REJEMCELEC

Réduction des Rejets en Manche et mer Celtique par la Sélectivité des engins de pêche

Rapport d'étude final

Mai 2018

© IFREMER

LAVIALLE Gaël (OP COBRENORD)
MORFIN Marie (Organisation des Pêcheurs Normands)
SIMON Julien (IFREMER)
MORANDEAU Fabien (IFREMER)
VIMARD Mathieu (Organisation des Pêcheurs Normands)
LARNAUD Pascal (IFREMER)

Ce document doit être cité comme suit :

LAVIALLE Gaël, MORFIN Marie, SIMON Julien, MORANDEAU Fabien, VIMARD Mathieu, LARNAUD Pascal, 2018. Rapport d'étude final du projet REJEMCELEC. OP COBRENORD, Ifremer, Organisation des Pêcheurs Normands, 237p.

Contacts :

Organisation de Producteurs COBRENORD

Terre-plein du port

22410 SAINT QUAY PORTRIEUX

02.96.70.81.04

contact@cobrenord.com

MEMBRES DU COMITE DE PILOTAGE ET PARTENAIRES TECHNIQUES DU PROJET

	Nom entreprise/organisme	Nom et fonction du responsable
1	**OP COBRENORD – COPIL (porteur)** Terre-plein Nouveau Port, 22410 Saint-Quay-Portrieux	Gaël LAVIALLE - *Chargé de mission*
2	**Organisation des Pêcheurs Normands – COPIL** 4 Quai Philippe Oblet, 14520 Port-en-Bessin-Huppain	Mathieu VIMARD – *Directeur Général Délégué*
3	**IFREMER Lorient – COPIL** 8 Rue François Toullec, 56100 Lorient	Pascal LARNAUD – *Ingénieur en technologie des pêches*
4	**France Filière Pêche** 11 Rue Saint-Georges, 75009 Paris	Morgane RAMONET – *Chargée de mission halieutique*
5	**Région Normandie – COPIL** Place Reine Mathilde, CS 50523, 14000 Caen	Maxime DUCHATELLE - *Chargé de mission ports de pêche*
6	**Région Bretagne – COPIL** Rue Gabriel Germain, ZAC de Beauregard, 35000 Rennes	Fanny COÏC - *Chargée de la pêche et de son développement durable*
7	**Pôle Mer Bretagne Atlantique** 40 Rue Jim Sévellec, 29200 Brest	Rachel PORTAL-SELLIN - *Animatrice thématique « Ressources biologiques marines »*
8	**Oceanic Développement** 4 rue de Penzance – ZI du Moros, 29900 Concarneau	Aude RELOT – *Responsable des activités/direction opérationnelle*
9	**Naberan** Avenue de la République, 29730 Guilvinec	Imanol NABERAN - *Directeur*

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce document tiennent à remercier chaleureusement toutes les parties-prenantes au projet REJEMCELEC, avec en premier lieu France Filière Pêche, la Région Bretagne et la Région Normandie pour leur soutien financier et leurs conseils concernant la conduite du projet.

Un remerciement particulier est adressé aux patrons de pêche des navires volontaires (l'AZUR/ARCOBREIZH, Le CARPE DIEM III, L'ECUME DES JOURS et le MOR BREIZ/ARCOBREIZH), à leurs équipages, aux observateurs en mer et aux encadrants d'Oceanic Développement ainsi qu'aux constructeurs de chalut Naberan et Le Drezen. Un grand merci à eux pour leur implication, leur convivialité et la qualité du travail fourni pour ce projet.

Enfin, nous remercions tous les contributeurs ponctuels que l'on pourrait oublier, mais qui chacun à leur tour ont permis l'aboutissement général des travaux présentés dans ce document.

PREAMBULE

Ce document a pour objectif de rendre compte de manière la plus exhaustive possible des travaux effectués dans le cadre du projet REJEMCELEC du 01/12/2015 au 31/03/2018. Le document n'est pas construit de manière à être lu dans sa globalité mais davantage pour y trouver des informations spécifiques.
Le rapport contient une partie méthodologique importante que le lecteur peut consulter selon son degré d'implication. Pour faciliter les recherches, chaque dispositif sélectif étudié possède sa propre partie dont la trame est standardisée.
Le lecteur souhaitant une synthèse critique du rapport pourra se contenter de lire l'introduction, la conclusion et la discussion dans laquelle les dispositifs sont comparés.
Enfin, en cours de lecture, un système de liens hypertextes permet de faire des allers-retours entre les titres des parties, le sommaire et les annexes (en cliquant sur le lien « Sommaire » en dessous des titres).

Par ailleurs, il convient de noter que l'Organisation des Pêcheurs Normands (OPN) était anciennement nommée « Organisation de Producteurs de Basse-Normandie » (OPBN). Le changement de nom a eu lieu durant le projet et les deux noms peuvent donc apparaître.

SOMMAIRE

Membres du comite de pilotage et partenaires techniques du projet 3
Remerciements 4
Préambule 5
Sommaire 6
Liste des figures 10
Liste des tableaux 14
Liste des acronymes 17
Introduction 18
1 Cas d'étude et dispositifs sélectifs retenus 19
1.1 Pêcheries concernées 19
1.1.1 OP COBRENORD 19
1.1.2 OPN 22
1.2 Cas d'étude retenus 23
1.2.1 Généralités 23
1.2.2 Présentation des cas d'étude 23
1.3 Définition des dispositifs sélectifs 24
1.3.1 Méthodologie générale 24
1.3.2 Etude bibliographique de la sélectivité 24
1.3.3 Dimensionnement du maillage 27
2 Méthodologie 29
2.1 Collecte des données 29
2.1.1 Protocole de test 29
2.1.2 Collecte des données à bord 31
2.1.3 Données commerciales 33
2.1.4 Données vidéo 33
2.1.5 Traitement de l'image 37
2.2 Traitement des données 39
2.2.1 Etude des conditions de pêche dans le cadre d'un protocole en traits alternés 39
2.2.2 Comparaison des captures 39
2.2.3 Sélectivité en taille 40
2.2.4 Analyse commerciale à court terme à l'échelle de la flottille de l'OP 43
3 Résultats 47

3.1 Panneau à mailles carrées 90mm dans le gorget (chalut quatre faces) 47
3.1.1 Présentation du dispositif sélectif 47
3.1.2 Conditions de pêche et d'expérimentation 50
3.1.3 Analyse globale des captures 53
3.1.4 Sélectivité en taille 60
3.1.5 Analyse commerciale à court terme à l'échelle de la flottille 64
3.2 Panneau à mailles carrées gorget/rallonge 80 mm (rallonge et cul quatre faces) 65
3.2.1 Présentation du dispositif sélectif 65
3.2.2 Conditions de pêche et d'expérimentation 67
3.2.3 Analyse globale des captures 69
3.2.4 Sélectivité en taille 77
3.2.5 Analyse commerciale à court terme à l'échelle de la flottille 80
3.3 Panneau en T90 gorget/rallonge 80 mm 84
3.3.1 Présentation du dispositif sélectif 84
3.3.2 Conditions de pêche et d'expérimentation 87
3.3.3 Analyse globale des captures 89
3.3.4 Sélectivité en taille 97
3.3.5 Analyse commerciale à court terme à l'échelle de la flottille 100
3.4 Panneau T90 100 mm sur le dessus de la partie droite 101
3.4.1 Présentation du dispositif sélectif 101
3.4.2 Conditions de pêche et d'expérimentation 103
3.4.3 Analyse globale des captures 106
3.4.4 Sélectivité en taille 113
3.4.5 Impact commercial 115
3.5 OPN : Panneau à mailles carrées 80mm dans le gorget (chalut 2 faces) 119
3.5.1 Présentation du dispositif sélectif 119
3.5.2 Conditions de pêche et d'expérimentation 121
3.5.3 Analyse globale des captures 123
3.5.4 Sélectivité en taille 131
3.6 Identification d'un effet « couleur du filet» sur l'échappement 135
4 Discussion 139
4.1 Comparaisons des dispositifs 139
4.2 Limites méthodologiques et améliorations potentielles 144
4.2.1 Variabilité spatio-temporelle de la ressource disponible 145

4.2.2 Variabilité de la capturabilité des chaluts 145
4.2.3 Variabilité de la sélectivité des chaluts 146
4.2.4 Selectivité en taille 147
4.2.5 Analyse commerciale 148
Conclusions et perspectives 149
Références bibliographiques 152
Annexes 155
Annexe 1 Bibliographie des travaux de sélectivité en lien avec les objectifs de projet REJEMCELEC157
Annexe 2 Formulaire OBSMER adapté au projet REJEMCELEC (Source : Oceanic Développement et Ifremer) 163
Annexe 3 Référentiel espèces 174
Annexe 4 Relations taille/poids 176
Annexe 5 Liste des espèces retenus et écartées de l'analyse commerciale à court terme 177
Annexe 6 Données d'impact commercial à court terme 178
Annexe 7 Comparaison de captures des espèces témoins 179
Annexe 8 Modèles de sélectivité 183
Annexe 9 Document de travail REJEMCELEC portant sur l'analyse des impacts de la sélectivité des dispositifs REJEMCELEC à l'échelle des stocks de merlan 7bce-k et de l'églefin 7bce-k .. 185
Préambule 186
Contenu 187
1 Méthodologie 188
1.1 Données biologiques 188
1.2 Données de production 189
1.3 Traitements préliminaires 189
1.3.1 Données commerciales et données REJEMCELEC aux âges 189
1.3.2 Scenarii et variation de la mortalité par pêche 191
1.3.3 Méthode du rendement par recrue 194
1.3.4 Modélisation à court et moyen terme 195
2 Analyse des impacts de la sélectivité à l'échelle du stock 197
2.1 Généralités 197
2.2 Présentation des stocks étudiés 198
2.2.1 Merlan 7bce-k 198
2.2.2 Eglefin 7bce-k 201
2.2.3 Définition des scenarii 203
2.3 Le long terme : analyse du rendement par recrue 207

2.3.1 Merlan 7bce-k 208
2.3.2 Eglefin 7bce-k 211
2.4 Impacts bio-économiques à court terme 215
2.4.1 Merlan 7bce-k 215
2.4.2 Eglefin 7bce-k 221
Limites méthodologiques 227
Conclusions préliminaires 228
Références bibliographiques 229
Annexes 232

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition par espèce des débarquements, des rejets et du chiffre d'affaires de la flottille hauturière de l'OP COBRENORD en 2015. Données de rejets disponibles uniquement pour les espèces sous TAC. *Source : JBE/VISIOMER/Etude rejets COBRENORD.* 19

Figure 2 : nombre d'heures VMS estimé par maillage des chalutiers de fond hauturiers de l'OP COBRENORD - Moyenne 2014-2015. 20

Figure 3 : extrait du guide du protocole en traits alternés du projet REJEMCELEC 30

Figure 4 : Comparaison de l'ouverture verticale de la rallonge en quatre faces testée sur L'ECUME DES JOURS. Vue au niveau du collage du gorget (à gauche) et vue au niveau du milieu de la rallonge (à droite). © Ifremer..... 34

Figure 5 : proportion du temps brut d'enregistrement vidéo réalisé sur le projet REJEMCELEC selon le navire volontaire. 36

Figure 6 : exemple de courbe de sélectivité relative issu des traitements de modélisation. Le trait plein de la courbe représente la précision de la moyenne et la zone autour son intervalle de confiance à 95%. Lr0.5 est la première taille à partir de laquelle la sélectivité relative vaut 0.5, c'est-à-dire que la probabilité de rétention d'un individu dans le chalut standard est la même que dans le chalut testé. Les segments pointillés autour de l'estimation de cet indice représentent son intervalle de confiance à 95% approximé par bootstrap..... 42

Figure 7 : Gorget du chalut sélectif équipé de 2 panneaux à mailles carrées 90 mm jauge - vue de dessus 49

Figure 8 : variante expérimentale de la maille carrée 90 mm dans le gorget de l'AZUR pour tester l'effet de la couleur des PMC sur les échappements de poissons..... 50

Figure 9 : cartographie de l'effort de pêche des chalutiers de fond hauturiers de l'OP cobrenord de novembre à mars avec un cul de chalut en 80 mm et position des débuts de traine des traits de chalut expérimentaux – Données VMS - Moyenne 2014-2015. 51

Figure 10 : description et comparaison des conditions environnementales (profondeur de traîne moyenne, durée de la traîne, état de la mer) de chaque paire de traits et entre les traits de chaque paire. Les lignes en pointillé indiquent la valeur moyenne pour chaque engin. 52

Figure 11 : Biomasse totale des captures par trait, des rejets et des débarquements, et proportion de rejet dans la capture. Distribution pour chaque engin et distribution des différences au sein des paires de traits (Standard/Test). *Moy.* et *Med.* sont les moyennes et médianes des différences entre les deux engins, *p* est la p-value associée au test. 53

Figure 12 : Biomasse par couple de traits des débarquements et rejets de chaque espèce présente dans plus de 15 paires de traits 55

Figure 13 : Comparaisons des biomasses débarquées pour chaque espèce 57

Figure 14: Comparaison des biomasses rejetées pour chaque espèce..... 58

Figure 15 : pour chaque espèce, de gauche à droite : distributions en taille des effectifs capturés dans l'engin test (vert) et l'engin standard (bleu) ; distributions en tailles des effectifs rejetés ; des effectifs débarqués ; prédictions et intervalle de confiance à 95% de la sélectivité en taille de l'engin test relativement à l'engin standard (les captures relatives moyennes observées sont représentées par des cercles de diamètre proportionnel à l'effectif total de la taille considérée..... 62

Figure 16 : schémas du dessus, dessous et faces de côté du kit 4 faces du chalut sélectif équipé de panneaux à mailles carrées 80 mm jauge dans rallonge et gorget..... 67

Figure 17 : cartographie de l'effort de pêche des chalutiers de fond hauturiers de l'OP cobrenord d'octobre à mars avec un cul de chalut en 100 mm et position des débuts de traine des traits de chalut expérimentaux – Données VMS - Moyenne 2014-2015. 68

Figure 18 : description et comparaison des conditions environnementales (profondeur de traîne moyenne, durée de la traîne, état de la mer) de chaque paire de traits et entre les traits de chaque paire. Les lignes en pointillé indiquent la valeur moyenne pour chaque engin. 69

Figure 19 : biomasse totale des captures par trait, des rejets et des débarquements, et proportion de rejet dans la capture. Distribution pour chaque engin et distribution des différences au sein des paires de traits (Standard/Sélectif). Moy. et Med. sont les moyennes et médianes des différences entre les deux engins et *p* la p-value associée au test. 70

Figure 20 : biomasse par couple de traits des débarquements et des rejets de chaque espèce présente dans plus de 15 paires de traits..... 72

Figure 21 : Comparaison des biomasses débarquées pour chaque espèce..... 74

Figure 22 : Comparaison des biomasses rejetées pour chaque espèce..... 75

Figure 23 : pour chaque espèce, de gauche à droite : distributions en taille des effectifs capturés dans l'engin test (vert) et l'engin standard (bleu) ; distributions en tailles des effectifs rejetés ; des effectifs débarqués ; prédictions et intervalle de confiance à 95% de la sélectivité en taille de l'engin test relativement à l'engin standard (les captures relatives moyennes observées sont représentées par des cercles de diamètre proportionnel à l'effectif total de la taille considérée..... 79

Figure 24 : estimations de la variation annuelle en euros (en haut) et en pourcentage (en bas) du chiffre d'affaires par espèce et calibre commercial liée au dispositif sélectif (MC 80mm) pour le métier du chalut de fond à gadidés et céphalopodes en Manche Ouest. 82

Figure 25 : comparaison de la géométrie des mailles de filet utilisées de façon standard (T0, à gauche) et la même pièce tournée à 90° (T90, à droite) 85

Figure 26 : schéma des panneaux en T90 80 mm dans le dessus du gorget et de la rallonge du chalut sélectif 86

Figure 27 : cartographie de l'effort de pêche des chalutiers de fond hauturiers de l'OP cobrenord d'octobre à mars avec un cul de chalut en 80 mm et position des débuts de traine des traits de chalut expérimentaux – Données VMS - Moyenne 2014-2015. 87

Figure 28 : schéma de la face dorsale de la rallonge du chalut standard avec PMC 120 mm réglementaire (à gauche) et de la face dorsale de la rallonge du chalut sélectif avec panneau T90 100 mm (à droite)..... 103

Figure 29 : cartographie de l'effort de pêche des chalutiers de fond hauturiers de l'OP cobrenord de juin à août avec un cul de chalut en 100 mm et position des débuts de traine des traits de chalut expérimentaux – Données VMS - Moyenne 2014-2015. 104

Figure 30 : description et comparaison des conditions environnementales (Profondeur de traîne moyenne, durée de traîne, état de la mer) de chaque paire de traits et entre les traits de chaque paire. Les lignes en pointillé indiquent la valeur moyenne pour chaque engin pour évaluer le biais moyen des conditions d'expérimentation entre les deux engins. 105

Figure 31 : biomasse totale des captures par trait, des rejets et des débarquements, et proportion de rejet dans la capture. Distribution pour chaque engin et distribution des différences au sein des paires de traits (Standard/Test). Moy. et Med. sont les moyennes et médianes des différences entre les deux engins et *p* la p-value associée au test. 107

Figure 32 : Distributions des biomasses des rejets et débarquements) par trait, pour les espèces présentes dans plus de 15 paires de traits. 108

Figure 33 : Comparaison des biomasses débarquées pour chaque espèce 110

Figure 34: Comparaison des biomasses rejetées pour chaque espèce 111

Figure 35 : pour chaque espèce, de gauche à droite : distributions en taille des effectifs capturés dans l'engin test (vert) et l'engin standard (bleu) ; distributions en tailles des effectifs rejetés ; des effectifs débarqués ; prédictions et intervalle de confiance à 95% de la sélectivité en taille de l'engin test relativement à l'engin standard (les captures relatives moyennes observées sont représentées par des cercles de diamètre proportionnel à l'effectif total de la taille considérée 114

Figure 36 : estimations de la variation annuelle en euros (en haut) et en pourcentage (en bas) du chiffre d'affaires par espèce et calibre commercial liée au dispositif sélectif (T90 100mm) pour le métier du chalut de fond à gadidés, merlu et Saint-Pierre en Mer Celtique. 117

Figure 37: schéma de montage du PMC 80mm en noir et blanc dans le dessus du gorget 121

Figure 38 : position des traits de chalut échantillonnés à bord du CARPE DIEM III. Pas de données sur l'activité spatiale du métier concerné. 122

Figure 39 : comparaison des conditions de pêche entre les deux engins : distributions des durées et profondeurs de traines et des différences intra-paire, temps écoulé entre les deux traits de chaque paire, profils de l'état de la mer pour chaque engin. 123

Figure 40 : biomasse totale des captures par trait, des rejets et des débarquements, et proportion de rejet dans la capture. Distribution pour chaque engin et distribution des différences au sein des paires de traits (Standard/Sélectif). Moy. et Med. sont les moyennes et médianes des différences entre les deux engins et *p* la p-value associée au test. 124

Figure 41 : distributions des biomasses des débarquements et des rejets par paire de traits, pour les espèces présentes dans plus de 15 paires. 126

Figure 42 : Comparaison des biomasses débarquées pour chaque espèce 128

Figure 43 : Comparaison des biomasses rejetées pour chaque espèce 129

Figure 44 : pour chaque espèce, de gauche à droite : distributions en taille des effectifs capturés dans l'engin test (vert) et l'engin standard (bleu) ; distributions en tailles des effectifs rejetés ; des effectifs

débarqués ; prédictions et intervalle de confiance à 95% de la sélectivité en taille de l'engin test relativement à l'engin standard (les captures relatives moyennes observées sont représentées par des cercles de diamètre proportionnel à l'effectif total de la taille considérée..... 133

Figure 45 : Nombre d'échappements cumulés au cours du temps..... 136

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : composition par espèce des rejets estimés d'espèces sous TAC des chalutiers de fond hauturiers de l'OPN (Poids total et part des rejets sous TAC). Etude Rejets, OPBN - 2015 22

Tableau 2 : présentation des métiers étudiés dans le cadre du projet REJEMCELEC 23

Tableau 3 : Longueur moyenne et hauteur moyenne (sanglier) des poissons passant en forçant dans différents type de mailles..... 28

Tableau 4 : Caractéristiques techniques des systèmes vidéo 36

Tableau 5 : rappel des caractéristiques du cas d'étude – « mailles carrées 90 mm gorget» 47

Tableau 6 : description du navire et des engins du cas d'étude - « mailles carrées 90 mm gorget» ... 48

Tableau 13 : description de l'échantillon - «mailles carrées 90 mm gorget» 50

Tableau 7: Pour chaque engin, biomasses moyennes des captures, débarquements et rejets par trait, et pourcentage moyen des rejets dans les captures de l'ensemble des marées tests..... 53

Tableau 8 : espèces sélectionnées pour l'analyse du dispositif « mailles carrées 90 mm gorget » 54

Tableau 9 : Synthèse des comparaisons de capture par espèce. Les cellules en couleurs désignent les résultats présentant une différence significative (*p-value<0.05*) entre les deux engins. 59

Tableau 10 : Indicateurs issus du modèle de sélectivité en taille. Les poids des captures ont été présentés pour les gammes de tailles conservées pour l'analyse. Les résultats en couleur correspondent aux taux de captures relatives significativement différentes de 0.5, le signe du taux de variation renseignant sur l'augmentation/la diminution associée. Note : le signe du taux de variation prédit peut être différent du taux de variation des observations car il est issu d'un modèle..... 63

Tableau 11 : rappel des caractéristiques du cas d'étude – «mailles carrées 80 mm gorget/rallonge» 65

Tableau 12 : description du navire et des engins du cas d'étude – «mailles carrées 80 mm gorget/rallonge» 66

Tableau 13 : description de l'échantillon - «mailles carrées 80 mm gorget/rallonge»..... 67

Tableau 14 : pour chaque engin, biomasses moyennes des captures, débarquements et rejets par trait, et pourcentage moyen des rejets dans les captures de l'ensemble des marées tests..... 70

Tableau 15 : espèces sélectionnées pour l'analyse du dispositif « mailles carrées 80 mm gorget/rallonge »..... 71

Tableau 16 : Synthèse des comparaisons de capture par espèce. Les cellules en couleurs désignent les résultats présentant une différence significative (*p-value<0.05*) entre les deux engins. 76

Tableau 17 : Indicateurs issus du modèle de sélectivité en taille. Les poids des captures ont été présentés pour les gammes de tailles conservées pour l'analyse. Les résultats en couleur correspondent aux taux de captures relatives significativement différentes de 0.5, le signe du taux de variation renseignant sur l'augmentation/la diminution associée. Note : le signe du taux de variation prédit peut être différent du taux de variation des observations car il est issu d'un modèle..... 80

Tableau 18 : rappel des caractéristiques du cas d'étude – «T90 80 mm gorget/rallonge»..... 84

Tableau 19 : description du navire et des engins du cas d'étude – «T90 80 mm gorget/rallonge» 84

Tableau 20 : description de l'échantillon - «T90 80 mm gorget/rallonge» 87

Tableau 21 : Synthèse des comparaisons de capture par espèce. Les cellules en couleurs désignent les résultats présentant une différence significative (*p-value*<0.05, *cf*. figures 24 et 25) entre les deux engins. 95

Tableau 22 : Indicateurs issus du modèle de sélectivité en taille. Les poids des captures ont été présentés pour les gammes de tailles conservées pour l'analyse. Les résultats en couleur correspondent aux taux de captures relatives significativement différentes de 0.5, le signe du taux de variation renseignant sur l'augmentation/la diminution associée. Note : le signe du taux de variation prédit peut être différent du taux de variation des observations car il est issu d'un modèle..... 99

Tableau 23 : rappel des caractéristiques du cas d'étude – «T90 100 mm rallonge/cul» 101

Tableau 24 : description du navire et des engins du cas d'étude – «T90 100 mm rallonge/cul» 101

Tableau 25 : description de l'échantillon – « T90 100 mm rallonge/cul » 103

Tableau 26 : pour chaque engin, biomasses moyennes des captures, débarquements et rejets par trait, et pourcentage moyen des rejets dans les captures de l'ensemble des marées tests 106

Tableau 27 : espèces sélectionnées pour l'analyse du dispositif « T90 rallonge et cul » 107

Tableau 28 : Synthèse des comparaisons de capture par espèce. Les cellules en couleurs désignent les résultats présentant une différence significative (*p-value*<0.05) entre les deux engins. 112

Tableau 29 : Indicateurs issus du modèle de sélectivité en taille. Les poids des captures ont été présentés pour les gammes de tailles conservées pour l'analyse. Les résultats en couleur correspondent aux taux de captures relatives significativement différentes de 0.5, le signe du taux de variation renseignant sur l'augmentation/la diminution associée. Note : le signe du taux de variation prédit peut être différent du taux de variation des observations car il est issu d'un modèle..... 115

Tableau 30 : rappel des caractéristiques du cas d'étude – «mailles carrées 80 mm gorget (OPN)».. 119

Tableau 31 : description du navire et des engins du cas d'étude – «mailles carrées 80 mm gorget (OPN)» 119

Tableau 32: description de l'échantillon - «mailles carrées 80 mm gorget (OPN)» 121

Tableau 33 : pour chaque engin, biomasses moyennes des captures, débarquements et rejets par trait, et pourcentage moyen des rejets dans les captures de l'ensemble des marées tests 124

Tableau 34 : espèces sélectionnées pour l'analyse du dispositif « mailles carrées 80 mm gorget (OPN)» 125

Tableau 35 : Synthèse des comparaisons de capture par espèce. Les cellules en couleurs désignent les résultats présentant une différence significative (*p-value<0.05*) entre les deux engins. 130

Tableau 36 : Indicateurs issus du modèle de sélectivité en taille. Les poids des captures ont été présentés pour les gammes de tailles conservées pour l'analyse. Les résultats en couleur correspondent aux taux de captures relatives significativement différentes de 0.5, le signe du taux de variation renseignant sur l'augmentation/la diminution associée. Note : le signe du taux de variation prédit peut être différent du taux de variation des observations car il est issu d'un modèle..... 134

Tableau 37: résumé des comptages humains réalisés sur des séquences vidéo du navire CARPE DIEM III 135

Tableau 39 : comparaison des résultats de comptage humains et logiciel sur une séquence continue de 60 minutes 136

Tableau 40 : comparaison générale des dispositifs REJEMCELEC (en rouge, les effets négatifs, en vert les effets positifs, en noir les effets négligeables ou mitigés). 140

LISTE DES ACRONYMES

CIEM : Conseil International pour l'Exploration de la Mer
CMC : Cylindre à Mailles Carrées
FAO : Food and Agriculture Organization
OD : Obligation de Débarquement
OP : Organisation de Producteurs
OPN : Organisation des Pêcheurs Normands
PCP : Politique Commune de la Pêche
PMC : Panneau à Mailles Carrées
RIC : Réseau Inter-Criées
TAC : Total Admissible de Capture
TMRC : Taille Minimale de Référence de Conservation
UE : Union Européenne
VECOC : Vidéo Embarquée de Contrôle et d'Observation des Chaluts

INTRODUCTION

Depuis l'introduction de la nouvelle Politique Commune des Pêches (PCP) en 2013, le cadre réglementaire et les objectifs de gestion sont en mutation profonde dans le secteur des pêches maritimes. Tout d'abord, le principe de Rendement Maximal Durable (RMD) tend à gérer les pêcheries en vue d'extraire le maximum de biomasse de chaque stock de manière durable. Les flottilles doivent donc sélectionner les poissons de manière à optimiser au mieux la ressource disponible pour le futur. Ensuite, l'introduction progressive de l'Obligation de Débarquement (OD) depuis 2015 imposera en 2019 aux pêcheurs de conserver à bord toutes leurs captures d'espèces soumises à un Total Admissible de Capture (TAC). Les navires seront donc fortement contraints à réduire leurs captures indésirées afin de limiter les impacts liés à cette réglementation. Enfin, la réforme de la réglementation concernant les mesures techniques des engins de pêche constitue une opportunité pour les professionnels de participer de manière constructive aux discussions en cours en émettant des propositions concrètes.

Les chalutiers de fond hauturiers de l'OP COBRENORD et de l'OP des pêcheurs Normands travaillant en Manche Ouest et Mer Celtique sont particulièrement sensibles à ce contexte. En effet, ces dernières capturent une diversité importante d'espèces dans une même action de pêche, générant parfois des prises indésirées. En outre, le maillage utilisé pour cibler certaines espèces, comme l'encornet, est parfois inadapté à la taille d'autres espèces capturées, comme le merlan. Dans ces cas, l'adaptation des engins de pêche en fonction du comportement et de la taille des espèces ciblées peut être une solution.

En revanche, une partie importante des rejets constatés sur ces navires tient au fait qu'ils ciblent des espèces soumises à des quotas limitants à différentes échelles (européenne, nationale et pour l'Organisation de Producteurs (OP)). Par exemple, en 2015 pour les chalutiers de fond français en Manche et Mer Celtique le rapport du programme d'échantillonnage en mer Obsmer rapporte que le taux de rejet de l'églefin est de 23% dont 83% sont composés de poissons commercialisables (Cornou et al., 2016). Dans ce cas particulier, les navires de l'OP souhaiteraient débarquer ces rejets commercialisables. Or, certains éléments du processus de fixation et de répartition du TAC participent à l'inadéquation entre les possibilités de débarquement et les captures. De ce fait, ces captures ne sont pas « indésirables », notamment dans une perspective d'OD où le TAC serait fixé au niveau des captures et non des débarquements.

De ce fait, chaque dispositif sélectif étudié dans ce projet a été construit pour répondre à une problématique de captures indésirées spécifique à un métier (espèces et tailles ciblées, espèces indésirées, zone et saison de pêche), en questionnant directement les patrons-pêcheurs afin de prendre en compte les éléments exposés ci-dessus.

Par ailleurs, chaque dispositif a été évalué de manière à répondre aux questions suivantes :

- Le dispositif permet-il de réduire les captures indésirées ?
- Quel est l'impact du dispositif sur les captures commerciales des flottilles concernées à court terme ?
- Le dispositif est-il pratique?

Par ailleurs, un volet « innovation » du projet cible des améliorations incrémentales des dispositifs sélectifs en général. En particulier, la question posée est la suivante : « la couleur du filet peut-elle influencer l'échappement du poisson » ?

1 CAS D'ETUDE ET DISPOSITIFS SELECTIFS RETENUS

1.1 PECHERIES CONCERNEES

Sommaire

En amont du projet REJEMCELEC, l'OP COBRENORD et l'OPN ont mené une étude visant à évaluer les rejets d'une partie de leurs flottilles adhérentes (Filippi, 2015; OP COBRENORD, 2015). En vue de l'OD, les résultats de cette étude ont permis de cibler les problématiques de rejets les plus importantes pour les espèces sous quotas. Le chalut est l'engin qui génère la plus grande diversité de rejets (et de capture). C'est donc le métier ciblé par le projet.

1.1.1 OP COBRENORD

Sommaire

Au sein de l'OP COBRENORD, le chalut de fond hauturier en Manche Ouest et Mer Celtique est le seul métier ciblé par le projet. Les onze navires de la flottille représentaient 88% des débarquements d'espèces soumis à l'OD par les navires de l'OP en 2016. Ces navires de plus de 20 m capturent un large panel d'espèces sous TAC soumises à l'OD : merlan, baudroies, églefin, sanglier, merlu, etc. Une étude interne à l'OP COBRENORD a permis d'évaluer que les rejets d'espèces soumises à TAC représentent des volumes importants à l'échelle de l'OP. En effet, pour 1000 kg débarqués, on estime que la flottille de chalutiers de fond hauturiers rejetterait en moyenne 225 kg d'espèces sous TAC d'après l'échantillonnage effectué entre 2014 et 2015 dans le cadre de l'étude « rejets » de l'OP COBRENORD (OP COBRENORD, 2015). Ces quantités sont principalement constituées d'églefin, de merlan et de sanglier (cf. Figure 1).

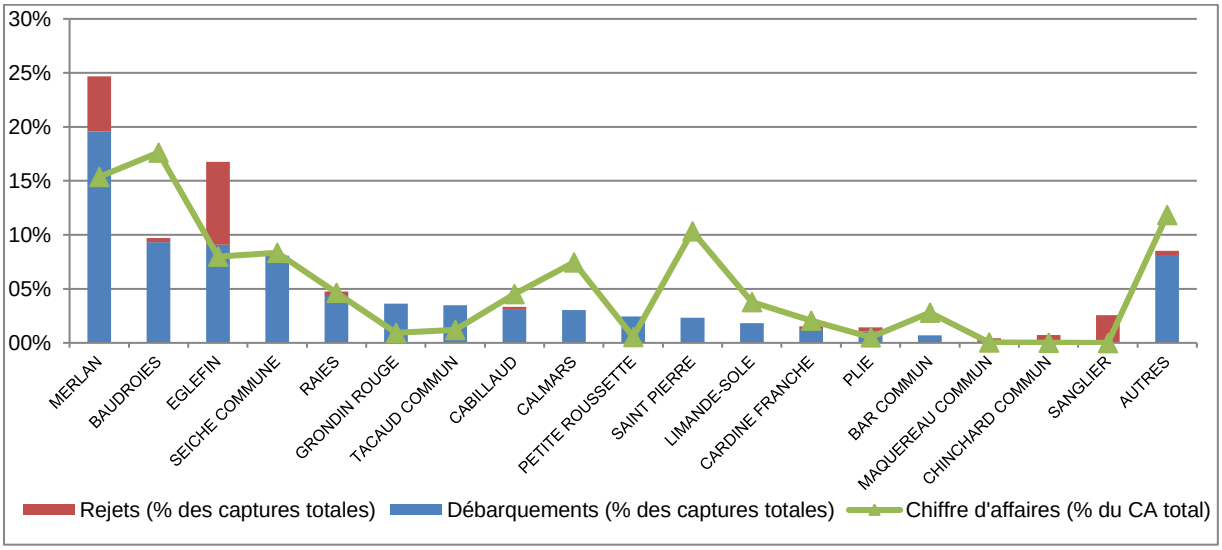


Figure 1 : Répartition par espèce des débarquements, des rejets et du chiffre d'affaires de la flottille hauturière de l'OP COBRENORD en 2015. Données de rejets disponibles uniquement pour les espèces sous TAC. *Source : JBE/VISIOMER/Etude rejets COBRENORD.*

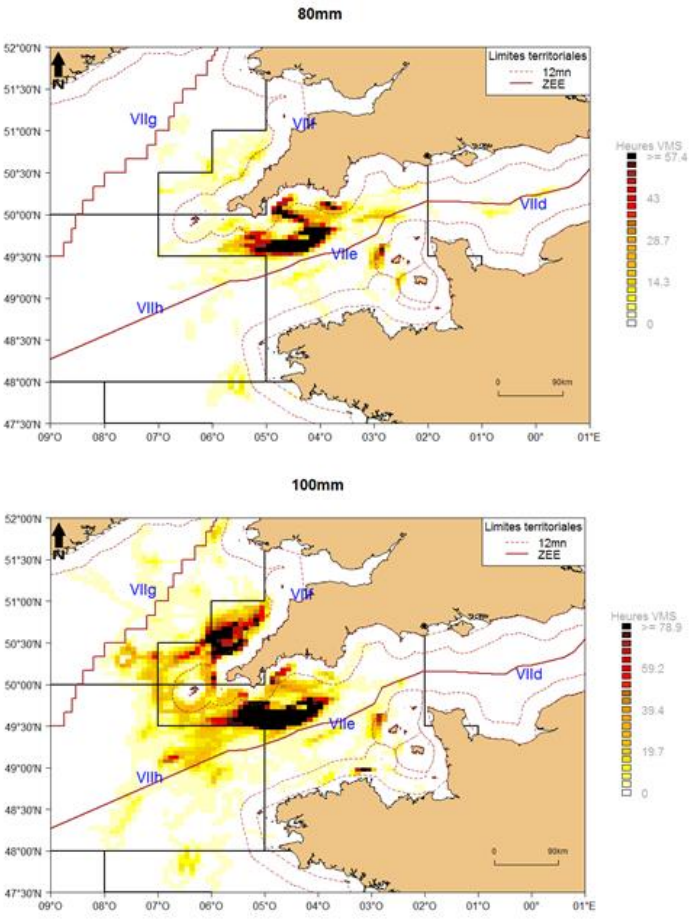


Figure 2 : nombre d'heures VMS estimé par maillage des chalutiers de fond hauturiers de l'OP COBRENORD - Moyenne 2014-2015.

Source : JBE –VMS /Traitements COBRENORD

Le sanglier est rejeté car il n'existe aucun débouché commercial et que la France n'a pas de quota. Concernant l'églefin, le sous-quota alloué à l'OP COBRENORD est fortement limitant et génère un niveau de rejet important sur des tailles commercialisables. La cause première de ces rejets n'est donc pas un engin de pêche inadapté, même s'il peut être amélioré pour minimiser les rejets sous la taille légale. De fait, l'amélioration de la sélectivité n'est pas l'unique solution à disposition pour réduire les rejets d'églefin. En effet, plusieurs éléments du système de gestion pourraient être discutés mais ce n'est pas le sujet de ce document. Enfin, les rejets de merlan sont en grande partie composés d'individus de petite taille pour lesquels la mise en place d'un dispositif sélectif possède un intérêt certain.

Les chalutiers de fonds hauturiers de l'OP COBRENORD utilisent presque tous **des chaluts à grande ouverture verticale (environ 6-7 mètres) à quatre faces et gréés à fourche**.

Le maillage de la partie droite du chalut utilisé par la flottille varie entre 80 mm et 100 mm à la jauge. Le 80 mm est surtout utilisé en automne et en hiver en Manche Ouest durant les périodes d'abondance de l'encornet et du merlan. En Mer Celtique, les navires travaillent quasi-exclusivement avec du 100 mm et ils sont tenus d'utiliser un Panneau à Mailles Carrées (PMC) de 3 m de long en 120 mm à la jauge placé au maximum à 9 m du raban de cul[1]. La Figure 2 ci-contre présente les zones de pêche des navires de l'OP selon le maillage.
La durée des traits de chalut varie entre 3 heures (plutôt le jour) et 4 heures (plutôt la nuit).

Notons par ailleurs que **le métier du chalut de fond cible de nombreuses espèces simultanément** (i.e. au cours d'une même opération de pêche). **Cette caractéristique justifie les recherches approfondies en sélectivité pour deux raisons**:

1) les espèces capturés possèdent des comportements différents, augmentant ainsi les zones et les différentes capacités d'échappement dans le chalut;

[1] Règlement (CE) 2015/741 du 8 mai 2015.

2) les classes de tailles désirées et indésirées par espèce sont parfois incompatibles en raison de morphologie des espèces considérées. Par exemple, il est mécaniquement impossible d'améliorer l'échappement du merlan de taille inférieure à 35 cm sans perdre de l'encornet (fusiforme) simplement en faisant varier la taille ou la forme des mailles du cul de chalut.

Ainsi, les deux points ci-dessus doivent être analysés finement afin de placer judicieusement les dispositifs sélectifs dans le chalut.
Enfin, la flottille de chalutiers de fond de l'OP COBRENORD pratique des pêches saisonnières caractérisées par des compositions spécifiques différentes. Ainsi, chaque cas d'étude présenté par la suite cible des zones et des périodes spécifiques auxquelles on peut associer des groupes d'espèces ciblées et d'espèces indésirées.

Photo 1 : Navires de l'OP COBRENORD : parc de tri sur le MOR BREIZ composé d'un large panel d'espèces (à gauche) et l'AZUR au port de Roscoff (à droite) – © *OP COBRENORD / IFREMER*

1.1.2 OPN

Sommaire

L'étude « Rejets » menée en 2015 par l'OPBN fait apparaitre la raie brunette, le chinchard et le merlan comme étant les 3 espèces soumises à TAC représentant plus de la moitié des rejets générés par les navires adhérents à l'Organisation des Pêcheurs Normands (OPN) (Tableau 1).

Tableau 1 : composition par espèce des rejets estimés d'espèces sous TAC des chalutiers de fond hauturiers de l'OPN (Poids total et part des rejets sous TAC). Etude Rejets, OPBN - 2015

Espèce	Rejets (kg)	%
RAIE BRUNETTE	517 763	25%
CHINCHARD	502 414	24%
MERLAN	289 428	14%
PLIE	263 150	13%
MAQUEREAU	200 034	10%
EGLEFIN	169 699	8%
RAIE BOUCLEE	108 664	5%
CABILLAUD	34 161	2%
AUTRES	11 222	1%
TOTAL	**2 096 534**	**100%**

Ces 3 espèces sont rejetées pour des raisons différentes qui illustrent assez bien la problématique de gestion d'une mesure telle que l'OD :

- Les rejets de raie brunette sont essentiellement liés à **l'interdiction de pêche** de cette espèce décidée en 2009 par l'Union Européenne ;
- Le **manque de valorisation** est la principale cause de remise à l'eau du chinchard ;
- L'immense majorité des merlans rejetés ont une **longueur inférieure à la taille minimale de référence de capture.**

Sous réserve qu'elle ne génère pas un préjudice trop important sur la capture des espèces associées, c'est donc sur le merlan, et dans une moindre mesure sur le chinchard qu'une amélioration de la sélectivité peut constituer une réponse à la problématique de mise en œuvre de l'OD.
Près de 75% des captures de merlan des adhérents de l'OPN sont réalisées par les chalutiers de pêche au large basés à Cherbourg. **Ces navires de longueur comprise entre 22 et 24,9 m passent 24% de l'année en Manche Est (division CIEM VIId) et 76% en Manche Ouest et Mer Celtique (division CIEM VIIe, VIIf, VIIg, VIIh) majoritairement dans sa partie orientale (Journaux de bord, 2015-2017)**.

Cette pêcherie constitue un cas d'étude intéressant et assez représentatif des flottilles de Manche :

- le merlan représente 57% des captures d'espèces soumises à TAC (Journaux de bord, 2015-2017), un dispositif sélectif adapté permettrait donc de résoudre une part majeure de la problématique liée à la mise en œuvre de l'OD.
- 55% des captures sont réalisées sur des espèces non soumises à TAC, de tailles et morphologies diverses, et parfois à fortes valeur commerciale (Encornet, rouget barbet,…). La gestion des captures de merlan sous-taille doit être compatible avec une efficacité de pêche sur ces espèces qui contribuent largement à la rentabilité économique du navire.

Ces captures indésirées de merlan interviennent principalement sur la période mai – juillet avec des chaluts de fond d'un maillage compris entre 80 et 99 mm.

1.2 CAS D'ETUDE RETENUS

1.2.1 GENERALITES

Sommaire

La définition des cas d'étude du projet REJEMCELEC a tenu compte de la variabilité spatio-temporelle des captures réalisées par le métier du chalut de fond. En effet, chaque cas d'étude est défini par les critères suivants :

- Une zone de pêche définie en référence à une division CIEM mais dont les contours peuvent être restreints selon les cas ;
- Une période de pêche (entre 3 et 6 mois) ;
- Un couple engin/maillage
- Un groupe d'espèces-cibles par classe de taille
- Un groupe d'espèces indésirées par classe de taille

Chacun de ces critères a été déterminé par l'étude des données à disposition (données de l'OP et OBSMER) et par un questionnaire qualitatif soumis à cinq patrons de navires hauturiers de l'OP COBRENORD.

1.2.2 PRESENTATION DES CAS D'ETUDE

Sommaire

Le Tableau 2 présente les critères définissant chaque cas d'étude, ainsi que le navire volontaire.

Tableau 2 : présentation des métiers étudiés dans le cadre du projet REJEMCELEC

OP	Navire	Engin	Maillage	Période	Zone	Espèces indésirées	Espèces ciblées
COBRENORD	L'ECUME DES JOURS	Chalut de fond quatre faces	100 mm	Octobre-mars	Manche Ouest (7eh)	Merlan < 32 cm; Eglefin < 34 cm; Maquereau; Chinchard	Merlan > 32cm; Encornets ; Baudroies; Seiche ; Eglefin > 34 cm; Cabillaud
	AZUR/ L'ECUME DES JOURS	Chalut de fond quatre faces	80 mm	Octobre-mars	Manche Ouest (7e/7h)	Merlan < 32 cm; Eglefin < 34 cm; Maquereau; Chinchard	Merlan > 32cm; Encornets ; Baudroies; Seiche ; Eglefin > 34 cm; Cabillaud
	MOR BREIZ	Chalut de fond quatre faces	100 mm	Juin-août	Sud Mer Celtique /Scilly (7efgh)	Sanglier ; Merlan < 32cm; Eglefin < 34 cm; Chinchard	Merlu; Saint Pierre; Baudroies; Raies
OPN	CARPE DIEM III	Chalut de fond 2 faces	80 mm	Juin-août	Manche Est/Ouest (7de)	Maquereau < 20 cm; Merlan < 27 cm; Eglefin; Chinchard ; Cabillaud < 40 cm	Merlan > 27 cm; Rouget-barbet; Grondins ; Tacaud; Maquereau > 20 cm; Cabillaud > 35 cm

Chacun des dispositifs retenus pour répondre aux problématiques identifiées sera détaillé dans la partie correspondante à son cas d'étude. Pour chaque métier identifié, un dispositif a été testé, sauf pour le chalut de fond en 80 mm en Manche Ouest (hiver/automne) pour lequel deux dispositifs ont été essayés.

