. Le casier a pu offrir un abri que la lumière aurait rendu plus visible pour le tourteau, qui a une bonne résolution visuelle (Cronin & Feller, 2014).

Lors des tests en mer, le contrôle et le test ont capturé des tourteaux avec la même efficacité. Ce résultat est moins révélateur que celui obtenu en bassin, ce qui indique que d'autres facteurs pourraient entrer en compte en conditions réelles. En effet, la lumière a été couplée à un appât classique de poisson (merlan ou sébaste). Il est possible que l'appât classique à base de poisson attire déjà au maximum les tourteaux présents dans la zone. Dans ce cas, l'appât classique pourrait être le

plus performant et l'ajout de lumière n'augmenterait pas son efficacité. Le sens de l'olfaction a été mis en évidence comme moteur principal d'approche du crabe *Charybdis japonica* par Anraku *et al.* (2001). Après être entré dans le casier, le crabe a continué à chercher jusqu'à ce qu'il consomme l'appât. L'olfaction pourrait alors avoir un rôle prédominant sur la vision pour appâter le tourteau. Une autre possibilité est que l'attraction accrue d'araignées de mer dans les casiers éclairés ait limité les taux d'entrée des tourteaux.

4.2.2. Bouquet

Les tests réalisés en bassins ont montré que le bouquet est attiré par la lumière proche UV, mais qu'il présente une phototaxie négative envers la lumière blanche, bleue, rouge et verte. Ces résultats ont été difficiles à vérifier en mer. D'abord, la méthode consistant à compter les bouquets a été jugée chronophage et fastidieuse au vu de leur petite taille. De même, séparer les bouquets par traitement pour les peser aurait pris trop d'espace sur le bateau et fait perdre un temps considérable aux volontaires. Ils ont alors pesé le total des bouquets après chaque marée sans distinction entre les traitements. De ce fait, il n'a pas été possible de répondre à la question scientifique en conditions réelles. À noter que les observations formulées par les pêcheurs ont concordé avec les résultats en bassins, les bouquets ont semblé éviter les casiers équipés de lumière blanche.

Par ailleurs, le casier à fond plat conçu semble, selon les volontaires, plus efficace que les modèles de casiers hexagonaux. En dépit de cette efficacité, la quantité de bouquets pêchée est restée faible. Il est possible que la ressource en bouquet soit faible dans le détroit du Pas-de-Calais ou bien que les conditions environnementales, comme le courant, puissent rendre difficile la pêche de cette espèce au casier. De nouvelles expérimentations sont nécessaires pour vérifier ces hypothèses.

En bassin, un comportement contrasté des bouquets a été observé entre la lumière proche UV et les autres couleurs. Plusieurs espèces du genre *Palaemon* ont montré des rythmes circadiens de nage avec des pics d'activité nocturnes (Guerrao, 1995). Crivelli (1982) a constaté que le clair de lune pourrait être un stimulus important sur les bouquets. En cherchant leur nourriture préférentiellement la nuit, les bouquets seraient moins visibles, ce qui réduirait le risque de prédation. Il est probable que les longueurs d'onde du visible testées s'apparentent à la lumière du jour et pourraient déclencher ce réflexe de défense du bouquet. À l'inverse, la lumière proche ultraviolette pourrait s'apparenter aux lueurs du clair de lune.

4.2.3. Seiche

La seiche et les céphalopodes en général disposent de très bonnes capacités visuelles. Cela s'explique par leur système visuel très développé par rapport à leur taille (Goerger, 2022). Les résultats des essais en mer visant à attirer la seiche à l'aide de LED dans des casiers ont été concluants. La lumière a permis d'augmenter significativement leur capture dans les casiers. Ce résultat peut s'expliquer par plusieurs hypothèses.

Premièrement, Grati *et al.* (2018) ont supposé que les casiers pourraient être vus par les femelles comme un substrat pour y déposer leurs œufs, puisqu'elles sont pêchées durant leur période de ponte. Cette théorie est supportée par le nombre conséquent d'œufs trouvés à plusieurs endroits du casier. Une autre théorie émerge de Gantias *et al.* (2021) qui ont relevé que l'utilisation d'un leurre femelle incitait les mâles à entrer dans le casier. Cette technique est utilisée par les caseyeurs en Manche (Dunn, 1999). La bouteille de lait utilisée dans les expérimentations, faisant office de leurre, a pu devenir plus visible avec la lumière, bien que l'efficacité de ce type de leurre pour tromper la perception visuelle de la seiche ne soit pas prouvée. Des effets réalisés en Belgique par ILVO dans le cadre du projet SYMAPA ont montré que les bouteilles de lait n'avaient pas d'influence positive sur l'attraction des seiches vers les casiers. Dans les deux cas, il est fort probable que les femelles soient attirées vers les casiers par des signaux visuels ou parce qu'ils constituent un substrat propice à la ponte, ce qui attire à son tour les mâles. Enfin, la seiche, de nature intelligente et curieuse (Schnell *et al.*, 2023), pourrait chercher à étudier la lumière placée dans un casier.

Pour résumer, la lumière artificielle a pu susciter de la curiosité ou encore avoir augmenté la visibilité du casier ou d'un congénère par contraste. Les vidéos de la phase en mer ont montré la seiche dans la partie éclairée s'approchant régulièrement du filet du casier. Il est probable qu'elle ait mieux distingué le casier dans lequel elle se trouvait. D'autres images la montrent très proche de la caméra. De la lumière a peut-être pu mettre en évidence le caisson contenant la GoPro (lumière de la caméra, reflet de la LED) ce qui a pu la distraire du casier. Davantage d'images vidéo montrant la répétition de ces comportements sur d'autres seiches pourraient chercher à vérifier cette hypothèse. Il serait déterminant de filmer l'entrée de l'animal dans le casier pour mieux comprendre le mécanisme qui l'attire. Pour cela une autre caméra pourrait filmer le casier vu du dessus.

4.3. Potentiel sélectif : espèces non ciblées

Dans les casiers mixtes, les résultats du projet rejoignent les conclusions émises par Enever *et al.* (2022) qui ont indiqué que l'ajout de lumière a augmenté significativement les captures d'araignées de mer. Cette espèce est peu valorisable dans le détroit du Pas-de-Calais, ce n'est donc pas une espèce préférentiellement ciblée. Il est probable que la distribution des araignées de mer sur la zone de pêche soit plus importante que celle des autres espèces ciblées par le casier. Ces résultats indiquent une phototaxie positive des araignées de mer pour la lumière. Dans ce cas, la forte présence d'araignées de mer dans les casiers pourrait avoir limité l'entrée des crabes bien que cette hypothèse n'ait pas été confirmée. Au contraire, un lien causal positif entre la présence d'araignées de mer et celle des tourteaux dans un casier a été mis en évidence. Il est peu probable que la présence d'une espèce en ait attiré une autre. Il a pu s'agir de l'effet de meilleures conditions de pêche (courant favorable, bon emplacement...). L'interaction entre ces deux espèces devrait être approfondie.

