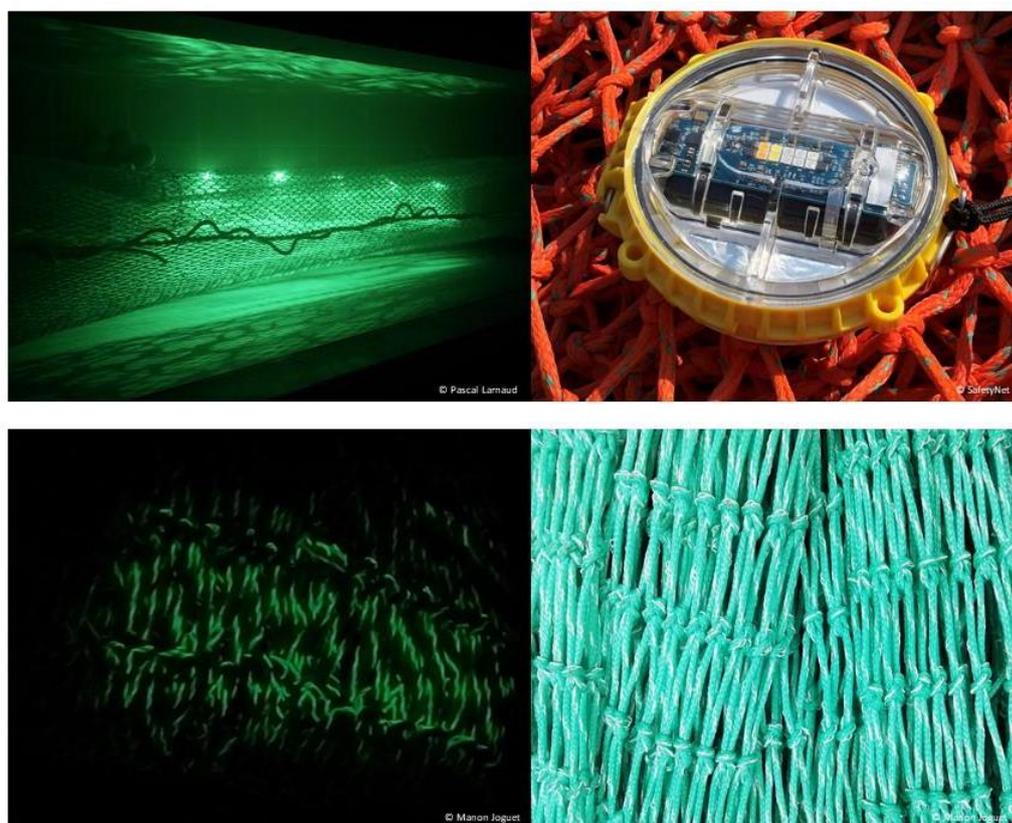


Rapport du projet SELUX



Amélioration de la sélectivité des chalutiers artisans
en Manche et sud mer du Nord via l'utilisation de
dispositifs lumineux

Janvier 2019 – Décembre 2020



Ce document doit être cité comme suit :

LANCELOT Loeiza, JOGUET Manon, COPPIN Franck, LARNAUD Pascal, LE GUILLOU Damien, MORANDEAU Fabien, DASAN Aran, 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.

Contact :

FROM Nord
16 rue du Commandant Charcot
CS 10381
62200 Boulogne-sur-Mer
op@fromnord.fr
03.21.30.03.43

Auteurs :

LANCELOT Loeïza (1), JOGUET Manon (1), COPPIN Franck (2), LARNAUD Pascal (3), LE GUILLOU Damien (4), MORANDEAU Fabien (3), DASAN Aran (5)

Collaborateurs, partenaires et financeurs :

FROM Nord, 16 rue du Commandant Charcot, CS 10381, 62200 Boulogne-sur-Mer (1).

Le laboratoire Ressources Halieutiques, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), 150 quai Gambetta, BP 699, 62321 Boulogne-sur-Mer (2).

Le laboratoire Technologies Halieutiques, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), 8 rue François Toullec, 56100 Lorient (3).

L'entreprise LE DREZEN, 12 Rue de Kelareun, 29730 Treffiat (4).

L'entreprise SafetyNet Technologies, 3-5 Hardwidge Street, London, SE1 3SY, UK (5).

FranceAgriMer - 12 rue Henri Rol Tanguy - 93555 Montreuil cedex.

France Filière Pêche - 11-15 rue Saint Georges 75009 Paris.

La Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture (DPMA), Tour Séquoia, 1 place Carpeaux, 92800 Puteaux.

Pôle AQUIMER, 16 rue du Commandant Charcot, CS 10381, 62200 Boulogne-sur-Mer.

Remerciements

Nous remercions l'ensemble des partenaires du projet SELUX pour cette agréable coopération durant ces deux années.

Nous remercions également, Néographic et Océanic Développement pour leur implication dans le projet ainsi que les patrons de pêche des trois chalutiers et leurs équipages pour leur implication et leur accueil à bord des navires durant les marées expérimentales.

Enfin nous remercions les financeurs du projet, FranceAgriMer et France Filière Pêche sans lesquels ce travail n'aurait pu être réalisé.

Table des matières

Introduction.....	8
1. Contexte	9
1.1. Contexte réglementaire : l’Obligation de débarquement.....	9
1.2. La pêche artisanale : Chalutiers artisans pêchant en Manche Est et Sud mer du Nord.....	9
1.3. Projets d’amélioration de la sélectivité des chaluts.....	11
1.3.1. Grilles sélectives	11
1.3.2. Panneau à mailles carrées (PMC)	12
1.3.3. Cylindres à mailles carrées	12
1.3.4. Mailles en T90	13
1.4. La lumière, une solution pour améliorer la sélectivité ?.....	14
1.4.1. Evolution du spectre de la lumière dans l’eau	14
1.4.2. Le phénomène de phototropisme.....	15
1.4.3. Lumière et sélectivité	16
2. Méthodologie	18
2.1. Dispositifs testés dans le cadre du projet	18
2.1.1. Le Brezglow.....	18
2.1.2. Les PISCES.....	19
2.1.3. Le panneau à mailles carrées	19
2.2. Navires sélectionnés pour les marées tests	20
2.3. Marées préliminaires : Collecte et analyse des données comportementales des espèces	21
2.3.1. Marée PISCES : 8 au 12 avril 2019	21
2.3.2. Marée Brezglow : du 6 au 10 mai 2019.....	26
2.3.3. Configuration retenue pour les marées expérimentales	28
2.4. Marées expérimentales.....	28
2.4.1. Configurations testées.....	29
2.4.2. Protocole de test	31
2.4.3. Collecte des données de captures.....	32
2.4.4. Traitement des données.....	33
3. Résultats.....	37
3.1. Les PISCES	37
3.1.1. Description de l’échantillon.....	37
3.1.2. Validation des données	38
3.1.3. Etude des facteurs pouvant avoir une influence sur la sélectivité de l’engin test.....	39
3.1.4. Analyse globale des captures	40

3.1.5	Analyse par espèce.....	41
3.2.	Le Brezglow	49
3.2.1	Description de l'échantillon.....	49
3.2.2	Validation des données	50
3.2.3	Etude des facteurs pouvant avoir une influence sur les captures	51
3.2.4	Analyse globale des captures	52
3.2.5	Analyse par espèce.....	53
3.3.	MAREE PMC/T90	61
3.3.1	Protocole de test	61
3.3.2	Résultats.....	62
4.	Discussion	66
	Conclusions et perspectives	70

Résumé

Le projet SELUX (janvier 2019 - décembre 2020) avait pour but de tester des dispositifs lumineux permettant d'améliorer la sélectivité du panneau à mailles carrées de 80mm réglementaire en mer du Nord. L'objectif poursuivi était de permettre une réduction des captures de chinchards et de merlan, (espèces soumises à l'obligation de débarquement et fortement rejetées par cette flottille) tout en conservant les espèces de valeur marchande.

Deux dispositifs lumineux ont été testés en conditions réelles de pêche : Les PISCES, des LEDs étanches développées par la startup anglaise SafetyNet et le Brezglow, du fil fluorescent développé par l'entreprise bretonne Le Drezen.

Le Brezglow a été testé dans une seule configuration sur 3 marées entre décembre 2019 et septembre 2020 : Mailles Brezglow sur le ventre du chalut sous le PMC

Les Pisces ont été testés dans deux configurations différentes sur 4 marées entre octobre 2019 et juillet 2020

- Configuration 1 sur la marée d'octobre 2019 : 4 PISCES non clignotants sur le ventre du chalut sous le PMC
- Configuration 2 sur les 3 marées suivantes : 5 PISCES clignotants sur le ventre du chalut sous le PMC).

La méthode des « traits alternés » a été utilisée pour ces expérimentations. Cette méthode consiste à utiliser successivement un chalut témoin et un chalut test en s'assurant que les facteurs qui influent sur l'abondance et l'efficacité de l'engin soient les plus proches possibles. Deux observateurs ont embarqué à chaque marée afin d'échantillonner les captures.

Ce projet a permis d'améliorer les connaissances sur le comportement de différentes espèces face à la lumière. De ces analyses, il ressort que le merlan a plutôt un comportement d'évitement de la lumière tout comme le maquereau et qu'à l'opposé, les petits pélagiques (harengs, sprats), seraient attirés par celle-ci. Le chinchard serait également attiré par la lumière mais pourrait être repoussé par celle-ci lorsqu'elle est clignotante.

Les configurations lumière/PMC testées ont permis de réduire les captures de merlan sur deux marées (une marée pour chaque dispositif) sur toutes les tailles induisant donc des pertes commerciales. Pour réduire les échappements d'individus de tailles supérieures à la taille minimale de référence de conservation (TMRC) des ajustements pourraient être effectués comme par exemple l'utilisation du T90 plus adapté à cette espèce. En effet, différentes études soulignent l'efficacité du T90 pour la sélectivité du merlan, plus approprié pour une sélection assez proche de la TMRC et les résultats de la comparaison PMC/T90 réalisée dans le cadre de ce projet le confirme. L'efficacité des lumières pourrait également être améliorée en variant l'intensité et en ajustant leur position sur le chalut (plus en amont du Panneau sélectif). Enfin, les résultats spécifiques à ces 2 marées peuvent suggérer l'influence de critères liés à la saison ou la zone tels que la lumière ambiante ou la turbidité.

Concernant le chinchard, les configurations testées n'ont pas permis d'améliorer la sélectivité. En revanche, les résultats sont prometteurs pour les espèces à forte valeur ajoutée (rouget barbet, maquereau, ...) dont les débarquements ne semblent pas impactés par la présence de lumière sur le chalut.

Ces résultats donnent des premières pistes sur la manière d'utiliser la lumière pour améliorer la sélectivité de cette pêcherie. Les possibilités d'ajustement de la lumière vis-à-vis de dispositifs sélectifs sont multiples. Il serait intéressant de poursuivre les essais avec de nouvelles configurations.

ABSTRACT

The aim of the SELUX project (January 2019 - December 2020) was to test lighting systems which enable the selectivity of the 80 mm square mesh panel which is legally prescribed for use in the North Sea to be improved. The aim was to enable a reduction in catches of horse mackerel and whiting (species which have to be landed and which are largely discarded by this fishing fleet) while retaining species which are commercially valuable.

Two lighting systems were tested in real fishing conditions: PISCES, which are waterproof LEDs developed by the English start-up, SafetyNet, and Brezglow, a fluorescent wire developed by the Le Drezen company which is based in Brittany.

Brezglow was tested in just one configuration on 3 fishing trips between December 2019 and September 2020: Brezglow mesh on the belly part of the trawl underneath the square mesh panel

The Pisces devices were tested in two different configurations on 4 fishing trips between October 2019 and July 2020

- Configuration 1 on the fishing trip in October 2019: 4 non-flashing PISCES on the belly part of the trawl underneath the square mesh panel
- Configuration 2 on the 3 following fishing trips: 5 flashing PISCES on the belly part of the trawl underneath the square mesh panel.

The “alternate haul” method was used for these experiments. This method involves using a control trawl followed by a test trawl while ensuring that the factors which influence the abundance of fish and the efficiency of the gear are as similar as possible. Two observers were on board during each fishing trip in order to sample the catches.

This project enabled an improved understanding of the behaviour of different species in response to light to be obtained. These analyses show that whiting – like mackerel – tends to shun the light, and that by contrast small pelagic species (herring, sprats) seem to be attracted by it. Horse mackerel also seem to be attracted by the light but could be repelled by it when it is flashing.

The configurations of lights and square mesh panels that were tested enabled catches of whiting of all sizes to be reduced over two fishing trips (one fishing trip for each system), which means commercial losses for the ships that are fitted with these systems. These results are nevertheless encouraging. Adjustments could be made so as to prevent individuals larger than the MCRS (Minimum Conservation Reference Size) from escaping, e.g., the use of T90 netting which is more suitable for this species. The efficiency of the lights could also be improved by varying their brightness and adjusting their position on the trawl net (installing them further above the selective panel). The configurations that were tested were unable to improve selectivity in relation to horse mackerel. However, the results are promising in relation to species which have a high added value, and the amounts of such species that are landed do not seem to be affected by the presence of lights on the trawl net.

These results provide initial indications of how light can be used to improve the selectivity of this fishery. There are many different ways in which the light could be adjusted in relation to selective systems. It would be interesting to continue the trials using new configurations.

Introduction

Améliorer la sélectivité des engins de pêche est un enjeu majeur pour les chalutiers artisans pêchant en Manche Est et sud mer du Nord. Afin de respecter l'obligation de débarquement en vigueur depuis 2019 et de maintenir une rentabilité économique de la flotte sur le long terme, une réduction conséquente des prises accessoires est essentielle. Pour ces navires, les prises accessoires gérées par un système de Total Admissible de Captures (TAC) et donc concernées par l'obligation de débarquement, représentent jusqu'à 52,1% du total de leurs captures (Gauduchon & Al., 2020).

Depuis plusieurs années, de nombreux tests de sélectivité ont été réalisés par cette flotte (grille d'échappement, cylindre avec différents maillages, etc.), sans qu'aucun ne semble atteindre un équilibre acceptable entre réduction des captures indésirées et maintien des espèces à forte valeur commerciale. L'amélioration de la sélectivité n'est pas évidente pour cette flotte. Ces navires ciblent une quarantaine d'espèces, dont les Tailles Minimales de Référence de Conservation (TMRC) peuvent être variées (Exemple : en Manche Est : maquereau 20cm / merlan 27cm / cabillaud 35cm). Une simple augmentation du maillage peut entraîner des pertes importantes chez certaines espèces. La sélectivité doit donc être interspécifique pour ne favoriser uniquement l'échappement que de certaines espèces mais également intraspécifique pour ne conserver que les individus au-dessus de la TMRC. La combinaison de dispositifs sélectifs semble être la plus efficace pour le moment.

C'est sur ce constat que s'est développé le projet SELUX. D'une durée de deux ans (janvier 2019 – décembre 2020), le projet vise à tester l'association de dispositifs sélectifs connus tel que le Panneau Mailles Carrées (PMC) avec des équipements lumineux. Différentes études (O'Neill et al., 2017 ; Marchesan & Al., 2004, Kurc et al, 1966, Breen & Lerner, 2013), traitent de l'influence de la lumière sur le comportement du poisson. Selon la position, la couleur, et l'intensité utilisée, les dispositifs lumineux semblent attirer ou au contraire repousser certaines espèces. La lumière pourrait ainsi renforcer la pertinence de dispositifs sélectifs déjà présents sur les engins de pêche en facilitant l'échappement de certaines espèces. Bien qu'il existe un certain nombre d'études sur le sujet à travers le monde, aucune ne concerne les chalutiers artisans ciblant les espèces démersales en Manche Est et mer du Nord.

Le projet SELUX se focalise sur le merlan et le chinchard, ces dernières étant parmi les trois premières espèces les plus rejetées par ces navires (Gauduchon & Al., 2020). L'objectif est de réduire les captures de chinchard de toutes tailles et celles de merlan de moins de 27 cm tout en conservant les espèces à forte valeur marchande tels que le rouget barbet et l'encornet. Le dispositif doit permettre d'atteindre un équilibre entre réduction des rejets et maintien du chiffre d'affaires.

Deux dispositifs lumineux sont testés dans le cadre du projet :

- Le « PISCES », développé par l'entreprise SafetyNet, est un dispositif constitué d'un cylindre transparent équipé de LED, dont la couleur et l'intensité lumineuse peuvent varier.
- Le « BREZGLOW », un dispositif élaboré par l'entreprise Le Drezen, constitué de fil fluorescent remplaçant les mailles classiques du chalut.

La première partie du projet fut consacrée à l'analyse du comportement des espèces face à la lumière afin de définir la meilleure configuration PMC/lumière. Des marées expérimentales ont ensuite été organisées afin d'évaluer l'efficacité de ces couplages dispositifs lumineux et dispositifs sélectifs.

Ce rapport, après une présentation du contexte et de la méthodologie, présente les résultats de ces différentes marées expérimentales.

1. Contexte

1.1. Contexte réglementaire : l'Obligation de débarquement (règlement CE 1380/2013, art.15)

Depuis 2015, la politique commune de la pêche (PCP) a progressivement mis en œuvre l'obligation de débarquement dans les différentes pêcheries européennes (règlement CE 1380/2013, art.15). L'objectif de ce nouveau règlement est d'encourager l'amélioration de la sélectivité afin d'atteindre à la fois un bon état des différents stocks et le Rendement Maximal Durable (RMD). Depuis le 1er janvier 2019, tous les navires européens sont soumis à ce règlement. Les pêcheurs professionnels ne sont ainsi plus autorisés à rejeter les captures d'espèces soumises à un TAC, même si elles sont inférieures à la TMRC. Ces captures doivent être conservées à bord, débarquées et déduites des quotas et ne peuvent pas être destinées à la consommation humaine directe. Des exceptions sont présentes pour les espèces où l'amélioration de la sélectivité est « très difficile » et pour lesquelles l'application de l'Obligation de Débarquement (OD) entraîne des « coûts disproportionnés » pour la pêcherie considérée. Ces exceptions s'appellent des exemptions « de minimis ». Cela représente un pourcentage annuel maximum des captures de l'espèce soumise à l'OD qu'il est possible de rejeter. Des exceptions existent également pour les espèces qui disposent d'un « taux de survie élevé » ou qui sont interdites à la pêche.

Cette nouvelle réglementation induit de lourdes conséquences pour les chalutiers artisans pêchant en Manche Est et sud mer du Nord. En effet, malgré d'importantes avancées ces dernières années en matière de sélectivité, certaines espèces comme le chinchard, le maquereau ou le merlan présentent encore d'importants rejets. La mise en œuvre de cette réglementation peut entraîner des situations critiques.

La principale difficulté concerne la problématique des « chokes Species ». Certaines espèces font l'objet de quotas très faibles. Or, ces espèces ne peuvent pas toujours être évitées, soit parce qu'elles sont capturées en même temps que d'autres espèces ciblées (pêcheries mixtes), soit parce qu'elles font l'objet de captures accidentelles non désirées (état du stock qui s'améliore, développement d'espèces dans de nouvelles zones). Le navire étant obligé de les débarquer, le quota de ces espèces peut ainsi être atteint très rapidement. De ce fait, le navire serait obligé de rester à quai car en mer il risquerait de pêcher les espèces dont le quota est atteint, même si les quotas ne sont pas atteints pour toutes les espèces. Cette situation peut contraindre les navires à cesser leurs activités de pêche.

Au-delà de cette problématique des « chokes Species », les pêcheurs professionnels risquent de consommer leurs quotas trop rapidement et de manière non efficace. Les débarquements quant à eux, risquent de ne pas être réguliers toute l'année, ce qui affectera le marché. Les marins perdront également du temps à trier les captures et ils perdront de l'espace à bord pour des espèces qui n'ont pas de valeur économique. On estime à 15,4% la proportion de temps en plus que les pêcheurs d'un chalutier de plus de 18 mètres consacreront à trier ces prises. Le temps de repos en sera ainsi affecté (Balazuc A, 2016). L'amélioration de la sélectivité représente par conséquent un défi majeur pour cette flottille.

1.2. La pêcherie : Chalutiers artisans pêchant en Manche Est et Sud mer du Nord

Le projet se focalise sur les chalutiers de fond de plus de 18 mètres ciblant les espèces démersales et les céphalopodes en Est Manche-Est et Sud mer du Nord. Ces navires sont particulièrement concernés par les problèmes de rejets soumis à TAC. Sur les 15 principales espèces capturées, 8 sont soumises à un TAC et représentent une part importante des rejets (Gauduchon & Al., 2020). Ce qui représente un réel problème

dans le contexte de l'obligation de débarquement. Les résultats de ces travaux pourront toutefois être bénéfiques à la flottille des moins de 18 mètres également concernée par cette problématique des rejets à certaines saisons.

Parmi les adhérents de l'organisation de producteur (OP FROM Nord), 44 navires pratiquaient le chalut de fond en 2019. Ces navires vont de 9,6 mètres à 33 mètres dont 29 de taille inférieure à 18 mètres et 15 de plus de 18 mètres. Un grand nombre de ces chalutiers et particulièrement les moins de 18 mètres sont non exclusifs et pratiquent souvent 2 à 3 métiers (drague à Coquilles Saint Jacques, chalut pélagique, chalut à perche, senne danoise ...). Sur les 44 navires qui pratiquent le chalut, seulement 5 le pratiquent exclusivement (Données FROM Nord).

Trois types de chaluts sont utilisés : le chalut de fond à panneaux (OTB), le chalut de fond jumeaux (OTT) et le chalut bœuf de fond (PTB). Chaque engin trainant a ses particularités (nombre de faces, ouverture verticale, etc.) mais depuis la mise en place du plan cabillaud (règlement CE 1098/2007), les navires concernés sont équipés d'un PMC obligatoire en 80 millimètres étiré sur le dos de leur chalut (3m sur 1m au niveau de la rallonge Fig.23) pour être autorisés à pêcher en mer du Nord. Certains d'entre eux le gardent également dans la zone VIId.

Selon la période de l'année, ces navires réalisent des marées d'un à cinq jours. En hiver, ils partent principalement à la journée, en zone VIId et pêchent de l'encornet et du rouget barbet, espèces à forte valeur commerciale. Le reste de l'année certains navires vont en zones IVc et IVb sur une semaine pour pêcher des espèces tels que le merlan et le maquereau (fig. 1 et 2). La durée des traits varie selon les espèces ciblées, mais elle est en moyenne de 3 heures.

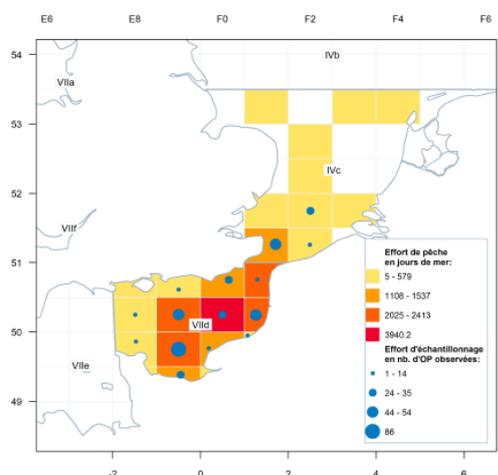


Figure 1 : Répartition géographique des opérations de pêche observées (cercles) et de l'effort de pêche total (Rectangles) en nombre de jours de mer (Gauduchon & Al., 2020).

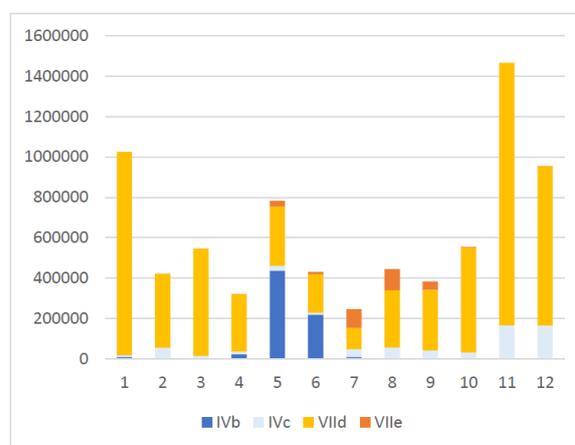


Figure 2: Répartition des captures par mois et par zone des chalutiers artisans du FROM Nord en 2018 (Données FROM Nord 2018)

Ces chalutiers artisans présentent des taux de rejets variés. Néanmoins, le merlan et le chinchard sont parmi les principales espèces rejetées sous quota. En effet, 28% des captures de merlan sont rejetées en moyenne, et 51.4% pour le chinchard. Ces deux espèces représentent 31,6% des rejets totaux (Fig. 3).

La composition spécifique des captures en poids est présentée ci-dessous.

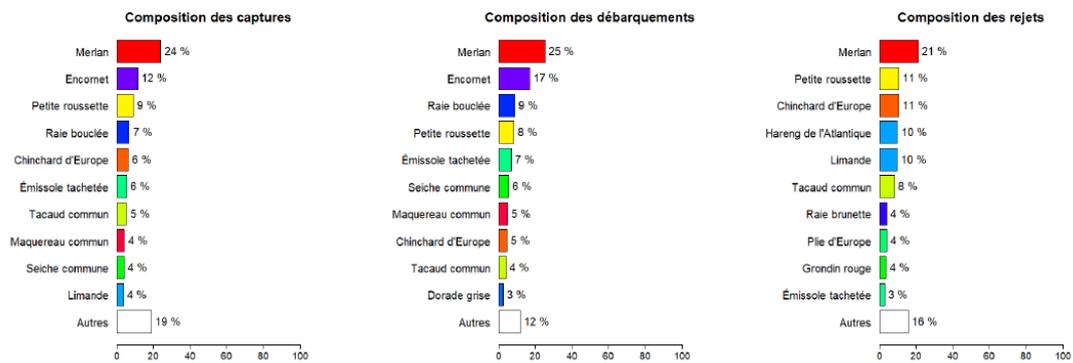


Figure 3: Composition spécifique en poids des captures (à gauche), des débarquements (au centre) et des rejets (à droite) dans les observations 2018 pour ce métier (Gauduchon & Al., 2020).

Le merlan est une espèce très importante pour la flottille étudiée tout en présentant un taux de rejet conséquent. C'est la première espèce débarquée (25% des captures totales), mais 28% en moyenne de ces captures sont rejetées. Ces rejets sont principalement liés au respect de la taille commerciale qui est de 27cm. La majorité des merlans rejetés est sous la TMRC (67,6%).

L'origine du rejet est très différente pour le chinchard. Cette espèce souffre d'un manque de marché et surtout d'un quota limité : seuls 9% des rejets sont inférieurs à la TMRC de 15cm (Gauduchon & Al., 2020). Si les navires débarquaient l'ensemble des captures de chinchards, le quota serait atteint prématurément, probablement en mai (simulation grâce aux données chiffrées de l'OP FROM Nord). Ce sont donc naturellement ces deux espèces qui seront principalement étudiées dans le projet SELUX.

1.3. Projets d'amélioration de la sélectivité des chaluts

Depuis le début des années 2000, différentes flottilles de chalutiers pêchant en Manche Est et mer du Nord se sont impliquées, voire ont été à l'origine de programmes testant la sélectivité d'engins. Différentes adaptations peuvent être mise en œuvre sur un engin de pêche pour en améliorer sa sélectivité : La modification de la taille du maillage, du nombre de mailles, du diamètre du fil du chalut ou bien encore l'adjonction de dispositifs sélectifs (grilles, PMC, flotteurs, etc.). L'objectif étant d'adapter le dispositif à la morphologie et aux comportements de/des espèce(s) ciblée(s). La prise en compte de cette diversité est l'élément qui complexifie l'exercice, car ces navires pêchent de nombreuses espèces aux TMRC et aux morphologies différentes. Il est donc essentiel d'y prêter attention.

Cet état de l'art présente les différents dispositifs sélectifs testés par ces flottilles et les résultats de ces tests en se focalisant sur le merlan et le chinchard, les deux espèces ciblées par le projet. Une présentation sommaire des différents dispositifs testés et des résultats de ces tests est présente en annexe A.

1.3.1. Grilles sélectives

Trois projets, SAUPLIMOR, SELECMER et SELECCAB se sont penchés sur le développement de grilles sélectives. Ces grilles sont notamment développées pour une sélectivité différenciée selon les espèces.

Le programme SAUPLIMOR (1999-2001), visait la réduction des captures de cabillaud et de plie hors-tailles. Dans le cadre de ce projet, une « grille sélective » a été testée à différents points stratégiques de la rallonge du chalut : en haut, en bas, renforcée par un voile de guidage en petit maillage en amont, ou encore associée à une nappe élévatrice. Au total, 11 configurations ont été envisagées afin de tester les différentes réactions des juvéniles des espèces ciblées. Dans le rapport final (Mortreux & Al., 2001), il est

indiqué que les meilleurs résultats concernent les juvéniles de merlan, dont le pourcentage d'échappement atteint 68% au printemps en considérant une grille dont les barreaux sont espacés de 25mm. Néanmoins, une perte immédiate du chiffre d'affaires est observée avec ce dispositif. Cette perte économique est notamment due aux échappements de 34% de merlans supérieurs à la taille minimale au lieu de 6% en moyenne avec un chalut dit « classique ».

Le projet SELECMER (2008-2009), porté par le CRPMEM Nord Pas-de-Calais Picardie (Hauts-de-France aujourd'hui), avait pour principal objectif la réduction des captures de merlan sous-taille (27cm). Parmi les deux dispositifs sélectifs testés dans le projet, la grille a permis d'obtenir des résultats positifs en termes d'échappement du merlan (-16% de merlan sous-taille). Néanmoins, ce dispositif soulève encore des questions, notamment en termes de faisabilité et de viabilité économique sur d'autres espèces clés de la flottille (rouget, encornet, maquereau, etc.).

Les résultats n'étaient pas plus encourageants dans le projet SELECCAB (2009-2010) (Viera & Al., 2010) inscrit dans la continuité des projets SAUPLIMOR et SELECMER. L'association de deux grilles sélectives, une pour le merlan et une pour le cabillaud, occasionne un fort taux d'échappement de merlan de tailles commerciales (jusqu'à 43% de débarquements en moins).

Ainsi, malgré leur efficacité pour réduire les captures accessoires, ces grilles induisent un impact économique trop important pour le moment. De plus, certains pêcheurs ne les trouvent pas pratiques à utiliser.

1.3.2. Panneau à mailles carrées (PMC)

Ces projets se sont également concentrés sur le développement de panneaux à mailles carrées également appelées fenêtres à mailles carrées. La maille carrée facilite l'échappement d'un grand nombre d'espèces et en particulier des gadidés. Le PMC en 80mm sur le dos du chalut est depuis 2007 obligatoire pour les chalutiers en mer du Nord.

Différentes configurations ont été testées ces dernières années tels que les panneaux à mailles carrées en 120mm et en 80 mm jauge dans le cadre du projet SELECMER. L'objectif était de remplacer le panneau à mailles carrées en 80mm, actuellement obligatoire en mer du Nord, par un panneau à mailles carrées en 120mm. Deux positions ont été testées : Un panneau à 6m du raban de cul et un panneau avant la rallonge à 10,5m du raban de cul. Le PMC en 120mm permet bien de diminuer les rejets de merlans hors-tailles. Cependant, c'est toute la gamme de taille des merlans, depuis 22cm jusqu'à 35cm, qui s'échappe à travers le dispositif avec des pertes commerciales allant de 26 à 28%. L'échappement de chinchard et de maquereau est également facilité par ce dispositif, mais cela s'accompagne aussi de pertes commerciales importantes de maquereaux. Les résultats de ce projet indiquent que la position du panneau sur la rallonge n'aurait pas d'impacts sur l'échappement des merlans, cependant la position arrière de la fenêtre sur la rallonge favoriserait l'échappement de maquereaux (Leonardi & Al., 2009).

Un autre test a été réalisé dans le cadre de ce projet avec un panneau supplémentaire en 80mm dans le petit dos. Les résultats ne mettent en évidence aucune amélioration de la sélectivité pour le merlan avec ce panneau supplémentaire. L'explication pourrait venir du fait que l'ouverture verticale du chalut serait encore trop importante, dans cette section du chalut testé, pour que les merlans atteignent le PMC.

1.3.3. Cylindres à mailles carrées

Le projet SELECFISH (2013-2014) a imaginé des cylindres à mailles carrées (CMC), composés de deux morceaux d'alèse tournés à 45°. Placés dans la rallonge du chalut, juste en arrière du PMC de 80mm déjà obligatoire en mer du Nord, ces cylindres à mailles carrées ont été testés sur 1m et sur 2m de long, avec un maillage de 80mm, 100mm et 115mm. Ces CMC ont été combinés aux dispositifs testés précédemment

tels que les grilles sélectives. Les différents CMC testés ont permis la réduction des rejets de manière significative : entre -20 et -78%. Ils sont notamment assez efficaces pour le merlan, dont les rejets ont diminué de 35 à 60%, et ont prouvé une réelle pertinence pour l'échappement des petits pélagiques (hareng, maquereau, chinchard). Néanmoins, et dans la continuité des projets précédents, la maille carrée pose la question de l'équilibre commercial entre les rejets évités et les débarquements diminués, les pertes commerciales pouvant atteindre 35% du chiffre d'affaires.

De nouveau, la multi spécificité de la flottille complexifie fortement l'amélioration de la sélectivité (Weiller & Al., 2014).

1.3.4. Mailles en T90

D'autres projets ont été récemment réalisés pour tester la maille T90. Il s'agit d'une nappe de filet dont l'ensemble des mailles losange est tourné à 90°. Les mailles sont ainsi montées à l'inverse des directions habituelles. Les forces de traction ne s'exercent plus dans le sens naturel des mailles, ce qui permet de garder ces dernières bien ouvertes (Fig. 4).

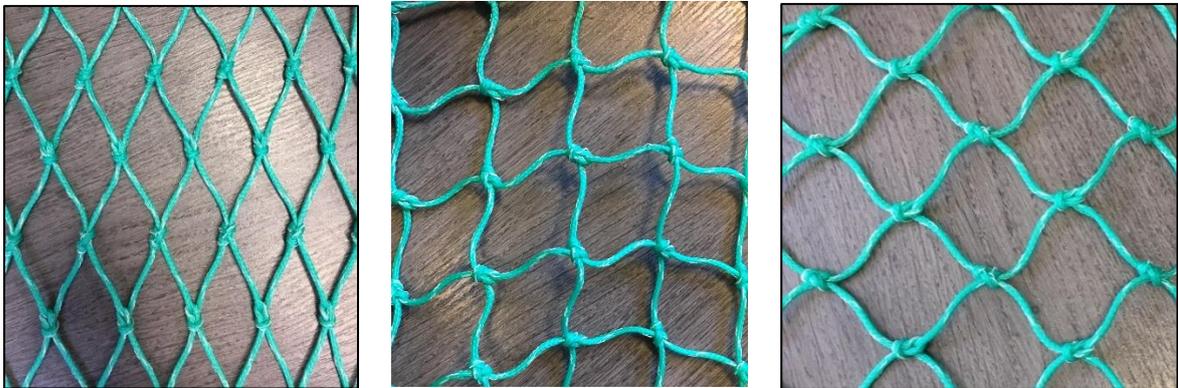


Figure 4: Mailles losanges (gauche), mailles carrées (centre) et mailles T90 (droite)

Le premier de ces projets, CELSELEC (2014-2016), porté par l'OP Les Pêcheurs de Bretagne en partenariat avec l'IFREMER a testé le T90 en maillage 100mm en Mer Celtique, dans la totalité de la rallonge et fond de cul de chalut. Il a montré une grande efficacité dans la diminution globale des rejets (de l'ordre de -40 à -50% selon les navires) et en particulier sur l'églefin et le merlan. Des pertes commerciales de 20 à 30% ont par contre été constatées sur le merlan, en raison du maillage de 100mm (Lamothe, 2017).

Le second, REJEMCELEC (2016-2018), porté par l'OP Cobrenord en partenariat avec l'OPN (Organisation de Producteurs de Normandie) et l'IFREMER, a testé des panneaux T90 80mm en Manche Ouest dans le gorget (dernière partie conique du chalut) et la rallonge (partie droite). Le T90 en 80mm, avec sa forme plus adaptée pour permettre l'échappement de merlan que la maille carrée a montré de très bons échappements des petits merlans sous taille : -73% pour les tailles inférieures à 27cm, -44% pour les merlans entre 27 et 32cm et une capture équivalente autour de 33/35cm. Les pertes commerciales sont négligeables dans le cadre de cette pêcherie (Lavialle, 2018). En Manche Est et mer du Nord très peu de merlan de plus de 33cm sont capturés. Ceci peut être lié à la répartition géographique de l'espèce, (plus de jeunes individus en 7d) et/ou à l'état du stock. Les derniers avis CIEM présentent un stock toujours exploité aux dessus de Frmd et une biomasse féconde qui va tout juste d'atteindre le Brmd. A l'heure actuelle, une baisse des captures d'individus de 27 et 32 cm aurait donc un impact économique important.

Ainsi, de nombreux projets apportent déjà des solutions et des éléments de réflexion sur la manière de réduire la part des captures indésirées. Néanmoins, l'équilibre économique reste encore délicat à atteindre. Il a été prouvé qu'il est souvent plus pertinent de coupler les dispositifs sélectifs. A l'heure

actuelle, la combinaison de dispositifs concerne principalement les grilles et la maille carrée. Mais c'est bien l'association des dispositifs qui renforce leur efficacité respective (Sarda & Al., 2006). Cela se vérifie particulièrement pour les pêcheries démersales en Méditerranée, mais également pour des pêcheries démersales en mer du Nord (Graham & Al., 2004).

1.4. La lumière, une solution pour améliorer la sélectivité ?

L'utilisation de la lumière dans le monde de la pêche n'est pas une innovation. Depuis des milliers d'années celle-ci est utilisée comme stimuli pour attirer et/ou repousser les poissons ; ceci afin d'améliorer la capturabilité d'espèces cibles, ou bien de réduire les prises accessoires (Bryhn et al., 2014 ; Hannah, Lomeli, & Jones, 2015 ; Ortiz et al., 2016). Historiquement, de simples torches étaient utilisées, puis au fil des années, divers engins de pêche se sont équipés de lumières tels que la senne tournante en Norvège, la pêche au Lamparo en Méditerranée et la pêche aux céphalopodes en Asie (Breen & Lerner, 2013, Bryhn et al., 2014 ; Ortiz et al., 2016). Ces engins, de plus en plus sophistiqués sont pour la plupart aujourd'hui équipés de lumières à diodes électroluminescentes (LED), ayant une longévité importante et de bonnes performances chromatiques (An, 2013 ; Breen & Lerner, 2013 ; Bryhn et al., 2014 ; Kroger, 2013 ; Yamashita et al., 2012) mais d'autres dispositifs tels que des filets luminescent commencent à voir le jour (Nguyen, 2019).

De nombreuses études scientifiques relatent les évolutions faites au cours de ces dernières décennies. Des rapports sur différents engins testés mais également de nombreuses recherches sur le phénomène de phototropisme chez les poissons sont publiées depuis les années 60. Le développement de dispositifs de pêche adaptés nécessite en effet l'approfondissement des connaissances concernant la biologie et la physiologie des poissons mais également dans d'autres domaines tel que la physique et l'ingénierie (Marchesan & Al., 2004, Kurc et al, 1966, Breen & Lerner, 2013).

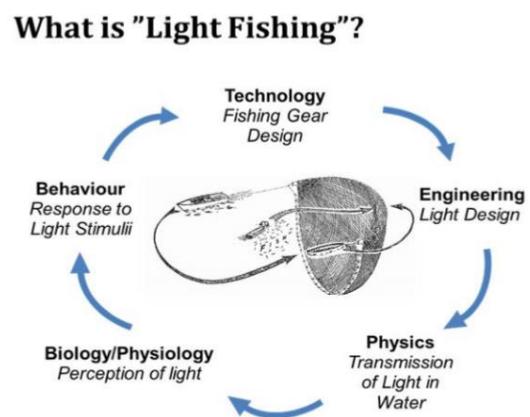


Figure 5: Breen, M., & Lerner, A. (2013)

1.4.1. Evolution du spectre de la lumière dans l'eau

Les longueurs d'onde et la lumière visible vont de 0,4 nm (violet) à 0,7 nm (rouge) suivies par l'infrarouge. Lorsque la lumière pénètre dans l'eau elle subit un certain nombre de processus tels que l'absorption, la réfraction, la réflexion ainsi que la diffusion qui modifient ses caractéristiques (vitesse, direction de propagation, spectre de longueur d'onde et polarisation). Une partie de la lumière qui atteint la surface de l'eau est réfléchiée et réfractée et une partie de celle qui pénètre dans l'eau peut également être absorbée et diffusée. Ces modifications sont très variables selon les propriétés optiques des masses d'eaux liées principalement aux teneurs dissoutes et particulaires (Matsushita et Awakawa, 2013).

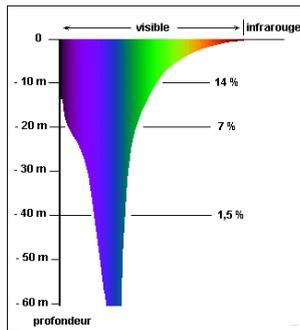


Figure 6: spectres lumineux sous l'eau

Les longueurs d'ondes les plus longues sont absorbées plus rapidement tel que le rouge et les plus courtes tels que le bleu et vert pénètrent plus profondément avant d'être atténuées (Fig. 6). Les lumières violettes, bleues et vertes sont donc les plus visibles par les poissons vivant au fond. Dès 5 mètres le rouge n'est effectivement plus visible et apparaît en gris ou noir (De Vevey and Rodriguez, 2016). La lumière blanche et jaune disparaît également rapidement et n'attire donc que des poissons à faible distance (Kurc et al, 1966). La visibilité varie également selon les masses d'eaux. D'une manière générale la vue sous l'eau est limitée à 50 mètres dans les eaux les plus claires et beaucoup moins dans les eaux côtières (Kroger, 2013).

1.4.2. Le phénomène de phototropisme

Le phototropisme chez les poissons correspond au mouvement d'attraction ou de répulsion induit par la lumière. Les raisons pour lesquelles les poissons réagissent à la lumière sont variées. Certains auteurs expliquent que les poissons iraient en eau éclairée pour se nourrir, d'autres comme Verheijen parlent d'un réflexe d'équilibration photique. La désorientation ou bien encore la curiosité sont également des explications soulevées par certains auteurs (Kurc et al, 1966 ; Arimot, 2013).

Les poissons ont une sensibilité à la lumière plus importante que l'être humain (E. Jones et al., 2004). La lumière est détectée principalement par l'œil. Il en résulte une cascade de réactions biochimiques qui génèrent finalement une impulsion nerveuse électrique (Breen, M., & Lerner, A. 2013). Les fonctions visuelles du poisson, c'est-à-dire son acuité, sa sensibilité, son adaptation à l'intensité de la lumière et aux spectres des lumières sont importantes pour comprendre les mouvements induits par la lumière. Il est possible de déterminer la sensibilité de l'œil d'un poisson à différentes intensités lumineuses et couleurs grâce à un électrorétinogramme et comme le montre le graphique ci-dessous, toutes les espèces n'ont pas la même acuité visuelle (Fig. 7).

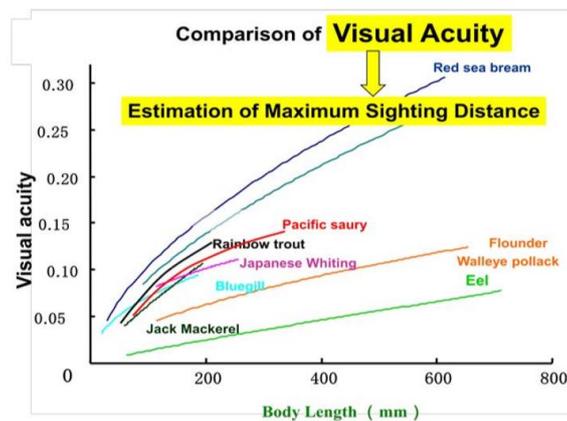


Figure 7: Takafumi Arimot, 2013

Cette acuité varie selon les espèces mais également selon leur maturité (Kurc et al, 1966). Ainsi, certaines espèces sont attirées par la lumière alors que d'autres ne le sont pas. Le Bar Européen (*Dicentrarchus labrax*) par exemple, ne semble ni attiré ni repoussé par la lumière, alors que le mullet gris commun (*Mugil cephalus*) aurait tendance à s'agréger près d'une source de lumière et à s'y maintenir. D'autres sont attirés par la lumière mais à des intensités spécifiques. L'encornet par exemple, a tendance à s'approcher d'une source lumineuse tout en gardant une certaine distance avec celle-ci (An, 2013). Et enfin, certaines espèces sont sensibles à un large spectre de lumière alors que d'autres comme l'encornet et la seiche sont

daltoniens. Le crabe des neiges, par exemple fuit la lumière violette, et ne réagit pas face à de la lumière verte ou rouge. Il ne serait ainsi attiré que par les casiers équipés de lumière bleue ou blanche (Nguyen & Al., 2016).

1.4.3. Lumière et sélectivité

Différents projets à travers le monde soulignent l'efficacité de la lumière pour améliorer la sélectivité des engins de pêche (Annexe B). La lumière peut être installée directement sur l'engin de pêche ou bien couplée à un autre dispositif sélectif tel qu'une grille, pour favoriser l'échappement d'espèces ou de poissons de taille inférieure à la TMRC. Des tests réalisés dans des pêcheries de langoustines et de crevettes, ont mis en évidence une réduction non négligeable des captures accessoires grâce à l'ajout de lumières sur le chalut (Hannah et al, 2015 ; Elliott et al, 2015). Des expériences ont également été réalisées au Pérou et au Mexique sur la pêche au filet maillant pour réduire les captures accessoires de tortues et d'oiseaux marins. Au Mexique, le taux moyen de capture des tortues marines a été réduit de 39,7% avec les filets éclairés aux UV sans impact sur le taux de capture global des poissons ciblés et le chiffre d'affaire.

Pour le moment, peu d'études poussées concernent les chalutiers artisans ciblant les espèces démersales. Certains projets apportent toutefois des clés de réflexion intéressantes sur la combinaison des dispositifs et sur l'impact de la lumière sur les espèces ciblées par le projet SELUX :

Deux projets ont par exemple testé l'ajout de lumière sur des panneaux à mailles carrées :

- Un test a été réalisé sur des chalutiers à crevettes et langoustines en mer du Nord. Lors de ce test, un panneau à maille carrée a été équipé de 6 anneaux lumineux composés de LED compactes vertes conçues par la startup SafetyNet (3 sur chaque bord du PMC). Les captures de poissons de taille inférieure à 24 cm sont, dans l'ensemble, 40% moins importantes avec le chalut expérimental dont une réduction de 69% du nombre de merlan de taille inférieure à 15 cm. Les résultats s'appuient toutefois sur un nombre faible de données (4 traits échantillonnés) (Elliott et al, 2015).
- Le deuxième projet concerne une pêcherie de pétoncle sur l'île de Man. Le panneau à mailles carrées a été équipé de 6 LEDs blanches conçues par SafetyNet également. Là encore les résultats sont positifs concernant la réduction des prises accessoires. A des profondeurs moyennes de 29-40 m est observé une réduction des captures accessoires de merlan de 77% ($P = 0,01$) avec la lumière et d'églefin de 55% ($P = 0,06$) (Southworth, 2017).

Voici ci-dessous un état des connaissances issues d'articles scientifiques concernant le comportement des différentes espèces ciblées par le projet :

Le merlan (*Merlangius merlangus*) : Cette espèce réalise des migrations verticales à différent moment de la journée. La nuit, elle remonte à la surface et se disperse probablement pour chasser ses proies (Patterson 1985) et la journée elle se concentre en profondeur. Par conséquent, les taux de capture peuvent être plus élevés dans la journée en raison du comportement en banc en profondeur (Mergardt et Temming 1997). Le projet Young's Seafood LTD (2016) met en évidence une réduction des prises de merlan juvénile de 69% (les poissons de moins de 15 cm de long) avec 4-6 lumières LED blanches sur un panneau à mailles carrées (100 mm). Le projet dans la pêcherie de pétoncle au niveau de l'île de Man souligne une réduction des prises de merlan de 77% avec 6 LED sur le PMC (Southworth, 2017). La publication « Some recent trials with illuminated grids » de Barry O'Neill met également en avant une tendance répulsive du merlan face à la lumière (O'Neill 2018).