Par ailleurs, un cas d'étude concernant les rejets de petits merlans et chinchards dans la flottille côtière de chalutiers semi-pélagiques à maquereau de l'OPN devait être mis en œuvre. Malheureusement, les navires volontaires se sont désistés tardivement.
Deux marées préliminaires ont néanmoins été réalisées en traits parallèles avec deux navires. Le dispositif testé était du T90 en maillage de 38 mm à la jauge, versus un cul de chalut standard en maille losange de 38 mm. Il s'est avéré sur deux jours de tests que le maillage était trop petit même en T90 pour laisser s'échapper les captures indésirées. En revanche, le T90 favorisait largement l'ouverture verticale de la partie droite. **Sur demande auprès de l'OPN, un rapport de campagne peut être mis à disposition.**

1.3 DEFINITION DES DISPOSITIFS SELECTIFS

1.3.1 METHODOLOGIE GENERALE

Sommaire

Pour chacun des cas d'étude, des ateliers réunissant les patrons des navires volontaires et les partenaires du projet ont permis de définir les dispositifs *ad hoc* pour chacune des problématiques identifiées. Ces ateliers se sont tenus dans les locaux de l'Ifremer à Lorient et Port en Bessin et se sont basés sur des travaux de sélectivité passés et en cours ainsi que sur l'expertise des patrons-pêcheurs et de leur équipementier.

La définition des cas d'étude et les dispositifs testés ont évolué au cours du projet. En effet, presque tous les cas d'étude ont fait l'objet d'une marée préliminaire visant à tester le dispositif sélectif initial. Suite à des dysfonctionnements ou un manque d'échappement des espèces indésirées, deux dispositifs ont été modifiés avant d'appliquer le protocole *stricto sensu* (Mailles carrées sur L'ECUME DES JOURS et T90 sur le MOR BREIZ). Ces modifications ont fait l'objet de rapports de marée qui peuvent être consultés à l'OP COBRENORD.

1.3.2 ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE LA SELECTIVITE

Sommaire

En préparation des ateliers techniques avec les patrons-pêcheurs et les constructeurs, une revue de la bibliographie concernant la sélectivité en Manche et Mer Celtique sur le chalut de fond a été effectuée. L'objectif final étant de décrire aux acteurs les outils à disposition et leur efficacité selon les espèces, les zones, l'engin et les conditions d'expérimentation.
Cet état de l'art est basé sur des références bibliographiques internationales et des résultats de projets susceptibles d'apporter des solutions potentielles aux problématiques de rejets identifiées en Manche et mer Celtique. Une présentation illustrée a été projetée lors des ateliers REJEMCELEC au bassin

d'essais de Lorient, sur les chaluts de fond les 10 et 17 mars 2016, ainsi qu'à Port en Bessin le 22 mars 2016. Certains résultats de projets réalisés depuis ont été inclus.

De façon générale, de nombreux critères sont susceptibles d'influencer la sélectivité des culs de chaluts, le maillage bien sûr, mais aussi le nombre de mailles au périmètre, le diamètre du fil ou le volume de capture (O'Neill, 2017).

Les exemples de systèmes sélectifs recherchés dans la bibliographie ou dans des projets antérieurs pour leur efficacité ont concerné en particulier les espèces suivantes :

- différentes espèces de Gadidés, en particulier églefin, merlan, merlu,
- les autres espèces (maquereau, chinchard, sanglier, grondins).

Les travaux sur la sensibilité du poisson à la couleur et sur l'effet de la couleur des mailles sur les échappements ont également été recherchés. L'œil des poissons, y compris des espèces commerciales, est beaucoup plus sensible que l'œil humain (visibilité < 10^{-6} lux) (E. Jones et al., 2004). La visibilité d'un objet sous l'eau dépend de son contraste avec son environnement, qui dépend de la nature de l'objet, de son environnement, des propriétés du matériau et de la direction et de l'intensité de l'éclairage. Une des propriétés des objets qui influence leur visibilité est la couleur. L'apparence d'un monofilament dépend de sa couleur et de son angle par rapport à la surface de la mer. Un fil coloré observé sous l'eau avec une lumière monochromatique en contre-jour montre une silhouette plus sombre quand on les regarde par-dessous et plus claire quand on l'observe par-dessus, sauf pour les couleurs plus sombres telles que le rouge, le noir et le vert foncé (E. Jones et al., 2004).

Le rouge est la couleur qui disparaît le plus vite en profondeur, dès 5 m. Les poissons vivant en eau relativement profonde perdent par ailleurs la capacité à voir le rouge et le verront donc gris/noir. Ils développent par contre leur capacité à voir le bleu et vert (De Vevey and Rodriguez, 2016).

Des essais comparatifs d'un panneau en mailles carrées noir avec un panneau en mailles carrées blanc ont montré plutôt un meilleur échappement d'églefin au travers du blanc, mais peu significatif (E. G. Jones et al., 2004).

Les principaux dispositifs dont le projet a pu s'inspirer sont recensés dans le tableau à l'Annexe 1.

Au vu de ce tableau, les points suivants ont été considérés:

- Malgré leur efficacité sur le merlan, les grilles ont été écartées par les patrons pour des raisons de praticité. De plus, il s'agit d'un dispositif très spécifique à la morphologie du merlan, et donc moins adapté à l'églefin par exemple.

- Le Cylindre à Mailles Carrées (CMC) en 80 mm a donné des résultats intéressants sur le merlan (peu de pertes commerciales; diminution des sous-taille) (Weiller et al., 2014). En modulant l'emplacement et la taille du dispositif, la maille carrée de 80 mm pourrait donc être un bon outil. Le projet CELSELEC en Mer Celtique (Lamothe et al., 2017) a testé un CMC de 3m de long dans le début de la rallonge ; la réglementation ayant changé en cours de projet, il a été associé au PMC réglementaire de 100 mm puis 120 mm. En combinaison avec le PMC 100 mm en 2014, une diminution de l'ordre de 20% en poids des rejets d'églefin a été observée et de 40% des rejets de merlan jusqu'à environ 39 cm. En 2015, avec le PMC 120 mm, une diminution

supérieure à 50% en poids des rejets d'églefin a été observée pour les tailles 28/35 cm, mais trop peu de merlans sous taille ont été capturés pour quantifier leur échappement. Le PMC réglementaire était bien sûr présent à la fois dans le chalut témoin sans CMC et dans le chalut test avec CMC.

- Le PMC en 80 mm situé dans le gorget n'a pas donné de résultats en Manche Est. La cause supposée du manque d'échappement est l'ouverture verticale importante à cet endroit du chalut (Leonardi et al., 2009). En effet, les résultats positifs sur l'échappement de ce type de dispositif ont été observés principalement dans les pêcheries langoustinières utilisant des chaluts à très faible ouverture verticale (Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins et al., 2004), (Revill et al., 2007)), restitution du projet REDRESSE en 2017 (rapport final en cours de publication). Les chaluts classiques à poissons utilisés en Manche sur les navires hauturiers (chalut à quatre ou deux faces gréés à fourche) ont une ouverture verticale bien supérieure (5-7 m). Pour autant, certains patrons se sont montrés intéressés pour tester cette solution en augmentant largement la surface afin d'augmenter la probabilité de contact du poisson avec le dispositif. Par ailleurs, d'autres études (Smith and Catchpole, 2013) ont montré des échappements importants d'églefin mais aussi de merlan par de grands maillages dans le grand dos (400 mm) et petit dos (200 mm) de chaluts à poissons, donc à un niveau du chalut où l'ouverture verticale est supérieure à celle du gorget. Néanmoins, il s'agissait de chaluts de dimension modérée (navire côtier de 13,7m).

- Les premiers résultats du projet CELSELEC obtenus au début du projet REJEMCELEC ont également incité à tester le maillage tourné T90 pour certains cas d'études, mais en grand panneau dans la partie supérieure de la rallonge, du cul et même dans le début du gorget. Des maillages de 100 et 80 mm ont été testés selon les cas d'étude. Le projet CELSELEC, lui, a testé le T90 100 mm dans totalité de la rallonge et cul de chalut (dessus et dessous). Le rapport final est maintenant disponible (Lamothe et al., 2017).

- Compte tenu des craintes sur les pertes de seiche et afin d'éviter des doublons avec le projet CELSELEC (Les pêcheurs de Bretagne), les grilles à lotte ont été écartées.

1.3.3 DIMENSIONNEMENT DU MAILLAGE

Sommaire

Dans le but d'adapter le maillage des parties sélectives des dispositifs, des tests en criées ont été effectués par l'OP COBRENORD. Le protocole a consisté à faire passer du poisson dans différents types de mailles et maillages montés sur des cadres en bois (T90 et mailles carrées) afin de constater l'échappement potentiel de différentes classes de tailles.

Photo 2 : passage de sanglier (*Capros aper*) dans de la maille carrée de 80 mm (en haut) et photo des cadres utilisés (en bas) – *CP : OP COBRENORD*

Chaque individu « testé » a été mesuré en largeur, longueur et hauteur. Pour chaque passage d'un poisson dans un type de maille, une variable qualitative à six modalités a été renseignée : « Passe sans toucher » ; « Passe facilement » ; « Passe avec contorsion » ; « Passe en forçant » ; « Ne passe pas en se maillant » ; « Ne passe pas du tout ».

Le Tableau 3 présente les résultats de ces expérimentations pour les principales espèces dont nous souhaitons retenir une partie des classes de taille. Les chiffres indiqués représentent la longueur moyenne des poissons de la modalité «Passe en forçant», qui peut être considérée comme un proxy de la taille critique à partir de laquelle les poissons ne s'échappent plus. Pour le sanglier et le T90, la hauteur du poisson est utilisée car cette variable influe davantage sur la capacité d'échappement pour ce type de maille et cette espèce.

Tableau 3 : Longueur moyenne et hauteur moyenne (sanglier) des poissons passant en forçant dans différents type de mailles

		Modalité "Passe en forçant"			
		Hauteur moy. (cm)	Longueur moy. (cm)		
Type de maille	**Maillage jauge (mm)**	**Sanglier**	**Eglefin**	**Merlan**	**Rouget Barbet**
Maille carrée	80	Non testé	Aucune taille ne passe	36,8	Tout passe
	90	8		40,7	
	100 (sans nœuds)	9,4	46	Tout passe	
T90	80	Non testé	Aucune taille ne passe	Aucune taille ne passe	24,9
	90	9,4		38,0	32,3
	100	Tout passe	39,9	42,9	35,6
Description de la population d'étude		**Sanglier**	**Eglefin**	**Merlan**	**Rouget Barbet**
	Minimum	6,8	35,5	31,4	21,1
	Maximum	10,0	67,2	51,0	40,6
	Moyenne	8,5	45,0	39,2	27,6

L'enjeu de ces mensurations était principalement de décider du maillage de la maille carrée pour les dispositifs des cas d'étude concernant la maille carrée dans le gorget et la rallonge.
Mécaniquement, on observe que l'églefin passe beaucoup moins bien dans les mailles que le merlan, du fait de sa tête arrondie. Le maillage devait donc être choisi en déterminant une taille critique pour le merlan, tout en sachant que l'églefin s'échapperait moins bien à taille égale. Ces tests ont permis d'éliminer la maille de 100 mm à la jauge pour laquelle la taille moyenne des merlans qui passent en forçant est au minimum de 51 cm (tous les poissons mesurés sont passés). Dans un premier temps, le 90 mm a été retenu malgré une taille critique (40,7 cm) qui reste élevée. Cependant, suite aux marées préliminaires sur l'ECUME DES JOURS et après la reconsidération des chiffres ci-dessus, le 80 mm a été préféré pour les cas d'étude où le merlan est ciblé.

Par ailleurs, les résultats des mensurations en criée ont permis d'orienter la réflexion concernant le deuxième dispositif testé par l'ECUME DES JOURS durant l'hiver 2017/2018. Suite à l'échappement important du merlan constaté avec la maille carrée en 80 mm dans la rallonge (cf. partie "Résultat"), il a été décidé de convertir le dispositif en T90. En effet, la taille critique du merlan pour la maille carrée en 80 mm est de 36,8 cm, contre au maximum 31,4 cm pour le T90 en 80 mm. En considérant que cette taille correspond quasiment à la borne supérieure du calibre 40, qui est la dernière taille indésirée par les patrons, le T90 en 80 mm semblait adapté.

2 METHODOLOGIE

2.1 COLLECTE DES DONNEES

2.1.1 PROTOCOLE DE TEST

Sommaire

Le protocole de test a été choisi en fonction des navires volontaires aux expérimentations. En effet, le chalut jumeau n'étant pas pratiqué par les flottilles ciblées, cette méthode a été écartée. Les traits parallèles ont été envisagés mais non retenus faute de navires suffisamment similaires disponibles pour les tests. **Le trait alterné a donc été retenu** malgré la variabilité des conditions d'expérimentation observée sur ce type de protocole (Wileman et al., 1996).
Le trait alterné consiste à utiliser successivement le chalut témoin et le chalut sélectif (ou l'inverse) en s'assurant que les facteurs qui influent sur l'abondance et la capturabilité soient identiques. Les deux chaluts doivent être les mêmes en dehors du dispositif sélectif afin d'isoler son effet lors des comparaisons.

Cependant, **la variabilité des captures entre deux traits d'un même couple expérimental peut être importante**. Il est donc nécessaire de répéter un grand nombre de fois l'expérience afin de couvrir un maximum de situations possibles et s'assurer que les différences observées sont bien dues au dispositif et non au hasard. Pour des raisons de contrainte budgétaire, l'objectif a été porté à 40 couples d'opérations de pêche par cas d'étude, soit 80 traits de chalut. Pour un navire hauturier, ces expérimentations ont pu être réalisées en cinq marées de cinq à sept jours.

Les facteurs influant sur la capturabilité et l'abondance locale ont été identifiés en amont des tests par l'Ifremer et des patrons-pêcheurs. Ils ont ensuite été synthétisés dans une fiche de protocole dont chaque patron et observateur disposait à bord. La Figure 3 est extraite du guide du protocole et présente les facteurs à conserver identiques entre deux traits alternés.

Figure 3 : extrait du guide du protocole en traits alternés du projet REJEMCELEC

Il convient de noter deux points importants issus d'adaptations du protocole par les patrons :

1) Dans certaines conditions, les navires n'ont pas pu se caler exactement sur les horaires de marée pour faire demi-tour à l'étal afin de repasser sur la même traine. Le patron a alors décidé de **pêcher à contre-courant**, jugeant qu'il valait mieux repasser sur la même traîne (légèrement décalé) que de poursuivre dans le même sens, en vue de conserver une abondance et une capturabilité similaire. De même, pour certaines pêches localisées (sanglier/Saint-Pierre), il était préférable de faire demi-tour à chaque couple selon le patron. Les tests ont donc été réalisés en mortes eaux afin de limiter les variations de forces du courant. Dans l'ensemble, il a été décidé que **dans ce type de situation, l'expertise du patron était la meilleure disponible**.

2) En lien avec le point précédent, **la vitesse de traîne peut ne pas être exactement identique si le navire pêche à contre-courant ou avec le courant**. En effet, afin de pouvoir ouvrir le chalut, le navire doit aller plus vite que le courant s'il est dans le même sens, à l'inverse l'opposition du courant permet d'ouvrir le chalut et d'adopter une vitesse de déplacement réduite. Chaque vitesse dépend du navire mais par exemple pour un des chalutiers hauturiers volontaires, la vitesse "cul au courant" est de 2 nœuds plus la vitesse du courant et la vitesse face au courant est de l'ordre de 2,5 nœuds (si le courant ne dépasse pas cette vitesse ce qui est rare). A noter que chaque navire possède ce type de règle, constante au moins sur l'année.

2.1.2 COLLECTE DES DONNEES A BORD

2.1.2.1 GENERALITES

Sommaire

L'observation en mer lors des marées avec les dispositifs validés a été réalisée par le bureau d'étude spécialisé Oceanic Développement (et le personnel de l'OP COBRENORD en appui sur deux marées).

Lors de chaque couple de traits expérimentaux (un trait avec le chalut standard et un trait avec le chalut sélectif), les captures ont été échantillonnées. Le protocole d'échantillonnage est celui du programme OBSMER dont le détail est présenté ici:
http://archimer.ifremer.fr/doc/00018/12895/9855.pdf (consulté le 08/01/2018).

Ce choix a été fait afin d'économiser du temps et de faciliter le travail des observateurs, notamment pour la saisie des données dans la base ALLEGRO de l'Ifremer.
Le formulaire de terrain OBSMER a été modifié à la marge afin d'intégrer quelques spécificités du projet (Annexe 2):

- Des variables ont été rajoutées dans la partie "Opérations de pêche" afin de décrire les conditions environnementales (cap du courant, cap du navire, chalut utilisé) ;

- Rajout dans la fiche "Engin" d'un schéma détaillé du chalut sélectif et standard afin de valider leurs caractéristiques avant chaque marée ;

- Rajout d'une liste en fin de formulaire avec les espèces prioritaires à observer pour chaque cas d'étude.

Afin d'alléger le protocole et multiplier les observations, une liste à trois niveaux a été créée pour chaque cas d'étude, indiquant les espèces prioritaires à mesurer et à peser (voir dernière page du formulaire en Annexe 2 pour un exemple). En pratique, toutes les espèces ont été identifiées et au moins pesées.

Par ailleurs, chaque donnée collectée suit un protocole de validation utilisé par Oceanic Développement dans le cadre d'OBSMER. En pratique, ce protocole comporte trois étapes :

1) Une première validation des saisies aberrantes par l'observateur lors du remplissage du formulaire papier sur la base de ses notes prises sur le pont ;

2) Une deuxième validation, notamment à l'aide des outils du logiciel ALLEGRO lors de la saisie dans la base du SIH ;

3) Une troisième validation effectuée par un opérateur autre que l'observateur, vérifiant la cohérence de chaque donnée saisie.

2.1.2.2 PROCEDURE D'ECHANTILLONNAGE A BORD

Sommaire

La procédure standard de l'échantillonnage à bord s'est déroulée ainsi:

1) **Filage du chalut:** enregistrement des données de passerelle (position de filage, date et heure, etc.) ;

2) **Virage du chalut:** enregistrement des données de passerelle (position de filage, date et heure, courant, vitesse moyenne, etc.) ;

3) Tri de la partie commerciale (débarquements) par l'équipage: **mensuration des espèces prioritaires de la partie commerciale** (30 individus par espèce) au cm inférieur ;

4) **Pesée de la partie commerciale par l'équipage** et enregistrement dans le journal de bord (navires équipés d'une balance électronique) ;

5) **Échantillonnage des rejets restants dans le parc de tri**:

    a) Si les quantités rejetées sont faibles:
        i) Mensuration de 30 individus pour chaque espèce prioritaire
        ii) Pesée de l'ensemble des rejets par espèce
    b) Si les quantités rejetées sont importantes:
        i) Réalisation d'un "tapis" homogène sur le parc avec les rejets
        ii) Sélection d'une fraction du "tapis" (ex: ⅛) nommée "sous-échantillon"
        iii) Réalisation des opérations décrites en a) pour le sous échantillon

Photo 3 : Virage du chalut et déversement de la capture dans le parc de tri (à gauche) et mesure d'un cabillaud par un observateur d'Oceanic Développement (à droite) – *Navire MOR BREIZ – CP : OP COBRENORD*.

Notons la spécificité des échantillonnages sur le CARPE DIEM III **équipé d'une table de tri**. Pour ce navire, l'observateur a réalisé le sous-échantillon en récupérant les rejets à la fin de la table de tri dans un seau. La fraction du sous-échantillon était un pourcentage du temps que le seau a passé à la fin de la table de tri. Par exemple, sur une durée d'une heure de tri, si l'observateur a placé son seau 6 minutes en bout de table pour récupérer les rejets, la fraction échantillonnée aura été de 10% (6/60).

2.1.3 DONNEES COMMERCIALES

Sommaire

A l'échelle de l'OP, les données commerciales mobilisées dans ce rapport sont issues des flux de données internes aux organisations de producteurs.
Il s'agit plus particulièrement:

- Des données issues du Réseau Inter-Criées (ancien RIC, aujourd'hui VISIOMER). Ce flux fournit pour chaque navire de l'OP les poids pesés en criées et le chiffre d'affaires correspondant à l'échelle de l'espèce et de la catégorie commerciale.

- Des données issues des déclarations du journal de bord (électronique pour les hauturiers). Le flux donne accès aux poids par espèce déclarée de manière journalière par le chef de bord. Le rectangle statistique, l'engin et le maillage correspondant sont également indiqués.

Par ailleurs, en vue de disposer de données commerciales par zones CIEM, par engin et par maillage, des données issues du croisement des deux flux présentés ci-dessus ont été mobilisées. Pour l'OP COBRENORD, il s'agit du résultat d'un algorithme de croisement développé en interne pour répondre à ce type de besoin.

2.1.4 DONNEES VIDEO

Sommaire

Les différents dispositifs sélectifs testés dans le cadre de ce projet ont fait l'objet de marées dites préliminaires. Des prises de vues sous-marines des dispositifs sélectifs ont pu être enregistrées au cours de ces marées. Les objectifs de ces enregistrements étaient multiples.
Dans un premier temps, les vidéos ont permis de valider que les dispositifs se comportaient comme attendu. Cette première phase est indispensable ; en effet malgré l'expérience du laboratoire de technologie et biologie halieutiques sur le rapport d'armement nécessaire entre les mailles « classiques » et les mailles des dispositifs sélectifs, chaque chalut et chaque façon de le remorquer (vitesse, sens par rapport au courant…) est unique. Par exemple, au cours d'une marée préliminaire à bord de L'ECUME DES JOURS, nous avons constaté que l'ouverture verticale du chalut au niveau du milieu de la rallonge était quasi nulle, alors qu'une partie du dispositif avait été conçu pour améliorer ce paramètre. La Figure 4 montre les différences d'ouverture verticale observées entre le début et le milieu de la rallonge.

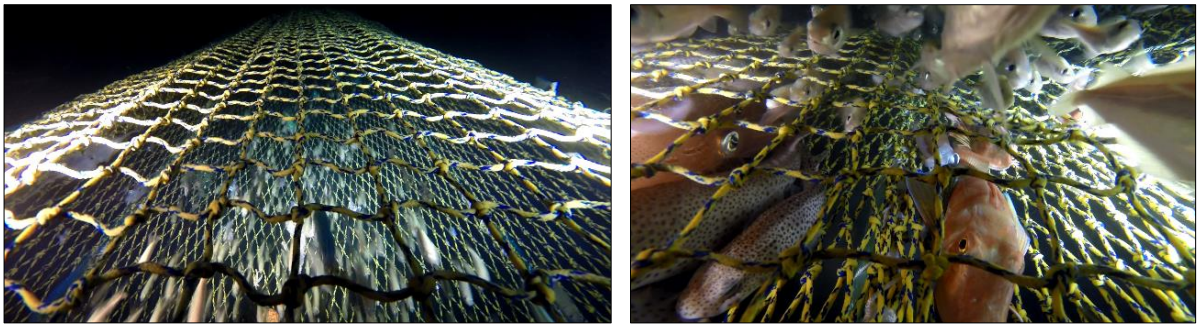


Figure 4 : Comparaison de l'ouverture verticale de la rallonge en quatre faces testée sur L'ECUME DES JOURS. Vue au niveau du collage du gorget (à gauche) et vue au niveau du milieu de la rallonge (à droite). © Ifremer

Dans un second temps, nous avons utilisé les vidéos comme sources d'informations sur les différents comportements des espèces ciblées. Avant ce projet, les vidéos servaient essentiellement à effectuer des constats qualitatifs. Dans REJEMCELEC, nous avons cherché à établir un protocole expérimental basé sur la vidéo pour faire en sorte que les prises de vues sous-marines soient des données exploitables pour de l'analyse quantitative et donc statistique.

La couleur des mailles peut-elle améliorer la sélectivité ?

Dans ce projet nous avons contribué à répondre à cette question en utilisant la vidéo sur des dispositifs sélectifs bicolores (cf. photos ci-dessous).

Photo 4 : quadruple PMC de 90 mm sur le gorget de l'AZUR (OP COBRENORD) - © IFREMER

Pour répondre à cette question comportementale, il était indispensable de ne pas perturber les poissons en ajoutant de l'éclairage pour réaliser les vidéos. De ce fait, les systèmes VECOC (Vidéo Embarquée de Contrôle et d'Observation des Chaluts) intégrant des caméras très sensibles ont été utilisés. Nous avons ainsi pu enregistrer des séquences d'échappements jusqu'à 100 mètres de profondeur sans éclairage artificiel.

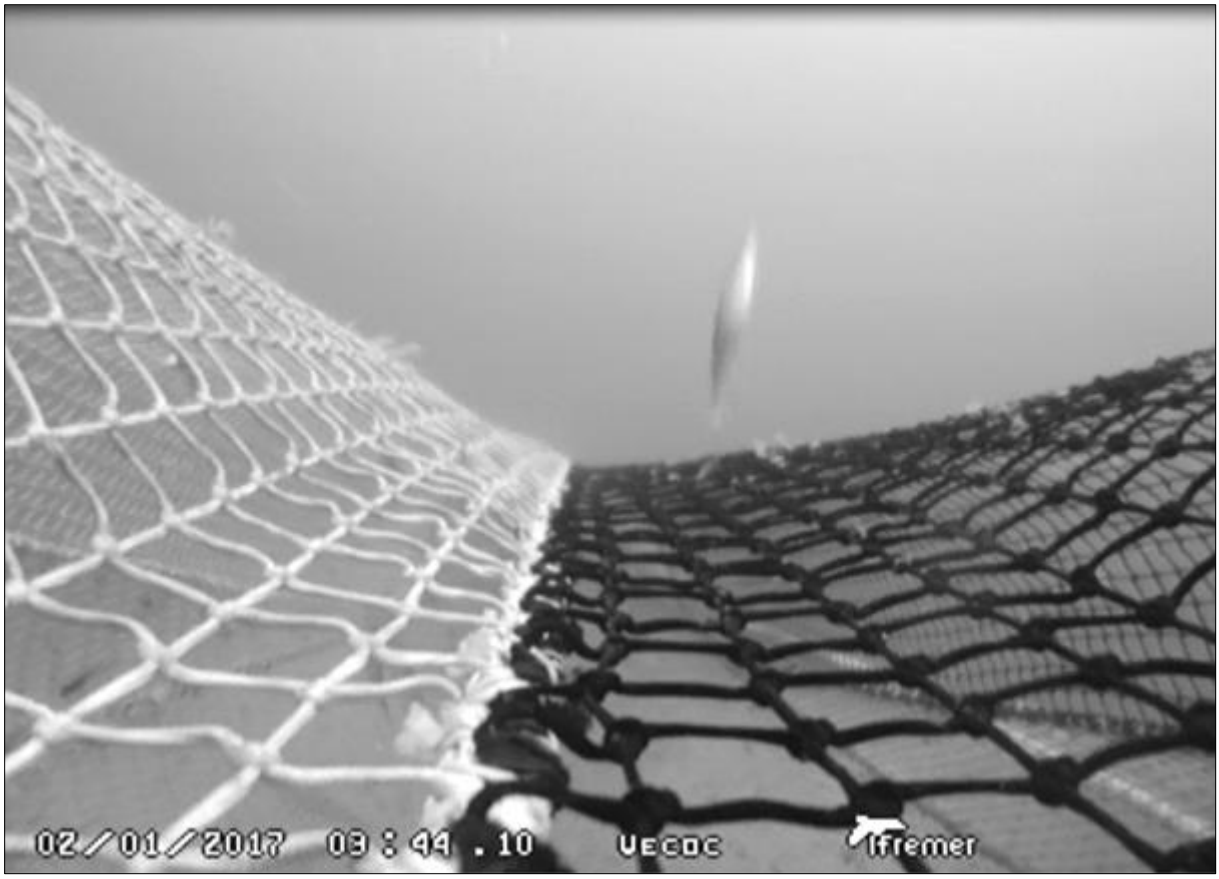


Photo 5 : merlan s'échappant du PMC noir sur le gorget du CARPE DIEM III (OPN) - © IFREMER

Le protocole expérimental consistait donc à placer les VECOC à l'intersection des deux couleurs et d'enregistrer plusieurs traits de chalut différents. Le traitement des images a ensuite été réalisé à terre et est expliqué dans la section Traitement des données – Traitement de l'image.

Les vidéos enregistrées dans le cadre de l'identification d'un éventuel effet de la couleur sur la sélectivité ont fait l'objet d'un développement logiciel de traitement d'images automatisé. L'objectif était de développer un programme de traitement d'images capable de détecter et compter les poissons s'échappant d'un dispositif sélectif. L'automatisation de ce genre de traitement serait un gain de temps considérable du fait du nombre important d'heures d'enregistrements vidéo sur ce projet et sur les autres projets passés ou à venir.

Deux moyens vidéo ont été utilisés pour réaliser les prises de vues. Les VECOC développés à l'IFREMER de Lorient et les caméras GoPro. Les principales caractéristiques de ces deux moyens sont listées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Caractéristiques techniques des systèmes vidéo

	GoPro	VECOC
Photo du système vidéo		
Sensibilité	Moyenne	Très bonne
Résolution	HD 1080p	570 x 720
Nb. images/sec	24 /48 / 120	24
Capacité mémoire (heures)	6h45	14h
Masse dans l'eau	4 kg	10 kg
Eclairage	Spot à LED	LED

Au terme de ce projet, environ 7500 minutes, soit près de 125 heures, de vidéos sous-marines ont été acquises. Les chiffres indiqués représentent des durées de vidéos brutes comprenant les temps de filage, de virage et également les moments de visibilité réduite.

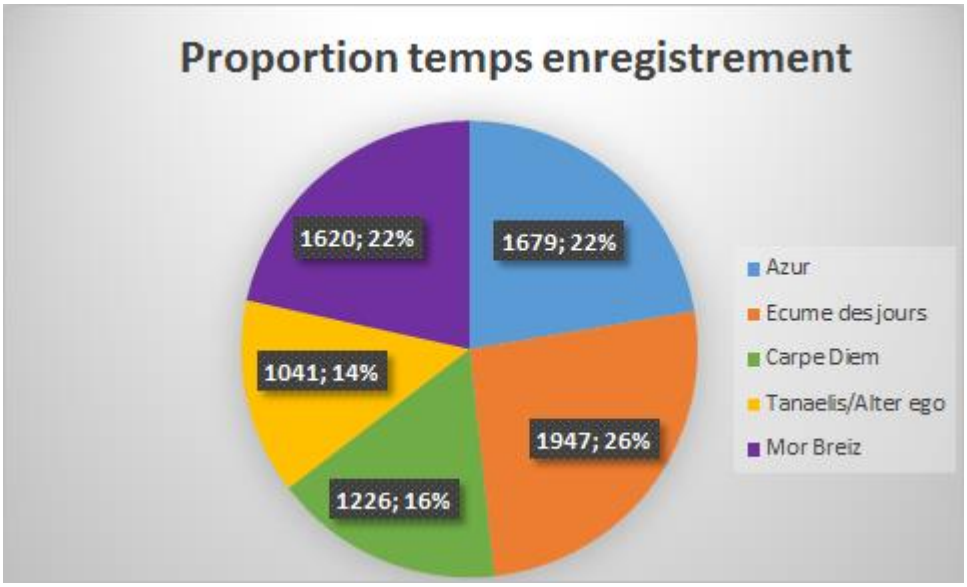


Figure 5 : proportion du temps brut d'enregistrement vidéo réalisé sur le projet REJEMCELEC selon le navire volontaire.

Par le biais de ce projet, mais également d'autres projets, on constate que les prises de vues sous-marines suscitent un fort intérêt auprès des marins pêcheurs. La visualisation des images juste après un trait de chalut permet d'avoir des échanges constructifs avec les marins sur d'éventuelles améliorations à apporter au dispositif.

Enfin, le nombre important de vidéos à stocker pour ce projet, ceux en cours et ceux à venir a donné lieu à la création d'une base de données vidéos. Toutes ces données vidéos contenant des informations relatives au comportement des espèces dans un chalut seront ré-utilisées, notamment dans le cadre du projet FUSION (https://wwz.ifremer.fr/peche/Le-role-de-l-Ifremer/Recherche/Projets/Description-projets/Fusion) qui vise à simuler le comportement des poissons dans un chalut pour prédire par simulation la sélectivité d'un engin.

2.1.5 TRAITEMENT DE L'IMAGE

Sommaire

Le programme de traitement d'images analyse la vidéo de la manière suivante :

- chargement d'une image
- détection du filet
- détermination de la séparation entre les couleurs du dispositif sélectif
- détection des poissons sortis du chalut
- attribution d'un numéro servant d'identité
- tracking des poissons

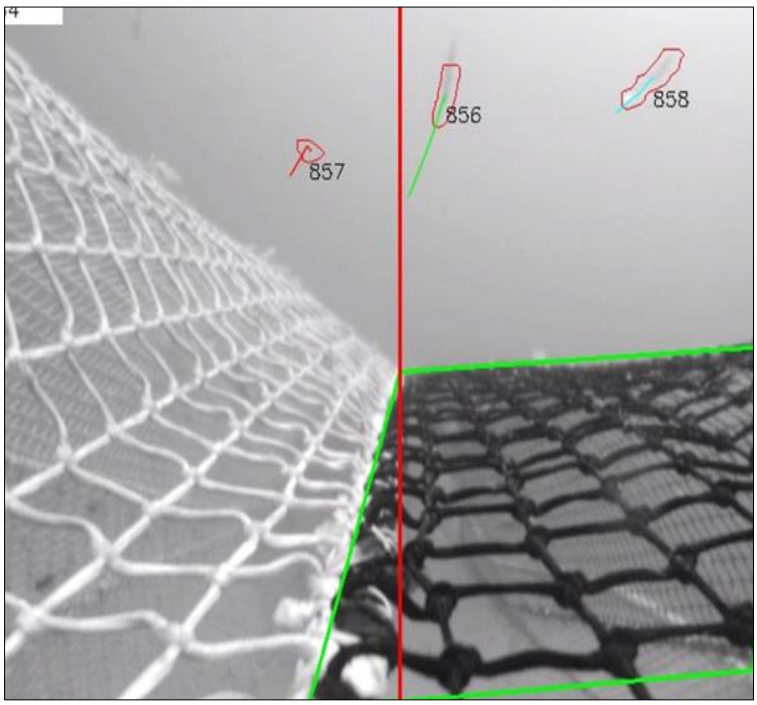


Photo 6 : Image de sortie du logiciel de traitement d'images, on voit les trajectoires des poissons s'échappant des différentes partie du dispositif sélectif- © IFREMER

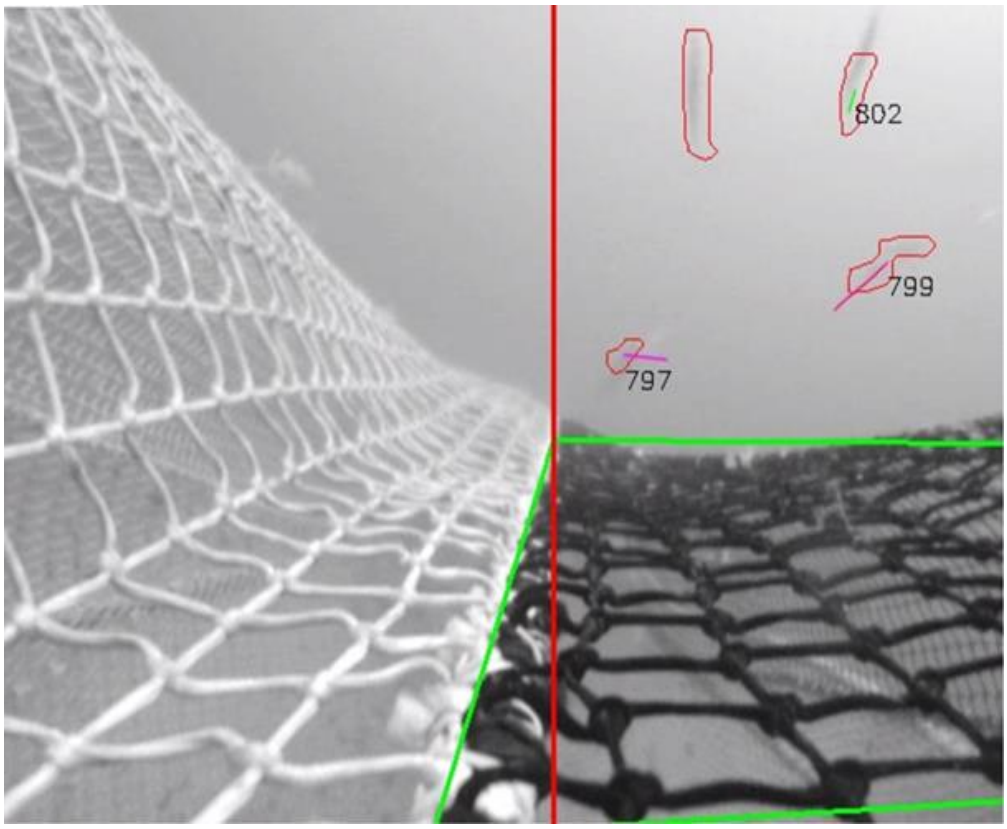


Photo 7 : Image de sortie du logiciel de traitement d'images, on voit les trajectoires des poissons s'échappant des différentes partie du dispositif sélectif- © IFREMER

Le programme de comptage automatique a ensuite été comparé aux comptages réalisés par des humains sur des séquences de 5 minutes. Etant donné que le protocole retenu n'exigeait pas l'identification des espèces mais se limitait au dénombrement des poissons s'échappant du dispositif, les personnes retenues pour le comptage n'étaient pas nécessairement des spécialistes du traitement d'images ou de l'identification des poissons.

Du fait du nombre important de poissons s'échappant sur certaines séquences, il a été décidé de réaliser chaque comptage « humains » en deux fois, un premier visionnage pour compter les poissons s'échappant des mailles blanches et un second comptage pour compter les poissons s'échappant des mailles noires. Tous les visionnages ont été effectués en vitesse de lecture x0.5.

Les résultats de comptage automatique et humains, sont détaillés dans la partie « Résultats - Identification d'un effet couleur du filet sur l'échappement ».

2.2 TRAITEMENT DES DONNEES

2.2.1 ETUDE DES CONDITIONS DE PECHE DANS LE CADRE D'UN PROTOCOLE EN TRAITS ALTERNES

Sommaire

L'objectif des expérimentations est d'évaluer si le dispositif sélectif permet de diminuer les quantités de captures non désirées sans perte commerciale par rapport au dispositif standard. Pour être en mesure de comparer la sélectivité des deux engins, il faut pouvoir faire l'hypothèse que les différences de captures observées entre les deux engins sont dues aux différences d'échappement.
Le protocole en traits alternés a été effectué de façon à obtenir des paires de traits les plus comparables possibles en termes de ressource disponible et de conditions de pêche qui peuvent influer sur l'échappement (cf. 2.1.1). En effet, si les paires de traits se ressemblent plus que deux traits pris au hasard, ce protocole permet d'obtenir des échantillons présentant moins de variabilité que des échantillons indépendants. Les tests de comparaison de captures pour deux échantillons appariés sont alors plus puissants que pour deux échantillons indépendants, à condition que les échantillons le soient.
Les deux traits n'étant pas effectués simultanément, on peut s'attendre à une variabilité de la ressource disponible plus ou moins importante. La validité de cette hypothèse ne peut être vérifiée et repose essentiellement sur l'expertise du patron. Néanmoins, un contrôle *a posteriori* des facteurs associés à la ressource (profondeur, jour/nuit, distance entre les traînes, durée entre les traînes) et au potentiel d'échappement (durée de traîne, état de la mer, profondeur) est nécessaire pour déterminer si l'hypothèse mentionnée ci-dessus est acceptable pour l'ensemble des couples. La force et la direction du courant n'ont pas pu être mesurés de manière continue durant les traits, mais de manière générale, les patrons de pêche ont l'habitude de travailler avec le courant dans le dos et ont porté une attention particulière lors des tests pour rester dans le même sens du courant (sauf exceptions, cf. 2.1.1).
Pour les mêmes raisons de comparabilité des captures, les quantités mesurées (biomasse et effectifs) ont été divisées par la durée de traîne associée. Les densités obtenues sont des captures par unité d'effort, que l'on a multiplié par la durée de traîne moyenne à l'issue du traitement afin de présenter des quantités reprenant l'unité de mesure initiale (kilogramme ou euros).

$$\boldsymbol{Z_{ci} = \frac{Y_{ei}}{D_{ei}} * D} \qquad (1)$$

Où $\boldsymbol{Y_{ei}}$ est la biomasse associée à l'engin $\boldsymbol{e}$ (sélectif ou standard) de la paire de traits $\boldsymbol{i}$, $\boldsymbol{D_{ei}}$ la durée de traîne associée, et $\boldsymbol{D}$ est la moyenne des durées de traînes sur l'ensemble des opérations de pêche du cas d'étude.

2.2.2 COMPARAISON DES CAPTURES

Sommaire

La comparaison des deux dispositifs a d'abord été effectuée pour les biomasses standardisées des débarquements et rejets, ainsi que pour les pourcentages de biomasse rejetée (taux de rejets). Pour chaque variable, un test de comparaison de moyenne entre les deux dispositifs pour des traits appariés a été utilisé. Cela revient à tester si la différence au sein de chaque paire est de moyenne nulle. La normalité de la différence a été testée par le test de Shapiro-Wilk (Shapiro and Wilk, 1965). Si

l'hypothèse gaussienne n'était pas rejetée, le test paramétrique de Student pour échantillon apparié a été utilisé. Sinon le test de rangs (non paramétrique) de Wilcoxon a été utilisé.
Par ailleurs, les taux de variation (T) des biomasses totales rejetées ou débarquées standardisées ont été calculés :

$$\boldsymbol{T = \left(\frac{\sum_{i=1}^{I} Ztest_i}{\sum_{i=1}^{I} Zstd_i} - 1\right) * 100} \qquad (2)$$

Où $Ztest_j$ et $Zstd_j$ sont les biomasses standardisées capturées pour la paire de traits i dans les chaluts test et standard respectivement. Ces taux sont exprimés sous forme de pourcentages et indiquent les pertes ou gains relatifs de l'engin testé par rapport à l'engin standard. Ils sont complémentaires à l'information sur les différences moyennes, car des différences peuvent paraître importantes alors que relativement aux quantités capturées elles sont négligeables. A l'inverse des taux de variations peuvent être très importants mais sur des quantités tellement petites qu'elles sont également négligeables. Les intervalles de confiances associés aux taux de variation ont été approximés par un bootstrap non paramétrique percentiles (DiCiccio and Efron, 1996); une série de 10 000 tirages avec remise de n couples parmi les n couples observés a été réalisée, et pour chaque tirage le taux de variation associé a été estimé, simulant ainsi une distribution du taux de variation reflétant la variabilité associée à l'échantillon mesuré.
Ces mêmes comparaisons ont été effectuées par espèce, pour les espèces d'intérêt dont la représentation statistique était suffisante dans les données collectées. Pour chaque cas d'étude, une liste d'espèces a été établie à partir d'enquêtes réalisées auprès des patrons de pêche pour identifier les espèces et tailles cibles que le dispositif ne doit pas laisser s'échapper afin de limiter la perte commerciale, et les espèces non désirées générant des quantités de rejets importantes. Certaines espèces sensibles mentionnées au départ par précaution n'ont finalement pas été capturées dans suffisamment de traits ou en quantité suffisantes pour assurer des résultats robustes. A l'inverse, certaines espèces bien que moins importantes pour le métier en terme commercial ou de rejets ont été capturées en quantités importantes. Ces espèces ont été analysées soit pour s'assurer que les conditions de captures étaient les mêmes entre les traits pour les espèces non ciblées par le dispositif sélectif (espèces témoins), soit pour tester l'efficacité du dispositif pour un ensemble plus large d'espèces d'intérêt moindre.