Dans les casiers à seiches, la plupart des captures d'espèces non ciblées, telles que des araignées de mer ou des étrilles, sont survenues en fin de saison lorsque les casiers ont été laissés plus longtemps à l'eau pour maximiser les captures. Cela a favorisé une mortalité plus importante des seiches dans les casiers. Une seiche morte dans un casier pouvait devenir involontairement un appât pour les araignées de mer. Pour prévenir l'entrée des araignées ou d'autres espèces non ciblées, il serait intéressant d'effectuer des recherches sur la conception des casiers et des entrées (taille et/ou forme). Une autre option serait de trouver des moyens de mieux valoriser l'araignée de mer, qui est davantage ciblée dans d'autres régions de France.

4.4. Valorisation de nouvelles espèces

4.4.1. Coquille Saint-Jacques

Les résultats issus des essais en mer par les pêcheurs confirment la possibilité de capturer des coquilles Saint-Jacques à l'aide d'une lumière constante blanche dans un casier (Enever *et al.*, 2022). Bien que ces événements de capture soient restés occasionnels, ils sont majoritairement survenus avec de la lumière blanche. D'après les expérimentations de Enever et des caseyeurs anglais, il peut être conclu que la réussite de cette technique dépend de conditions marines relativement calmes et une eau claire. Ce n'était pas le cas pour les pêcheurs participant au projet actuel, contraints d'opérer dans les eaux françaises du détroit du Pas-de-Calais. Ces eaux, dans lesquelles ils ne ciblent pas les crustacés, sont généralement caractérisées par une turbidité plus importante et de plus forts courants en comparaison avec les zones de pêche anglaises qu'ils exploitent habituellement.

Les yeux des coquilles Saint-Jacques, localisés sur le manteau, sont sensibles au mouvement et aux intensités de lumière (Speiser & Wilkens, 2016). Les coquilles Saint-Jacques se servent de la vision pour détecter les prédateurs ou trouver de la nourriture (Speiser & Johnsen, 2008 ; Land, 1966). Elles pourraient comme précédemment mieux voir un casier éclairé et l'utiliser en tant qu'abri. Il est également possible que la coquille Saint-Jacques se déplace vers un endroit ayant des conditions

alimentaires préférentielles, par exemple des proies attirées par la lumière (Enever *et al.*, 2022). La turbidité plus élevée et les courants plus forts dans le détroit du Pas-de-Calais ont peut-être réduit la probabilité que les coquilles Saint-Jacques perçoivent la lumière, tandis que les conditions hydrodynamiques dominantes ont pu décourager, voire empêcher, les coquilles Saint-Jacques de nager activement vers les casiers. Si les pêcheurs français pouvaient cibler les coquilles Saint-Jacques dans les eaux anglaises plus claires et calmes, les captures de coquilles Saint-Jacques pourraient potentiellement devenir commercialement viables, comme le démontrent les résultats positifs obtenus par leurs homologues anglais.

4.4.2. Encornet

Malgré les essais axés sur la capture d'encornet, aucun individu n'a été capturé, bien que des œufs aient été observés sur et dans les casiers. Certains auteurs ont déjà remarqué et utilisé la présence d'œufs d'encornets à l'intérieur ou sur des casiers à crabes (Holmes, 1974) et à poulpes (Pham *et al.*, 2009) pour caractériser son recrutement. Davantage de tests auraient été nécessaires pour vérifier que les encornets ont été attirés, voire capturés. Les encornets peuvent se déplacer rapidement dans toutes les directions et ont une forme effilée, ce qui leur permet peut-être de passer plus facilement à travers les mailles, comparés aux seiches qui sont plus larges. Il se peut également que les entrées des casiers modifiés soient trop grandes, ce qui a pu avoir l'effet d'une trappe d'échappement.

Néanmoins, attirer l'encornet à l'aide de lumière devrait fonctionner, car il est prouvé qu'il a un comportement de phototaxie positive (Martins & Perez, 2006), avec une sensibilité aux longueurs d'onde comprises entre 450 et 500 (bleu au vert ; Marshal *et al.*, 2025). Dans plusieurs pays, les équipements de pêche à l'encornet traditionnels tels que la canne à pêche, sont de plus en plus modifiés avec l'ajout de LED (Sitorus & Kimberly, 2024 ; Nguyen & Winger, 2019).

Un travail sur la conception de casiers à encornet performants est nécessaire pour pêcher cette espèce. Trois aspects pourraient être étudiés : le grillage, les goulottes d'entrée et le positionnement du casier. Il serait utile d'essayer d'autres matériaux pour le grillage, peut-être du cordage de différentes tailles ou de différentes couleurs. Il serait envisageable d'essayer avec des entrées plus petites et de formes différentes telles que circulaires ou rectangulaires ou encore des structures permettant de retenir les captures. Enfin, pouvoir placer le casier dans la colonne d'eau et non posé sur le fond pourrait être envisagé. Les calmars adultes ont généralement un mode de vie semi-pélagique, notamment pour chasser. Ce n'est pas le cas des seiches adultes, qui ont généralement un mode de vie démersal (Jereb *et al.*, 2015). Surélever les casiers pourrait donc augmenter les chances que les encornets les voient et y entrent. L'installation de caméras pourrait également s'avérer utile, car elles pourraient fournir des indices sur leur comportement et expliquer pourquoi ils s'approchent des casiers pour y pondre sans être retenus.

4.5. Turbidité

Avec l'utilisation de la sonde paramétrique, POLUX a cherché à mieux comprendre l'effet de la turbidité sur les captures faites avec l'ajout de lumière. L'eau trouble comparée à l'eau claire aurait pu, en modifiant la visibilité de la lumière, augmenter ou diminuer l'attraction des animaux dans les casiers.

Cette idée n'a pas pu être complètement vérifiée. Des problèmes avec les sondes sont survenus sur la première période d'expérimentations en mer et les résultats ont pu être obtenus sur deux marées à seiche (du 9 mai au 14 mai 2025). Le jeu de données résultant a été trop petit pour réaliser des tests statistiques. Il semble que les casiers à seiches équipés de lumière verte ont été plus pêchant en cas de turbidité importante. Il est important de noter que ces résultats sont basés uniquement sur des données brutes et qu'il convient de les interpréter avec prudence.