Le chinchard (*Trachurus trachurus*) : Le chinchard navigue en banc. Il utilise les motifs réfléchissants présents sur son corps pour identifier ses voisins. La vision est probablement un système sensoriel clé ce qui expliquerait qu'il soit attiré par la lumière (Rowe et Denton 1997). Une étude de 2013 démontre que le chinchard serait attiré par la lumière bleue, blanche et verte (Chen et al 2013). Un rapport assez ancien

concernant l'espèce japonaise *Trachurus japonicus* met en avant une aversion pour la lumière lorsqu'elle est projetée par intermittence. Ainsi, les chinchards auraient tendance à éviter la lumière lorsqu'elle clignote, mais à être attirés par celle-ci lorsqu'elle est constante (Koike et al 1987).

L'encornet (*Loligo vulgaris et loligo forbesii*) : La plupart des céphalopodes (poulpe, encornet, seiche) sont daltoniens et ont une longueur d'onde de sensibilité maximale comprise entre 470 et 500 nm (Hanlon et Messenger 2018). Les encornets européens ont des chromatophores sur leurs corps et tentacules, qui sont des cellules contenant des pigments et réfléchissant la lumière (Hanlon et al 2002). Selon une étude, la capture d'encornet serait plus élevée au coucher du soleil car les leurres de pêche récréative sont toujours visibles et les encornets sont plus actifs (Cabanellas-Reboredo et al. 2012b). Une autre étude a révélé que les pupilles de encornets étaient plus dilatées en réponse à la lumière bleue et verte par rapport à la lumière rouge (Matsui et al 2016). Enfin, un rapport du Groupe de travail CIEM-FAO explique que l'encornet aurait tendance à rester sur les bords de la zone de lumière où l'intensité lumineuse est optimale pour ses capacités visuelles (Rapport du Groupe de travail CIEM-FAO sur la technologie et le comportement des poissons 2013).

Le maquereau (*Scomber scombrus*) : Selon une étude, plus l'intensité de la lumière LED verte ($1,8 \times 10^{-6} \mu\text{Es}^{-1} \text{m}^{-2}$) est élevée, plus le maquereau est susceptible de former un banc autour de cette lumière (Glass et al 1986).

Le hareng (*Clupea harengus*) : La lumière artificielle est utilisée pour capturer le hareng qui est naturellement attiré par celle-ci (Dragesund 1958). Une étude a révélé que le hareng avait une sensibilité spectrale comprise entre 510 et 520 nm, ce qui signifie une sensibilité à la lumière bleu-verte et une diminution de la sensibilité à la lumière rouge (Blaxter 1964).

Aucune information spécifique n'est présente dans la littérature concernant le rouget barbet, le tacaud, le grondin et la seiche.

2. Méthodologie

2.1. Dispositifs testés dans le cadre du projet

L'objectif du projet SELUX est de tester la combinaison de dispositifs lumineux avec un panneau à mailles carrées, obligatoire en mer du Nord. Deux dispositifs lumineux sont testés : Le PISCES développé par la startup anglaise SafetyNet et le Brezglow développé par l'entreprise bretonne Le Drezen.

2.1.1. Le Brezglow

Le Brezglow est un produit développé par l'entreprise Le Drezen. C'est une technologie qui émet une lumière verte visible dans le noir. Des brins luminescents sont insérés dans un filet de pêche qui se recharge aussi bien à la lumière artificielle qu'à la lumière naturelle (Fig. 8).

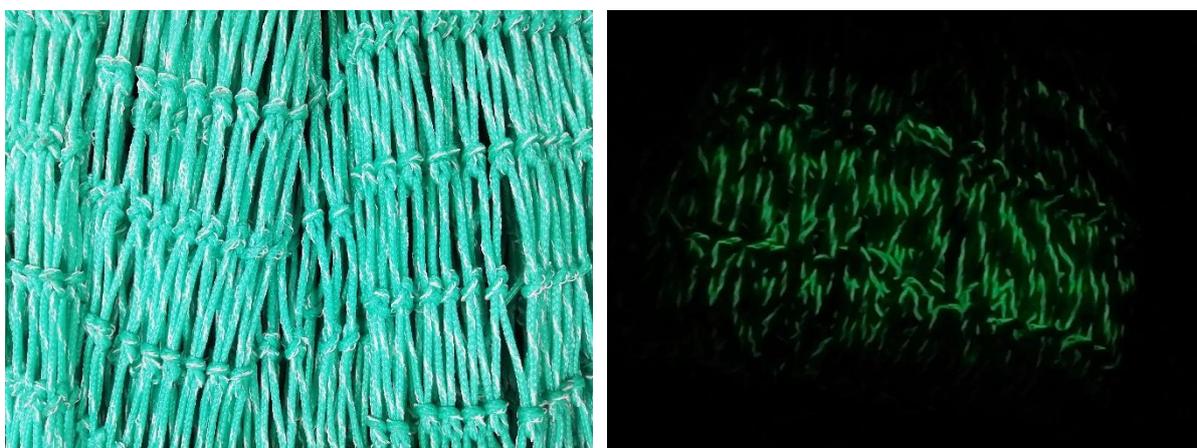


Figure 8: Brezglow avec et sans lumière

Afin d'être rechargé le filet a besoin d'une exposition à la lumière de seulement 1 seconde pour une production de lumière de 2 heures et de 10min pour une production de lumière de 6h. L'intensité de la lumière est importante durant la première minute puis est fortement réduit jusqu'à atteindre un palier pour les heures suivantes (Fig. 9).

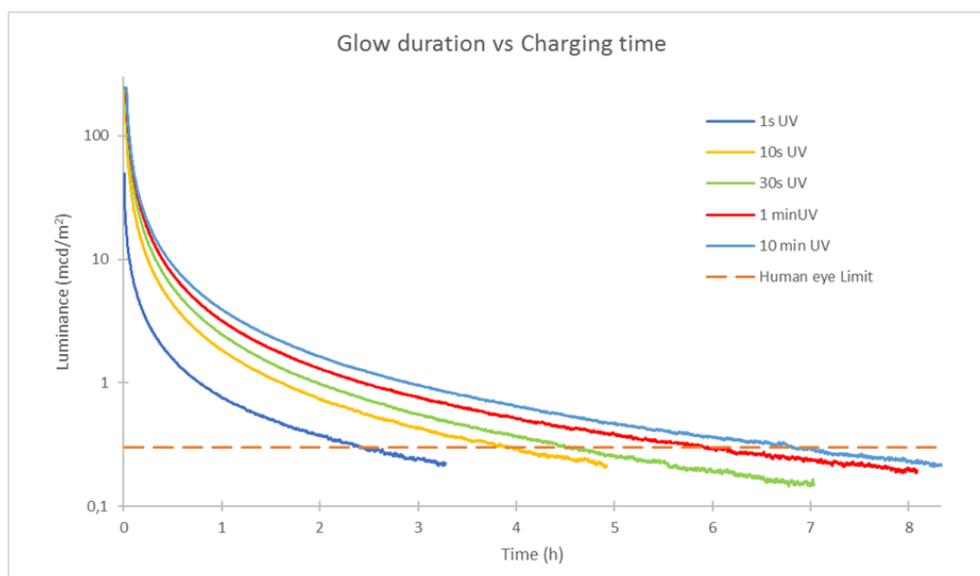


Figure 9: Luminosité du Brezglow en fonction de la durée d'exposition à la lumière

La résistance à la rupture de ces fils est égale au fil de pêche de haute densité produit usuellement par Le Drezen. L'alèze est fabriquée à partir de tresse en polyéthylène haute densité PEHD 3 mm comprenant 2 brins luminescents.

2.1.2. Les PISCES

Le « PISCES », est un dispositif lumineux développé par l'entreprise anglaise SafetyNet. Le dispositif est constitué d'un cylindre transparent équipé de LED, dont la couleur et l'intensité lumineuse peuvent varier grâce à une télécommande (Figures 10,11 et 12). Le PISCES peut émettre de la lumière pendant 60 heures en continu, durée qui devrait être augmentée dans les années à venir. Le dispositif s'allume en entrant dans l'eau, s'éteint en sortant et se recharge par induction sur un boîtier dédié.

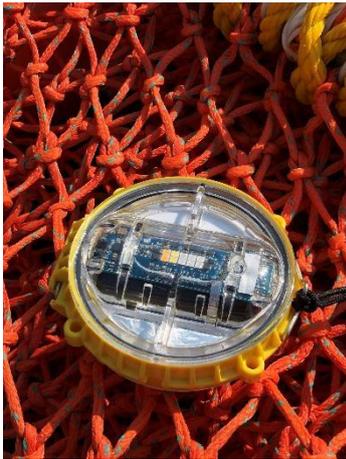


Figure 10: PISCES



Figure 11: Télécommande des PISCES



Figure 12: Chargeur des PISCES

Le caractère programmable des Pisces font du dispositif un objet adaptable notamment aux saisons de pêche.

2.1.3. Le panneau à mailles carrées

Des projets menés par d'autres Organisations de Producteurs sur la Manche (Lavialle, 2018 et Lamothe, 2017) ont démontré l'intérêt des mailles tournées à 90° (T90) pour l'échappement de gadidés sous-tailles et en particulier des merlans. Il avait donc été décidé en début de projet de tester la combinaison T90/lumière. Cette combinaison a donc été utilisée pour les marées préliminaires. Toutefois, après discussion, le T90 a été écarté au profit du PMC qui est le seul dispositif sélectif inscrit dans la réglementation européenne. Depuis la mise en place du plan cabillaud (règlement CE 1098/2007), les chalutiers artisans sont dans l'obligation de mettre un PMC en 80mm sur le dos de leur chalut (3m sur 1m au niveau de la rallonge) pour être autorisés à pêcher en mer du Nord. C'est donc ce dispositif sélectif qui a été utilisé lors des marées expérimentales du projet.

Il est toutefois intéressant d'étudier l'effet du T90 sur cette flottille, car ce dispositif n'est pas utilisé par les pêcheurs de cette zone. Il pourrait en particulier apporter un niveau de sélection, du merlan en particulier, se rapprochant davantage de la TMRC que le Panneau à Mailles Carrées réglementaire. Un test a donc été réalisé en fin de projet pour comparer l'efficacité de ces deux dispositifs. Les résultats sont présentés à la fin de ce rapport.

2.2. Navires sélectionnés pour les marées tests

Trois chalutiers adhérents du FROM Nord ont été sélectionnés pour tester les deux dispositifs. Seuls des navires de plus de 18 mètres ont été retenus afin de disposer de place à bord pour l'échantillonnage et la manipulation des différents dispositifs et caméras et deux personnes embarquées non-navigant.

Les deux navires ayant effectué les marées préliminaires sont le Sainte Marie de la Mer II avec les PISCES et le Saint Jacques II avec le Brezglow.

Concernant les marées expérimentales, chaque dispositif devait être testé par un navire différent. L'ensemble des marées consacrées aux PISCES a été réalisé par le Saint Jacques II. Concernant le Brezglow, le Précurseur n'a pu réaliser qu'une seule marée expérimentale, c'est donc le Saint Jacques II qui a pris en charge les 3 marées restantes avec le Brezglow.

			
	Sainte Marie de la Mer II	Saint Jacques II	Précurseur
Date de construction	2017	1998	1999
UMS	231,31	153,71	153,71
KW	526	552	552
Longueur	24,95 mètres	22,5 mètres	22,5 mètres
Zone de pêche	72% des captures en zone 7d 21% en zone 7e 8% en zone 4b et 4c (Eaux françaises et ZEE de Grande Bretagne)	37% des captures en zone 4b 40% en zone 4c 24% en zone 7d (Eaux françaises, eaux belges, ZEE Grande Bretagne et Pays Bas)	50% des captures en zone 4b 25% en zone 4c et 25% en zone 7d. (Eaux Françaises, eaux Belges, ZEE UK et large NL)
Engin	Chaluts à 2 et 4 faces Maillage de 80mm dans le cul du chalut et la rallonge.	Chalut à 2 faces Ouverture verticale de 4,2 mètres Maillage de 80mm sur le cul du chalut et la rallonge.	Chalut à 2 faces Ouverture verticale de 4,2 mètres Maillage de 80mm sur le cul du chalut et la rallonge.

2.3. Marées préliminaires : Collecte et analyse des données comportementales des espèces

Des tests ont d'abord été réalisés en bassin d'essai à Lorient et Brest afin d'observer le comportement des dispositifs dans l'eau et de tester et optimiser les techniques de prises de vues sous-marines, sans lumière rajoutée (Fig. 13). Puis, deux marées préliminaires de 5 jours ont été organisées au printemps 2019 afin d'observer principalement le comportement du merlan et du chinchard face aux dispositifs lumineux et de définir l'emplacement idéal de ces dispositifs lumineux sur le chalut.

Une marée a été organisée avec les PISCES sur le Sainte Marie de la Mer II la semaine du 8 au 12 avril 2019 et une marée avec le Brezglow sur le Saint Jacques II du 6 au 10 mai 2019. Lors de ces marées un technologiste du LTBH (Laboratoire de Technologie et Biologie Halieutique – IFREMER Lorient) et un biologiste du LRHBL (Laboratoire Ressources Halieutiques de Boulogne – IFREMER Boulogne) étaient présents à bord du navire pour la manipulation des caméras, des dispositifs et pour l'échantillonnage des captures.

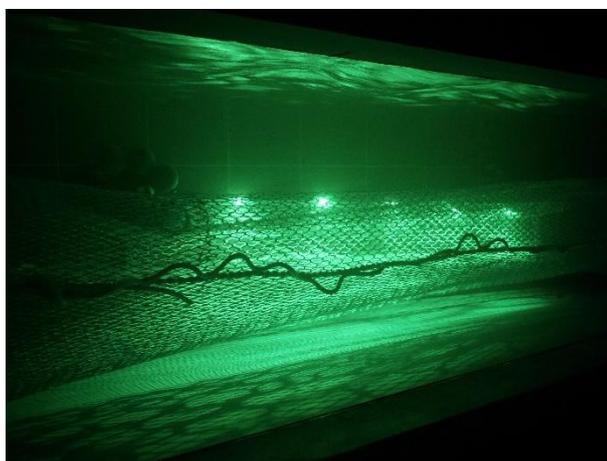


Figure 13: Test des PISCES dans le bassin d'IFREMER à Lorient

2.3.1 Marée PISCES : 8 au 12 avril 2019

Configurations testées

Différentes configurations ont été testées lors de cette marée afin d'observer la réponse des espèces en fonction de la position des PISCES sur le chalut (Fig. 14). Les PISCES ont été installés au milieu, en haut et en bas du chalut et également sur des demi-panneaux situés en haut du chalut, permettant une comparaison des échappements.

Lors de cette marée les tests ont été réalisés avec les chaluts habituellement utilisés par le Sainte Marie de la Mer II sur lesquels ont été installés des PISCES.

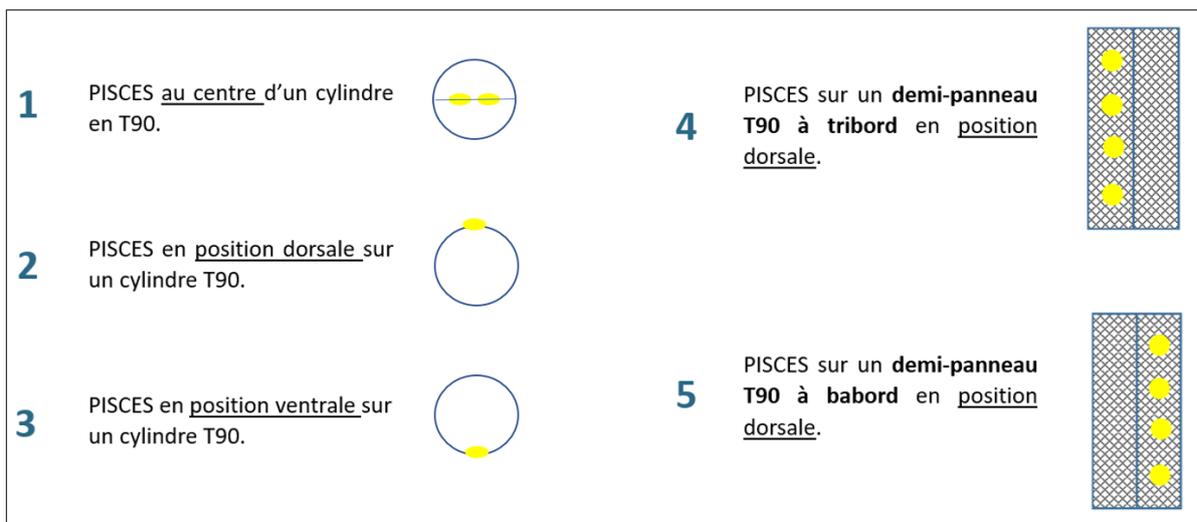


Figure 14: Configurations testées lors de la marée préliminaire PISCES

Protocole de test

L'objectif de cette marée était principalement de réaliser des vidéos, mais une partie des captures a également été échantillonnée afin de déterminer quelles espèces sont capturées par le chalut. Deux scientifiques de l'IFREMER étaient sur le navire pour installer les deux types de caméras présentées ci-dessous et échantillonner les captures (Fig. 15).



Figure 15: Caméras utilisées lors de la 1ère marée préliminaire

Des vidéos, de jour et de nuit, ont été réalisées avec des caméras noir et blanc très sensibles (sans éclairage supplémentaire que celui lié au dispositif lumineux). Des essais préalables de réglages des caméras pour observer les dispositifs de jour et de nuit ont été réalisés en bassin d'essais à Lorient.

Analyse des données

Les vidéos prises au cours de cette marée ont été analysées par IFREMER de Lorient. Les différentes espèces présentes sur les vidéos ont été identifiées et leurs comportements notifiés. Une partie de l'analyse a également consisté à comparer les différences d'échappements entre le côté avec de la lumière et celui sans lumière.

Il était envisagé en début de projet de tenter de réaliser un comptage automatique des échappements. Malheureusement, les conditions rencontrées pour les prises de vues ont été très médiocres avec une turbidité très importante dans la zone de pêche, couplée aux nuages de sédiments soulevés par le train de pêche. Malgré de nombreuses tentatives au Laboratoire de Technologie et de Biologie Halieutique de Lorient, il n'a pas été possible de trouver un bon compromis, assez sensible pour détecter les poissons

s'échappant du chalut, mais pas trop sensible pour ne pas détecter les panaches de « fumée ». La figure 16 en montre un très bon exemple avec la détection de la turbidité par le système logiciel. Il a donc été décidé de réaliser des comptages manuels sur les séquences qui le permettaient. Un double comptage manuel a été effectué par deux scientifiques de l'IFREMER sur différentes séquences. L'analyse des vidéos reste toutefois plus qualitative que quantitative. Il s'agissait pour ces essais préliminaires d'observer d'éventuelles tendances de comportement en fonction du positionnement des lampes.

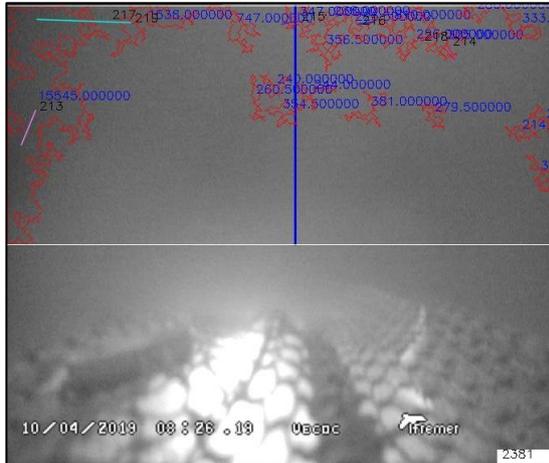


Figure 16: Test d'un comptage automatique



Figure 17: Le navire et l'équipage lors de cette marée

Résultats préliminaires

Les traits lors de cette marée ont été effectués dans la zone 7d et principalement dans la zone économique exclusive anglaise (ZEE). Les PISCES ont été testés sur 16 traits, 12 traits pendant la journée et 4 traits pendant la nuit (Fig. 18).

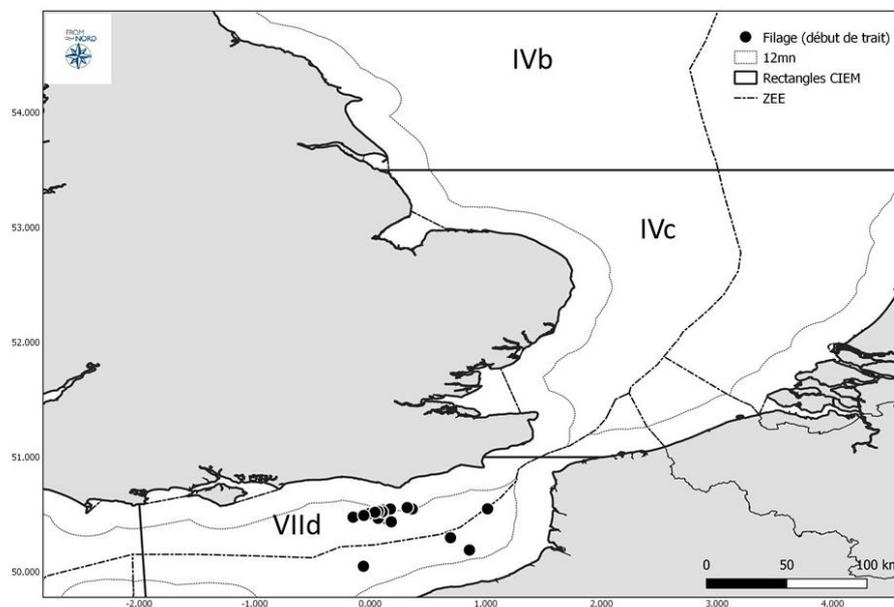


Figure 18: Cartographie des traits de la marée préliminaire PISCES

Les principales espèces observées sur les vidéos sont le merlan, les petits pélagiques et le maquereau donc les résultats de cet essai concernent principalement ces espèces.

Sur les observations qualitatives, avec les lampes positionnées dans les différentes positions (configurations 1/2/3 - figure 14), les comportements du merlan et des petits pélagiques face à la lumière

sont totalement opposés. Sur les différentes vidéos, les merlans semblent fuir la lumière. Ils nagent le long du filet lorsque la lumière est au milieu du chalut (figure 19) et ils tendent à s'échapper par le haut du chalut lorsque les PISCES sont installés au fond du chalut. Cela semble également une tendance pour le maquereau. A l'opposé, les petits pélagiques (harengs, sprats) semblent attirés par la lumière. On peut observer un grand nombre d'échappées par le haut du chalut quand les PISCES y sont fixés (figure 20).



Figure 19: Merlans « rasant » le filet en s'éloignant des lampes au centre



Figure 20: Merlans « rasant » le filet en s'éloignant des lampes au centre

Le comptage manuel effectué par IFREMER confirme les observations vidéo purement qualitatives. Il a été réalisé sur les demi-panneaux en T90 en position dorsale (configurations 4 et 5 - figure 14), avec lumière à bâbord ou à tribord (voir figures 21 et 22). Evidemment, la lumière d'un côté peut avoir une influence sur le côté plus sombre mais cela a permis d'observer des tendances. Des séquences ont été sélectionnées en fonction des espèces qu'il était possible de reconnaître facilement, mises en corrélation avec les espèces quantifiées dans les captures. Souvent, au moins deux espèces sont présentes sur les séquences, avec une espèce dominante, mais il n'est pas possible de quantifier leur pourcentage respectif.



Figure 21: Exemple de comptage de merlans s'échappant du côté sombre (lampes PISCES à tribord)



Figure 22: Exemple de comptage de merlans s'échappant du côté sombre (lampes PISCES à tribord)

Le tableau 1 rassemble les différentes séquences qui ont permis un comptage visuel par les trois « compteurs » à l'aide du petit logiciel de saisie « Stopwatch ». La vitesse réelle était divisée par 4 pour permettre le comptage. Les données brutes de comptage côté avec lumière et côté sombre sont jointes en annexe E. Le tableau 1 indique pour chaque séquence les espèces majoritairement observées dans le chalut, les pourcentages d'échappements « côté lumière » observés par les trois compteurs et pourcentage moyen correspondant, le nombre total moyen d'échappements observés associé, et p-value du test binomial bilatéral. Ces statistiques ont également été mesurées en regroupant les séquences qui partagent les mêmes caractéristiques en termes de composition d'espèces, de luminosité et heure du jour (N° 2 et 2bis, 3 et 4, 5 et 5bis). Les échappements dominants du côté avec lumière sont surlignés en jaune, ceux du côté sans lumière en gris et ceux pour lesquels il n'y a pas de différence significative en blanc.

	Séquence	Espèces	Luminosité et heure	% Compt. 1	% Compt. 2	% Compt. 3	% moyen d'échappement côté lumière	Total moyen	p-value	% côté lumière (séquences regroupées)	Total moyen	p-value
1	T10_1_ SNet_Demipan_T90_Tri	maquereau, merlan	Nuit 08h	38,35%	39,20%	37,06%	38,21%	206	0.00101			
2	T11_1_ SNet_Demipan_T90_Tri	hareng, sprats ?	Jour sombre 13h	50,00%	55,60%	56,29%	53,85%	680	0.05041	53,61%	1573	0.004728
2bis	T11_1_ SNet_Demipan_T90_Tri	hareng, sprats ?	Jour sombre 13h	51,29%	53,21%	56,61%	53,38%	893	0.0446			
3	T14_2_ SNet_Demipan_T90_Bab	maquereau, merlan, autres petits pélagiques	Jour sombre 10h	46,67%	46,03%	39,55%	44,52%	705	0.004173	42,64%	880	1.324e-05
4	T15_2_ SNet_Demipan_T90_Bab	maquereau, merlan, autres petits pélagiques	Jour sombre 10h	42,29%	40,29%	39,23%	40,77%	175	0.01532			
5	T15_1_ SNet_Demipan_T90_Bab	petits pélagiques *	Jour 13h	50,28%	49,93%	51,21%	50,45%	901	0.7899	48,52%	2165	0.169
5bis	T15_1_ SNet_Demipan_T90_Bab	petits pélagiques*	Jour 13h	46,76%	43,31%	50,04%	46,60%	1264	0.01678			

Tableau 1: Résultats du comptage manuel réalisé pour la marée préliminaire PISCES.

Tous les résultats montrent des différences significatives (p value < 5%) ou très significatives entre les deux côtés avec et sans lumière, sauf la séquence 5. Il faut noter que les séquences 5 et 5 bis (opération de pêche n°15) sont particulièrement turbides et ont été réalisées par une journée claire à 13h, avec une possibilité de pondération de l'effet de la lumière. Par ailleurs, d'après les captures constatées, ces séquences 5 et 5bis n'intégraient pas de hareng, contrairement aux séquences 2 et 2bis par exemple où cette espèce était dominante.

Les résultats de ces comptages montrent *a priori* que les merlans et maquereaux s'échappent davantage côté sombre, donc plutôt un effet répulsif de la lumière (PISCES) pour ces espèces (séquences 1/3/4). La différence est un peu moins importante, bien que très significative, quand des petits pélagiques non identifiables sont mélangés avec merlan et maquereau (séquences 3 et 4). Les séquences 2 et 2bis, montrant en particulier des harengs, indiquent à l'inverse un effet plutôt attractif pour cette espèce avec plus d'échappement du côté avec lumière PISCES.

2.3.2 Marée Brezglow : du 6 au 10 mai 2019

Protocole de test

Les premiers tests du fil Brezglow ont mis rapidement en évidence la nécessité, en l'absence de source de lumière suffisante pour la vidéo, de disposer d'un autre moyen technique pour comptabiliser les échappements à travers les dispositifs sélectifs lors de la marée préliminaire.

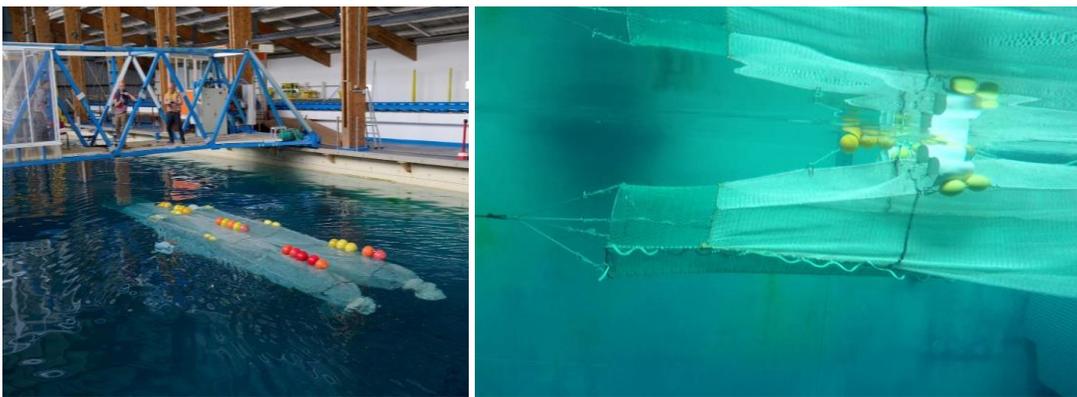


Figure 23: Test du Brezglow équipé de poches dans le bassin d'IFREMER à Brest

L'ajout de lumière fausserait les résultats, il a donc été décidé de comparer les échappements grâce à des poches couvrantes à petits maillages. Ce système de poches récupératrices inspiré de dispositifs réalisés au cours d'autres programmes scientifiques a donc été élaboré pour la seconde marée préliminaire. Le bassin d'essai de Lorient étant trop petit pour tester des équipements de cette taille, la mise au point s'est faite au bassin de Brest. En l'absence de courant, la passerelle du bassin montée sur rail a permis de tracter l'engin à une vitesse de 1 m/s soit presque 2 nœuds. La mise en œuvre de ce nouveau dispositif a nécessité la mise en place d'un ensemble important de flotteurs et équipements d'élévation « aéroplane » et de divergence « kite ». Les tests en bassin ont permis d'optimiser le placement des différents équipements afin d'améliorer l'efficacité de l'engin et de valider sa mise en œuvre (Fig. 23).

Ces poches ont été installées sur le cul du chalut à babord et tribord afin de comparer les échappements du côté du filet Brezglow et du côté du filet standard. Deux kits ont été testés : un kit avec demi-panneau T90 en fil standard à tribord et un demi-panneau T90 en fil phosphorescent à bâbord (en position dorsale, dans la rallonge) et un kit inversé afin de vérifier qu'il n'y ait pas d'effet côté (Fig. 24). Les chaluts utilisés pour ces tests étaient ceux habituellement utilisés par le Saint Jacques II sur lesquels ont été ajoutés ces deux kits.

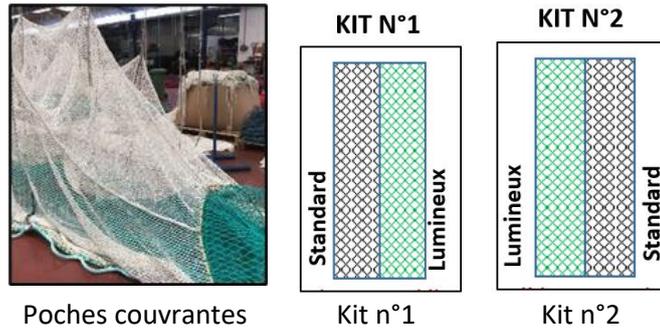


Figure 24: Poches couvrantes utilisées pour comptabiliser les échappements lors de la marée préliminaire Brezglow

Résultats préliminaires

Les traits lors de cette marée ont été effectués dans la zone IVc et IVb. Le Brezglow a été testé sur 10 traits, 6 traits pendant la journée et 4 traits pendant la nuit (Fig. 25).

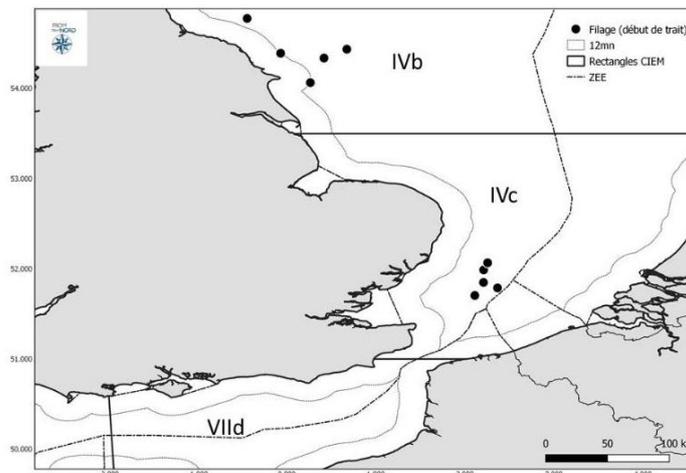
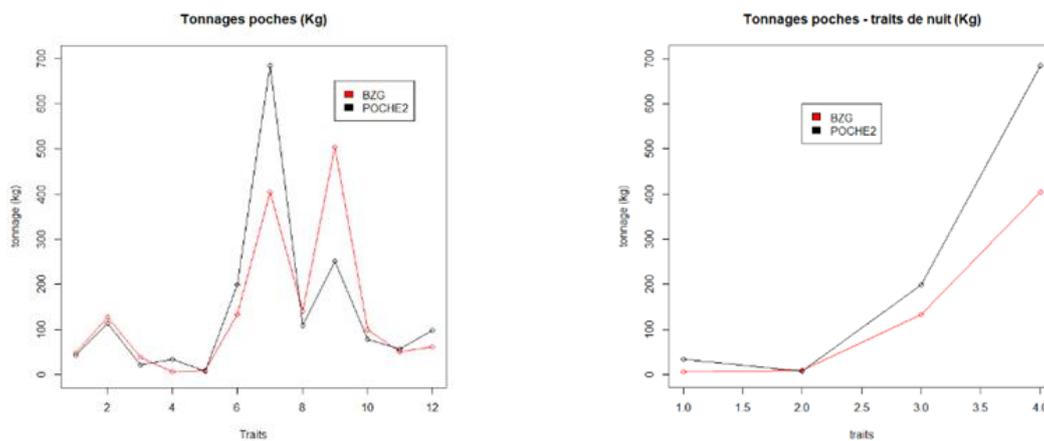


Figure 25: Cartographie des traits de la marée préliminaire Brezglow

La principale espèce observée sur cette marée est le merlan, les résultats de cet essai concernent donc principalement cette espèce.



12 traits (jour et nuit) : Pas d'effet Brezglow visible sur les échappements

4 traits (nuit) : Echappements plus importants dans la poche située à l'opposé du Brezglow

Figure 26: Biomasses par trait dans la poche recouvrant le Brezglow (BZG) et la poche recouvrant un filet standard (Poche 2)

Aucune tendance ne ressort sur l'ensemble des traits de cette marée, jour et nuit confondus. Par contre sur les 4 traits de nuit, le Brezglow semble impacter le merlan qui aurait tendance à s'écarter du dispositif

et donc de la lumière (Fig. 26). La tendance semble similaire pour les autres espèces prioritaires mais l'absence de données suffisantes ne permet pas de tirer de conclusion.

Les résultats de cette marée sont donc similaires à ceux de la marée PISCES.

2.3.3 Configuration retenue pour les marées expérimentales

Les résultats de ces marées préliminaires mettent en avant un comportement d'évitement de la lumière de la part du merlan. Afin d'encourager l'échappement des petits merlans la lumière doit donc être installée à l'opposé du panneau à mailles carrées. Les vidéos et l'analyse des poches ne donnent aucune information sur le comportement du chinchard face à la lumière. La configuration retenue pour les marées expérimentales a donc été choisie en fonction du comportement du merlan en installant les dispositifs de la manière suivante (Fig. 27) :

- Pour les marées équipées de PISCES : Les PISCES seront sur le ventre du chalut éclairant le panneau à mailles carrées situé sur le dos du chalut
- Pour les marées équipées du Brezglow : Le Brezglow sera sur le ventre du chalut sous le PMC.

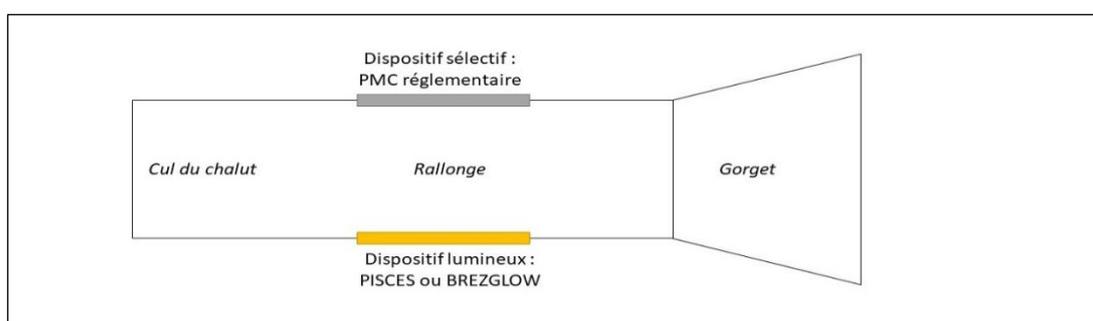


Figure 27: Configuration retenue des dispositifs lumineux sur le chalut

En ce qui concerne les PISCES pour lesquels le choix de la couleur est possible, il a été choisi de retenir la couleur verte car c'est la couleur la plus visible par ces espèces de fond selon la littérature scientifique (De Vevey and Rodriguez, 2016).

2.4. Marées expérimentales

Afin d'évaluer l'efficacité de ces dispositifs sélectifs, 3 marées pour le Brezglow et 4 marées pour les PISCES ont été réalisées entre octobre 2019 et septembre 2020. Une marée a également été organisée en août 2020 pour comparer l'efficacité du T90 et du PMC.

N° Marée	Date de départ	Durée de la marée	Engin	Navire	Configuration
1	21/10/2019	5 jours	PISCES	St Jacques II	Sans flash
2	2/12/2019	4 jours 1/2	BREZGLOW	Précurseur	-
3	16/03/2020	4 jours 1/2	PISCES	St Jacques II	Avec flash
4	22/06/2020	5 jours	PISCES	St Jacques II	Avec flash
5	20/07/2020	4 jours 1/2	PISCES	St Jacques II	Avec flash
6	10/08/2020	4 jours 1/2	BREZGLOW	St Jacques II	-
7	17/08/2020	5 jours	PMC/T90	St Jacques II	-
8	7/09/2020	5 jours	BREZGLOW	St Jacques II	-

Tableau 2: Calendrier des marées SELUX

2.4.1 Configurations testées

PISCES

Deux configurations ont été testées lors de ces 4 marées expérimentales (Figures 28 et 29). Lors de la première marée réalisée avec les PISCES la configuration suivante a été mise en œuvre :

- 4 PISCES ;
- Sous le PMC, sur la face ventrale du chalut ;
- A une distance de 6 mailles chacune ;
- En mode lumineux constant vert.

Les résultats de la première marée ont mis en évidence un faible taux d'échappement des merlans. Il a donc été décidé de passer le nombre de PISCES à 5 et d'en installer une en amont du PMC pour encourager les poissons à monter plus rapidement vers le PMC. Il a également été décidé de mettre les PISCES en mode clignotant car selon la littérature scientifique (Koike et al 1987), le chinchard aurait tendance à être attiré par la lumière constante mais à être repoussé par la lumière clignotante. La configuration retenue pour les marées 2 et 3 et 4 est donc la suivante :

- 5 PISCES ;
- Sous le PMC (dont une en amont), sur la face ventrale du chalut ;
- Espacée de 8 mailles chacune ;
- En mode lumineux clignotant vert.

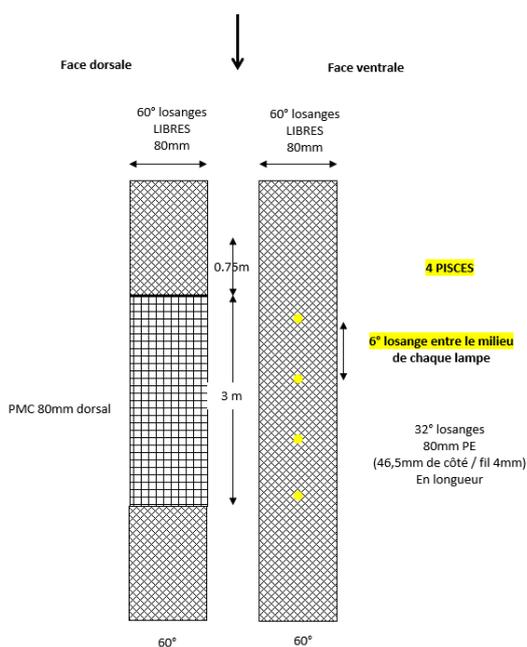


Figure 28: Configuration marée expérimentale n°1 – lumière constante

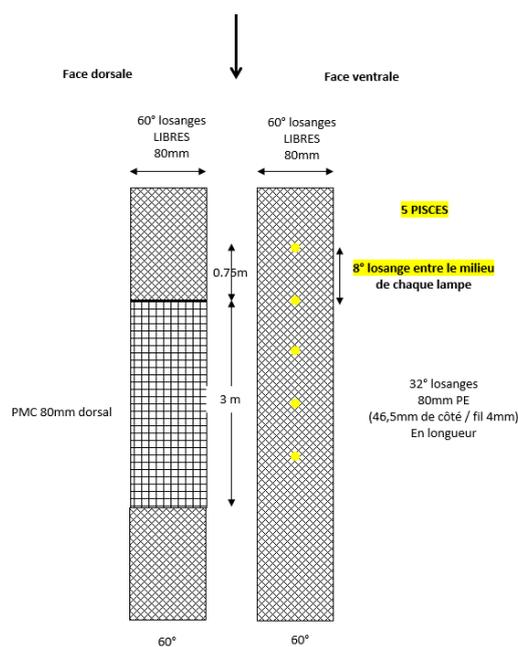


Figure 29: Configuration marée expérimentale n°2, n°3 et n°4 – lumière clignotante

Les PISCES ont une autonomie de 60 heures dans l'eau, il n'était donc pas nécessaire de les recharger pendant la marée. Cependant, il a été décidé d'utiliser 5 PISCES lors d'une partie de la marée et 5 pour l'autre partie afin de s'assurer que celles-ci restent allumées pour l'expérimentation.



Figure 30: Installation des PISCES sur le chalut (marée n°2 mars 2020)

Brezglow

Le Brezglow en mailles carrées a été installé sur le ventre du chalut sous le PMC (Fig. 31).

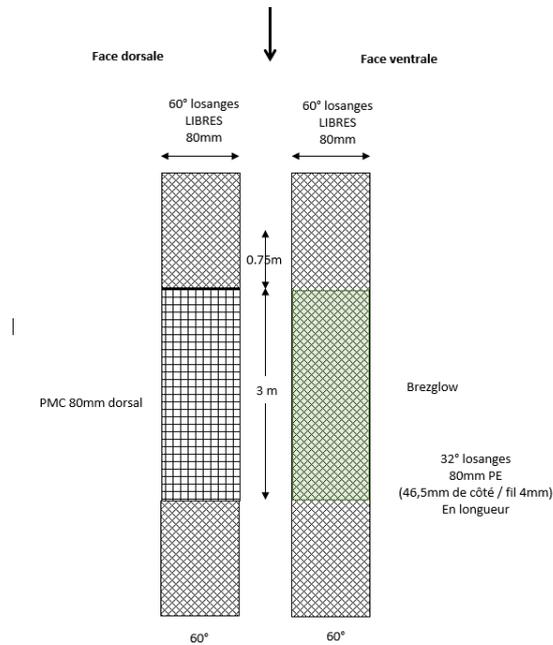


Figure 31: Configuration marées expérimentale n°1-2-3

Le Brezglow a été exposé à la lumière du soleil la journée et aux spots du bateau la nuit pendant deux minutes afin de le recharger avant chaque filage.



Figure 32: Marée n°1 Brezglow à bord du Précurseur – décembre 2019

2.4.2 Protocole de test

Technique retenue

Les techniques les plus utilisées pour collecter des données dans le cadre d'un projet de sélectivité sont la méthode des traits alternés et la méthode des traits parallèles (Wileman et al., 1996). Ne disposant pas suffisamment de navires volontaires de même catégorie pour réaliser des traits en parallèle, la technique des traits alternés a été retenue pour ce projet. Cette méthode consiste à utiliser successivement un chalut témoin et un chalut test en s'assurant que les facteurs qui influent sur l'abondance et l'efficacité de l'engin soient les plus proches. Pour ce faire, l'ensemble des éléments ci-dessous ont dû être respectés à chaque marée :

- Deux chaluts identiques ;
- Respecter un « ordre de passage » entre les traits lumineux et les traits standards (veiller à ne pas commencer toujours par le trait lumineux et à alterner selon les périodes de jour et de nuit) ;
- Réaliser des traits de nuit et de jour bien distincts (pour juger des effets de la lumière au cours des deux périodes) et les traits d'une même traine¹ doivent être soit de jour soit de nuit (pour que les traits d'une même traine soient comparables) ;
- Réaliser des traits d'une durée identique : 2h30 ;
- Respecter une vitesse de traine identique ;

¹ Une traine = un couple = un trait réalisé par le chalut de référence (chalut standard) + un trait réalisé avec le chalut test (chalut équipé de lumière) dans des conditions comparables.

- Tenir compte du sens du courant afin qu'il soit identique sur les traits d'une même traine ;
- Veillez à ce que la profondeur et le substrat soient identiques ;
- Ne pas réaliser les deux traits d'une même traine sur la même zone mais sur des zones proches.

Malgré ces recommandations, la variabilité des captures entre deux traits d'un même couple peut être importante avec la technique des traits alternés. Le nombre de couples échantillonnés doit donc être supérieur à 30 afin de couvrir un maximum de situations possibles et s'assurer que les différences observées sont bien dues au dispositif et non au hasard. Afin de réaliser ces 30 couples, 3 à 4 marées ont été programmées par dispositif.

Calendrier et zone d'expérimentation

La composition des captures de cette flottille varie selon les saisons. Afin de vérifier l'efficacité des dispositifs pour l'ensemble de ces espèces et des tailles capturées, il a été décidé de réaliser des marées à différentes périodes de l'année : en octobre-décembre lors de la saison de l'encornet, en mars pour pêcher de plus petits merlans et en été pour cibler des merlans de plus grande taille et des chinchards.

Selon les saisons, les chalutiers ne se rendent pas dans les mêmes zones. Chaque période retenue correspond ainsi à des zones de pêches différentes.

2.4.3 Collecte des données de captures

Le protocole d'échantillonnage est similaire à celui du programme d'Observation des captures à bord des navires de pêche par l'Ifremer (OBSMER). L'échantillonnage a été réalisé par deux observateurs du bureau d'étude Océanic Développement ainsi qu'une technicienne d'Ifremer lors de la première marée.

Quelques modifications ont été apportées au protocole OBSMER :

- Des variables ont été rajoutées telles que le numéro de traine et le type d'engin (sélectif ou standard).
- Afin d'alléger le protocole et d'échantillonner un maximum de traits, les observateurs ont identifié et pesé l'ensemble des espèces mais n'ont mesuré que les 13 espèces prioritaires.

L'échantillonnage des captures s'est déroulé de la manière suivante (Fig. 33) (détail du protocole en annexe C) :

3. Protocole d'échantillonnage

LES ETAPES :

👤 Au départ du port : L'observateur doit remplir la fiche « Marée » et la fiche « Engin »

👤 Dès la première opération : l'observateur doit remplir la fiche « Opération de pêche »

⚠️ Pour identifier le type d'opération de pêche (standard ou lumineux) il est impératif de **préciser dans la partie « commentaire » le type de trait (standard ou lumineux)**. De même, pour faciliter l'analyse des traits comparés il est également important de **noter dans les commentaires le n° de traine** (traine 1 pour OP1 et OP2, traine 2 pour OP4 et OP5 ...).

👤 Au virage du chalut : L'observateur va remplir la fiche « échantillonnage » PR et PNR et les fiches « mensurations » associées.

Les captures se divisent en deux fractions : la partie « commerciale » (PR) et la partie « non commerciale » (PNR). La capture est triée par les marins en Partie Retenue (PR) et Partie Non Retenue (PNR).