2.2.3 SELECTIVITE EN TAILLE

Sommaire

Pour les espèces qui ont été mesurées, l'efficacité du dispositif sélectif a pu être étudiée en fonction de la taille des individus, indépendamment du tri effectué à bord. Bien que les règles de tri soient généralement identiques d'un trait à l'autre (individus sous taille, espèces sans quota ou débouché commerciaux, etc.), elles peuvent varier en fonction de la composition de la capture ou de ce qui a été pêché sur les traits ou marées précédents (pour les espèces à quota limitant notamment).
Dans les analyses de sélectivité en taille, pour chaque classe de taille le nombre d'individus capturés $\boldsymbol{N_e}$ par un engin *e* suit une distribution binomiale :

$$\boldsymbol{N_{e,j} \sim Bin(D_j * S_e; r_e)} \qquad (3)$$

Où D_j est la densité d'individus disponibles sur la paire de traits j supposé constant entre les deux traits, $\boldsymbol{S_e}$ la surface chalutée et r_e la probabilité de rétention de l'engin e.
Dans une analyse en comparaison de captures la densité d'individus entrés dans le chalut D_j n'est pas observée, on s'intéresse alors à la sélectivité relative Φ, c'est-à-dire la probabilité de capturer un individu avec l'engin testé sachant qu'il a été capturé par l'un des deux chaluts. Pour une taille donnée,

$$\Phi = \frac{r_{test}}{r_{std}+r_{test}} = \boldsymbol{E}\left(\frac{Z_{test}}{Z_{test}+Z_{std}} | \boldsymbol{Z_{test}} + \boldsymbol{Z_{std}}\right) \quad (4)$$

Où $\boldsymbol{Z_e} = \frac{N_e}{S_e}$ est la densité d'individus retenus par l'engin e par unité de surface chalutée. On peut alors estimer Φ à partir des données observées en passant également par une distribution binomiale :

$$\boldsymbol{N_{test}} \sim \boldsymbol{B}(\boldsymbol{N_{tot}}; \boldsymbol{p}) \quad (5)$$

Où :

$$\boldsymbol{logit}(\boldsymbol{p}) = \ln\left(\frac{E(N^{SEL}|N^{TOT})}{E(N^{STD}|N^{TOT})}\right) = \boldsymbol{logit}(\Phi) - \ln\left(\frac{s^{STD}}{s^{SEL}}\right) \quad (6)$$

Si l'on suppose une relation logistique entre chaque probabilité de rétention et la taille des individus, (Holst and Revill, 2009) propose d'approximer la quantité $logit(\Phi)$par un polynôme de la taille :

$$\boldsymbol{logit}(\Phi) = \boldsymbol{a_0} + \boldsymbol{a_1 L} + \ldots + \boldsymbol{a_k L^k} \quad (7)$$

Les polynômes ont été testés jusqu'à l'ordre 6 pour permettre une grande flexibilité de la relation et le modèle retenu était le meilleur au sens d'Akaike (Akaike, 1998). **L'approximation par un polynôme permet un ajustement satisfaisant de ce type de relation, en revanche elle peut être sensible aux valeurs associées aux bornes de la taille**. De plus, ces gammes sont généralement beaucoup moins capturées et donc présentes en faible effectifs. Pour limiter cet effet, les gammes de tailles ont été restreintes de façon à avoir un minimum de 15 individus sur les tailles aux bornes/extrêmes.
Dans cette formulation, l'ensemble des individus capturés de tous les couples sont considérés indépendants, c'est-à-dire que le processus d'échappement est le même pour une taille donnée. Or d'un couple de traits à l'autre, les conditions de pêche ont pu influer sur l'efficacité relative des engins. Pour tenir compte de cette variabilité potentielle, un bruit gaussien associé au couple a été estimé et testé pour chacun des paramètres du modèle jusqu'au polynôme d'ordre 2 par un test du χ^2. Ces modèles dits mixtes peuvent aboutir à de légères différences dans l'estimation des courbes de sélectivité. Une trop grande divergence des résultats peut aussi révéler une grande hétérogénéité entre les couples, et remettre en cause l'hypothèse d'un effet gaussien. L'analyse des résidus quantiles (Dunn and Smyth, 1996) a permis d'écarter ces modèles dans certains cas.
Le modèle retenu permet alors de prédire une courbe de sélectivité relative de l'engin test par rapport à l'engin standard, en fonction de la taille de l'espèce étudiée. **Une valeur de 0.5 indique qu'il y a la même probabilité qu'un individu s'échappe de l'un des deux engins, et une valeur inférieure à 0.5 indique une plus forte probabilité d'échappement de la part de l'engin testé**. Si le dispositif est efficace, la courbe devrait être le plus proche de 0 pour les tailles posant des problèmes de rejets, puis

remonter pour se stabiliser à 0.5 à partir des tailles commerciales. Le modèle étant le rapport de deux processus d'échappements, la forme de la courbe est rarement régulière, et le degré du polynôme retenu est souvent supérieur à 3. Nous avons donc choisi comme un indicateur de sélectivité de l'engin testé la taille minimale à partir de laquelle la courbe atteint 0.5, qui correspond à la taille limite supérieure des tailles où l'engin testé est plus sélectif que l'engin standard (Lr0.5). Pour tenir compte de l'incertitude associée à cette taille, l'intervalle de confiance a été approximé par un bootstrap paramétrique. La figure ci-dessous permet de mieux conceptualiser cet indicateur.

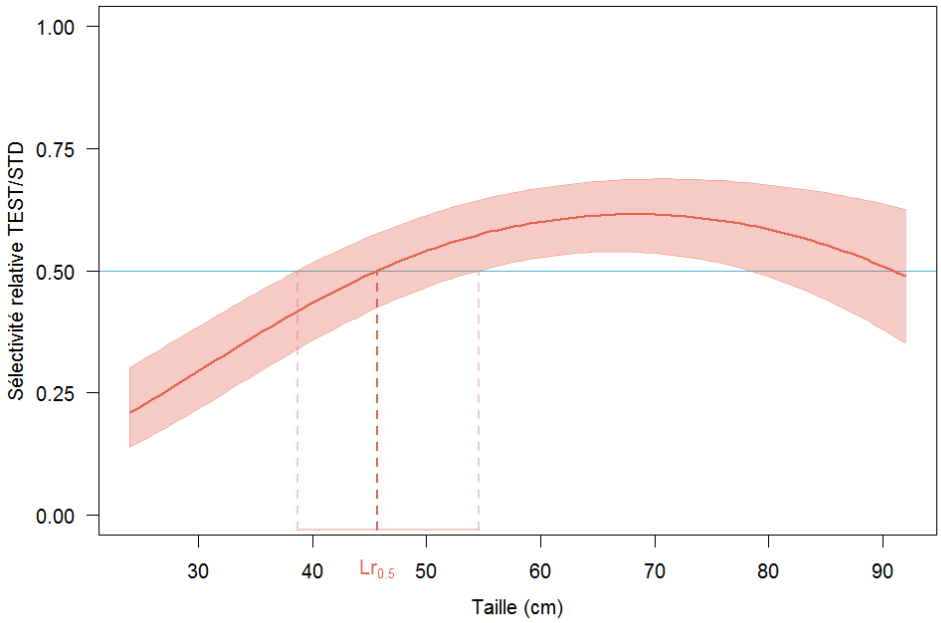


Figure 6 : exemple de courbe de sélectivité relative issu des traitements de modélisation. Le trait plein de la courbe représente la précision de la moyenne et la zone autour son intervalle de confiance à 95%. Lr0.5 est la première taille à partir de laquelle la sélectivité relative vaut 0.5, c'est-à-dire que la probabilité de rétention d'un individu dans le chalut standard est la même que dans le chalut testé. Les segments pointillés autour de l'estimation de cet indice représentent son intervalle de confiance à 95% approximé par bootstrap.

Réciproquement, nous avons estimé la sélectivité relative moyenne pour les individus sous tailles et chaque calibre commercial :

$$\overline{\Phi_c} = \sum_{L=L_{min}}^{L_{max}} \widehat{\Phi}(L) \qquad (8)$$

2.2.4 ANALYSE COMMERCIALE A COURT TERME A L'ECHELLE DE LA FLOTTILLE DE L'OP

Sommaire

L'étude économique se limite à une analyse de l'impact des dispositifs testés sur le chiffre d'affaires des navires ou des flottilles. Ce choix se justifie pour deux raisons:

- La collecte de données concernant les coûts par marée n'était pas prévue par le projet ;
- L'amélioration de la sélectivité ne modifie pas, *a priori*, les coûts totaux de l'entreprise de pêche à l'échelle de la marée. La variation du chiffre d'affaires peut donc approximer la variation de la rentabilité en supposant un coût total constant.

Compte tenu de ce cadre, l'analyse commerciale est menée l'échelle de la flottille de l'OP afin d'évaluer l'impact commercial à court terme. Cela consiste à extrapoler les variations de biomasse et de chiffre d'affaires liées au dispositif sélectif à l'ensemble de la flottille et du métier concernés.

Avant de détailler la méthodologie employée, il convient de noter certains éléments généraux:

- Afin de rapprocher les données commerciales des données d'échantillonnage, un référentiel "espèces" a été construit. En effet, les données d'observation à la mer sont répertoriées sous la forme du nom latin alors que les données commerciales le sont au format FAO (Food and Agriculture Organization). En particulier, l'ensemble des baudroies ont été regroupées dans un groupe "Baudroies". Les regroupements effectués sont détaillés dans l'Annexe 1.
- Les prix moyens par catégories commerciales issus des données de ventes ont pu être rapprochés des données de mesure en taille par l'intermédiaire de relations taille-poids issues de la base de données HARMONIE de l'Ifremer (cf. Annexe 4).

2.2.4.1 GENERALITES

Sommaire

L'objectif général de cette analyse est d'extrapoler les différences de sélectivité observées pour chacun des cas d'étude à la flottille de navires de l'OP. Ce travail permet de répondre à la question suivante: **quel impact commercial à (très) court terme engendrerait l'usage de chacun des dispositifs sélectifs testés pour la flottille de chalutiers de fond ?**
Le principe général de la méthodologie retenue consiste à appliquer les variations de biomasse observées à des chiffres de débarquement moyens issus des bases de données de l'OP (période 2015/2016). Pour chaque cas d'étude, les données d'échappement ont été rapprochées des données **de débarquements issus de la zone, de l'engin et du maillage concernés.** La dimension "saison" du métier a été retirée pour l'extrapolation à la flottille. En effet, dans le cadre de l'introduction d'une mesure de sélectivité à l'échelle européenne, les discussions en cours[2] définissent des dispositifs sélectifs à l'année par zone et par maillage. Il paraissait donc plus concret de conserver cette échelle.

[2] Révision en cours du règlement (CE) 850/98 du conseil du 30 mars 1998 visant à la conservation des ressources de pêche par le biais de mesures techniques de protection des juvéniles d'organismes marins.

Trois choix méthodologiques ont été faits :

1) Pour les espèces mesurées, la variation des captures en biomasse par catégorie commerciale a pu être calculée comme mesure objective de la perte (ou gain) commercialisable (mais pas forcément commercialisée). Cela se justifie en particulier pour les espèces à quota limitant (églefin) pour lesquelles les individus rejetés pourraient constituer une capture commerciale selon l'évolution des possibilités de pêche.

2) Pour les espèces non-mesurées, la variation en biomasse des débarquements a été retenue comme proxy, même s'il existe des individus commercialisables dans les rejets. Il s'agit d'une approche de précaution mais dans l'ensemble, les espèces mesurées d'importance sont soumises à des pratiques de tri constantes au cours de l'année (encornets, seiche, tacaud, etc.).

3) Compte tenu des fortes variations que le protocole en traits alternés peut induire dans les captures, seules les variations de biomasse significatives et imputables au dispositif sélectif ont été retenues sur la base de l'analyse statistique réalisée dans la partie 3.

Pour le point 3, une sélection en deux étapes est effectuée:

1) Une première liste regroupant pour chacun des cas d'étude les espèces et les calibres commerciaux pour lesquels on observe une différence significative en biomasse entre le chalut de référence et le chalut sélectif ;

2) Dans un deuxième temps, certains espèces et calibres ont été écartés sur la base d'une analyse critique jugeant si cette différence est bien imputable au dispositif sélectif. Par exemple, pour l'AZUR le chalut standard a eu tendance à capturer davantage de roussettes. Or, compte tenu de la morphologie et la taille moyenne de cette espèce et du dispositif testé (mailles carrée 90 mm dans le gorget) il est supposé qu'il s'agit là d'un "effet chalut" potentiel lié à des réglages du train de pêche. La liste des espèces écartées est détaillée dans l'Annexe 5.

2.2.4.2 FORMULES DE CALCUL

Sommaire

La variation du chiffre d'affaires de la flottille pour un cas d'étude considéré peut s'exprimer de la manière suivante (données moyennes 2015/2016):

$$\Delta \boldsymbol{CA} = \boldsymbol{CA_SEL} - \boldsymbol{CA_STD} \quad (9)$$

avec:
CA_STD: chiffre d'affaires moyen initial sur 2015/2016 pour le maillage et les Divisions CIEM concernés par le cas d'étude.
Et:

$$\boldsymbol{CA_SEL} = \sum_{e=1}^{E} \sum_{c=1}^{C} \boldsymbol{PM_{ec}} \times \boldsymbol{DEB_{ec}} \times (\mathbf{1} + \boldsymbol{VAR_DEB_{ec}}) \quad (10)$$

avec:
e = 1...E : espèces
c = 1...C : calibres commerciaux
PM: prix moyen initial 2015/2016
DEB: débarquements moyens initiaux 2015/2016
VAR_DEB: variation en biomasse estimée par ailleurs (cf. 2.2.2)

En outre, le taux de variation du chiffre d'affaires total du métier sur l'année s'écrit :

$$t_{CA} = \frac{CA_SEL + CA_AUTRES}{CA_STD + CA_AUTRES} - 1 \qquad (11)$$

Avec CA_AUTRES le chiffre d'affaires réalisé sans les dispositifs sélectifs et en dehors des divisions CIEM concernés par le cas d'étude.

Cette statistique permet de relativiser la perte commerciale du métier en intégrant les débarquements des autres métiers supposés constants. Par ailleurs, il convient de noter les points suivants:

- Lorsque l'espèce n'est pas sur la liste retenue (i.e. aucune variation liée à la sélectivité n'est observée), alors VAR_DEBec est égal à 0 ;
- Si le calibre commercial d'une espèce mesurée n'était pas renseigné dans les données commerciales, les données ont été écartées. Ce cas de figure ne concerne que 0.8% des données de débarquement pour l'OP COBRENORD ;
- L'analyse de la variation totale du chiffre d'affaires dépend du nombre de cas d'étude que l'on considère. En effet, l'esprit de ce projet consiste à considérer des problématiques de rejets dépendantes de la zone, la saison et l'engin. Dans le cas de l'OP COBRENORD, deux cas d'étude peuvent être considérés de concert sur une même année: l'usage de la maille carrée ou du T90 en panneau dans la rallonge en Manche Ouest puis l'usage du T90 en rallonge et cul en Mer Celtique ;
- Comme expliqué ci-après, l'aspect saisonnier a été ignoré dans les analyses d'impact commercial. En effet, au vu des discussions règlementaires en cours, il semble peu probable qu'une liberté suffisante soit laissée aux professionnels pour adopter un dispositif en fonction des saisons.

3 RESULTATS

3.1 PANNEAU A MAILLES CARREES 90MM DANS LE GORGET (CHALUT QUATRE FACES)

3.1.1 PRESENTATION DU DISPOSITIF SELECTIF

Sommaire

Tableau 5 : rappel des caractéristiques du cas d'étude – « mailles carrées 90 mm gorget»

Engin	Maillage jauge	Période	Zone	Espèces indésirées	Espèces ciblées
Chalut de fond quatre faces	**80 mm**	**Octobre-mars**	**Manche Ouest (7eh)**	Merlan < 32 cm; Eglefin < 34 cm; Maquereau; Chinchard	Merlan > 32 cm; Encornets ; Baudroies; Seiche ; Eglefin > 34 cm; Cabillaud

Le métier ciblé par ce cas d'étude représente 22% des débarquements de la flottille de chalutiers de fond hauturiers en 2015-2016. Il s'agit d'une période importante pour ces navires durant laquelle ils capturent de gros volumes, en merlan, seiche, lotte et églefin. Durant l'automne, les navires ciblent également l'encornet en Manche Ouest. Ces derniers travaillent davantage en 80 mm l'automne, période d'abondance de l'encornet et alternent régulièrement l'hiver avec le 100 mm pour cibler les gadidés (voir le cas d'étude 3.2 pour le même métier en 100 mm).

Les rejets sont principalement composés d'églefin et de merlan en volume. Des captures occasionnelles de maquereau et de chinchard sont possibles, parfois en gros volumes (espèces grégaires). Le merlan est ciblé généralement au-dessus du calibre 40 (> 32 cm environ). L'églefin est rejeté aléatoirement au gré des quotas disponibles. La cible a été fixée au-dessus de la taille 40 (> 34 cm environ) mais elle est susceptible de changer dans le futur selon les possibilités de pêche disponibles.

Tableau 6 : description du navire et des engins du cas d'étude - « mailles carrées 90 mm gorget»

Navire		
Nom du navire	AZUR (735990)	
Longueur HT (m)	23,93	
Puissance (Kw)	515	
Jauge (tonneaux)	114	© IFREMER
Engins		
	Témoin	**Sélectif**
Type de chalut	Chalut de fond quatre faces	Chalut de fond quatre faces
Corde dos (m)	32	32
Bourrelet	Rockhopper	Rockhopper
Nb de chaînes gratteuses	1	1
Ouverture verticale (estimée en m)	7	7
Dispositif sélectif	Non	Grand PMC sur le gorget de 90 mm
Maillage du cul de chalut (mm jauge)	80	80
Gréement	Fourche	Fourche

Choix du dispositif :

Des panneaux à mailles carrées dans le gorget (dernière partie conique du chalut avant la partie droite) sont utilisés en particulier dans les pêcheries langoustinières. Un PMC 90 mm de grandes dimensions a en particulier été testé dans le cadre du projet REDRESSE avec une diminution de l'ordre de 20% des rejets toutes espèces confondues (Méhault et al., 2018).

Principe et objectifs du dispositif :

Il s'agit d'augmenter significativement la surface de mailles carrées par rapport au panneau réglementaire existant (120 mm jauge), mais dans un maillage plus petit ; l'objectif étant de limiter les pertes de Encornets tout en évitant les captures de gadidés sous-taille, sur la base de l'étude de leur comportement dans le chalut.

Descriptif du dispositif :

Le panneau est monté dans le dessus du gorget, dans la partie antérieure. Son maillage est de 90 mm jauge.
Les panneaux à mailles carrées mesurent au total approximativement 6 m x 3,30 m et 4,20 m x 2,50 m.

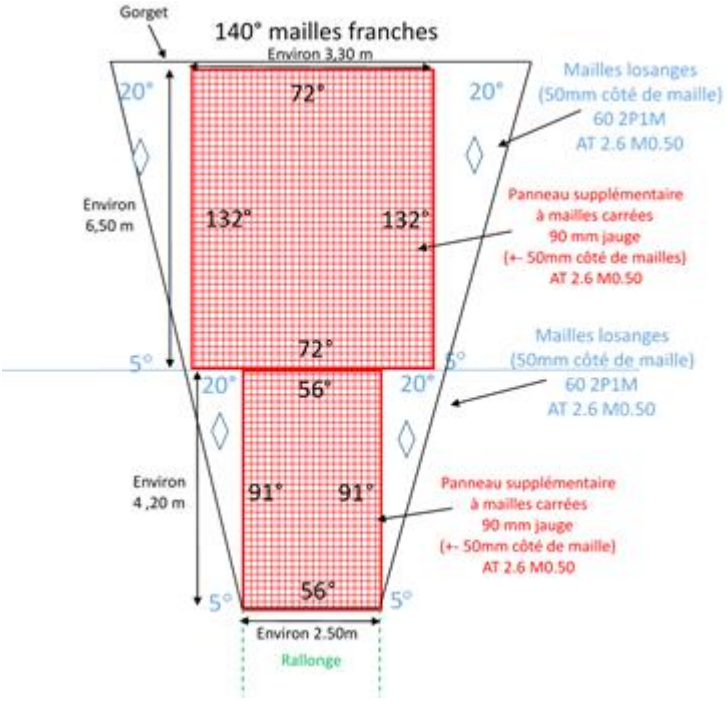


Figure 7 : Gorget du chalut sélectif équipé de 2 panneaux à mailles carrées 90 mm jauge - vue de dessus

Le taux d'assemblage entre les mailles losanges du gorget et les côtés de mailles du PMC 90 mm jauge est d'une maille carrée pour une mailles losange, dans le sens de la largeur et de deux mailles carrées pour une maille losange dans le sens de la longueur.

Afin de tester l'éventuel effet de la couleur sur les échappements le PMC 90 mm a été réalisé en quatre pièces en 3 couleurs, noir (référence), blanc et vert comme le montre la photo ci-dessous. Les choix de couleur ont été faits en tenant compte des matériaux identiques disponibles sur le marché et de l'obtention de contrastes différents susceptibles d'influencer la perception des poissons quand de la lumière, même faible, est disponible.

Photo 8: vue des 4 PMC 90 mm en noir, blanc et vert - ©IFREMER

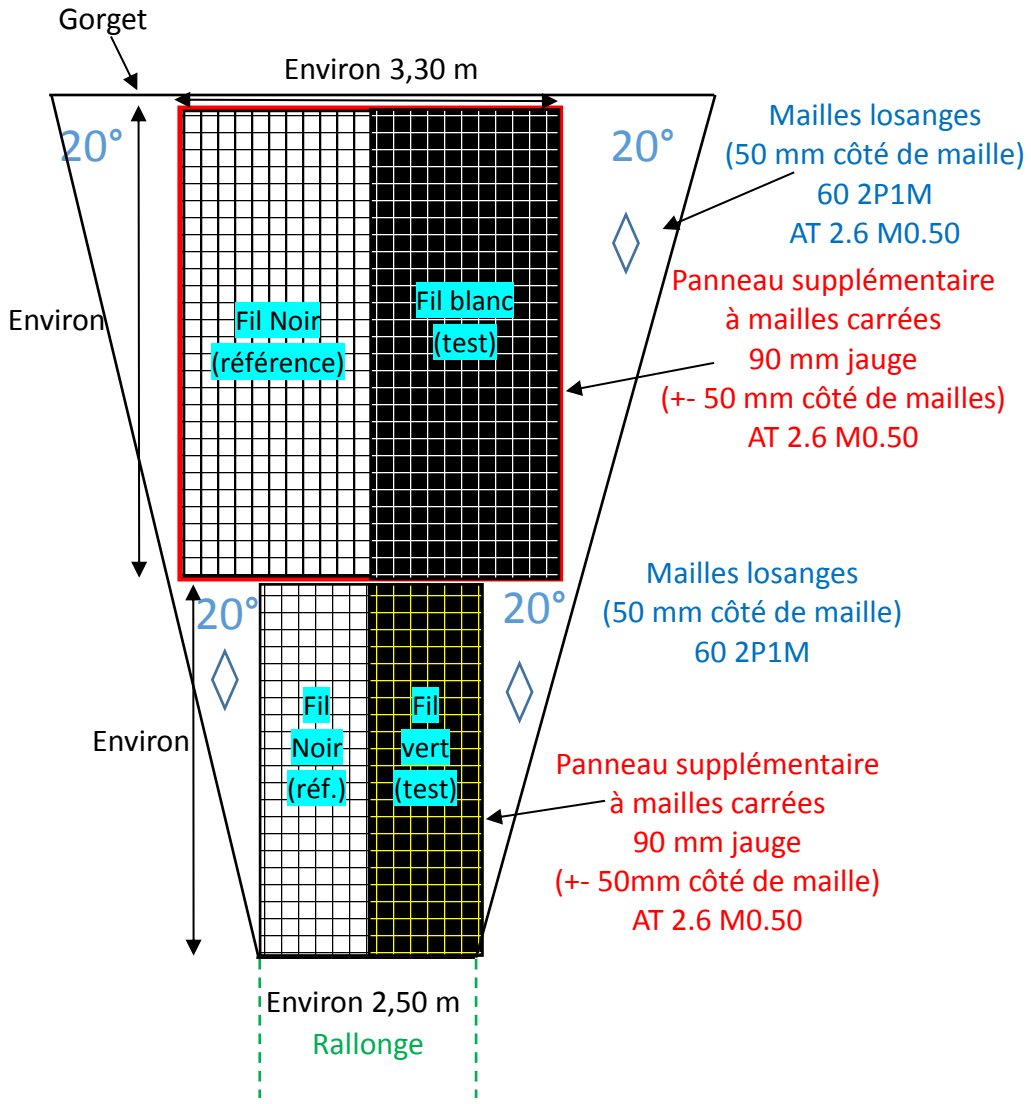


Figure 8 : variante expérimentale de la maille carrée 90 mm dans le gorget de l'AZUR pour tester l'effet de la couleur des PMC sur les échappements de poissons

3.1.2 CONDITIONS DE PECHE ET D'EXPERIMENTATION

3.1.2.1 TABLEAU DE DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON

Sommaire

Tableau 7 : description de l'échantillon - «mailles carrées 90 mm gorget»

Date de départ	Durée de la marée	Nb. De traits réalisés	Nb. De traits échantillonnés	Taux d'échantillonnage	Nb. de couples échantillonnés
27/11/2016	7	37	16	43%	8
15/01/2017	7	36	16	44%	8
22/01/2017	7	38	16	42%	8
05/02/2017	7	37	16	43%	8
13/02/2017	7	35	14	40%	7
Total	35	183	78	43%	39

L'objectif minimum de 30 couples a été atteint avec 39 couples d'opérations de pêche échantillonnés sur cinq marées de sept jours.
La répartition spatiale de l'échantillonnage est décrite par la figure ci-dessous.

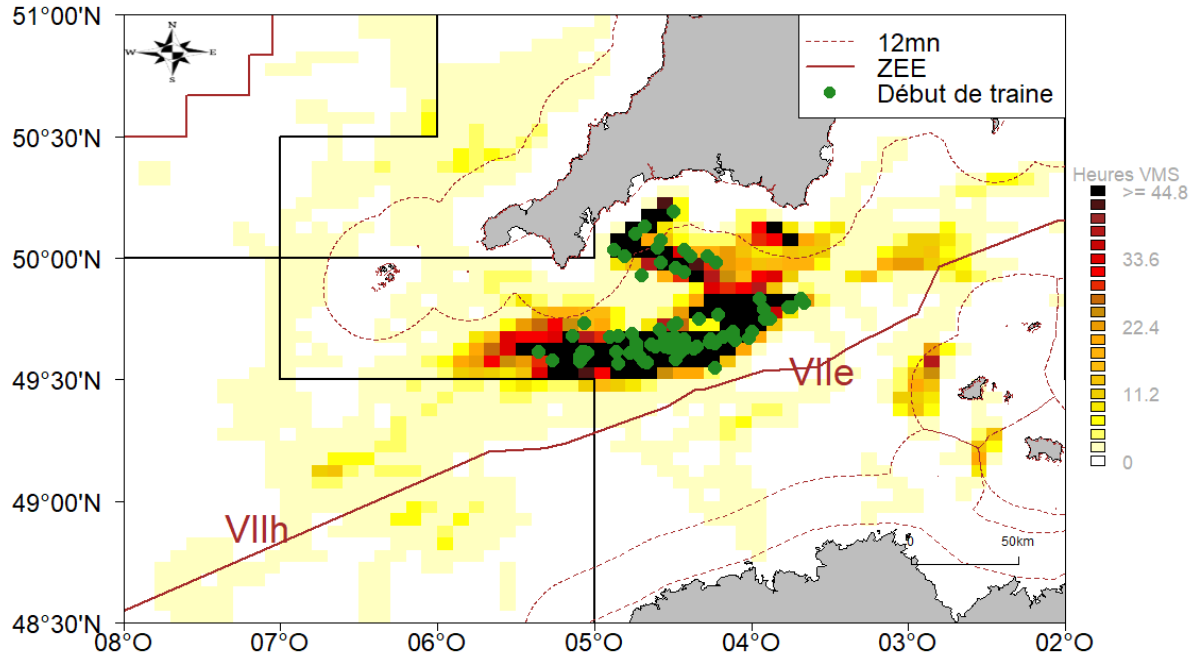


Figure 9 : cartographie de l'effort de pêche des chalutiers de fond hauturiers de l'OP cobrenord de novembre à mars avec un cul de chalut en 80 mm et position des débuts de traine des traits de chalut expérimentaux – Données VMS - Moyenne 2014-2015.

Globalement, les traits de chaluts échantillonnés se sont déroulés dans les zones de pêche les plus fréquentées par les chalutiers de fond hauturiers de l'OP COBRENORD en 80 mm durant la période automnale et hivernale (novembre à mars). Néanmoins, la zone 7h n'a pas été échantillonnée, notamment les zones les plus à l'ouest vers la fin du plateau continental. Cela se justifie par une volonté des acteurs du projet de privilégier les zones possédant une mixité des tailles de merlan et d'églefin. En effet, les zones de pêche les plus à l'ouest présentent davantage de concentration d'églefin, de lotte et de merlan de bonne taille, avec moins de petits individus. Or, pour les observations de sélectivité, il est préférable d'observer l'ensemble du gradient de taille afin de pouvoir juger de la taille critique de sélection d'un dispositif.

3.1.2.2 VALIDATION DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

Sommaire

Cinq marées de test ont été réalisées de fin novembre 2016 à mi-février 2017. L'ensemble des couples de traits validés ont été effectués soit de nuit (17) soit de jour (22), à 21 minutes d'intervalle en moyenne. Les coefficients de corrélations linéaires entre les deux traits de chaque couple ainsi que les différences de moyennes pour la profondeur, la durée de traîne et l'état de la mer démontrent de conditions très similaires au sein de chaque couple (Figure 10). Les variations de la durée de traîne quant aux captures seront prises en compte par la standardisation des biomasses et effectifs capturés et il est peu probable que de si faibles variations aient influé sur les taux d'échappements.

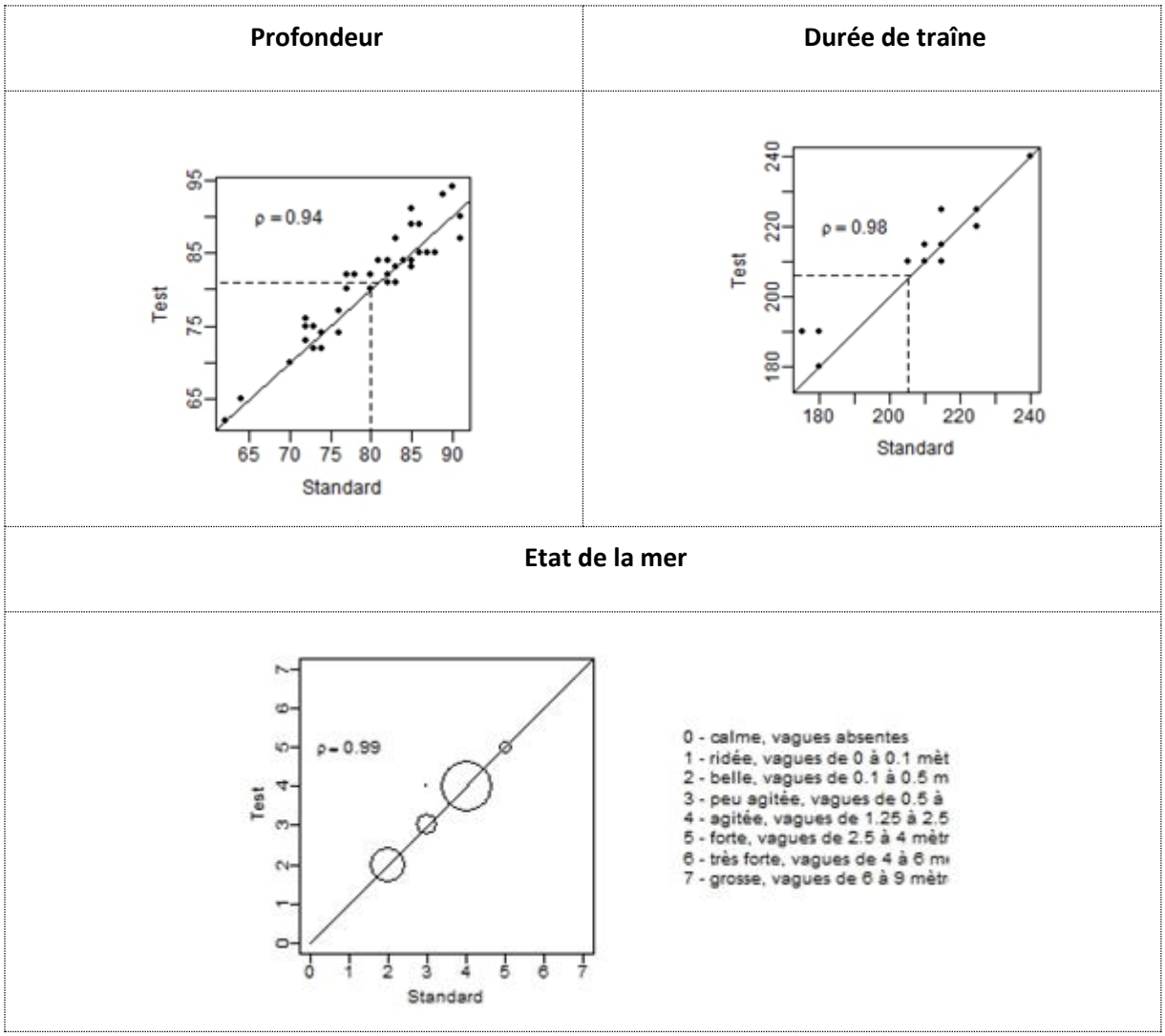


Figure 10 : description et comparaison des conditions environnementales (profondeur de traîne moyenne, durée de la traîne, état de la mer) de chaque paire de traits et entre les traits de chaque paire. Les lignes en pointillé indiquent la valeur moyenne pour chaque engin.

3.1.3 ANALYSE GLOBALE DES CAPTURES

3.1.3.1 ANALYSE GLOBALE

Sommaire

Pour deux couples de traits les captures n'ont pas été entièrement considérées en raison d'une capture anormalement élevée de merlan, sanglier et églefin dans l'un des deux traits du couple (en rouge dans les figures 11 et 12). Ces valeurs ont été considérées comme atypiques mais les couples ont été conservés pour les autres espèces comme elles ne présentaient pas des valeurs aberrantes.
Les captures ont varié de 156 à 1004 kg par trait et les taux de rejets de 3 à 57%. L'engin testé a capturé des biomasses globales plus importantes en moyenne que pour l'engin standard, que ce soit en débarquements, en rejets ou en taux de rejets, mais aucune de ces différences ne sont significatives (Figure 9).

Tableau 8: Pour chaque engin, biomasses moyennes des captures, débarquements et rejets par trait, et pourcentage moyen des rejets dans les captures de l'ensemble des marées tests

Chalut	CAPTURES	DEBARQUEMENTS	REJETS	% REJETEE
Standard (STD)	401 kg/trait	328 kg/trait	73 kg/trait	17%
Test (TEST)	440 kg/trait	349 kg/trait	91 kg/trait	19%

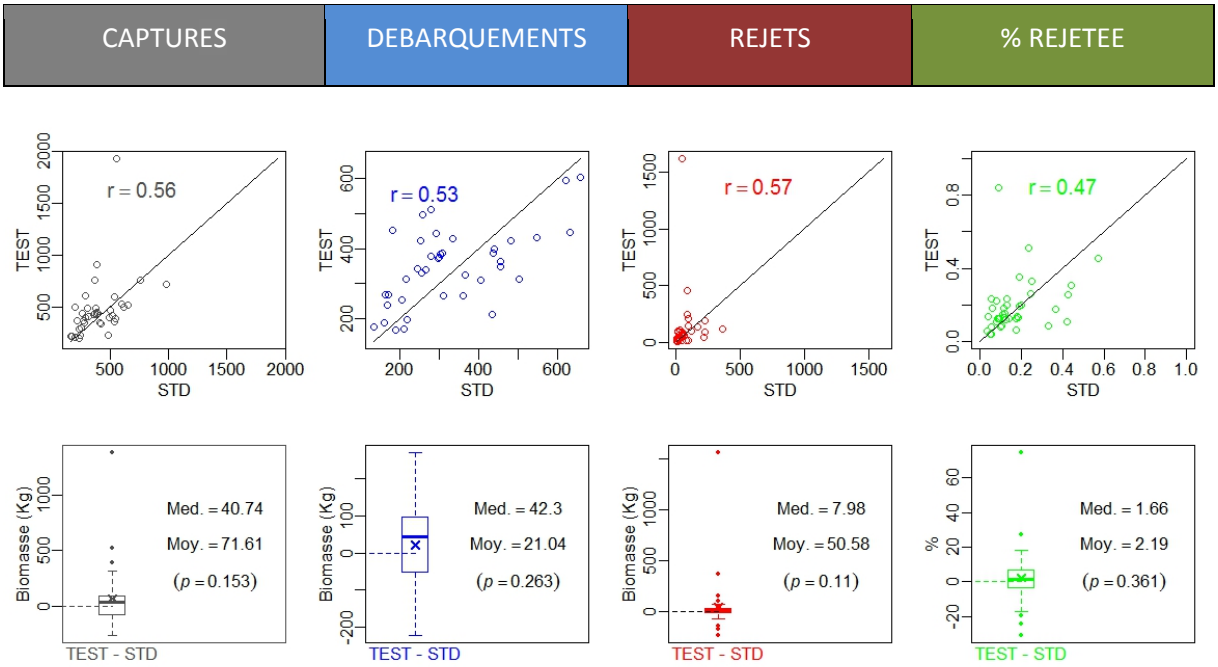


Figure 11 : Biomasse totale des captures par trait, des rejets et des débarquements, et proportion de rejet dans la capture. Distribution pour chaque engin et distribution des différences au sein des paires de traits (Standard/Test). *Moy.* et *Med.* sont les moyennes et médianes des différences entre les deux engins, *p* est la p-value associée au test.

3.1.3.2 ANALYSE PAR ESPECE

Sommaire

Au total, 57 espèces ont été observées dont 34 ont été capturées dans plus de 15 paires (cf. figure 10). Parmi les espèces ciblées, le merlan, les baudroies, la seiche, l'encornet et l'églefin constituent 58% de la biomasse débarquée. Les principales espèces accessoires sont le tacaud, les grondins rouges et perlons, la roussette et la raie fleurie, correspondant à 17% de la biomasse débarquée. Les espèces les plus rejetées en effectifs sont le sanglier, l'anchois, le Petit tacaud et la roussette, suivies par le maquereau, le merlu, l'églefin et le chinchard. Bien qu'elles soient des espèces d'intérêt pour le métier, très peu de débarquements de Cabillaud et de rejets de merlans ont été observés lors de ces marées test.

Sélection des espèces d'études : plus de 30 individus par traits sur plus 15 paires de traits ou espèce d'intérêt prioritaire :

Tableau 9 : espèces sélectionnées pour l'analyse du dispositif « mailles carrées 90 mm gorget »

Espèces débarquées	Espèces rejetées
Encornet, seiche, merlan, tacaud, grondins, rouget-barbet, baudroies (en témoin)	Maquereau, grondin gris, chinchard, sardine, anchois
Espèces débarquées et rejetées	
Eglefin	

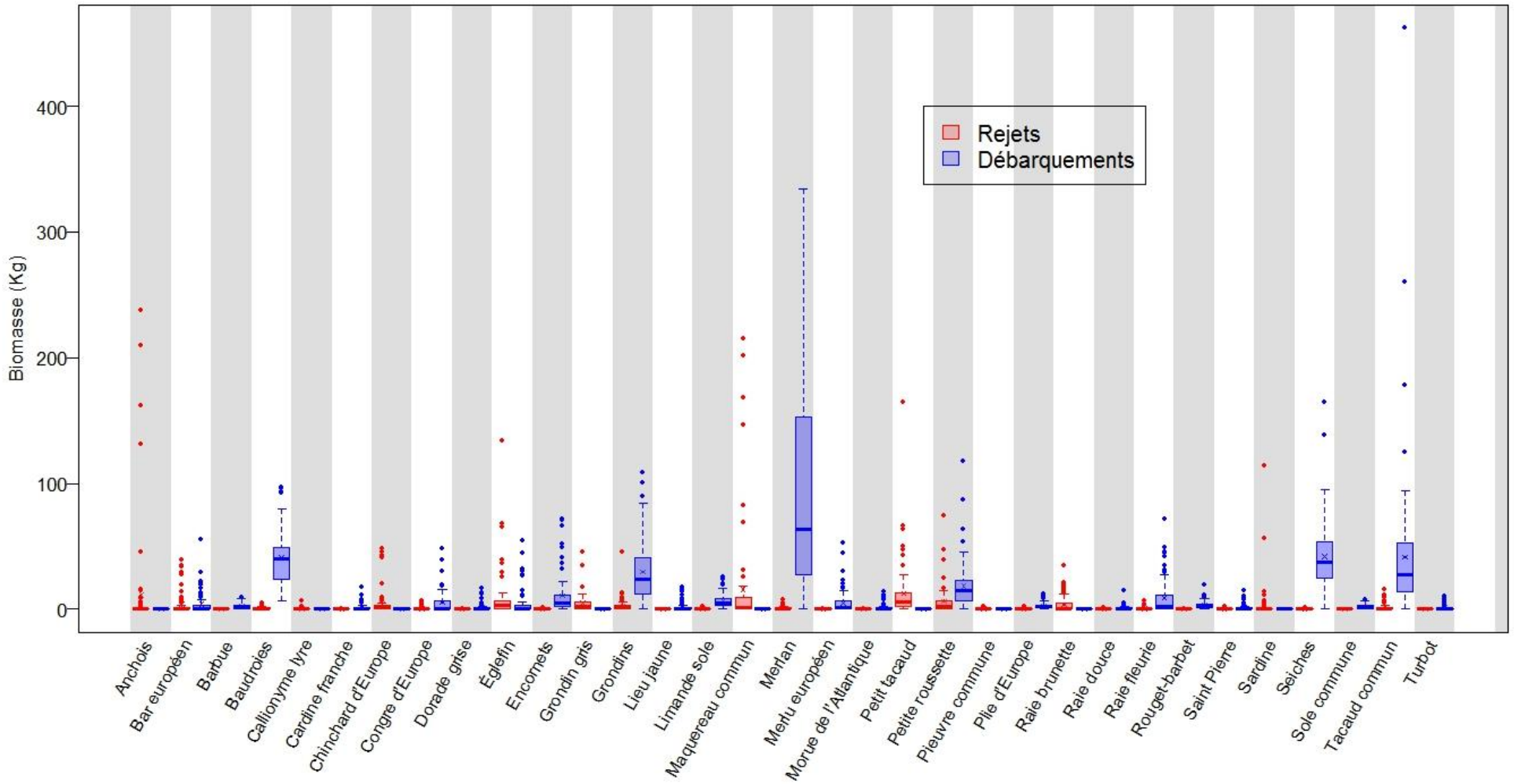
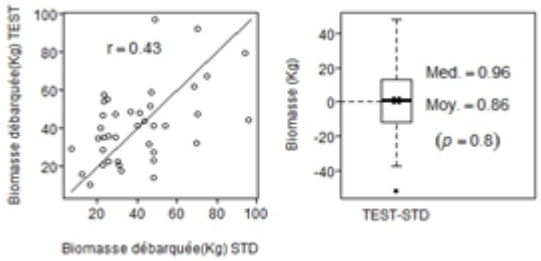


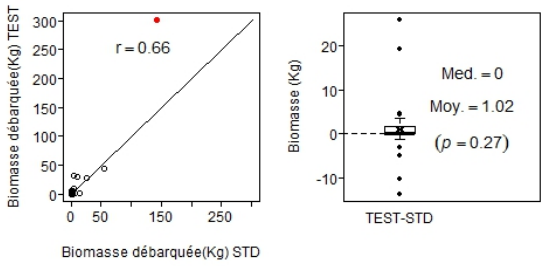
Figure 12 : Biomasse par couple de traits des débarquements et rejets de chaque espèce présente dans plus de 15 paires de traits

Lecture de la Figure 13 : à gauche, nuage de points des biomasses dans le standard et le sélectif. A droite sont présentés les résultats du test de nullité de la différence de biomasse intra paires entre le test et le standard. Les p-values *p* sont en couleurs lorsque le test était significatif à 5%, ainsi que la moyenne ou la médiane associée, suivant que le test était paramétrique ou non. Les points rouges sont considérés comme aberrants et ont été retirés de l'analyse.