Durant la marée en eaux plus turbides, le traitement en lumière verte a obtenu davantage de captures comparé à la lumière blanche. Les propriétés optiques de l'eau pourraient influencer l'efficacité de la lumière. Les particules en suspension et la matière organique dissoute absorbent et diffusent la lumière différemment. Les longueurs d'onde vertes (environ 500-550 nm) pénètrent plus efficacement tandis que la lumière rouge est rapidement absorbée. Ce phénomène pourrait expliquer les meilleures performances de la lumière verte dans ces conditions. À l'inverse, lors de la sortie en eaux moins turbides, les casiers équipés de LED blanches et vertes ont été plus performants que le témoin, ce qui semble indiquer qu'une eau plus claire pourrait favoriser la propagation d'un spectre lumineux plus large. Dans de tels environnements, les lumières bleues et blanches pourraient se propager plus loin et rester détectables en profondeur, réduisant ainsi l'avantage relatif de la lumière verte. Ces résultats corroborent l'hypothèse de Marshall et al. (2017), qui ont proposé que les eaux côtières riches en phytoplancton et en matière organique dissoute absorbent davantage les longueurs d'onde plus courtes (bleu), faisant du vert la couleur dominante, tandis que les eaux tropicales claires permettent à la lumière bleue de pénétrer plus profondément. Ce contraste souligne l'importance d'adapter le choix de la couleur de la lumière aux conditions locales de l'eau.

4.6. Rentabilité économique

Cette étude avait pour objectif d'améliorer l'efficacité des casiers et leur diversification, afin d'augmenter les revenus des pêcheurs issus de cette pêche. Une étude économique spécifique nécessiterait un autre projet, mais nous avons examiné le potentiel effet de l'ajout d'une lumière artificielle, à savoir ici les ScallopLights, sur le rendement économique. À partir des données de capture dont nous disposons sur les seiches pêchées à l'aide de casiers à seiches, nous avons calculé l'augmentation potentielle des revenus, en tenant compte du coût d'achat des lampes et du remplacement de leurs piles.

En supposant un poids moyen de 0,5 kg par seiche et un prix de première vente de 3€/kg, les casiers équipés de LED génèrent un revenu moyen supplémentaire d'environ 0,80€ par casier et par trait. Avec un intervalle de remontée de casier de 48 heures et un coût de 25€ par lampe (batteries initiales comprises), l'investissement est amorti après environ 33 remontées (Figure 57), ce qui correspond à environ deux mois d'activité de pêche. Les coûts de remplacement des batteries restent négligeables (<4% des revenus supplémentaires), ce qui se traduit par des avantages économiques nets durables une fois le seuil de rentabilité atteint.

La présente évaluation économique se concentre exclusivement sur les prises de seiches associées aux casiers à seiches. Cependant, au cours des essais, d'autres espèces commercialement intéressantes, telles que les araignées de mer et les étrilles, ont également été attirées par les casiers à seiches éclairés. Ces prises supplémentaires représentent des sources de revenus additionnelles qui ne sont pas incluses dans les calculs actuels et qui réduiraient encore le nombre de remontées nécessaires pour récupérer l'investissement initial dans les lampes LED. De plus, les LED ne sont pas limitées à la seule pêche de la seiche et pourraient être déployées dans des casiers ciblant d'autres espèces, telles que les coquilles Saint-Jacques, ce qui permettrait de les utiliser tout au long de l'année. Cette utilisation multi-spécifique tout au long de l'année des LED augmenterait ainsi leur taux d'utilisation effectif et maximiserait leur rendement économique global.

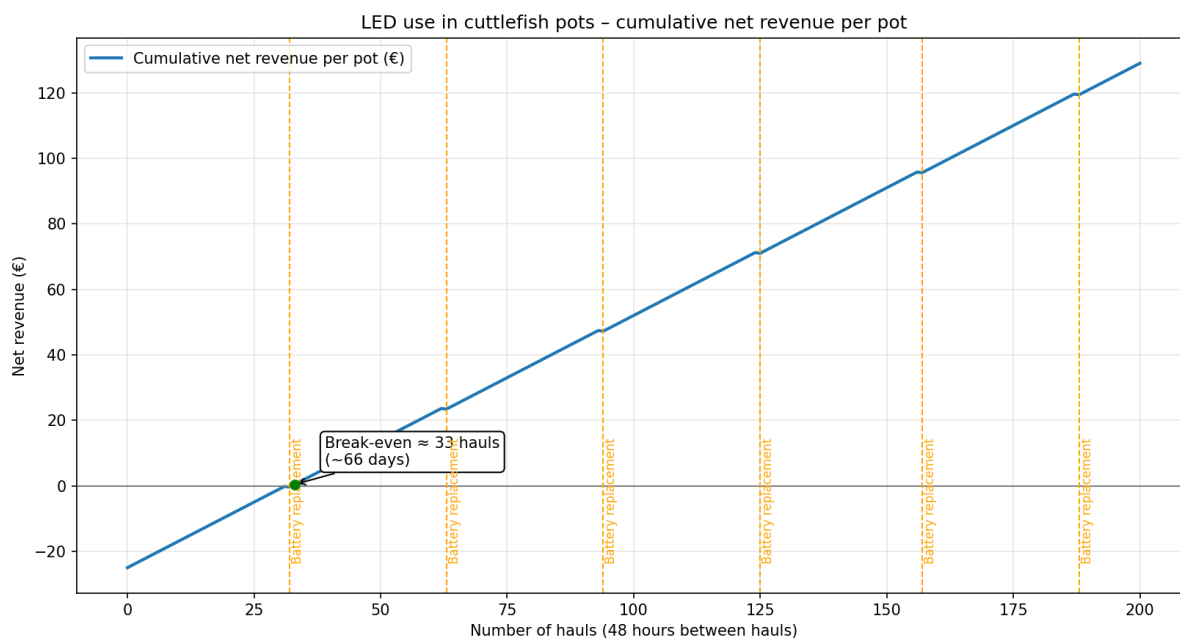


Figure 57 : Graphique montrant le retour sur investissement des ScallopLights, basé sur les captures de seiches dans les casiers à seiche. Ordonnée : revenu net (€) ; abscisse : nombre de traits (48h entre chaque trait).

Conclusions et perspectives

Le projet POLUX a exploré le potentiel d'intégrer de la lumière artificielle pour améliorer l'efficacité et la sélectivité de la pêche au casier dans le détroit du Pas-de-Calais. À travers deux phases complémentaires en bassin et en mer, l'étude a permis de mieux comprendre les réponses comportementales spécifiques à la lumière de chaque espèce et leurs implications pratiques pour la pêche.

En conditions contrôlées, les tourteaux ont montré une attraction à la lumière blanche, tandis que les homards ont exhibé un comportement d'évitement pour toutes les longueurs d'onde testées. Les bouquets ont généralement évité la lumière visible mais ont montré une attraction pour la lumière proche ultraviolette. En mer les résultats les plus prometteurs ont été obtenus avec la seiche : les casiers équipés de LED blanches ou vertes ont atteint systématiquement des captures plus élevées comparées au contrôle, ce qui confirme le potentiel de la lumière pour cette espèce. À l'inverse, l'ajout de lumière n'a pas augmenté les captures de tourteaux ou de homards, probablement dû à l'influence prépondérante des appâts conventionnels. Les essais ciblant les coquilles Saint-Jacques et les encornets ont mis en évidence des enjeux techniques et comportementaux. Les captures de coquilles Saint-Jacques ont été rares et les encornets n'ont pas été capturés malgré des preuves de ponte, ce qui indique que la conception des casiers et les stratégies de déploiement nécessitent d'être améliorées.