L'ECHANTILLONNAGE :

Les traits non échantillonnés sont des temps de repos pour les observateurs (pas de données à récupérer)

Pour les traits échantillonnés :

PR (captures) :

👤 Récupérer auprès du patron ou par soi-même, le poids total par espèce pour toutes les espèces capturées

+ Mensurations d'un échantillon représentatif (30 poissons minimum par espèces et 40 pour le merlan et le chinchard) en commençant par les espèces prioritaires et compléter en fonction du temps disponible.

PNR (rejets) :

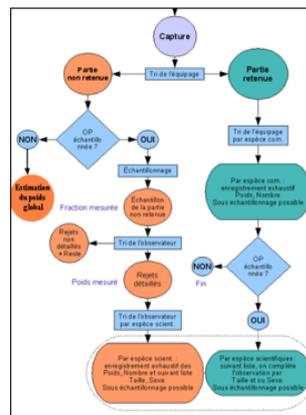
👤 Ne pas jeter en mer les rejets avant échantillonnage (si les quantités sont trop importantes, voir avec les observateurs pour en garder un échantillon représentatif et bien évaluer le poids total avant de rejeter en mer cette partie en comptant le nombre de caisses)

Si les quantités rejetées sont faibles : Renseigner pour chaque espèce les poids, et tailles en commençant par les espèces prioritaires et compléter en fonction du temps disponible.

👤 Si les quantités rejetées sont importantes : Trier exhaustivement un échantillon représentatif de la PNR par espèce scientifique

Renseigner pour chaque espèce les poids, et tailles en commençant par les espèces prioritaires et compléter en fonction du temps disponible et indiquer le poids total des rejets en comptant le nombre de caisses (30 poissons minimum par espèces et 40 pour le merlan et le chinchard).

⚠️ Bien noter les captures par trait et non à la fin de la marée pour les caisses qui sont remplies au fur et à mesure → le poids du dernier trait ne doit pas tenir compte des caisses qui se sont remplies un peu à chaque trait.



4. Liste des espèces prioritaires (dans l'ordre de priorité) :

La liste ci-dessous indique dans l'ordre, les espèces prioritaires à mesurer et à peser :

- Merlan
- Chinchard commun
- Maquereau commun
- Calmar
- Rouget barbet
- Seiche commune
- Hareng
- Plie
- Grondin perlou
- Tacaud commun

Figure 33: Procédure d'échantillonnage transmise aux observateurs et au navire

A chaque marée, les observateurs ont pu échantillonner l'ensemble des espèces de la liste.



Figure 34: Marée PISCES mars 2020 – Saint Jacques II



Figure 35: Marée PISCES Avril 2019 - Sainte Marie de la Mer II

Les données des marées SELUX ont ensuite été saisies sur l'application Allegro et bancarisées sur la base de données Harmonie du Système d'informations halieutiques (SIH - <https://sih.ifremer.fr/>).

2.4.4 Traitement des données

L'objectif de l'analyse est d'évaluer si le dispositif testé permet de réduire les captures non désirées sans entrainer de pertes commerciales démesurées par rapport au dispositif standard. Pour ce faire, les captures du chalut test sont comparées à celles du chalut standard. Les biomasses, mais également les

tailles capturées sont analysées par espèce afin d'obtenir une vision précise de la sélectivité de l'engin test.

Trois types de données ont été collectés pendant les marées expérimentales :

- Données environnementales (profondeur, état de la mer, jour/nuit, sens et force du courant)
- Données techniques (durée trait, durée entre les traits, distance entre les traits)
- Données captures (captures, rejets, débarquements (globaux et par espèces) + tailles)

Les données environnementales et techniques sont indispensables à la validation des données de captures.

Sélection et validation des données de captures

Les données de captures ont été obtenues par la méthode des traits alternés. Les deux traits d'une même traine n'ayant pas été effectués simultanément, un protocole strict a été suivi afin d'obtenir des traits les plus comparables possibles en termes de ressource disponible et de conditions de pêche (protocole en annexe C). Il est en effet important de s'assurer que les différences de captures observées entre le chalut standard et le chalut test sont bien liées à la sélectivité des engins et non à d'autres facteurs.

Seules les données obtenues dans des conditions normales de pêche et dans le respect du protocole ont été retenues pour l'analyse.

- Les valeurs aberrantes telles que la capture anormale d'une espèce ont également été retirées de l'analyse.
- Pour l'analyse par espèce, seules les espèces présentes dans au moins 15 couples ont été retenues.
- La durée des traits peut varier, c'est pourquoi une standardisation des données de captures a donc été réalisée afin d'obtenir des données comparables : Les biomasses et effectifs ont été divisé par la durée du trait associé puis multipliées par la durée moyenne des traits.

$$\frac{Y_{ei}}{D_{ei}} \cdot D$$

Y_{ei} : Quantité (biomasse-effectif) associée à l'engin e (sélectif ou standard) du trait i

D_{ei} : Durée du trait associé

D : Moyenne des durées de traits

- Des tests de corrélation ont été effectués sur les données de profondeurs, de durée de traine et d'état de la mer afin de vérifier la similitude des conditions de pêche pour les traits d'une même traine. Pour chaque test, une p-value permet de valider ou non la corrélation, un coefficient de corrélation (r spear) indique l'intensité de la relation et une bissectrice en noir, indique une égalité stricte des conditions entre les deux dispositifs (ex figure 39).

Analyse des conditions environnementales

Sur l'ensemble des marées, différentes variables pouvaient influencer la sélectivité de l'engin test : la profondeur, la saison, la zone, l'absence de lumière pour les traits de nuit (variable diurne), le navire. Afin d'évaluer si l'analyse devait se faire de manière différenciée selon ces variables, une analyse graphique et un GLM ont été réalisés pour les espèces prioritaires pour le projet.

Comparaison des biomasses capturées

Pour comparer les biomasses capturées, débarquées et rejetées, dans le chalut standard et le chalut test, un test de comparaison de moyenne a été utilisé afin de tester si la différence au sein de chaque traine est de moyenne nulle.

Afin de définir le test à utiliser, le paramétrique de Student ou non paramétrique de Mann Whitney pour traits appariés, la normalité de la différence au sein de chaque paire a d'abord été testée par un test de Shapiro-Wilk (Shapiro and Wilk, 1965). Si l'hypothèse gaussienne n'était pas rejetée le test paramétrique devra être utilisé, dans le cas contraire c'est le test non paramétrique qui sera retenu. Pour cela, le test statistique fourni une p-value (probabilité de rejeter l'hypothèse nulle). Si celle-ci est < 0.05 alors l'hypothèse nulle (H_0) est rejetée et on pourra donc en conclure qu'il y a une différence entre les moyennes des deux populations dont sont issus les échantillons. A l'opposé, si la p-value est > 0.05 alors l'hypothèse nulle n'est pas rejetée, on conclura alors en l'absence de différence entre les deux populations.

Ces différentes analyses ont également été réalisées par espèce, pour celles où suffisamment de données étaient disponibles. Toutes les espèces mentionnées comme prioritaires dans le protocole d'échantillonnage n'ont pas pu être analysées par faute de données suffisantes.

Ensuite, des taux de variation des biomasses totales (T1) et moyennes (T) rejetées ou débarquées ont été calculés. Ils indiquent les pertes ou gains de l'engin testé par rapport à l'engin standard.

$$T_1 = \left(\frac{Z_{test}}{Z_{std}} \right) * 100$$

$$T = \left(\frac{\sum_{i=1}^I Z_{test_i}}{\sum_{i=1}^I Z_{std_i}} - 1 \right) * 100$$

Z_{testj} et Z_{stdj} sont les biomasses pour la traine i dans les chaluts test et standard respectivement.

Comparaison des tailles capturées

L'efficacité du dispositif test en fonction de la taille des individus a ensuite été étudiée. Cette analyse permet de définir les tailles pour lesquelles le chalut test est plus sélectif que le chalut standard. Pour ce faire, la méthode des modèles mixtes généralisés (GLMM) a été utilisée (Holts R., Revill A., 2009) (Fig. 36). Le modèle mixte est utilisé dans ce type d'analyse afin de prendre en compte les variations des conditions de pêche d'une traine à une autre.

Les mensurations ont été réalisées à la fois sur la partie rejetée et la partie retenue, cette modélisation ne tient donc pas compte de cette catégorisation. Les tailles par individus correspondent donc à l'ensemble des captures de l'espèce. La modélisation peut être sensible aux extrémités du spectre de taille car les effectifs y sont souvent plus faibles. Les gammes de tailles de moins de 5 individus (total d'un couple) ont donc été retirées de l'analyse. La taille T a été testé jusqu'à l'ordre 4 sous forme de polynômes orthogonaux standardisés pour faciliter l'ajustement. Le meilleur modèle (c'est-à-dire le degré du polynôme) a été défini grâce au critère d'Akaike.

```

C:\Users\I\I\Desktop\SELUX\SCRIPT_SELUX_TAILLER - Editeur R
#-----#-----#-----#-----#-----#-----#-----#-----#
#                                     CATCH COMPARISON
#-----#-----#-----#-----#-----#-----#-----#-----#

library(lme4)

# normalize la variable Taille pour le GLMM -->
DATA$TAILLEsc <- scale(DATA$TAILLE) # (TAILLE-mean(TAILLE))/SD(TAILLE)

#-----#
# GLMM --> ## peut-on utiliser glmer car SEL et STD ne sont pas des entiers --> lmer ?
#-----#

GLMM0 <- glmer(SEL/(SEL+STD)~ 1 + (1 | TRAINE),weights = Total, data = DATA, family = binomial)
summary(GLMM0)
GLMM1 <- glmer(SEL/(SEL+STD)~ TAILLEsc + (1 | TRAINE),weights = Total, data = DATA, family = binomial)
summary(GLMM1)
GLMM2 <- glmer(SEL/(SEL+STD)~ TAILLEsc + I(TAILLEsc^2) + (1 | TRAINE), weights = Total, data = DATA, family = binomial(logit))
summary(GLMM2)
GLMM3 <- glmer(SEL/(SEL+STD)~ TAILLEsc + I(TAILLEsc^2) + I(TAILLEsc^3) + (1 | TRAINE),weights = Total, data = DATA, family = binomial)
summary(GLMM3)
GLMM4 <- glmer(SEL/(SEL+STD)~ TAILLEsc + I(TAILLEsc^2) + I(TAILLEsc^3) + I(TAILLEsc^4) + (1 | TRAINE),weights = Total, data = DATA, family = binomial)
summary(GLMM4)

```

Figure 36: Script utilisé pour l'analyse de sélectivité en taille relative

La modélisation permet d'obtenir une courbe de sélectivité pour chaque espèce étudiée (Fig. 37). Cette courbe indique la probabilité de capture par l'engin test en fonction de la taille de l'individu. La valeur 0.5 est la valeur pour laquelle la probabilité de rétention d'un individu est la même dans le chalut test que le chalut standard. Lorsque la courbe est en dessous de 0.5, cela signifie que la probabilité de rétention par le chalut test est moins importante que celle du chalut standard, et inversement, lorsque la courbe est au-dessus de 0.5. La zone grise autour de cette courbe et la zone pointillée autour du Lr0.5 représentent les intervalles de confiance à 95%. Cela signifie qu'il y a 95% de chance que la vraie valeur se situe dans cet intervalle.

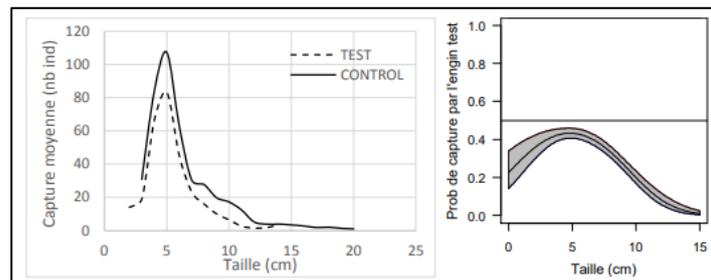


Figure 37: exemple de courbes de répartition des biomasses par taille des captures pour les chaluts test et control et de courbe de sélectivité relative issu des traitements de modélisation (Holst et Reville, 2009)

Lorsque l'intervalle de confiance de la courbe de sélectivité se situe au niveau du 0.5 cela ne permet pas de tirer de conclusion sur l'efficacité du chalut test (Vogel, 2016).

3. Résultats

3.1. Les PISCES

3.1.1 Description de l'échantillon

Quatre marées expérimentales ont été organisées afin de tester les PISCES. Lors de ces quatre marées, 62 traits ont été échantillonnés, 31 traits lumineux et 31 traits standards, soit 31 couples. Sur ces 31 couples, 1 couple a été écarté de l'analyse à cause d'un dysfonctionnement du dispositif lumineux.

N° Marée	Date de départ	Durée de la marée	Nb. De traits échantillonnés	Nb. De couples échantillonnés	Nb. De couples retenus
1	21/10/2019	5 jours	16	8	7
2	16/03/2020	4 jours 1/2	16	8	8
3	22/06/2020	4 jours 1/2	16	8	8
4	20/07/2020	4 jours 1/2	14	7	7

Tableau 3: Description de l'échantillon

Les traits de ces marées ont été réalisés en VIId et IVc dans les zones fréquentées habituellement par ce navire et les chalutiers artisans de l'OP FROM Nord (Fig. 38).

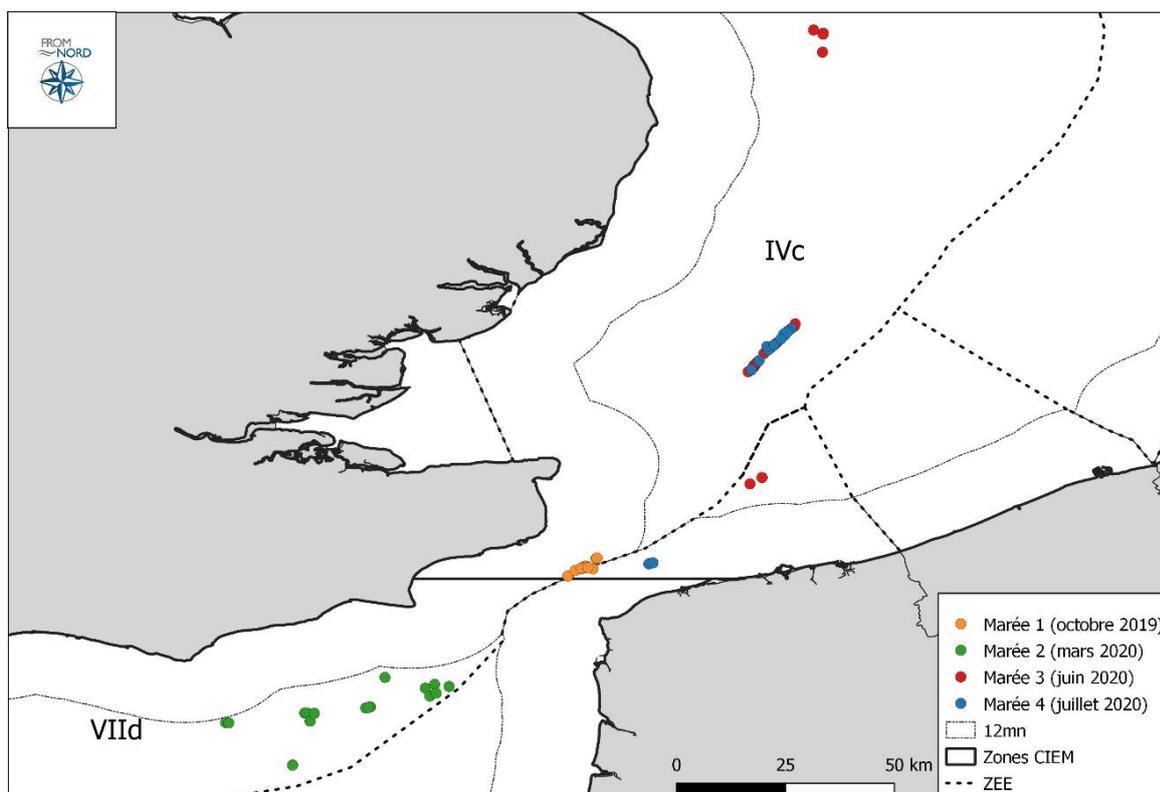


Figure 38: Cartographie des zones de filages

3.1.2 Validation des données

Les couples ont été réalisés, séparément, soit de nuit (15 couples) soit de jour (15 couples), dans des conditions de pêche comparables (vitesse de traîne similaire, sens du courant identique, zones proches, substrat profondeur, durée de traîne et état de la mer comparables).

Des tests de corrélation ont été réalisés afin de valider la similitude des conditions de pêche. L'hypothèse gaussienne n'étant pas respectée, un test non paramétrique de Spearman a donc été réalisé. La bissectrice en noir, marque l'égalité stricte des conditions entre les deux dispositifs (Fig. 39).

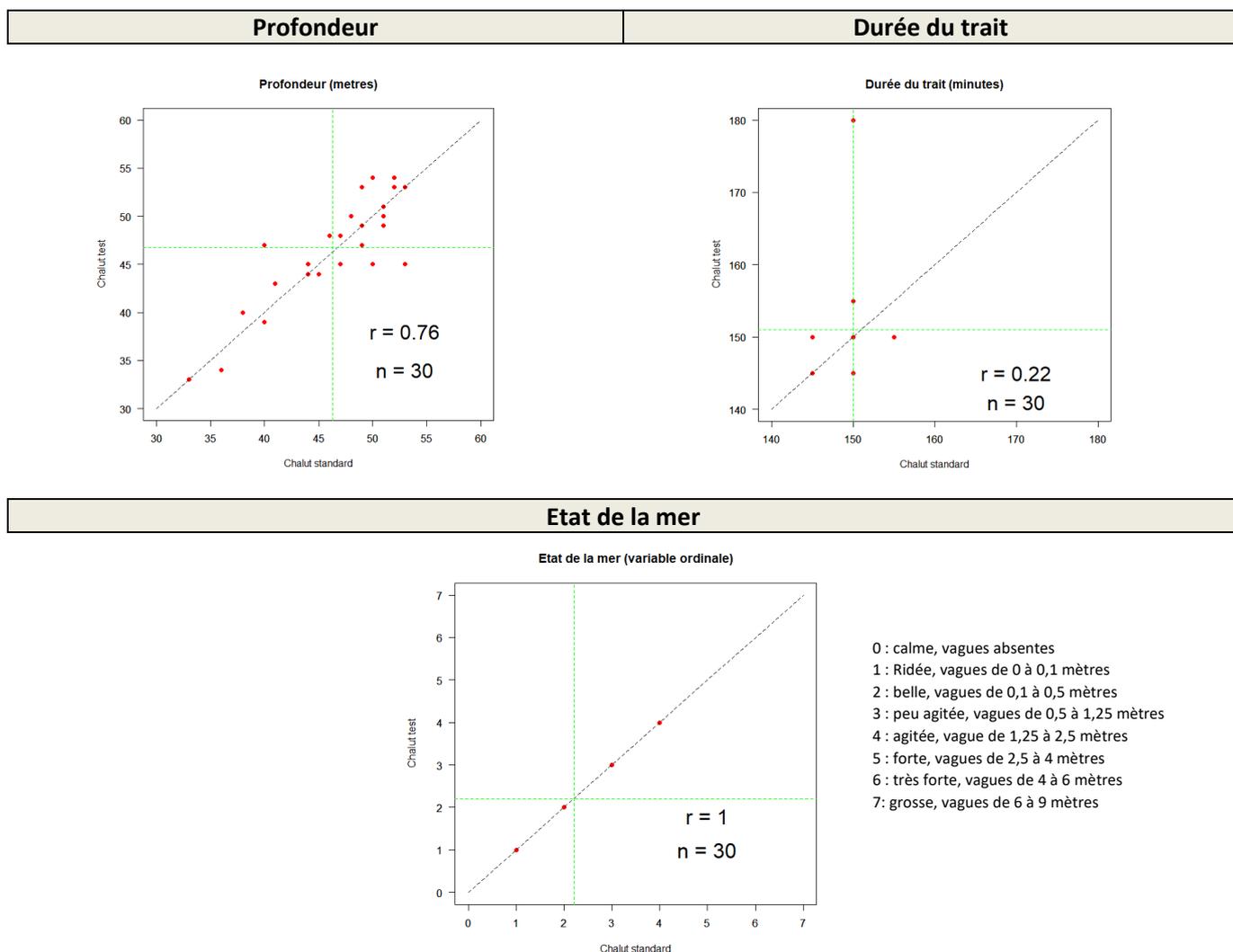


Figure 39: Comparaison des conditions de pêche (test de corrélation)

Les résultats de ces tests indiquent que la profondeur et l'état de la mer sont similaires au sein des couples. Concernant la durée du trait, la standardisation des données va permettre d'ajuster les différences. Les quantités mesurées ont été divisées par la durée de trait associé et le résultat a été multiplié par la durée moyenne d'un trait (détails dans la partie méthodologie du rapport).

Les couples ont été effectués dans des conditions très similaires vis-à-vis de ces 3 variables, l'emploi d'une méthodologie adaptée aux échantillons appariés est donc possible.

3.1.3 Etude des facteurs pouvant avoir une influence sur la sélectivité de l'engin test

Deux variables peuvent avoir un impact sur la sélectivité de l'engin test : la variable « diurne » et la variable « saison ». Afin d'évaluer la nécessité de découper l'analyse selon ces variables, une analyse graphique et un modèle linéaire généralisé (glm) ont été utilisés pour les 7 espèces prioritaires du projet (détails en Annexe G). La variable à expliquer est un indicateur d'échappement. Cet indicateur est la proportion du nombre d'individus d'une espèce capturés dans le chalut test par rapport à la somme des captures des deux chaluts pour cette espèce : $P=N_{test}/N_{test}+N_{ref}$ avec N : nombre d'individus capturés pour une classe de taille dans un chalut donné.

Pour le chinchard, la variable « diurne » serait un facteur explicatif de la proportion d'individus retenue dans le chalut test par rapport au chalut standard avec une p value < 0.05 (Fig. 40). L'analyse des données de chinchard va donc être réalisée séparément pour les couples de nuit et les couples de jour.

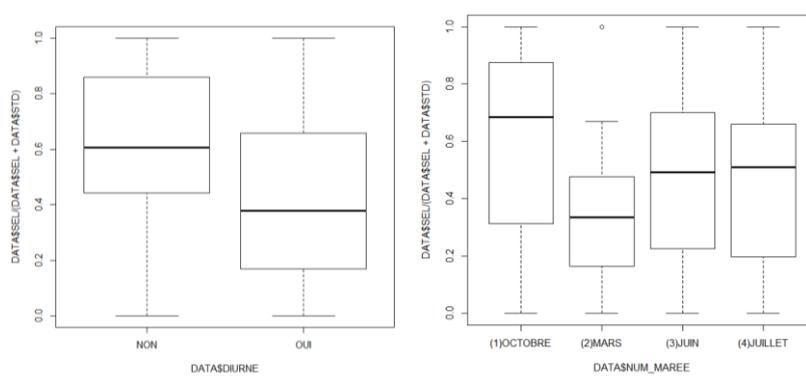


Figure 40: Boxplot proportions chinchards capturés par chalut en fonction des deux variables ("diurne" et "saison")

Pour le merlan, la variable « saison » serait un facteur explicatif de la proportion de d'individus retenue dans le chalut test par rapport au chalut standard avec une p value < 0.05 (Fig. 41). L'analyse des données de merlan va donc être réalisée séparément selon les saisons.

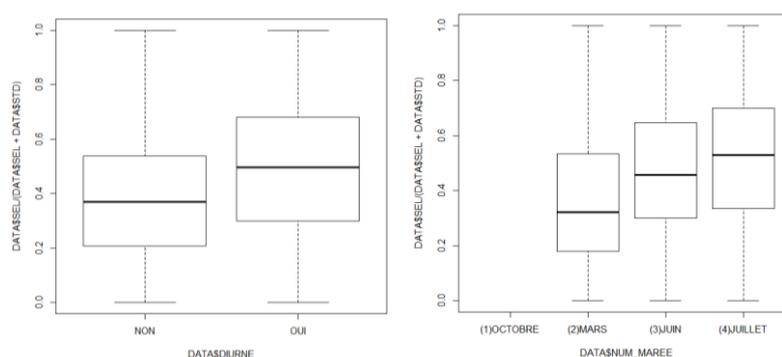


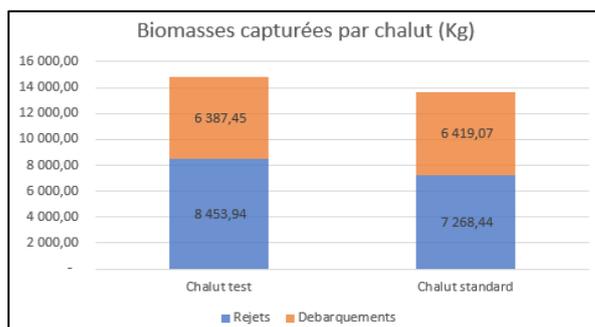
Figure 41: Boxplot proportions merlans capturés par chalut en fonction des deux variables ("diurne" et "saison")

Pour les autres espèces, les variables saison et diurne ne sont pas des facteurs explicatifs de la proportion d'individus retenue dans le chalut test.

3.1.4 Analyse globale des captures

Les quantités capturées, pour les deux engins et les 4 marées, varient de 114,6 kg à 1 206,5 kg par trait et les taux de rejets de 13% à 83%.

Les quantités capturées par le chalut équipé de lampes PISCES sont en moyenne plus importantes que celles capturées avec le chalut de référence (+38,4kg/trait). Les pertes commerciales sont quasiment inexistantes (- 1,1kg/trait en moyenne) mais les rejets sont plus importants (+39,5 kg/trait en moyenne) (tableau 4). Ces résultats cachent toutefois une grande variabilité inter-couple (Fig. 43).



Engin	Captures moyennes	Débarquements moyens	Rejets moyens	Taux de rejet moyen
Standard (STD)	456.3	214	242.3	50.6 %
Test (SEL)	494.7	212.9	281.8	54.8 %

Figure 42: Biomasses capturées par le chalut standard et le chalut test (Kg)

Tableau 4: Données de capture, de débarquement et de rejets moyennes par trait

Les résultats des tests de comparaison de médianes ci-dessous mettent en évidence des p-value > 0.05 ce qui indique que **les différences de captures entre les deux engins ne sont statistiquement pas significatives.**

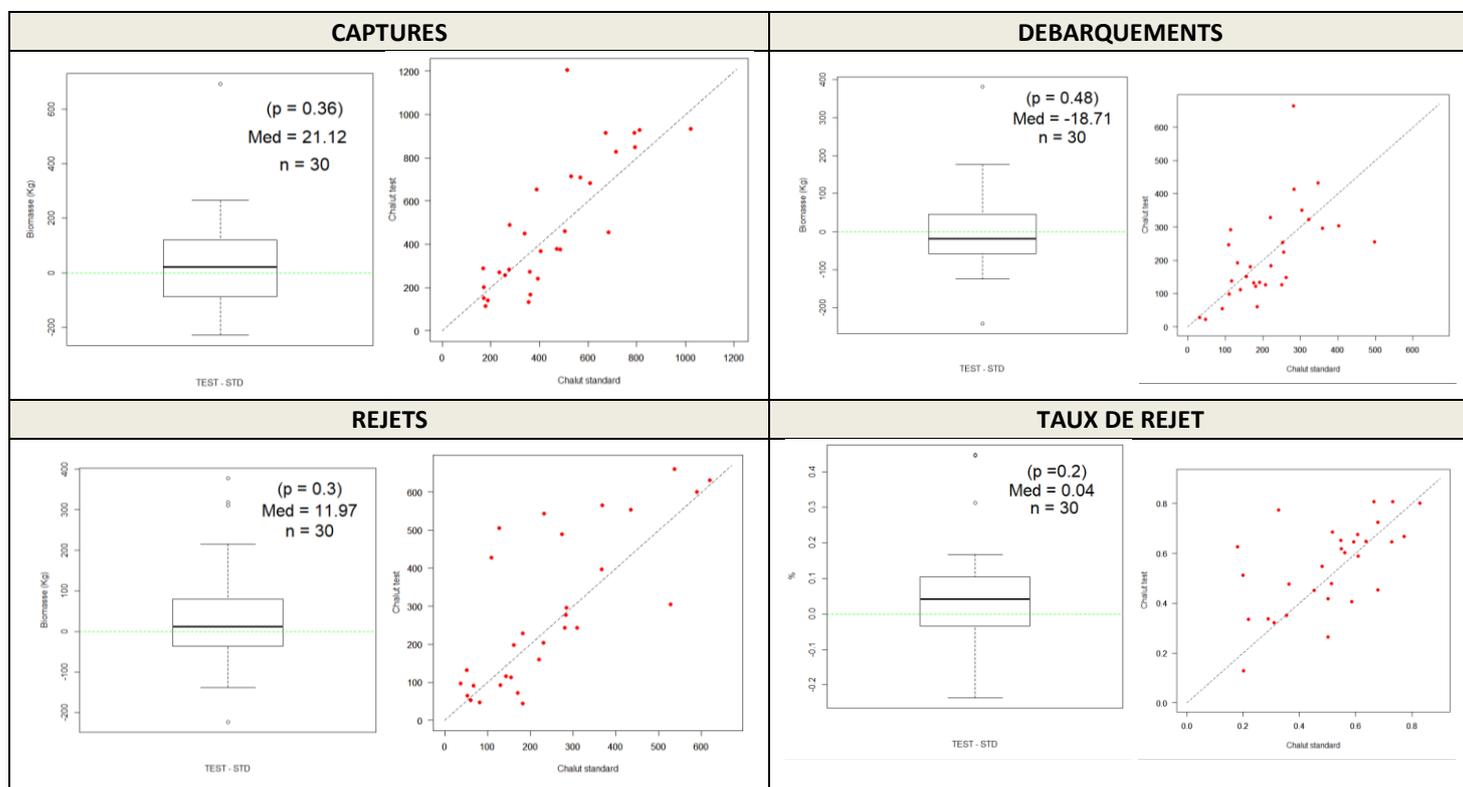


Figure 43: A droite : Biomasses par couple et bissectrice qui indique, une égalité stricte des biomasses capturées entre les deux dispositifs - chalut test en ordonné et chalut standard en abscisse. A gauche : Résultat du test non paramétrique de Mann Whitney pour traits appariés (p value) et différences de captures au sein de chaque couple (biomasses TEST – biomasses STD).

3.1.5 Analyse par espèce

Lors de ces 4 marées expérimentales, 38 espèces ont été capturées (tableau 5) (détails en Annexe H). Parmi celles-ci, 10 espèces sont prioritaires dans le cadre du projet soit parce qu'elles sont économiquement importantes soit car elles ont un taux de rejets important. Ces 10 espèces sont le chinchard, le merlan, l'encornet, le maquereau, le tacaud, le rouget barbet, la seiche, le grondin perlon, la plie et le hareng. Elles représentent 81% des captures, 90% des débarquements et 72% des rejets du chalut standard sur le total des 4 marées (annexe H).

Espèces	Tonnages (Kg)	% cumulé
Merlan	6 096,51	44,54%
Chinchard d'Europe	2 164,60	60,36%
Limande	1 625,75	72,23%
Plie d'Europe	657,03	77,03%
Maquereau commun	598,61	81,41%
Encornet	570,70	85,58%
Petite roussette	519,51	89,37%
Tacaud commun	518,23	93,16%
Rouget de roche	207,73	94,68%
Seiche commune	115,18	95,52%
Limande sole	109,54	96,32%
Grondin perlon	98,17	97,03%
Grondin rouge	75,84	97,59%
petit tacaud	69,54	98,10%
Hareng de l'Atlantique	43,16	98,41%
Morue de l'Atlantique	41,64	98,72%
Dorade grise	31,91	98,95%
Bar européen	28,22	99,16%
Grondin gris	19,85	99,30%
Émissoles nca	16,28	99,42%
Saint Pierre	12,33	99,51%
Raie lisse	10,11	99,58%
Flet d'Europe	8,57	99,65%
Daurade Royale	7,07	99,70%
Sprat	6,84	99,75%
Callionymus	6,03	99,79%
Sole commune	5,99	99,83%
Barbue	3,81	99,86%
Raie bouclée	3,46	99,89%
Grande vive	3,36	99,91%
Turbot	3,11	99,94%
Baudroies, etc. nca	2,81	99,96%
Aiglefin	2,78	99,98%
Congre d'Europe	1,94	99,99%
Callionymus lyra	0,73	100,00%
Sole-pole	0,30	100,00%
Sardine	0,25	100,00%
souris de mer	0,02	100,00%

Tableau 5: Total des Biomasses capturées par espèce sur les 4 marées expérimentales par le chalut standard (STD)

Sur ces 10 espèces, 7 espèces font l'objet d'une analyse approfondie car elles sont présentes en quantité suffisante dans les captures (Plus de 2kg dans a minima 15 couples). Ces espèces sont le merlan, le chinchard, la plie, le maquereau, l'encornet, le tacaud, le rouget barbet (Fig. 44).

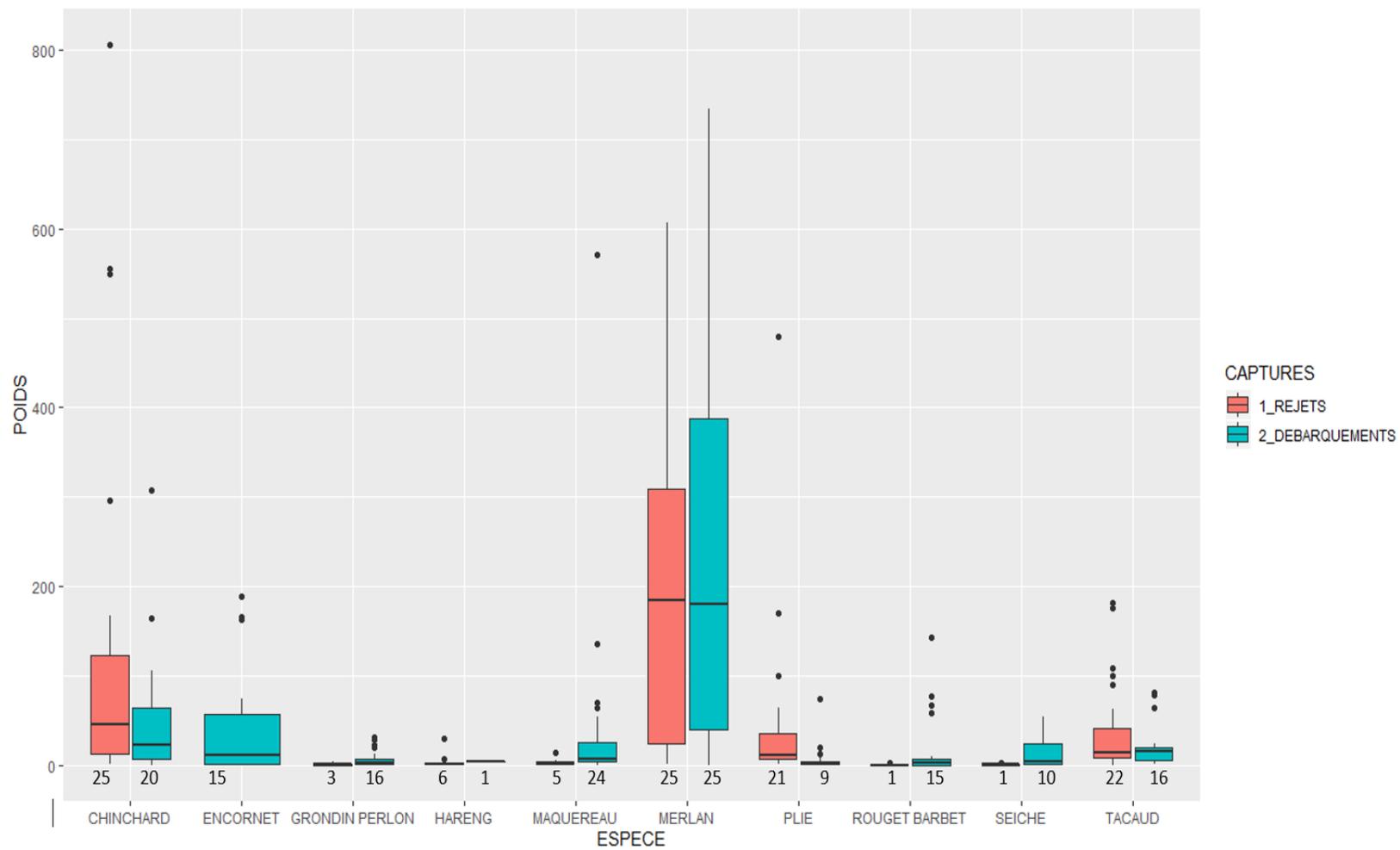


Figure 44 : Débarquements et rejets par espèce et par couple (nombre de couples avec un tonnage > à 2kg sous le boxplot)

Selon les graphiques ci-dessous, les résultats pour le maquereau, la plie et le rouget barbet sont positifs avec des débarquements équivalents et pour le merlan avec une baisse des rejets. Par contre, les débarquements d'encornet et de merlan sont plus faibles et les rejets de chinchard plus importants (Fig. 45).



Figure 45: Composition des captures, débarquements et rejets par chalut

Les moyennes sont à prendre avec du recul car elles cachent une grande variabilité inter-couple (tableau 6).

Espèces	Tx var débarquements (moyenne)	Tx var débarquements (Poids total)	NB couple	Tx var rejets (moyenne)	Tx var rejets (Poids total)	NB couple
Chinchard	+ 101%	+9%	21	+ 84%	+9%	29
Encornet	-6%	-31%	21			
Maquereau	+ 70%	-3%	27			
Merlan	-14%	-7%	28	-8%	-3%	27
Plie	+ 122%	-1%	23	+108%	-13%	23
Rouget barbet	-13%	Pas de différence	22			
Tacaud	+136%	+44%	20			

Tableau 6: Tonnages débarqués et rejetés par le chalut test par rapport au chalut standard (couple avec Std >0kg)

Afin de vérifier ces observations, une comparaison des biomasses débarquées et rejetées a été réalisée grâce à un test de comparaison de médiane non paramétrique de Mann Whitney pour traits appariés ainsi qu'une analyse par taille avec un GLMM.

MERLAN : L'objectif est de maintenir les quantités débarquées et réduire les quantités rejetées

Les données pour le merlan ont été analysées séparément pour le mois de mars car cette marée présente une tendance différente des autres marées (cf. partie 3.1.3 des résultats PISCES).

Marées d'octobre 2019, juin et juillet 2020 :

Pour les marées d'octobre, juin et juillet, les résultats des tests de comparaison de médiane, ne laissent apparaître aucune différence statistiquement significative entre les biomasses du chalut test et celles du chalut standard (Fig. 46).

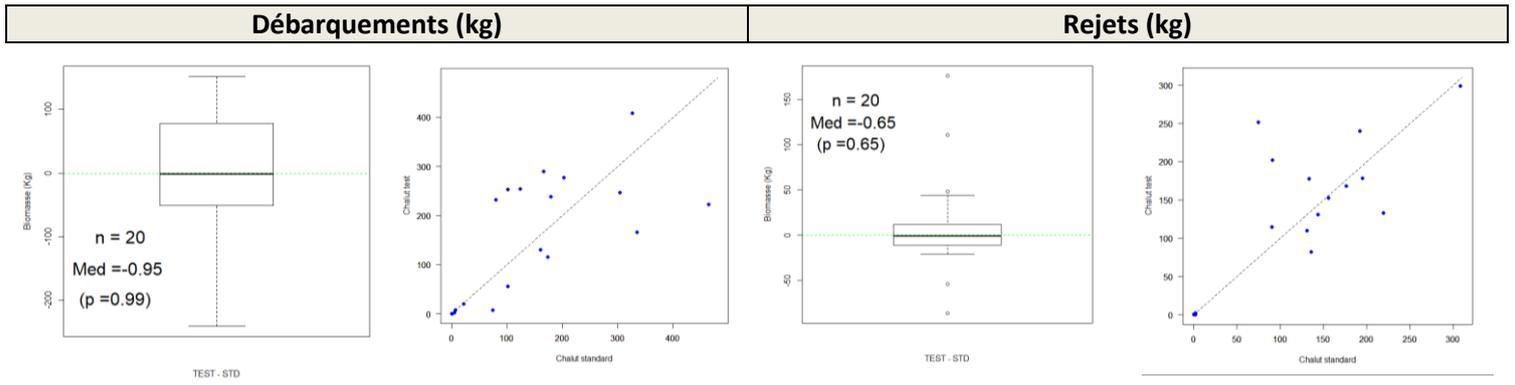


Figure 46: A droite : Biomasses par couple et bissectrice qui indique, , une égalité stricte des biomasses capturées entre les deux dispositifs - chalut test en ordonné et chalut standard en abscisse. A gauche : Résultat du test non paramétrique

En ce qui concerne la répartition en taille, aucune différence n'est également observable pour ces marées (Fig. 47).

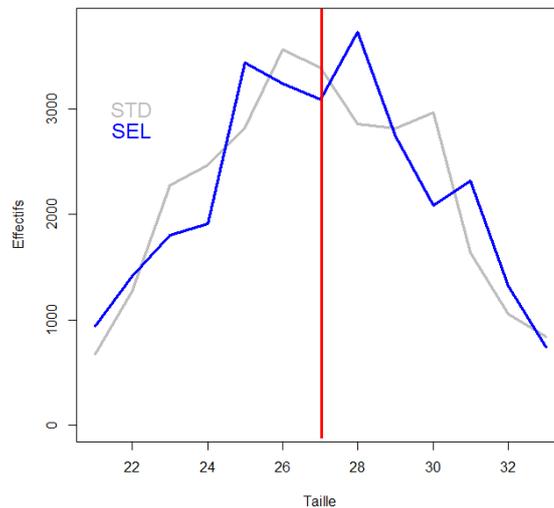


Figure 47: Répartition par taille des captures de merlang dans le chalut test et standard pour les marées d'octobre, juin et juillet

Marée de mars 2020 :

Pour ce qui est de la marée réalisée au mois de mars (8 couples échantillonnés), on observe des quantités débarquées et rejetées plus faibles avec le chalut test qu'avec le chalut standard (p -value < 0.05) (Fig. 48). Pour cette marée, le chalut test est donc plus sélectif.

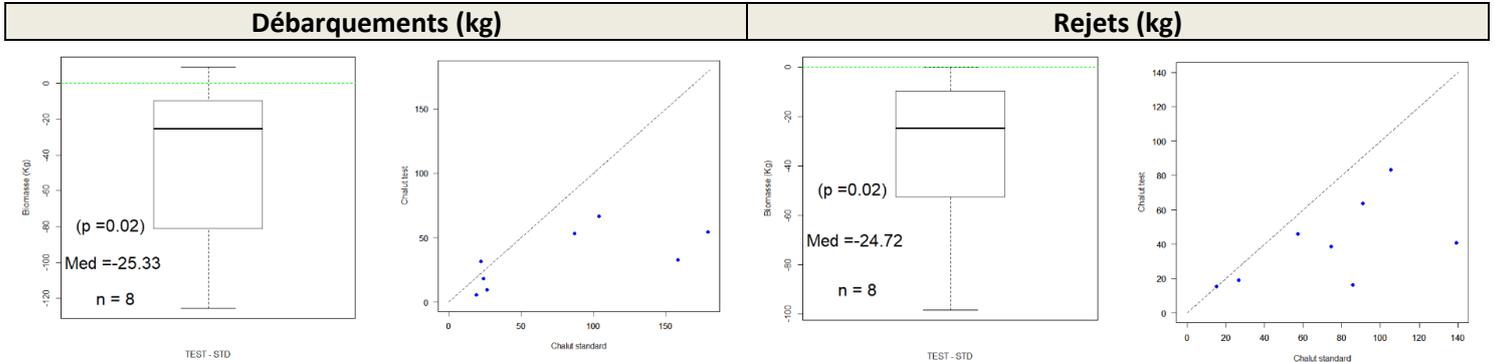


Figure 48: A droite : Biomasses par couple et bissectrice qui indique, une égalité stricte des biomasses capturées entre les deux dispositifs - chalut test en ordonné et chalut standard en abscisse. A gauche : Résultat du test non paramétrique

Sur cette marée, le chalut test permet de diminuer les rejets de 37% en moyenne, mais il réduit également la partie commerciale en moyenne de 42%.

Lorsque l'on regarde la répartition par taille sur cette marée, l'engin test est plus sélectif que l'engin standard sur l'ensemble des tailles (Fig. 50).

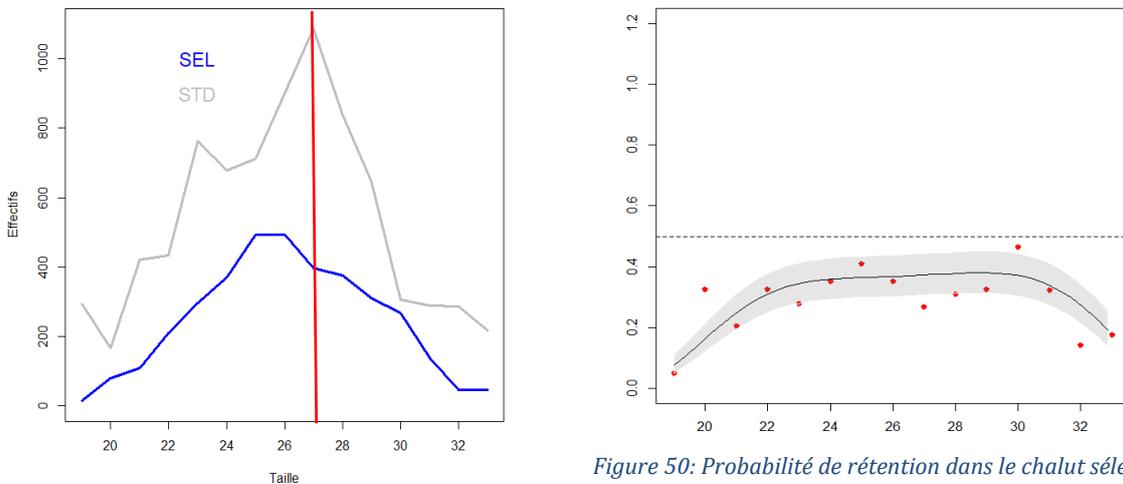


Figure 49: Répartition par taille des captures de merlan dans le chalut test et standard pour la marée 2

Figure 50: Probabilité de rétention dans le chalut sélectif en fonction de la taille pour la marée 2, la droite horizontale matérialise la probabilité de capture de 50% des individus

La différence entre cette marée et les autres pourrait s'expliquer par la différence de luminosité entre le printemps et l'été ainsi que la turbidité de l'eau. Un autre élément explicatif pourrait être que le mois de mars correspond à la fin de la période de reproduction du merlan. La profondeur ne peut par contre pas expliquer cette différence car elle est significativement la même sur toutes les marées.

CHINCHARD : L'objectif est de réduire les quantités débarquées et capturées

Les données pour le chinchard ont été analysées séparément pour les traits de nuit et de jour car la tendance est différente selon cette variable (cf. partie 3.1.3 des résultats PISCES).

Pour les traits réalisés de jour, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les biomasses du chalut test et celles du chalut standard. Lorsque l'on regarde la répartition par taille selon les engins, il y a moins d'individus de 19 à 26 cm dans le chalut test mais cela cache une grande variabilité. L'intervalle de confiance du GLMM ne permet pas de conclure à la significativité de l'échappement (Fig. 51).

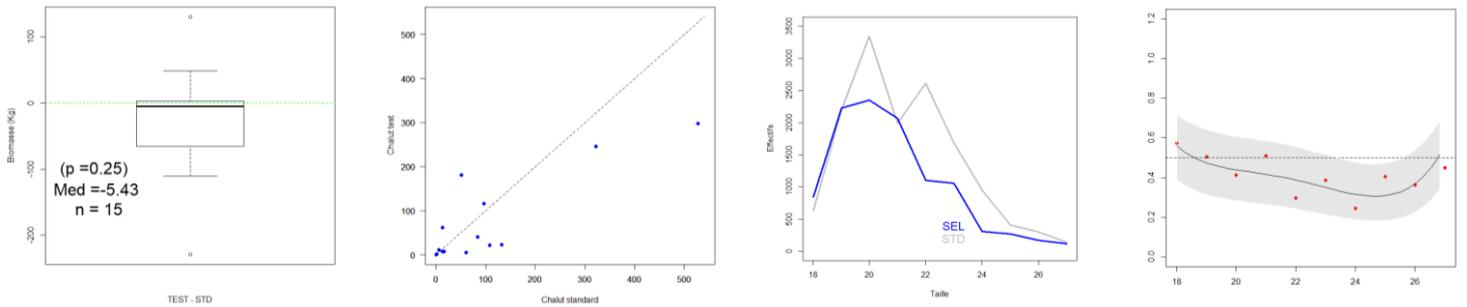


Figure 51: Comparaison des biomasses (gauche) et tailles (droite) capturées de jour

Pour les traits réalisés de nuit, l'on observe des quantités capturées plus importantes avec le chalut test qu'avec le chalut standard (p -value < 0.05). Le nombre d'individus est plus important dans le chalut test pour toutes les tailles. L'intervalle de confiance du GLMM ne permet pas toutefois de conclure à la significativité de la différence d'échappement (Fig. 52).