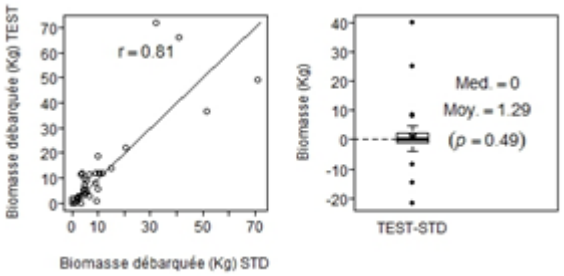
Baudroies



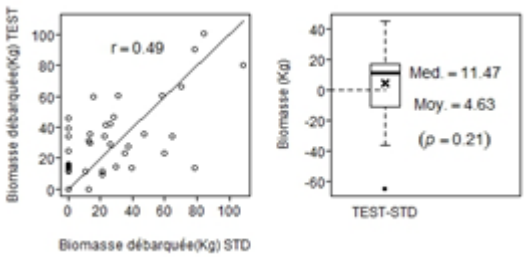
Eglefin



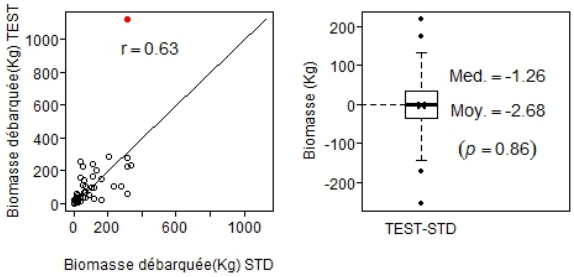
Encornet



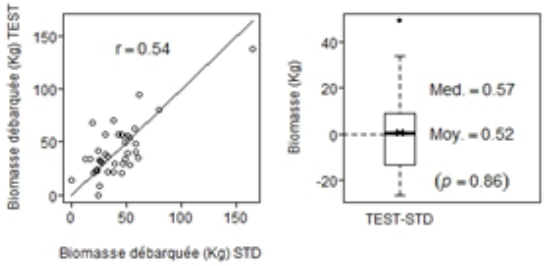
Grondins



Merlan



Seiche



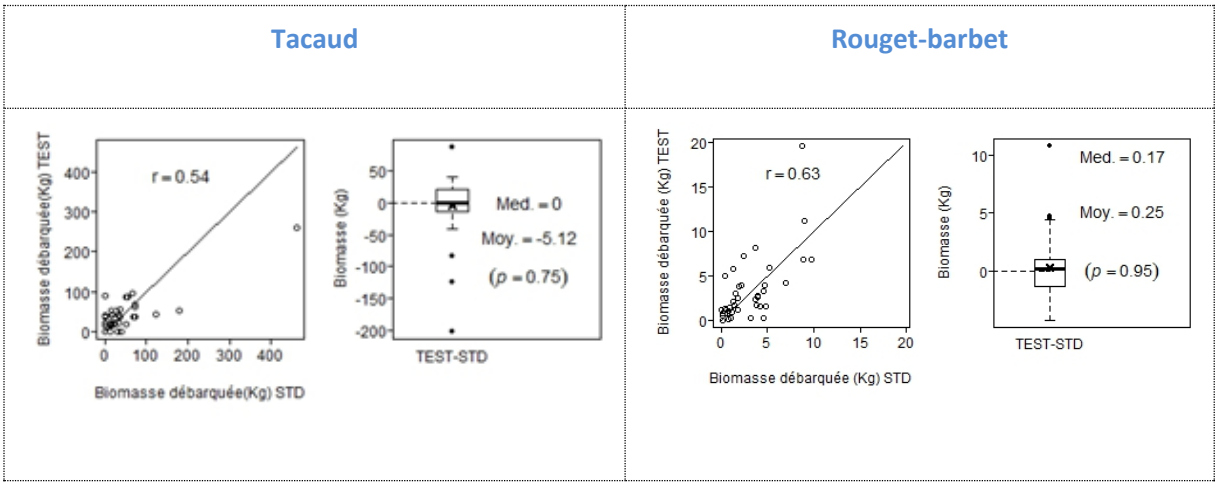
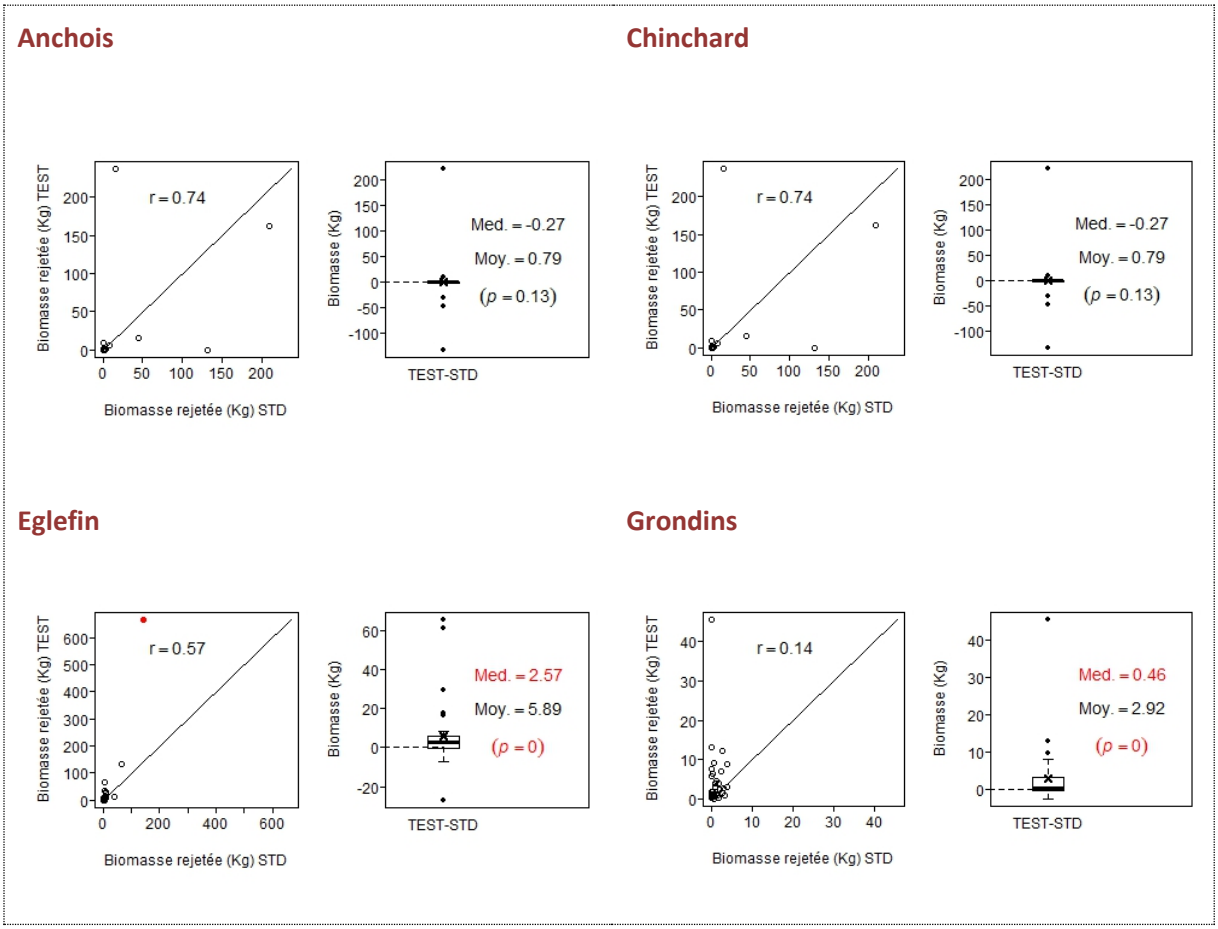


Figure 13 : Comparaisons des biomasses débarquées pour chaque espèce

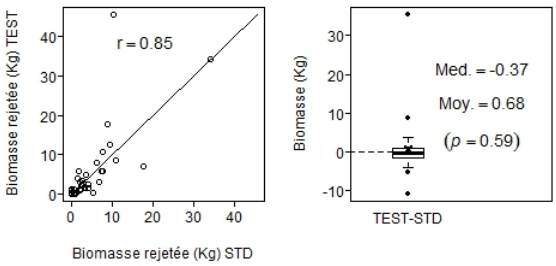
3.1.3.2.2 COMPARAISON DES BIOMASSES REJETEES

Sommaire

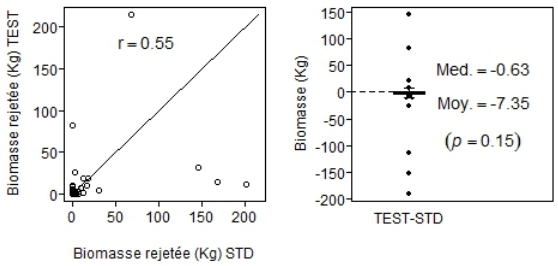
Lecture de la Figure 14 : à gauche, nuage de point des biomasses dans le standard et le sélectif. A droite sont présentés les résultats du test de nullité de la différence de biomasse intra paires entre le test et le standard. Les p-values *p* sont en couleurs lorsque le test était significatif à 5%, ainsi que la moyenne ou la médiane associée, suivant que le test était paramétrique ou non. Les points rouges sont considérés comme aberrants et ont été retirés de l'analyse.



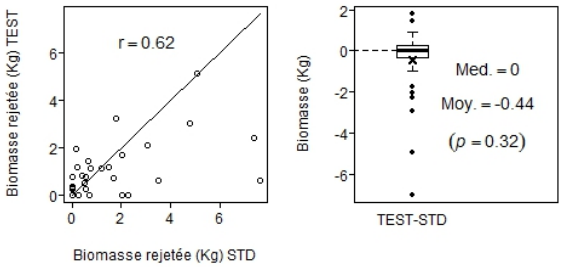
Grondin gris



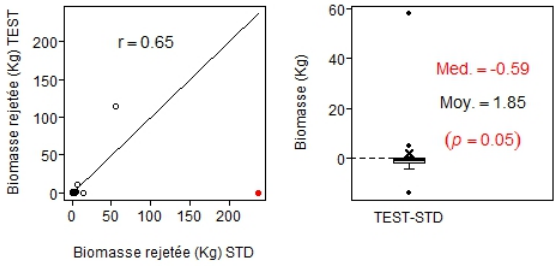
Maquereau



Merlan



Sardine



Tacaud

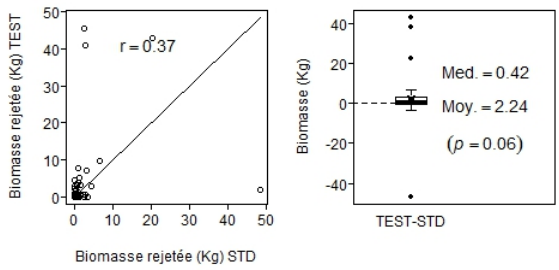


Figure 14: Comparaison des biomasses rejetées pour chaque espèce

Sommaire

Tableau 10 : Synthèse des comparaisons de capture par espèce. Les cellules en couleurs désignent les résultats présentant une différence significative (*p-value<0.05*) entre les deux engins.

Espèces	Nb de couples de traits	DEBARQUEMENTS			REJETS			TAUX DE REJETS		COMPOSITION DES REJETS	
		Pds moy / traits (kg)		Tx var SEL/STD	Pds moy / traits (kg)		Tx var SEL/STD	Rejets/captures (%)		Rejets / rejets totaux (%)	
		STD	TEST	%	STD	TEST	%	STD	TEST	STD	TEST
Merlan	38	102	100	-3	1,2	0,8	-36	0,6	0,1	1,5	0,6
Eglefin	37	4	5	+28	5	11	+106	70	0,6	11	20
Grondin rouge	39	28	32	+17	1	4	+249	11	0,04	1	3
Encornet	39	10	11	+13	1	1	+79	0,8	0	0,1	0,1
Tacaud	37	44	39	-11	2	2	-4	4	0,04	2	1
Seiche	39	42	42	+1	0	1	+40	0,2	0	0,1	0,1
Baudroies	39	41	42	+2	1	1	+2	2	0,02	0,8	0,5
Rouget-barbet	39	3	3	+8	0	0	-	0	0	0	0
Maquereau	36	0	0	-	19	12	-36	100	100	23	9
Chinchard	36	0	0	-	3	5	+69	100	100	4	4
Petit tacaud	39	0	0	-	9	16	+71	100	100	11	11
Grondin gris	34	0	0	-	5	5	+13	100	100	5	4
Sardine	17	0	0	-	9	3	-61	100	100	11	2
Anchois	15	0	0	-	11	11	+3	100	100	13	8

L'engin testé a débarqué en quantités similaires les espèces ciblées (églefin, seiche, encornet, baudroies), en effet aucune des différences de biomasse débarquées ne sont significativement différentes (*cf.* p-values dans la Figure 13), et mis à part le merlan elles sont toutes positives. En revanche, seule la sardine a montré une baisse significative de ses rejets parmi les principales espèces rejetées. Malgré une diminution non significative due à des niveaux de captures faibles et variables, le maquereau semble tout de même s'être mieux échappé d'après le patron et les images vidéo. Les rejets d'églefin et de grondin rouge ont été significativement plus importants, en partie à cause de l'augmentation générale des captures avec le chalut testé. En effet, en dehors des espèces d'intérêt, le chalut testé a capturé davantage d'espèces benthiques (baudroies, limande sole, roussette, etc.) pour lesquelles le dispositif n'a pas pu jouer un rôle sélectif direct. Ce résultat pourrait s'expliquer par des différences d'usure du chalut et du train de pêche.
L'analyse des tailles des individus capturés permettra de mieux comprendre le processus de sélectivité pour une espèce donnée (section 3.1.3. ci-dessous).

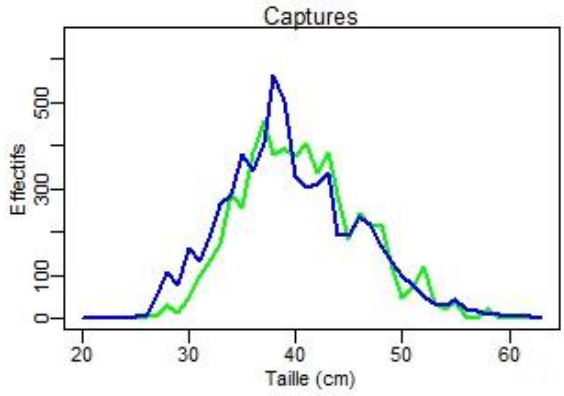
3.1.4 SELECTIVITE EN TAILLE

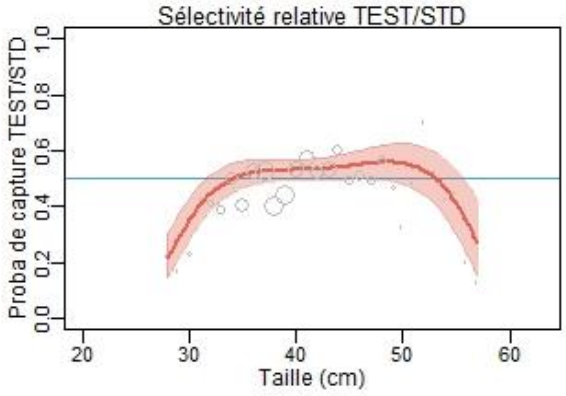
3.1.4.1 ANALYSE EN TAILLE

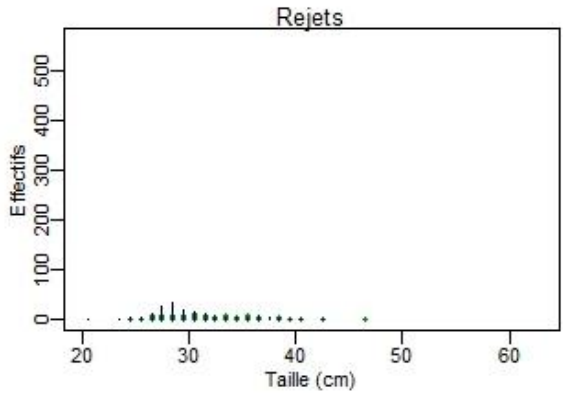
Sommaire

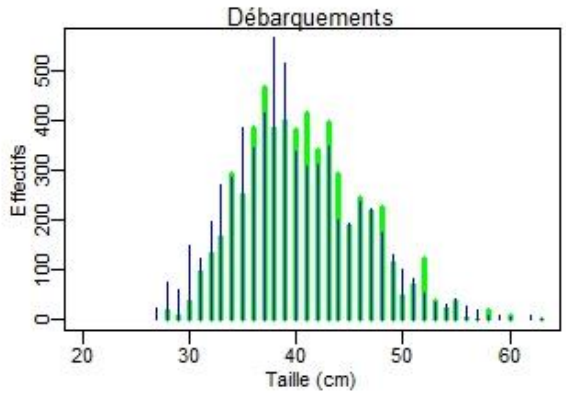
Parmi les espèces qui ont été mesurées, seules le merlan, l'églefin et le rouget-barbet ont été observés en quantités suffisantes pour permettre une analyse de sélectivité en taille. Les modèles retenus sont décrits en Annexe 8. Très peu de merlans sous tailles (<27 cm) ont été capturés dans les deux chaluts, générant des très petites quantités de rejets. L'engin testé a tout de même montré une augmentation significative de la sélectivité jusqu'à 32 cm, et en moyenne jusqu'à 34 cm. En raison des très faibles quantités de merlan sous taille capturées quel que soit l'engin, l'amélioration significative de la sélectivité du merlan par l'engin test ne s'est pas retrouvée dans les quantités rejetées.
Les églefins sous tailles ont été capturés en trop petites quantités pour observer une différence de sélectivité, et les tailles commerciales ont été capturées en beaucoup plus grandes quantités dans l'engin testé. Cette espèce étant rejetée par manque de quotas, cela explique l'augmentation des biomasses rejetées (cf. partie 3.1.3.1.). En effet, au-delà de la limite dont dispose le navire, chaque églefin supplémentaire est rejeté. Le chalut qui capture le plus a donc mécaniquement un taux de rejet plus élevé. Etant donné les tailles concernées (29-50 cm) cela ne peut pas s'expliquer par des différences d'échappements (cf. test en criée – partie 1.3.3). Il est surprenant que la meilleure capturabilité sur les grandes tailles ne se retrouve pas pour le merlan. Enfin, aucune différence significative de capture de rouget-barbet n'a été observée, et ce quelle que soit sa taille (15-40 cm).

Merlan

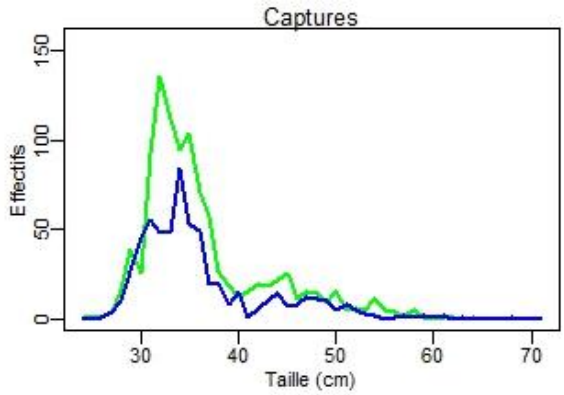


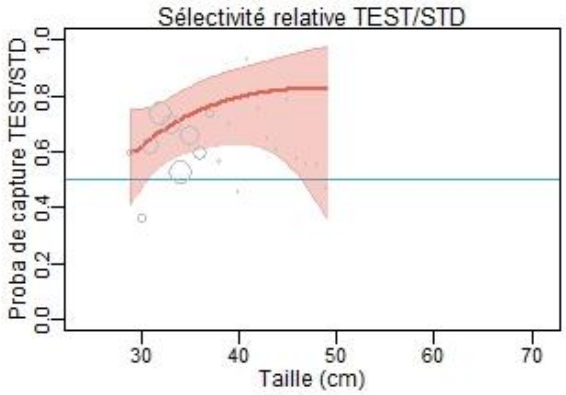


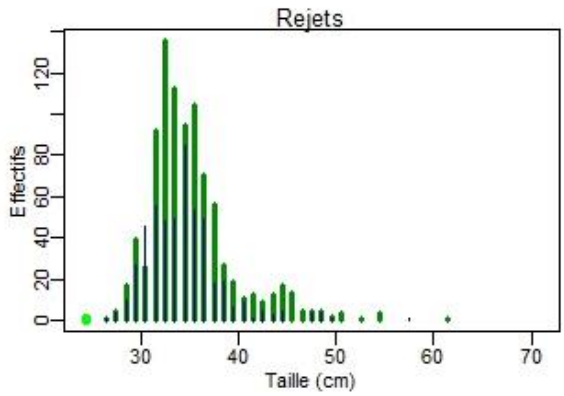


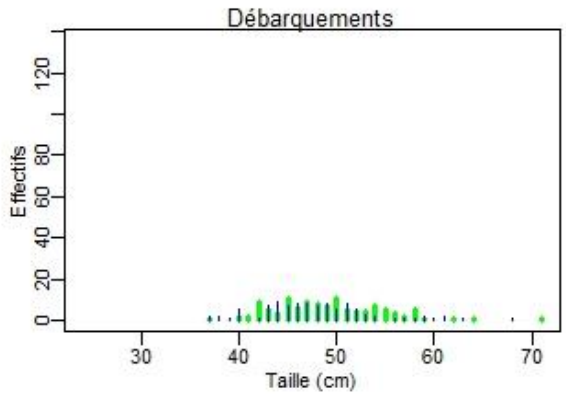


Eglefin









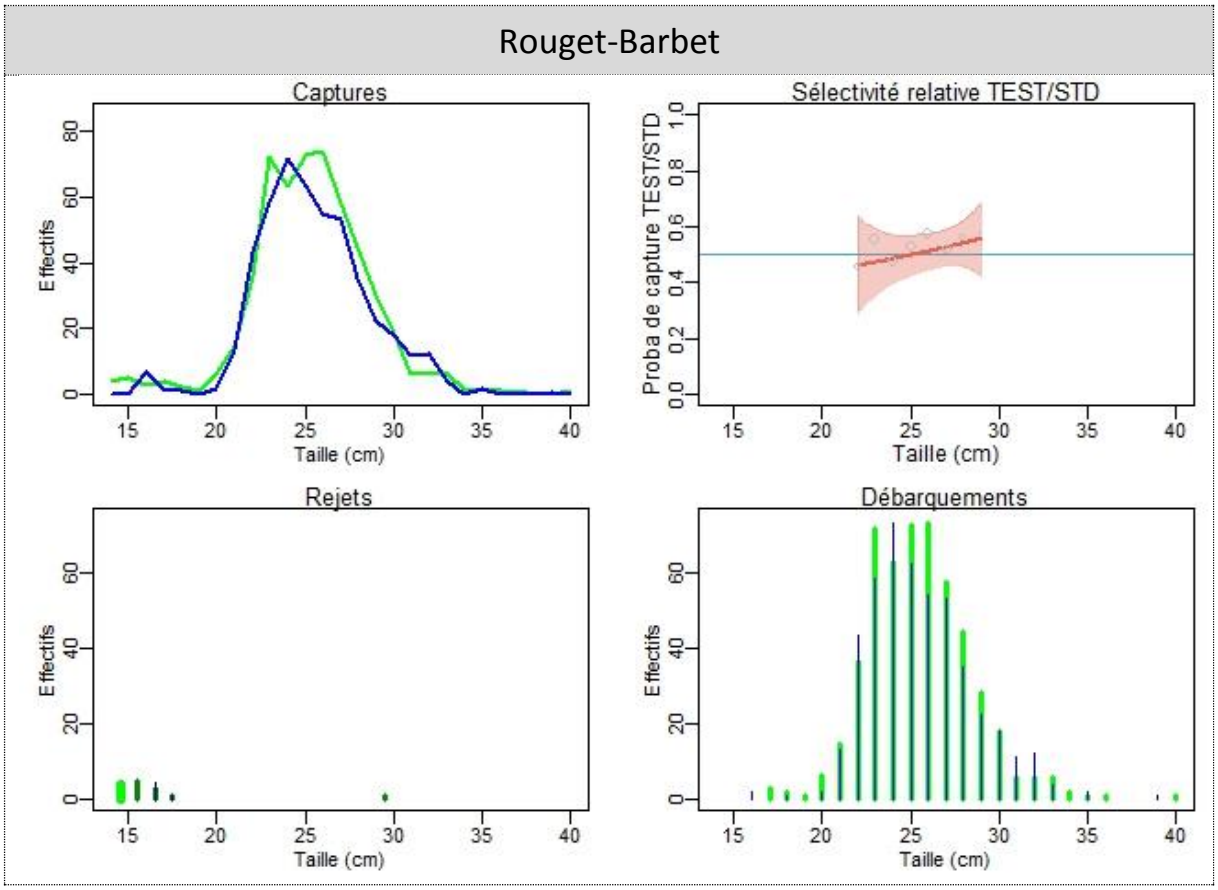


Figure 15 : pour chaque espèce, de gauche à droite : distributions en taille des effectifs capturés dans l'engin test (vert) et l'engin standard (bleu) ; distributions en tailles des effectifs rejetés ; des effectifs débarqués ; prédictions et intervalle de confiance à 95% de la sélectivité en taille de l'engin test relativement à l'engin standard (les captures relatives moyennes observées sont représentées par des cercles de diamètre proportionnel à l'effectif total de la taille considérée.

3.1.4.2 INDICATEURS DE SELECTIVITE EN TAILLE

Sommaire

Tableau 11 : Indicateurs issus du modèle de sélectivité en taille. Les poids des captures ont été présentés pour les gammes de tailles conservées pour l'analyse. Les résultats en couleur correspondent aux taux de captures relatives significativement différentes de 0.5, le signe du taux de variation renseignant sur l'augmentation/la diminution associée. Note : le signe du taux de variation prédit peut être différent du taux de variation des observations car il est issu d'un modèle.

Espèces	$Lr_{0.5}$	Calibres et tailles commerciales	Captures			
			Pds. moy. (kg) /trait observé		Prédiction du taux var. TEST/STD en nb d'individus	Sélectivité relative prédite
			STD	TEST		
	34.0 cm [31.7; 39.5]	T10 (>40 cm)	58	62	+14%	0.53 [0.37; 0.56]
		T20 (36-40 cm)	28	26	+12%	0.53 [0.52; 0.53]
		T30 (32-36 cm)	9	7	-1%	0.50 [0.48; 0.51]
		T40 (27- 32 cm)	4	2	-40%	0.37 [0.23; 0.45]
		Sous-taille (<27 cm)	0	0	NA	NA
Eglefin	NA	T10 (≥ 49 cm)	0.3	0.3	+258%	0.78 [0.78; 0.78]
		T20 (41-48 cm)	2	3	+276%	0.79 [0.79; 0.79]
		T30 (35-40 cm)	2	3	+207%	0.75 [0.73; 0.78]
		T40 (30-34 cm)	3	6	+111 %	0.68 [0.61; 0.72]
		Sous-taille (<30 cm)	0.2	0.3	+41%	0.58 [0.58; 0.59]
Rouget-barbet	25.2 cm [22; 29]	T10 (<32 cm)	0.2	0.1	NA	NA
		T21 (28-32 cm)	0.5	0.6	+20%	0.55 [0.54; 0.55]
		T22 (25-27 cm)	1.1	1.3	+4%	0.51 [0.50; 0.53]
		T31 (20-24 cm)	0.7	0.7	-9%	0.48 [0.46; 0.49]
		T32 (15-19 cm)	0	0	NA	NA
		Sous-taille (<15 cm)	0	0	NA	NA

3.1.5 ANALYSE COMMERCIALE A COURT TERME A L'ECHELLE DE LA FLOTTILLE

Sommaire

Compte tenu des résultats concernant l'échappement par espèce et par calibre commercial sur ce cas d'étude, il a été acté que l'impact commercial est négligeable, voir nul. En effet, la seule espèce pour laquelle une petite variation de capture commercialisable existerait serait le merlan de calibre 40. Or, sur la partie retenue de ces individus, le prix moyen est faible et les quantités peu importantes.

3.2 PANNEAU A MAILLES CARREES GORGET/RALLONGE 80 MM (RALLONGE ET CUL QUATRE FACES)

3.2.1 PRESENTATION DU DISPOSITIF SELECTIF

Sommaire

Tableau 12 : rappel des caractéristiques du cas d'étude – «mailles carrées 80 mm gorget/rallonge»

Engin	Maillage jauge	Période	Zone	Espèces indésirées	Espèces ciblées
Chalut de fond quatre faces	**100 mm**	**Décembre-février**	**Manche Ouest (7eh)**	Merlan < 32 cm; Eglefin < 34 cm; Maquereau; Chinchard	Merlan > 32 cm; Encornets ; Baudroies; Seiche ; Eglefin > 34 cm; Cabillaud

Le métier ciblé par ce cas d'étude est très similaire à celui étudié avec l'AZUR (et L'ECUME DES JOURS en 3.3). En effet, il s'agit des mêmes zones (7 eh) et des même périodes (Oct.-mars), avec un volume d'activité équivalent (25% des débarquements de l'année en 2015-2016). Seul le maillage utilisé change : 100 mm au lieu de 80 mm. Globalement, l'alternance entre ces deux maillages dépend des espèces ciblées. En général, le 100 mm est davantage utilisé pour cibler les gadidés (merlan/églefin), plutôt l'hiver alors que le 80 mm est mis en service pour l'encornet en automne. Cependant, l'utilisation des maillages varient selon les navires, certains privilégiant le 80 mm et vice-versa. On observe également un gradient Est-Ouest entre le 80 mm et le 100 mm (cf. partie 1.1.1). En effet, le 80 mm est davantage utilisé à l'est de la Manche Ouest (ex : Hanois) ou le poisson est réputé plus petit (petit merlan, rouget, encornet, etc.) et l'ouest (ex : sud Lizard) où l'églefin, la lotte et le gros merlan sont plus présents.

Tableau 13 : description du navire et des engins du cas d'étude – «mailles carrées 80 mm gorget/rallonge»

Navire		
Nom du navire	L'ECUME DES JOURS (722685)	© OP COBRENORD
Longueur HT (m)	21,06	
Puissance (Kw)	331	
Jauge (tonneaux)	90	
Engins		
	Témoin	**Sélectif**
Type de chalut	Chalut de fond quatre faces	Chalut de fond quatre faces
Corde dos (m)	26,6	26,6
Bourrelet	Diabolos	Diabolos
Nb de chaînes gratteuses	2/3	2/3
Ouverture verticale (estimée en m)	6	6
Dispositif sélectif	Non	Face du dessus : PMC fin de gorget et moitié de rallonge en 80 mm
Maillage du cul de chalut (jauge – mesure avec jauge omega)	101 mm (2 faces)	100 mm (quatre faces)
Gréement	Fourche	Fourche

Choix du dispositif :

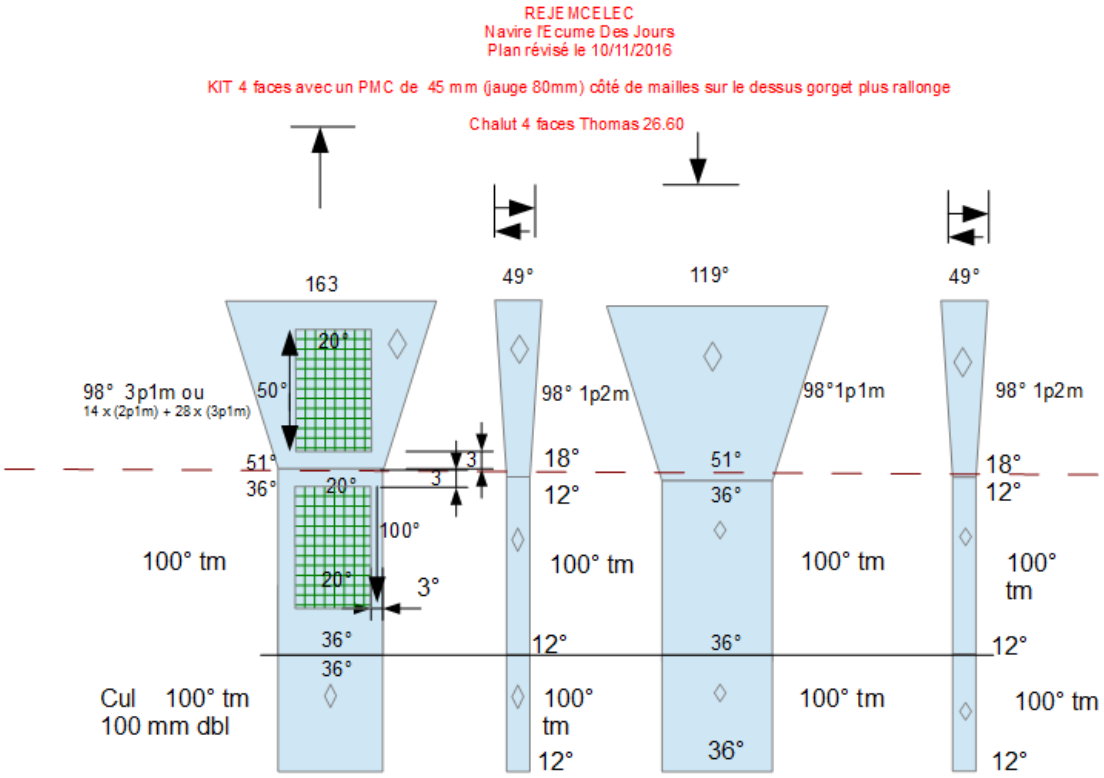
Les premiers résultats mitigés obtenus sur l'Azur (grand PMC 90 mm dans le gorget) et les nombreuses références de PMC dans le dessus de la rallonge ont conduit à proposer ce long PMC partagé dans ces deux parties du chalut, rallonge et gorget. Par ailleurs, les essais préalables réalisés en « fall through » au travers de mailles carrées avec du merlan (cf. partie 1.3.3), la marée préliminaire, ainsi que les résultats de projets précédents en Manche/Mer du Nord (Selecmer, Selecfish) ont déterminé le choix du maillage de 80 mm (Leonardi et al., 2009), (Weiller et al., 2014).

Principe et objectifs du dispositif :

Il s'agit de la combinaison d'une rallonge et d'un cul de chalut à quatre faces, favorisant l'ouverture des mailles et de la partie terminale du chalut, associés à un long panneau dorsal à mailles carrées, s'étendant depuis le gorget jusqu'à la moitié de la rallonge.
Ce dispositif vise à limiter les rejets (sous tailles) de poissons. Le principe est d'offrir un potentiel d'échappement aux poissons de petite taille sur une grande longueur et de diminuer la probabilité de contact de l'encornet avec la toile.

Descriptif du dispositif :

Ce panneau de mailles carrées est réalisé en plusieurs pièces : un panneau de 4,5 m de longueur environ (100 mailles carrées) est situé sur le dessus de la rallonge dans sa partie antérieure. Un deuxième panneau de 2,25 m environ (50 mailles carrées) est situé en amont du premier sur la partie terminale du gorget.



Les mailles de coutures (3° X 2) sont à ajouter aux mailles libres indiquées sur le croquis.

Figure 16 : schémas du dessus, dessous et faces de côté du kit 4 faces du chalut sélectif équipé de panneaux à mailles carrées 80 mm jauge dans rallonge et gorget

Les deux panneaux comportent 20 mailles carrées dans le sens de la largeur, afin de respecter le taux d'assemblage suivant entre mailles carrées et mailles losanges : 3 mailles losanges (100 mm jauge) pour 2 côtés de maille du PMC (80 mm jauge) dans le sens de la largeur et 2 côtés de mailles carrées (80 mm jauge) pour 1 maille losange (100 mm jauge) dans le sens de la longueur

3.2.2 CONDITIONS DE PECHE ET D'EXPERIMENTATION

3.2.2.1 TABLEAU DE DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON

Sommaire

Tableau 14 : description de l'échantillon - «mailles carrées 80 mm gorget/rallonge»

Date de départ	Durée de la marée	Nb. De traits réalisés	Nb. De traits échantillonnés	Taux d'échantillonnage	Nb. de couples échantillonnés
08/02/2017	7	37	20	54%	10
15/02/2017	7	36	18	50%	9
01/03/2017	7	27	16	59%	8
15/03/2017	7	35	20	57%	10
22/03/2017	7	34	18	53%	9
Total	35	169	92	54%	46

L'objectif minimum de 30 couples a été atteint avec 46 couples d'opération de pêche échantillonnés sur cinq marées de sept jours.
La répartition spatiale de l'échantillonnage est décrite par la ci-dessous.

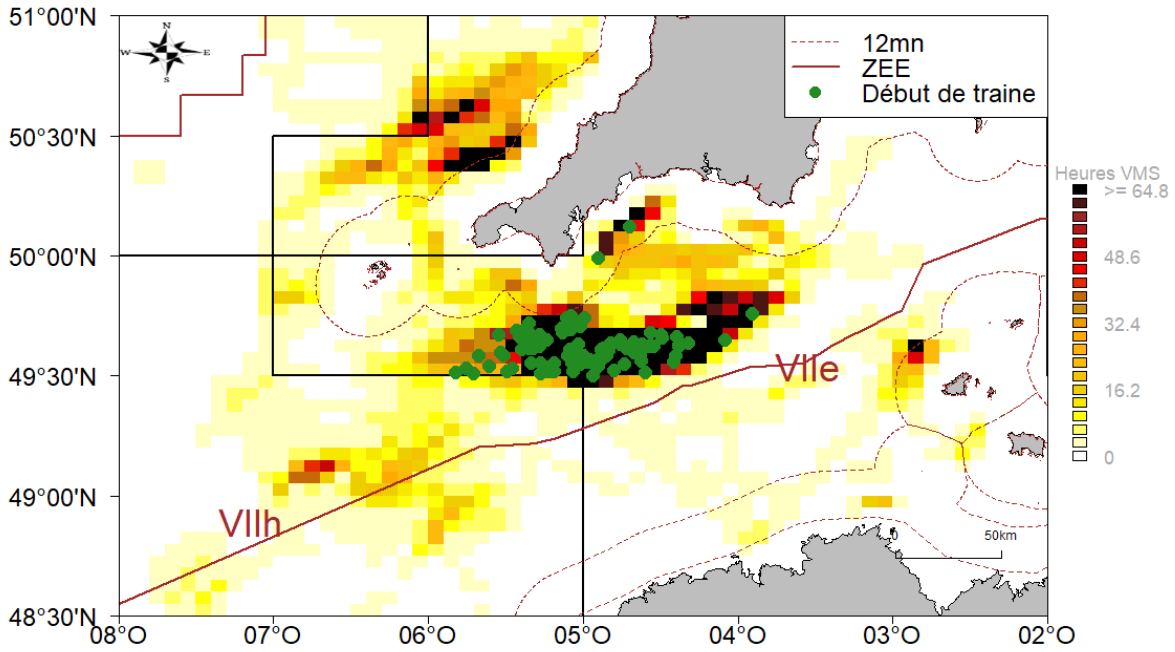


Figure 17 : cartographie de l'effort de pêche des chalutiers de fond hauturiers de l'OP cobrenord d'octobre à mars avec un cul de chalut en 100 mm et position des débuts de traine des traits de chalut expérimentaux – Données VMS - Moyenne 2014-2015.

Globalement, les traits de chaluts échantillonnés se sont déroulés dans les zones de pêche les plus fréquentées par les chalutiers de fond hauturiers de l'OP COBRENORD en 100 mm durant la période automnale et hivernale (octobre à mars). Comme pour l'AZUR, la partie travaillée du 7h a été ignorée compte tenu des compositions de capture différentes dans cette zone.

3.2.2.2 VALIDATION DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

Sommaire

Cinq marées de test ont été réalisées de début février à fin mars 2017. L'ensemble des couples de traits validés ont été effectués soit de nuit (23 paires) soit de jour (24 paires), à 29 minutes d'intervalle en moyenne. Les profondeurs de traîne ont varié entre 67 et 102 m avec des différences quasi nulles au sein de chaque paire. Les durées des traînes ont varié entre 165 et 290 minutes et étaient également quasiment identiques hormis pour quatre paires. De plus dix paires ont été effectuées avec des conditions de mer différentes, dont deux dans des conditions très différentes. Une attention sera portée sur les captures de ces couples pour déterminer si ces conditions ont pu influer sur les échappements, néanmoins les conditions ne sont pas biaisées en moyenne.

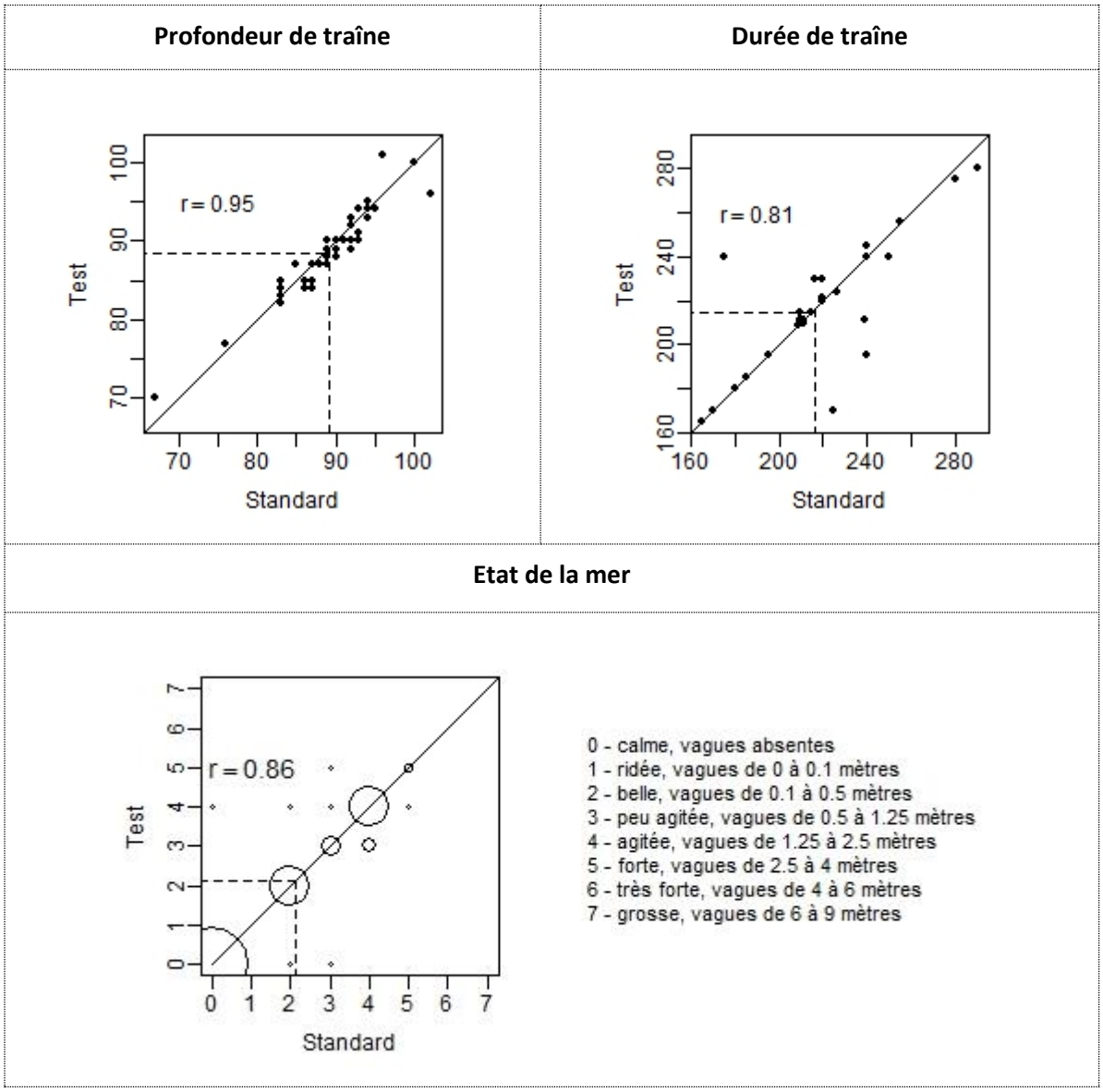


Figure 18 : description et comparaison des conditions environnementales (profondeur de traîne moyenne, durée de la traîne, état de la mer) de chaque paire de traits et entre les traits de chaque paire. Les lignes en pointillé indiquent la valeur moyenne pour chaque engin.

3.2.3 ANALYSE GLOBALE DES CAPTURES

3.2.3.1 ANALYSE GLOBALE

Sommaire

Pour cinq espèces (merlan, sanglier, tacaud, maquereau et chinchard), la capture dans l'un des deux traits d'un couple a été retirée de l'analyse en raison d'un poids anormalement élevée par rapport aux captures des autres couples de traits (en rouge dans la Figure 21 et la Figure 22).

Les captures totales ont varié de 100 à 700 kg par trait et les taux de rejets de 3 à 57%. L'engin testé a capturé des biomasses significativement moins importantes en moyenne que pour l'engin standard (-67 kg/trait), résultant en des débarquements et rejets moindres, mais la diminution n'a été significative uniquement pour les rejets (-49 kg/trait). En conséquence, le taux de rejet a également significativement diminué de 9.5 points de pourcentage en moyenne (figure 17).

Tableau 15 : pour chaque engin, biomasses moyennes des captures, débarquements et rejets par trait, et pourcentage moyen des rejets dans les captures de l'ensemble des marées tests

Chalut	CAPTURES	DEBARQUEMENTS	REJETS	% REJETEE
Standard (STD)	387 kg/trait	282 kg/trait	105 kg/trait	27%
Test (TEST)	320 kg/trait	264 kg/trait	56 kg/trait	18%

CAPTURES	DEBARQUEMENTS	REJETS	% REJETEE

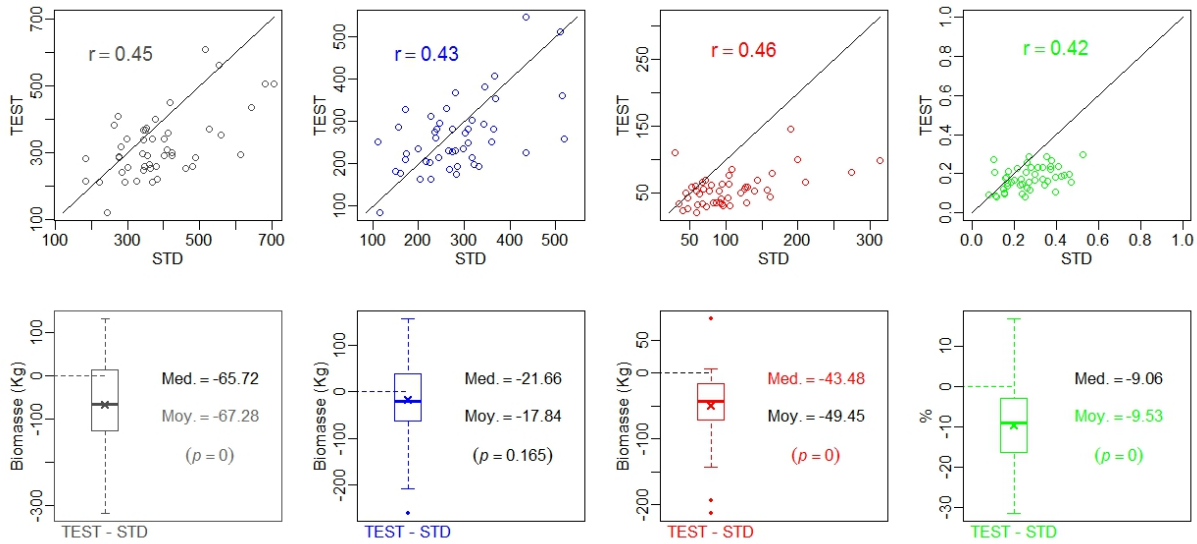


Figure 19 : biomasse totale des captures par trait, des rejets et des débarquements, et proportion de rejet dans la capture. Distribution pour chaque engin et distribution des différences au sein des paires de traits (Standard/Sélectif). Moy. et Med. sont les moyennes et médianes des différences entre les deux engins et *p* la p-value associée au test.

3.2.3.2 ANALYSE PAR ESPECE

Sommaire

Au total, 32 espèces ont été observées, dont 28 dans plus de 15 paires (cf. Figure 20). Parmi les espèces ciblées, le merlan, la baudroie, l'églefin, la seiche ont été les plus débarquées. Parmi les captures accessoires, le grondin rouge, la raie lisse, la limande, le merlu, la lingue franche et la roussette ont également été débarquées en quantités importantes. Les rejets ont été constitués majoritairement d'églefins, de merlans, de grondins gris et rouge, de tacaud et de roussette.

Parmi les espèces présentes dans plus de 15 paries, 12 ont été sélectionnées pour l'analyse des comparaisons de capture par espèce (plus de 30 individus par trait ou espèce d'intérêt prioritaire).