L'utilisation de la lumière a également influencé la sélectivité. Les casiers mixtes équipés de LED ont capturé nettement plus d'espèces non ciblées, notamment des araignées de mer, ce qui soulève des questions quant à la conception des engins pour limiter les prises non désirées. Ces résultats soulignent la complexité de l'application des innovations basées sur la lumière dans la pêche au casier et la nécessité de trouver des solutions sur mesure qui concilient efficacité, sélectivité et durabilité.

Les **priorités pour de futures recherches** comprennent :

- **L'optimisation de la conception des casiers** : Adapter les entrées, la taille des mailles et les caractéristiques structurelles afin d'améliorer la retenue des espèces ciblées (notamment l'encornet) tout en limitant les captures d'espèces non ciblées.
- **L'évaluation économique** : évaluation de la rentabilité commerciale afin de garantir que les innovations se traduisent par des modèles économiques viables.

Il est important d'encourager la participation des pêcheurs aux études scientifiques car cette méthode permet de bénéficier de l'expertise des professionnels (terrain, utilisation du matériel) et d'une mise en œuvre réaliste car effectuée dans les conditions commerciales de pêche. Cela augmente également les chances d'adoption de la méthode une fois le projet terminé.

Les résultats du projet POLUX démontrent que la lumière peut être un outil précieux et novateur pour la pêche au casier, notamment pour la seiche, et ouvre la voie à la diversification vers de nouvelles espèces. La poursuite de la collaboration entre scientifiques et pêcheurs sera essentielle pour développer des solutions pratiques et durables qui renforcent la résilience et la rentabilité des flottilles de fileyeurs-caseyeurs dans le détroit du Pas-de-Calais.

Références bibliographiques

Allard M. (1991). Analyse du comportement des flottilles de pêche de Boulogne-sur-Mer. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/4216/>

Anders, N., Fernö, A., Humborstad, O.-B., Løkkeborg, S., & Utne-Palm, A. C. (2017). Species specific behaviour and catchability of gadoid fish to floated and bottom set pots. *ICES Journal of Marine Science*, 74(3), 3. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw200>

Anraku K., Vazquez Archdale M., Mendez Cortes, B., Espinosa R.A. (2001). Crab trap fisheries: capture process and an attempt on bait improvement. *University of the Philippines in the Visayas Journal of Natural Sciences*, 6, 121-129.

Biseau A. (2014). Simulations de l'évolution des débarquements de la Sole de Manche Est (VIId), en fonction de divers scénarios modulant la mortalité par pêche et/ou le diagramme d'exploitation. 17. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00228/33956/>

Biological Association of the United Kingdom. [cited 10-07-2025]. Available from: <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/2033>

Breen M. & Lerner A. (2013). An introduction to light and its measurement when investigating fish behaviour. *Symposium on Impacts of Fishing on the Environment: ICES-FAO Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour*.

Cerbule K., Herrmann B., Grimaldo E., Grimsmo L., Vollstad J. (2021). The effect of white and green LED-lights on the catch efficiency of the Barents Sea snow crab (*Chionoecetes opilio*) pot fishery, *PLoS ONE*, 16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258272>

Crivelli A.J. (1982). Biology of three Malacostraca (Decapoda) in a Mediterranean lagoon with particular emphasis on the effect of rapid environmental changes on the activity (catchability) of the species, *Coastal and Shelf Science*, 15, 591-604. [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(82\)90073-7](https://doi.org/10.1016/0272-7714(82)90073-7)

Cronin, T. W. et Feller, K. D. (2014). Sensory ecology of vision in crustaceans. *The Natural History of Crustacea*, 3, 235-262.

Dunn M.R. (1999), Aspects of the stock dynamics and exploitation of cuttlefish, *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758), in the English Channel, *Fisheries Research*, 40, 277-293. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(98\)00223-9](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(98)00223-9)

Enever, R., Dohert, P.D., Ashworth, J., Duffy, M., Kibel, P., Parker, M., Stewart, B.D. & Godley, B.J. (2022). Scallop potting with lights: a novel, low impact method for catching European king scallop (*Pecten maximus*). *Fisheries Research*, 252.

Ganias K., Kompogianni I-F., Christidis G. (2021). How lure prevalence, survival rate and maturity status affect catchability in cuttlefish trap fishery, *Fisheries Research*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.105919>

Goerger A. (2022). Écologie visuelle de la seiche : effets de la turbidité sur la survie, le développement et la reproduction (SEDIMENT). [Thèse de doctorat, Université de Normandie]

Grati F., Fabi G., Scarcella G., Guicciardi S., Penna P., Scanu M., Leoni S., Riminucci F., Frittelloni C., Gagliardini L., Bolognini L. (2018). Artificial spawning substrates and participatory research to foster cuttlefish stock recovery: A pilot study in the Adriatic Sea, *PLoS One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205877>