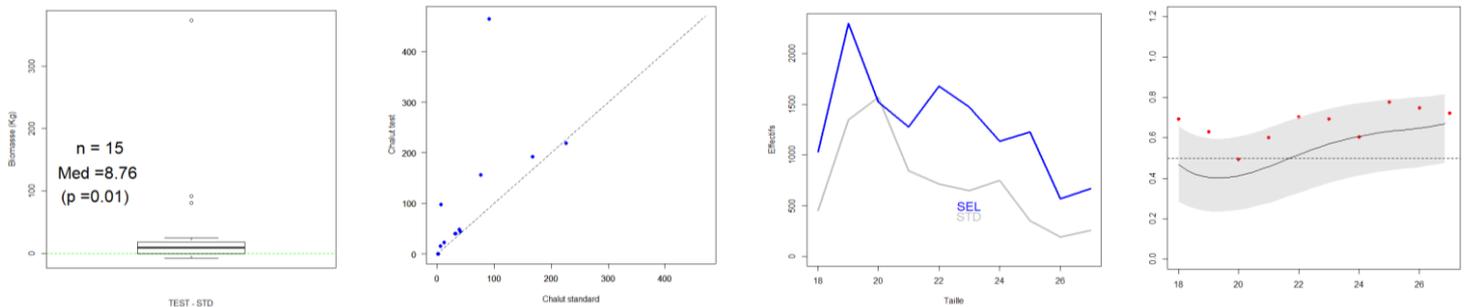


Figure 52: Comparaison des biomasses (gauche) et tailles (droite) capturées de nuit

Lorsque l'on sélectionne uniquement **les traits de nuit réalisés avec la lumière clignotante** (sans la marée d'octobre, soit 11 couples). Les résultats des tests, ne laissent apparaître aucune différence statistiquement significative entre les biomasses du chalut test et celles du chalut standard. Cela signifie que la lumière constante pouvait être responsable des captures plus importantes dans le chalut test (Fig. 52).

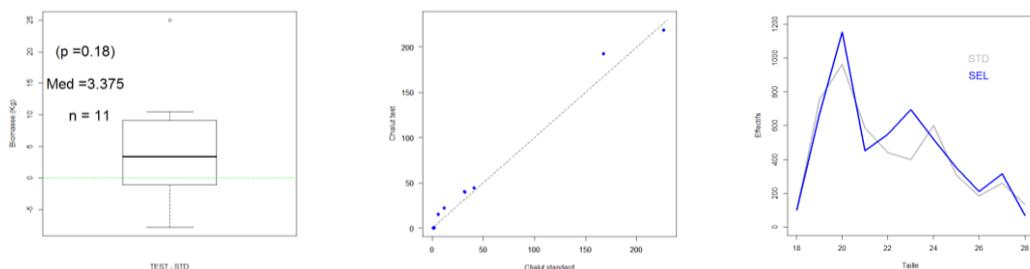


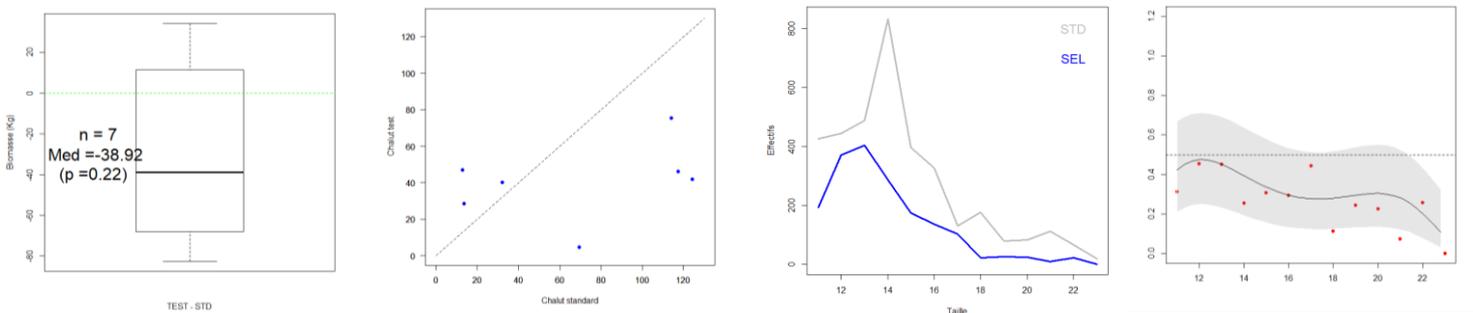
Figure 53: Comparaison des biomasses (gauche) et tailles (droite) capturées de nuit avec les PISCES clignotants

Maquereau, Encornet, Rouget barbet et Tacaud, l'objectif est de maintenir les quantités débarquées. Pour la plie, l'objectif est de maintenir les quantités débarquées et de réduire les quantités rejetées.

ENCORNET :

Pour l'Encornet, seule la marée du mois d'octobre comporte des données de captures suffisantes pour l'analyse. Les résultats des tests, ne laissent apparaître aucune différence statistiquement significative entre les biomasses du chalut test et celles du chalut standard. Lorsque l'on regarde la répartition par taille selon les engins, il y a moins d'individus dans le chalut test, toutefois l'intervalle de confiance du GLMM ne permet pas de conclure à la significativité de l'échappement (grande variabilité des données).

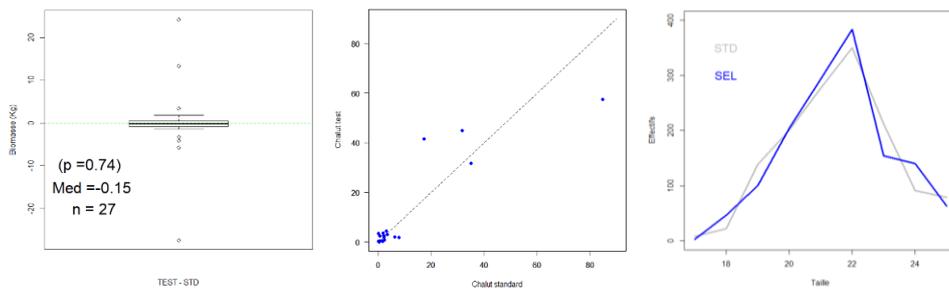
ENCORNET (débarquements - kg)



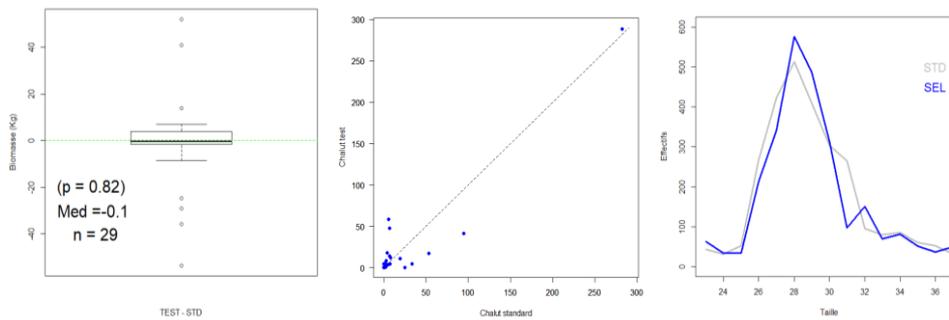
MAQUEREAU, ROUGET BARBET et TACAUD :

Pour le Rouget barbet, le Maquereau, les résultats des tests ne laissent apparaître aucune différence statistiquement significative entre les biomasses du chalut test et celles du chalut standard. Lorsque l'on regarde le nombre d'individus par taille selon les engins, il n'y a pas non plus de différence significative entre les deux chaluts.

ROUGET BARBET (débarquements - kg)

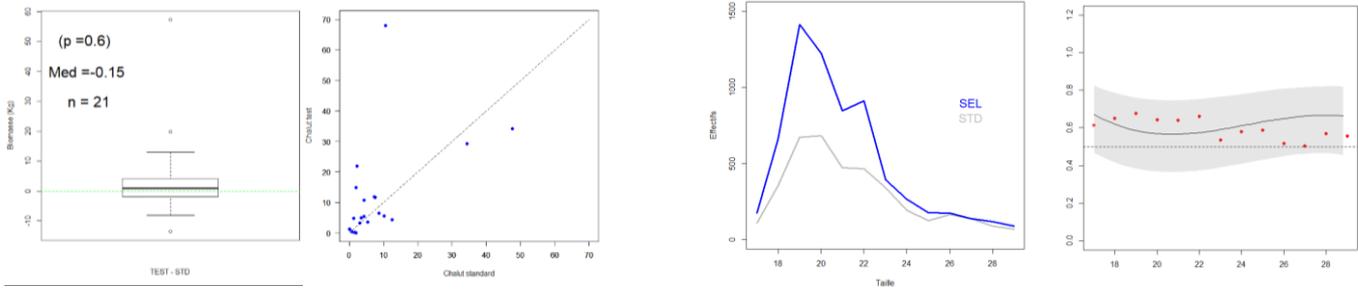


MAQUEREAU (débarquements kg)



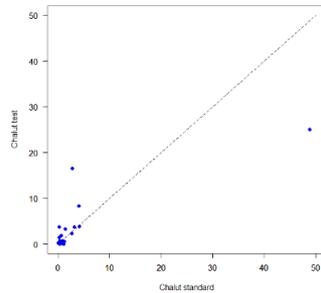
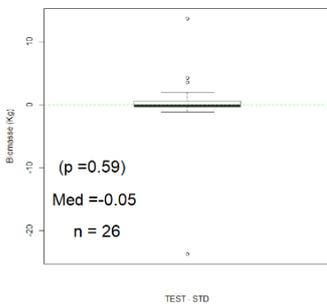
Pour le Tacaud, Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les biomasses du chalut test et celles du chalut standard. Lorsque l'on regarde la répartition par taille selon les engins, il y a plus d'individus dans le chalut test, toutefois l'intervalle de confiance du GLMM ne permet pas de conclure à la significativité de cette différence (grande variabilité des données).

TACAUD (débarquements kg)

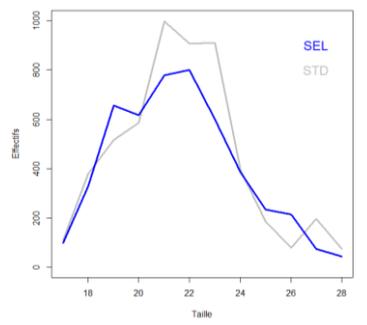
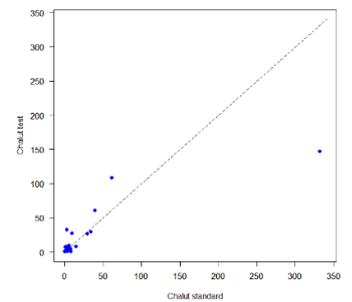
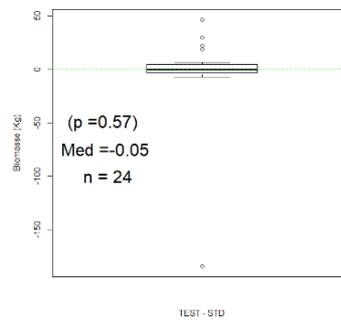


Pour la Plie, Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les biomasses débarquées et rejetées du chalut test et celles du chalut standard. Lorsque l'on regarde la répartition par taille selon les engins, il y a plus d'individus dans le chalut standard, toutefois aucun modèle GLMM ne converge, ce qui ne permet pas de conclure quant à la significativité de cette différence (grande variabilité des données).

PLIE (Débarquements kg)



PLIE (Rejets kg)



3.2.2 Validation des données

Les couples ont été réalisés, séparément, soit de nuit (9 couples) soit de jour (10 couples), dans des conditions de pêche comparables (vitesse de traine similaire, sens du courant identique, zones proches, substrat profondeur, durée de traine et état de la mer comparables).

Des tests de corrélation ont été réalisés afin de valider la similitude des conditions de pêche. L'hypothèse gaussienne n'étant pas respectée un test non paramétrique de Spearman a donc été réalisé. La Bissectrice en noir, indique une égalité stricte des conditions entre les deux dispositifs.

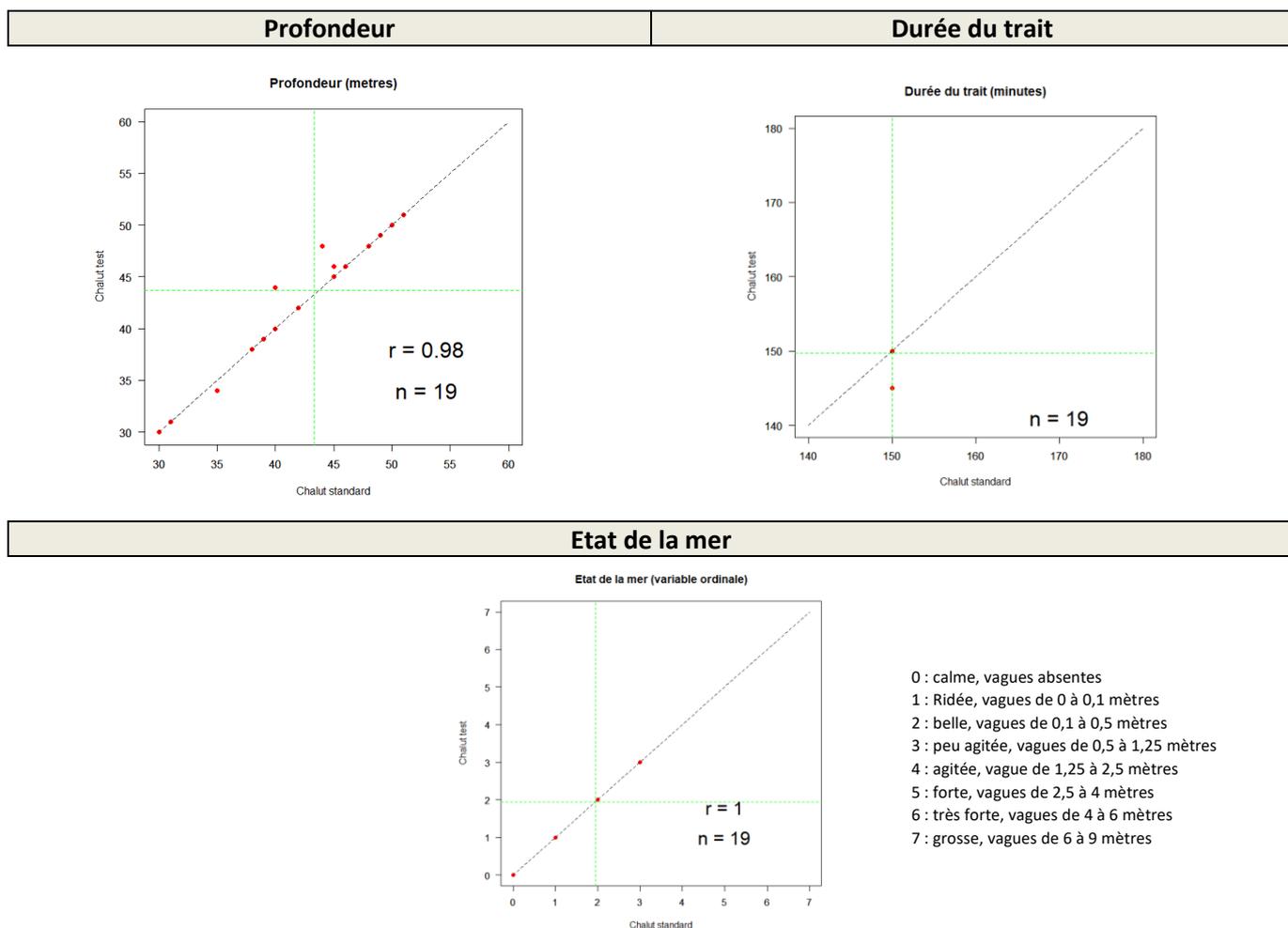


Figure 55: Comparaison des conditions de pêche (test de corrélation)

Les résultats de ces tests indiquent que la profondeur et l'état de la mer sont similaires au sein des couples.

Concernant la durée du trait, la standardisation des données va permettre d'ajuster les différences. Les quantités mesurées ont été divisées par la durée de trait associé et le résultat a été multiplié par la durée de trait moyen.

Les couples ont été effectués dans des conditions très similaires vis-à-vis de ces 3 variables, l'emploi d'une méthodologie adaptée aux échantillons appariés est donc possible.

3.2.3 Etude des facteurs pouvant avoir une influence sur les captures

Deux variables peuvent avoir un impact sur la sélectivité de l'engin test : la variable « diurne » et la variable « saison ». Afin d'évaluer la nécessité de découper l'analyse selon ces variables, une analyse graphique et un modèle linéaire généralisé (glm) ont été utilisés pour les 7 espèces prioritaires su projet (détails en Annexe G). La variable à expliquer est un indicateur d'échappement. Cet indicateur est la proportion du nombre d'individus d'une espèce capturés dans le chalut test par rapport à la somme des captures des deux chaluts pour cette espèce : $P = N_{\text{test}} / (N_{\text{test}} + N_{\text{ref}})$ avec N : nombre d'individus capturés pour une classe de taille dans un chalut donné.

CHINCHARD : La variable « saison » serait un facteur explicatif de la proportion de chinchard retenue dans le chalut test par rapport au chalut standard avec une p value < 0.05. L'analyse des données de chinchard est donc réalisée séparément selon les saisons.

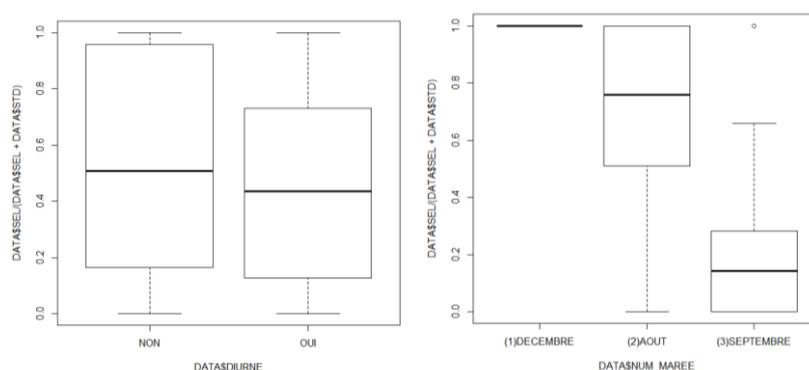


Figure 56: Boxplot proportions chinchards capturés par chalut en fonction des deux variables ("diurne" et "saison")

MERLAN : La variable « saison » serait un facteur explicatif de la proportion de merlan retenue dans le chalut test par rapport au chalut standard avec une p value < 0.05. L'analyse des données de merlan est donc être réalisée séparément selon les saisons.

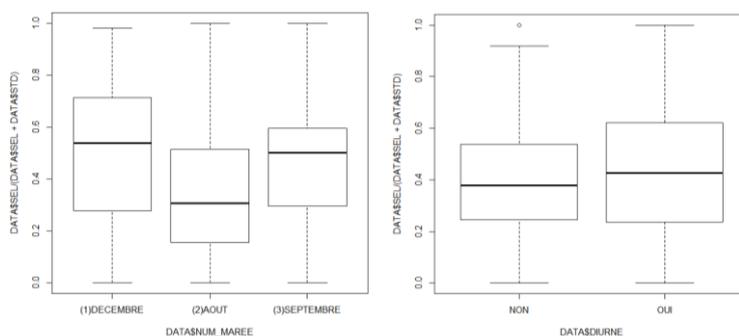


Figure 57: Boxplot proportions merlans capturés par chalut en fonction des deux variables ("diurne" et "saison")

Pour les autres espèces, les variables saison et diurne ne sont pas des facteurs explicatifs de la proportion d'individus retenue dans le chalut test.

3.2.4 Analyse globale des captures

Les quantités capturées, pour les deux engins et les 3 marées, varient de 110,3 kg à 1 524 kg par trait et les taux de rejets de 5% à 90%.

Les quantités capturées par le chalut équipé de fil phosphorescent Brezglow sont en moyenne plus importantes que celles capturées avec le chalut de référence (+11.54kg/trait). En moyenne, les débarquements sont plus importants (+46.77kg/trait) et les rejets sont moins importants (-35.23kg/trait) (tableau 8). Ces résultats ne représentent pas de grosses différences de tonnages et cachent toutefois une grande variabilité inter-couple (Fig. 59).

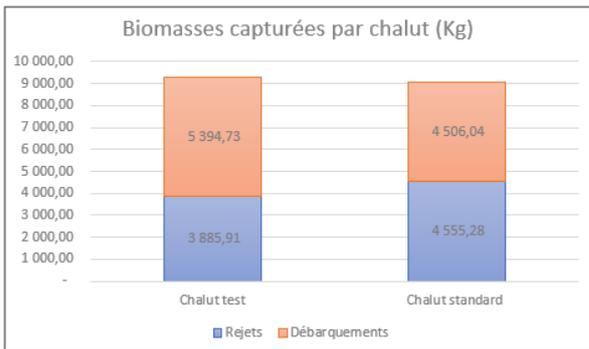


Figure 58: Biomasses capturées par le chalut standard et le chalut test (Kg)

Engin	Captures moyennes	Débarquements moyens	Rejets moyens	Taux de rejet moyen
Standard (STD)	476.91	237.16	239.75	53.1 %
Test (SEL)	488.45	283.93	204.52	51.1 %

Tableau 8: Données de capture, de débarquement et de rejets moyennes par trait

Les résultats des tests de comparaison de médianes ci-dessous mettent en évidence des p-value > 0.05 ce qui indique que les différences entre les deux engins ne sont statistiquement pas significatives.

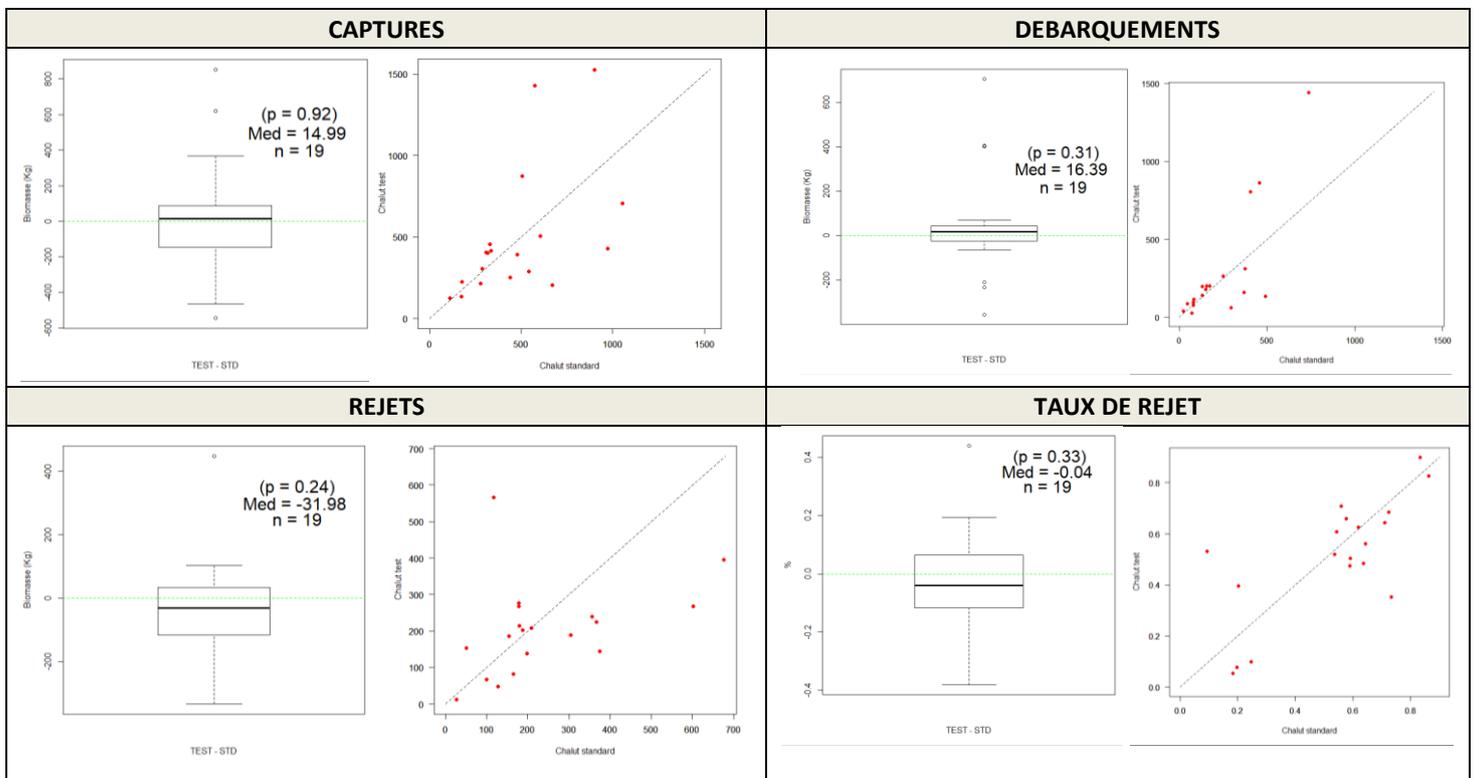


Figure 59: Biomasses par couple et bissectrice qui indique, une égalité stricte des biomasses capturées entre les deux dispositifs (graphique droite) chalut test en ordonné et chalut standard en abscisse. Résultat du test non paramétrique de Mann Whitney pour traits appariés (p value) et différences de captures au sein de chaque couple (biomasses TEST – biomasses STD) (graphique droite).

3.2.5 Analyse par espèce

Lors de ces 3 marées expérimentales, 27 espèces ont été capturées par le chalut standard (tableau 9). Les 10 espèces prioritaires pour le projet représentent 84% des captures, 86% des débarquements et 82% des rejets du chalut standard sur le total des 3 marées (annexe H).

Espèces	Tonnages (Kg)	% cumulé
Merlan	4 517,47	49,85%
Encornet	1 266,40	63,83%
Chinchard d'Europe	557,50	69,98%
Limande	519,89	75,72%
Maquereau commun	293,88	78,96%
Tacaud commun	279,86	82,05%
Plie d'Europe	261,46	84,94%
Petite roussette	245,64	87,65%
Bar européen	220,01	90,08%
Rouget de roche	150,03	91,73%
Limande sole	136,13	93,23%
Raie bouclée	124,23	94,61%
Seiche commune	100,98	95,72%
Grondin perlon	92,69	96,74%
hareng	88,63	97,72%
Émissole tachetée	61,07	98,39%
Grondin rouge	56,67	99,02%
petit tacaud	32,43	99,38%
Raie lisse	17,59	99,57%
Morue de l'Atlantique	16,42	99,75%
Sole commune	12,44	99,89%
grondin gris	5,00	99,95%
Grande vive	2,20	99,97%
Dorade grise	1,40	99,99%
Saint Pierre	0,65	99,99%
Raie brunette	0,47	100,00%
sardine	0,20	100,00%

Tableau 9: Total des Biomasses capturées par espèce sur les 3 marées expérimentales par le chalut standard (STD)

Sur ces 10 espèces, 7 espèces sont présentes dans plus de 15 couples d'un total de plus de 2kg et peuvent ainsi faire l'objet d'une analyse approfondie : chinchard, merlan, grondin perlon, maquereau, plie, rouget barbet, tacaud (Fig. 60). L'encornet est présent en quantité mais sur uniquement 6 couples avec plus de 2kg.

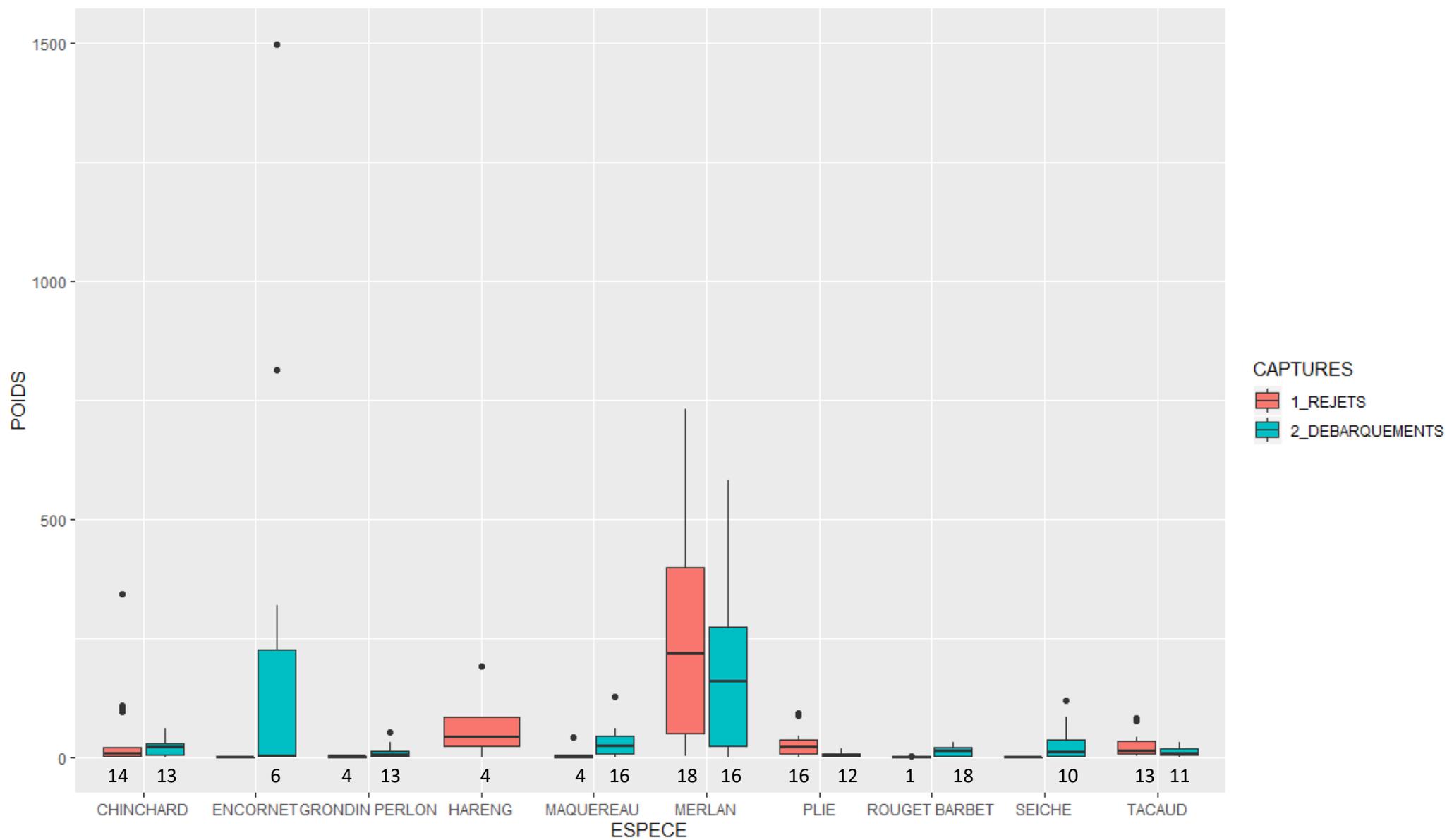


Figure 60 : Biomasse (débarquements et rejets) par trait pour chaque espèce prioritaire

Sur le total des marées il y a des pertes commerciales de maquereau, de merlan et de rouget barbet mais une baisse des rejets de chinchard et de merlan. (Fig. 61 et tableau 10).

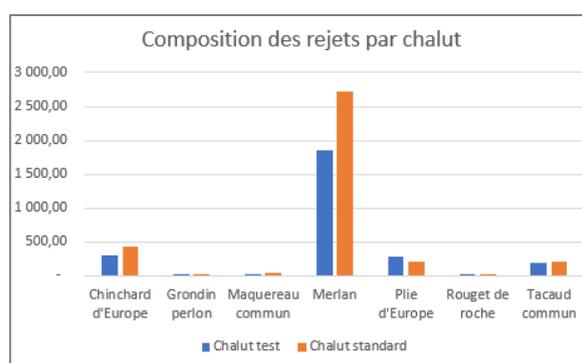
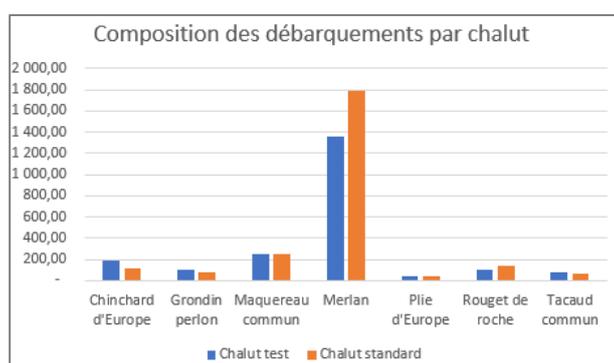
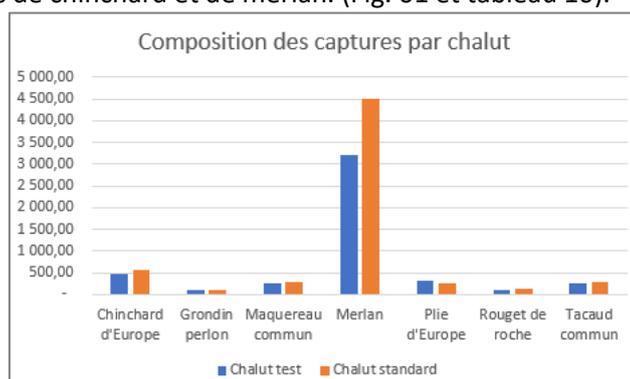


Figure 61: Composition des captures, débarquements et rejets par chalut

Les moyennes sont à prendre avec du recul car elles cachent une grande variabilité inter-couple (tableau 10).

Espèces	Tx var débarquements (moyenne)	Tx var débarquements (Poids total)	NB couple	Tx var rejets (moyenne)	Tx var rejets (Poids total)	NB couple
Chinchard	+ 125%	+ 58 %	14	+ 2%	-33%	17
Grondin perlon	+ 57 %	+ 25 %	18			
Maquereau	+ 82%	-2%	17			
Merlan	+ 2%	-24%	18	-12%	-32%	18
Plie	+ 127 %	+ 10%	17	+ 209%	+ 26%	18
Rouget barbet	+ 49%	-25%	19			
Tacaud	+ 84%	+22%	13			

Tableau 10: Tonnages débarqués et rejetés par le chalut test par rapport au chalut standard (couple avec Std >0kg)

Afin de vérifier ces observations, une comparaison des biomasses débarquées et rejetées a été réalisée grâce à un test de comparaison de médiane non paramétrique de Mann Whitney pour traits appariés ainsi qu'une analyse par taille avec un GLMM.

Merlan : L'objectif est de maintenir les quantités débarquées et réduire les quantités rejetées

Les données pour le merlan ont été analysées séparément pour le mois d'août car cette marée présente une tendance différente des autres marées (cf. partie 3.2.3 des résultats BREZGLOW).

Pour les marées de décembre et septembre, les résultats des tests, ne laissent apparaître aucune différence statistiquement significative entre les biomasses du chalut test et celles du chalut standard.

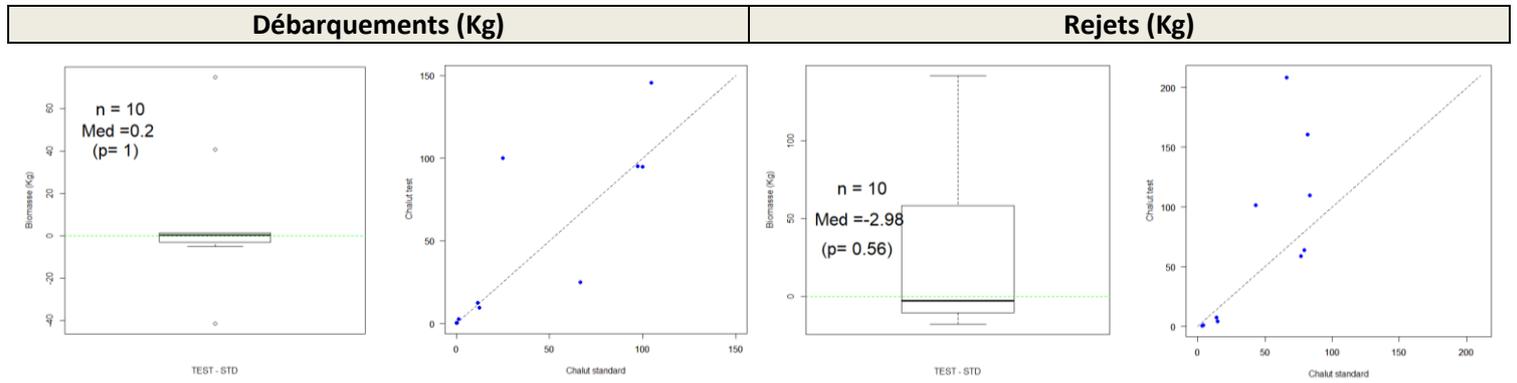


Figure 62: A droite : Biomasses par couple et bissectrice qui indique une égalité stricte des biomasses capturées entre les deux dispositifs - chalut test en ordonné et chalut standard en abscisse. A gauche : Résultat du test non paramétrique

Lorsque l'on regarde la répartition par taille selon les engins, il y a plus d'individus dans le chalut test, toutefois l'intervalle de confiance du GLMM ne permet pas de conclure à la significativité de cette différence (grande variabilité des données) (Fig. 63).

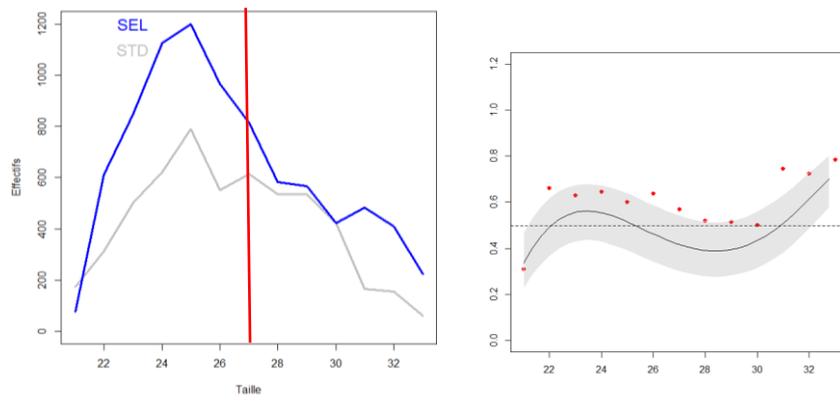


Figure 63: Répartition par taille des captures de merlan dans le chalut test et standard pour les marées d'octobre, juin et juillet

Pour ce qui est de la marée réalisée au mois d'août (8 couples échantillonnés), on observe des quantités rejetées plus faibles avec le chalut test qu'avec le chalut standard (p -value < 0.05).

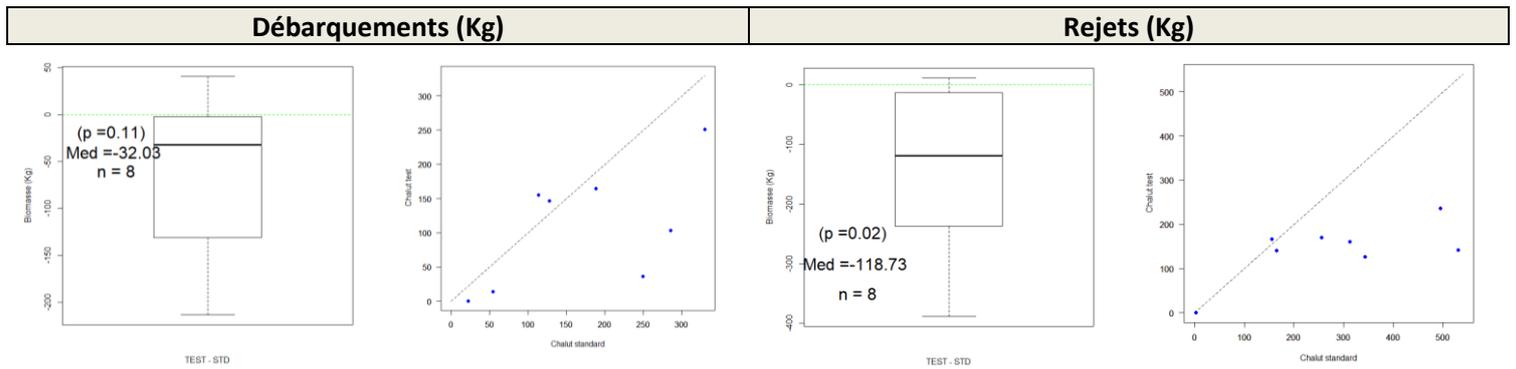


Figure 64 : A droite : Biomasses par couple et bissectrice qui indique une égalité stricte des biomasses capturées entre les deux dispositifs - chalut test en ordonné et chalut standard en abscisse. A gauche : Résultat du test non paramétrique

Lorsque l'on regarde la répartition par taille selon les engins, il y a plus d'individus dans le chalut standard pour toutes les tailles. Cette différence de sélectivité est validée par le GLMM pour les tailles de 25 à 29 avec tout de même une grande variabilité dans les données. Pour les autres tailles l'intervalle de confiance du GLMM ne permet pas de conclure à la significativité de cette différence (grande variabilité des données). Pour cette marée, le chalut test entraîne plus d'échappements que le chalut standard pour les chinchards de 25 à 29 cm.

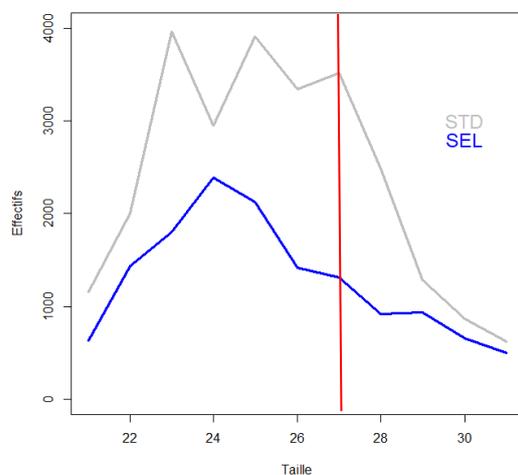


Figure 65: Répartition par taille des captures de merlan dans le chalut test et standard

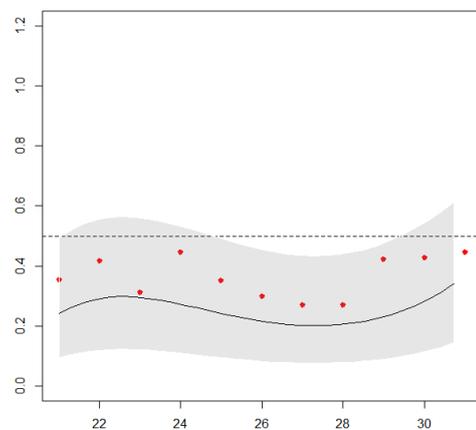
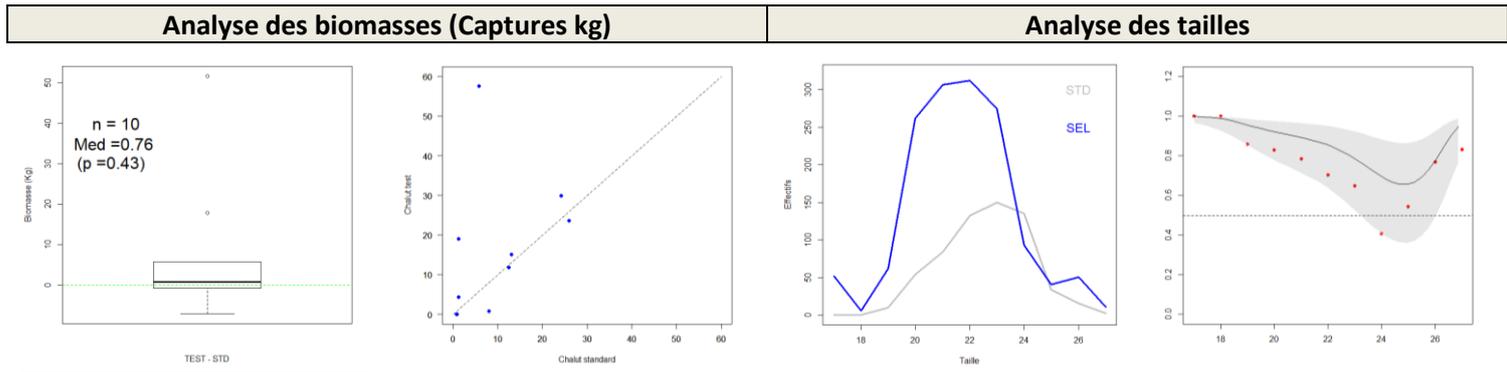


Figure 66: Probabilité de rétention dans le chalut sélectif en fonction de la taille, la droite horizontale matérialise la probabilité de capture de 50% des individus

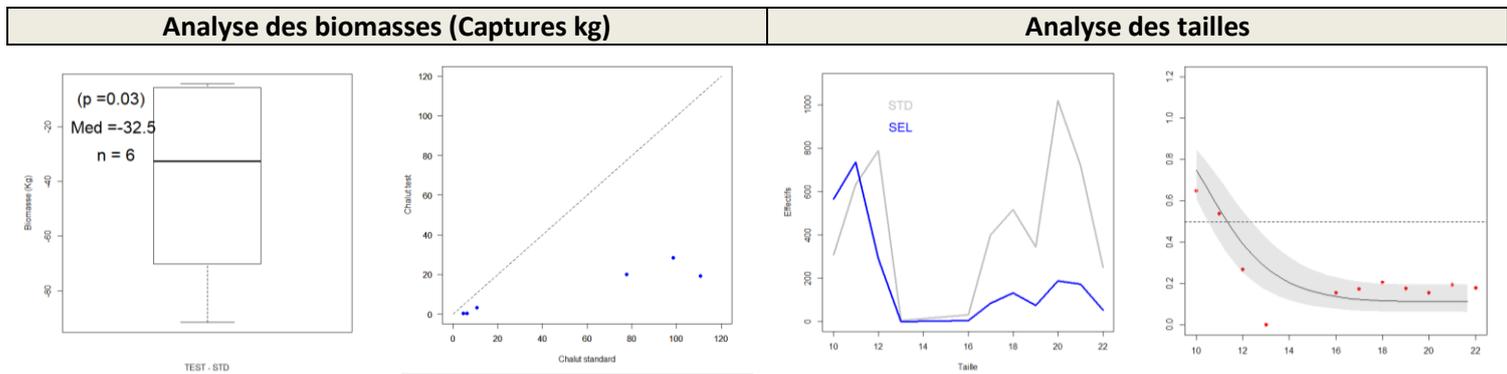
Chinchard : l'objectif est de réduire les quantités débarquées et capturées

Les données pour le chinchard ont été analysées séparément pour le mois de septembre car cette marée présente une tendance différente des autres marées (cf. partie 3.2.3 des résultats BREZGLOW).

Pour les marées de décembre et août, les résultats des tests, ne laissent apparaître aucune différence statistiquement significative entre les biomasses du chalut test et celles du chalut standard. Lorsque l'on regarde la répartition par taille selon les engins, il y a plus d'individus dans le chalut test jusqu'à la taille 24. A partir de la taille 24 la variabilité est importante et les données trop faibles pour tirer des conclusions.