Tableau 16 : espèces sélectionnées pour l'analyse du dispositif « mailles carrées 80 mm gorget/rallonge »

Espèces débarquées	Espèces rejetées
Encornet, rouget-barbet, seiche, baudroies (témoin)	Grondin gris, chinchard, maquereau, sanglier
Espèces débarquées et rejetées	
Grondins (rouge et perlon), merlan, tacaud, églefin	

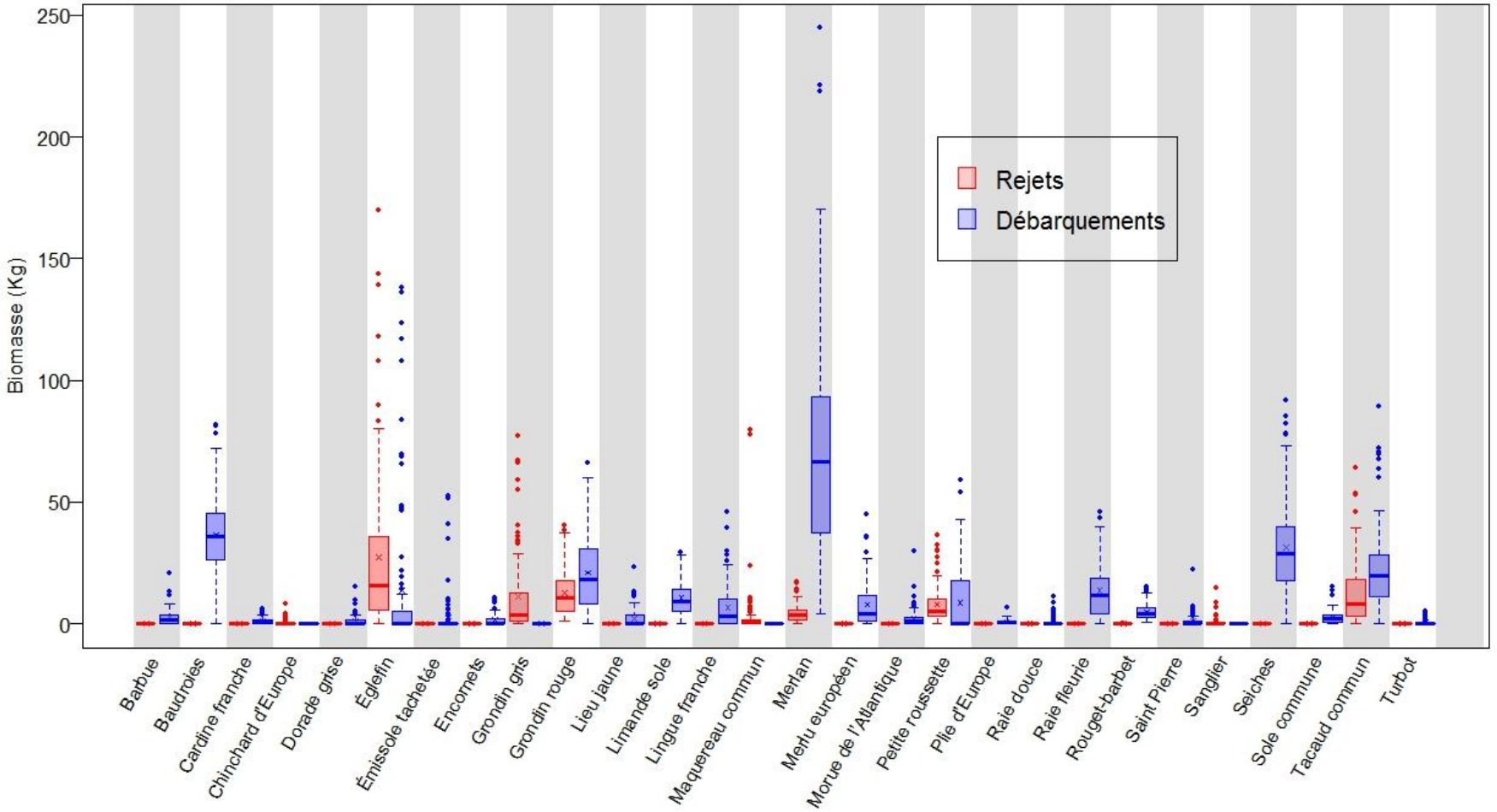


Figure 20 : biomasse par couple de traits des débarquements et des rejets de chaque espèce présente dans plus de 15 paires de traits.

Pour l'encornet, les grondins et le rouget barbet, une diminution significative de la biomasse a été observée dans les captures de l'engin testé. Pour l'encornet et le rouget-barbet, les taux de réduction sont importants (55% et 46% respectivement, Tableau 17), mais ont été observés sur des captures très faibles (différences de 1,53 kg et 2,85 kg respectivement).

L'engin test a généré moins de rejets pour toutes les espèces considérées, et les différences de biomasses sont significatives mis à part pour le chinchard et le grondin gris en raison d'un trop faible nombre d'observations.

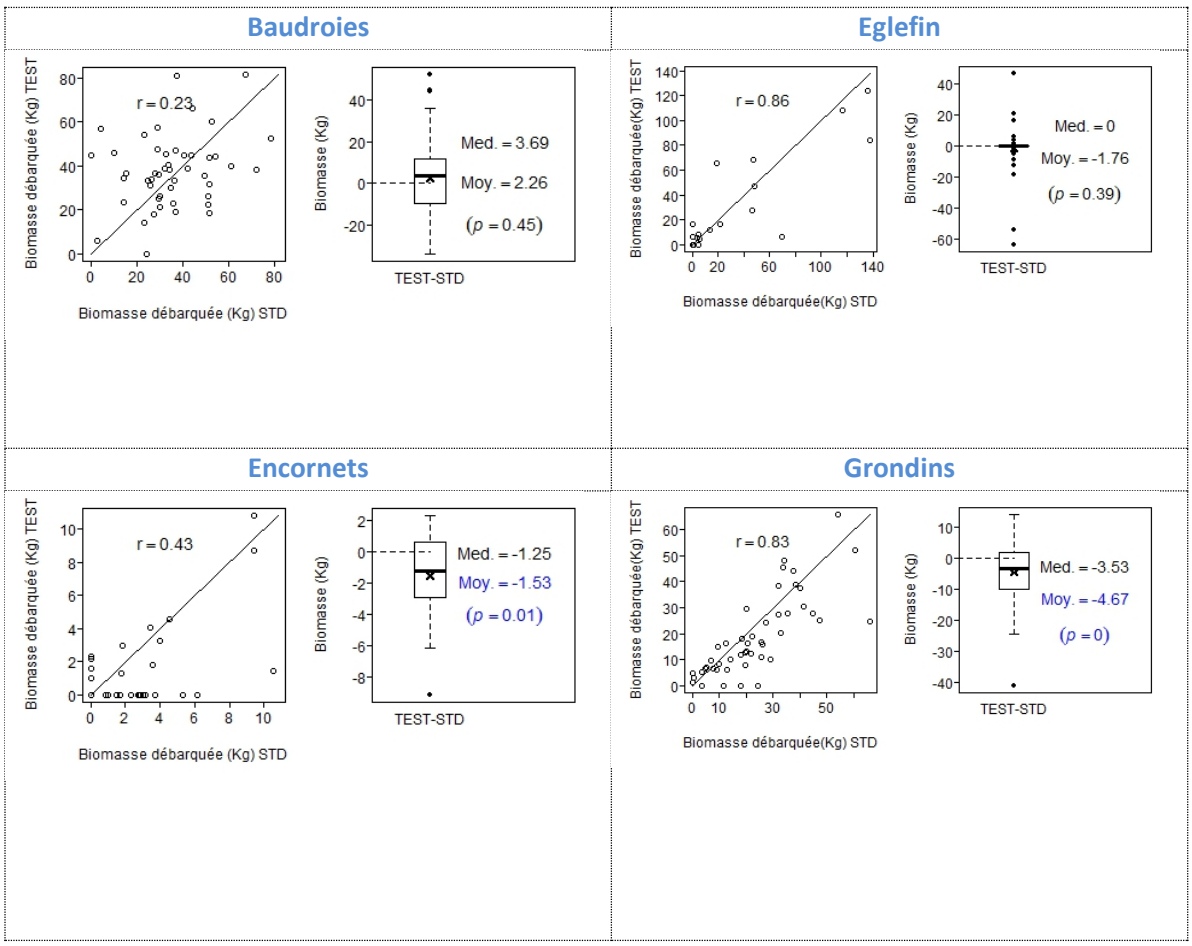
L'engin test a été apparemment trop sélectif, mais les diminutions de rejets sont importantes et les proportions rejetées ont diminué pour toutes les espèces à la fois débarquées et rejetées.

Par ailleurs, les différences non-significatives observées sur les baudroies permettent de supposer que les deux chaluts disposaient d'une capturabilité similaire. En effet, cette espèce benthique peut servir d'espèce "contrôle" car elle n'est *a priori* pas susceptible de s'échapper par le dispositif sélectif.

3.2.3.2.1 COMPARAISONS DES BIOMASSES DEBARQUEES

Sommaire

Lecture de la Figure 21 : à gauche, nuage de point des biomasses dans le standard et le sélectif. A droite sont présentés les résultats du test de nullité de la différence de biomasse intra paires entre le test et le standard. Les p-values *p* sont en couleurs lorsque le test était significatif à 5%, ainsi que la moyenne ou la médiane associée, suivant que le test était paramétrique ou non. Les points rouges sont considérés comme aberrants et ont été retirés de l'analyse.



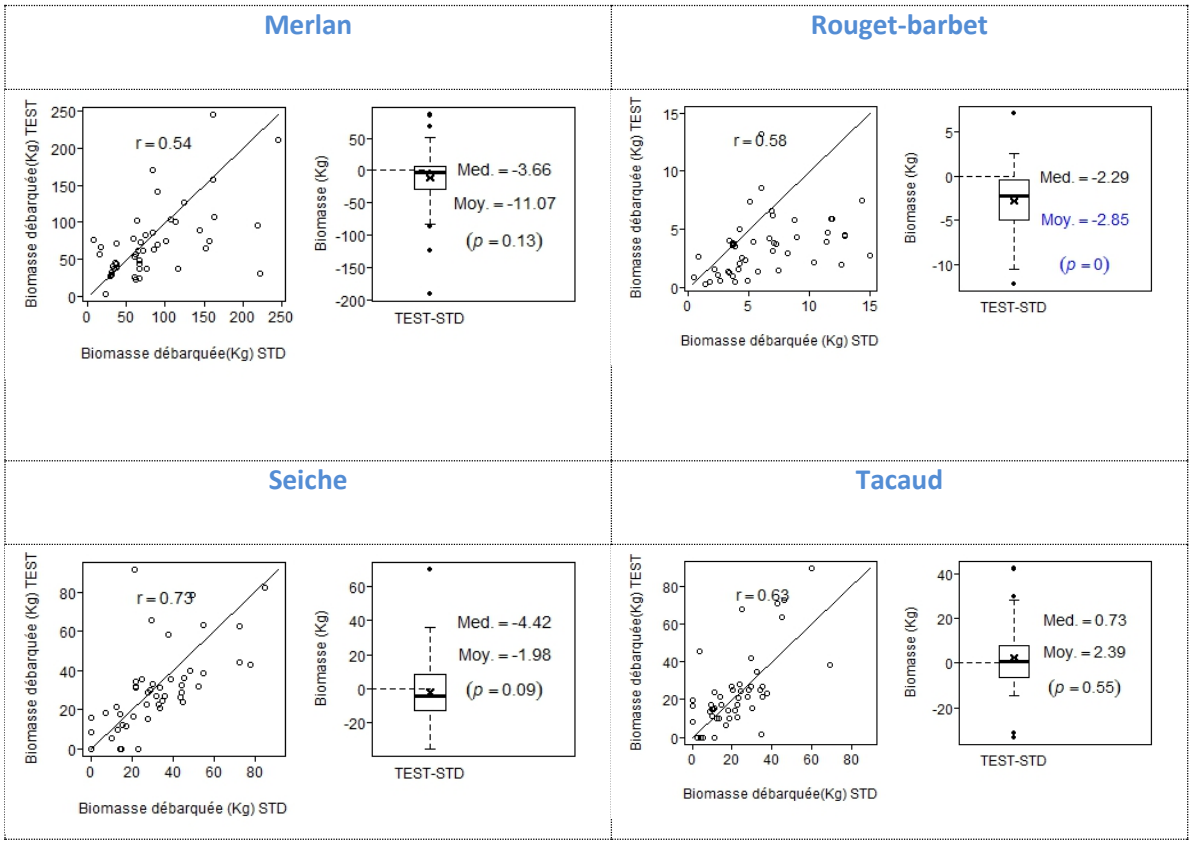
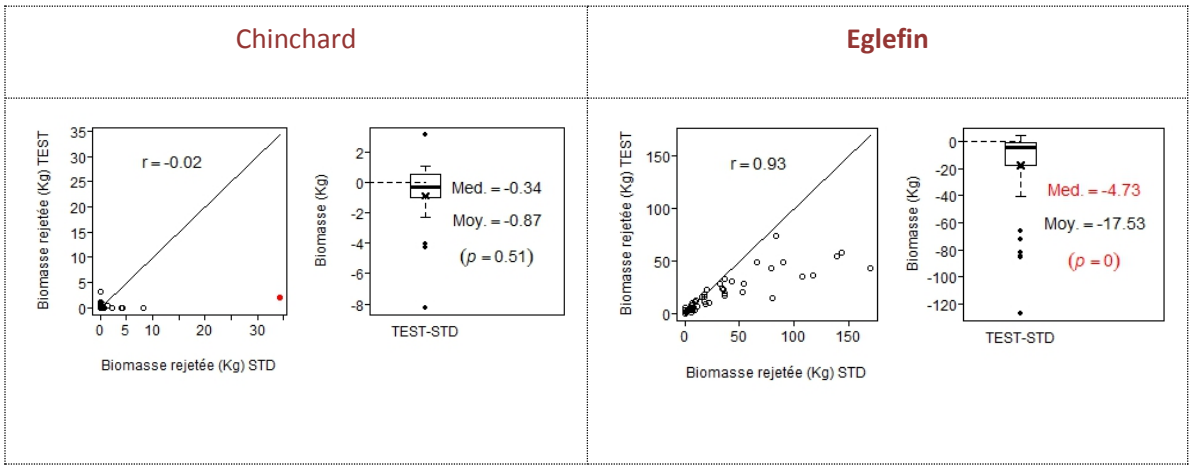


Figure 21 : Comparaison des biomasses débarquées pour chaque espèce

3.2.3.2.2 COMPARAISONS DES BIOMASSES REJETEES

Sommaire

Lecture de la Figure 22 : à gauche, nuage de point des biomasses dans le standard et le sélectif. A droite sont présentés les résultats du test de nullité de la différence de biomasse intra paires entre le test et le standard. Les p-values *p* sont en couleurs lorsque le test était significatif à 5%, ainsi que la moyenne ou la médiane associée, suivant que le test était paramétrique ou non. Les points rouges sont considérés comme aberrants et ont été retirés de l'analyse.



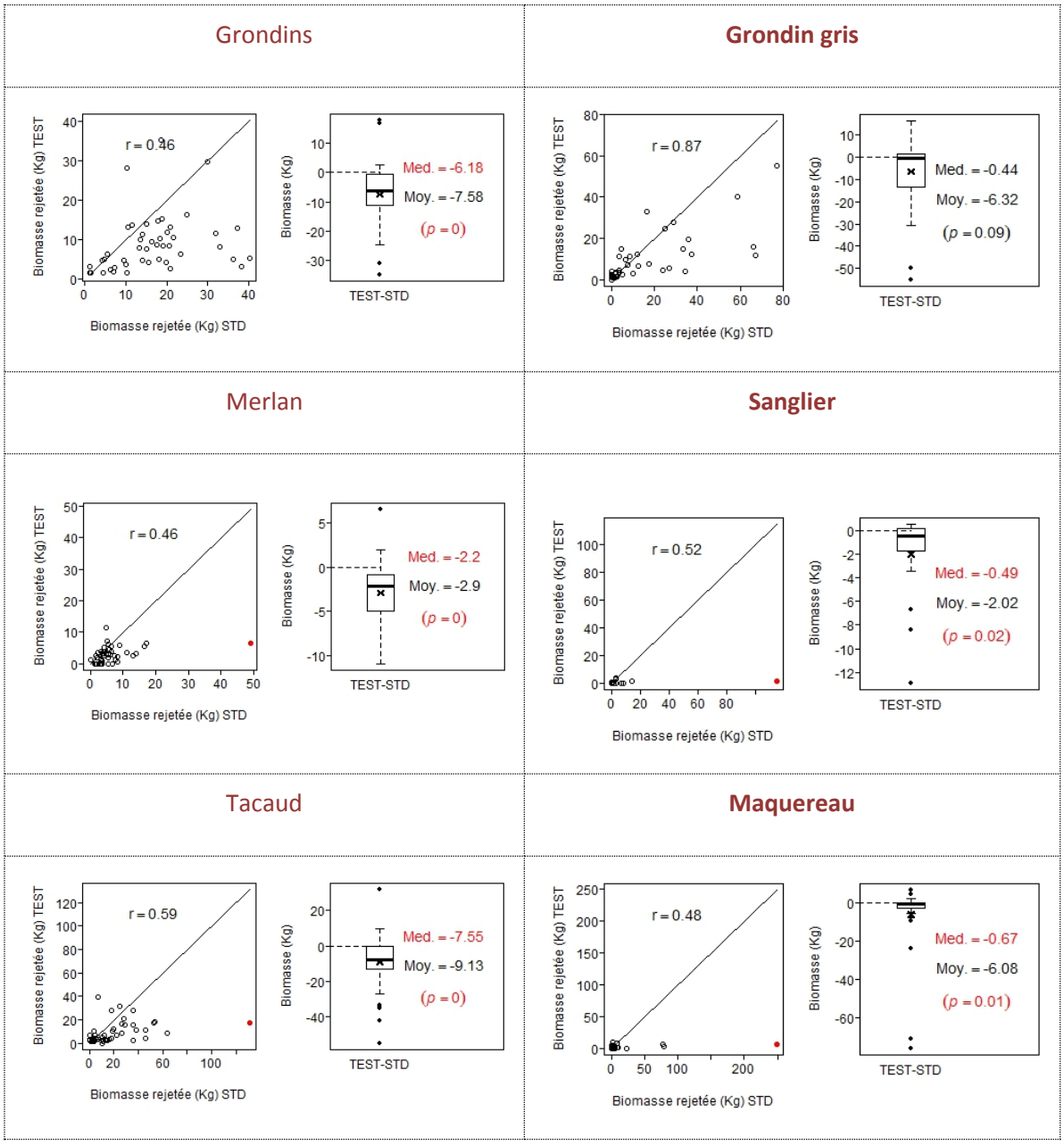


Figure 22 : Comparaison des biomasses rejetées pour chaque espèce

3.2.3.2.3 DONNEES DE SYNTHESE

Sommaire

Tableau 17 : Synthèse des comparaisons de capture par espèce. Les cellules en couleurs désignent les résultats présentant une différence significative (*p-value<0.05*) entre les deux engins.

Espèces	Nb de couples de traits	DEBARQUEMENTS			REJETS			TAUX DE REJETS		COMPOSITION DES REJETS	
		Pds moy / traits (kg)		Tx var SEL/STD	Pds moy / traits (kg)		Tx var SEL/STD	Rejets/captures (%)		Rejets / rejets totaux (%)	
		STD	TEST	%	STD	TEST	%	STD	TEST	STD	TEST
Merlan	46	81	70	-14	6	3	-75	6	4	5	5
Eglefin	46	15	13	-12	37	19	-46	71	59	34	33
Tacaud	46	22	24	+11	18	9	-39	45	27	17	15
Grondins	47	23	19	-20	16	9	-48	41	32	16	16
Rouget-barbet	47	6	3	-45	0	0	-	0	0	0	0
Encornets	26	3	2	-46	0	0	-	0	0	0	0
Seiches	46	33	31	-6	0	0	-	0	0	0	0
Baudroies	47	35	38	+6	0	0	-	0	0	0	0
Maquereau	32	0	0	-	8	2	-78	100	100	5	2
Chinchard	17	0	0	-	1	0,4	-65	100	100	0,5	0,3
Sanglier	17	0	0	-	3	0,7	-75	100	100	1	0,4
Grondin gris	40	0	0	-	16	10	-39	100	100	13	15

3.2.4 SELECTIVITE EN TAILLE

3.2.4.1 ANALYSE EN TAILLE

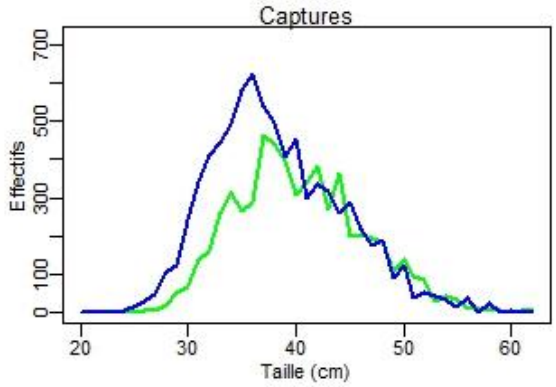
Sommaire

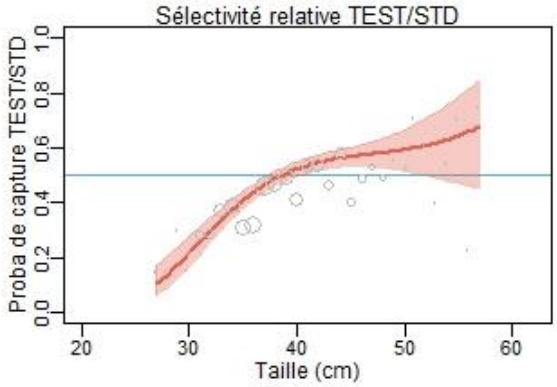
Comme pour le cas de l'AZUR, trop peu de merlans sous-taille ont été capturés pour pouvoir mesurer les différences de captures dues au dispositif sélectif. Néanmoins, la forme de la courbe de sélectivité laisse peu de doute quant à son efficacité sur ces individus. En effet, les individus de plus petites tailles ont été nettement moins capturés par l'engin test, cette différence s'atténue pour les tailles intermédiaires puis se stabilise pour les plus grandes tailles. Cette stabilisation est légèrement supérieure au seuil d'équiprobabilité de capture de 0.5, ce qui peut s'expliquer par une meilleure efficacité de l'engin test plutôt qu'une différence d'échappement. La légère augmentation des captures d'individus de calibre 10 a compensé les pertes d'individus de calibre 30 et 40, c'est pourquoi aucune différence n'a été détectée dans la biomasse des débarquements. Ces résultats démontrent finalement une trop grande efficacité du dispositif sélectif, car les captures ont été diminuées de façon significative jusqu'à la taille 38 cm, soit 9 cm au-dessus de taille commerciale.

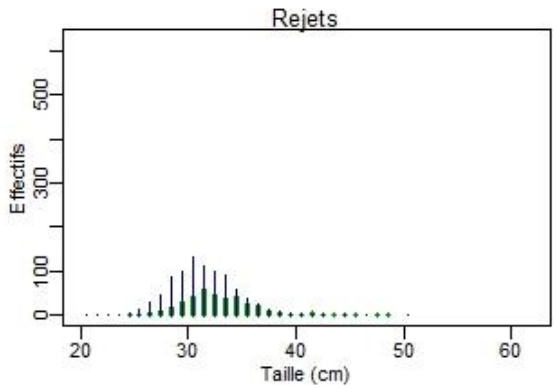
L'engin testé a été plus sélectif pour l'églefin de façon significative pour les individus sous-taille (<30 cm), puis la courbe semble se stabiliser autour d'un seuil légèrement inférieur à 0.5. Cette perte de gros individus est difficile à expliquer. D'une part il est peu probable que des individus de taille supérieure à 35 cm aient pu s'échapper par le PMC (cf. test en criée – partie 1.3.3), d'autre part si le passage en quatre faces du cul avait favorisé leur échappement, il est étonnant de ne pas observer le même phénomène pour le merlan.

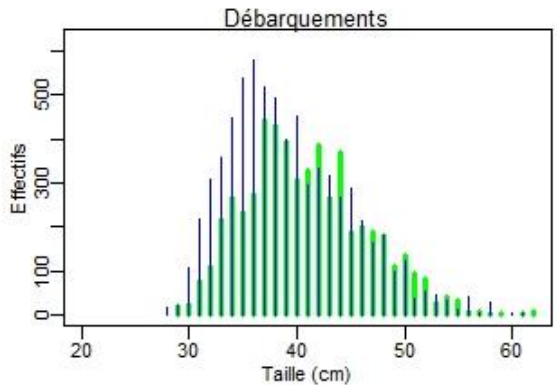
L'ensemble des captures de rouget-barbet (à quelques individus près) ont été débarqués, et bien que la sélectivité relative de l'engin test était moins importante sur les individus plus grands, le modèle prédit des diminutions d'effectifs capturés de 67 à 37% suivant la taille commerciale, en cohérence avec la perte de 45% de biomasse débarquée (Tableau 17 et Tableau 18).

Merlan

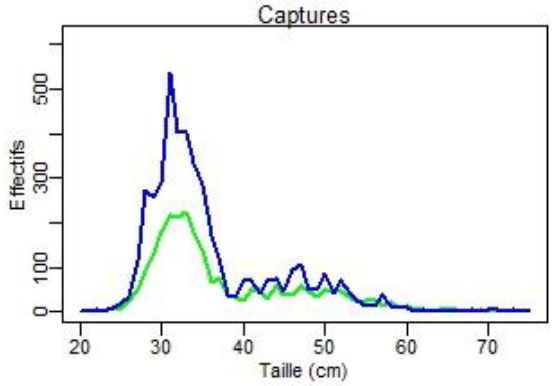


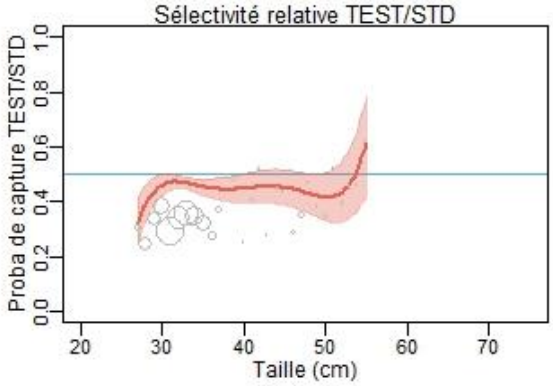


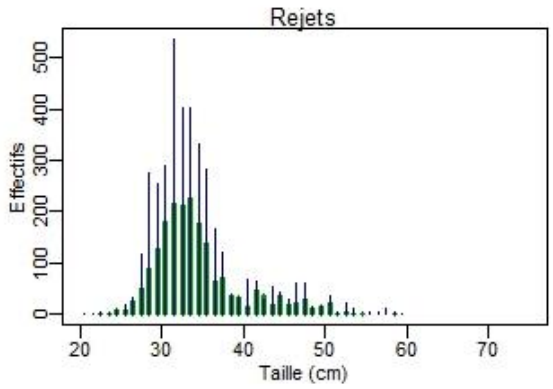


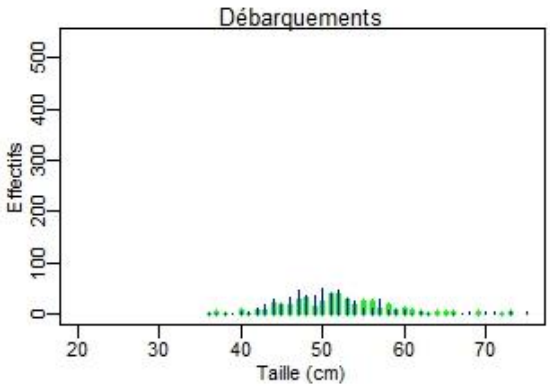


Eglefin









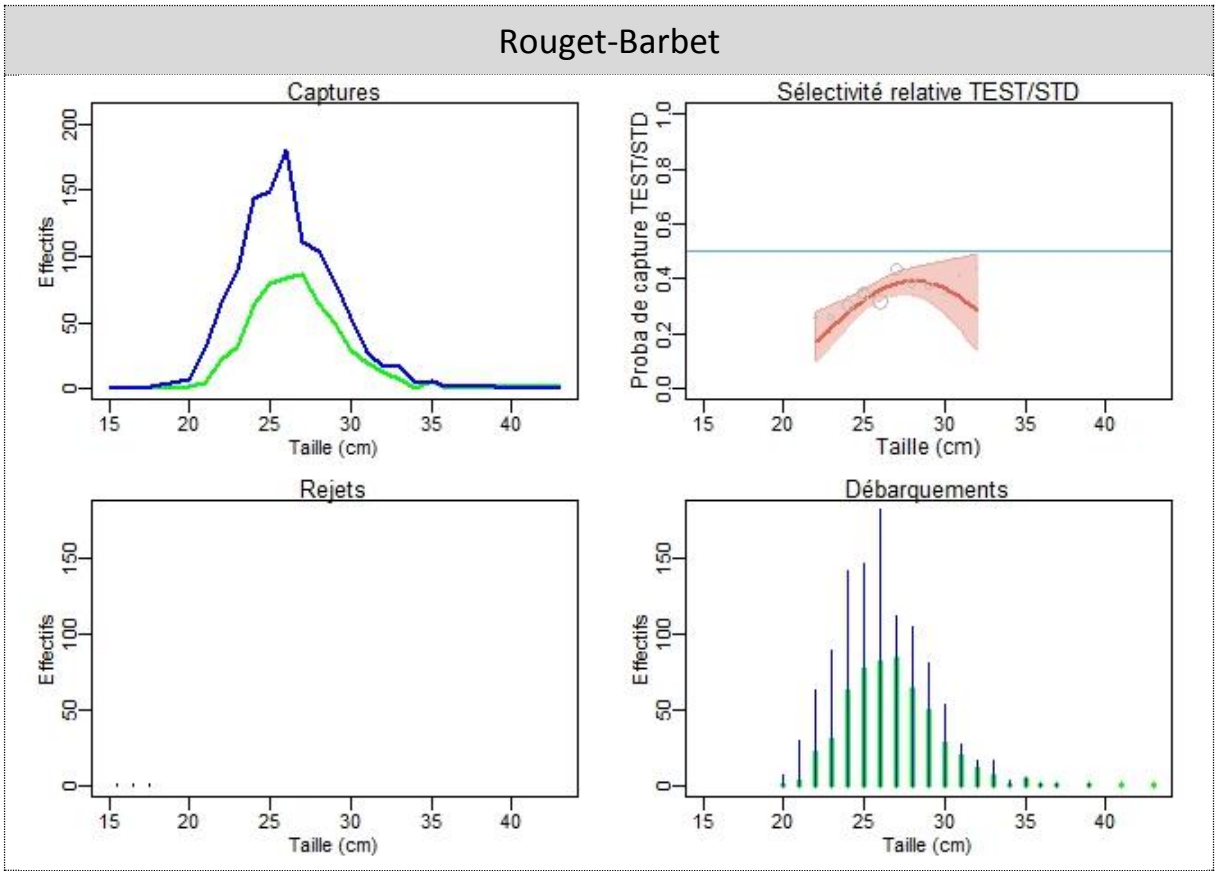


Figure 23 : pour chaque espèce, de gauche à droite : distributions en taille des effectifs capturés dans l'engin test (vert) et l'engin standard (bleu) ; distributions en tailles des effectifs rejetés ; des effectifs débarqués ; prédictions et intervalle de confiance à 95% de la sélectivité en taille de l'engin test relativement à l'engin standard (les captures relatives moyennes observées sont représentées par des cercles de diamètre proportionnel à l'effectif total de la taille considérée.

3.2.4.2 INDICATEURS DE SELECTIVITE EN TAILLE

Sommaire

Tableau 18 : Indicateurs issus du modèle de sélectivité en taille. Les poids des captures ont été présentés pour les gammes de tailles conservées pour l'analyse. Les résultats en couleur correspondent aux taux de captures relatives significativement différentes de 0.5, le signe du taux de variation renseignant sur l'augmentation/la diminution associée. Note : le signe du taux de variation prédit peut être différent du taux de variation des observations car il est issu d'un modèle.

Espèces	Lr0.5	Calibres et tailles commerciales	Captures			
			Pds. moy. (kg) /trait observé		Prédiction du taux var. TEST/STD en nb d'individus	prédiction de capture relative
			STD	TEST		
Merlan	38.6 [37.4; 40.3]	T10 (≥41 cm)	48	52	+35%	0.57 [0.53; 0.63]
		T20 (36-40 cm)	27	20	-6%	0.48 [0.44; 0.52]
		T30 (33-35 cm)	12	6	-39%	0.38 [0.34; 0.41]
		T40 (27- 32 cm)	7	2	-71%	0.22 [0.12; 0.30]
		Sous-taille (<27 cm)	0	0	NA	NA
Eglefin	32.3 [30; 41.7]	T10 (≥ 49 cm)	10	7	-12%	0.46 [0.42; 0.61]
		T20 (41-48 cm)	10	6	-19%	0.45 [0.43; 0.46]
		T30 (35-40 cm)	6	3	-19%	0.45 [0.44; 0.45]
		T40 (30-34 cm)	17	9	-13%	0.46 [0.45; 0.47]
		Sous-taille (<30 cm)	3	1	-35%	0.39 [0.33; 0.44]
Rouget-barbet	>32 cm	10 (<32 cm)	0	0	NA	NA
		T21 (28-32 cm)	2	1	-42%	0.37 [0.30; 0.39]
		T22 (25-27 cm)	2	1	-44%	0.36 [0.33; 0.38]
		T31 (20-24 cm)	1	0.4	-69%	0.24 [0.18; 0.28]
		T32 (15-19 cm)	0	0	NA	NA
		Sous-taille (<15 cm)	0	0	NA	NA

3.2.5 ANALYSE COMMERCIALE A COURT TERME A L'ECHELLE DE LA FLOTTILLE

Sommaire

L'application des variations de biomasse aux chiffres moyens de débarquement du métier concerné a permis d'extrapoler les résultats obtenus à l'ensemble des navires de l'OP COBRENORD ayant pratiqué le même métier en 2015-2016, dans l'hypothèse où ces derniers auraient utilisé le dispositif sélectif. Pour mémoire, le métier ciblé est le suivant (chalut de fond à gadidés et céphalopodes en Manche Ouest):

- Zone: divisions CIEM VIIeh
- 11 navires > 20 mètres
- Maillages: 100 mm
- Saisons: toutes

La dimension “saison” du métier a été retirée pour l’extrapolation à la flottille. En effet, dans le cadre de l'introduction d’une mesure de sélectivité à l’échelle européenne, les discussions en cours [3] définissent des dispositifs sélectifs à l’année par zone et par maillage.
Sur l’ensemble de l’année, le chalut de fond à gadidés et céphalopodes en Manche Ouest en 100 mm représente 25% des débarquements de la flottille (2015-2016). Toutes les variations absolues et relatives du chiffre d’affaires doivent donc être mises en perspective au regard de cette information.
La méthodologie détaillée dans la partie 2.2.4 permet d’obtenir la variation en chiffre d’affaires de la flottille pour chaque espèce et chaque calibre commercial entraînant une différence significative d’échappement commercial imputable à la sélectivité. La liste des espèces et calibres commerciaux écartés est disponible à l’Annexe 5.
La Figure 24 présente les variations en millier d’euros et en pourcentage pour les espèces et les calibres commerciaux retenus (plus de chiffres à l’Annexe 6).

[3] Révision en cours du règlement (CE) 850/98 du conseil du 30 mars 1998 visant à la conservation des ressources de pêche par le biais de mesures techniques de protection des juvéniles d'organismes marins.

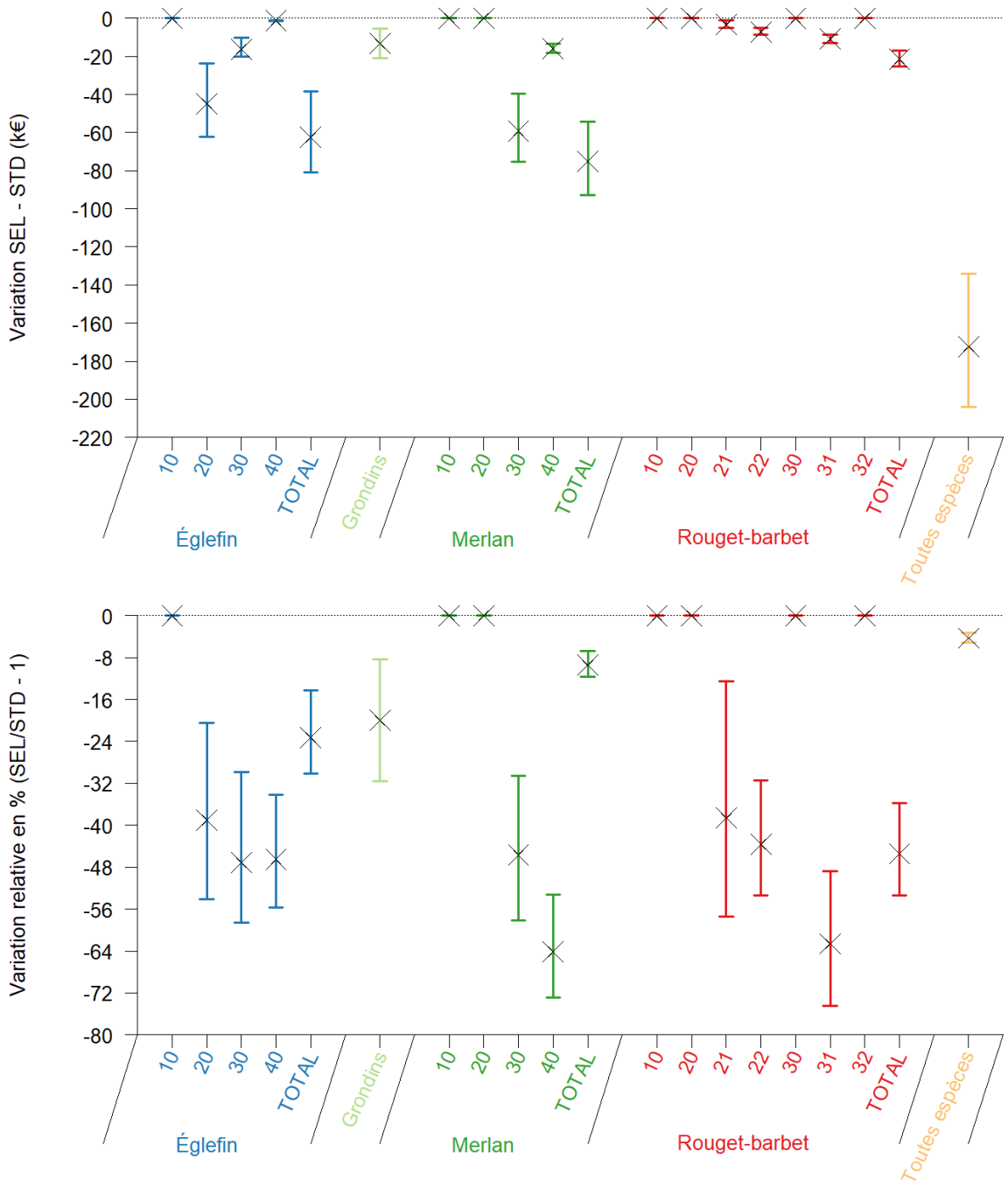


Figure 24 : estimations de la variation annuelle en euros (en haut) et en pourcentage (en bas) du chiffre d'affaires par espèce et calibre commercial liée au dispositif sélectif (MC 80mm) pour le métier du chalut de fond à gadidés et céphalopodes en Manche Ouest.

L'usage du dispositif entrainerait une perte commerciale immédiate pour la flottille estimée à 232 000 euros soit – 6% du chiffre d'affaires du métier sur l'année. Règlementairement, si ce dispositif était étendu au même métier en 80 mm, il est possible que les pertes commerciales soient plus que doublées.

La perte globale est principalement due au merlan, à l'églefin et au rouget-barbet :

- Merlan : sur ce cas d'étude, le merlan est la première espèce contributrice à la perte commerciale (- 135 000€ ; -17% ; 58% de la perte globale). L'échappement des calibres 20 et 30 mieux valorisés explique logiquement ce résultat. En effet, en moyenne le chiffre d'affaires du merlan calibre 40 diminue de -64% pour une perte de 16 000€ alors que ces chiffres sont respectivement de -25% et 60 000€ pour le calibre 20.

- Eglefin : le raisonnement pour l'églefin est similaire à celui du merlan. Cependant les pertes commerciales extrapolées sont modérées car les débarquements 2015/2016 d'églefin ont été limités par les quotas. Le pourcentage de diminution a donc été appliqué sur une base faible qui plus est pour les calibres 40 et 30 qui sont rejetés en priorité. La baisse du chiffre d'affaires pour l'ensemble des navires sur le métier est estimée à – 62 500 € (-23% sur l'année). La perte est composée à hauteur de 72% pour le calibre 20 et 26% pour le calibre 30.

- Rouget-barbet : la perte commerciale liée au rouget-barbet est faible (- 21 500€ ; -45%) car même si cette espèce est plutôt bien valorisée, les débarquements sont limités en tonnage. La baisse des captures, et donc la perte commerciale, est répartie sur toute les tailles.

3.3 PANNEAU EN T90 GORGET/RALLONGE 80 MM

3.3.1 PRESENTATION DU DISPOSITIF SELECTIF

Sommaire

Tableau 19 : rappel des caractéristiques du cas d'étude – «T90 80 mm gorget/rallonge»

Engin	Maillage jauge	Période	Zone	Espèces indésirées	Espèces ciblées
Chalut de fond quatre faces	**80 mm**	**Décembre -février**	**Manche Ouest (7eh)**	Merlan < 32 cm; Eglefin < 34 cm; Maquereau; Chinchard	Merlan > 32 cm; Encornets ; Baudroies; Seiche ; Eglefin > 34 cm; Cabillaud

Le métier ciblé par ce cas d'étude est décrit dans la partie 3.1. En effet, la maille carrée en 90 mm dans le gorget a été testé sur ce métier.

Suite au constat des pertes commerciales sur le merlan avec la maille carrée 80 mm dans la rallonge sur le métier en 100 mm, il a été décidé de tester une alternative avec du T90. A la demande du patron, les culs de chalut sont repassés en 80 mm car il s'agit du métier pour lequel il existe un réel enjeu de sélectivité, *i.e.* conserver l'encornet, éviter les petits églefins et sélectionner le merlan à la taille ciblée.

Tableau 20 : description du navire et des engins du cas d'étude – «T90 80 mm gorget/rallonge»

Navire		
Nom du navire	L'ECUME DES JOURS (722685)	© OP COBRENORD
Longueur HT	21,06 m	
Puissance (Kw)	331	
Jauge (tonneaux)	90	
Engins		
	Témoin	**Sélectif**
Type de chalut	Chalut de fond quatre faces	Chalut de fond quatre faces
Corde dos (m)	26,6	26,6
Bourrelet	Diabolos	Diabolos
Nb de chaînes gratteuses	2/3	2/3
Ouverture verticale (estimée en m)	6	6
Dispositif sélectif	Non	Face du dessus : T90 fin de gorget et moitié de rallonge en 80 mm
Maillage du cul de chalut (jauge – mesure avec jauge omega)	85 mm	87 mm
Gréement	Fourche	Fourche

Choix du dispositif :

Les essais précédents réalisés sur le même navire avec un PMC 80 mm jauge dans le gorget et la rallonge ont montré une très bonne efficacité sur les merlans sous la taille commerciale de 27 cm. Par contre, des pertes commerciales significatives ont été constatées jusqu'à 38 cm. Les essais préliminaires en criée avaient montré que le T90 en 80 mm à la jauge laissait moins facilement passer les petits merlans proches de la taille commerciale de 27cm que la maille carrée 80 mm. Il a donc été décidé de tester le T90 80 mm aux mêmes emplacements que lors des essais précédents, en raccourcissant le panneau dans le dessus de la rallonge. Par ailleurs, les essais précédents ont été menés avec une rallonge quatre faces, favorisant l'ouverture des mailles, dans le prolongement du chalut quatre faces. Ces nouveaux essais ont été réalisés en revenant à une rallonge 2 faces, greffée sur le chalut quatre faces.

Principe et objectifs du dispositif :

La position des deux panneaux à mailles carrées dans la partie antérieure de la rallonge et la partie terminale du gorget a montré son efficacité. L'objectif est maintenant d'obtenir un bon compromis de limitation des rejets de merlan sous la taille de 27 cm tout en préservant au mieux les captures commerciales.
Principe du maillage en T90 : Il s'agit d'une nappe de filet dont l'ensemble des mailles losange est tourné à 90°. Dans cette configuration particulière, les mailles sont montées avec inversion du sens T et du sens N (voir figure ci-dessous). Les forces de traction ne s'exerçant plus dans le sens naturel de fermeture des mailles, ces dernières restent bien ouvertes.

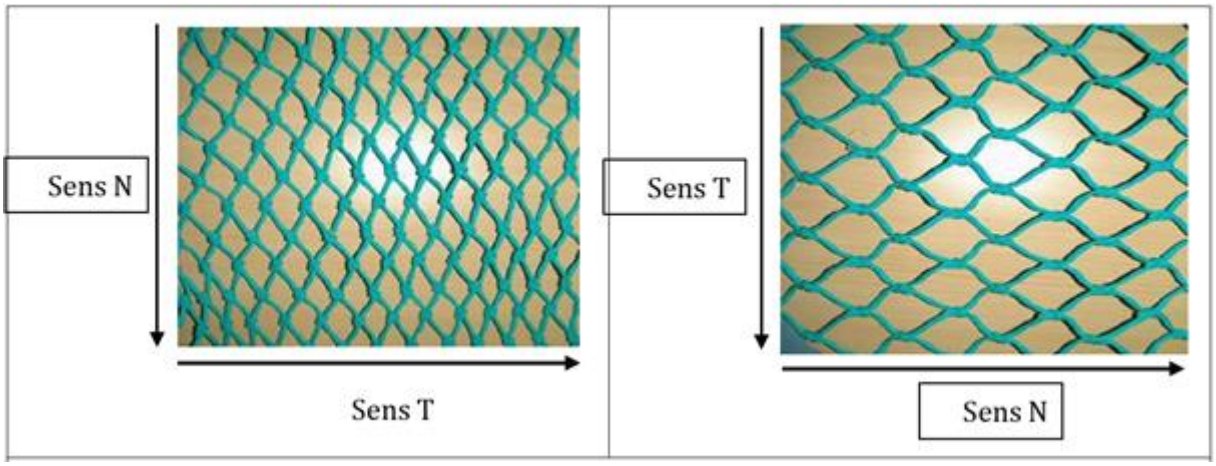


Figure 25 : comparaison de la géométrie des mailles de filet utilisées de façon standard (T0, à gauche) et la même pièce tournée à 90° (T90, à droite)

Descriptif du dispositif :

Le premier panneau T90 est monté sur le dessus du gorget, dans la partie postérieure. Le second panneau T90 est monté sur le dessus de la rallonge, dans la partie antérieure (voir schéma ci-dessous).