- Guerao G., & Ribera C. (1995). Growth and Reproductive Ecology of *Palaemon Adspersus* (Decapoda, Palaemonidae) in the Western Mediterranean, *Ophelia*, **43**, 205-213. <https://doi.org/10.1080/00785326.1995.10429832>
- Hanlon R., Messenger J. (2018). Senses, Effectors and the Brain, *Cephalopod Behaviour*, Cambridge University Press, 16-44. <https://doi.org/10.1017/9780511843600.004>
- Holme NA. (1974). The Biology of *Loligo Forbesi* Steenstrup (Mollusca: Cephalopoda) in the Plymouth Area. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **54**, 481-503. <https://doi.org/10.1017/S0025315400058665>
- Hua, L and Xing J. (2013). Research on LED Fishing Light. *Research Journal of Applied Sciences*, **5**, 4138-4141.
- Humborstad, O.B., Utne-Palm, M.C., Breen, M. & Løkkeborg, S. (2018). Artificial light in baited pots substantially increases the catch of cod (*Gadus morhua*) by attracting active bait, krill (*Thysanoessa inermis*), *ICES Journal of Marine Science*, **75**, 2257–2264. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy099>
- ICES (2022). Sole (*Solea solea*) in Division 7.d (eastern English Channel). *ICES Advice: Recurrent Advice*. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.19453820.v1>
- ICES (2023). Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak (WGNSSK). *ICES Scientific Reports*. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.22643143.v1>
- Ifremer SIH. (2018). Activité des navires de pêche 2017 : région Hauts-de-France. Ifremer. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00490/60167/>
- Ifremer SIH. (2022). Région Hauts-de-France. 2021. Activité des navires de pêche. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00802/91422/>
- Johnsen S., & Sosik H. M. (2004). Shedding light on light in the ocean. *Oceanus*, **43**, 24–28.
- Jereb, P., Allcock, A. L., Lefkaditou, E., Piatkowski, U., Hastie, L. C., & Pierce, G. J. (Eds.). (n.d.). Cephalopod biology and fisheries in Europe: II. Species Accounts. *ICES Cooperative Research Report*, 325-360.
- Lancelot, L., Joguet, M., Coppin, F., Larnaud, P., Le Guillou, D., Morandeau F. & Dasan, A. (2021). Rapport final du projet SELUX, Amélioration de la sélectivité des chalutiers artisans en Manche et sud mer du Nord via l'utilisation de dispositifs lumineux. FROM Nord, Ifremer, LE DREZEN, SAFETYNET, 120p.
- Land MF. (1966). Activity in the optic nerve of *Pecten maximus* in response to changes in light intensity, and to pattern and movement in the optical environment. *The Journal of experimental biology*, **45**, 83-99. <https://doi.org/10.1242/jeb.45.1.83>
- Laptikhovsky V., Cooke G., Drerup C., Jackson A., MacLeod E., Robin JP. (2023). Spatial and temporal variability of common cuttlefish, *Sepia officinalis*, L. spawning grounds off North Europe, *Fisheries Research*, **263**, <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2023.106688> .
- Marcout A., Foucher E., Pierce GJ., Robin J-P. (2024). Impact of environmental conditions on English Channel long-finned squid (*Loligo spp.*) recruitment strength and spatial location. *Frontiers in Marine Science*, **11**. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1433071>
- Marshall J. (2017). Vision and lack of vision in the ocean. *Current Biology*, **27**, R494-R502, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.03.012>.

- Marshall J., Carleton K.L., Cronin T. (2015). Colour vision in marine organisms. *Current Opinion in Neurobiology*, **34**, 86-94, <https://doi.org/10.1016/j.conb.2015.02.002>.
- Martins RS. & Perez, JAA. (2006) Cephalopods and fish attracted by night lights in coastal shallow-waters, off southern Brazil, with the description of squid and fish behavior. *Revista de Etologia*, **8**.
- Mäthger L., Barbosa A., Miner S., Hanlon R. (2006). Color blindness and contrast perception in cuttlefish (*Sepia officinalis*) determined by a visual sensorimotor assay. *Vision Research*, **46**, 1746-1753, <https://doi.org/10.1016/j.visres.2005.09.035>.
- Matsui H., Takayama G., and Sakurai Y. (2016). Physiological response of the eye to different colored light-emitting diodes in Japanese flying squid *Todarodes pacificus*. *Fish. Sci.*, **82**(2): 303–309.
- MECANOR²: Amélioration de la gestion des métiers du casier en Normandie et dans le Nord de la France (2023).
- Nguyen, K. Q., & Winger, P. D. (2019). Artificial Light in Commercial Industrialized Fishing Applications : A Review. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, **27**, 106–126. <https://doi.org/10.1080/23308249.2018.1496065>
- Nguyen, K.Q., Winger, P.D., Morris, C. & Grant, S.M. (2017). Artificial lights improve the catchability of snow crab (*Chionoecetes opilio*) traps. *Aquaculture and Fisheries*, **2**, 142-133.
- Neal, K.J. (2008). Palaemon serratus Common prawn. In Tyler-Walters H. and Hiscock K. Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. [cited 10-07-2025]. Available from: <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/2033>
- Naimullah M., Kuo-Wei L., Ikhwanuddin M., Adnan A-S., and Wei-Yu L. (2022). Unbaited LightEmitting Diode Traps Performance for Catching Orange Mud Crabs, *Journal of Marine Science and Technology*, **30**, Article 5. <http://dx.doi.org/10.51400/2709-6998.2565>
- Ortiz, N., Mangel, J.C., Wang, J., Alfaro-Shigueto, J., Pingo, S., Jimenez, A., Suarez, T., Swimmer, Y., Carvalho, F. & Godley, B.J. (2016) Reducing green turtle bycatch in small-scale fisheries using illuminated gillnets: the cost of saving a sea turtle. *Marine Ecology Progress Series*, **545**, 251-259. <https://doi.org/10.3354/meps11610>
- Palmer B., Taylor G, Brumfeld V., Gur, Dvir G, Shemesh M., Elad N., Osherov A., Oron D., Weiner S., Addadi L. (2017). The image-forming mirror in the eye of the scallop. *Science*, **358**, 1172-1175. <https://doi.org/10.1126/science.aam9506>
- Petetta, A., Vasapollo, C., Virgili, M., Bargione, G., & Lucchetti, A. (2020). Pots vs trammel nets: A catch comparison study in a Mediterranean small-scale fishery. *PeerJ*, **8**, e9287. <https://doi.org/10.7717/peerj.9287>
- Petetta, A., Virgili, M., Guicciardi, S., & Lucchetti, A. (2021). Pots as alternative and sustainable fishing gears in the Mediterranean Sea: An overview. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **31**(4), 773–795. <https://doi.org/10.1007/s11160-021-09676-6>
- Pham C., Carreira G., Porteiro F., Gonçalves J., Cardigos F., Martins H. (2009). First description of spawning in a deep water loliginid squid, *Loligo forbesi* (Cephalopoda: Myopsida). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **89**, 171 - 177. <https://doi.org/10.1017/S0025315408002415>