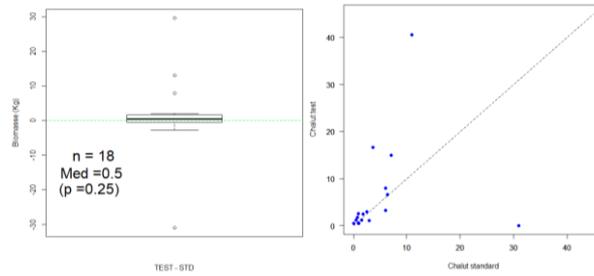
Pour ce qui est de la marée réalisée au mois de septembre (6 couples échantillonnés), on observe des quantités capturées plus faibles avec le chalut test qu'avec le chalut standard (p -value < 0.05). Il en est de même pour la répartition par taille des captures selon les chaluts. Le chalut test laisserait s'échapper plus d'individus que le chalut standard sur les tailles supérieures à 16cm. Toutefois, cela ne représente que 6 couples dont 3 sont en dessous de 20 kilos.



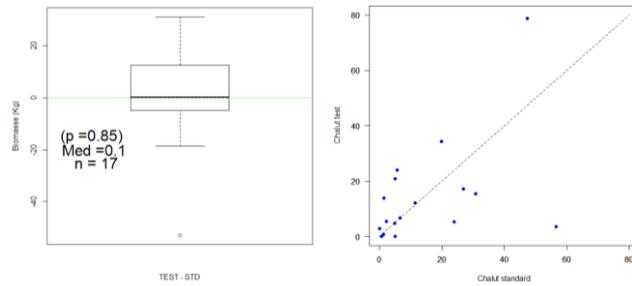
Grondin perlon, Maquereau, Rouget barbet et Tacaud, l'objectif est de maintenir les quantités débarquées et pour la plie, l'objectif est de maintenir les quantités débarquées et de réduire les quantités rejetées.

Pour le Grondin perlon et le Maquereau, les résultats des tests, ne laissent apparaitre aucune différence statistiquement significative entre les biomasses du chalut test et celles du chalut standard.

GRONDIN PERLON (débarquements kg)

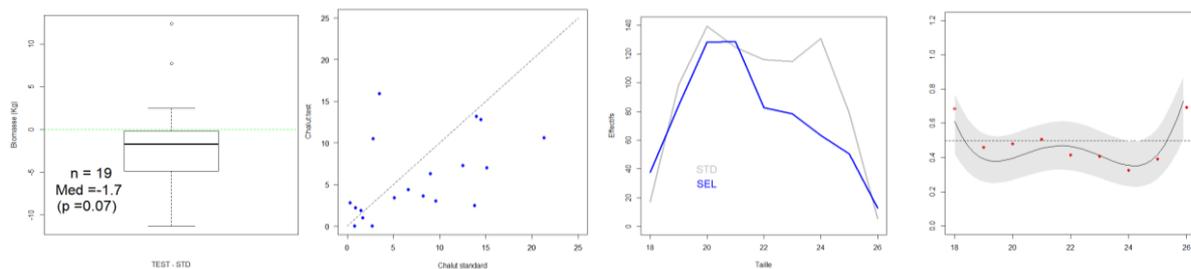


MAQUEREAU (débarquements kg)



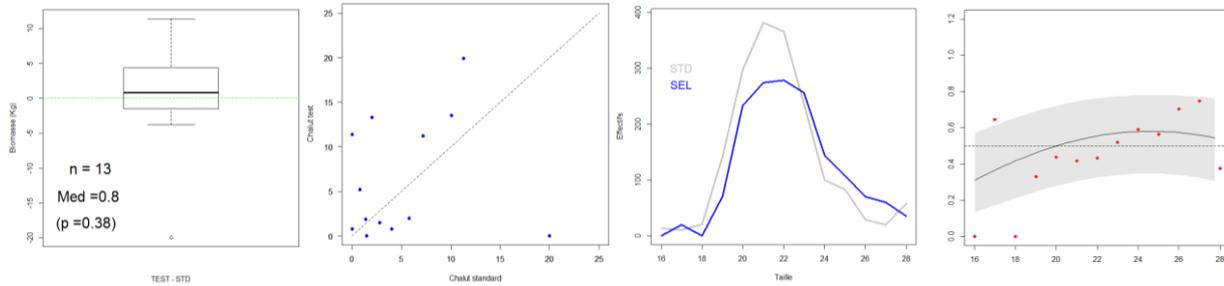
Pour le rouget barbet, il existe une différence significative entre le chalut test et le chalut standard avec moins de débarquements dans le chalut test. Lorsque l'on regarde la répartition par taille selon les engins, il y a plus d'individus dans le chalut standard pour les tailles supérieures à 21cm, toutefois l'intervalle de confiance du GLMM ne permet pas de conclure à la significativité de cette différence (grande variabilité des données).

ROUGET BARBET (débarquements kg)



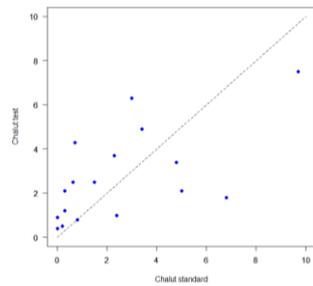
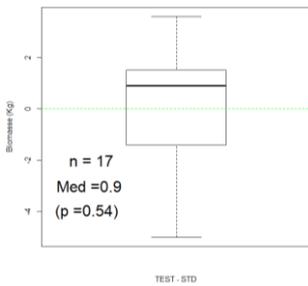
Pour le tacaud, le résultat du test, ne laisse apparaître aucune différence statistiquement significative entre les biomasses du chalut test et celles du chalut standard. Lorsque l'on regarde la répartition par taille selon les engins, il y a plus d'individus dans le chalut standard pour les tailles de 18 à 24cm, toutefois l'intervalle de confiance du GLMM ne permet pas de conclure à la significativité de cette différence (grande variabilité des données).

TACAUD (débarquements kg)

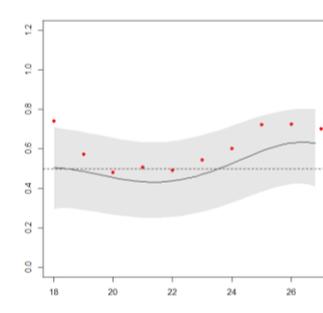
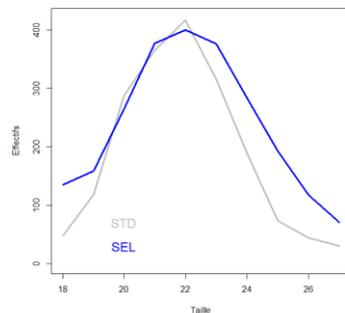
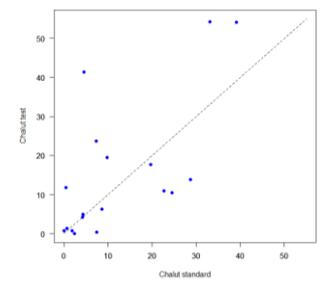
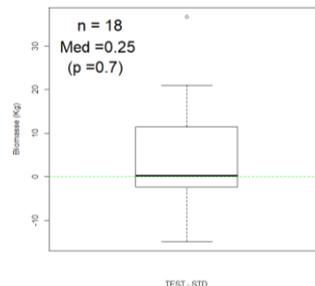


Pour la plie, les résultats des tests, ne laissent apparaître aucune différence statistiquement significative entre les biomasses du chalut test et celles du chalut standard. Lorsque l'on regarde la répartition par taille selon les engins, il y a plus d'individus dans le chalut test pour les tailles supérieures à 23cm, toutefois l'intervalle de confiance du GLMM ne permet pas de conclure à la significativité de cette différence (grande variabilité des données).

PLIE (Débarquements kg)



PLIE (Rejets kg)



3.3. MAREE PMC/T90

3.3.1 Protocole de test

Des projets menés ces dernières années sur la Manche et Ouest Bretagne (Lavialle, 2018 et Lamothe, 2017) ont démontré l'intérêt des mailles tournées à 90° (T90) pour l'échappement de gadidés sous-tailles et en particulier des merlans. Ce dispositif n'a pas été retenu dans ce projet pour des questions réglementaires (cf. partie 1.3 de la méthodologie), toutefois il a été décidé de profiter du matériel développé dans le cadre du projet (poches couvrantes séparées en deux) pour comparer son efficacité par rapport au PMC, afin de pouvoir établir par la suite la meilleure combinaison possible entre des dispositifs dits « sélectifs » (PMC ou T90) et des dispositifs lumineux. Une marée expérimentale visant à comparer ces dispositifs a donc été organisée au mois d'août 2020.

Le dispositif utilisé pour collecter les données est quasiment identique à celui utilisé lors de la marée préliminaire du mois de mai 2019. L'unique modification concerne le T90 phosphorescent qui a été remplacé par un PMC (Fig. 67). Le dispositif comportait donc un panneau de 3 mètres sur le dos du chalut coupé en deux avec une partie équipée de T90 et une partie équipée de mailles carrées. Chaque partie est recouverte d'une poche en petit maillages permettant de récupérer les échappements pour les échantillonner.

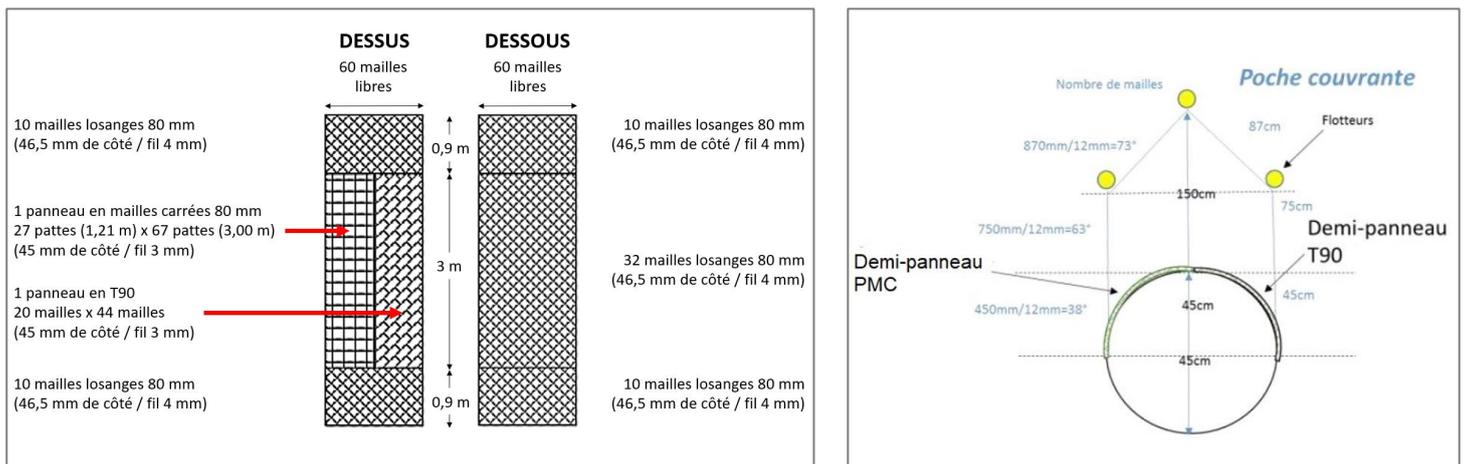


Figure 67: Plan des poches couvrantes sur cul équipé d'un PMC et d'un panneau en T90

Le protocole d'échantillonnage est similaire à celui du programme d'observation des captures à bord des navires de pêche par l'Ifremer (OBSMER). A chaque trait les « captures » présentes dans les poches ont été échantillonnées et 3 traits ont fait l'objet d'un échantillonnage complet comprenant également les rejets et les débarquements issus du cul du chalut. Le travail d'échantillonnage de chaque poche était trop important (tonnages élevés) pour permettre l'échantillonnage du cul du chalut à chaque trait. Il a donc été choisi de maximiser le nombre de traits mais de n'échantillonner le cul du chalut qu'une fois par 24h.

3.3.2 Résultats

Description de l'échantillon

La marée expérimentale a été organisée du 17 au 21 août 2020 afin de comparer l'efficacité d'un PMC et du T90. Lors de cette marée, 14 traits ont été échantillonnés, dont 3 traits de manière complète (cul + poches). Sur ces 14 traits, un trait a été retiré de l'analyse à cause d'un tonnage anormalement faible dans l'une des poches (poche équipée du T90).

Les traits de cette marée ont été réalisés en IVc dans les zones fréquentées habituellement par ce navire et les chalutiers artisans de l'OP FROM Nord (Fig. 68).

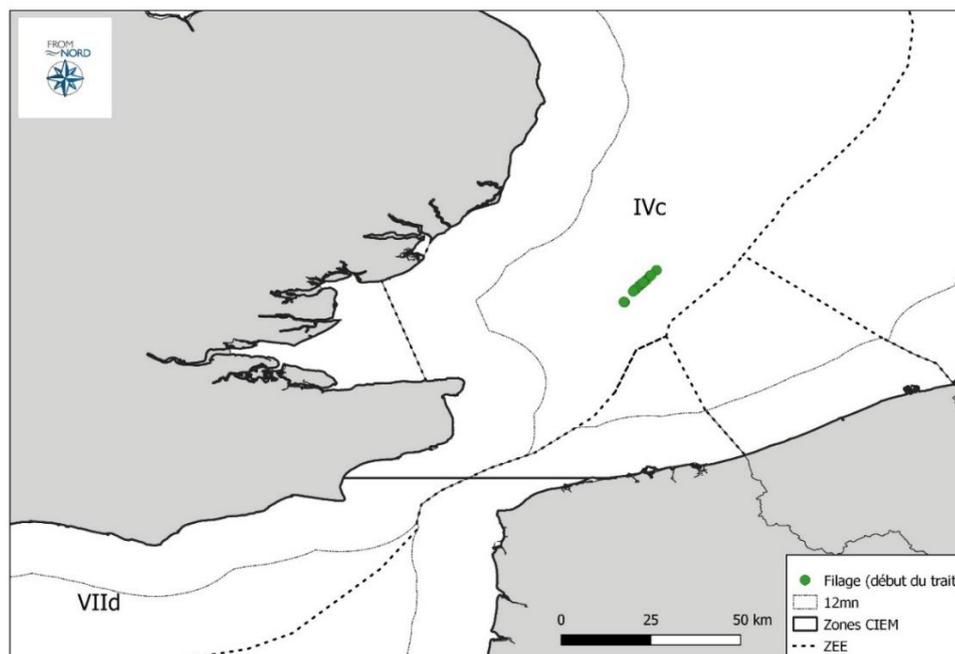
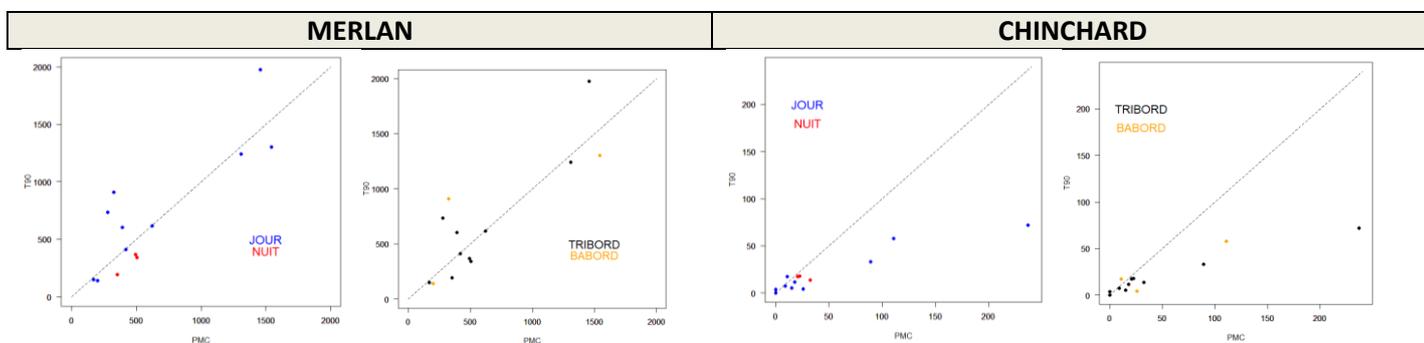


Figure 68: Cartographie des zones de filages

Deux variables pouvaient avoir une influence sur la sélectivité des dispositifs : la variable « diurne » et la variable « côté » (babord, tribord). Une analyse graphique a été réalisée afin de vérifier si ces variables ont eu une incidence sur l'efficacité de ces dispositifs pour le merlan et le chinchard.



Les graphiques ci-dessus ne mettent en évidence aucune différence de tonnage selon ces variables. Une analyse différenciée selon ces variables n'a donc pas été nécessaire.

Analyse globale des captures

Les tonnages présents dans le cul du chalut des trois traits entièrement échantillonnés varient de 143 à 223,1kg pour les débarquements et 136,64 à 237,28kg pour les rejets.

Les tonnages présents dans les poches varient de 232kg à 1 669,8kg pour le PMC et de 146,7kg à 1 975,7kg pour le T90 avec en moyenne 669,6kg dans la poche équipée du PMC et 716,4kg dans la poche équipée du T90.

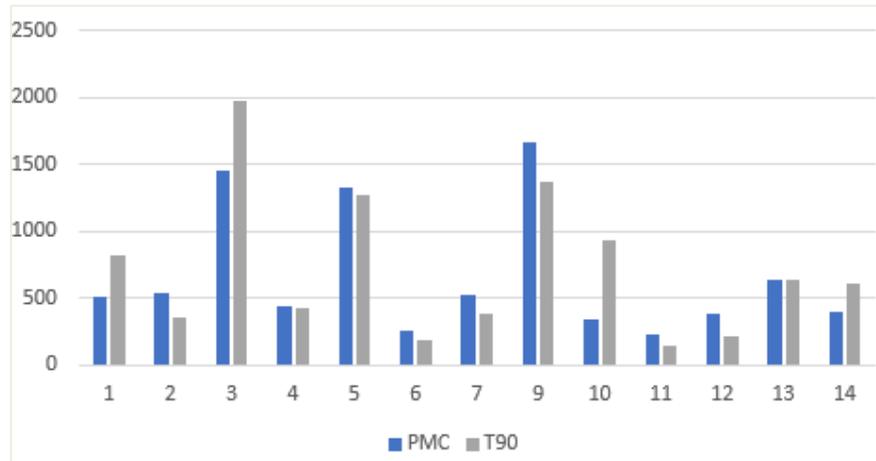


Figure 69: Tonnages par trait - poche équipé d'un T90 en gris et poche équipé d'un PMC en bleu

Le résultat du test de comparaison de médiane ci-dessous met en évidence une p-value > 0.05 ce qui indique qu'il n'y a statistiquement pas de différence significative de biomasses entre les deux dispositifs, toutes espèces confondues (Fig. 70).

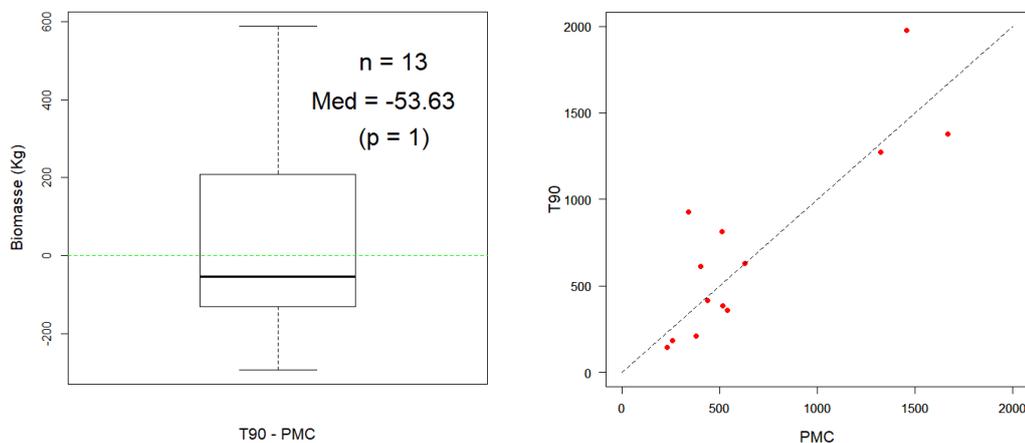


Figure 70: Biomasses par trait dans les poches et bissectrice qui indique une égalité stricte des biomasses présentes dans les deux poches (graphique droite) T90 en ordonné et PMC en abscisse. Résultat du test non paramétrique de Mann Whitney

Analyse par espèce

Sur le total des « échappements » présents dans les deux poches, 14 espèces ont été identifiées (Fig. 71). Le merlan et le chinchard sont les seules espèces présentes en quantité dans les poches permettant une analyse approfondie.

Espèces	Tonnages (Kg)
Merlan	17 059,20
Chinchard d'Europe	854,30
Petite roussette	32,81
Limande	31,03
Rouget barbet	14,20
Maquereau commun	5,85
Petit tacaud	4,51
Grondin rouge	4,25
Hareng de l'Atlantique	3,47
Tacaud commun	3,47
Limande sole	3,45
Plie d'Europe	1,21
Grondin perlon	0,73
Sardine	0,58

Figure 71: Tonnages par espèces poches PMC +T90

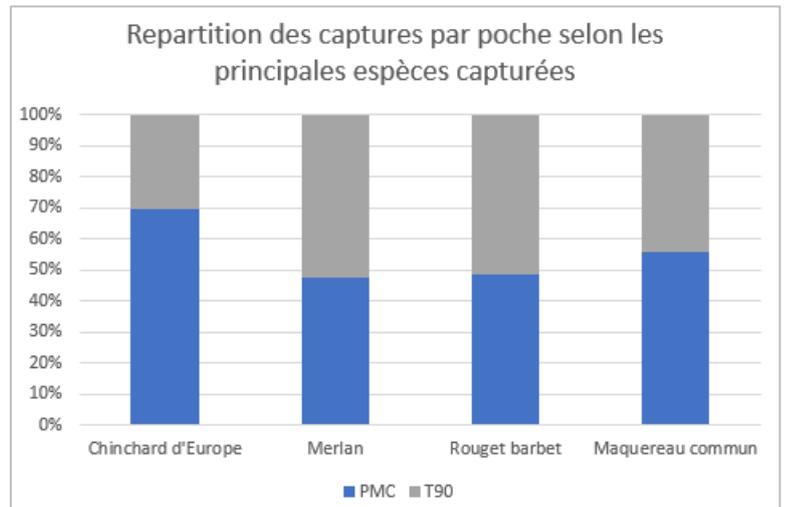


Figure 72: Répartition par poches et par espèces des captures présentes dans les poches (PMC+T90)

Les captures de chinchards sont plus importantes dans la poche équipée du PMC à l'inverse du merlan (Fig. 72).

A. Merlan

Pour le merlan, le résultat du test de comparaison de médianes ci-dessous met en évidence une p-value > 0.05 ce qui indique que la différence de tonnages entre les deux dispositifs n'est pas statistiquement significative.

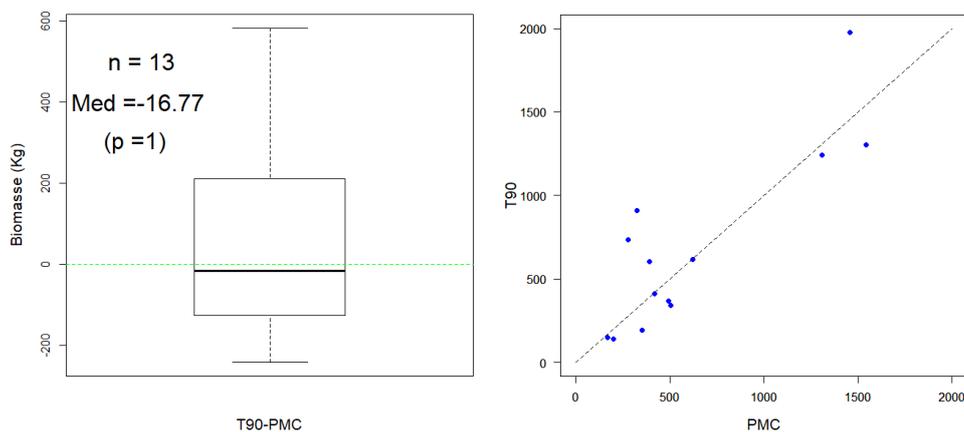
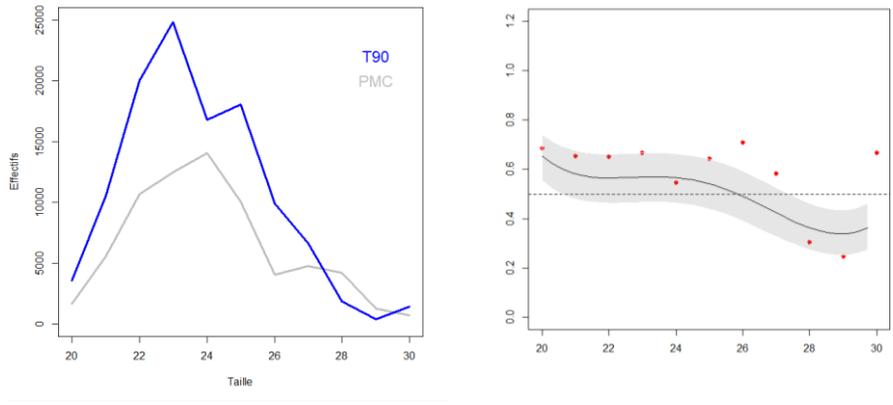


Figure 73: Biomasses par trait dans les poches et bissectrice qui indique une égalité stricte des biomasses présentes dans les deux poches (graphique droite) T90 en ordonné et PMC en abscisse. Résultat du test non paramétrique de Mann Whitney

Toutefois, le graphique ci-dessous représentant la répartition par taille du merlan présent dans les poches met en évidence des échappements plus importants avec du T90 sur les tailles allant de 18 à 27 cm (plus d'individus dans la poche récupératrice T90 pour ces tailles), soit les tailles sous la TMRC.



B. Chinchard

Pour le chinchard, le résultat du test de comparaison de médiane ci-dessous met en évidence une p-value < 0.05 ce qui indique que la différence de tonnages entre les deux dispositifs est statistiquement significative (Fig. 74).

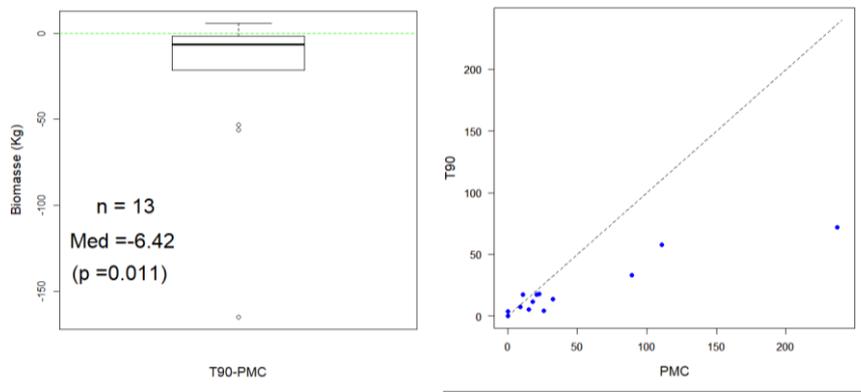
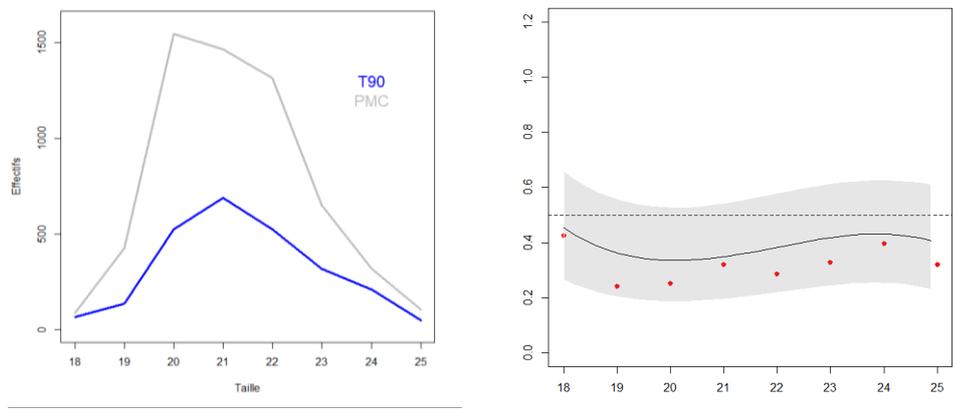


Figure 74: Biomasses par trait dans les poches et bissectrice qui indique une égalité stricte des biomasses présentes dans les deux poches (graphique droite) T90 en ordonné et PMC en abscisse. Résultat du test non paramétrique de Mann Whitney

Le graphique ci-dessous représentant la répartition par taille du chinchard met en avant des échappements plus importants avec le PMC sur les tailles allant de 18 à 25 cm avec cependant une grande variabilité (figure de droite).



4. Discussion

Le projet SELUX a permis de tester 2 dispositifs lumineux : le Brezglow (une configuration) et les PISCES (2 configurations). Le tableau ci-dessous est une synthèse des résultats présentés précédemment.

Dispositif	Configuration	Impact sur le merlan et le chinchard	Impact sur les espèces à forte valeur ajoutée
PISCES	- 4 PISCES - Sous le PMC, sur la face ventrale du chalut - A une distance de 6 mailles chacune - En mode lumineux constant vert	Merlan : Pas de données suffisantes Chinchard : Augmentation des captures	Les débarquements de rouget barbet et de maquereau ne sont pas impactés par la présence lumière
	- 5 PISCES - Sous le PMC, sur la face ventrale du chalut - A une distance de 8 mailles chacune - En mode lumineux clignotant vert	Merlan : Réduction des captures de toutes tailles pour la marée du mois de mars. Chinchard : Pas de changement notable	
BREZGLOW	- Fils luminescents de 3mm - surface de 300mm/80mm - mailles carrées - Sous le PMC, sur la face ventrale du chalut	Merlan : Réduction des captures de toutes tailles pour la marée du mois d'août (grande variabilité des données). Chinchard : Pas de changement notable	Les débarquements de grondin perlon, de rouget barbet et de maquereau ne sont pas impactés par la présence lumière

L'objectif de ces tests était d'évaluer si la configuration retenue permettait de réduire les captures de chinchards de toutes tailles et de merlan de tailles inférieures à la TMRC tout en conservant les espèces de valeur marchande.

Concernant les PISCES, l'analyse des données n'a été effectuée que pour 7 espèces sur les 10 concernées par le projet. Les captures de Seiche, Hareng et Grondin perlon étant trop faibles et trop variables sur ces marées expérimentales pour évaluer l'impact de ce dispositif sur les débarquements.

L'ajout de PISCES n'a permis d'améliorer la sélectivité du PMC sur le merlan que pour la marée du mois de mars. En effet, la marée réalisée en octobre ne comportait que très peu de captures de cette espèce tandis que les marées de juin et juillet ne présentaient pas de différences significatives de captures. Sur les traits du mois de mars, les biomasses débarquées et rejetées sont plus faibles avec les PISCES. En effet, avec le chalut test l'on observe une baisse de 42% des débarquements et une baisse de 37% des rejets de merlan. La lumière améliore la sélectivité du PMC sur toutes les tailles induisant cependant une perte commerciale importante. Plusieurs facteurs pourraient expliquer cette différence. La saison et la zone géographique étaient différentes sur ces 3 marées avec potentiellement des luminosités ambiantes, des profondeurs et des turbidités variables. Or, nous supposons que ces trois éléments peuvent fortement influencer l'efficacité des dispositifs lumineux. Il serait donc intéressant de collecter davantage de données au printemps afin de vérifier ces résultats.

Quant au chinchard, les configurations testées ne permettent pas de réduire les captures. Aucune différence n'est observable dans les captures de nuit comme de jour sur les marées réalisées avec les PISCES en mode « clignotante ». Par contre, pour la marée du mois d'octobre (PISCES en mode « non clignotants ») l'on observe, pour les traits de nuit où l'efficacité des PISCES est probablement renforcée, une augmentation des captures de chinchards. Le mode constant sur les PISCES serait donc à proscrire dans cette configuration. Si l'on souhaite obtenir le même effet de la lumière sur le chinchard et le merlan afin d'encourager les échappements il faudra privilégier le mode clignotant.

En ce qui concerne l'encornet, seule la marée du mois d'octobre comportait des captures conséquentes (supérieures à 2kg), soit uniquement 7 couples. Pour cette marée, l'ajout de PISCES n'entraîne pas de baisse des débarquements. Toutefois, il semble important de réaliser d'autres tests sur cette espèce car selon la littérature scientifique l'encornet est très réactif à la lumière. Or, c'est également une espèce de grande importance pour cette flottille. Il ne faudrait pas que la présence de lumière impacte les débarquements de cette espèce.

Enfin, on n'observe pas de différence significative de biomasses concernant le rouget barbet, le maquereau, le tacaud et la plie entre les deux chaluts. La présence de PISCES n'impacte donc pas les débarquements de ces espèces.

Pour le Brezglow, l'analyse des données n'a été effectuée que pour 7 espèces sur les 10 concernées par le projet. Les captures de Seiche, Hareng et Encornet étant trop faibles et trop variables sur ces marées expérimentales pour évaluer l'impact du BREZGLOW sur leurs débarquements.

Pour le merlan, l'ajout du BREZGLOW sur le chalut n'a permis d'améliorer la sélectivité que pour la marée du mois d'août. Les rejets sur cette marée sont significativement plus faibles avec le Brezglow (p value < 0,05) pour toutes les tailles. Cette différence de sélectivité n'est toutefois validée par le GLMM que pour les tailles de 25 à 29 cm. Il serait intéressant de collecter davantage de données sur cette saison pour vérifier ces résultats, car l'analyse en taille par le biais du GLMM met en évidence une grande variabilité des données. L'intensité lumineuse pourrait être améliorée en augmentant le nombre de fils phosphorescents dans la tresse constitutive du filet.

Pour le chinchard, deux tendances totalement opposées sont observées. Pour les marées de décembre et août, on observe des quantités plus importantes dans le chalut équipé du Brezglow pour les individus dont la taille est inférieure à 24cm. Le chalut lumineux est donc moins sélectif que le chalut standard sur ces tailles. A partir de la taille 24, la variabilité est importante et les données trop faibles pour tirer des conclusions. Pour la marée du mois de septembre, la tendance inverse est observée. Le chalut lumineux est plus sélectif que le chalut standard à partir de la taille 13. Toutefois, cela ne représente que 6 couples il est donc difficile de tirer des conclusions sur si peu de données. Il serait intéressant de collecter davantage de données pour cette espèce car les résultats étant tellement différents selon les marées il est difficile de tirer des conclusions.

Enfin pour le grondin perlon, le maquereau, le rouget barbet, le tacaud et la plie, l'on n'observe pas de différence significative entre les deux chaluts. La présence du Brezglow n'impacte donc pas les débarquements de ces espèces.

La marée réalisée avec le T90 et le PMC avait pour objectif de comparer l'efficacité de ces deux dispositifs sélectifs pour définir celui qui est le plus approprié pour réduire les captures accessoires de cette pêcherie.

Cette marée n'a permis de collecter des données que sur le chinchard et le merlan. L'efficacité de ces dispositifs n'a donc pu être comparée que pour ces espèces.

Pour le merlan, la différence de biomasses dans les deux poches n'est statistiquement pas significative. Toutefois, on observe un nombre d'individus de tailles inférieures à 27cm plus important dans la poche récupératrice équipée du T90 et inversement pour les individus de tailles supérieures à 27cm. La variabilité des données ne permet pas de conclure sur les tailles de 18 à 27 mais pour les tailles supérieures à 27cm le GLMM met bien en évidence des échappements moins importants avec le T90. Le T90 serait donc plus intéressant que le PMC car il permettrait de réduire les captures sous la TMRC et de conserver les captures commercialisables. Ces observations sont en adéquation avec les résultats d'autres projets sur le T90 tel que le projet Rejemcelec. Il serait intéressant de réaliser d'autres tests dans des zones où des merlans de taille supérieure à 27 cm sont présents en plus grande quantité afin de conforter ces résultats. Pour le chinchard l'inverse est observé. Les biomasses sont plus importantes dans la poche équipée du PMC sur toutes les tailles de chinchard. Toutefois, l'intervalle de confiance du GLMM interdit de conclure à la significativité de cette différence (grande variabilité des données). Les captures réalisées lors de cette marée comportaient principalement du merlan, il serait donc intéressant de poursuivre les tests dans une zone comportant davantage de chinchard.

Ces premiers tests d'association de la lumière à un panneau à mailles carrées sont très encourageants. Il serait intéressant de poursuivre ces expérimentations afin d'affiner les effets des facteurs environnementaux. En effet, les résultats varient fortement en fonction de la zone/saison et de la luminosité (jour/nuit). Les éléments comme la turbidité, la profondeur, la luminosité ambiante (saison et jour/nuit) influent probablement sur l'efficacité des dispositifs lumineux. Il faudrait lors de prochaines expérimentations ajouter les paramètres « luminosité ambiante » et « turbidité » dans les données collectées et se concentrer sur certaines zones/saisons qui présentent le plus de problèmes en termes de rejets de merlan et de chinchard. Cela permettrait de disposer de données plus conséquentes et de soutenir les résultats de ce projet.

Différents ajustements pourraient également être réalisés pour renforcer certaines tendances observées sur ces marées :

Concernant le merlan, l'ajout de dispositifs lumineux a permis de réduire les rejets sur deux marées expérimentales. Cependant, les débarquements ont également été impactés. L'effet du PMC serait donc rendu trop efficace avec la présence de lumière. Il serait donc intéressant de tester la combinaison du T90 avec la lumière qui pourrait être plus appropriée pour cette espèce. En effet, différentes études soulignent l'efficacité du T90 pour la sélectivité du merlan, plus approprié pour une sélection assez proche de la TMRC et les résultats de la comparaison PMC/T90 réalisée dans le cadre de ce projet le confirme. Les pêcheurs ne peuvent pas pour le moment remplacer le PMC en 80mm en mer du Nord par du T90. Cependant, de plus en plus de projets confirment l'efficacité du T90 pour améliorer la sélectivité de ces espèces. Ces résultats permettront donc peut-être d'insérer ce dispositif dans la réglementation.

Concernant la position des dispositifs sur le chalut, des ajustements peuvent également être réalisés. La position du panneau à mailles carrées sur le chalut est a priori favorable à l'échappement du merlan car selon des études précédentes, les gadidés ont davantage tendance à s'échapper par la partie supérieure du chalut. La position des lumières sur le ventre du chalut devrait également favoriser l'échappement via le PMC de cette espèce puisque celle-ci a tendance à s'écarter de la lumière. Pour renforcer ce mouvement, il pourrait être intéressant d'installer les dispositifs lumineux plus en amont du PMC afin d'encourager ces espèces à monter plus tôt vers le panneau et donc à maximiser leurs chances d'échappement.

L'intensité lumineuse est aussi ajustable et pourrait renforcer l'efficacité des dispositifs. Pour les PISCES l'intensité est déjà importante mais elle pourrait être renforcée facilement par un simple réglage sur la télécommande. Pour le Brezglow, l'intensité lumineuse pourrait être améliorée en augmentant le nombre de fils phosphorescents dans les mailles du filet. La surface couverte par la lumière (nombre de PISCES et taille de la nappe Brezglow) pourrait également être un facteur d'ajustement de la luminosité.

Les ajustements possibles sont nombreux. On pourrait donc imaginer des configurations différentes adaptées aux saisons, zones ciblées et aux espèces.

Enfin, la praticité des dispositifs a également été un sujet de discussion tout au long du projet. Selon les pêcheurs certains aspects des dispositifs pourraient être améliorés. En ce qui concerne les PISCES, il y a eu de nombreux échanges entre la startup SafetyNet et les pêcheurs afin d'améliorer la solidité et la praticité des dispositifs. Suite à ces échanges, SafetyNet travaille actuellement à l'élaboration d'une pochette facilitant l'installation des dispositifs sur le chalut ainsi que d'un chargeur plus compact. Les possibilités d'ajustement avec le Brezglow sont moins nombreuses mais de ce fait le dispositif paraît moins contraignant à utiliser par les professionnels puisqu'il suffit d'insérer la nappe Brezglow dans le chalut habituellement utilisé. SafetyNet et Le Drezen, ont pu s'investir complètement dans le projet en prenant part au partenariat. L'ensemble des supports, des discussions, et des marées expérimentales vont ainsi leur permettre de faire évoluer leurs dispositifs afin de les rendre encore plus opérationnels et adaptés aux besoins des pêcheurs professionnels.

Conclusions et perspectives

Le projet SELUX a été élaboré dans le but de tester l'association de dispositifs sélectifs connus (Panneau Mailles Carrées et mailles en T90) avec des équipements lumineux innovants pouvant améliorer la sélectivité des Chalutiers en Manche Est et mer du Nord. L'objectif étant de réduire les captures de chinchards de toutes tailles et celles de merlan de moins de 27 cm tout en conservant les espèces de valeur marchande tels que le rouget barbet et l'encornet.

Deux dispositifs lumineux ont pu être testés durant le projet : Le Brezglow développé par l'entreprise Le Drezen et les PISCES développés par la startup SafetyNet. Deux marées préliminaires (une marée par dispositif) ont permis de tester différentes configurations. Le T90 avait tout d'abord été retenu pour son intérêt à favoriser l'échappement de gadidés sous-tailles et pour sa forme adaptée à la morphologie du merlan en particulier. Il a cependant été décidé pour les marées expérimentales d'utiliser le PMC en 80 mm obligatoire en mer du Nord afin de travailler sur une configuration en accord avec la réglementation actuelle. Des caméras embarquées pour les PISCES et des poches couvrantes pour le Brezglow ont permis d'observer le comportement des espèces face à la lumière et de définir la meilleure configuration à tester en conditions réelles de pêche. Les configurations retenues sont les suivantes : Le Brezglow a été testé dans une seule configuration (mailles Brezglow sur le ventre du chalut sous le PMC) sur 3 marées. Les PISCES ont été testés selon deux configurations sur 4 marées (Configuration 1 sur 1 marée : 4 PISCES non clignotants sur le ventre du chalut sous le PMC / configuration 2 sur 3 marées : 5 PISCES clignotants sur le ventre du chalut sous le PMC).

L'ensemble de ces marées a permis d'acquérir des connaissances précieuses sur le comportement de certaines espèces face à la lumière. Les comportements du merlan, du maquereau et des petits pélagiques ont pu être observés sur deux marées préliminaires grâce à l'utilisation de caméras et de poches couvrantes. Les résultats montrent une tendance à un comportement d'évitement de la lumière par le merlan et le maquereau. A l'opposé, les petits pélagiques (harengs, sprats) sont attirés par la lumière. En effet, sur les vidéos de la marée organisée avec les PISCES, les images mettent en évidence davantage d'échappement de ces espèces du côté équipé de lumière. Le chinchard est également attiré par la lumière constante, toutefois ce comportement semble s'inverser lorsque celle-ci est clignotante. Ces observations sont précieuses pour permettre une utilisation adaptée et efficace de dispositifs lumineux dans la pêche professionnelle.

Concernant l'efficacité de ces configurations pour réduire les captures indésirées de merlan et de chinchard, les résultats sont mitigés. Les dispositifs lumineux permettent de réduire les captures de merlan mais uniquement sur une marée et pour chaque dispositif. De plus, cela concerne toutes les tailles, ce qui se traduit par des pertes économiques. Pour ce qui est du chinchard, les configurations testées ne permettent pas de réduire les captures. Les résultats sont par contre encourageants concernant les espèces à forte valeur ajoutée capturées par ces navires. Leurs débarquements ne sont pas impactés par la présence de lumière sur le chalut.

Les résultats du projet SELUX sont encourageants. Les connaissances acquises durant ces deux années pourront être mises à profit dans de futurs projets. Les possibilités d'ajustement de la lumière vis-à-vis de dispositifs sélectifs sont multiples. D'autres configurations pourraient donc être testées à la suite à ce projet.

Références bibliographiques

- An H.C. (2013). Research on artificial light sources for light fishing, with a focus on squid jigging. Symposium on impacts of fishing on the environment: ICES-FAO Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour. May 6-10, 2013, Bangkok, Thailand.
- Arimot T. (2013). Fish behaviour and visual physiology in capture process of light fishing. Symposium on Impacts of Fishing on the Environment: ICES-FAO Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour. May 6-10, 2013, Bangkok, Thailand.
- Balazuc A., Goffier E., Soulet E., Rochet M.J., Leleu K. (2016). EODE – Expérimentation de l’Obligation de DEbarquement à bord de chalutiers de fond artisans de Manche Est et mer du Nord, et essais de valorisation des captures non désirées sous quotas communautaires, 136 + 53 pp.
- Biellia A., Alfaro-Shigueto a,b,c J., Doherty P.D., Godley B.J., Ortiz C., Pasarab A., Wang J.H., Mangel J.C. (2019). An illuminating idea to reduce bycatch in the Peruvian small-scale gillnet Fishery. *Biological Conservation*.
- Blaxter J.H.S. (1964). Spectral Sensitivity of the Herring, *Clupea harengus*. *Journal of Experimental Biology*. 41: 155-162
- 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. May 6-10, 2013, Bangkok, Thailand.
- Bryhn A. C., Konigson S. J., Lunneryd S. & Bergenius M. A. J. (2014). Green lamps as visual stimuli affect the catch efficiency of floating cod (*Gadus morhua*) pots in the Baltic Sea. *Fisheries Research*, 157, 187e192.
- Cabanellas-Reboredo M., Alós J., Palmer M., March D., O’Dor R. (2012). Movement patterns of the European squid *Loligo vulgaris* during the inshore spawning season. *Marine Ecology Progress Series*, 2012b, vol. 466 (pg. 133-144)
- Chen Q, Xiong Z., Tan Z., Shi W., Peng J., Li Y. (2013). Comparison between the catches (*tracharus japonicus* and *Decapterus maruadi*) around two LED lamps. *South China Fisheries Science*
- De Vevey L., Rodriguez I. (2016). L’évolution de la vision des couleurs chez les Vertébrés (MONOGRAPHIE DU BACCALAURÉAT UNIVERSITAIRE EN BIOLOGIE). Université de Genève - Département de Génétique et Evolution Section de Biologie Faculté des Sciences.
- Dragesund O. (1958). Reactions of fish to artificial light, with special reference to large herring and spring herring in Norway. *J. Conseil*. 23: 213–227.
- Elliott S., Catchpole T. (2015). *TrawlLight: a scoping study*. World Class Science for the Marine and Freshwater Environment. Cefas.
- Gauduchon T., Cornou A., Quinio-Scavinner M., Goascoz N., Dubroca N. (2020). Captures et rejets des métiers de pêche français Résultats des observations à bord des navires de pêche professionnelle en 2018. OBSMER.
- Glass C. W., Wardle C.S., Mojsiewicz W R. (1986). A light intensity threshold for schooling in the Atlantic mackerel, *Scomber scombrus*. *J. Fish Biol.* 29 (Supplement A), 71-81
- Graham, O’Neill, Fryer, Galbraith, Myklebust, 2004, Selectivity of a 120 mm diamond codend and the effect of inserting a rigid grid or a square mesh panel, p. 151 to 161
- Hanlon R.T., Smale M. & Sauer W.H. (2002). The mating system of the squid *Loligo vulgaris reynaudii* (Cephalopoda, Mollusca) off South Africa: Fighting, guarding, sneaking, mating and egg laying behavior.