Leur maillage est de 80 mm jauge. Les panneaux à mailles T90 mesurent au total approximativement 5.45 m de long (T90 panneau gorget 2.30 m et T90 panneau sur la rallonge 3.15 m).

Le taux d'assemblage entre les mailles losanges standard du gorget et les mailles tournées à 90° de la rallonge est de deux mailles T90 pour trois mailles losanges dans le sens de la largeur.
Le panneau en T90 est réalisé avec une équivalence de l'ordre de 13 mailles T90 pour 10 mailles losanges dans le sens de la longueur.

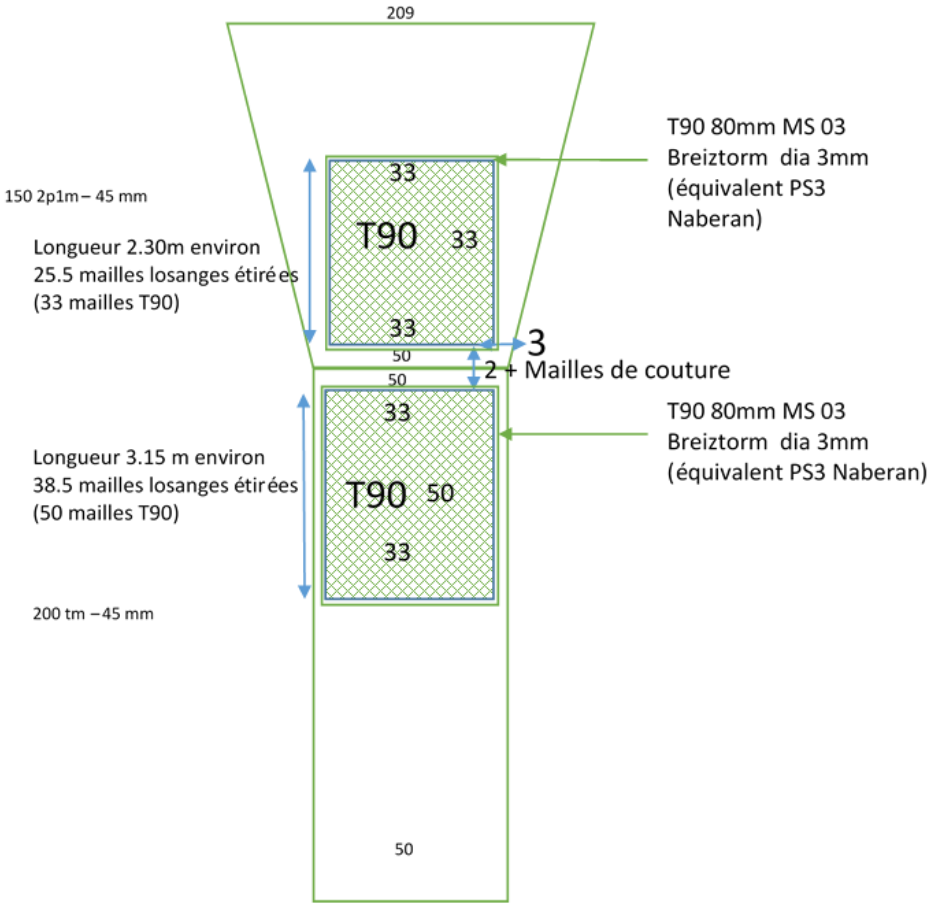


Figure 26 : schéma des panneaux en T90 80 mm dans le dessus du gorget et de la rallonge du chalut sélectif

3.3.2 CONDITIONS DE PECHE ET D'EXPERIMENTATION

3.3.2.1 TABLEAU DE DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON

Sommaire

Tableau 21 : description de l'échantillon - «T90 80 mm gorget/rallonge»

Date de départ	Durée de la marée	Nb. De traits réalisés	Nb. De traits échantillonnés	Taux d'échantillonnage	Nb. de couples échantillonnés
25/10/2017	7	34	26	76%	13
01/11/2017	7	40	24	60%	12
24/01/2018	7	37	18	49%	9
31/01/2018	7	31	8	26%	4
Total	28	142	76	54%	38

L'échantillonnage a couvert deux périodes de temps différentes. La première, en octobre, a permis de réaliser des tests durant la période d'abondance de l'encornet. Afin de maximiser le nombre d'observations, deux observateurs ont embarqué sur chaque marée. Les deux dernières marées ont été réalisées en plein hiver afin de se concentrer davantage sur le merlan. Un seul observateur était embarqué. En revanche, les conditions météo ont été très difficiles, avec une mer très agitée. De plus le chalut témoin a été perdu durant la dernière marée, mettant fin aux tests prématurément (quatre couples réalisés jusqu'à mi-marée).

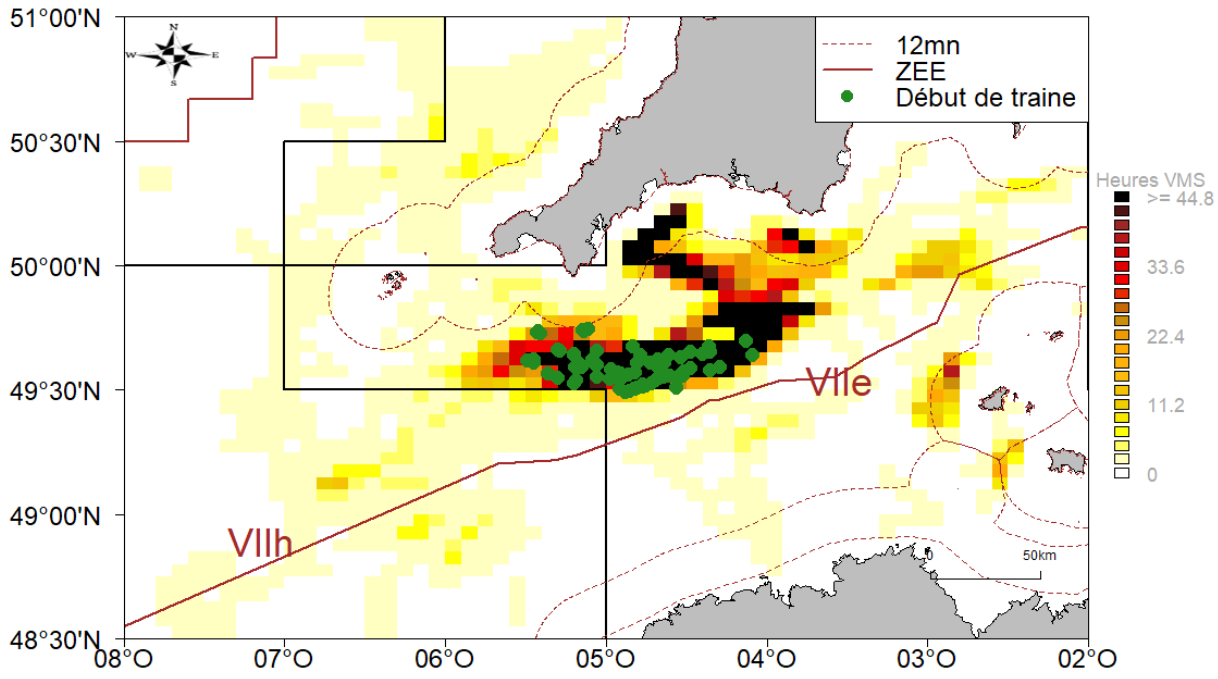


Figure 27 : cartographie de l'effort de pêche des chalutiers de fond hauturiers de l'OP cobrenord d'octobre à mars avec un cul de chalut en 80 mm et position des débuts de traine des traits de chalut expérimentaux – Données VMS - Moyenne 2014-2015.

L'échantillonnage est légèrement plus concentré à l'Ouest que les marées de l'AZUR pour le même métier. Ils se situent néanmoins parfaitement dans la zone d'activité principale des navires de l'OP COBRENORD à cette saison.

3.3.2.2 VALIDATION DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

Sommaire

Les 38 paires de traits échantillonnées ont été réalisées dans les conditions requises par le protocole, à des profondeurs variant de 81 à 95 m et pour des durées de traînes de 170 à 240 min. L'état de la mer a fluctué de calme et sans vague à des grosses vagues de 6 à 9 m entre les couples, mais la majorité ont été réalisés en mer ridée avec des vagues de moins de 10 cm. Au sein de chaque paire, les traits ont été réalisés à 3,3 km de distance en moyenne, à moins d'un mètre de profondeur et sur des durées de traînes de moins de cinq minutes d'écart. En moyenne les deux traînes se sont suivies à 28 minutes d'intervalle. Pour onze couples les traits ont été réalisés en conditions légèrement différentes au sein du couple, dont un en conditions très différentes (vagues de 10 à 50 cm versus vagues de 2,5 à 4 m). Une attention sera portée sur les captures de ce dernier.

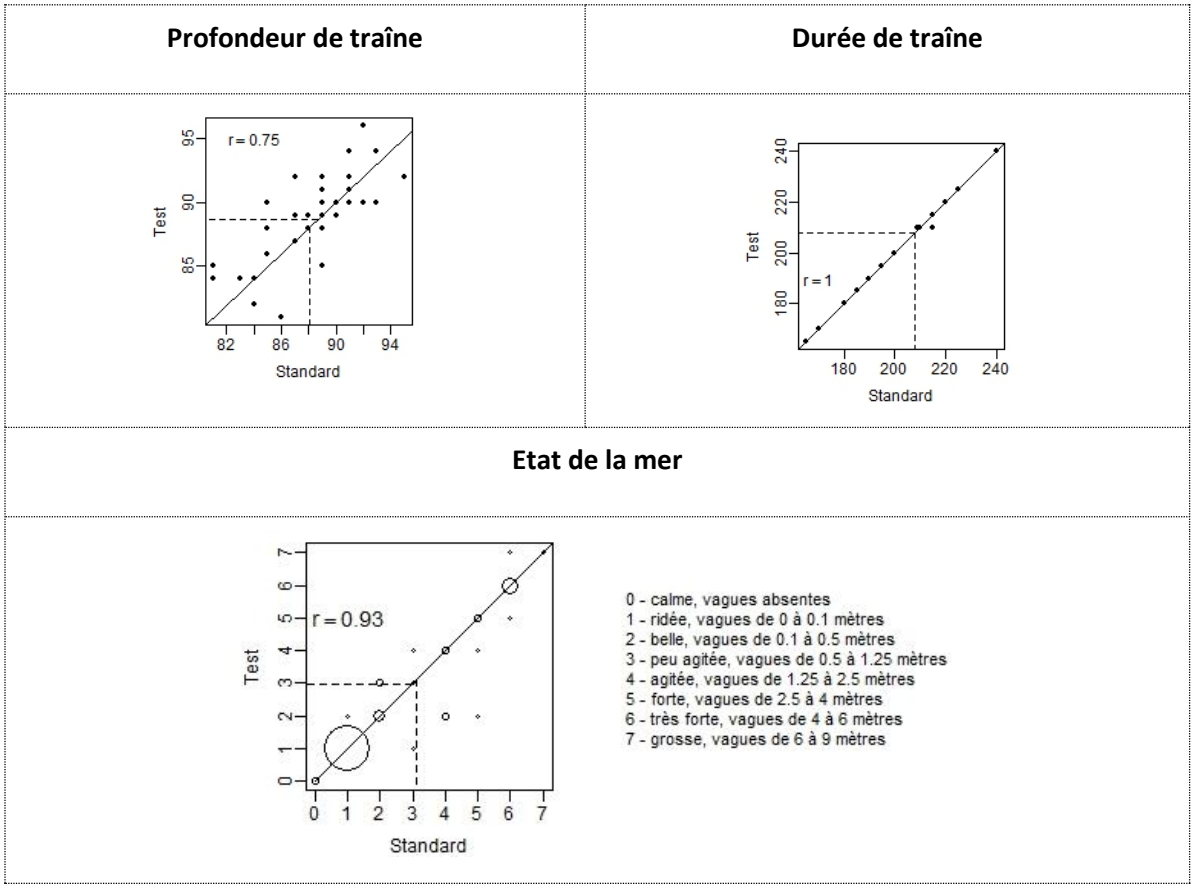


Figure 23 : description et comparaison des conditions environnementales (profondeur de traîne moyenne, durée de la traîne, état de la mer) de chaque paire de traits et entre les traits de chaque paire. Les lignes en pointillé indiquent la valeur moyenne pour chaque engin.

3.3.3 ANALYSE GLOBALE DES CAPTURES

3.3.3.1 ANALYSE GLOBALE

Sommaire

Les captures de merlan du couple 200 et de tacaud du couple 195 n'ont pas été considérées car l'engin a capturé particulièrement plus de gros merlans et tacauds, et ne reflètent pas la variabilité observée des captures au sein de l'ensemble des paires (point en rouge sur la Figure 23).

Un effet du chalut a été identifié par le patron lors des expérimentations, le chalut standard était plus neuf que le test et semblait mieux pêcher. Les chaluts ont été échangés au bout de deux marées sur quatre, mais suite à la perte fortuite du chalut standard le même nombre de couples n'a pas pu être réalisé sur les deux dernières marées (13 versus 25). L'effet chalut ne peut pas être estimé pour l'ensemble des captures car la sélectivité relative de certaines espèces non mesurées a pu dépendre de leur taille, et les tailles capturées ne sont pas nécessairement les mêmes d'une marée à l'autre. Les résultats ont donc simplement été estimés dans les deux configurations et discutés.
Finalement les débarquements totaux du chalut standard des premières marées (chalut neuf) n'ont pas été significativement supérieurs, alors qu'ils l'ont fortement été pour le chalut test lorsque le dispositif est passé sur le chalut neuf. Nous verrons par la suite que ces différences n'ont en fait concerné que certaines espèces, et les compositions en captures n'ont pas été les mêmes entre les marées. Une baisse significative du taux de rejet a été observée sur les deux premières marées uniquement. Le faible nombre de traits dans les deux dernières marées peut expliquer la difficulté de détecter des différences significatives dans cette configuration.

Tableau 22 : pour chaque engin, biomasses moyennes des captures, débarquements et rejets par trait, et pourcentage des rejets dans les captures de l'ensemble des marées tests

Chalut	CAPTURES	DEBARQUEMENTS	REJETS	% REJETEE
Standard (STD)	595	358	238	39
Test (TEST)	604	378	225	36

CAPTURES	DEBARQUEMENTS	REJETS	% REJETEE

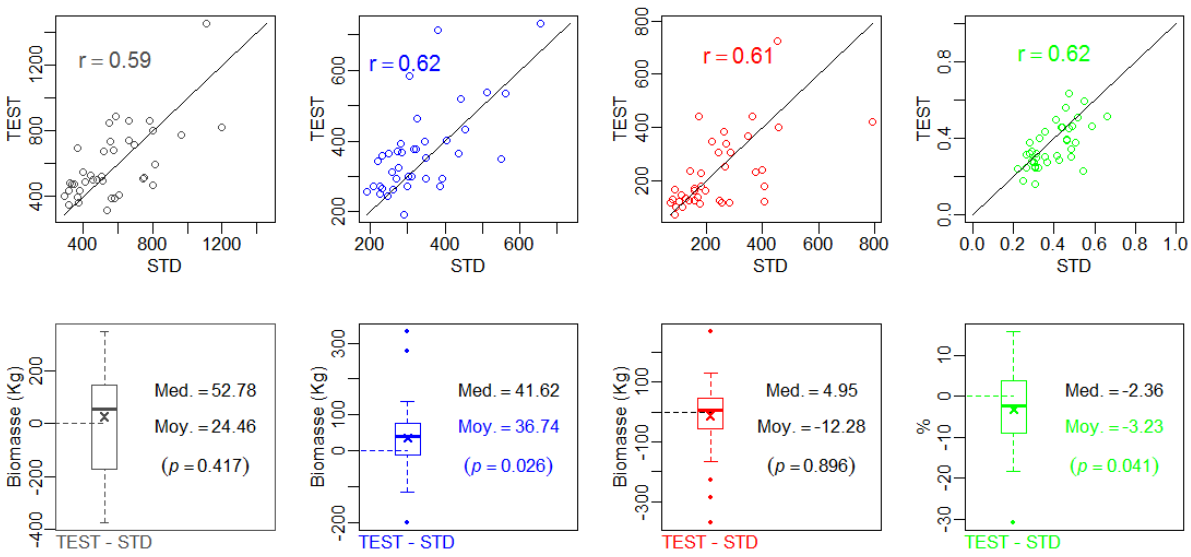


Figure 23 : biomasse totale des captures par trait, des rejets et des débarquements, et proportion de rejet dans la capture. Distribution pour chaque engin et distribution des différences au sein des paires de traits (Standard/Sélectif). Moy. et Med. sont les moyennes et médianes des différences entre les deux engins et *p* la p-value associée au test.

3.3.3.2 ANALYSE PAR ESPECE

Sommaire

Parmi les 51 espèces observées dans les captures, 30 étaient présentes dans plus de 15 couples.
La biomasse débarquée était essentiellement constituée de merlans, de seiches, de baudroies, d'encornets et de grondins (70% des débarquements).
La biomasse rejetée était constituée essentiellement d'églefins (28%) en partie en raison du quota limitant, suivi du petit tacaud, des grondins et de la petite roussette (71% pour ces quatre espèces). En effectifs, la composition des rejets n'est pas la même, et le chinchard suivi du sanglier et du maquereau sont également une source importante de rejets.

Tableau 24 : espèces sélectionnées pour l'analyse du dispositif « T90 80 mm gorget/rallonge »

Espèces débarquées	Espèces rejetées
rouget-barbet (2418), merlu (511), seiche, encornets	chinchard (20873), maquereau (3493), grondin gris (1257), sanglier (7507)
Espèces débarquées et rejetées	
Merlan, églefin, grondins, tacaud, encornets (1257 rejetés)	

Espèces témoins (i.e. théoriquement concernées par l'effet chalut mais pas par l'effet « dispositif sélectif »): Petite roussette, baudroies**,** cardine, limande sole, raie fleurie.

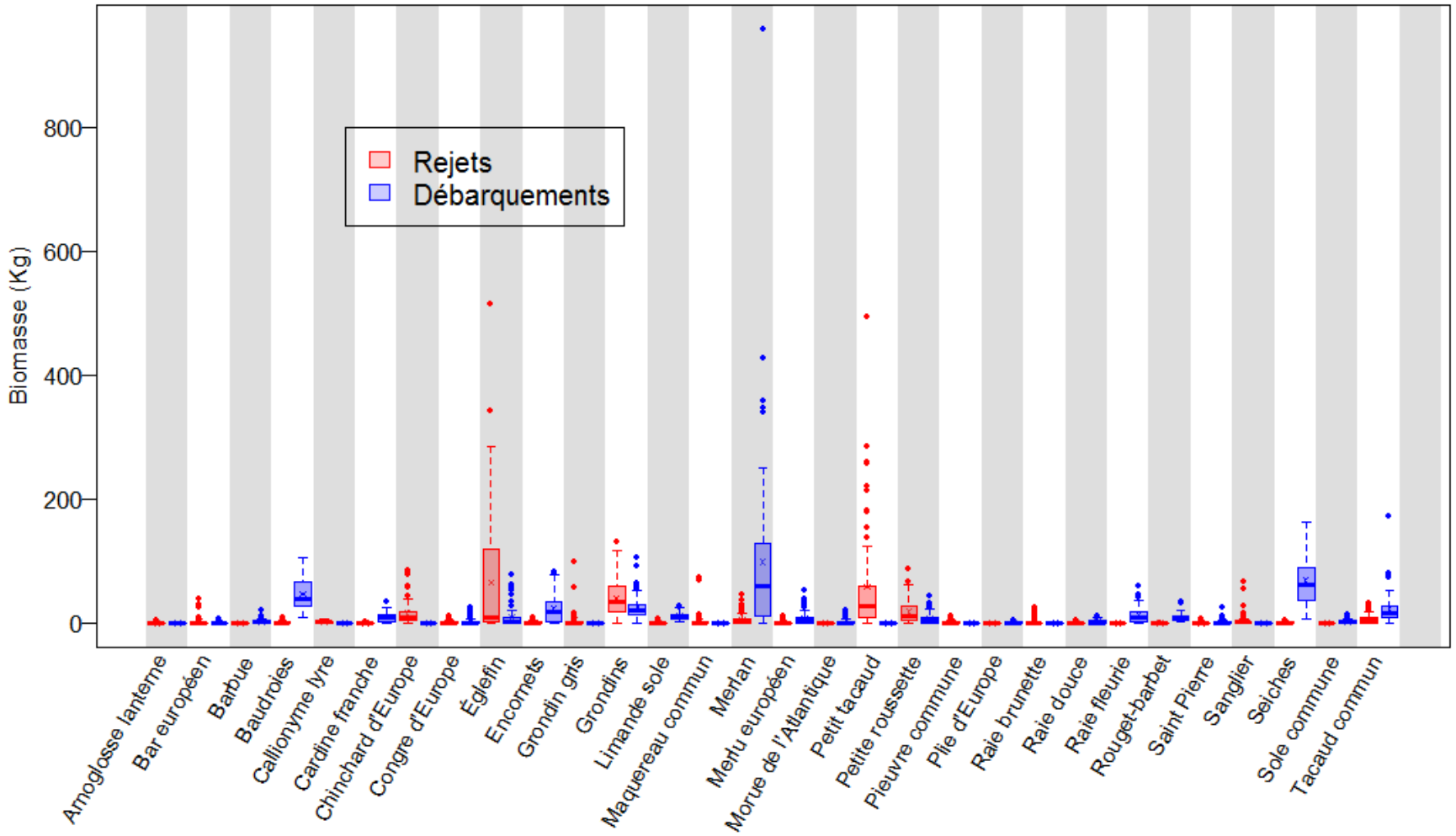


Figure 24 : biomasse par couple de traits des débarquements et des rejets de chaque espèce présente dans plus de 15 paires de traits.

Sommaire

Lecture de la Figure 24 : à gauche, nuage de points des biomasses dans le standard et le sélectif. A droite sont présentés les résultats du test de nullité de la différence de biomasse intra paires entre le test et le standard. Les p-values *p* sont en couleurs lorsque le test était significatif à 5%, ainsi que la moyenne ou la médiane associée, suivant que le test était paramétrique ou non. Les points rouges sont considérés comme aberrants et ont été retirés de l'analyse.

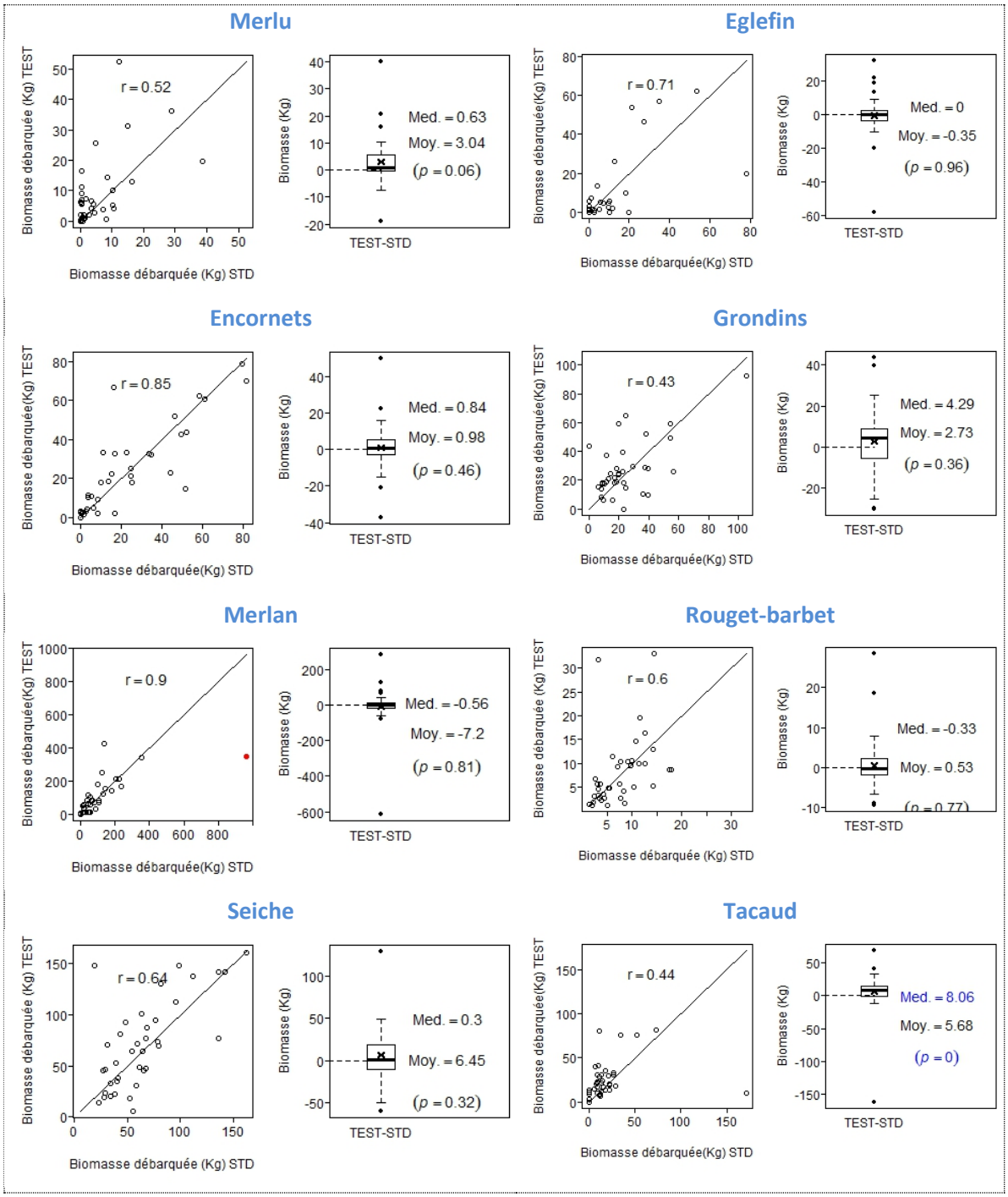
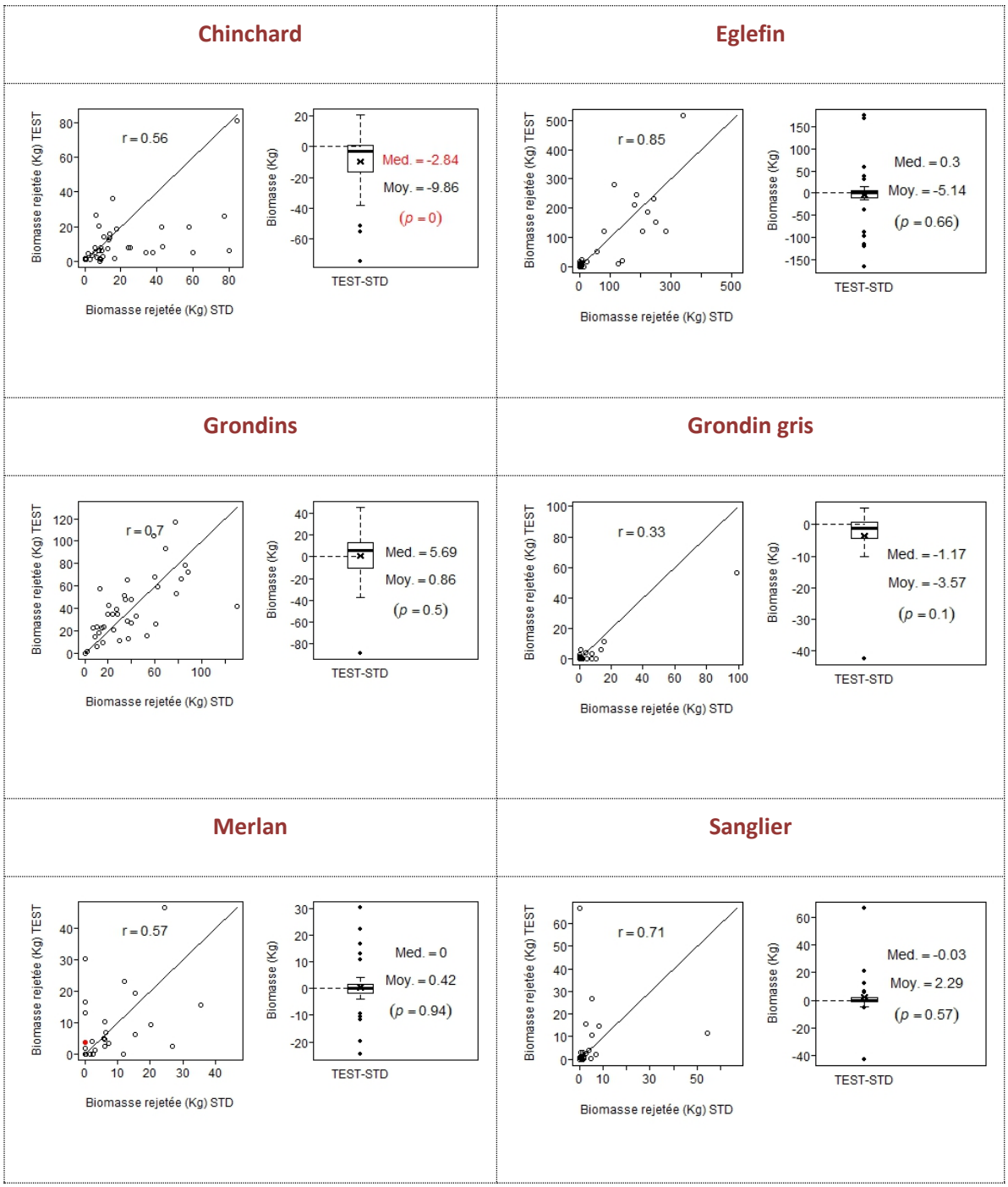


Figure 24 : Comparaison des biomasses débarquées pour chaque espèce

Lecture de la Figure 22 : à gauche, nuage de point des biomasses dans le standard et le sélectif. A droite sont présentés les résultats du test de nullité de la différence de biomasse intra paires entre le test et le standard. Les p-values *p* sont en couleurs lorsque le test était significatif à 5%, ainsi que la moyenne ou la médiane associée, suivant que le test était paramétrique ou non. Les points rouges sont considérés comme aberrants et ont été retirés de l'analyse.



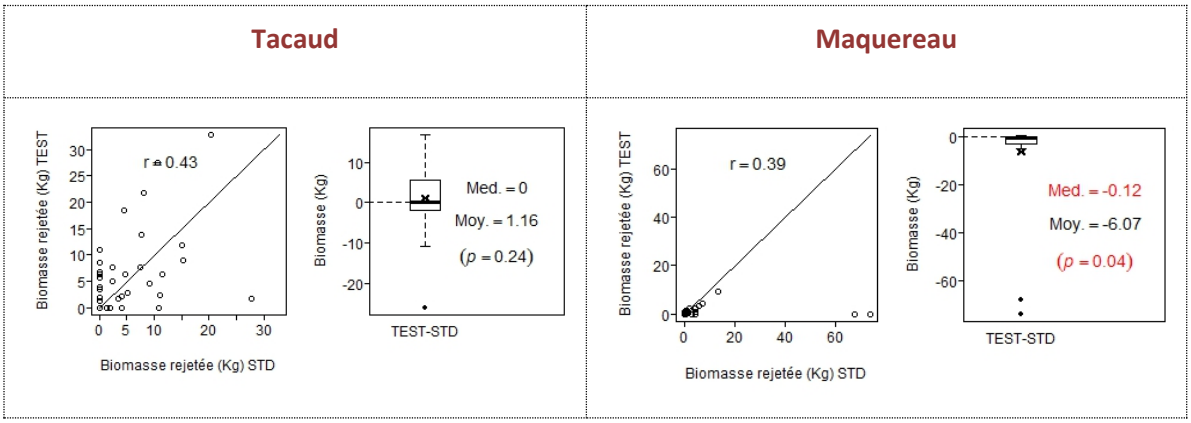


Figure 25 : Comparaison des biomasses rejetées pour chaque espèce

3.3.3.2.3 DONNEES DE SYNTHESE

Sommaire

Tableau 22 : Synthèse des comparaisons de capture par espèce. Les cellules en couleurs désignent les résultats présentant une différence significative (*p-value*<0.05, *cf.* figures 24 et 25) entre les deux engins.

Espèces	Période et numéros des marées tests	Nb de couples de traits	DEBARQUEMENTS			REJETS			TAUX DE REJETS		COMPOSITION DES REJETS	
			Pds moy / traits (kg)		Tx var SEL/STD	Pds moy / traits (kg)		Tx var SEL/STD	Rejets/captures (%)		Rejets / rejets totaux (%)	
			STD	TEST	%	STD	TEST	%	STD	TEST	STD	TEST
Merlan	Octobre (1-2)	25	113	77	-32	3	4	+60	2	5	1	2
	Janvier (3-4)	13	80	129	+61	11	9	-16	12	7	5	4
Eglefin	Octobre (1-2)	25	13	12	-7	96	88	-9	88	88	41	43
	Janvier (3-4)	9	2	3	+37	13	16	+18	87	85	6	7
Tacaud	Octobre (1-2)	24	13	20	+48	5	5	-3	29	21	2	3
	Janvier (3-4)	13	20	37	+84	4	8	+80	18	18	2	3
Grondins	Octobre (1-2)	25	22	25	+13	49	48	-0,3	69	66	21	24
	Janvier (3-4)	13	29	31	+9	22	24	+13	43	44	9	10
Encornets	Octobre (1-2)	25	32	33	+2	2	1	-38	6	4	0,9	0,6
	Janvier (3-4)	11	2	3	+61	0	0	-	0	0	0	0
Seiche	Octobre (1-2)	25	67	67	+0,4	0,3	0,1	-	0,4	0,2	0,1	0,1
	Janvier (3-4)	13	61	79	+30	0,5	1	-	0,8	2	0,2	0,6
Merlu	Octobre (1-2)	24	4	4	+11	1	0,6	-	20	11	0,4	0,3
	Janvier (3-4)	13	8	16	+96	0,5	0,3	-	6	2	0,2	0,1
Rouget-barbet	Octobre (1-2)	25	7	6	-7	0	0	-	0	0	0	0
	Janvier (3-4)	13	10	12	+24	0	0	-	0	0	0	0
Maquereau	Octobre (1-2)	14	0	0	-	3	0,2	-95	100	100	1	0,1
	Janvier (3-4)	13	0	0	-	9	2	-78	100	100	4	0,8
Chinchard	Octobre (1-2)	25	0	0	-	23	9	-62	100	100	10	4
	Janvier (3-4)	13	0	0	-	16	15	-6	100	100	7	6
Sanglier	Octobre (1-2)	25	0	0	-	5	7	+54	100	100	2	3
	Janvier (3-4)	1	0	0	-	0,8	0	-	100	100	0	0
Grondin gris	Octobre (1-2)	8	0	0	-	0,2	0,2	-	100	100	0,1	0,1
	Janvier (3-4)	13	0	0	-	13	7	-46	100	100	6	3
Baudroies	Octobre (1-2)	25	56	58	+4	2	1	-20	3	2	0,8	0,7
	Janvier (3-4)	13	23	28	+24	0,9	1	+14	3	3	0,4	0,4

Pour éviter de biaiser les résultats en raison d'un éventuel effet du chalut mentionné dans la section précédente, nous avons présenté dans le Tableau 22 les résultats par configuration (Octobre (1-2) : dispositif sur le chalut le plus usé ; Janvier (3-4) : dispositif sur le chalut le plus neuf)).

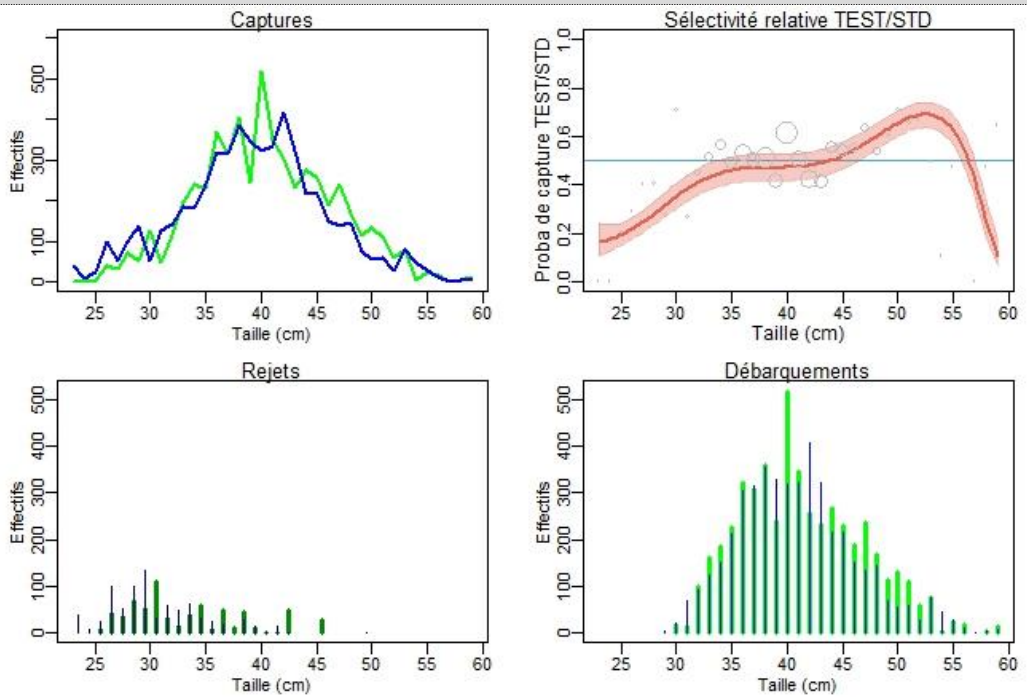
Les captures de merlans, d'églefins, de rougets-barbets et de chinchards suggèrent un effet du chalut indépendamment du dispositif sélectif. De plus, l'effet du dispositif est susceptible d'être dépendant de la taille de ces espèces et la composition en tailles a pu varier entre les marées. On ne peut donc pas conclure à ce stade pour ces quatre espèces, mais l'analyse en taille dans la section suivante permettra d'identifier l'effet chalut indépendamment du dispositif sélectif, et ainsi d'estimer la sélectivité relative liée au dispositif.
Aucune diminution significative des débarquements d'encornets, de seiches, de grondins, de tacauds, de baudroies et de merlus n'a été détectée même lorsque l'engin test était équipé de l'ancien chalut. Bien que ce constat soit fait sur un nombre restreint de couples de traits (25), la significativité de cette diminution permet de démontrer que le dispositif n'a pas induit de pertes commerciales pour ces espèces.
De même, la diminution significative des rejets de maquereaux et de grondins gris lorsque l'engin test était censé mieux pêcher permet de conclure à un effet significatif du dispositif sur l'échappement de ces deux espèces systématiquement rejetées.
Enfin, on ne peut pas conclure pour le cas du sanglier car il y a eu légèrement plus de captures dans l'engin standard, mais uniquement dans la configuration où celui-ci était neuf.

3.3.4 SELECTIVITE EN TAILLE

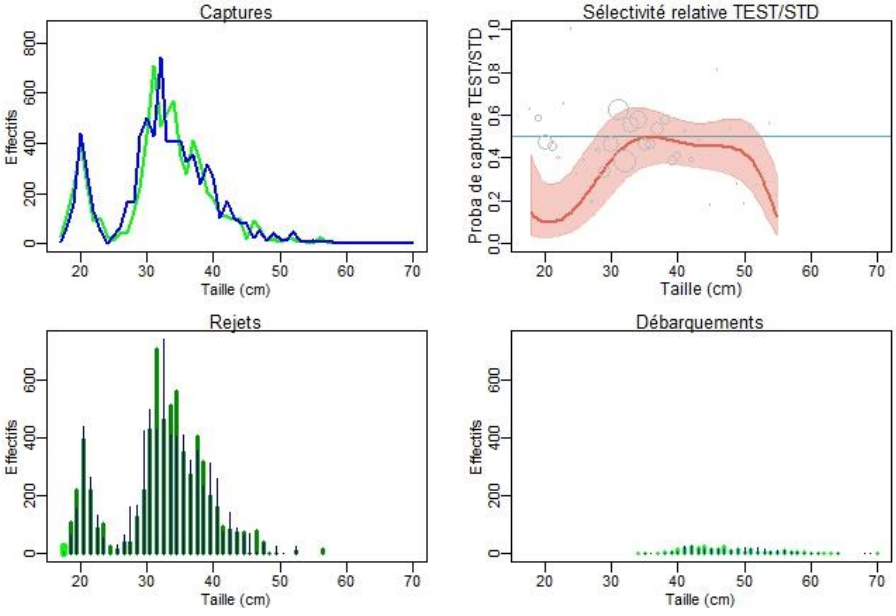
3.3.4.1 ANALYSE EN TAILLE

Sommaire

Merlan



Eglefin



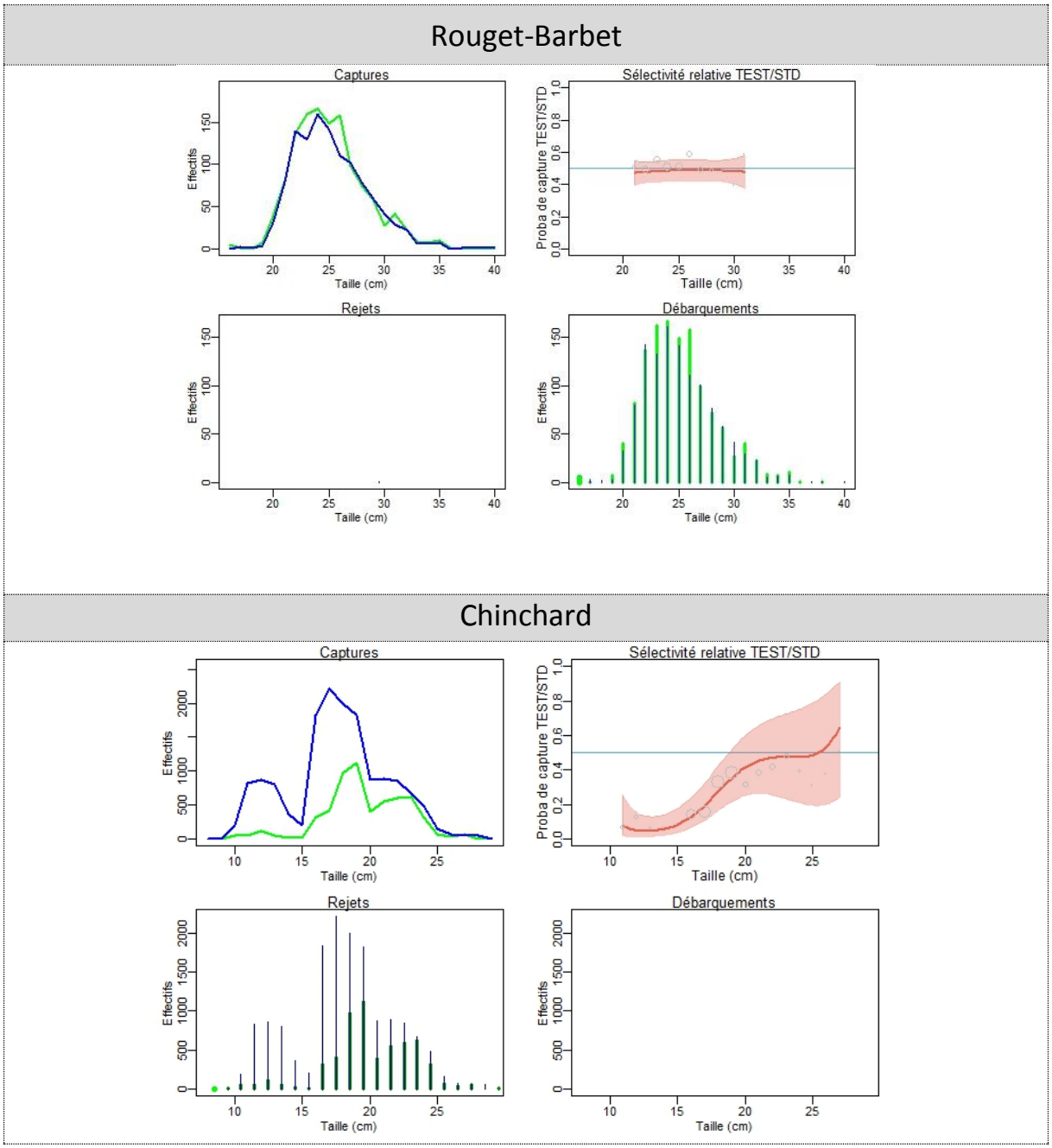


Figure 26 : pour chaque espèce, de gauche à droite : distributions en taille des effectifs capturés dans l'engin test (vert) et l'engin standard (bleu) ; distributions en tailles des effectifs rejetés ; des effectifs débarqués ; prédictions et intervalle de confiance à 95% de la sélectivité en taille de l'engin test relativement à l'engin standard (les captures relatives moyennes observées sont représentées par des cercles de diamètre proportionnel à l'effectif total de la taille considérée. *Note : dans le modèle, un effet « chalut » a été ajouté au modèle pour tenir compte du fait qu'un des deux chaluts semble avoir mieux pêché que l'autre.*

3.3.4.2 INDICATEURS DE SELECTIVITE EN TAILLE

Sommaire

Tableau 23 : Indicateurs issus du modèle de sélectivité en taille. Les poids des captures ont été présentés pour les gammes de tailles conservées pour l'analyse. Les résultats en couleur correspondent aux taux de captures relatives significativement différentes de 0.5, le signe du taux de variation renseignant sur l'augmentation/la diminution associée. Note : le signe du taux de variation prédit peut être différent du taux de variation des observations car il est issu d'un modèle.