- Schnell A., Fein-Schaffer L., Fritz JB., Clayton N. (2023). How Intelligent is an Octopus or a Cuttlefish? Even Smarter Than You Might Think! *Frontiers for Young Minds*, **11**. <https://doi.org/10.3389/frym.2023.977530>
- Sitorus H. & Kodrat K. (2024). The Relationship Between Lamp Light Intensity and Squid Fishing Production in Sea Waters of the East Coast of North Sumatra. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, **28**. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2024.397880>
- Sokimi W., Beverly S. (2010). Small-scale fishing techniques using light: A manual for fishermen. Noumea, New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community.
- Speiser DI & Johnsen S. (2008). Scallops visually respond to the size and speed of virtual particles, *The Journal of experimental biology*, **211**, 2066–2070. <https://doi.org/10.1242/jeb.017038>
- Speiser DI., Loew E., Johnsen S. (2011). Spectral sensitivity of the concave mirror eyes of scallops: potential influences of habitat, self-screening and longitudinal chromatic aberration. *Journal of experimental biology*, **214**, 422–431. doi: <https://doi.org/10.1242/jeb.048108>
- Speiser DI., Wilkens LA. (2016). Neurobiology and Behaviour of the Scallop, *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, **40**, 219-251. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62710-0.00005-5>
- Suuronen, P., Chopin, F., Glass, C., Løkkeborg, S., Matsushita, Y., Queirolo, D., & Rihan, D. (2012). Low impact and fuel efficient fishing-Looking beyond the horizon. *Fisheries Research*, **119–120**, 135–146. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.12.009>
- Van Opstal, M., & Van Vlasselaer, J. (2023). Eindrapport - LED there be light: Technische innovaties in de visserij: Netinnovaties testen op vraag van sector & toepassen van licht in vistuigen.
- Vermard Y., Ulrich C. (2025). Bilan 2024 du statut des ressources halieutiques débarquées par la pêche française hexagonale en 2023. Ifremer. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00946/105772/>
- Wang, J.H., Boles, L.C., Higgins, B. & Lohmann, K.J. (2007). Behavioral responses of sea turtles to lightsticks used in longline fisheries. *Animal Conservation*, **10**, 176-182.
- Watanuki N., Hirayama I., Kawamura G. (2000). Why do cuttlefish *Sepia esculenta* enter basket traps? Space occupation habit hypothesis, *Fisheries science*, 2000, **66**, 2, 190-197. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2000.00034.x>
- Watanuki N., Iwashita T., Kawamura G. (2000). Cuttlefish spawning and visually mediated entry into basket traps. *Fisheries Science*, **66**: 185 189. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2000.00033.x>
- Watanuki N., Kawamura G., Kaneuchi S. and Iwashita T. (2000). Role of vision in behavior, visual field, and visual acuity of cuttlefish *Sepia esculenta*, *Fisheries Science*, **66**, 417-423. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2000.00068.x>
- Yochum N., Karlsen J. D., Senko J. F., Wang J. H., Melli V., Luca Geraci M., Utne-Palm A. C., Breen M., Cuende E., Bayse S. M., Somerville J., Hermann A., Edridge A., Mackenzie E. K., Ljungberg P., Chladek J., Van Opstal, M. Watson D., Lomeli M. J. M., & Oliver M. (2024). Guidelines for Evaluating Artificial Light to Mitigate Unwanted Fisheries Bycatch. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, **0(0)**, 1–45. <https://doi.org/10.1080/23308249.2024.2359417>
- Zhu J., Zhang E., et Del Rio-Tsonis K. (2012). Eye Anatomy. eLS, <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0000108.pub2>

Liste des figures

Figure 1 : Carte du découpage administratif en Manche-mer du Nord selon les rectangles CIEM (ICES)	8
Figure 2 : Recrutement estimé de sole en zone VIId par le WGNSSK Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak (traduit d'ICES, 2023). Le taux de recrutement de la sole a fortement diminué dès 2012.	9
Figure 3 : Évolution des TAC, débarquements et avis CIEM de soles de Manche Est (en tonnes). ICES, 2023. Les captures ont diminué depuis 2014.	9
Figure 4 : Port de Boulogne-sur-Mer dans les années 1980 (ancienne carte postale édition Estel).	10
Figure 5 : Contribution des différentes espèces en valeur de chiffre d'affaires à Boulogne-sur-Mer en 1989 (Allard 1991).	11
Figure 6 : Navire fileyeur-caseyeur.	12
Figure 7 : Répartition annuelle du poids d'encornets (<i>Loligo vulgaris</i> et autres espèces) débarqués par rectangles statistiques. Les poids débarqués d'encornets capturés en zone 30F1, soit dans le détroit du Pas-de-Calais, ont fortement augmenté.	12
Figure 8 : Exemple d'engins équipés de LED : A) LED dans un chalut B) LED en forme de lanterne attaché à un filet ancré (dans le cercle noir).	14
Figure 9 : Connaissances pluridisciplinaires de la pêche à la lumière (traduites de Breen & Lerner, 2013).	14
Figure 10 : Comparatif d'une structure d'œil humain (a) et d'œil de seiche (b) issu de Watanabe, Hisashi. (2012).	15
Figure 11 : Œil de crabe des neiges (<i>Chionoecetes opilio</i>) : (a) Vue au stéréo microscope en coupe ; (b) numérisation micrographie électronique (MEB) de la surface de l'œil (Nguyen & Wingler, 2019) ; (c) Schéma de la structure des yeux composés (Kogos et al., 2020).	15
Figure 12 : Yeux de <i>Placopecten magellanicus</i> une espèce de coquille Saint-Jacques. (A) yeux disposés le long des bords du manteau valvulaire. Échelle = 5mm. (B) Coupe transversale d'un œil de <i>P. magellanicus</i> coloré au colorant Hoechst (C) Schéma annoté de (B). Échelle = 100 µm (Speiser et al., 2010).	15
Figure 13 : Propagation de la lumière dans l'océan (Jonhsen & Sosik, 2004). Les longueurs d'onde visibles (en couleur) et ultraviolets pénètrent à différentes profondeurs dans l'eau claire de l'océan.	16
Figure 14 : Aperçu des bassins à bouquet. À gauche : Aperçu de la pièce avec 7 bassins de 450 litres de 110 x 90 x 50 cm. À droite : La pièce en lumière rouge, invisible pour la plupart des animaux marins. Ce type de lumière est utilisé pendant la phase "nuit" de l'expérience pour travailler avec le moins de perturbations.	18
Figure 15 : Exemple de nourriture donnée aux animaux. Le pot à gauche contient des polychètes, principalement pour nourrir les poissons. Au-dessus, les artémias visibles sont données principalement aux bouquets et aux crevettes. Le seau à droite contient de la daurade, surtout à destination des crabes.	19
Figure 16 : À gauche : Dispositif expérimental fait de PVC et de cinq compartiments. Ce modèle est adapté pour les expériences sur de petites espèces comme les crevettes. À droite : schéma du dispositif expérimental (image de Flores et al., en cours d'écriture).	19
Figure 17 : Exemple de tests d'appâts lumineux, en lumière rouge et dans l'obscurité totale.	19
Figure 18 : Le bouquet habite naturellement les rochers, les algues ou d'autres structures comme ici avec le conduit d'eau du bassin.	20
Figure 19 : Aperçu des bassins à gros crustacés. À gauche : Aperçu des six compartiments. À droite : Un seul compartiment.	20