- Hanlon R., Messenger J. (2018). Senses, Effectors and the Brain. In *Cephalopod Behaviour*. (pp. 16-44). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9780511843600.004
- Hannah R.W., Lomeli M.J.M, Jones S.A. (2015). Tests of artificial light for bycatch reduction in an ocean shrimp (*Pandalus jordani*) trawl: Strong but opposite effects at the footrope and near the bycatch reduction device. *Fisheries Research*. 170, 60-77.
- Holst, R., Revill, A. (2009). A simple statistical method for catch comparison studies. *Fish. Res.* 95, 254–259.
- Jones E., Glass C., Milliken H. (2004). The reaction and behaviour of fish to visual components of fishing gears and the effect on catchability in survey and commercial situations. (WGFTFB Working Paper). International Council for the Exploration of the Sea, Gdynia, Poland.
- Koike T., Matsuike K. (1987). Response of a Fish School to Different Wavelengths of Intermittent Lights and Different Background Irradiances under Projected Light. *Nippon Suisan Gakkaishi* 54(5), 829-835.
- Kroger R. (2013). The biology of underwater vision. Symposium on impacts of fishing on the environment: ICES-FAO working group on fishing technology and fish behaviour. May 6-10, 2013, Bangkok, Thailand.
- Kurc G., Blancheteau M. (1966). Etude théorique et pratique de la pêche à la lumière. *Revue des travaux de l'Institut des pêches maritimes* 30. 289-321.
- Lamothe, J., Larnaud, P., Fiche, M., Robert, M., Morandea, F., Vacherot, J.-P., Scavinner, M., Simon, J. (2017). Projet CELSELEC. Amélioration de la sélectivité des chalutiers hauturiers en mer Celtique (No. RST/STH/LTBH 17-002.). Ifremer et Organisation de producteurs Les Pêcheurs de Bretagne.
- Lavialle Gaël, Morfin Marie, Simon Julien, Morandea Fabien, Vimard Mathieu, Larnaud Pascal. (2018). Rapport d'étude final du projet REJEMCELEC. OP COBRENORD, Ifremer, Organisation des Pêcheurs Normands, 237p.
- Leonardi, S., Rubin, A., Meillat, M., Coppin, F., Delpech, J.-P., Morandea, F., Larnaud, Pascal. (2009). *Selectmer – Amélioration de la sélectivité des chalutiers – Pêcheries multispécifiques Manche – mer du Nord*.
- Marchesan M., Spoto M., Verginella L., Ferrero E.A. (2004). Behavioural effects of artificial light on fish species of commercial interest. *Fisheries Research*. 73, 171-185.
- Matsushita Y., & Yamashita Y. (2013). Marine optics –essential elements for fishing technology and fish behaviour. Symposium on Impacts of Fishing on the Environment: ICES-FAO Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour. May 6-10, 2013, Bangkok, Thailand.
- 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.
- Maynard, D. & Gaston, T. F., (2010). At sea testing of a submerged light BRD onboard the FV Ocean Thief for approval in Australia's Northern Prawn Fishery. Australian Maritime College. Launceston.
- Mergardt N., A. Temming. (1997) Diel pattern of food intake in whiting (*Merlangius merlangus*) investigated from the weight of partly digested food particles in the stomach and laboratory determined particle decay functions. *ICES Journal of Marine Science*, Volume 54, Issue 2, April 1997, Pages 226–242,
- Mortreux S., Caroff N., Minet J.-P., Brabant J.-C., Vacherot J.-P., (2000). SAUPLIMOR 3 - SAUvegarde des juvéniles de PLies et de Morues dans le détroit du Pas-de-Calais. Rapport n°3. Ifremer.
- Nguyen, Winger, Morris, Grant. (2016). Artificial lights improve the catchability of snow crab (*Chionoecetes opilio*) traps. *Aquaculture and Fisheries*, 10p.

- Nguyen, Winger, Wood, Donavan. (2019). Application of Luminescent Netting in Traps to Improve the Catchability of the Snow Crab *Chionoecetes opilio*. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science* 11:295–304
- O’Neill, B. and al. (2017). REPORT OF THE STECF WORKING GROUP ON MAIN FACTORS AFFECTING COD END SELECTIVITY (SGMOS-07-06).
- O’Neill, F.G., Summerbell, K., Barros, L. (2018). Some recent trials with illuminated grids. ICES WGFTFB 2018 REPORT. ICES CM 2018/EOSG:12.
- Ortiz N., Mangel J. C., Wang J., Alfaro-Shigueto J., Pingo S., Jimenez A., et al. (2016). Reducing green turtle bycatch in small-scale fisheries using illuminated gillnets: The cost of saving a sea turtle. *Marine Ecology Progress Series*, 545, 251e259.
- Patterson K. R. (1985). The trophic ecology of whiting (*Merlangius merlangus*) in the Irish Sea and its significance to the Manx herring stock. *ICES Journal of Marine Science*, Volume 42, Issue 2, 1985, Pages 152–161,
- Rowe DM, Denton EJ. (1997). The physical basis of reflective communication between fish, with special reference to the horse mackerel, *Trachurus trachurus*. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* May 29;352(1353):531–549
- Sardà, Bahamon, Molí, Sardà-Palomera. (2006). The use of a square mesh codend and sorting grids to reduce catches of young fish and improve sustainability in a multispecies bottom trawl fishery in the Mediterranean, p.347 to 353.
- Shapiro, S.S., Wilk, M.B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52, 591–611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
- Southworth L. (2017). Trialling innovative disruptive technology to reduce bycatch in the Isle of Man queen scallop (*Aequipecten opercularis*) trawl fishery. A master’s thesis.
- Viera A., Meillat M., Coppin F., Delpech J-P., Morandeau F., Gamblin C. (2010). SELECCAB – Volet Artisans - Amélioration de la sélectivité des chalutiers artisanaux travaillant en Manche – mer du Nord de façon à limiter les captures de cabillaud., 61 + 48pp.
- Vogel Camille (2016). Rapport bibliographique « Sélectivité des engins de pêche ». Ifremer n°13/1210867/NF.
- Wang J, Barkan J, Fisler S, Godinez-Reyes C, Swimmer Y. (2013) Developing ultraviolet illumination of gillnets as a method to reduce sea turtle bycatch. *Biol Lett* 9: 20130383.
- Weiller, Y., Reece, Y., Vermard, Y., Coppin, F., Delpech, J.-P., Morandeau, F. (2014). SELECFISH – Amélioration de la sélectivité des chalutiers artisanaux travaillant en Manche Est - mer du Nord afin de limiter leurs rejets. Le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CRPMEM) Nord-Pas-de-Calais / Picardie, 12 rue de Solférino, 62 200 Boulogne-sur-Mer. Le laboratoire Ressources Halieutiques, Institut Français de Recherche pour l’Exploitation de la Mer (IFREMER), 150 quai Gambetta, BP 699, 62321 Boulogne-sur-Mer. Le laboratoire. 154. Technologies Halieutiques, Institut Français de Recherche pour l’Exploitation de la Mer (IFREMER), 8 rue François Toullec, 56100 Lorient.
- Wileman, D.A., Ferro, R.S., Fonteyne, R., Millar, R.B. (1996). MANUAL OF METHODS OF MEASURING THE SELECTIVITY OF TOWED FISHING GEARS (ICES COOPERATIVE RESEARCH REPORT No. 215). International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen.
- Yamashita Y., Matsushita Y., & Azuno T. (2012). Catch performance of coastal squid jigging boats using LED panels in combination with metal halide lamps. *Fisheries Research*. 113(1), 182e189.

Liste des figures

Figure 1 : Répartition géographique des opérations de pêche observées (cercles) et de l'effort de pêche total (Rectangles) en nombre de jours de mer (Gauduchon & Al., 2020).....	10
Figure 2: Répartition des captures par mois et par zone des chalutiers artisans du FROM Nord en 2018 (Données FROM Nord 2018)	10
Figure 3: Composition spécifique en poids des captures (à gauche), des débarquements (au centre) et des rejets (à droite) dans les observations 2018 pour ce métier (Gauduchon & Al., 2020).	11
Figure 4: Mailles losanges (gauche), mailles carrées (centre) et mailles T90 (droite)	13
Figure 5: Breen, M., & Lerner, A. (2013)	14
Figure 6: spectres lumineux sous l'eau	15
Figure 7: Takafumi Arimot, 2013.....	15
Figure 8: Brezglow avec et sans lumière	18
Figure 9: Luminosité du Brezglow en fonction de la durée d'exposition à la lumière	18
Figure 10: PISCES.....	19
Figure 11: Télécommande des PISCES.....	19
Figure 12: Chargeur des PISCES.....	19
Figure 13: Test des PISCES dans le bassin d'IFREMER à Lorient.....	21
Figure 14: Configurations testées lors de la marée préliminaire PISCES	22
Figure 15: Caméras utilisées lors de la 1ère marée préliminaire	22
Figure 16: Test d'un comptage automatique	23
Figure 17: Le navire et l'équipage lors de cette marée.....	23
Figure 18: Cartographie des traits de la marée préliminaire PISCES.....	23
Figure 19: Merlans « rasant » le filet en s'éloignant des lampes au centre.....	24
Figure 20: Merlans « rasant » le filet en s'éloignant des lampes au centre.....	24
Figure 21: Exemple de comptage de merlans s'échappant du côté sombre (lampes PISCES à tribord)	24
Figure 22: Exemple de comptage de merlans s'échappant du côté sombre (lampes PISCES à tribord)	24
Figure 23: Test du Brezglow équipé de poches dans le bassin d'IFREMER à Brest.....	26
Figure 24: Poches couvrantes utilisées pour comptabiliser les échappements lors de la marée préliminaire Brezglow	27
Figure 25: Cartographie des traits de la marée préliminaire Brezglow	27
Figure 26: Biomasses par trait dans la poche recouvrant le Brezglow (BZG) et la poche recouvrant un filet standard (Poche 2)	27
Figure 27: Configuration retenue des dispositifs lumineux sur le chalut.....	28
Figure 28: Configuration marée expérimentale n°1 – lumière constante	29
Figure 29: Configuration marée expérimentale n°2, n°3 et n°4 – lumière clignotante	29
Figure 30: Installation des PISCES sur le chalut (marée n°2 mars 2020).....	30
Figure 31: Configuration marées expérimentale n°1-2-3.....	30
Figure 32: Marée n°1 Brezglow à bord du Précurseur – décembre 2019	31
Figure 33: Procédure d'échantillonnage transmise aux observateurs et au navire.....	33
Figure 34: Marée PISCES mars 2020 – Saint Jacques II	33
Figure 35: Marée PISCES Avril 2019 - Sainte Marie de la Mer II	33
Figure 36: Script utilisé pour l'analyse de sélectivité en taille relative	36
Figure 37: exemple de courbes de répartitions des biomasses par taille des captures pour les chaluts test et control et de courbe de sélectivité relative issu des traitements de modélisation)	36
Figure 38: Cartographie des zones de filages.....	37
Figure 39: Comparaison des conditions de pêche (test de corrélation)	38

Figure 40: Boxplot proportions chinchards capturés par chalut en fonction des deux variables ("diurne" et "saison")	39
Figure 41: Boxplot proportions merlans capturés par chalut en fonction des deux variables ("diurne" et "saison")	39
Figure 42: Biomasses capturées par le chalut standard et le chalut test (Kg)	40
Figure 43: A droite : Biomasses par couple et bissectrice qui indique, une égalité stricte des biomasses capturées entre les deux dispositifs - chalut test en ordonné et chalut standard en abscisse. A gauche : Résultat du test non paramétrique de Mann Whitney pour traits appariés (p value) et différences de captures au sein de chaque couple (biomasses TEST – biomasses STD).	40
Figure 44 : Débarquements et rejets par espèce et par couple (nombre de couples avec un tonnage > à 2kg sous le boxplot)	42
Figure 45: Composition des captures, débarquements et rejets par chalut.....	43
Figure 46: A droite : Biomasses par couple et bissectrice qui indique, , une égalité stricte des biomasses capturées entre les deux dispositifs - chalut test en ordonné et chalut standard en abscisse. A gauche : Résultat du test non paramétrique	44
Figure 47: Répartition par taille des captures de merlan dans le chalut test et standard pour les marées d'octobre, juin et juillet.....	44
Figure 48: A droite : Biomasses par couple et bissectrice qui indique, , une égalité stricte des biomasses capturées entre les deux dispositifs - chalut test en ordonné et chalut standard en abscisse. A gauche : Résultat du test non paramétrique	45
Figure 49: Répartition par taille des captures de merlan dans le chalut test et standard pour la marée 245	
Figure 50: Probabilité de rétention dans le chalut sélectif en fonction de la taille pour la marée 2, la droite horizontale matérialise la probabilité de capture de 50% des individus	45
Figure 51: Comparaison des biomasses (gauche) et tailles (droite) capturées de jour	46
Figure 52: Comparaison des biomasses (gauche) et tailles (droite) capturées de nuit	46
Figure 53: Comparaison des biomasses (gauche) et tailles (droite) capturées de nuit avec les PISCES clignotantes	46
Figure 54: Cartographie des zones de filages.....	49
Figure 55: Comparaison des conditions de pêche (test de corrélation)	50
Figure 56: Boxplot proportions chinchards capturés par chalut en fonction des deux variables ("diurne" et "saison")	51
Figure 57: Boxplot proportions merlans capturés par chalut en fonction des deux variables ("diurne" et "saison")	51
Figure 58: Biomasses capturées par le chalut standard et le chalut test (Kg)	52
Figure 59: Biomasses par couple et bissectrice qui indique, une égalité stricte des biomasses capturées entre les deux dispositifs (graphique droite) chalut test en ordonné et chalut standard en abscisse. Résultat du test non paramétrique de Mann Whitney pour traits appariés (p value) et différences de captures au sein de chaque couple (biomasses TEST – biomasses STD) (graphique droite).....	52
Figure 60 : Biomasse (débarquements et rejets) par trait pour chaque espèce prioritaire	54
Figure 61: Composition des captures, débarquements et rejets par chalut.....	55
Figure 62: A droite : Biomasses par couple et bissectrice qui indique une égalité stricte des biomasses capturées entre les deux dispositifs - chalut test en ordonné et chalut standard en abscisse. A gauche : Résultat du test non paramétrique	56
Figure 63: Répartition par taille des captures de merlan dans le chalut test et standard pour les marées d'octobre, juin et juillet	56
Figure 64 : A droite : Biomasses par couple et bissectrice qui indique une égalité stricte des biomasses capturées entre les deux dispositifs - chalut test en ordonné et chalut standard en abscisse. A gauche : Résultat du test non paramétrique	57

Figure 65: Répartition par taille des captures de merlan dans le chalut test et standard.....	57
Figure 66: Probabilité de rétention dans le chalut sélectif en fonction de la taille, la droite horizontale matérialise la probabilité de capture de 50% des individus	57
Figure 67: Plan des poches couvrantes sur cul équipé d'un PMC et d'un panneau en T90.....	61
Figure 68: Cartographie des zones de filages.....	62
Figure 69: Tonnages par trait - poche équipé d'un T90 en gris et poche équipé d'un PMC en bleu	63
Figure 70: Biomasses par trait dans les poches et bissectrice qui indique une égalité stricte des biomasses présentes dans les deux poches (graphique droite) T90 en ordonné et PMC en abscisse. Résultat du test non paramétrique de Mann Whitney	63
Figure 71: Tonnages par espèces poches PMC +T90	64
Figure 72: Répartition par poches et par espèces des captures présentes dans les poches (PMC+T90) ...	64
Figure 73: Biomasses par trait dans les poches et bissectrice qui indique une égalité stricte des biomasses présentes dans les deux poches (graphique droite) T90 en ordonné et PMC en abscisse. Résultat du test non paramétrique de Mann Whitney	64
Figure 74: Biomasses par trait dans les poches et bissectrice qui indique une égalité stricte des biomasses présentes dans les deux poches (graphique droite) T90 en ordonné et PMC en abscisse. Résultat du test non paramétrique de Mann Whitney	65

Liste des tableaux

Tableau 1: Résultats du comptage manuel réalisé pour la marée préliminaire PISCES.....	25
Tableau 2: Calendrier des marées SELUX.....	28
Tableau 3: Description de l'échantillon.....	37
Tableau 4: Données de capture, de débarquement et de rejets moyennes par trait	40
Tableau 5: Total des Biomasses capturées par espèce sur les 4 marées expérimentales par le chalut standard (STD).....	41
Tableau 6: Tonnages débarqués et rejetés par le chalut test par rapport au chalut standard (couple avec Std >0kg).....	43
Tableau 7: Description de l'échantillon.....	49
Tableau 8: Données de capture, de débarquement et de rejets moyennes par trait	52
Tableau 9: Total des Biomasses capturées par espèce sur les 3 marées expérimentales par le chalut standard (STD).....	53
Tableau 10: Tonnages débarqués et rejetés par le chalut test par rapport au chalut standard (couple avec Std >0kg).....	55

Liste des acronymes

CIEM : Conseil International pour l'Exploration de la Mer

CMC : cylindres à mailles carrées

CRPMEM : Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins

FAO : Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

OD : Obligation de débarquement

OP : Organisation de producteurs

GLMM : modèle mixtes généralisés

PCP : politique commune de la pêche

PMC : Panneau Mailles Carrées

RMD : Rendement maximal durable

SIH : Système d'informations halieutiques

TAC : total admissible de captures

TMRC : tailles minimales de référence de conservation

ZEE : zone économique exclusive

Annexes

- A. Projets sélectivité
- B. Projets pêche-lumière
- C. Protocole de test et d'échantillonnage
- D. Plans dispositifs marées préliminaires
- E. Tableau des résultats de la marée préliminaires PISCES
- F. Plans dispositifs marées expérimentales
- G. Détails analyse des données
- H. Espèces débarquées et rejetées lors des marées expérimentales PISCES (Chalut standard)
- I. Espèces débarquées et rejetées lors des marées expérimentales Brezglow (Chalut standard)
- J. Fiche de synthèse du projet
- K. Document technique marée PMC/T90

A. Projets sélectivité

Grilles sélectives					
Description	Projet	Zone	Résultats sélectivité	Impacts sur le chiffre d'affaires	Details
Grille à merlan et plie Barreaux espacés de 25mm	SAUPLIMOR (Mortreux et <i>al.</i> , 2001)	Detroit du Pas de Calais	Merlan : Echappement important de juvéniles (-53%) Plie : : Echappement important de juvéniles (49%)	Perte commerciale de merlan (38% en poids)	
Grille 1 Espacement des barreaux 20 mm angle 45°-50° + PMC règlementaire en IVc (3x1m en 80mm jauge) Grille 2 Espacement des barreaux 23mm angle 30°-35° + PMC règlementaire en IVc (3x1m en 80mm jauge)	SELECMER (Leonardi et <i>al.</i> , 2009)	Manche mer du Nord	Espacement des barreaux 23mm : - Merlan : Bons échappements (-52% sous 27cm) - Chinchards : Bon échappements Deux grilles : Diminution des rejets de merlan <22cm de 16% à 30%	Espacement des barreaux 23mm : Pertes commerciales en merlans (-38% en poids) et maquereaux (-55% en poids). Deux grilles : Pas de pertes commerciales immédiates (infos différentes sur REJEMSELEC)	Colmatage de la grille + sélectivité à améliorer sur les merlans de 23- 26cm
Grille divisée en 2 : sélective pour le cabillaud dans sa partie inférieure et pour le merlan dans sa partie supérieure + PMC	SELECCAB (Viera et <i>al.</i> , 2010)	Manche mer du Nord	Fort taux d'échappement de merlan de tailles commerciales	Pertes commerciales importantes	L'ajout d'une fenêtre à mailles carrées en avant de la grille à merlan permet d'éviter le colmatage de la grille par des merlans de 27-30 cm observé lors de l'étude SELECMER
2 Grilles : 1 dans la rallonge pour les gros cabillauds + 1 grille utilisée lors de SELECMER + PMC pour échappements des petits merlans					

PMC (panneau maille carrée)

Description	Projet	Zone	Résultats sélectivité	Impacts sur le chiffre d'affaires	Details
2 versions : PMC dans partie dorsale de la rallonge (120mm jauge, longueur 3m) à 6m et 10,50m du raban de cul	SELECMER (Leonardi et al., 2009)	Manche Est mer du Nord	<ul style="list-style-type: none"> - Maquereau : Echappement importants de favorisés par la position arrière de la fenêtre sur la rallonge - Merlan : PMC en 120mm intéressante pour diminuer les rejets de merlans hors-tailles. Mais le taux d'échappement est important et varie entre 13% et 40%, toute la gamme de taille des merlans, depuis 22cm jusqu'à 35cm qui s'échappe à travers le dispositif. 	Perte commerciale de merlan entre 26 et 28% et pertes commerciales de maquereau	
2 versions : PMC dans partie dorsale du gorget (80mm jauge, 2mx3m) à 18,30m ou 21, 30m (avant du gorget) du raban de cul + PMC règlementaire en IVc	SELECMER (Leonardi et al., 2009)	Manche mer du Nord	Merlan : Ne permet pas de diminuer les captures sous-tailles (Les auteurs supposent que l'ouverture verticale du chalut pourrait être trop importante pour que les poissons atteignent la fenêtre)		
PMC (33m ²) 90mm jauge dans le gorget (Chalut 4 faces)	REJEMSELEC (Lavialle et al., 2018)	Chalut de fond en 80 mm Manche ouest 7eh	<ul style="list-style-type: none"> - Merlan : Augmentation significative de la sélectivité jusqu'à 32 cm, et en moyenne jusqu'à 34 cm - Rouget barbet : Aucune différence significative de capture quel que soit sa taille (15-40 cm) - Maquereau : Baisse modérée 	Impact commercial négligeable, voir nul Baisse sur le merlan de calibre 40 possible le prix moyen est faible et les quantités peu importantes pour ce calibre	Très peu de merlans sous tailles (<27 cm) ont été capturés dans les deux chaluts
PMC gorget/rallonge de 80mm (Chalut 4 faces)	REJEMSELEC (Lavialle et al., 2018)	Chalut de fond en 100 mm Manche ouest 7eh	<p>Trop grande efficacité du dispositif sélectif</p> <ul style="list-style-type: none"> - Merlan : Baisse T40 (-71%), T30 (-39%) - Rouget-Barbet : Baisse des débarquements (-45%) - Maquereau : Baisse rejets (-78%) 	Impact commercial important 6% du chiffre d'affaires du métier sur l'année (principalement due au merlan, à l'églefin et au rouget-barbet)	Peu de merlans sous-taille de capturés pour pouvoir mesurer les différences de captures dues au dispositif sélectif
PMC 80mm sur la moitié postérieure du dessus du gorget	REJEMSELEC (Lavialle et al., 2018)	Chalut de fond en 80 mm Manche ouest 7eh	<ul style="list-style-type: none"> - Merlan : Baisse merlan sous-taille (-35%), baisse jusqu'à 30 cm en moyenne, mais de façon significative jusqu'à 23 cm uniquement - Rouget barbet : absence de sélectivité - Chinchard : diminution significative des captures de petit chinchard jusqu'à 16 cm 	Pas de données disponibles	

CMC (Cylindre mailles carrées)

Description	Projet	Zone	Résultats sélectivité	Impacts sur le chiffre d'affaires	Details
CMC 80mm jauge 2m de long Dans la rallonge Navire + 18 m	SELECFISH (Weiller et <i>al.</i> , 2014)	Manche Est mer du Nord	(Manche est) - Maquereau : réduction captures 11% - Merlan : Réduction rejets 34% (Mer du Nord) - Maquereau : Echappements significatifs jusqu'à la taille 32cm - Merlan : pas de réduction des rejets sauf pour les tailles < à 22cm	(Manche est) Pertes commerciales globales limitée à -8% du CA (Mer du Nord) Pertes commerciales globales de 20% du CA	
CMC 80mm jauge - 2m de long - Dans la rallonge Navire - 18 m	SELECFISH (Weiller et <i>al.</i> , 2014)	Manche Est mer du Nord	Bien adapté aux - de 18m : réduction moyenne de 39% de la quantité rejetée	Faible impact sur la quantité de captures commercialisables.	
CMC 80mm jauge 1m de long	SELECFISH (Weiller et <i>al.</i> , 2014)	mer du Nord	Résultats similaires à la version de 2m de long - Réduction de 25% la quantité rejetée en moyenne	Réduction de 12% de la quantité commercialisée	Conditions de fortes captures de merlan
CMC 115mm jauge 2m de long Dans la rallonge Navire + 18 m	SELECFISH (Weiller et <i>al.</i> , 2014)	Manche Est mer du Nord	Réduction moyenne de 37% de la quantité rejetée - Maquereau : Pas conseillé (54%) - Poissons plats : Effet intéressant - Merlan : Bien adapté car augmente les captures de tailles commerciales et permet de réduire de 35% la quantité rejetée	Réduction de 22% de la quantité commercialisée, soit une baisse de 33% du CA Pertes commerciales merlan et maquereau (47% et 49% en poids)	Nombre de traits échantillonnés faible
CMC 100mm jauge 2m de long + PMC réglementaire en IVc (3x1m en 80mm jauge)	SELECFISH (Weiller et <i>al.</i> , 2014)	Manche Est mer du Nord	Réduction moyenne de 36% de la quantité rejetée - Pas conseillé pour pêches ciblant le merlan et le maquereau	Réduction de 40% de la quantité commercialisé, soit une baisse de 33% du CA	

CMC 80mm jauge 2m de long + grille Selecmer	SELECFISH (Weiller et <i>al.</i> , 2014)	Manche Est	Réduction moyenne de 8% de la quantité rejetée Effet positif sur le maquereau (-55% rejets) et sur le merlan (-34% rejets) (mais pas plus qu'un CMC 80mm utilisé seul)	+ 18m : Diminue les quantités rejetées sans réduire la partie commerciale mais amélioration de la sélectivité assez faible + complexité d'insertion de la grille Trop sélectif pour les navires de moins de 18m	
CMC 100 mm jauge 3m de long Dans la rallonge à 12,5m du raban de cul + PMC de 100 et 120 mm	CELSELEC (Lamothe et <i>al.</i> , 2017)	<u>Mer Celtique</u>	Effet positif sur les taux d'échappement lorsque le maillage est augmenté de 100 à 120 mm : -20 % de rejets en moins avec un chalut sélectif CMC (100 mm) + PMC (100 mm) et -50 % CMC (100 mm) + PMC (120 mm)	Absence de pertes commerciales sur ce bateau concernant le merlan Pertes commerciales de langoustines	Faible nombre d'individus de taille inférieure à la taille minimale de conservation. Difficile de quantifier cet effet avec robustesse sur les petits individus
CMC composé de 2 morceaux d'alèses en mailles carrées 86 et 89 mm jauge assemblés sur les ralingues	EODE (Balazuc et <i>al.</i> , 2016)	Manche Est et mer du Nord	- Rouget barbet : L'échappement a lieu au niveau du cul du chalut et non à travers les mailles carrées du cylindre - Merlan et chinchard : principales captures non désirées sous quota. Efficacité réduite du dispositif sur le chinchard lorsque le navire travaille contre le courant. Contre le courant, le cylindre n'est apparemment pas tendu et les petits individus ne s'échapperaient plus	A l'exception du rouget barbet, les pertes commerciales sont limitées. Constat global plutôt positif car pertes de rougets attribuables à la dimension trop grande du maillage	<u>Retours qualitatifs</u>

Maille en T90

Description	Projet	Zone	Résultats sélectivité	Impacts sur le chiffre d'affaires	Details
Fond en mailles T90 88 mm à la jauge	EODE (Balazuc et <i>al.</i> ,2016)	Manche Est mer du Nord	Merlan : peu de captures de 27 à 30 (principales tailles capturées habituellement)		Résultats mitigés qui ne permettent pas de conclure quoi que ce soit avec certitude
Rallonge et cul en T90 100 mm à la jauge	CELSELEC (Lamothe et <i>al.</i> , 2017)	Mer Celtique (Ouest Bretagne)	Reduction des rejets de l'ordre de -40 à -50% selon les navires et en particulier sur l'églefin et le merlan	Pertes commerciales potentiellement importantes pour les encornets, les crustacés, le rouget barbet et la lingue Pertes commerciales de 20 à 30% sur le merlan, en raison du maillage de 100mm	Aucune conclusion n'a pu être faite concernant les rejets de merlans et de morues, compte tenu de la faible abondance de ces espèces dans les zones de pêche - résultats doivent être validés par des abondances plus importantes (banc de petits pélagiques)
Rallonge et cul en T90 (100 mm à la jauge) + PMC de 100 et 120mm	CELSELEC (Lamothe et <i>al.</i> , 2017)	Mer Celtique	Merlan : Elimination presque totale des rejets Efficace pour réduire les captures des espèces de petits pélagiques non débarqués (maquereau ou chinchard)	Pertes commerciales de l'ordre de 20 à 30 %, principalement des poissons de taille proche de la taille minimale de conservation Pertes commerciales de merlan et petites roussettes	
PMC en T90 sur la face de dessus du gorget et de la rallonge (2,3 mètres sur la fin du gorget + 3,2 mètres sur le début de la rallonge) (80mm à la jauge)	REJEMSELEC (Lavialle et <i>al.</i> , 2018)	Chalut de fond en 80 mm - Manche ouest 7eh	- Merlan : Baisse sous-taille (-73%), T40 (-44%), calibres 30 et 20 (légère diminution) - Maquereau : Baisse rejets (-85%) - Chinchard : Baisse rejets (-48%) sélectif sur toutes les tailles jusqu'à 18 cm	Aucune diminution significative des débarquements d'encornets, de seiches, de grondins, de tacauds, de baudroies et de merlus Pertes commerciales négligeables	Le 4 faces favorise l'ouverture des mailles

Autres dispositifs

Description	Projet	Zone	Résultats sélectivité	Impacts sur le chiffre d'affaires
Chalut sélectif EODE à deux culs	EODE (Balazuc et <i>al.</i> ,2016)	Manche Est mer du Nord	Les résultats ne sont pas concluants	
Chalut de fond classique en maillage 90 mm C10	EODE (Balazuc et <i>al.</i> ,2016)	Manche Est mer du Nord	Maillage non adapté à la saison d'encornet et de maquereau (l'intégralité des captures est susceptible de passer entre les mailles de 90 mm) Dispositif adapté à la saison de pêche où le merlan est ciblé en mer du Nord. Gains de sélectivité pas très élevés.	Les captures commerciales de merlan, de taille comprise entre 27 et 30 cm, sont réduites.
400mm dans tout le grand dos/200mm dans la moitié antérieure du petit dos (navires côtiers)	(Smith and Catchpole, 2013)	Zone CIEM VIIe (28E3 et 28E4) Chaluts jumeaux	Diminution significative des captures de merlan et limande.	

B. Projets pêche- lumière

Source	Pêcherie	Dispositif	Résultats
(Hannah et al, 2015)	Pêcherie de crevettes roses (<i>Pandalus jordani</i>) (Oregon)	1) 1 à 4 lumières (vertes ou bleues) autour d'une grille sélective. 2) 10 LEDs sur la corde de dos d'un chalut	1) Pour 12 traits, l'ajout de lumière sur la grille n'a pas eu l'effet attendu, cela a augmenté de 104% (poids total, $P = 0,0005$) les captures de soles (<i>Lyopsetta exilis</i>) et les prises accessoires d'eulachon (<i>Thaleichthys pacificus</i>) de 77% ($P = 0,0082$), sans effet sur les prises de crevettes océaniques ou les prises accessoires d'autres poissons ($P > 0,05$). 2) Sur 42 traits, l'ajout des lampes a considérablement réduit les prises accessoires d'une grande variété de poissons, sans effet sur les captures de crevettes ($P > 0,05$).
(Elliott et al, 2015)	Chalutiers à crevettes et langoustines (mer du Nord)	1) Guirlandes lumineuses verte (Marine Scotland) 2) 6 Anneaux lumineux équipés de LED compactes vertes (3 sur chaque bord du PMC) (SafetyNet)	Seuls les tests réalisés avec les anneaux lumineux comportaient suffisamment de données pour une analyse statistique (4 traits). Les captures de poissons de taille inférieure à 24 cm sont, dans l'ensemble, 40% moins importantes avec le chalut expérimental dont une réduction de 69% du nombre de merlan de taille inférieure à 15 cm.
(Wang et al, 2013)	Pêche au filet maillants Captures accessoires de tortues vertes (Mexique)	Filets maillants équipés de diodes électroluminescentes ultraviolettes (UV)	Le taux moyen de capture des tortues marines a été réduit de 39,7% avec les filets éclairés aux UV et aucun impact sur le taux de capture global des poissons ciblées et de la valeur marchande.
(Southworth, 2017)	Pêcherie de pétoncle (Île de Man)	6 LEDs (lumière blanche) (SafetyNet) sur un PMC	Profondeurs moyennes de 29-40 m : Réductions des captures accessoires de merlan de 77% ($P = 0,01$) avec la lumière et d'églefin de 55% ($P = 0,06$). Profondeurs de 45-95m : Réduction des prises accessoires d'émissoles tacheté de 48% ($P = 0,04$), des poissons plats de 26% ($P = 0,002$) et de 55% ($P = 0,001$) pour l'églefin. La profondeur semble avoir une influence significative sur l'efficacité des dispositifs à réduire les prises accessoires d'églefin ($P = 0,004$).

(Maynard et Gaston, 2010)	Pêcherie de crevettes (Australie)	8 LEDs installées à égale distance sur la corde de dos du chalut orientées vers le bas	Le test s'est arrêté après 5 traits à cause de pertes commerciales trop importantes et d'une augmentation du nombre de prises accessoires (Accroissement des captures de Leionathidae)
(Bryhn et al., 2014)	Pêcherie de cabillaud (Casiers flottants)	Une lampe verte au centre de chaque casier (www.artisanalfish.com).	Accroissement des captures de cabillaud en poids de 80% grâce à l'utilisation de lampe verte.
(Bielli et al, 2019)	Pêche au filet maillant (Pérou)	LEDs vertes placées tous les 10 m le long de la ligne flottante du filet.	Les captures accessoires par série ont été réduites jusqu'à 74,4% pour les tortues marines et 70,8% pour les petits cétagés par rapport aux filets témoins non lumineux. Pour les oiseaux de mer, les BPUE nominales ont diminué de 84,0% en présence de LED. La CPUE des espèces cibles n'a pas été affectée négativement par la présence de LED.
(Nguyen et al, 2016)	Pêcherie crabe des neiges (Terre-Neuve et Labrador)	LEDs de différentes couleurs pour les tests en laboratoire et	En laboratoire : Les crabes des neiges se dirigent vers les lumières bleues et blanches, restent à distance des lumières violettes, et ne semblent pas détecter les lumières vertes et rouges. Sur le terrain : L'ajout de LEDs blanches et violettes dans les casiers appâtés améliore significativement la CPUE de 77% et 47% respectivement. Les pièges non appâtés équipés seulement des lumières LED, pourrait également attraper le crabe des neiges en quantités comparables aux pièges traditionnels avec appât.
(Nguyen et al, 2019)	Pêcherie crabe des neiges	Filets luminescents	Cette étude s'intéresse à la manière dont les filets luminescents pourraient améliorer le taux de capture des crabes des neiges. L'effet des filets luminescents sur la CPUE (mesurée en nombre de crabe par casier) dépendait du temps d'immersion. La CPUE est significativement plus élevée (+ 55%) dans les pièges luminescents qui ont subi un temps d'immersion relativement court (~ 1 j), mais lorsque le temps d'immersion est plus long (~ 8 j), la CPUE n'est pas significativement différente.
(Ortiz et al, 2016)	Pêche au filet maillant (baie de Sechura - Pérou)	LEDs vertes placées tous les 10 m le long de la ligne flottante du filet.	La CPUE des espèces cibles n'a pas été affectée négativement par la présence de LED. La CPUE moyenne des tortues vertes (<i>Chelonia mydas</i>) a été réduite de 63,9% dans les filets lumineux. Au total, 125 tortues vertes ont été capturées dans des filets de contrôle, tandis que 62 ont été capturées dans des filets illuminés. Coût d'équipement important pour les pêcheurs.
(Yamashita et al, 2012)	Pêcherie encornet (2 espèces) (Japon)	50 LEDs bleues de faible puissance sur chaque bateau test et un nombre variable de lampes halogénures métalliques (MH) selon les tests.	Les captures des deux espèces ont eu tendance à augmenter avec le nombre de MH. Les captures les plus importantes pour l'espèce <i>P. edulis</i> était avec des LED de 24 MH. Pour l'espèce <i>T. pacificus</i> , les résultats sont moins précis car les captures les plus importantes ont été obtenues avec 36 MH qui est le nombre maximum de MH utilisé.

C. Protocole de test et d'échantillonnage

Protocole marées expérimentales SELUX

OBJECTIF Comparer l'efficacité* d'un chalut équipé d'un dispositif lumineux par rapport à un chalut standard. (*Efficacité = Atteindre un équilibre acceptable entre réduction des captures indésirées et maintien des espèces à forte valeur commerciale)

- Une opération (OP) : 1 trait (avec ou sans dispositif lumineux)
- Une traine : 2 traits (dans le cadre des marées SELUX, une traine est composée d'1 trait avec un chalut équipé du dispositif lumineux + 1 trait avec un chalut standard)
- Les opérations (OP) comparées : Deux traits d'une même traine : 1 trait standard et 1 trait avec un dispositif lumineux.

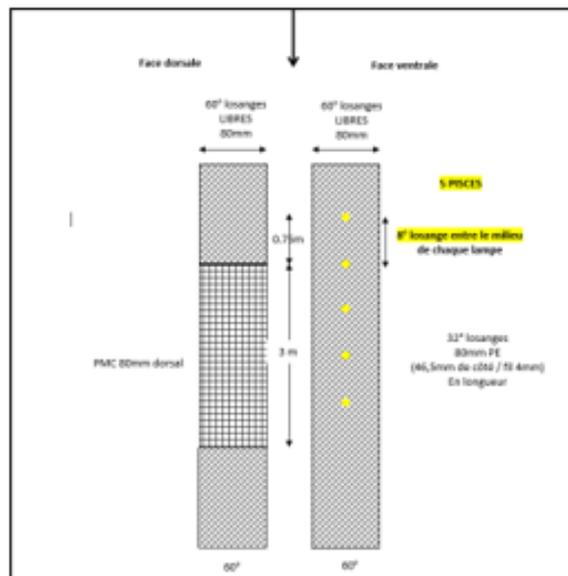
1. Configurations des dispositifs lumineux :

Chalut classique en 80mm avec PMC - dispositif lumineux sur le ventre du chalut.



- PISCES : 5 PISCES toutes les 8 mailles sur le ventre du chalut, sous le PMC qui éclairent vers le haut, dont une PISCES en amont du PMC (cf schéma).

Les PISCES doivent être clignotantes (vitesse la plus lente) et le mode ON-OFF est utilisé pour les allumer avant de filer le chalut et au virage.



- Brezglow : 32 mailles losanges Brezglow en longueur de 4mm montées sous le PMC.

2. Protocole de test :

- Un seul navire par marée : **méthode des traits alternés**. Avec cette méthode la variabilité des captures entre deux traits d'une même traine peut être importante. Chaque dispositif devra donc être testé sur **30 couples au minimum** (60 traits échantillonnés) sur l'ensemble des marées soit **10 couples (20 traits) échantillonnés par marée** (si 3 marées) afin de s'assurer que les différences de captures observées entre les deux traits (standard et lumineux) soient bien dues aux dispositifs et non à d'autres conditions.

3. Protocole d'échantillonnage

LES ETAPES :



Au départ du port : L'observateur doit remplir la fiche « Marée » et la fiche « Engin »



Dès la première opération : l'observateur doit remplir la fiche « Opération de pêche »



Pour identifier le type d'opération de pêche (standard ou lumineux) il est impératif de **préciser dans la partie « commentaire » le type de trait (standard ou lumineux)**. De même, pour faciliter l'analyse des traits comparés il est également important de **noter dans les commentaires le n° de traine** (traine 1 pour OP1 et OP2, traine 2 pour OP4 et OP5 ...).



Au virage du chalut : L'observateur va remplir la fiche « échantillonnage » PR et PNR et les fiches « mensurations » associées.

Les captures se divisent en deux fractions : la partie « commerciale » (PR) et la partie « non commerciale » (PNR). La capture est triée par les marins en Partie Retenue (PR) et Partie Non Retenue (PNR).

L'ECHANTILLONAGE :

Les traits non échantillonnés sont des temps de repos pour les observateurs (pas de données à récupérer)

Pour les traits échantillonnés :

PR (captures) :



Récupérer auprès du patron ou par soi même, le poids total par espèce pour toutes les espèces capturées

+ Mensurations d'un échantillon représentatif (30 poissons minimum par espèces et 40 pour le merlan et le chinchard) en commençant par les espèces prioritaires et compléter en fonction du temps disponible.

PNR (rejets) :



Ne pas jeter en mer les rejets avant échantillonnage (si les quantités sont trop importantes, voir avec les observateurs pour en garder un échantillon représentatif et bien évaluer le poids total avant de rejeter en mer cette partie en comptant le nombre de caisses)

Si les quantités rejetées sont faibles : Renseigner pour chaque espèce les poids, et tailles en commençant par les espèces prioritaires et compléter en fonction du temps disponible.

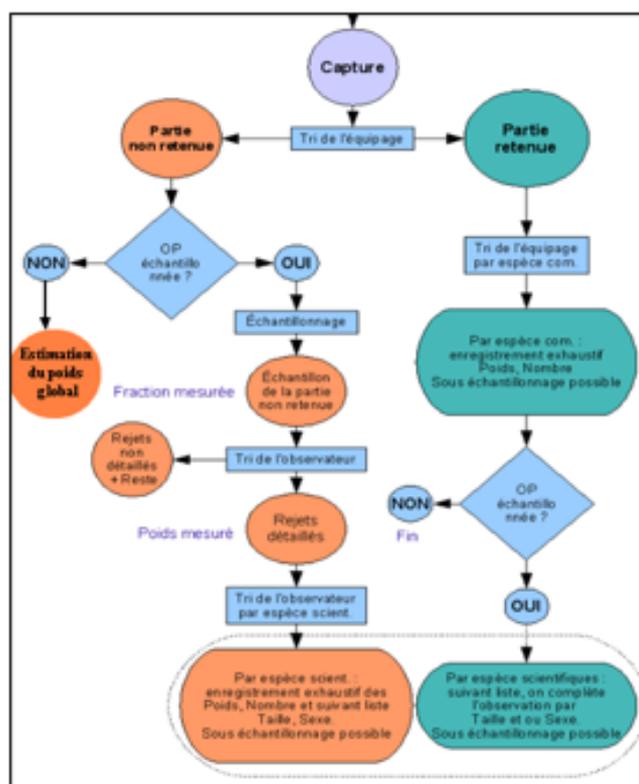


Si les quantités rejetées sont importantes : Trier exhaustivement un échantillon représentatif de la PNR par espèce scientifique

Renseigner pour chaque espèce les poids, et tailles en commençant par les espèces prioritaires et compléter en fonction du temps disponible et **indiquer le poids total des rejets** en comptant le nombre de caisses (30 poissons minimum par espèces et 40 pour le merlan et le chinchard).



Bien noter les captures par trait et non à la fin de la marée pour les caisses qui sont remplies au fur et à mesure → le poids du dernier trait ne doit pas tenir compte des caisses qui se sont remplies un peu à chaque trait.