Espèces	L0.5	Tailles commerciales	Captures			
			Pds. moy. (kg) /trait observé		Prédiction du taux var. TEST/STD en nb d'individus	prédiction de capture relative
			STD	TEST		
Merlan	43.8 cm [33.4; 46.5]	T10 (≥41 cm)	3.9	2.9	+36%	0.56 [0.47; 0.68]
		T20 (36-40 cm)	5.8	6.3	-11%	0.47 [0.47; 0.47]
		T30 (33-35 cm)	22.8	25.2	-18%	0.45 [0.43; 0.46]
		T40 (27- 32 cm)	52.0	59.5	-44%	0.36 [0.25; 0.42]
		Sous-taille (<27 cm)	0.5	0.2	-73%	0.21 [0.18;0.22]
Eglefin	30.1 cm [24.4; 40]	T10 (≥ 49 cm)	6.1	2.8	+7%	0.51 [0.35; 0.57]
		T20 (41-48 cm)	13.1	12.9	+13%	0.53 [0.52; 0.56]
		T30 (35-40 cm)	26.8	25.1	+18%	0.54 [0.52; 0.56]
		T40 (30-34 cm)	30.2	31.7	+20%	0.54 [0.50; 0.57]
		Sous-taille (<30 cm)	8.8	6.2	-48%	0.33 [0.20; 0.46]
Rouget-barbet	>32 cm	10 (<32 cm)				
		T21 (28-32 cm)	1.9	1.9	-2%	0.49 [0.49; 0.50]
		T22 (25-27 cm)	2.2	2.6	-2%	0.50 [0.49; 0.50]
		T31 (20-24 cm)	2.1	2.3	-7%	0.48 [0.47; 0.49]
		T32 (15-19 cm)			NA	
		Sous-taille (<15 cm)			NA	
Chinchard	>27 cm	T40 (22-27 cm)	6.1	4.5	-62%	0.26 [0.01; 0.40]
		T50 (15-21 cm)	12.2	5.2	-48%	0.31 [0.03; 0.46]
		Sous-taille (<15 cm)	1.1	0.1	-100%	0.00 [0.00; 0.01]

Le modèle de sélectivité sélectionné estime une forte diminution des captures pour les merlans sous-tailles et le calibre 40, et une très légère diminution pour les calibres 30 et 20. Pour ces derniers, la forme de la courbe suggère plutôt un artefact lié au modèle. En effet l'indicateur L0.5 vaut 43.8 cm alors que les d'après les tests en criée un merlan d'environ 32 cm ne passe pas dans le dispositif. Cela est cohérent avec la stabilisation de la courbe dans cette gamme de taille autour de 0.46, et cette légère différence avec 0.5 peut s'expliquer par l'effet du chalut qui n'a pas été parfaitement prise en compte par le modèle. En effet, étant donné le nombre limité de données, nous avons supposé un effet du chalut (ancien/neuf) constant quelle que soit la taille du poisson, alors qu'une interaction avec la taille a pu se produire.

Pour l'églefin une forte diminution des rejets a été estimée avec un L0.5 à 30.1 cm, ce qui est satisfaisant car correspondant à la taille commerciale, mais légèrement inférieure à la taille ciblée de 40 cm. Néanmoins cet objectif ne semble pas atteignable avec un dispositif sélectif sans perdre considérablement plus de merlans sur les calibres 30 et 20.

D'après le modèle, le rouget-barbet a été légèrement moins capturé par le dispositif sélectif jusqu'à 24 cm et très légèrement pour les tailles supérieures. Comme pour le merlan ce dernier cas semble

plus un artefact du modèle car d'après les tests en criée la taille maximale qui passe dans le dispositif est estimée aux alentours de 25 cm.
Enfin le panneau en T90 a été très nettement sélectif sur toutes les tailles de chinchards jusqu'à 18 cm, et pour les effectifs moyens des calibres commerciaux jusqu'au T40.

3.3.5 ANALYSE COMMERCIALE A COURT TERME A L'ECHELLE DE LA FLOTTILLE

Sommaire

Similairement à l'AZUR, les pertes commerciales immédiates engendrées par l'usage d'un panneau en T90 80 mm en Manche Ouest sont considérées comme négligeables. En effet, seuls le calibre 40 du merlan et le tacaud seraient concernés, ce qui représente une part très minime du chiffre d'affaires des navires de l'OP COBRENORD pratiquant le métier du chalut de fond en 80 mm en Manche Ouest.

3.4 PANNEAU T90 100 MM SUR LE DESSUS DE LA PARTIE DROITE

3.4.1 PRESENTATION DU DISPOSITIF SELECTIF

Sommaire

Tableau 24 : rappel des caractéristiques du cas d'étude – «T90 100 mm rallonge/cul»

Engin	Maillage jauge	Période	Zone	Espèces indésirées	Espèces ciblées
MOR BREIZ	**100 mm**	**Juin-Août**	**Sud Mer Celtique /Scilly (7efgh)**	Sanglier; Merlan < 32 cm; Eglefin < 34 cm; Chinchard	Merlu; Saint-Pierre; Baudroies; Raies

Le cas d'étude du MOR BREIZ diffère largement des autres cas de l'OP COBRENORD. Le métier ciblé correspond à une activité saisonnière pratiquée par les chalutiers de fond hauturier à la fin du printemps et durant l'été : la pêche au Saint-Pierre et au merlu en Mer Celtique, en particulier aux alentours et à l'ouest des îles Scilly. Compte tenu de la taille des espèces ciblées, les navires utilisent quasi-exclusivement du 100 mm. Les principales sources de rejets concernent l'églefin et le poisson sanglier. Si des petits églefins peuvent être capturés, la majorité des rejets en poids est observée sur des poissons commercialisables par manque de quota.

Tableau 25 : description du navire et des engins du cas d'étude – «T90 100 mm rallonge/cul»

Navire		
Nom du navire	MOR BREIZ (907950)	© OP COBRENORD
Longueur HT (m)	21,22	
Puissance (Kw)	441	
Jauge (tonneaux)	89	
Engins		
	Témoin	**Sélectif**
Type de chalut	Chalut de fond quatre faces	Chalut de fond quatre faces
Corde dos (m)	28	28
Bourrelet	Rockhopper	Rockhopper
Nb de chaînes gratteuses	1	1
Ouverture verticale (estimée en m)	5,5	5,5
Dispositif sélectif	PMC 120 mm règlementaire	T90 100 mm rallonge + moitié de cul REJEMCELEC
Maillage du cul de chalut (jauge)	100 mm	100 mm
Gréement	Fourche	Fourche

Choix du dispositif :

Le PMC réglementaire 120 mm ne permet pas de laisser s'échapper les sangliers en quantités suffisantes. En outre, le CIEM ne constate pas d'amélioration significative de la mortalité par pêche sur les plus jeunes âges de gadidés ciblés par le dispositif (églefin et merlan) (WGMIXFISH ICES, 2017). Par contre, sa maille de 120 mm génère des échappements importants de tailles commerciales de merlu et autres gadidés durant les périodes de pêche ciblée du Saint-Pierre et du merlu par les chalutiers de fond hauturiers de l'OP COBRENORD en Mer Celtique.
Les essais préliminaires de « fall through » réalisés en criée sur du sanglier, merlan et églefin avec du T90 ainsi que les résultats très nets obtenus dans le cadre du projet CELSELEC (Lamothe et al., 2017), nous ont conduits à choisir un maillage en T90 100 mm sur une grande partie de la rallonge. L'objectif de remplacer éventuellement à terme le PMC réglementaire de 120 mm a également déterminé le choix d'une grande longueur d'environ 9,5 m du panneau T90 mm 100 mm, afin qu'il se termine en arrière à environ 8,50 m du raban de cul, comme le PMC 120 mm réglementaire.

Principe et objectifs du dispositif :

Le principe est d'augmenter significativement l'ouverture des mailles grâce au T90[4] par rapport aux mailles losanges, afin d'optimiser l'échappement de gadidés sous-taille et de sanglier. La surface de mailles ouvertes (T90 dans ce cas) est également très largement augmentée, par rapport au PMC 120 mm réglementaire (longueur du panneau T90 de 9,50 m au lieu de 3 m).

Descriptif du dispositif :

Le panneau est monté sur le dessus de la rallonge, à 9 m maximum du raban de cul.
Son maillage est de 100 mm jauge. Le panneau à mailles T90 mesure au total de l'ordre de 11 m (95 mailles T90 de 100 mm jauge)[5]. Il se termine à environ 4 m du raban de cul.

[4] Pour la description du T90, voir la partie 3.3.1.

[5] Le taux d'assemblage entre les mailles losanges standard du gorget et les mailles tournées à 90° de la rallonge est de deux mailles T90 pour trois mailles losanges dans le sens de la largeur, à maillage équivalent.

Le panneau en T90 est réalisé avec une équivalence de l'ordre de 13 mailles T90 pour 10 mailles losanges dans le sens de la longueur, à maillage équivalent.

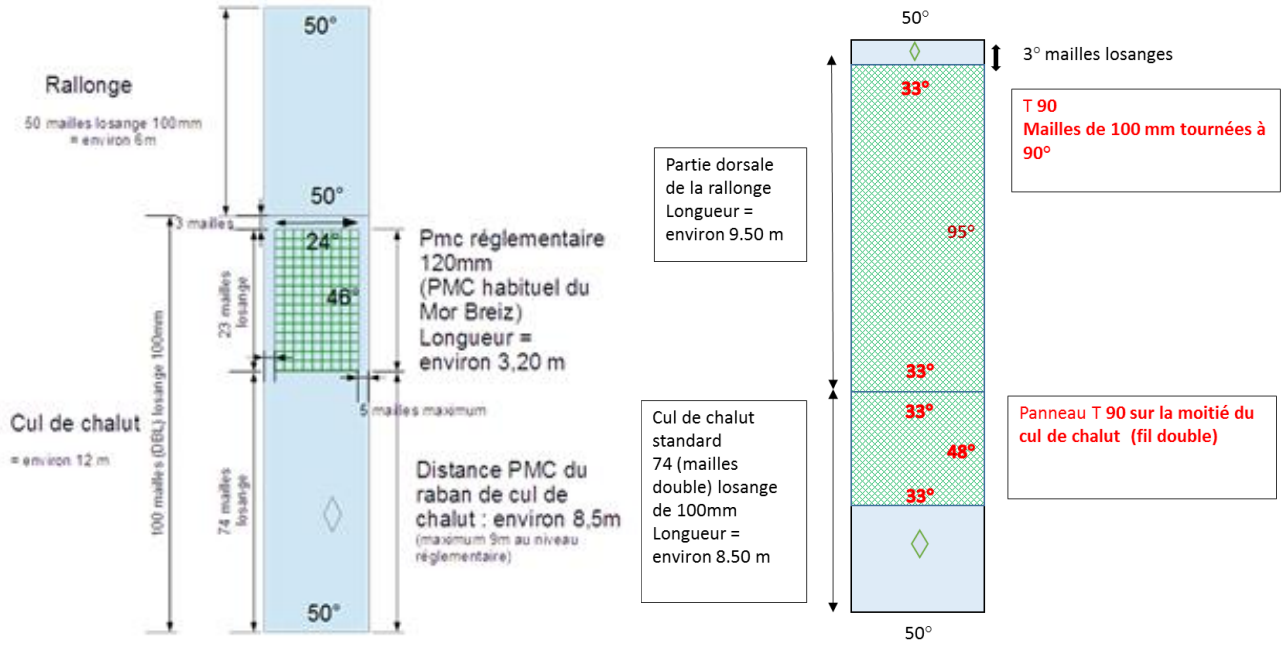


Figure 28 : schéma de la face dorsale de la rallonge du chalut standard avec PMC 120 mm réglementaire (à gauche) et de la face dorsale de la rallonge du chalut sélectif avec panneau T90 100 mm (à droite)

3.4.2 CONDITIONS DE PECHE ET D'EXPERIMENTATION

3.4.2.1 DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON

Sommaire

Tableau 26 : description de l'échantillon – « T90 100 mm rallonge/cul »

Date de départ	Durée de la marée	Nb. De traits réalisés	Nb. De traits échantillonnés	Taux d'échantillonnage	Nb. de couples échantillonnés
06/06/2017	7	33	20	61%	10
04/07/2017	7	32	18	56%	9
11/07/2017	7	33	18	55%	9
01/08/2017	7	31	16	52%	8
Total	28	129	72	56%	36

Une première marée réalisée en avril 2017 a été retirée de l'analyse car le dispositif a été modifié par la suite. En effet, le panneau en T90 a été rallongé afin d'augmenter davantage l'échappement modéré constaté à bord et par les images vidéos réalisées durant la première marée.. Un morceau de T90 a donc été rajouté sur la moitié du cul de chalut.

Malgré le retard d'échantillonnage, 36 couples ont pu être observés durant quatre marées de sept jours.

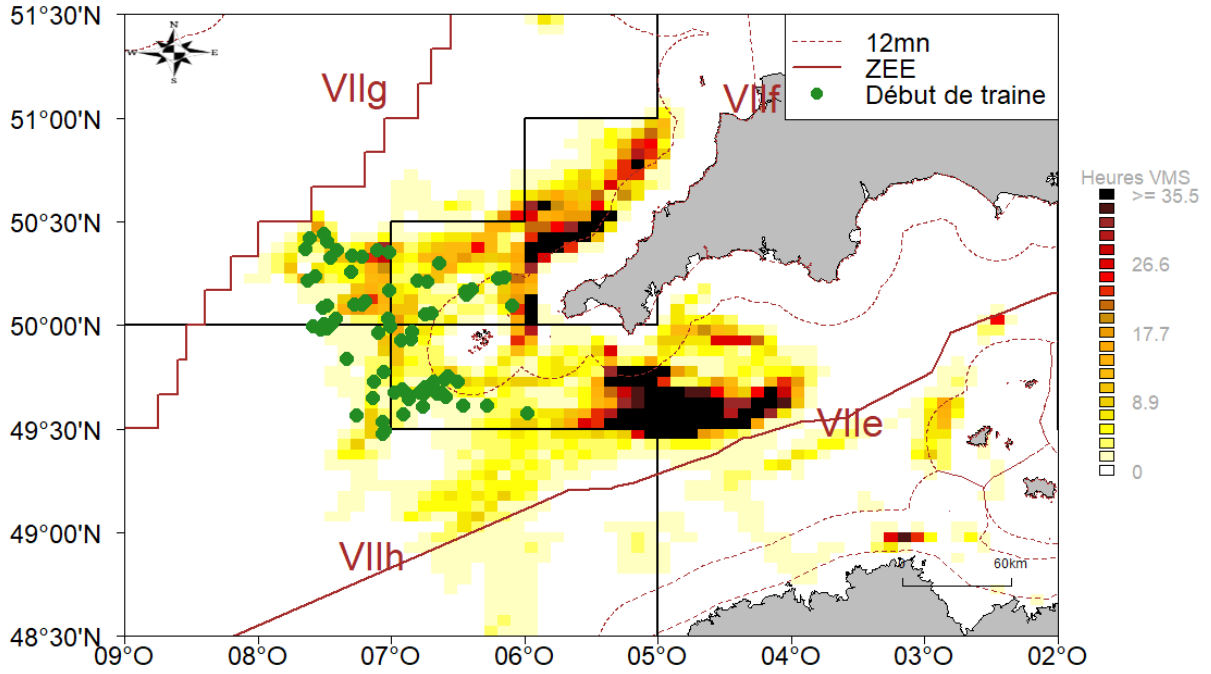


Figure 29 : cartographie de l'effort de pêche des chalutiers de fond hauturiers de l'OP cobrenord de juin à août avec un cul de chalut en 100 mm et position des débuts de traine des traits de chalut expérimentaux – Données VMS - Moyenne 2014-2015.

On constate que l'échantillonnage n'est pas représentatif de l'ensemble de l'activité des navires de l'OP en Mer Celtique en été. En effet, le métier ciblé n'est pas pratiqué aussi intensément par tous les navires de la flottille. Par ailleurs, les zones les plus fréquentées à l'Est dans le VIIf (Trévoz) ne possèdent pas du tout la même composition de capture. Les rejets concernent davantage des petits gadidés et les espèces ciblées sont principalement les raies, l'encornet et les gadidés. L'usage du T90 en 100 mm entrainerait probablement davantage de pertes commerciales dans ces zones, sur l'encornet notamment.

3.4.2.2 VALIDATION DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

Sommaire

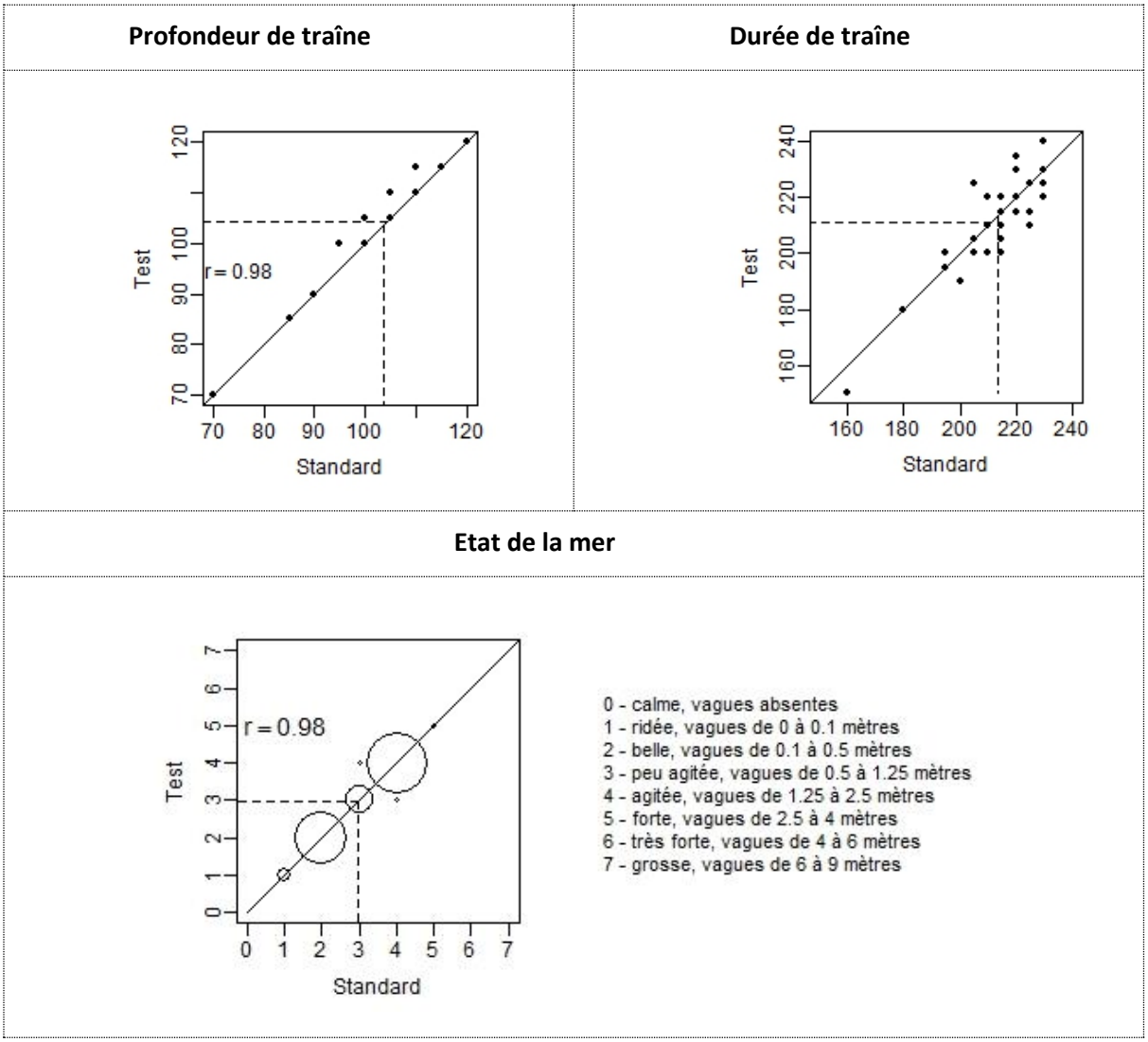


Figure 30 : description et comparaison des conditions environnementales (Profondeur de traîne moyenne, durée de traîne, état de la mer) de chaque paire de traits et entre les traits de chaque paire. Les lignes en pointillé indiquent la valeur moyenne pour chaque engin pour évaluer le biais moyen des conditions d'expérimentation entre les deux engins.

Pour ce cas d'étude, quatre marées de test ont été réalisées de début juin à début août 2017. L'ensemble des couples validés ont été effectués soit de nuit (15) soit de jour (21), à 28 minutes d'intervalle en moyenne. Cette moyenne est tirée à la hausse par un couple effectué à 1h40 d'intervalle. Les profondeurs de traîne ont varié entre 70 et 120 m avec des différences quasi nulles au sein de chaque paire. Les durées des traînes ont varié entre 140 et 240 minutes et étaient également très similaires au sein de chaque paire. Enfin les conditions de mer ont varié de ridée, vagues de 0 à 0,1 m à forte, vagues de 2,5 à 4 m entre les paires mais étaient identiques au sein de chaque paire hormis une légère différence pour deux d'entre elles. Les paires de traits ont donc été effectués dans des conditions très similaires vis-à-vis des variables qui ont pu être mesurées, limitant la présence de biais entre les deux dispositifs et justifiant l'emploi d'une méthodologie adaptée aux échantillons appariés.

3.4.3 ANALYSE GLOBALE DES CAPTURES

3.4.3.1 ANALYSE GLOBALE

Sommaire

Pour trois espèces (merlan, sanglier et grondins), la capture d'un couple a été retirée de l'analyse en raison d'une capture anormalement élevée dans l'un des deux traits par rapport aux différences de captures des autres couples de traits (points en rouge dans la Figure 33 et la Figure 34).
Les captures totales ont varié de 153 à 1083 kg par trait et les taux de rejets de 6 à 86%. Les captures par l'engin testé ont généré des débarquements plus élevés, mais également des rejets et taux de rejets plus importants, bien que l'augmentation ne soit significative uniquement pour la biomasse rejetée (+61 kg/trait). Ces résultats peu concluants sont en réalité dus à l'églefin, espèce la plus capturée (52% des rejets dans le chalut standard/66% dans le test). Cette dernière est majoritairement rejetée en raison d'un quota limitant. **Si l'on ne tient pas compte de ces captures d'églefins dans cette analyse globale, les autres rejets ont été diminués de 5 kg/trait avec le dispositif pour des débarquements augmentés de 39 kg/trait en moyenne.**

Tableau 27 : pour chaque engin, biomasses moyennes des captures, débarquements et rejets par trait, et pourcentage moyen des rejets dans les captures de l'ensemble des marées tests

Chalut	CAPTURES	DEBARQUEMENTS	REJETS	% REJETEE
Standard (STD)	388 kg/trait	206 kg/trait	182 kg/trait	45%
Test (TEST)	487 kg/trait	244 kg/trait	243 kg/trait	49%

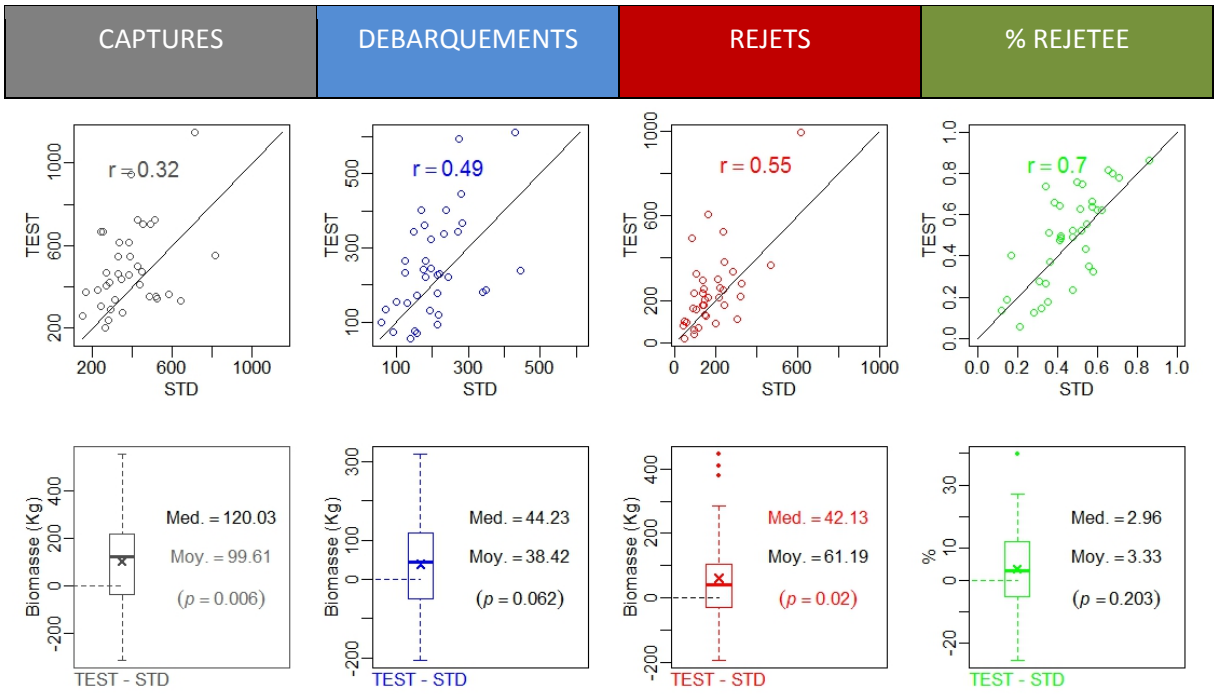


Figure 31 : biomasse totale des captures par trait, des rejets et des débarquements, et proportion de rejet dans la capture. Distribution pour chaque engin et distribution des différences au sein des paires de traits (Standard/Test). Moy. et Med. sont les moyennes et médianes des différences entre les deux engins et *p* la p-value associée au test.

3.4.3.2 ANALYSE PAR ESPECES

Sommaire

Cinquante-neuf espèces ont été observées sur l'ensemble des quatre marées et 23 dans plus de 15 paires de traits. Dans les débarquements on retrouve majoritairement (67%) du merlu, du Saint-Pierre, des baudroies et de la Cabillaud. En effectifs, les espèces les plus rejetées sont le sanglier, l'églefin, le grondin gris, le petit tacaud, les grondins rouge et perlon, la roussette et le chinchard.

Tableau 28 : espèces sélectionnées pour l'analyse du dispositif « T90 rallonge et cul »

Espèces débarquées	Espèces rejetées
Merlu, Saint-Pierre, cabillaud, baudroies (témoin)	Sanglier, grondin gris, chinchard
Espèces débarquées et rejetées	
Grondins (rouge et perlon), merlan, églefin	

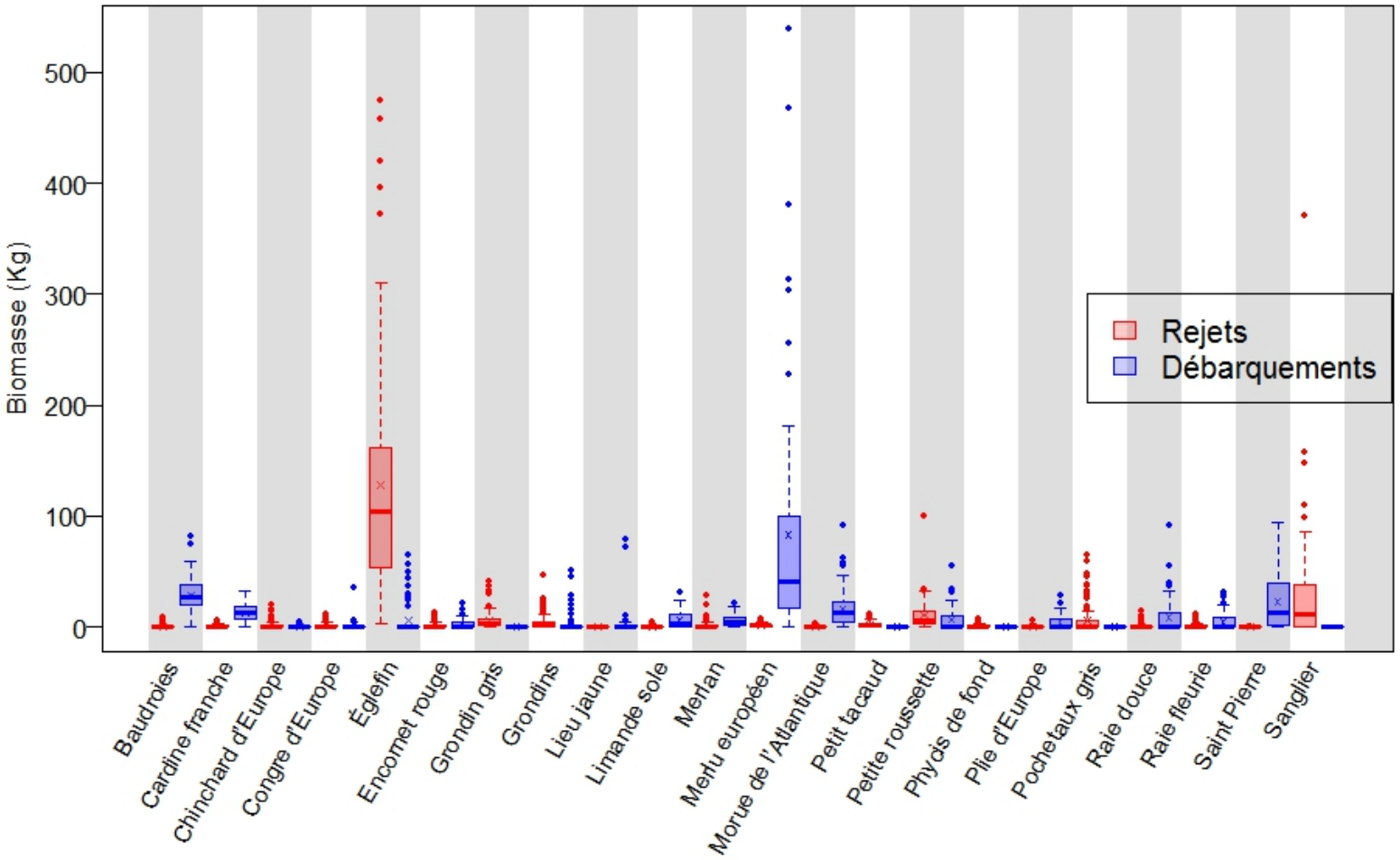


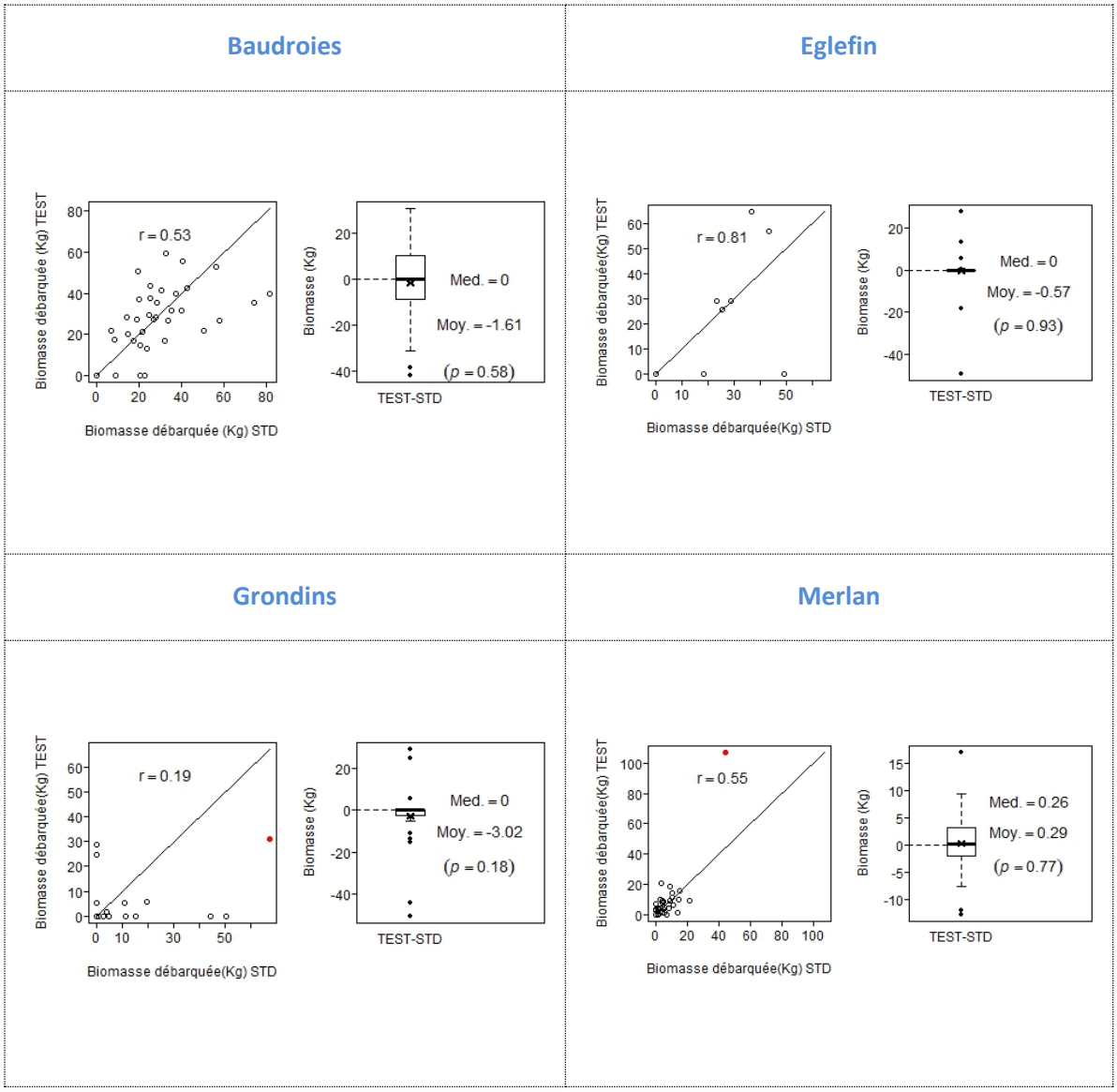
Figure 32 : Distributions des biomasses des rejets et débarquements) par trait, pour les espèces présentes dans plus de 15 paires de traits.

3.4.3.2.1 COMPARAISONS DES BIOMASSES DEBARQUEES

Sommaire

La similitude des captures de baudroies entre les deux engins est une indication de la validité de l'hypothèse sur laquelle repose l'analyse en traits alternés, c'est à dire que la ressource disponible au sein de chaque paire est la même en moyenne. Aucune différence de débarquements n'est détectée parmi les autres espèces d'études, hormis le merlu pour lequel l'engin testé a généré 45 kg de débarquements supplémentaires par trait, soit une augmentation de 74% par rapport à l'engin standard.

Lecture de la Figure 33: à gauche, nuage de point des biomasses dans le standard et le sélectif. A droite sont présentés les résultats du test de nullité de la différence de biomasse intra paires entre le test et le standard. Les p-values *p* sont en couleurs lorsque le test était significatif à 5%, ainsi que la moyenne ou la médiane associée, suivant que le test était paramétrique ou non. Les points rouges sont considérés comme aberrants et ont été retirés de l'analyse.



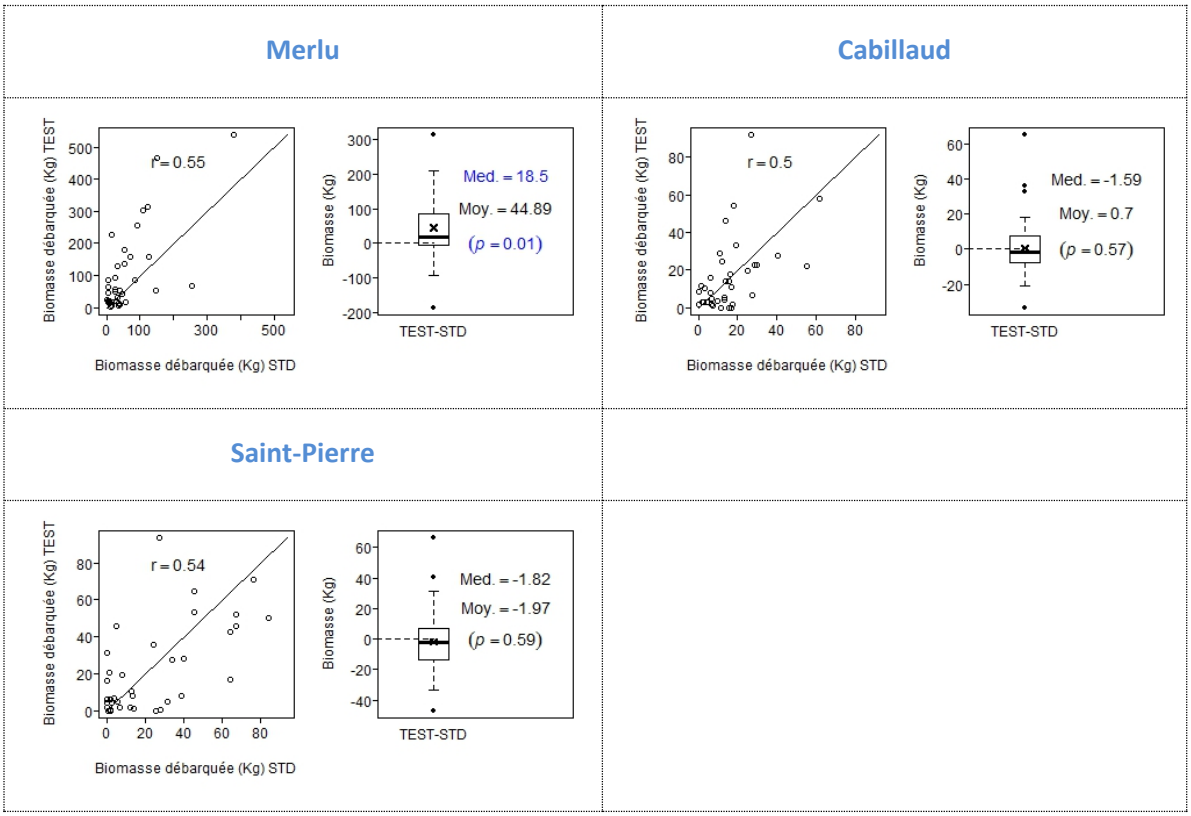


Figure 33 : Comparaison des biomasses débarquées pour chaque espèce

3.4.3.2.2 COMPARAISONS DES BIOMASSES REJETEES

Sommaire

Parmi les espèces rejetées, l'églefin a généré significativement plus de rejets, et en grandes quantités. Le cas de ce dernier est à considérer à part puisque comme expliqué précédemment, les individus de grandes tailles sont aussi rejetés en raison d'un quota limitant. L'un des objectifs du dispositif en T90 étant de diminuer les pertes commerciales sur le merlu dues au PMC 120 mm réglementaire, il n'est pas surprenant que le panneau en T90 ait également diminué l'échappement des gros églefins. Pour toutes les autres espèces, aucune différence significative n'a été constatée, ce qui est satisfaisant hormis pour le sanglier dont on espérait plus d'échappements grâce au T90. La biomasse capturée a été diminuée de seulement 17%, et pour un degré de signification de 7%.

Lecture de la Figure 34 : à gauche, nuage de point des biomasses dans le standard et le sélectif. A droite sont présentés les résultats du test de nullité de la différence de biomasse intra paires entre le test et le standard. Les p-values *p* sont en couleurs lorsque le test était significatif à 5%, ainsi que la moyenne ou la médiane associée, suivant que le test était paramétrique ou non. Les points rouges sont considérés comme aberrants et ont été retirés de l'analyse.

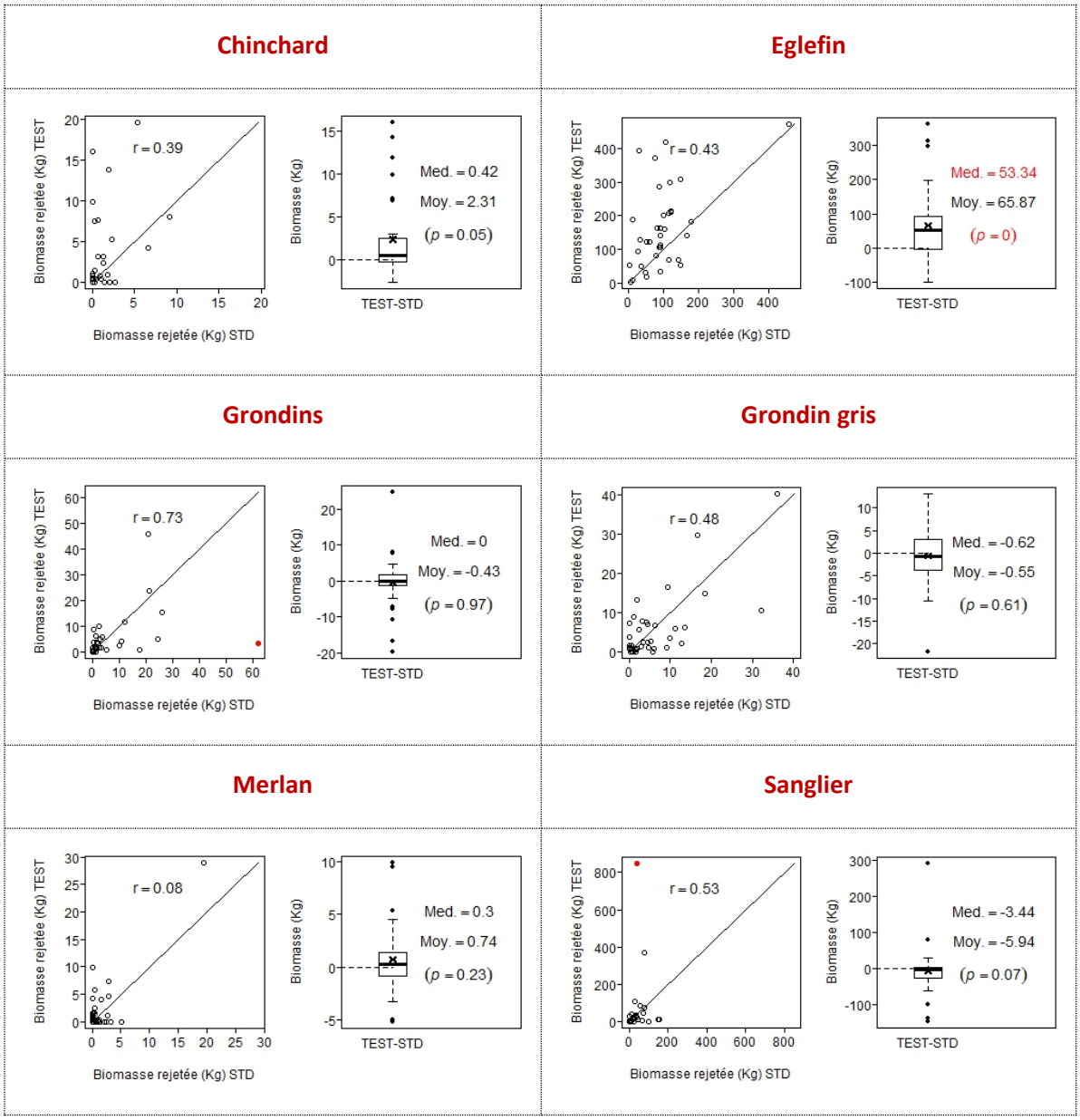


Figure 34: Comparaison des biomasses rejetées pour chaque espèce

3.4.3.2.3 DONNEES DE SYNTHESE

Sommaire

Tableau 29 : Synthèse des comparaisons de capture par espèce. Les cellules en couleurs désignent les résultats présentant une différence significative (*p-value*<0.05) entre les deux engins.