Figure 20 : Photo d'un tourteau marqué.....	21
Figure 21 : Configuration expérimentale pour tester la lumière en tant qu'appât sur le tourteau. Un casier, dont un équipé de lumière, est placé dans chaque compartiment latéral.	21
Figure 22 : Vue du dessus du dispositif expérimental à homard. Le tube vert approvisionne le bassin en oxygène. Il a toujours été placé sur le grand compartiment depuis lequel le homard a débuté sa période d'acclimatation au début de chaque essai.	22
Figure 23 : À gauche : Vue des petits compartiments de contrôle et de test du dispositif expérimental à homard. À droite : Vue de l'entrée depuis le grand compartiment où le homard débute l'expérience.	22
Figure 24 : Deux types de LED utilisées pour les expérimentations. À gauche : LED Pisces de Safety Net Technologies®. À droite : La PotLight de Fishtek Marine®.	22
Figure 25 : Schéma des filières de tests constituées.	24
Figure 26 : Protocole de collecte des données en mer.....	25
Figure 27 : ScallopLight® suspendue à l'intérieur d'un casier.....	25
Figure 28 : Technique de pêche au casier Scallop potting.....	26
Figure 29 : A. Schéma du fonctionnement des ScallopEyes par Enever et al. 2022 ; B. Dents empêchant l'échappement des espèces sur le ScallopEyes.	26
Figure 30 : Parloir.....	27
Figure 31 : A. Casier à bouquet rond ; B. Prototype de casier « Le Drezen » ; C. Casier utilisé pour les expériences en mer.	27
Figure 32 : Trois exemples de modèles de casiers à seiche utilisés par les pêcheurs	27
Figure 33 : Casier à encornet utilisé pour les expériences en mer.	28
Figure 34 : À gauche : Sonde paramétrique Nke WiSens TBD. À droite : Caméra et caissons utilisés. .	28
Figure 35 : Carte des échantillonnages réalisés avec en jaune les zones de pêche du bouquet, en vert de l'encornet, en rouge des casiers mixtes et en violet de seiche.....	29
Figure 36 : Résultats de la comparaison entre les compartiments du dispositif expérimental. Le GLMM n'a pas montré d'effet significatif sur l'attraction des bouquets ($p>0.05$).	32
Figure 37 : Résultats du test lumineux sur les bouquets. Environ 10 % se sont orientés pour chaque couleur. Le groupe contrôle, en revanche, a compté plus de 60 % des bouquets. Le GLMM a montré une différence significative entre le contrôle et les compartiments avec lumière ($p<0.05$).	33
Figure 38 : Résultats du test avec la lumière rouge. 15 % des individus ont nagé jusqu'aux compartiments éclairés par la lumière rouge, contre environ 35 % vers les compartiments contrôles. Le GLMM a montré une différence significative entre la lumière rouge et les contrôles ($p<0.05$).	34
Figure 39 : Résultats du test d'attraction des bouquets par la lumière proche UV. Il y avait environ deux fois plus de bouquets dans le compartiment exposé à la lumière proche UV que dans les compartiments contrôles. Cela indique une forte attraction des bouquets à la lumière proche UV. Le GLMM a montré une différence significative entre le proche UV et les contrôles ($p<0.05$).	34
Figure 40 : Résultats des tests pour le tourteau et la lumière. Le modèle multinomial n'a pas montré de différence significative entre la zone contrôle et la zone avec lumière ($p>0.05$). Le casier éclairé a capturé significativement ($p<0.05$) plus de tourteaux que le casier contrôle sans lumière.	35
Figure 41 : Proportion de homards dans chaque compartiment après exposition à la lumière verte, proche UV ou blanche dans un bassin à trois compartiments. Le modèle multinomial n'a pas montré un effet significatif de la lumière sur le comportement du homard ($p>0.05$).	35
Figure 42 : Séquence d'images vidéo montrant l'entrée puis le retrait successif du homard devant la lumière verte.	36
Figure 43 : Occurrence de captures dans les casiers mixtes par traitement. Le GLMM a montré une différence significative ($p<0.05$) entre les casiers contrôles et les casiers avec lumière blanche de la proportion d'avoir au moins une capture.....	36

Figure 44 : Quantités des casiers mixte par traitement. Le GLMM a montré une différence significative ($p<0.05$) de quantité de captures entre les casiers contrôles et les casiers avec lumière blanche.....	37
Figure 45 : Quantités par casier mixte regroupées par catégories d'espèces. Le GLMM a montré une différence significative ($p<0.05$) du nombre de captures entre le casier contrôle et la lumière blanche pour la catégorie « espèces non ciblées ».....	37
Figure 46 : Quantités d'espèces majoritairement capturées par casier mixte. Le GLMM (Non Binomiale) montre une différence significative du nombre d'araignées de mer entre les casiers contrôles et les casiers avec lumière blanche ($p<0.05$).	38
Figure 47 : Pourcentage d'espèces pêchées par les casiers mixtes en mer; la catégorie «autres crustacés » comprend des étrilles et des homards.	39
Figure 48 : Nombre d'araignées de mer par rapport au nombre de tourteaux par casier mixte. Le test de corrélation de Spearman a montré une relation significativement positive ($p<0.05$) entre les deux espèces.	39
Figure 49 : Deux résultats issus de deux marées à bouquet différentes (à gauche du 04/12/2024 au 10/12/2024 ; à droite : du 14/01/2025 au 20/01/2025).	40
Figure 50 : Occurrence par traitement dans les casiers à seiche. Le GLMM a montré une différence significative ($p<0.05$) de la proportion d'avoir au moins une capture entre le casier contrôle (N) et le casier avec de la lumière blanche (LB)	41
Figure 51 : Quantité d'espèces totale et de seiches pêchées par casier à seiche. Gauche : Le GLMM a montré une différence significative ($p<0.05$) entre les casiers contrôles (N), la lumière blanche (LB) et la lumière verte (LV). Droite : Le GLMM a montré une différence significative ($p<0.05$) entre le contrôle et les deux traitements lumineux.....	41
Figure 52 : Proportions d'espèces pêchées par les casiers à seiche en mer.....	42
Figure 53 : Mesure de turbidité et résultats des marées du 5 au 14 mai 2025.	43
Figure 54 : Extrait vidéo du 1 ^{er} mai 2025 vers 19h20 de la seiche nageant à proximité du filet. Le temps en bas à droite de chaque image indique le « time code » de la vidéo et non l'heure, ce qui donne une information sur la durée.....	43
Figure 55 : Extrait vidéo du 2 mai 2025 vers 7h30 de la seiche nageant proche de la LED verte.	44
Figure 56 : Extrait vidéo du 2 mai 2025 vers 8h30 de la seiche très proche de la caméra.....	44
Figure 57 : Graphique montrant le retour sur investissement des ScallopLights, basé sur les captures de seiches dans les casiers à seiche. Ordonnée : revenu net (€) ; abscisse : nombre de traits (48h entre chaque trait).....	51

Liste des tableaux

Tableau 1 : Dépendance des chiffres d'affaires (CA sole VIId/CA total de la flottille) des flottilles françaises aux captures de soles de Manche Est (Biseau, 2014).....	10
Tableau 2 : Présentation des fileyeurs-caseyeurs volontaires.....	23
Tableau 3 : Répartition du matériel parmi les pêcheurs	24
Tableau 4 : Tailles commercialisables selon les espèces ciblées. Les seiches et les encornets ne font pas l'objet d'une taille minimale de capture.....	25
Tableau 5 : Informations sur les dimensions et espèces ciblées par les types de casiers utilisés dans les tests en mer.	26
Tableau 6 : Synthèse des sorties effectuées.....	29
Tableau 7 : Synthèse des captures des casiers mixtes. « Max » indique le nombre maximum pêché dans un casier pour une espèce donnée.	38
Tableau 8 : Synthèse des résultats des casiers à bouquet.....	40
Tableau 9 : Synthèse des captures des casiers à seiche	42
Tableau 10 : Synthèse des résultats POLUX.....	45

Annexes

Annexe 1 : Caractéristiques de la PISCES (Safety Net).