4. Liste des espèces prioritaires (dans l'ordre de priorité) :

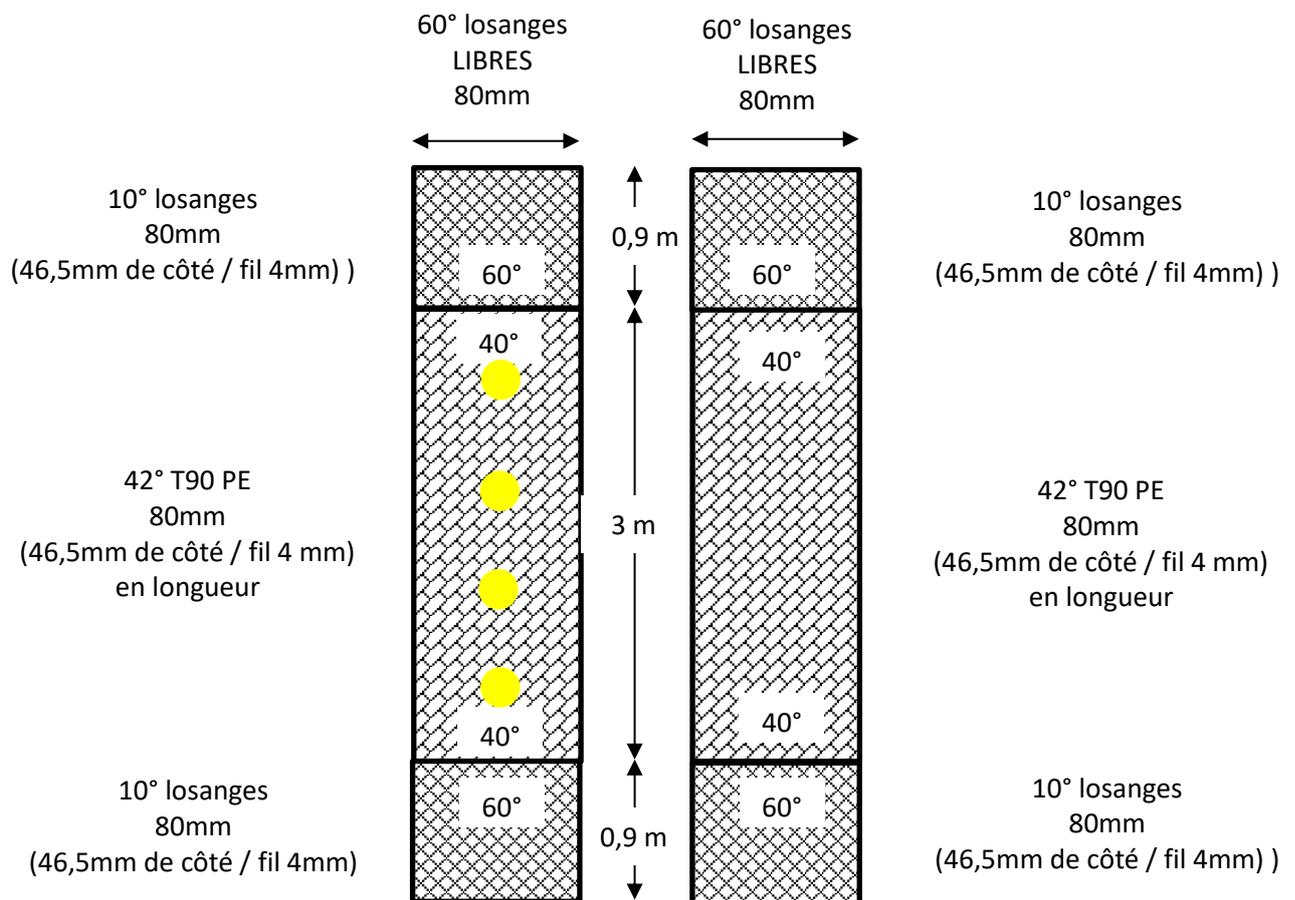
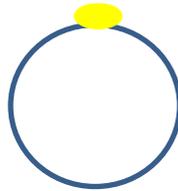
La liste ci-dessous indique dans l'ordre, les espèces prioritaires à mesurer et à peser :

- Merlan
- Chinchard commun
- Maquereau commun
- Calmar
- Rouget barbet
- Seiche commune
- Hareng
- Plie
- Grondin perlon
- Tacaud commun

D. Plans dispositifs marées préliminaires

1) Lampe PISCES dans la partie dorsale

- 5 lampes puis 4
- Réglage vert continu
- Éclairage vers le bas

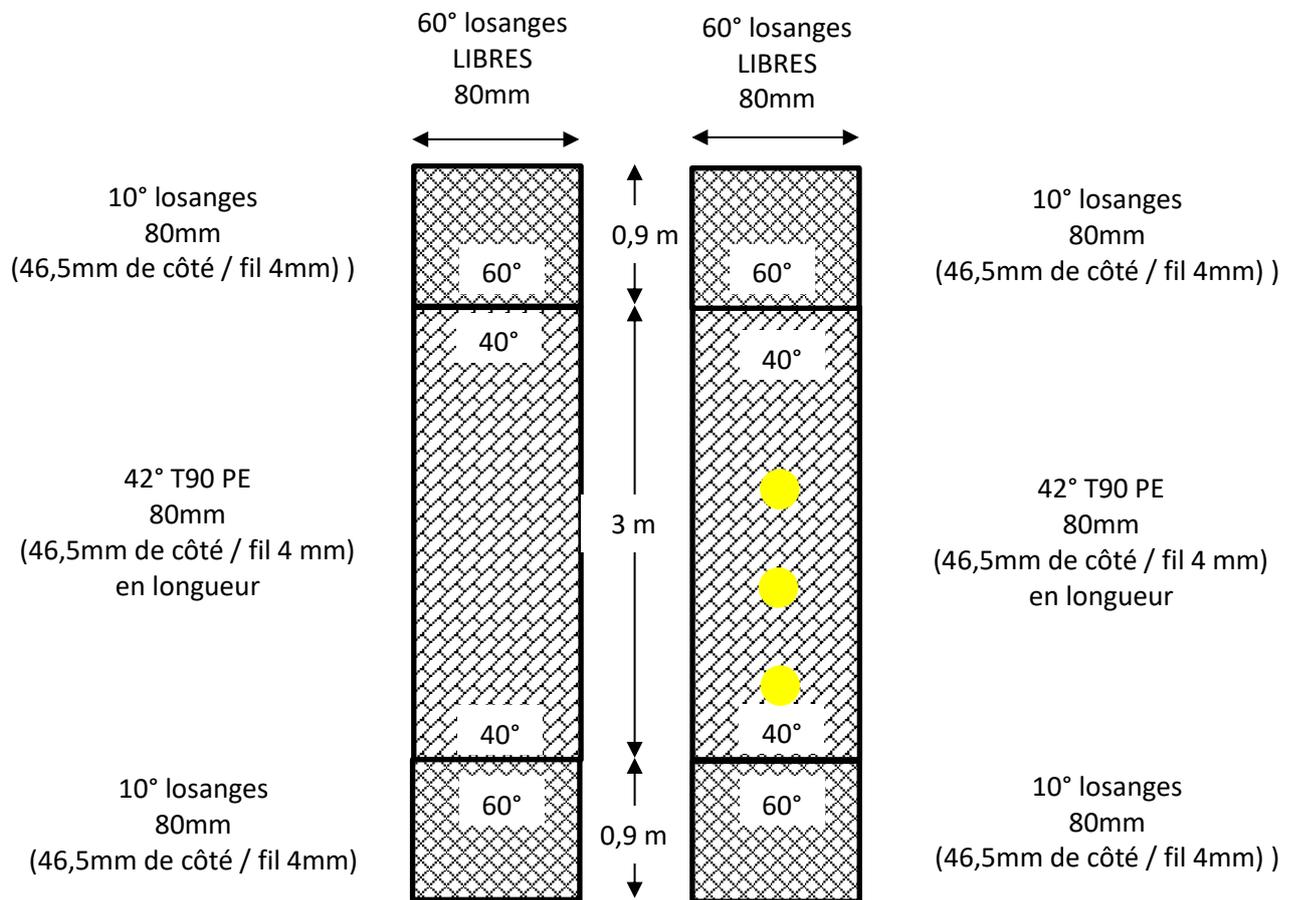
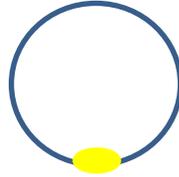


Calcul mailles T90 PE 4mm en longueur : $3000 / (46,5 * 2) * 13 / 10 = 42^\circ$

Correspondance en largeur des 60° losange libres 80mm = $60 * 2 / 3 = 40^\circ$ T90 80mm

2) Lampe PISCES dans la partie ventrale

- 3 lampes
- Réglage vert continu
- Éclairage vers le haut

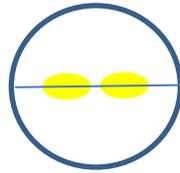


Calcul mailles T90 PE 4mm en longueur : $3000 / (46,5 * 2) * 13 / 10 = 42^\circ$

Correspondance en largeur des 60° losange libres 80mm = $60 * 2 / 3 = 40^\circ$ T90 80mm

3) Lampe PISCES au centre

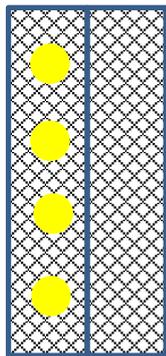
- Lampes puis 2 dès le 2^{ème} trait
- Réglage vert continu
- Poche avec garcettes tendues
- 1 lampe vers haut / 1 vers bas



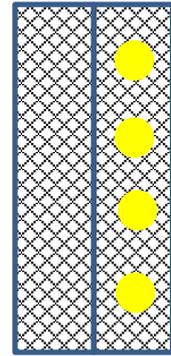
4) Demi-panneaux supérieurs T90

- 4 lampes
- 2 positions babord / tribord

Panneau T90
+ lampes

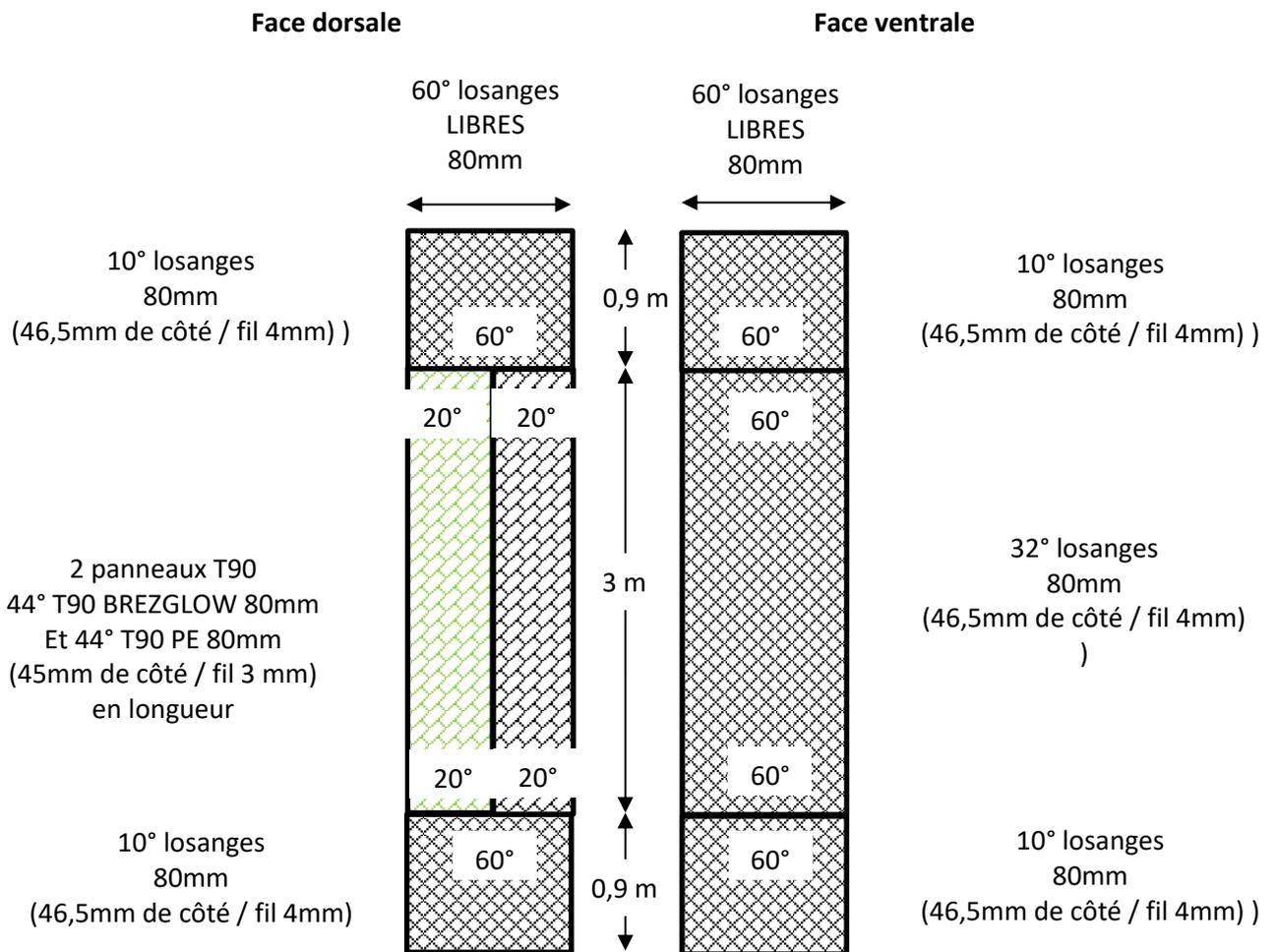
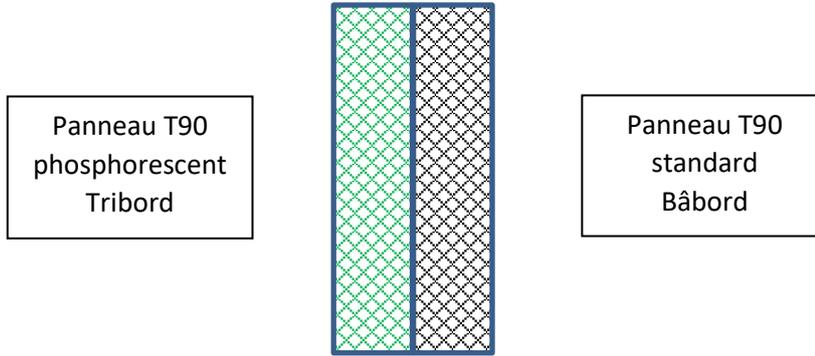


Panneau T90
Standard



5) Demi-panneaux supérieurs phosphorescent Brezglow et standard

- 2 positions babord / tribord



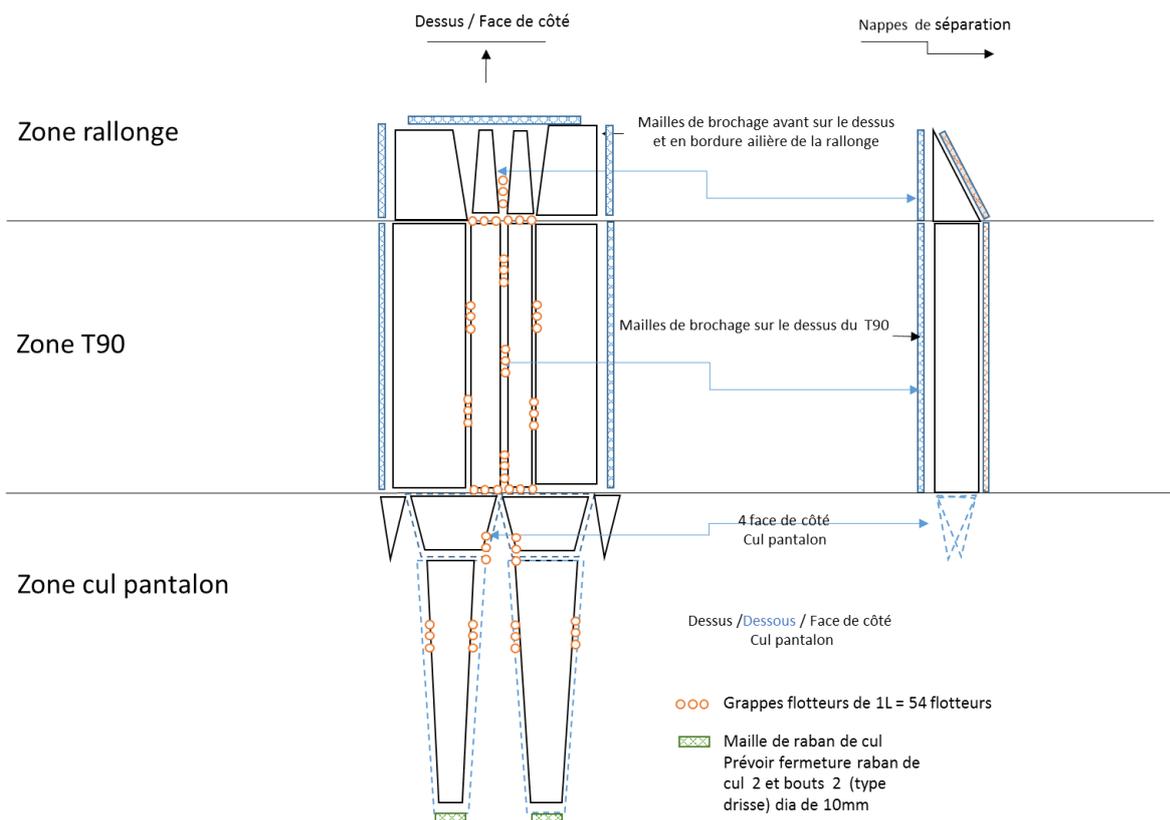
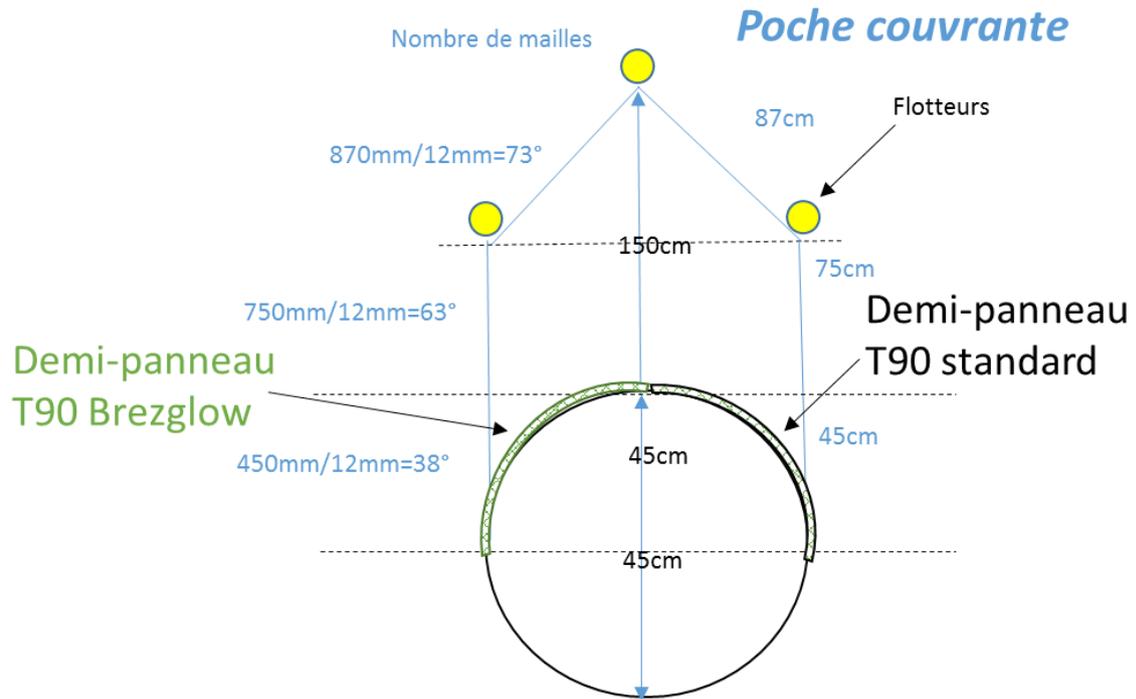


Schéma de principe des deux demi-poches en petit maillage (23mm de côté)

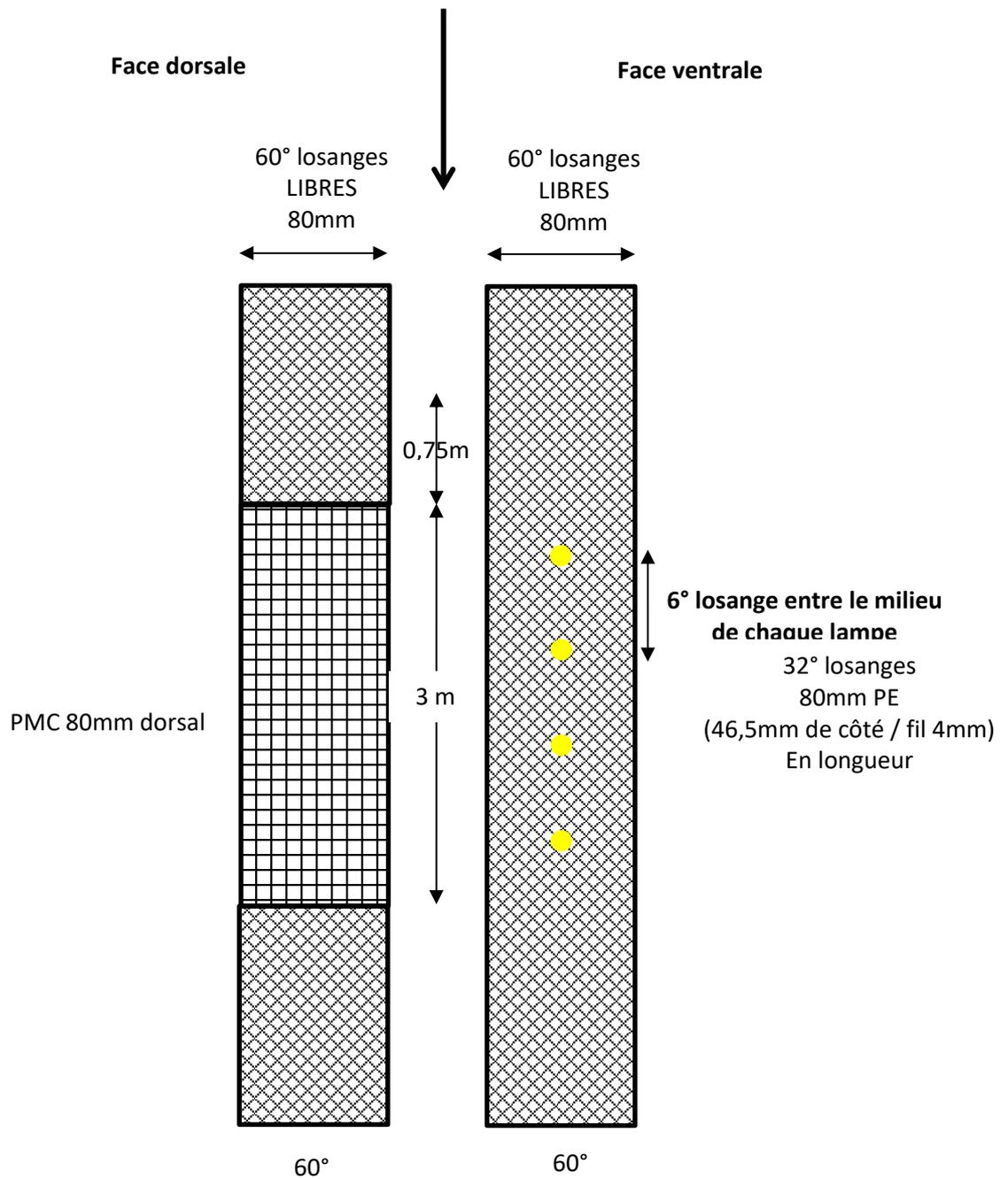
E. Tableau des résultats de la marée préliminaires PISCES

N°	Séquence	Espèces	Luminosité et heure	Nombre côté lumière					Nombre côté sombre				
				Compt. 1	Compt. 2	Compt. 3	Moyenne	%	Compt. 1	Compt. 2	Compt. 3	Moyenne	%
1	T10_1_ SNet_Demipan_T90_Tri	maquereau, merlan	Nuit 08h	79	78	73	77	38,21%	127	121	124	124	61,79%
2	T11_1_ SNet_Demipan_T90_Tri	sprat, hareng	Jour sombre 13h	340	377	331	349	53,85%	340	301	257	299	46,15%
2bis	T11_1_ SNet_Demipan_T90_Tri	sprat, hareng	Jour sombre 13h	458	464	351	424	53,38%	435	408	269	371	46,62%
3	T14_2_ SNet_Demipan_T90_Bab	maquereau, autres petits pélagiques, merlans	Jour sombre 10h	329	284	195	269	44,52%	376	333	298	336	55,48%
4	T15_2_ SNet_Demipan_T90_Bab	maquereau, autres petits pélagiques, merlans	Jour sombre 10h	74	56	51	60	40,77%	101	83	79	88	59,23%
5	T15_1_ SNet_Demipan_T90_Bab	petits pélagiques	Jour 13h	453	371	359	394	50,45%	448	372	342	387	49,55%
5bis	T15_1_ SNet_Demipan_T90_Bab	petits pélagiques	Jour 13h	591	534	561	562	46,60%	673	699	560	644	53,40%

F. Plans dispositifs marées expérimentales

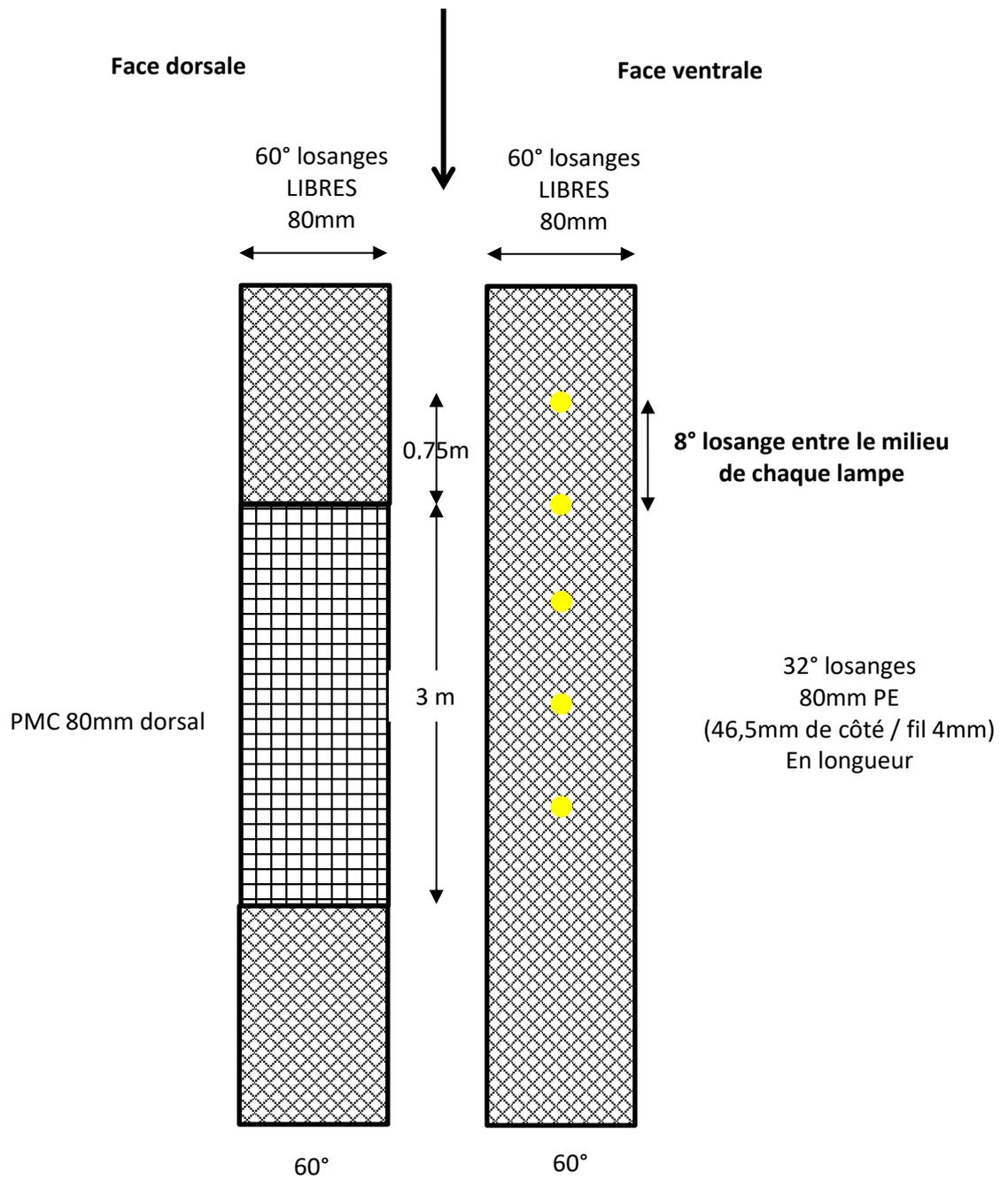
1) Lampes PISCES en position ventrale (éclairage vers le haut)

MAREE EXPERIMENTALE 1 (4 lampes)

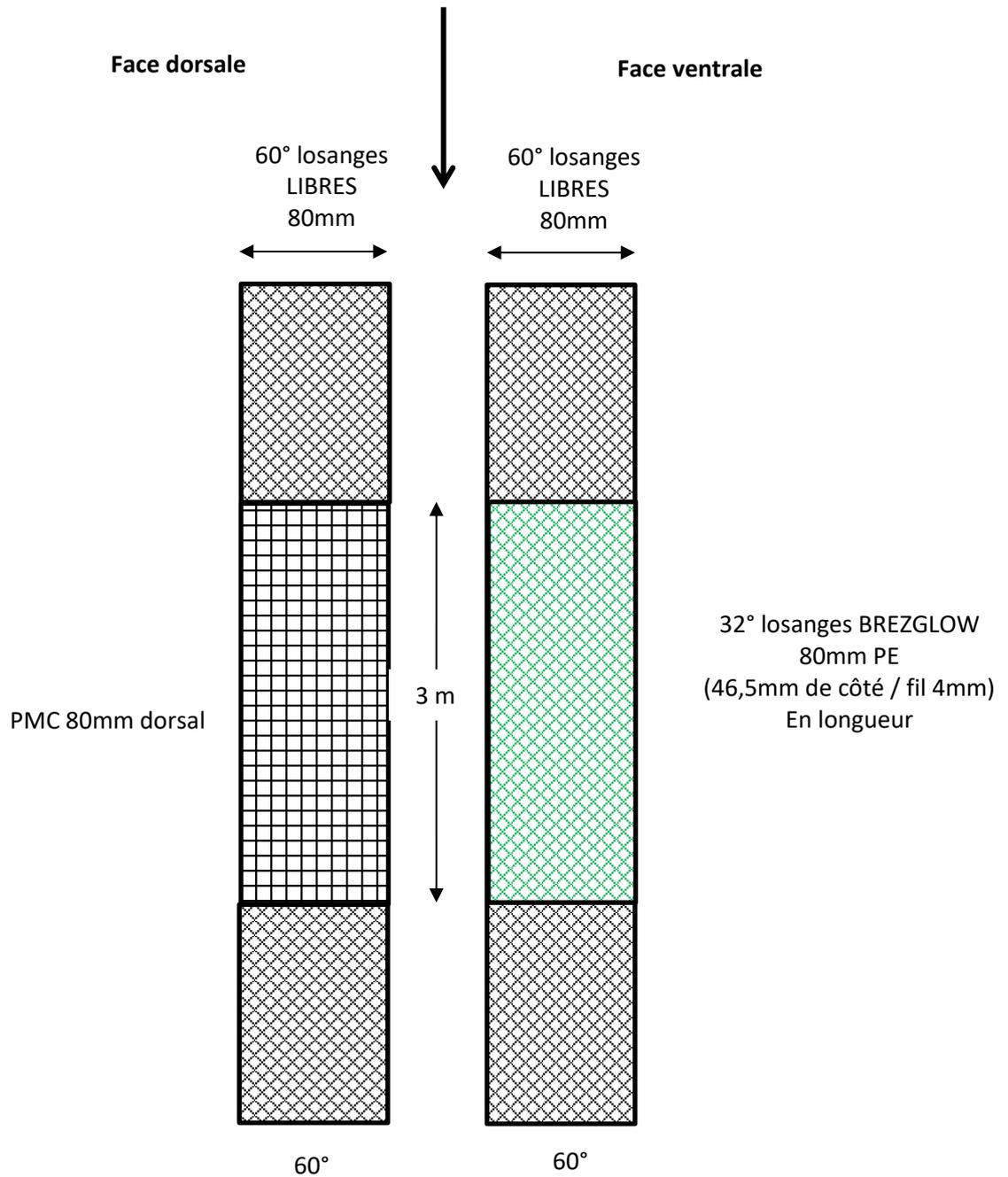


2) Lampes PISCES dans la partie ventrale

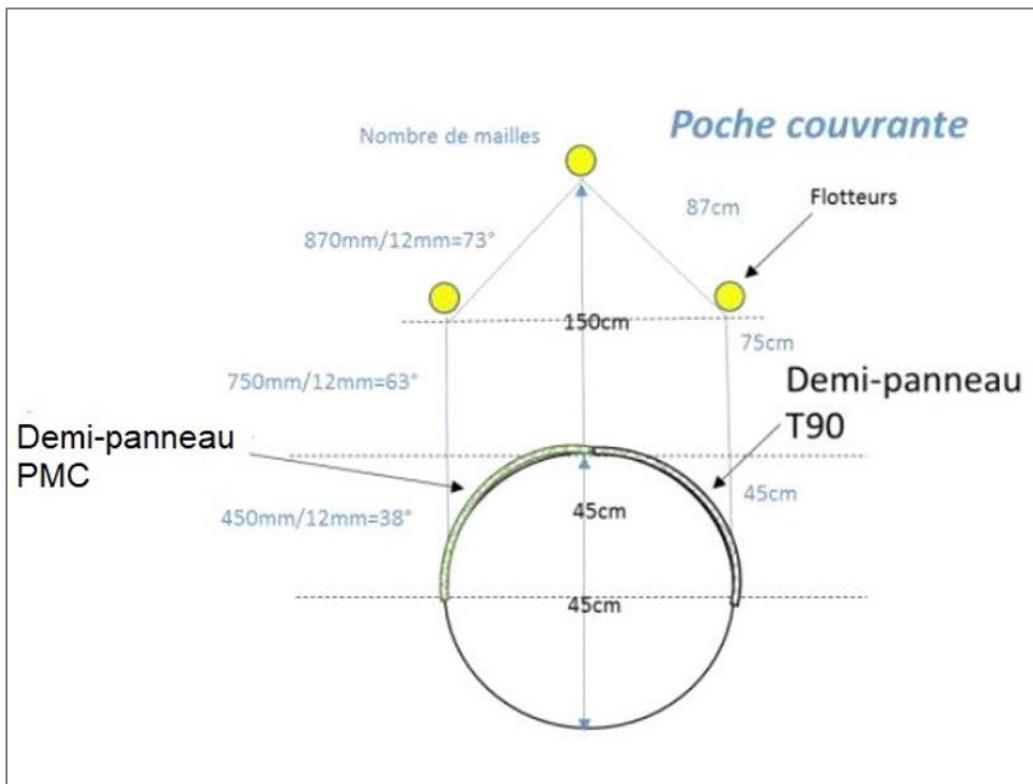
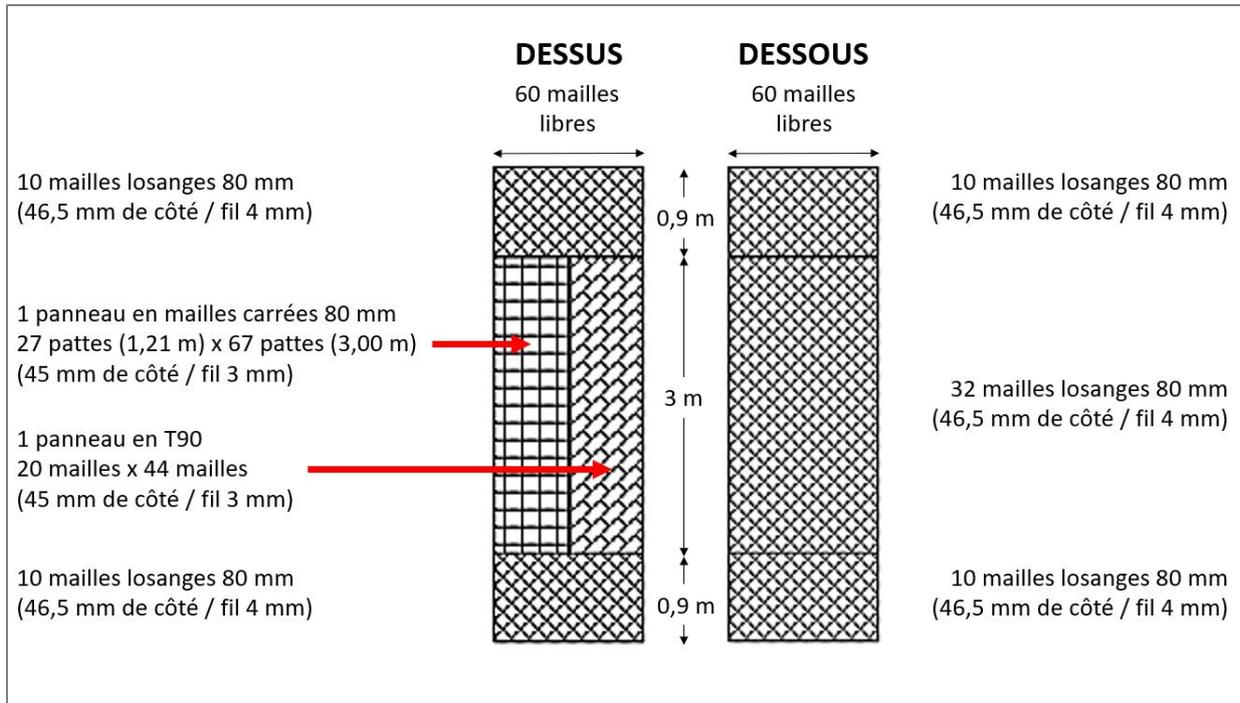
MAREES 2 / 3 / 4 (5 lampes)



3) Brezglow en position ventrale



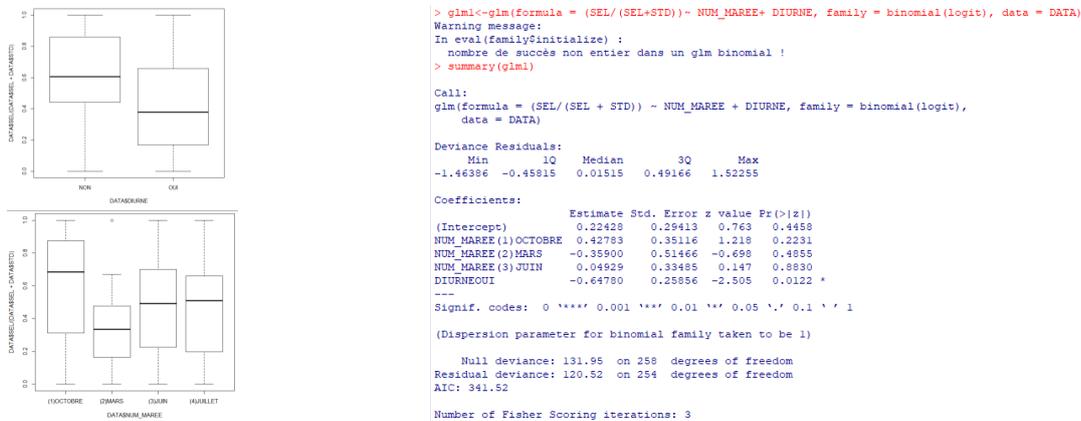
4) Demi-panneaux T90 et PMC 80mm avec poches couvrantes



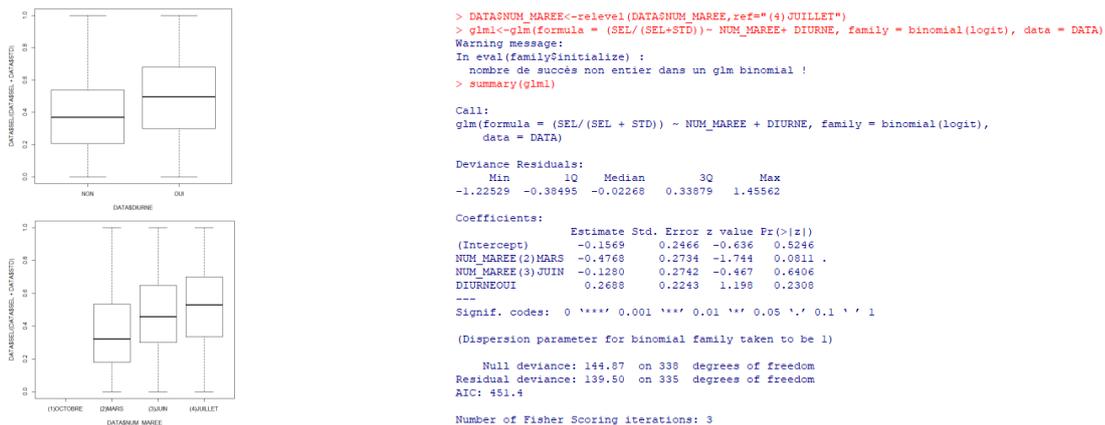
G. Détails de l'analyse des données environnementales

PISCES

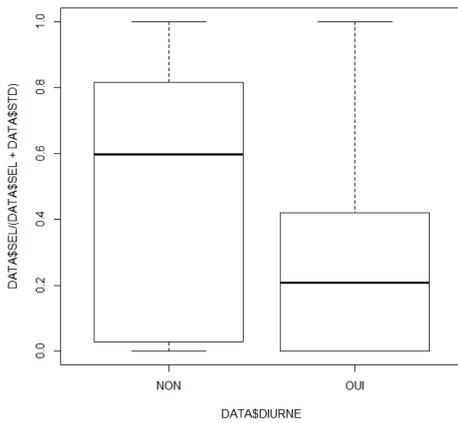
CHINCHARD : la variable « diurne » serait un facteur explicatif de la proportion d'individus retenue dans le chalut test par rapport au chalut standard avec une p value < 0.05.



MERLAN : la variable « saison » serait un facteur explicatif de la proportion de d'individus retenue dans le chalut test par rapport au chalut standard avec une p value < 0.05.



ENCORNET : Selon ces résultats, la variable diurne n'est pas un facteur explicatif de la proportion d'encornet retenue dans le chalut test.



```
> boxplot(formula=DATA$SEL/(DATA$SEL+DATA$STD)~DATA$DIURNE)
> glm1<-glm(formula = (SEL/(SEL+STD))~ DIURNE, family = binomial(logit), data = DATA)
Warning message:
In eval(family$initialize) :
  nombre de succès non entier dans un glm binomial !
> summary(glm1)

Call:
glm(formula = (SEL/(SEL + STD)) ~ DIURNE, family = binomial(logit),
    data = DATA)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.10126  -0.82980  0.00417  0.51693  1.57067

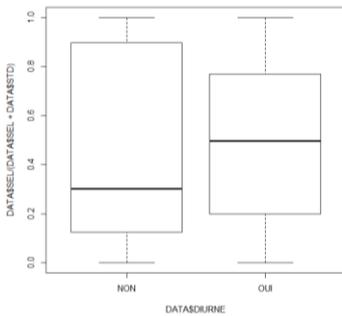
Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  -0.1818    0.3136  -0.580   0.562
DIURNEOUI    -0.7074    0.4908  -1.442   0.149

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 51.005  on 74  degrees of freedom
Residual deviance: 48.876  on 73  degrees of freedom
AIC: 94.388

Number of Fisher Scoring iterations: 3
```

MAQUEREAU : Selon ces résultats, les variables saison et diurne ne sont pas des facteurs explicatifs de la proportion de maquereau retenue dans le chalut test.



```
> DATASNUM_MAREE<-relevel(DATASNUM_MAREE,ref="(4)JUILLET")
> glm1<-glm(formula = (SEL/(SEL+STD))~ NUM_MAREE+ DIURNE, family = binomial(logit), data = DATA)
Warning message:
In eval(family$initialize) :
  nombre de succès non entier dans un glm binomial !
> summary(glm1)

Call:
glm(formula = (SEL/(SEL + STD)) ~ NUM_MAREE + DIURNE, family = binomial(logit),
    data = DATA)

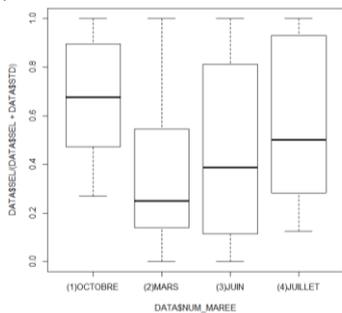
Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.1616  -0.5702  -0.1987   0.5797   1.4573

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  0.2195    0.5726   0.383   0.701
NUM_MAREE (1)OCTOBRE  0.3463    0.7361   0.470   0.638
NUM_MAREE (2)MARS    -0.8571    0.6506  -1.317   0.188
NUM_MAREE (3)JUIN   -0.3888    0.5928  -0.656   0.512
DIURNEOUI      0.1319    0.4448   0.296   0.767

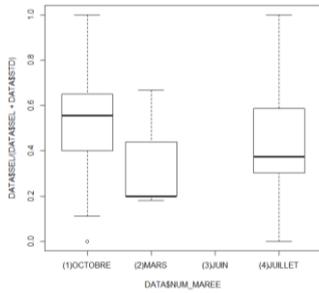
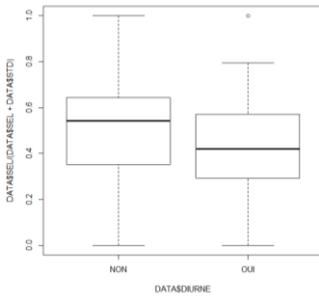
(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 70.336  on 118  degrees of freedom
Residual deviance: 65.351  on 114  degrees of freedom
AIC: 170.65

Number of Fisher Scoring iterations: 3
```



ROUGET BARBET : Selon ces résultats, les variables saison et diurne ne sont pas des facteurs explicatifs de la proportion de rouget barbet retenue dans le chalut test.



```
> DATA$NUM_MAREE<-relevel(DATA$NUM_MAREE,ref="(4)JUILLET")
> glm1<-glm(formula = (SEL/(SEL+STD))~ NUM_MAREE+ DIURNE, family = binomial(logit), data = DATA)
Warning message:
In eval(family$initialize) :
  nombre de succès non entier dans un glm binomial !
> summary(glm1)
```

```
Call:
glm(formula = (SEL/(SEL + STD)) ~ NUM_MAREE + DIURNE, family = binomial(logit),
    data = DATA)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.24608	-0.30415	0.00699	0.25720	1.32149

Coefficients:

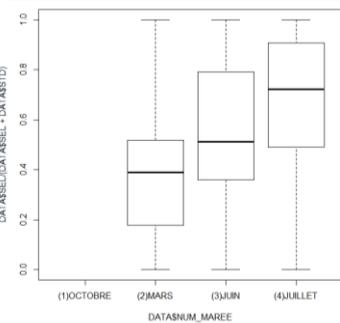
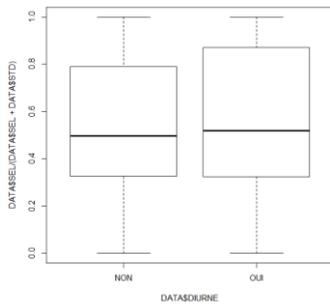
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.2285	0.4864	-0.470	0.638
NUM_MAREE(1)OCTOBRE	0.3886	0.5590	0.695	0.487
NUM_MAREE(2)MARS	-0.3417	1.1357	-0.301	0.764
DIURNEOUI	-0.1040	0.5758	-0.181	0.857

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 15.775 on 64 degrees of freedom
 Residual deviance: 14.754 on 61 degrees of freedom
 AIC: 95.569

Number of Fisher Scoring iterations: 3

PLIE : Selon ces résultats, la variable saison pourrait être un facteur explicatif de la proportion de plie retenue dans le chalut test. Toutefois les données collectées sont faibles et les différences très variables d'un couple à l'autre.



```
> DATA$NUM_MAREE<-relevel(DATA$NUM_MAREE,ref="(4)JUILLET")
> glm1<-glm(formula = (SEL/(SEL+STD))~ NUM_MAREE+ DIURNE, family = binomial(logit), data = DATA)
Warning message:
In eval(family$initialize) :
  nombre de succès non entier dans un glm binomial !
> summary(glm1)
```

```
Call:
glm(formula = (SEL/(SEL + STD)) ~ NUM_MAREE + DIURNE, family = binomial(logit),
    data = DATA)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.5168	-0.4051	-0.0393	0.5097	1.3640

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	0.67906	0.36513	1.860	0.0629 .
NUM_MAREE(2)MARS	-1.10776	0.45468	-2.436	0.0148 *
NUM_MAREE(3)JUN	-0.49609	0.40975	-1.211	0.2260
DIURNEOUI	0.09068	0.32371	0.280	0.7794

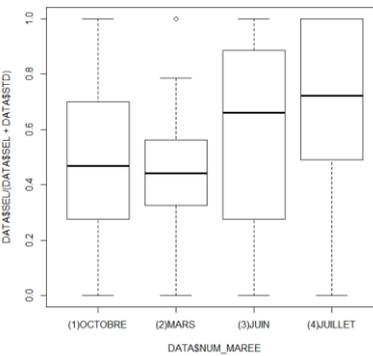
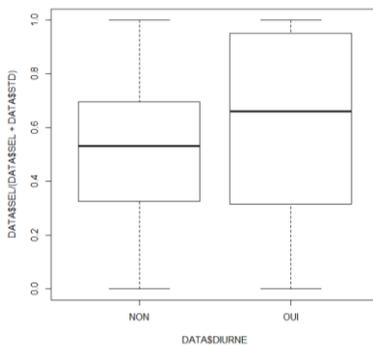
 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 84.164 on 163 degrees of freedom
 Residual deviance: 77.740 on 160 degrees of freedom
 AIC: 224.14

Number of Fisher Scoring iterations: 3

TACAUD : Selon ces résultats, la variable saison pourrait être un facteur explicatif de la proportion de tacaud retenue dans le chalut test. Toutefois les données collectées sont faibles et les différences très variables d'un couple à l'autre.



```
> DATA$NUM_MAREE<-relevel(DATA$NUM_MAREE,ref="(4)JUILLET")
> glm1<-glm(formula = (SEL/(SEL+STD))~ NUM_MAREE+ DIURNE, family = binomial(logit), data = DATA)
Warning message:
In eval(family$initialize) :
  nombre de succès non entier dans un glm binomial !
> summary(glm1)

Call:
glm(formula = (SEL/(SEL + STD)) ~ NUM_MAREE + DIURNE, family = binomial(logit),
    data = DATA)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.55956  -0.39532   0.07059   0.51177   1.28592

Coefficients:
                Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)          0.5920    0.3467   1.707  0.0878 .
NUM_MAREE(1)OCTOBRE -0.6623    0.4619  -1.434  0.1517
NUM_MAREE(2)MARS     -0.8435    0.4244  -1.987  0.0469 *
NUM_MAREE(3)JUN     -0.4398    0.4200  -1.047  0.2951
DIURNEOUI            0.2726    0.3530   0.772  0.4400
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

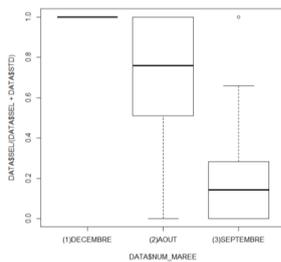
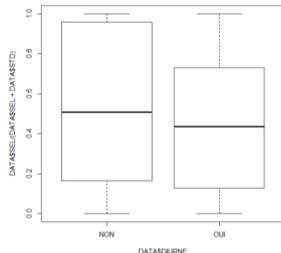
(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 99.307  on 201  degrees of freedom
Residual deviance: 93.274  on 197  degrees of freedom
AIC: 278.18

Number of Fisher Scoring iterations: 3
```

BREZGLOW

CHINCHARD : La variable « saison » serait un facteur explicatif de la proportion de chinchard retenue dans le chalut test par rapport au chalut standard avec une p value < 0.05.



```
> DATA$NUM_MAREE<-relevel(DATA$NUM_MAREE,ref="(3)SEPTEMBRE")
> glm1<-glm(formula = (SEL/(SEL+STD))~ NUM_MAREE+ DIURNE, family = binomial(logit), data = DATA)
Warning message:
In eval(family$initialize) :
  nombre de succès non entier dans un glm binomial !
> summary(glm1)

Call:
glm(formula = (SEL/(SEL + STD)) ~ NUM_MAREE + DIURNE, family = binomial(logit),
    data = DATA)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.6800 -0.6432 -0.1161  0.5496  1.6118

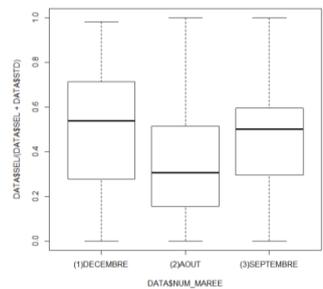
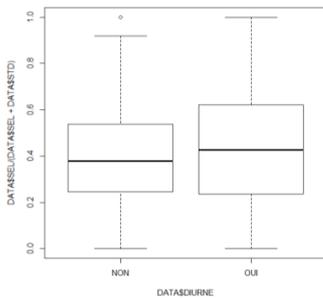
Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)   -0.9805     0.4050  -2.421  0.0155 *
NUM_MAREE(1)DECEMBRE  18.0367  2399.5448   0.008  0.9940
NUM_MAREE(2)AOUT      2.1121    0.4845   4.359  1.3e-05 ***
DIURNEOUI           -0.4902    0.4831  -1.015  0.3103
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 67.191  on 92  degrees of freedom
Residual deviance: 43.053  on 89  degrees of freedom
AIC: 97.596

Number of Fisher Scoring iterations: 15
```

MERLAN : La variable « saison » serait un facteur explicatif de la proportion de merlan retenue dans le chalut test par rapport au chalut standard avec une p value < 0.05.



```
> DATA$NUM_MAREE<-relevel(DATA$NUM_MAREE,ref="(2)AOUT")
> glm1<-glm(formula = (SEL/(SEL+STD))~ NUM_MAREE+ DIURNE, family = binomial(logit), data = DATA)
Warning message:
In eval(family$initialize) :
  nombre de succès non entier dans un glm binomial !
> summary(glm1)

Call:
glm(formula = (SEL/(SEL + STD)) ~ NUM_MAREE + DIURNE, family = binomial(logit),
    data = DATA)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.21702 -0.36770  0.01986  0.35635  1.51658

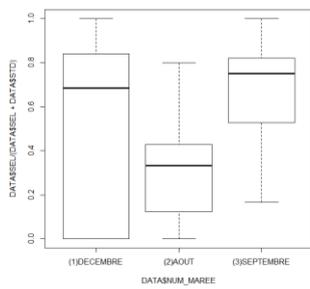
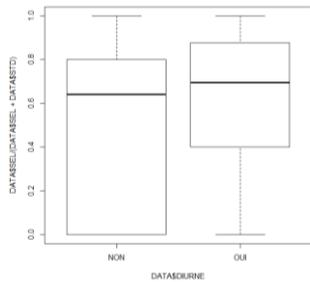
Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)   -0.7693     0.2748  -2.799  0.00512 **
NUM_MAREE(1)DECEMBRE  0.7171    0.4583   1.565  0.11761
NUM_MAREE(3)SEPTEMBRE  0.6113    0.3314   1.844  0.06511 .
DIURNEOUI           0.1449    0.3053   0.475  0.63510
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 59.583  on 182  degrees of freedom
Residual deviance: 54.928  on 179  degrees of freedom
AIC: 240.83

Number of Fisher Scoring iterations: 3
```

GRONDIN PERLON : Selon ces résultats, les variables saison et diurne ne sont pas des facteurs explicatifs de la proportion de grondin perlou retenue dans le chalut test.



```
> DATA$NUM_MAREE<-relevel(DATA$NUM_MAREE,ref="(2)AOUT")
> glm1<-glm(formula = (SEL/(SEL+STD))~ NUM_MAREE+ DIURNE, family = binomial(logit), data = DATA)
Warning message:
In eval(family$initialize) :
nombre de succès non entier dans un glm binomial !
> summary(glm1)

Call:
glm(formula = (SEL/(SEL + STD)) ~ NUM_MAREE + DIURNE, family = binomial(logit),
data = DATA)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.3582  -0.6318   0.1780   0.6333   1.1960

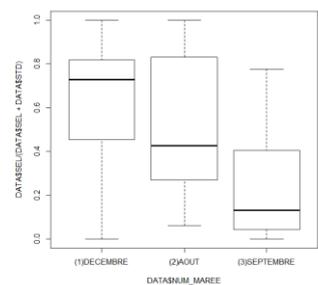
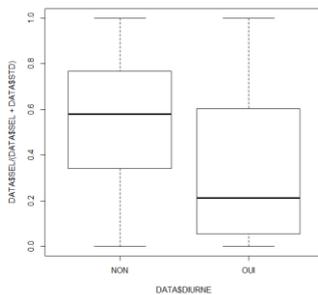
Coefficients:
                Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)      -0.7764    0.9627  -0.806   0.420
NUM_MAREE (1)DECEMBRE  0.7327    1.0277   0.713   0.476
NUM_MAREE (3)SEPTEMBRE 1.4831    1.1534   1.286   0.198
DIURNEOUI         0.4592    0.6968   0.659   0.510

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 28.119  on 43  degrees of freedom
Residual deviance: 25.853  on 40  degrees of freedom
AIC: 63.152

Number of Fisher Scoring iterations: 3
```

MAQUEREAU : Selon ces résultats, les variables saison et diurne ne sont pas des facteurs explicatifs de la proportion de maquereau retenue dans le chalut test.



```
> DATA$NUM_MAREE<-relevel(DATA$NUM_MAREE,ref="(2)AOUT")
> glm1<-glm(formula = (SEL/(SEL+STD))~ NUM_MAREE+ DIURNE, family = binomial(logit), data = DATA)
Warning message:
In eval(family$initialize) :
nombre de succès non entier dans un glm binomial !
> summary(glm1)

Call:
glm(formula = (SEL/(SEL + STD)) ~ NUM_MAREE + DIURNE, family = binomial(logit),
data = DATA)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.3986  -0.4530  -0.0392   0.4227   1.5890

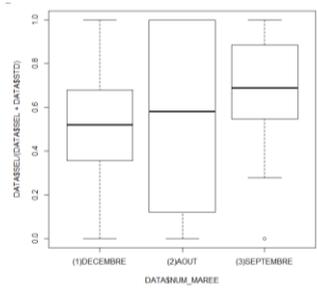
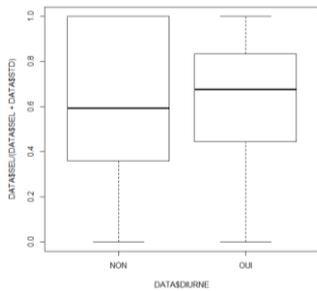
Coefficients:
                Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)         0.3616    0.3631   0.996   0.3193
NUM_MAREE (1)DECEMBRE 1.4361    0.8964   1.602   0.1092
NUM_MAREE (3)SEPTEMBRE -0.6586    0.6402  -1.029   0.3036
DIURNEOUI          -1.2914    0.6783  -1.904   0.0569 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 40.007  on 77  degrees of freedom
Residual deviance: 27.820  on 74  degrees of freedom
AIC: 96.217

Number of Fisher Scoring iterations: 4
```

PLIE : Selon ces résultats, les variables saison et diurne ne sont pas des facteurs explicatifs de la proportion de plie retenue dans le chalut test.



```
> DATA$NUM_MAREE<-relevel(DATA$NUM_MAREE,ref="(2)AOUT")
> glm1<-glm(formula = (SEL/(SEL+STD))~ NUM_MAREE+ DIURNE, family = binomial(logit), data = DATA)
Warning message:
In eval(family$initialize) :
  nombre de succès non entier dans un glm binomial !
> summary(glm1)
```

```
Call:
glm(formula = (SEL/(SEL + STD)) ~ NUM_MAREE + DIURNE, family = binomial(logit),
    data = DATA)
```

```
Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.51996  -0.45524  -0.01701   0.80043   1.17553
```

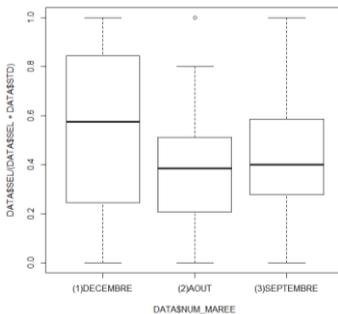
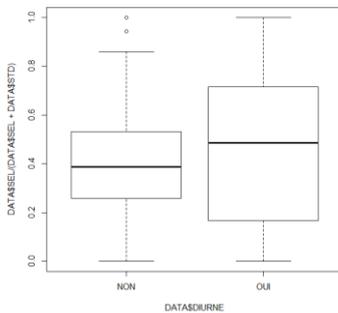
```
Coefficients:
                Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)          0.12040    0.36058   0.334   0.738
NUM_MAREE(1)DECEMBRE -0.20162    0.57980  -0.348   0.728
NUM_MAREE(3)SEPTEMBRE  0.65638    0.43532   1.508   0.132
DIURNEOUI             0.08563    0.39816   0.215   0.830
```

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

```
Null deviance: 68.880  on 109  degrees of freedom
Residual deviance: 65.685  on 106  degrees of freedom
AIC: 146.55
```

Number of Fisher Scoring iterations: 3

ROUGET BARBET : Selon ces résultats, les variables saison et diurne ne sont pas des facteurs explicatifs de la proportion de rouget barbet retenue dans le chalut test.



```
> DATA$NUM_MAREE<-relevel(DATA$NUM_MAREE,ref="(2)AOUT")
> glm1<-glm(formula = (SEL/(SEL+STD))~ NUM_MAREE+ DIURNE, family = binomial(logit), data = DATA)
Warning message:
In eval(family$initialize) :
  nombre de succès non entier dans un glm binomial !
> summary(glm1)
```

```
Call:
glm(formula = (SEL/(SEL + STD)) ~ NUM_MAREE + DIURNE, family = binomial(logit),
    data = DATA)
```

```
Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.25864  -0.44409   0.01632   0.33277   1.39908
```

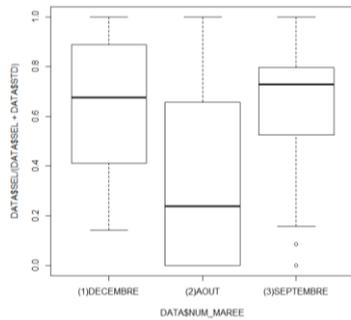
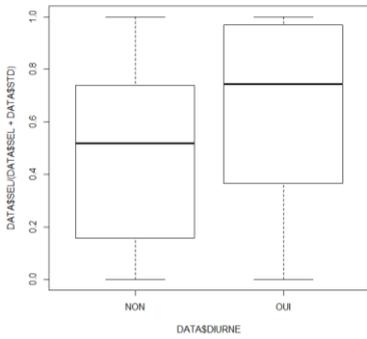
```
Coefficients:
                Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)        -0.5074    0.3477  -1.460   0.144
NUM_MAREE(1)DECEMBRE  0.6964    0.5706   1.221   0.222
NUM_MAREE(3)SEPTEMBRE  0.2426    0.5164   0.470   0.639
DIURNEOUI           0.1823    0.4497   0.405   0.685
```

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

```
Null deviance: 30.836  on 88  degrees of freedom
Residual deviance: 29.160  on 85  degrees of freedom
AIC: 122.02
```

Number of Fisher Scoring iterations: 3

TACAUD : Selon ces résultats, la variable saison pourrait être un facteur explicatif de la proportion de tacaud retenue dans le chalut test. Toutefois les données collectées sont faibles et les différences très variables d'un couple à l'autre.



```
> DATA$NUM_MAREE<-relevel(DATA$NUM_MAREE,ref="(3)SEPTEMBRE")
> glm1<-glm(formula = (SEL/(SEL+STD))~ NUM_MAREE+ DIURNE, family = binomial(logit), data = DATA)
Warning message:
In eval(family$initialize) :
  nombre de succès non entier dans un glm binomial !
> summary(glm1)
```

```
Call:
glm(formula = (SEL/(SEL + STD)) ~ NUM_MAREE + DIURNE, family = binomial(logit),
    data = DATA)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.35415	-0.63666	0.00563	0.39652	1.60627

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	0.4064	0.3543	1.147	0.25129
NUM_MAREE (2)AOUT	-1.3745	0.4758	-2.889	0.00387 **
NUM_MAREE (1)DECEMBRE	-0.1674	0.6506	-0.257	0.79696
DIURNEOUI	0.6774	0.4506	1.503	0.13273

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 60.356 on 95 degrees of freedom
Residual deviance: 48.416 on 92 degrees of freedom
AIC: 116.3

Number of Fisher Scoring iterations: 4

H. Espèces débarquées et rejetées lors des marées expérimentales PISCES (Chalut standard)

Débarquements			Rejets		
Espèces	Tonnages (Kg)	%	Espèces	Tonnages (Kg)	%
Merlan	3446,476789	53,69%	Merlan	2650,033429	36,46%
Maquereau commun	577,2323037	8,99%	Chinchard d'Europe	1615,675212	22,23%
Encornet	570,6970893	8,89%	Limande	1454,076261	20,01%
Chinchard d'Europe	548,9219193	8,55%	Plie d'Europe	581,3128561	8,00%
Petite roussette	259,3770704	4,04%	Tacaud commun	349,3463486	4,81%
Rouget de roche	204,0915925	3,18%	Petite roussette	260,1346513	3,58%
Limande	171,6703333	2,67%	Limande sole	95,07168872	1,31%
Tacaud commun	168,8845425	2,63%	petit tacaud	69,54086308	0,96%
Seiche commune	114,9453938	1,79%	Hareng de l'Atlantique	39,0469395	0,54%
Grondin perlon	89,35877548	1,39%	Maquereau commun	21,38163452	0,29%
Plie d'Europe	75,71877985	1,18%	Bar européen	20,46547142	0,28%
Grondin rouge	60,06462254	0,94%	Grondin gris	19,85255939	0,27%
Dorade grise	29,76786207	0,46%	Grondin rouge	15,7775934	0,22%
Morue de l'Atlantique	26,17946663	0,41%	Morue de l'Atlantique	15,46063647	0,21%
Limande sole	14,46373637	0,23%	Raie lisse	10,1069352	0,14%
Émissoles nca	10,94671264	0,17%	Grondin perlon	8,807038508	0,12%
Saint Pierre	9,05622729	0,14%	Daurade Royale	7,074232621	0,10%
Bar européen	7,74994086	0,12%	Sprat	6,836458656	0,09%
Flet d'Europe	6,421333333	0,10%	Callionymus	6,033322796	0,08%
Sole commune	5,987132184	0,09%	Émissoles nca	5,330005767	0,07%
Hareng de l'Atlantique	4,113666667	0,06%	Rouget de roche	3,633795772	0,05%
Barbue	3,812666667	0,06%	Saint Pierre	3,26959256	0,04%
Grande vive	3,361166667	0,05%	Aiglefin	2,784160072	0,04%
Turbot	3,110333333	0,05%	Flet d'Europe	2,143814034	0,03%
Baudroies, etc. nca	2,809333333	0,04%	Dorade grise	2,142287535	0,03%
Congre d'Europe	1,941935484	0,03%	Raie bouclée	1,858779103	0,03%
Raie bouclée	1,605333333	0,03%	Callionymus lyra	0,732735821	0,01%
Sole-pole	0,301	0,00%	Sardine	0,250889772	0,00%
			Seiche commune	0,237992475	0,00%
			souris de mer	0,017247678	0,00%

I. Espèces débarquées et rejetées lors des marées expérimentales Brezglow (Chalut standard)

Débarquements			Rejets		
Espèces	Tonnages (Kg)	% cumulé	Espèces	Tonnages (Kg)	% cumulé
Merlan	1 791,14	39,75%	Merlan	2 726,33	59,85%
Encornet	1 266,14	67,85%	Chinchard d'Europe	440,09	69,51%
Maquereau commun	249,99	73,40%	Limande	425,36	78,85%
Petite roussette	191,85	77,65%	Plie d'Europe	219,67	83,67%
Rouget de roche	143,79	80,85%	Tacaud commun	213,01	88,35%
Raie bouclée	122,81	83,57%	Bar européen	175,74	92,20%
Chinchard d'Europe	117,41	86,18%	Limande sole	98,04	94,36%
Seiche commune	100,15	88,40%	hareng	88,63	96,30%
Limande	94,53	90,50%	Petite roussette	53,78	97,48%
Gronquin perlon	84,54	92,37%	Maquereau commun	43,89	98,45%
Tacaud commun	66,85	93,86%	petit tacaud	32,43	99,16%
Émissole tachetée	59,65	95,18%	Gronquin rouge	8,80	99,35%
Gronquin rouge	47,87	96,24%	Gronquin perlon	8,15	99,53%
Bar européen	44,27	97,22%	Rouget de roche	6,24	99,67%
Plie d'Europe	41,79	98,15%	Morue de l'Atlantique	5,53	99,79%
Limande sole	38,10	99,00%	gronquin gris	5,00	99,90%
Raie lisse	17,59	99,39%	Raie bouclée	1,42	99,93%
Sole commune	12,44	99,66%	Émissole tachetée	1,42	99,96%
Morue de l'Atlantique	10,89	99,91%	Seiche commune	0,83	99,98%
Grande vive	2,20	99,95%	Raie brunette	0,47	99,99%
Dorade grise	1,40	99,99%	Encornet	0,26	100,00%
Saint Pierre	0,65	100,00%	sardine	0,20	100,00%

J. Fiche de synthèse du projet

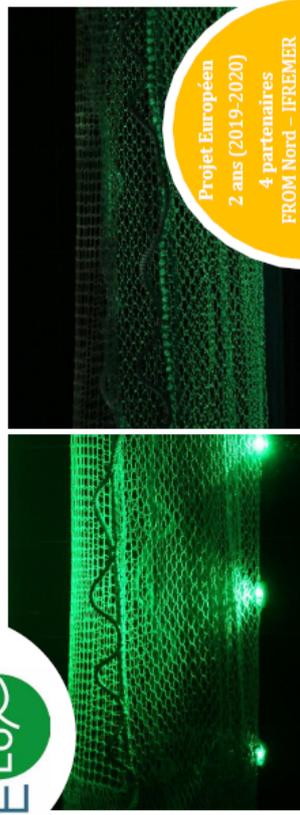


LE PROJET SELUX

La lumière peut-elle améliorer l'efficacité des dispositifs sélectifs utilisés par les chalutiers en Manche et sud mer du Nord ?



Synthèse des résultats

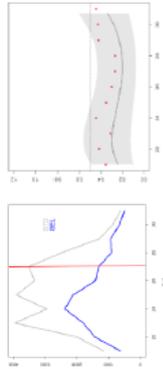


Projet Européen
2 ans (2019-2020)
4 partenaires
FROM Nord – IFREMER
Le Drezen - Safetymet
2 dispositifs testés
Le «Brezglow» - les «Pisces»
9 marées
expérimentales

La sélectivité est un enjeu majeur pour les chalutiers artisans pêchant en Manche Est et sud mer du Nord. Afin de respecter l'obligation de débarquement en vigueur depuis 2019 et de maintenir une rentabilité économique de la flottille sur le long terme, une réduction conséquente des prises accessoires est essentielle. Pour ces navires, les prises accessoires gérées par un système de Total Admissible de Captures (TAC) et donc concernées par l'obligation de débarquement, représentent jusqu'à 52,1% du total de leurs captures (Gauduchon & Al., 2020) ¹.

LE BREZGLOW

Espèces	Tx var débarquements (moyenne)	Tx var débarquements (Poids total)	Tx var rejets (moyenne)	Tx var rejets (Poids total)
Chinchard	+125%	+58%	+2%	-33%
Merlan	+2%	-24%	-12%	-32%



MERLAN

Le Brezglow entraîne une baisse des captures uniquement pour la marée du mois d'août mais avec une grande variabilité dans les couples.

CHINCHARD : Aucune différence n'est observable.

4 Conclusion

Ce projet a permis d'améliorer les connaissances sur le comportement de différentes espèces face à la lumière. De ces analyses, il ressort que le merlan a un comportement d'évitement de la lumière et que le chinchard est plutôt attiré par la lumière mais serait repoussé par celle-ci lorsqu'elle est clignotante.

Les configurations lumière/PMC testées ont permis de réduire les captures de merlan sur deux marées (une marée pour chaque dispositif) sur toutes les tailles induisant donc des pertes commerciales. Pour réduire les échappements d'individus de tailles supérieures à la taille minimale de référence de conservation (TMRC) des ajustements pourraient être effectués comme par exemple l'utilisation du T90 plus adapté à cette espèce. En effet, différentes études soulignent l'efficacité du T90 pour la sélectivité du merlan, plus approprié pour une sélection assez proche de la TMRC et les résultats de la comparaison PMC/T90 réalisée dans le cadre de ce projet le confirme. L'efficacité des lumières pourrait également être améliorée en variant l'intensité et en ajustant leur position sur le chalut (plus en amont du Panneau sélectif). Enfin, les résultats spécifiques à ces 2 marées peuvent suggérer l'influence de critères liés à la saison ou la zone tels que la lumière ambiante ou la turbidité.

Concernant le chinchard, les configurations testées n'ont pas permis d'améliorer la sélectivité.

En revanche, les résultats sont prometteurs pour les espèces à forte valeur ajoutée (rouget barbet, maquereau, ...) dont les débarquements ne semblent pas impactés par la présence de lumière sur le chalut.

¹ Gauduchon T., Cornau A., Quinio-Scavimer M., Goascoz N., Dubroca N. (2020). Captures et rejets des métriers de pêche français Résultats des observations à bord des navires de pêche professionnelle en 2018. OBSMER.



Objectif du projet : Tester l'association de deux dispositifs lumineux avec le Panneau Mailles Carrées (PMC dorsal) obligatoire en mer du Nord

Dispositifs lumineux testés :



Fil phosphorescent « Brezglow »

fabriqué par l'entreprise

Le Drezen



Lampes LEDs PISCES

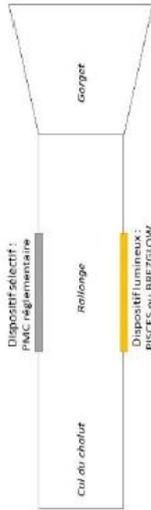
fabriquées par l'entreprise

SafetyNet

1 Essais préliminaires

Deux marées préliminaires de 5 jours ont été organisées au printemps 2019 afin d'observer le comportement du merlan et du chinchard face aux dispositifs lumineux et de définir l'emplacement idéal de ces dispositifs sur le chalut.

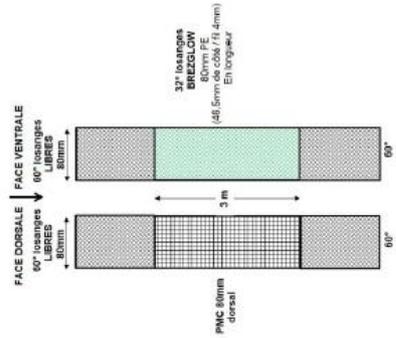
Les résultats de ces marées mettent en avant une **tendance répulsive sur le merlan** à la fois pour les lampes et pour le fil phosphorescent Brezglow (de nuit). Afin d'encourager l'échappement des petits merlans la **lumière doit donc être installée à l'opposé du panneau** à



2 Configurations

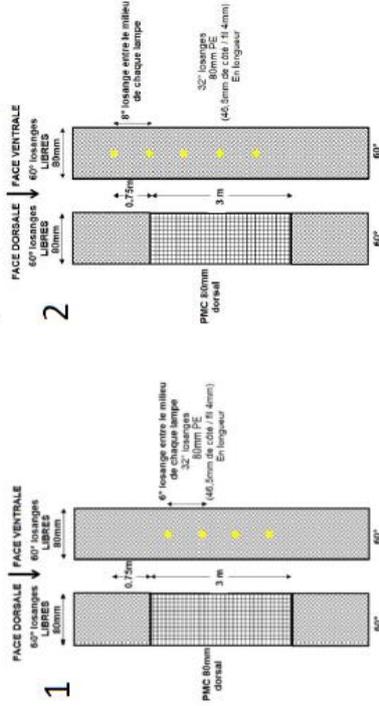
BREZGLOW

Le Brezglow a été testé sur 3 marées de 5 jours entre décembre 2019 et septembre 2020 en VIdc et IVc dans 1 seule configuration.



PISCES

Les PISCES configurées en lumière verte ont été testées sur 4 marées de 5 jours entre octobre 2019 et juin 2020 en VIdc et IVc dans 2 configurations. Après la 1ère marée, il a été décidé d'**ajouter une PISCES et d'en installer une en amont du PMC** pour encourager les poissons à monter plus rapidement vers le PMC. Il a également été décidé de mettre les PISCES en mode clignotant car le chinchard aurait tendance à être repoussé par la lumière clignotante.



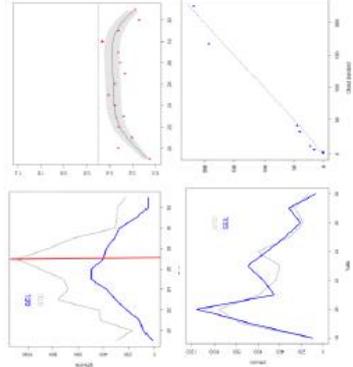
3 Résultats

Les résultats ci-dessous sont obtenus en comparant les captures réalisées avec le chalut test à celles faites avec le chalut de référence.

PISCES

Espèces	Tx var débarquements (moyenne)	Tx var débarquements (Poids total)	Tx var rejets (moyenne)	Tx var rejets (Poids total)
Chinchard	+101%	+9%	+84%	+9%
Merlan	-14%	-7%	-8%	-3%

MERLAN



La présence de PISCES entraîne une baisse des captures uniquement pour la marée du mois de mars (lumière verte clignotante) et pour toutes les tailles.

CHINCHARD

Sur les traits de nuit, la présence de PISCES entraîne une augmentation des captures (attraction). Lorsque l'on ne garde que les traits avec PISCES clignotantes aucune différence n'est observable (graph).

K. Document technique marée PMC/T90



Laboratoire technologies halieutiques
Département sciences et technologies halieutiques

Compte-rendu

Campagne Selux Navire Saint Jacques II, 17-21 Août 2020				
établi le : 7/01/21	par : F. MORANDEAU	Réf : DSTH/LTBH	n° analytique : P112-0022-01-MS	Thème/prog : SELUX

Objet : Campagne de sélectivité comparaison d'un panneau en T90 a un panneau en PMC. Méthodologie avec poche couvrante à double cul.

Diffusion :

1 Objectifs

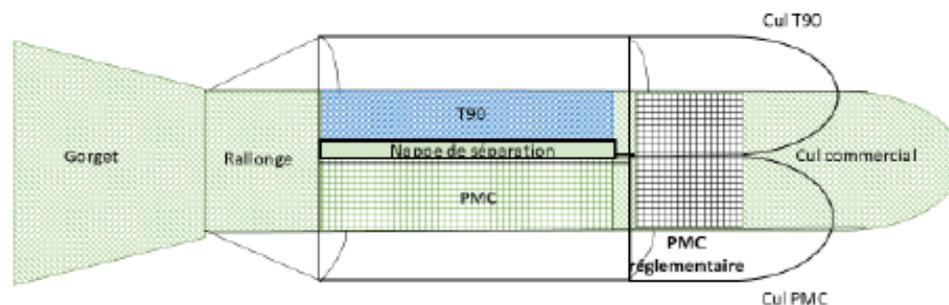
L'objectif premier du projet Selux est de tester les dispositifs sélectifs existant comme le panneau à maille carrée ou à maille tournée en T90 tout en utilisant la lumière comme optimisateur sélectif. Ce qui est visé avec la lumière c'est de permettre une réduction optimale des rejets de merlan et de chinchard et de conserver les espèces commercialisables. Il a été étudié sur la flottille des chalutiers Boulonnais de plus de 18m que 33% des captures de merlan sont rejetées en moyenne, et 83% pour le chinchard. A elles deux, ces espèces représentent 37% des rejets totaux. Toujours dans le cadre de Selux il a été proposé également de réaliser une marée pour comparer le T90 et PMC qui permette d'avoir des résultats statistiques tout en fournissant une idée de la différence de sélectivité entre les deux dispositifs. En arrière-plan de cette campagne en mer il faut garder en tête que l'objectif principal reste l'amélioration du PMC 80, seul dispositif sélectif inscrit dans la réglementation européenne.

2 Contexte

Concernant le montage des mailles, les merlans passent plus facilement à travers le PMC que dans le T90. D'après les résultats du projet REJEMCELEC, avec un PMC 80mm il y a une perte des merlans sur l'ensemble du spectre de taille jusqu'à 36 cm, alors qu'avec le T90 on constate un très bon échappement des tailles sous TRMC (Tailles Minimales de Référence de Conservation), et dans une moindre mesure des individus de 27-32cm. La pêche et la valorisation financière des plus gros individus pourraient potentiellement compenser la perte de tonnage liée à la bonne utilisation des dispositifs sélectifs (mailles + lumière). Néanmoins il faut veiller à conserver un équilibre. Les professionnels présents ont rappelé ne pêcher quasiment aucun merlan supérieur à 32cm. (principalement du merlan 27-32cm). Les principaux rejets de merlan sont de taille 23-27 cm.

3 Moyens techniques et méthode

Pour comparer les deux panneaux sélectifs, une poche couvrante avec deux culs de récupération a été montée sur le dessus du dispositif de sélectivité afin de quantifier le nombre et le poids de merlan s'échappant. L'ensemble du dispositif est assemblé avec un petit maillage de 40 mm (jauge) soit la moitié moins que le maillage du cul de chalut standard et des dispositifs sélectifs de 80 mm (jauge). Les deux panneaux sélectifs sont jointés sur 3 m dans le sens de la longueur et intégrés dans un « kit rallonge de chalut » de 5 m de longueur. La largeur de chaque panneau sélectif est de 1.21m (Fig.1).



VUE DE DESSUS

Figure 1 : Vue de dessus du dispositif poche couvrante double cul

3.1 Dispositif sélectif

Les deux panneaux sélectifs ont été aboutés l'un à l'autre dans le sens de la longueur. Deux dispositifs sélectifs ont été réalisés de tel sorte que les deux panneaux T90 et PMC puissent chacun être testés côté bâbord et côté tribord, ce qui statistiquement permet d'éliminer l'effet position des poches. Deux chaluts identiques ont donc été mobilisés pendant la campagne, un chalut tribord monté avec le T90 côté tribord et inversement pour le second chalut bâbord avec le T90 côté bâbord (Fig.2). A travers ces deux configurations ce qui a été recherché c'est une certaine homogénéité de comportement du merlan au contact des différents types de mailles sélectives (PMC et T90). En effet les ouvertures de maille sont différentes à cet endroit. La géométrie du chalut au fond et les poches couvrantes peuvent varier également en fonction du courant, notamment dans les secteurs fréquentés pendant les essais (fort courant avec de grand coefficient de marée).

Rappel :

Le panneau en maille T90, est fabriqué avec du maillage losange dont le principe consiste à donner une rotation de 90°. Le vide de maille est ainsi plus constant (plus ouvert) pendant le chalutage.

Le panneau à maille carré est également avec du maillage losange dont le principe consiste à donner une rotation de 45° l'objectif c'est que le vide de maille est également plus grand (plus ouvert) pendant le chalutage.

Les dimensions des panneaux ont la même surface et son conforme à la longueur réglementaire de 3m.

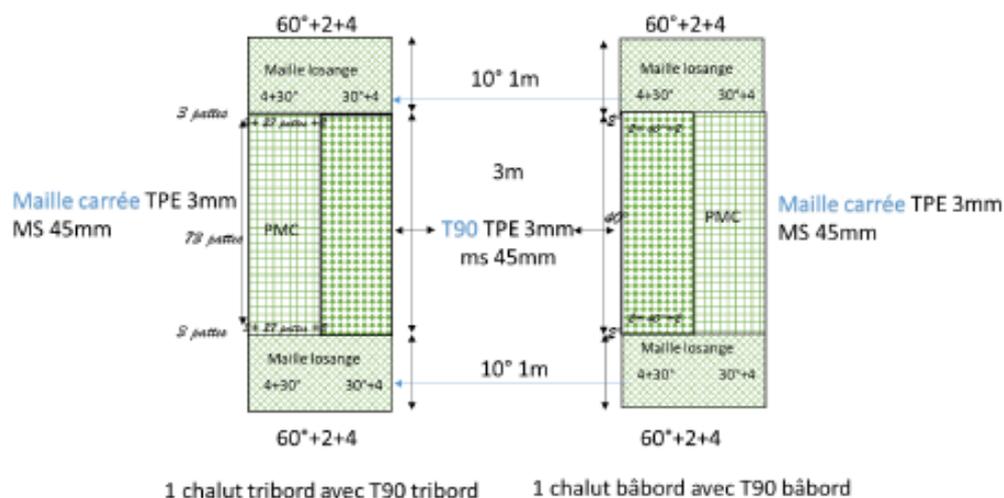


Figure 2 : Caractéristiques des panneaux sélectifs T90 et PMC

3.2 Dispositif poche couvrante

La conception de la poche couvrante a été réalisé à partir du manuel de sélectivité « MANUAL OF METHODS OF MEASURING THE SELECTIVITY OF TOWED FISHING GEARS » (ICES COOPERATIVE RESEARCH REPORT NO. 215 by Wileman et all).

La poche couvrante est composée de 22 pièces en tous avec 6 panneaux latéraux A-E- I et D- H- K (coupe n et 1n1b. Fig.4) et avec 4 panneaux supérieurs B-C- F-G (coupe n et 1n1b) qui couvrent la zone d'échappement et la zone du gorget. La longueur totale de ces 4 panneaux est de 4.65 m soit 1.65 m de plus que la longueur des panneaux sélectif et respect en cela les recommandations du manuel. Le nombre de maille au niveau de la circonférence est 348 mailles de 40mm E-F G H dans le sens T et N (13.9 m) dans ce cas.

Les doubles culs des poches couvrantes sont constitués de 8 pièces M - M'et N-N 'et J -j'- K- k'' (coupe n et 8b1n). La longueur totale de ces culs est de 4 m et ont été prévu pour être manipuler facilement à bord du navire et ne pas masquer le pmc réglementaire.

Les deux volumes de récupération des espèces qui s'échappent aux travers des panneaux sélectifs sont créés par une nappe de séparation comprenant 4 panneaux O-P-Q-R (coupe ab et n). La longueur est au moins égale à B-C-F-G-k'-j'. La hauteur de cette nappe de séparation est de 1.50 m (hauteur théorique). La nappe séparatrice est aboutée en haut et en bas (entre les panneaux sélectif) par des ralingues.

L'ensemble des pièces sont rassemblés une à une dans le sens de la longueur par trois mailles (ailière) ce qui permet une plus grande résistance pendant les manoeuvres de virage de la capture. Les pièces sont aboutées au-dessus du gorget et de la rallonge du chalut par l'ajout d'une ralingue en PA dia.de 8mm.

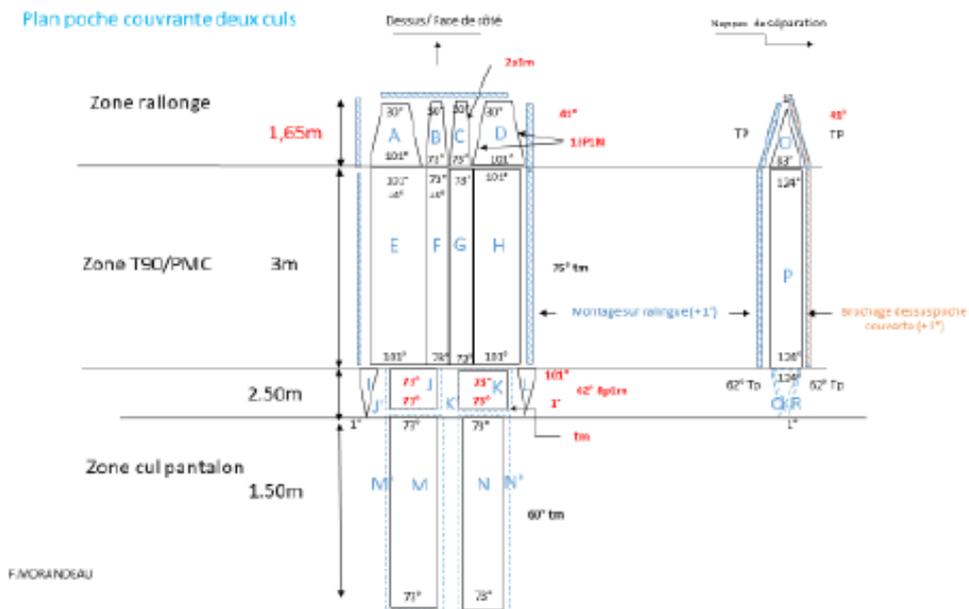
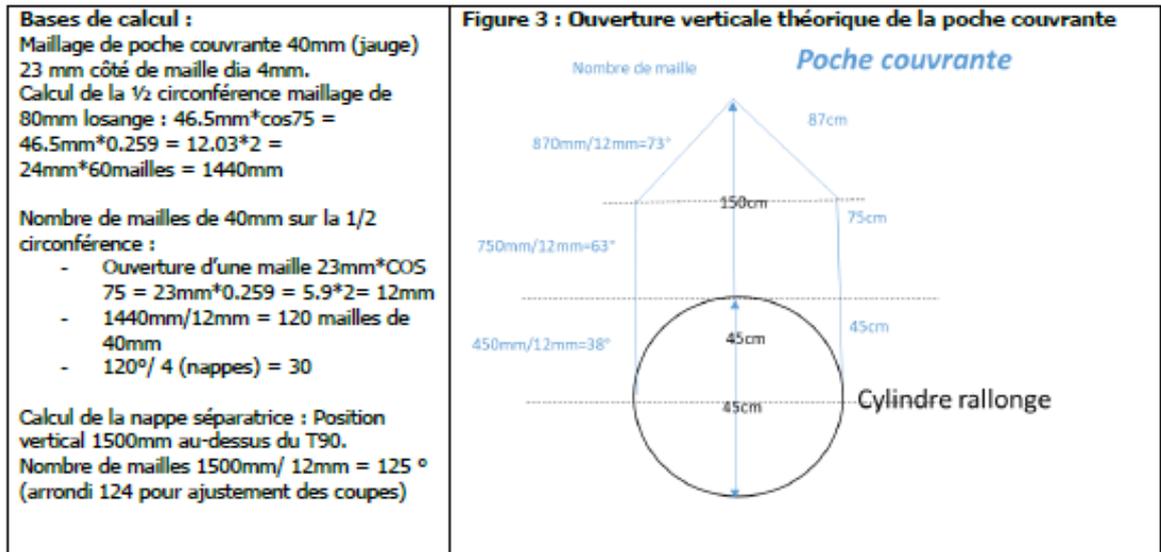


Figure 4 : Plan de la poche couvrante deux culs vue de dessus longueur et nombre de maille

Afin d'éviter le mascage de la poche couvrante sur les mailles T90 et maille carrée, 19 flotteurs de 4 litres et 4 kites ont été ajoutés. Les flotteurs de 4 litres sont mis entre A et B (6 flotteurs), 1 chapelets de 5 flotteurs entre

Résultats

Deux kits de sélectivité (comprenant la rallonge, avec sur le dessus le T90, le PMC et les *poches couvrantes avec doubles cul*) ont ensuite été inclus au niveau de la rallonge des chaluts (2) du Saint Jacques II.

Le montage du dispositif sur les chaluts a nécessité deux heures de travail le matin du vendredi 14 août 2020. En effet, le protocole de mesures impose que les deux panneaux soient inversés tribord/bâbord alternativement.

Deux kits de sélectivité ont donc été montés sur deux chaluts différents ayant les mêmes caractéristiques.

A chaque virage et filage du chalut, il faut greffer les kites et les flotteurs. Cette opération allonge la durée de la manoeuvre d'environ 10 minutes (X 2 20mn) par traits.

Le nombre de trait minimum avait été estimé à un minimum de 10 traits.

Sur l'ensemble de la campagne nous avons eu du beau temps. Ainsi 18 opérations ont été réalisées dont 14 traits validés avec la poche couvrante à deux culs. Sur l'ensemble le seul trait n'a pas été validé car une des culs s'est emmêlé au niveau des zones M et K (voir plan ci-dessus) et n'a pas réalisé de capture pendant le chalutage.

Tableau 1 : déroulement des OP et nombre de traits validés

NUM_OP	NUM_TRAIT	PARTIE	DEROULEMENT_OP	ETAT_MER	DATE_FIN	DUREE_OP	LAT_DEB_OP	LONG_DEB_OP	LAT_FIN_OP	LONG_FIN_OP	ZONE	RECTANGLE	PROF_EINGIN
1	1	CUL	Normal	2 - belle, vagues de 0.1 à 0.5 mètres	17/08/2020	16:35	51.69148	2.07595	51.82253	2.20085	27.4.c	32F2	54
2	1	POCHES		2 - belle, vagues de 0.1 à 0.5 mètres	17/08/2020	16:40	51.69148	2.07595	51.82253	2.20085	27.4.c	32F2	54
3	2	POCHES	Normal	3 - peu agitée, vagues de 0.5 à 1.25 mètres	18/08/2020	00:50	51.7791	2.16137	51.80883	2.18927	27.4.c	32F2	48
4	3	CUL	Normal	3 - peu agitée, vagues de 0.5 à 1.25 mètres	18/08/2020	10:30	51.74272	2.11968	51.79302	2.17333	27.4.c	32F2	48
5	3	POCHES	Normal	3 - peu agitée, vagues de 0.5 à 1.25 mètres	18/08/2020	10:35	51.74272	2.11968	51.79302	2.17333	27.4.c	32F2	48
6	4	POCHES	Normal	3 - peu agitée, vagues de 0.5 à 1.25 mètres	18/08/2020	14:00	51.81737	2.2009	51.81417	2.1924	27.4.c	32F2	48
7	5	POCHES	Normal	3 - peu agitée, vagues de 0.5 à 1.25 mètres	18/08/2020	17:15	51.79557	2.17582	51.75677	2.1355	27.4.c	32F2	50
8	6	POCHES	Normal	3 - peu agitée, vagues de 0.5 à 1.25 mètres	18/08/2020	20:40	51.73998	2.11513	51.73177	2.10928	27.4.c	32F2	47
9	7	POCHES	Normal	2 - belle, vagues de 0.1 à 0.5 mètres	18/08/2020	23:40	51.75533	2.13278	51.79878	2.17995	27.4.c	32F2	47
10	8	CUL	Normal	2 - belle, vagues de 0.1 à 0.5 mètres	19/08/2020	10:30	51.72077	2.09895	51.77162	2.15532	27.4.c	32F2	50
11	8	POCHES	Normal	2 - belle, vagues de 0.1 à 0.5 mètres	19/08/2020	10:35	51.72077	2.09895	51.77162	2.15532	27.4.c	32F2	50
12	9	POCHES	Normal	2 - belle, vagues de 0.1 à 0.5 mètres	19/08/2020	13:30	51.734	2.1098	51.80219	2.18315	27.4.c	32F2	48
13	10	POCHES	Normal	2 - belle, vagues de 0.1 à 0.5 mètres	19/08/2020	17:30	51.79519	2.17647	51.74675	2.12367	27.4.c	32F2	47
14	11	POCHES	Normal	2 - belle, vagues de 0.1 à 0.5 mètres	19/08/2020	20:35	51.76363	2.14212	51.69047	2.07012	27.4.c	32F2	50
15	12	POCHES	Normal	2 - belle, vagues de 0.1 à 0.5 mètres	19/08/2020	23:35	51.6927	2.0734	51.74114	2.11635	27.4.c	32F2	50
16	13	CUL	Normal	2 - belle, vagues de 0.1 à 0.5 mètres	20/08/2020	13:40	51.76877	2.14888	51.8158	2.19427	27.4.c	32F2	49
17	13	POCHES	Normal	2 - belle, vagues de 0.1 à 0.5 mètres	20/08/2020	13:40	51.76877	2.14888	51.8158	2.19427	27.4.c	32F2	49
18	14	POCHES	Normal	2 - belle, vagues de 0.1 à 0.5 mètres	20/08/2020	16:50	51.79742	2.17933	51.80295	2.17945	27.4.c	32F2	48

- Cul = cul standard du chalut
- Poches = la poche couvrante avec ces deux culs.

Sur la totalité de la marée les échappements de merlan sont : pour le PMC de 17 923 kg et le T90 de 19 345 kg. Les structures en taille pour cette espèce montrent notamment un échappement du T90 légèrement plus important que le PMC pour les tailles < à 27cm et inversement au-delà (Fig. 6).

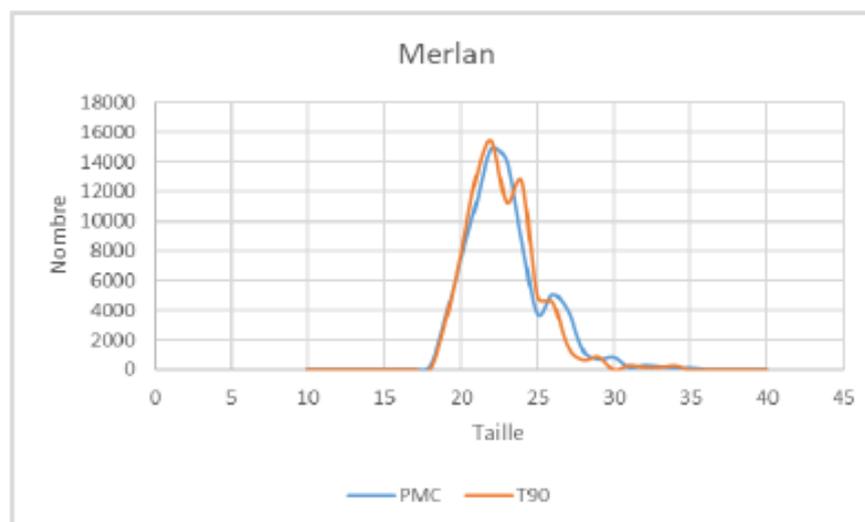


Figure 6 : Structure en taille des merlans échappés

Globalement le chinchard s'échappe plus dans le PMC avec 601kg contre 257 kg en T90 (Fig.7).

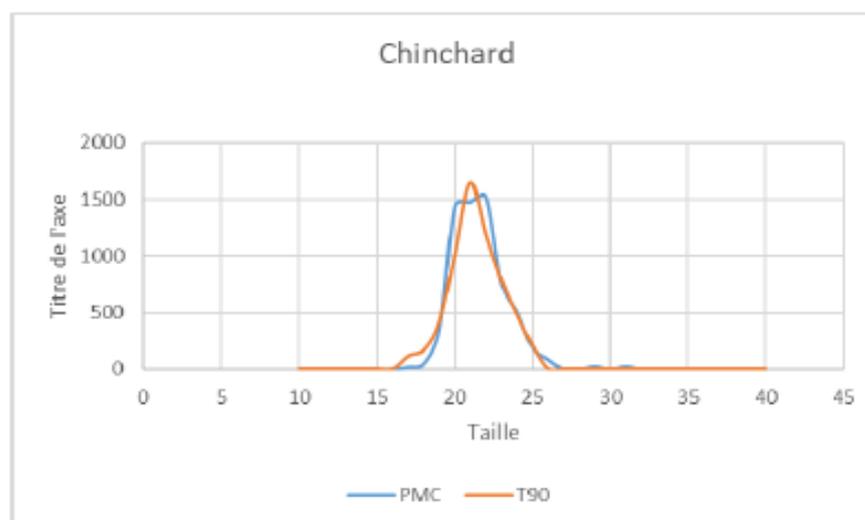


Figure 7 : Structure en taille des chinchards échappé

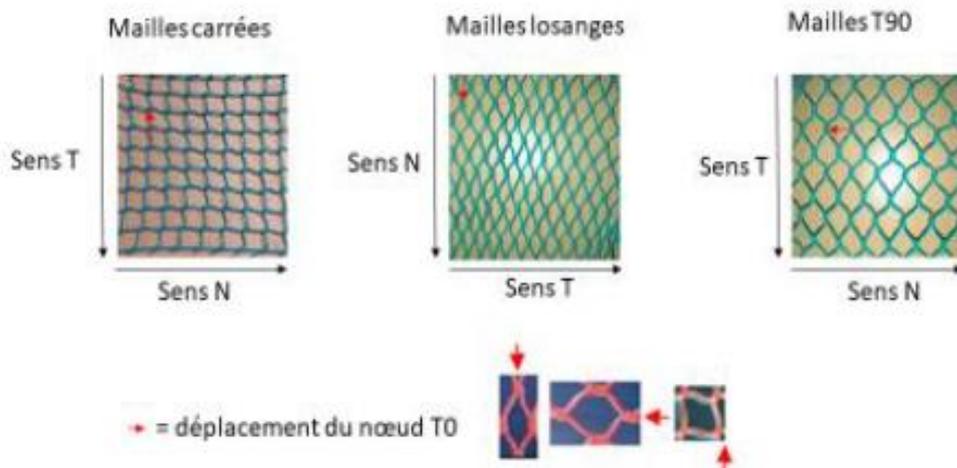
Conclusion

Concernant le merlan, le T90 répondrait plus largement aux objectifs de réduction de rejets dont la taille est inférieure à la PRMC tout en impactant moins les tailles commerciales. Le T90 présenterait donc un intérêt pour cette pêcherie car plus positivement sélectif que le PMC. A l'inverse pour le

chinchard le PMC semble plus sélectif que le T90 pour l'ensemble du spectre de taille avec toutefois une grande variabilité dans les données de capture.

ANNEXES

Comparaison de l'ouverture des mailles de filet losange tournées de façon standard (T0), en T90 et carrée.



Virage de la poche couvrante deux culs :



Photos n° 3 : démaillage des flotteurs



Photos n°4 : virage des deux culs poche couvrante