Mechanical Characteristics

Depth Rating	Max: 800m (2600 ft, 437 fathoms)
Weight	In air: 460g In water: 235g
Dimensions	L:127mm, D: 41mm
Operating Temperature	Min: -20°C (-4°F) Max: +55°C (131°F)
Storage temperature	Min: -30°C (-40°F) Max: 70°C (+176°F)
Vibration	Max: ±20gRMS
Attachment Method	4x M6 Mounting Holes in corners of the device to use bungee cord, twine or stainless-steel screw-lock carabiners; Quick attach / release bungee cord features.

Power Parameters

Battery Life	Standby (Always off)	410 hours	<i>Nominal battery life in hours when device is activated, given for each brightness option.</i>
	Low brightness	270 hours	
	Normal brightness	100 hours	
	High brightness	60 hours	
	Super brightness	20 hours	
Time to recharge		10 hours	<i>Using provided wireless charging case.</i>
Charger power requirements		40W, 110-240V AC	<i>Regional adapters can be provided.</i>

Functional Options

Colours of Light Emission	1. Deep Blue 2. Blue 3. Cyan 4. Green 5. Red 6. White	<i>Selectable via included remote control. A single selected colour is emitted from Pisces. Precise spectral data available on request.</i>
Flash rate options	1. No flashing (constant light emission) 2. Slow flashing (2 Hz) 3. Medium flashing (8 Hz) 4. Fast (32 Hz)	<i>Selectable via included remote control. Flashing occurs at a 50% duty cycle.</i>
Brightness options	1. Low Brightness 2. Normal Brightness 3. High Brightness 4. Super Brightness	<i>Selectable via included remote control.</i>
Activation Modes	1. Water-activate: Pisces will turn on automatically underwater, and turn off automatically when above water to conserve battery life. 2. Always ON 3. Always OFF	<i>Selectable via included remote control.</i>

Annexe 2 : Caractéristiques de la PotLight (Fishtek marine).

Potlight

Battery life	500 or 800+ hours (constant or flashing)
Dimensions	105mm x 40mm x 22mm
Weight (with batteries)	105 grams
In-water weight	34 grams
Depth rating	1200 m
Battery type	2 x replaceable AA alkaline
Immersion switch	Automatic immersion switch
Attachment hole diameter	5.5 mm
PotLight housing	Tough, injection moulded polycarbonate
Colour options	Available in green, white, blue (constant) & green, disco (flashing)

Annexe 3 : Caractéristiques de la lampe ScallopLight.

ScallopLight

Battery life	1500 hours (2 months fishing time)
Dimensions	Length 173mm Diameter 60mm
Weight (with batteries)	385 grams
In-water weight	65 grams
Depth rating	1000 m
Battery type	1 x replaceable or rechargeable alkaline D-cell
Immersion switch	Automatic immersion switch
Attachment hole diameter	8 mm
ScallopLight housing	Tough, injection moulded UV stabilised polycarbonate
Colour options	A constant white light*

*ScallopLight is programmable and variations to LED colour/duty cycle/brightness can be requested.

Annexe 4 : Caractéristiques de la ScallopEye.

ScallopEye

Dimensions	Height 225mm Width 468mm Depth 111mm
Interior entrance dimensions	Height 120mm Width 365mm
Frame material	Tough, injection moulded UV stabilised polycarbonate
Wall thickness	5mm
Prong material	316 stainless steel spring steel
Prong spacing	40mm
Hexagon attachment hole diameter	20mm

Annexe 5 : Fiche technique du casier à bouquet anciennement vendu par « Le Drezen ».

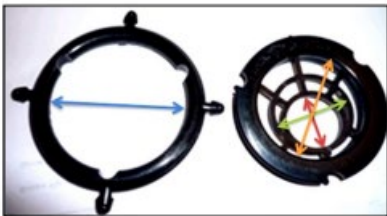
CASIER à CREVETTES



Casier à armature métallique plastifiée avec panneaux extérieurs en plastique rigide.
Deux entrées.
Côté de maille de 1cm.
Boîte à appât.

Dimensions: 570 x 388 x 300mm	Poids: 5,5 Kg
--------------------------------------	----------------------

Anneau d'entrée ajustable: Ø30-40mm: crevette, Ø60mm: langoustine, Ø75mm: étrille

75mm

60mm

40mm

30mm



Casier fourni avec boîte à appât.





Les panneaux extérieurs en plastique sont interchangeables.
Possibilité de commander chaque pièce séparément:

- Anneau d'entrée.
- Crochet pour ouverture/fermeture du casier.
- Boîte à appât.



Le Drezen

12 rue de Kélareun - LECHIAGAT-TREFFIAGAT - B.P. 46 - 29730 LE GUILVINEC - France
TEL + 33 (0)2 98 58 10 54 - FAX + 33 (0)2 98 58 93 33 - E-mail : info@ledrezen.com - Website : www.ledrezen.com

Annexe 6 : Exemple de feuille de données complétée.

Sans
appâts

Ø = sans lumière
B = lumière blanche

Feuille de données POLUX : Casiers Mixtes

Nom Bateau = Adèle Camille		
Localisation (Coordonnées) = 50°48'N - 001°21'E		Profondeur = 50 m
Pose de la filière	Date et heure = 28/11 à 4h30	Turbidité SECCHI (en m) =
Remontée de la filière	Date et heure = 04/12 à 10h00	Turbidité SECCHI (en m) =

N° filière =										
N° Casier	Traitement	Tourteaux		Crabes verts	Étrilles		Homards	CSJ		Autres espèces (nom + nombre)
		< 14 cm	>14 cm		<6.5 cm	> 6.5 cm		<13 cm	>13 cm	
1	Ø									vide
2	B									2 Araignée
3	Ø									vide
4	B									2 Serches
5	Ø	1								
6	B	2								1 Arr.
7	Ø									vide
8	B									1 Arr 1 Bar
9	Ø	1								
10	B	1								2 Arr.
11	Ø									vide
12	B		1							6 Arr.
13	Ø									vide
14	B	1								2 Bars 1 Arr
15	Ø							1		
16	B							1		1 Serche 2 Arr
17	Ø									vide
18	B								2	3 Arr.
19	Ø									vide
20	B									2 Arr.

Annexe 7 : Enregistrement vidéo dans un casier mixte. De la gauche vers la droite, un tacaud capturé nage autour de la LED et orienté en face de l'une des entrées du casier.