Espèces	Nb de couples de traits	DEBARQUEMENTS			REJETS			TAUX DE REJETS		COMPOSITION DES REJETS	
		Pds moy / traits (kg)		Tx var SEL/STD	Pds moy / traits (kg)		Tx var SEL/STD	Rejets/captures (%)		Rejets / rejets totaux (%)	
		STD	TEST	%	STD	TEST	%	STD	TEST	STD	TEST
Merlan	35	6	6	+5	2	2	+46	22	28	0,8	0,9
Eglefin	36	6	6	-9	95	161	+69	94	97	52	66
Merlu	36	60	105	+74	2	1	-31	3	1	1	0,5
Saint-Pierre	36	24	22	-8	0	0	-	0,1	0,1	0	0
Grondins	32	5	2	-56	5	5	-7	52	70	3	2
Cabillaud	36	16	17	+4	0,4	0,4	-7	2	2	0,2	0,2
Baudroie	35	30	28	-5	0,7	0,2	-73	2	0,6	0,4	0,1
Sanglier	19	0	0	-	34	28	-17	100	100	18	11
Chinchard	34	0,2	0,1	-	1	3	+164	87	97	0,6	1
Grondin gris	36	0	0	-	7	6	-8	100	100	4	2

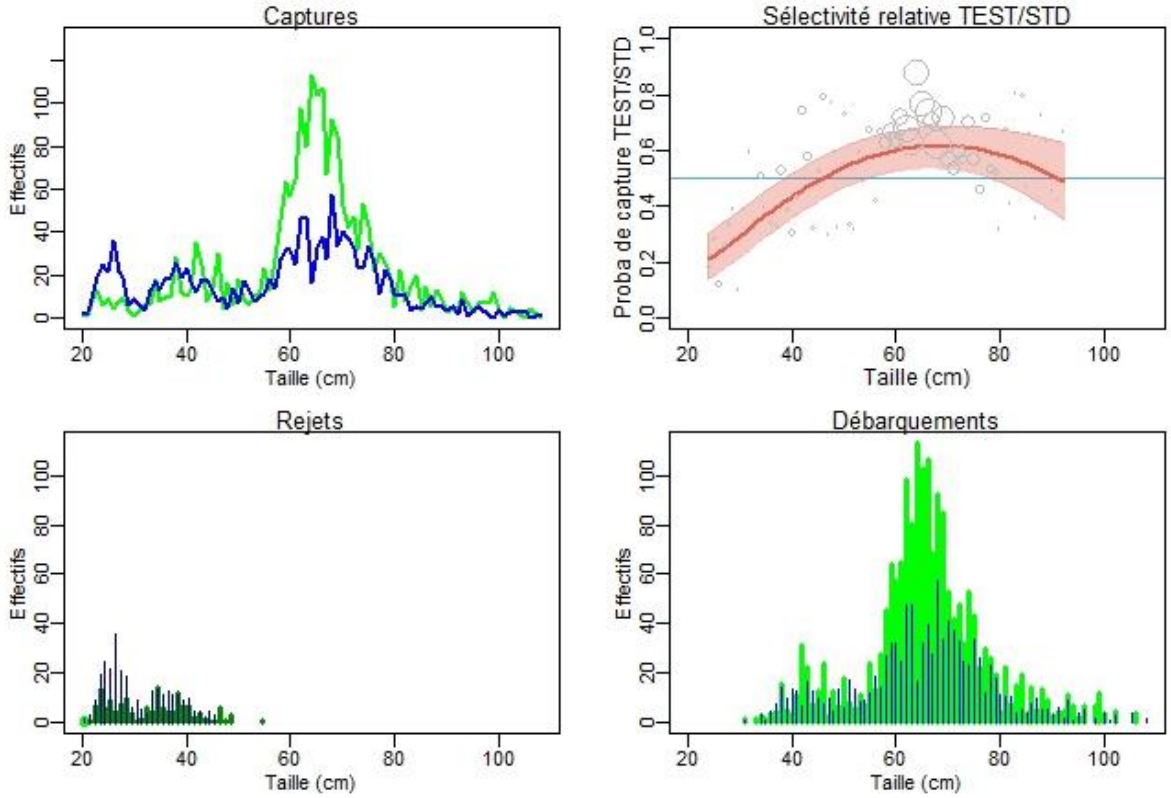
3.4.4 SELECTIVITE EN TAILLE

Sommaire

D'après les modèles de sélectivité en taille, le remplacement du PMC en 120 mm par un plus grand panneau en T90 de 100 mm a permis une augmentation des échappements de merlu jusqu'à 42 cm, et d'églefin jusqu'à 31 cm, mais aussi de diminuer les échappements des gros merlus (42 à 87 cm) et églefins (31 à 55 cm).

Les résultats sont plus mitigés pour le sanglier, bien qu'en moyenne la biomasse capturée soit bien réduite, les captures ont été trop variables pour que cette diminution soit significative, hormis pour les tailles 11-13 cm.

Merlu



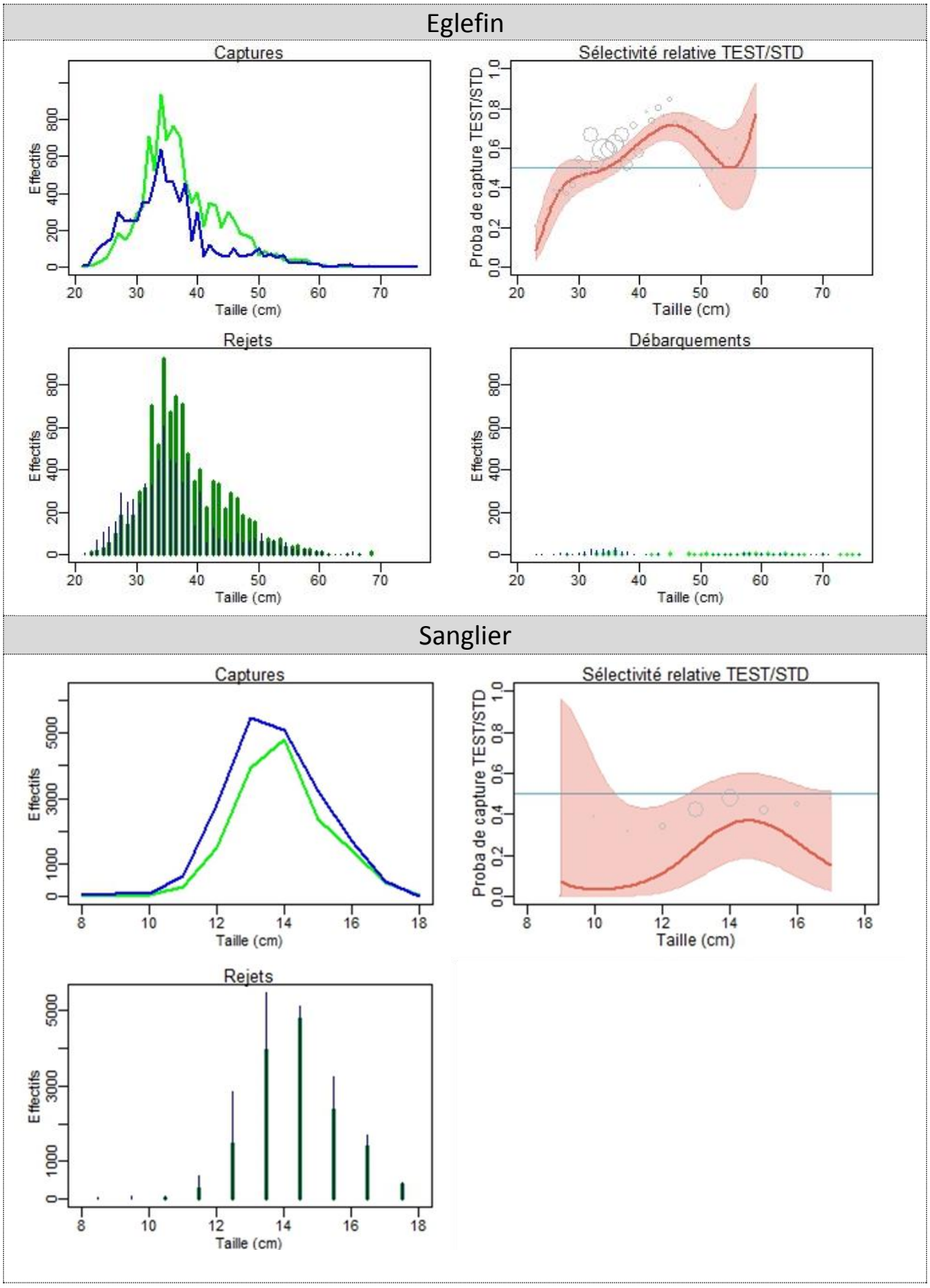


Figure 35 : pour chaque espèce, de gauche à droite : distributions en taille des effectifs capturés dans l'engin test (vert) et l'engin standard (bleu) ; distributions en tailles des effectifs rejetés ; des effectifs débarqués ; prédictions et intervalle de confiance à 95% de la sélectivité en taille de l'engin test relativement à l'engin standard (les captures relatives moyennes observées sont représentées par des cercles de diamètre proportionnel à l'effectif total de la taille considérée.

3.4.4.1 INDICATEURS DE SELECTIVITE EN TAILLE

Sommaire

Tableau 30 : Indicateurs issus du modèle de sélectivité en taille. Les poids des captures ont été présentés pour les gammes de tailles conservées pour l'analyse. Les résultats en couleur correspondent aux taux de captures relatives significativement différentes de 0.5, le signe du taux de variation renseignant sur l'augmentation/la diminution associée. Note : le signe du taux de variation prédit peut être différent du taux de variation des observations car il est issu d'un modèle.

Espèces	$Lr_{0.5}$	Tailles commerciales	Captures			
			Pds. moy. (kg) /trait observé		Prédiction du taux var. TEST/STD en effectifs	Sélectivité relative prédite en effectifs
			STD	TEST		
Merlu	45.7 cm [38.5 ; 55.0]	T0 (>73 cm)	22	32	+35%	0.57 [0.51; 0.60]
		T10 (66-73 cm)	19	33	+56%	0.61 [0.61; 0.61]
		T20 (58-65 cm)	12	29	+50%	0.60 [0.59; 0.61]
		T30 (47-58 cm)	4	4	+25%	0.55 [0.51; 0.58]
		T40 (37-46 cm)	2	3	-17%	0.45 [0.40; 0.50]
		T50 (27- 36 cm)	0.7	0.5	-51%	0.33 [0.26; 0.39]
		Sous-taille (<27 cm)	0.2	0.1	-69%	0.24 [0.22; 0.25]
Eglefin	34.7 cm [26.7; 36.8]	T10 (>48 cm)	23	28	+48%	0.59 [0.50; 0.75]
		T20 (42-48 cm)	14	45	+124%	0.69 [0.67; 0.71]
		T30 (36-41 cm)	27	45	+41%	0.58 [0.52; 0.65]
		T40 (30- 35 cm)	26	36	-7 %	0.49 [0.46; 0.51]
		Sous-taille (<30 cm)	7	4	-42%	0.36 [0.10; 0.45]
Sanglier	NA	10-17 cm	34	28	-63%	0.25 [0.07; 0.37]

3.4.5 IMPACT COMMERCIAL

Sommaire

Similairement aux autres cas d'étude, des extrapolations des variations de biomasse à l'échelle de la flottille ont été réalisés afin de calculer une variation de chiffre d'affaires.

Le métier auquel les variations ont été appliquées est le suivant (chalut de fond à gadidés, merlu et Saint-Pierre en Mer Celtique):

- Zones: Divisions CIEM VIIfgjk
- 11 navires > 20 mètres
- Maillages: 100 mm
- Saisons: toutes

Concernant ce métier en particulier, l'extrapolation est délicate. En effet comme expliqué en 3.4.2.1, l'échantillonnage spatial n'est pas représentatif de l'ensemble des métiers pratiqués en Mer Celtique. Néanmoins, les variations de chiffre d'affaires constatées ne concernent que le merlu dont la quasi-totalité des captures est réalisée par ce métier. L'extrapolation est donc raisonnable.
Notons par ailleurs que l'églefin a été exclu de cette analyse. En effet, les diminutions de capture ne portent que sur les sous-tailles et les augmentations de capture sur des tailles que les navires rejetteraient à très court terme en raison des limitations de quota. La variation de chiffre d'affaires sur cette espèce est donc considérée comme négligeable à très court terme.

En outre, la dimension "saison" du métier a été retirée pour l'extrapolation à la flottille. En effet, dans le cadre de l'introduction d'une mesure de sélectivité à l'échelle européenne, les discussions en cours[6] définissent des dispositifs sélectifs à l'année par zone et par maillage.

Sur l'ensemble de l'année, le chalut de fond à gadidés, merlu et Saint-Pierre en Mer Celtique représente 7% des débarquements de la flottille (2015-2016). Toutes les variations absolues et relatives du chiffre d'affaires doivent donc être mises en perspective au regard de cette information.

La méthodologie détaillée dans la partie 2.2.4 permet d'obtenir la variation en chiffre d'affaires de la flottille pour chaque espèce et chaque calibre commercial entraînant une différence significative d'échappement commercial imputable à la sélectivité. Les espèces retenues sont basées sur une sélection détaillée à la partie 2.2.4. La liste des espèces et calibres commerciaux écartés est disponible à l'Annexe 5.

[6] Révision en cours du règlement (CE) 850/98 du conseil du 30 mars 1998 visant à la conservation des ressources de pêche par le biais de mesures techniques de protection des juvéniles d'organismes marins

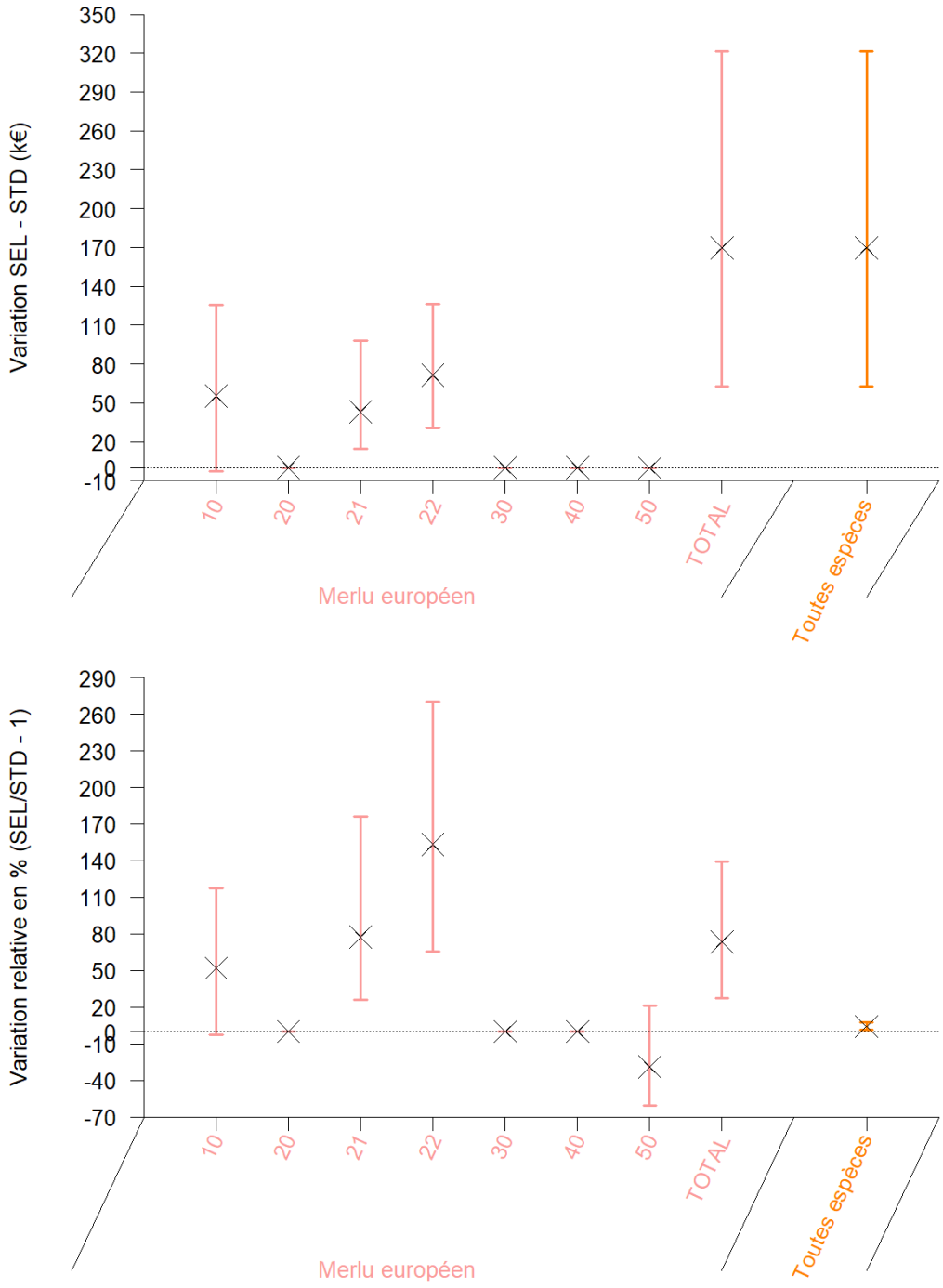


Figure 36 : estimations de la variation annuelle en euros (en haut) et en pourcentage (en bas) du chiffre d'affaires par espèce et calibre commercial liée au dispositif sélectif (T90 100mm) pour le métier du chalut de fond à gadidés, merlu et Saint-Pierre en Mer Celtique.

Pour mémoire, le présent cas d'étude vise à comparer du T90 en 100 mm sur une grande surface versus le PMC réglementaire en 120 mm. L'idée est donc de diminuer les captures indésirées en améliorant les captures commercialisables. L'objectif est rempli en grande partie concernant les captures indésirées (cf. partie 3.3). Concernant l'augmentation des captures commerciales, la principale espèce

ciblée s'échappant par le PMC 120 mm est le merlu. C'est d'ailleurs la seule espèce retenue pour l'analyse commerciale à court terme.

On peut constater que cette espèce a été mieux conservée par le chalut en T90 pour les tailles commerciales. L'augmentation annuelle de chiffre d'affaires qui en résulte est estimée à 170 000 euros (+4%) pour l'ensemble des navires de l'OP COBRENORD pratiquant le métier. Cela représente une augmentation de 74% du chiffre d'affaires de merlu pour le métier, avec une augmentation de 153% du calibre 22, de 77% du calibre 21 et de 53% sur le calibre 10.

Par ailleurs, l'augmentation de la surface sélective a permis l'échappement de petit merlu sous-taille et de calibre commercial 50. Cependant, ces individus représentent de faibles captures en poids et sont peu valorisés. Aussi, la baisse de chiffre d'affaires sur le calibre 50 est estimée à 125€ pour tout le métier.

3.5 OPN : PANNEAU A MAILLES CARREES 80MM DANS LE GORGET (CHALUT 2 FACES)

3.5.1 PRESENTATION DU DISPOSITIF SELECTIF

Sommaire

Tableau 31 : rappel des caractéristiques du cas d'étude – «mailles carrées 80 mm gorget (OPN)»

Engin	Maillage jauge	Période	Zone	Espèces indésirées	Espèces ciblées
Chalut de fond 2 faces	**80 mm**	**Juin-Août**	**Manche Est/Ouest (VIIde)**	Merlan < 27 cm ; Eglefin ; Chinchard ; Maquereau < 20 cm ; Cabillaud < 35 cm	Merlan > 27 cm ; Rouget-barbet ; Grondins ; Tacaud ; Maquereau > 20 cm ; Cabillaud > 35 cm

Aucune donnée disponible pour décrire le contexte du métier.

Tableau 32 : description du navire et des engins du cas d'étude – «mailles carrées 80 mm gorget (OPN)»

Navire		
Nom du navire	CARPE DIEM III (899848)	Pas de photo disponible
Longueur HT	22,5 m	
Puissance (Kw)	?	
Jauge (tonneaux)	?	
Engins		
	Témoin	**Sélectif**
Type de chalut	Chalut de fond 2 faces	Chalut de fond 2 faces
Corde dos (m)	36,4	36,4
Bourrelet	Diabolos	Diabolos
Nb de chaînes gratteuses	1	1
Ouverture verticale (estimée en m)	4	4
Dispositif sélectif	Aucun	PMC gorget 80 mm
Maillage du cul de chalut (jauge)	80 mm	80 mm
Gréement	Fourche	Fourche

Choix du dispositif :

Ce dispositif a été choisi compte-tenu de la conception en deux faces du chalut, avec moins d'ouverture verticale dans le gorget et aussi à cause de la cible de merlan supérieur à 27 cm. Un PMC de 80mm dans la rallonge pourrait générer trop d'échappement des petites tailles commerciales. Par ailleurs, l'expérience du golfe de Gascogne sur les chaluts à langoustines montrait un bon échappement des petits pélagiques, en particulier les maquereaux et chinchards dans le PMC réglementaire dans le gorget.

Principe et objectifs du dispositif :

Le PMC dans le dessus du gorget en 80 mm jauge vise à proposer une grande surface d'échappement aux petits Gadidés (en particulier petits merlans) et petits pélagiques en tenant compte de leur comportement habituel d'échappement vers le haut.

Descriptif du dispositif :

Ce PMC est placé dans la dernière partie conique du chalut, juste avant la partie droite (rallonge). Son maillage est de 80 mm jauge (45 mm de côté). La dimension totale du PMC est de 52 mailles carrées de largeur sur 133 de longueur, soit environ 6 m x 2,35 m[7].
Pour cette expérimentation, le PMC a été partagé en deux dans le sens de la longueur, avec une partie blanche et une partie noire, afin de tester l'influence de la couleur sur le comportement d'échappement. Chaque partie mesure donc 26 côtés de mailles de largeur pour un total de 52.
Les panneaux blanc et noir sont réalisés dans le même matériau : TPA 180 m/kg, diamètre 4 mm.

[7] Les 52 côtés de mailles carrées sont assemblés sur 54 mailles losange dans le sens de la largeur7. Les 133 côtés de mailles carrées sont assemblés sur environ 67 mailles losange dans le sens de la longueur.
Largeur PMC : 54 mailles losange x (50 mm x 0,872) = 54 x 43,6 = 2354 mm (en considérant ouverture à 10% dans le gorget)

Nombre de mailles carrées de 45 mm en largeur = 2354/45 = 52 mailles carrées soit 2 PMC de 26 mailles Noir et Blanc.

Longueur PMC : 6 mètres environ

Nombre de mailles carrées en longueur : 6000 mm/45 mm = 133 MC de 45mm de côté

Nombre de mailles losanges en longueur : 6000 mm/90 mm (« ouverture à 10% ») = 67 mailles losanges de 50 mm de côté.

3 mailles losanges (5 au maximum) seront laissées libres de chaque côté du PMC et à sa jonction avec la partie droite.

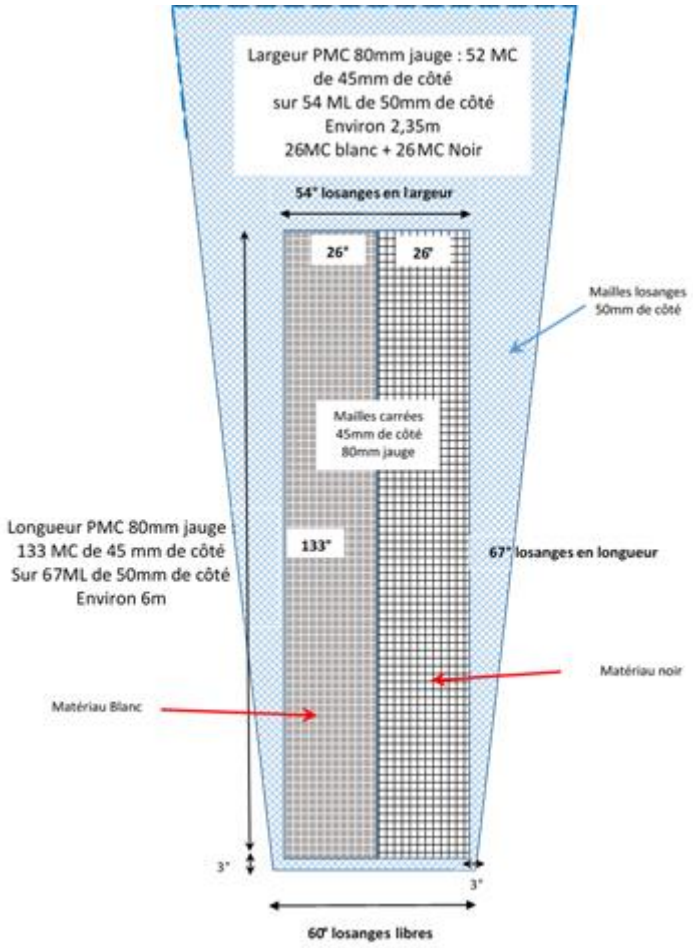


Figure 37: schéma de montage du PMC 80mm en noir et blanc dans le dessus du gorget

3.5.2 CONDITIONS DE PECHE ET D'EXPERIMENTATION

3.5.2.1 DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON

Sommaire

Tableau 33: description de l'échantillon - «mailles carrées 80 mm gorget (OPN)»

Date de départ	Durée de la marée	Nb. De traits réalisés	Nb. De traits échantillonnés	Taux d'échantillonnage	Nb. de couples échantillonnés
14/06/2017	6	36	16	44%	8
21/06/2017	6	33	16	48%	8
12/07/2017	6	35	18	51%	9
19/07/2017	6	39	18	46%	9
26/07/2017	6	33	18	55%	9
Total	30	176	86	49%	43

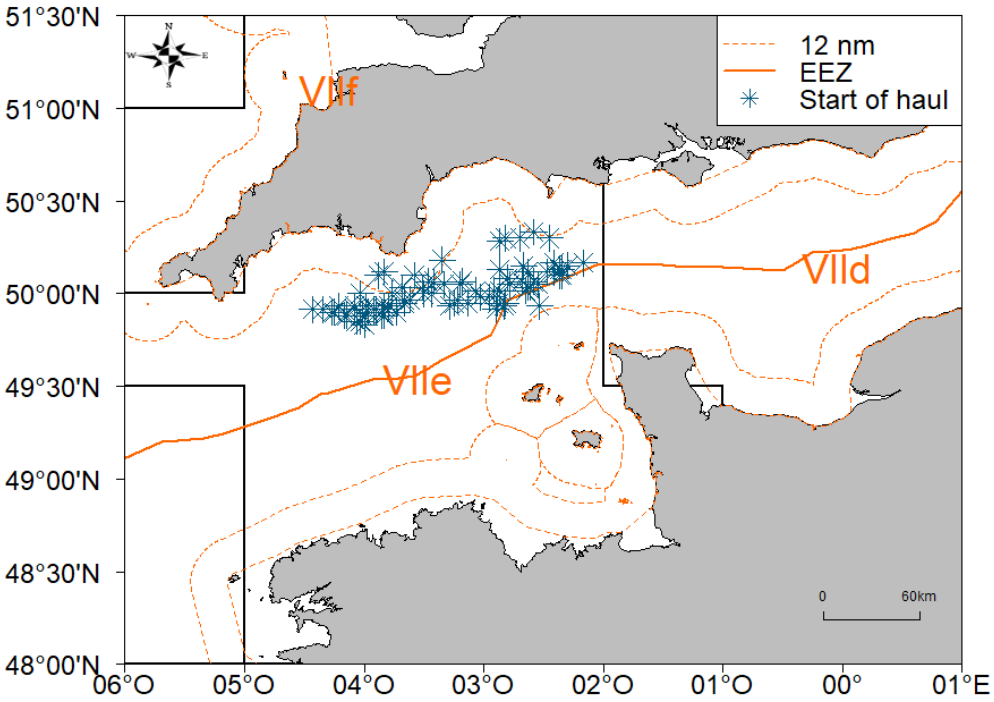


Figure 38 : position des traits de chalut échantillonnés à bord du CARPE DIEM III. Pas de données sur l'activité spatiale du métier concerné.

3.5.2.2 VALIDATION DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

Sommaire

Ces expérimentations ont permis l'échantillonnage de 43 couples de traits valides en protocole alternés sur cinq marées effectuées entre mi-juin et fin juillet 2017. Les traits ont été réalisés soit de nuit (8) soit de jour (35), entre 55 et 75 m de profondeur, sur des durées de 50 à 195 minutes et dans des conditions de mer variables également (Figure 39). En revanche, ces conditions sont les mêmes en moyenne entre les deux engins, et les légères variations de durées de traînes au sein de chaque paire ont été prises en compte en standardisant les quantités capturées.

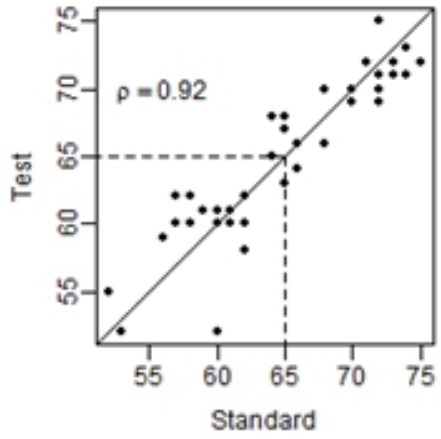
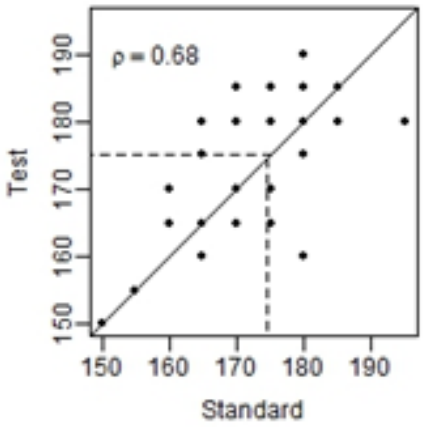
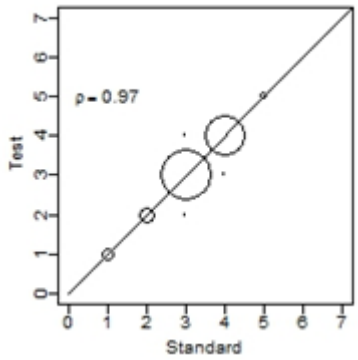
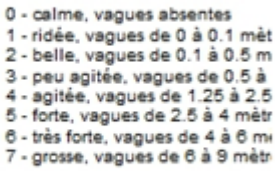
Profondeur de traîne	Durée de traîne
	
Etat de la mer	
	

Figure 39 : comparaison des conditions de pêche entre les deux engins : distributions des durées et profondeurs de traines et des différences intra-paire, temps écoulé entre les deux traits de chaque paire, profils de l'état de la mer pour chaque engin.

3.5.3 ANALYSE GLOBALE DES CAPTURES

3.5.3.1 ANALYSE GLOBALE

Sommaire

Sur les biomasses totales capturées, les débarquements de l'engin test sont légèrement plus élevés et les rejets moins importants, impliquant une diminution du taux de rejet de 2,4 points de pourcentage en moyenne. Néanmoins aucune de ces différences n'est significative.

Tableau 34 : pour chaque engin, biomasses moyennes des captures, débarquements et rejets par trait, et pourcentage moyen des rejets dans les captures de l'ensemble des marées tests

Chalut	CAPTURES	DEBARQUEMENTS	REJETS	% REJETEE
Standard (STD)	732 kg/trait	360 kg/trait	372 kg/trait	49%
Test (TEST)	707 kg/trait	363 kg/trait	344 kg/trait	47%

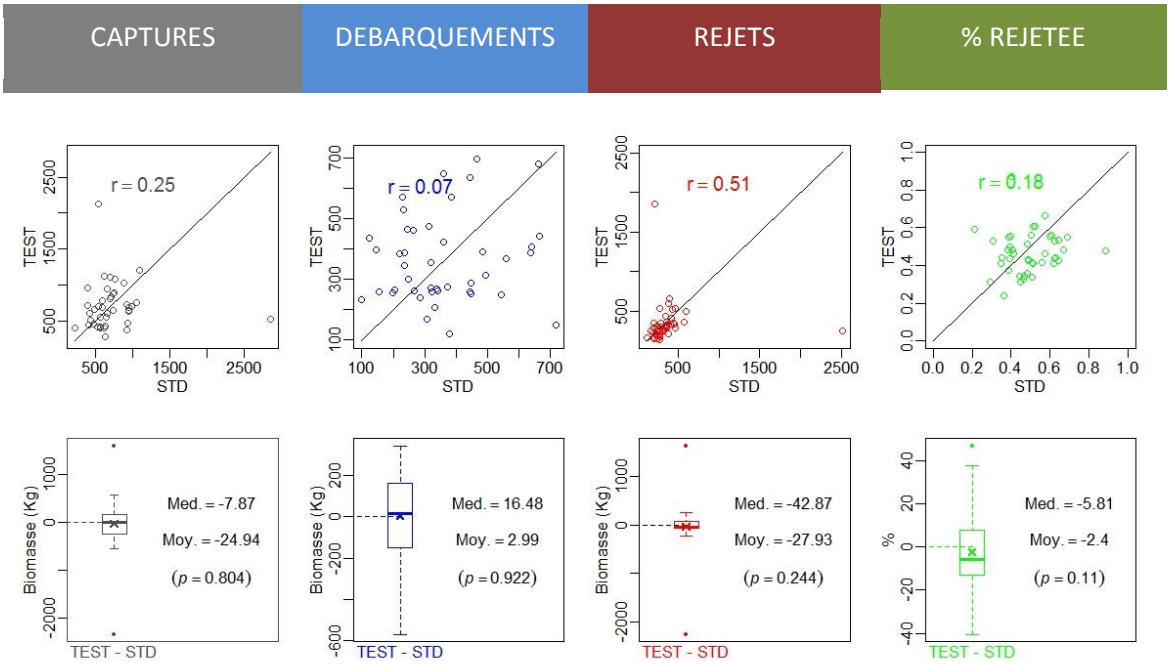


Figure 40 : biomasse totale des captures par trait, des rejets et des débarquements, et proportion de rejet dans la capture. Distribution pour chaque engin et distribution des différences au sein des paires de traits (Standard/Sélectif). Moy. et Med. sont les moyennes et médianes des différences entre les deux engins et *p* la p-value associée au test.

3.5.3.2 ANALYSE PAR ESPECE

Sommaire

Au total, 38 espèces ont été observées, dont 21 présentes dans plus de 15 paires de traits (Figure 41). La biomasse des débarquements est dominée par le merlan, les grondins et le tacaud, mais le rouget-barbet et les encornets représentent une part commerciale importante également. Les rejets sont constitués majoritairement de petite roussette, de merlans et de chinchards, mais aussi de grondins, maquereau et tacaud. Les espèces suivantes ont donc été conservées pour la suite de l'analyse :

Tableau 35 : espèces sélectionnées pour l'analyse du dispositif « mailles carrées 80 mm gorget (OPN)»

Espèces débarquées	Espèces rejetées
Rouget-barbet, encornets	Chinchard, grondin gris
Espèces débarquées et rejetées	
Maquereau, merlan, grondins, églefin, tacaud, petite roussette (témoin)	

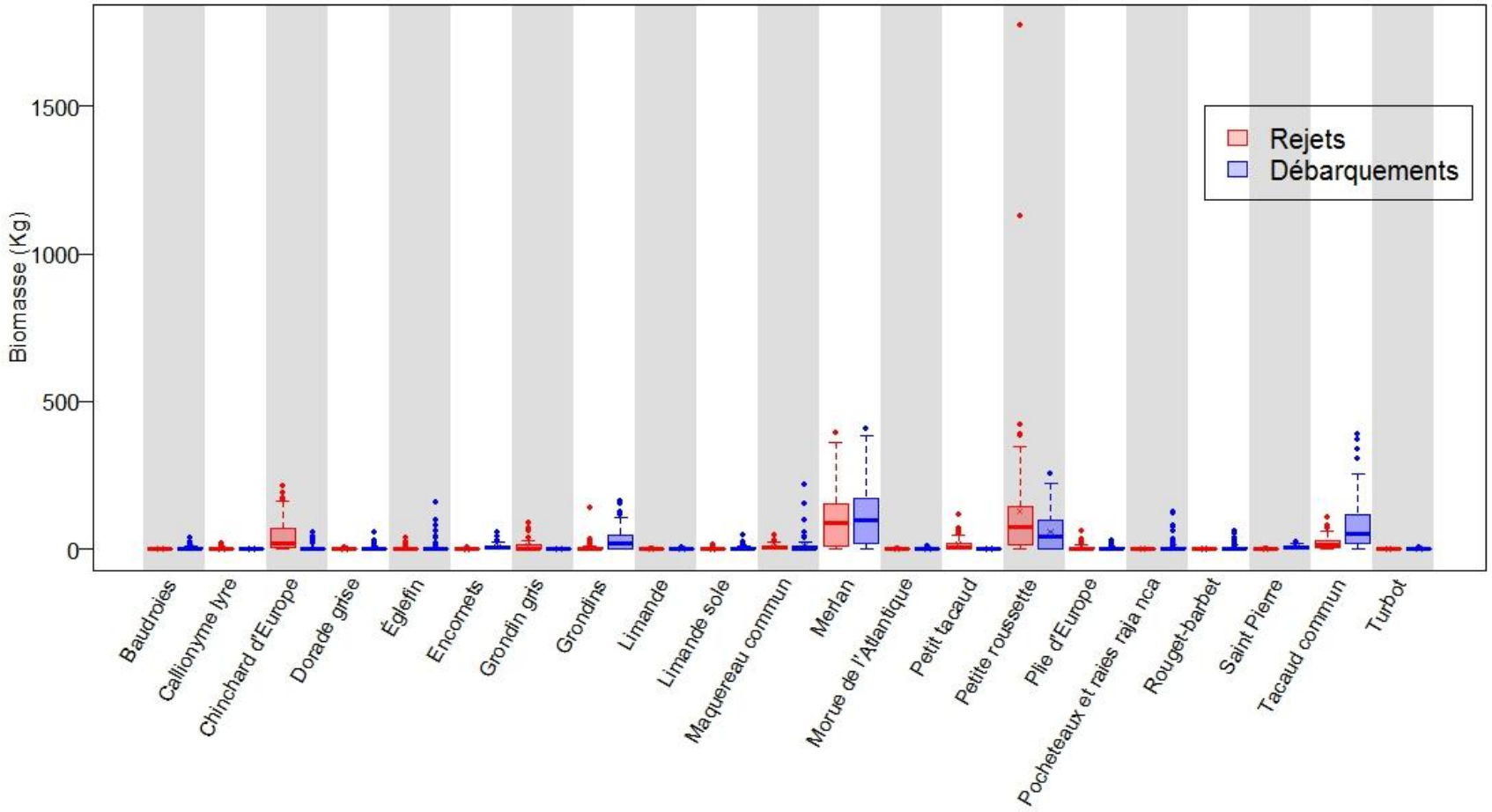


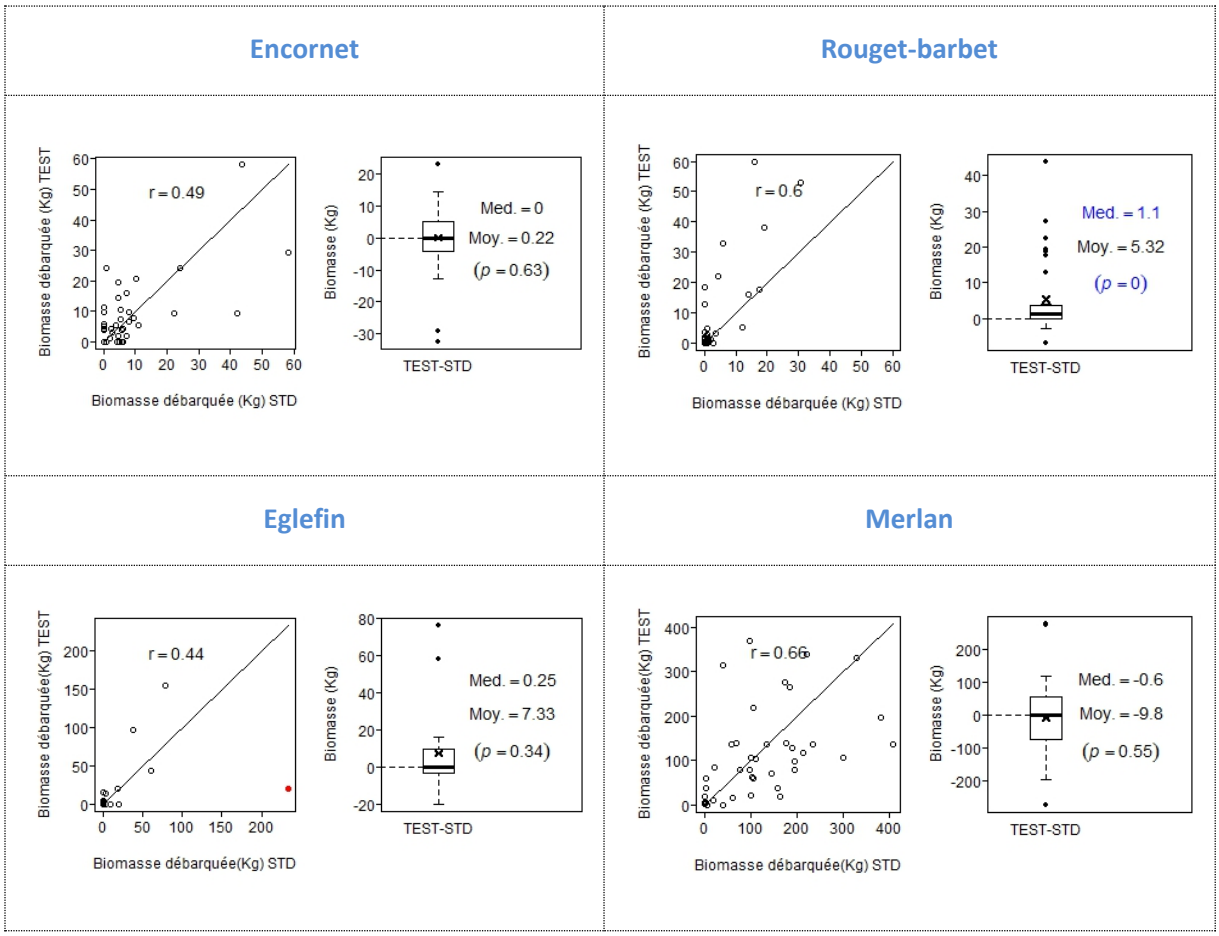
Figure 41 : distributions des biomasses des débarquements et des rejets par paire de traits, pour les espèces présentes dans plus de 15 paires.

3.5.3.2.1 COMPARAISONS DES BIOMASSES DEBARQUEES

Sommaire

Le dispositif testé n'a généré aucune perte en biomasse parmi les espèces majoritairement débarquées, et même une hausse significative des débarquements de rouget-barbet a été détectée. Ce dernier résultat est surprenant, il semblerait que l'engin muni du dispositif aurait mieux pêché le rouget, alors qu'aucune différence n'est observée dans les captures de petite roussette, qui n'est pas censée avoir pu s'échapper par le dispositif.
Parmi les rejets, seul le merlan a été significativement diminué. C'est l'espèce la plus débarquée (306 Kg/ trait en moyenne avec l'engin standard) et présente un taux de rejet important (62% au total pour le chalut standard). Pour le merlan une différence de 106 Kg en moyenne et 34 Kg en médiane par trait, ce qui correspond à une réduction de 56% des rejets.

Lecture de la Figure 42 : à gauche, nuage de point des biomasses dans le standard et le sélectif. A droite sont présentés les résultats du test de nullité de la différence de biomasse intra paires entre le test et le standard. Les p-values *p* sont en couleurs lorsque le test était significatif à 5%, ainsi que la moyenne ou la médiane associée, suivant que le test était paramétrique ou non. Les points rouges sont considérés comme aberrants et ont été retirés de l'analyse.



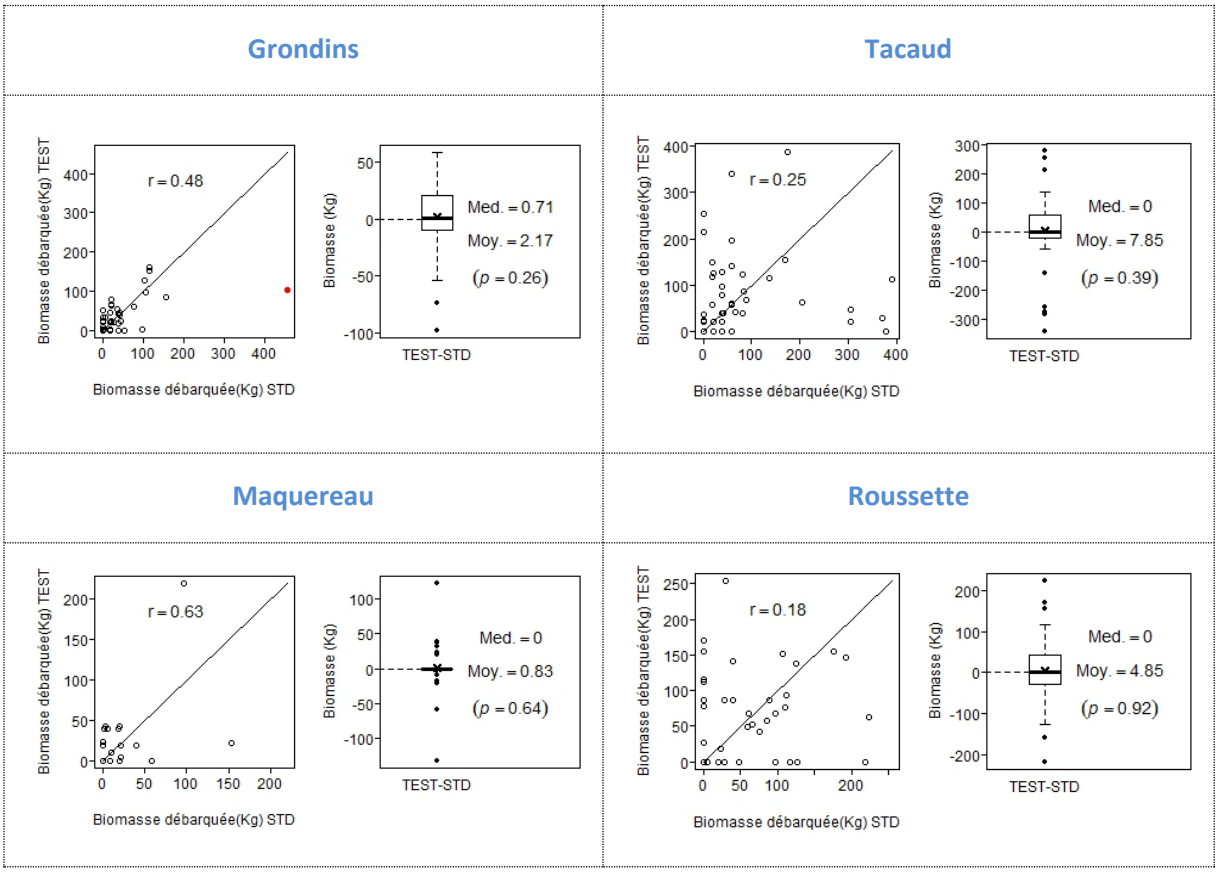
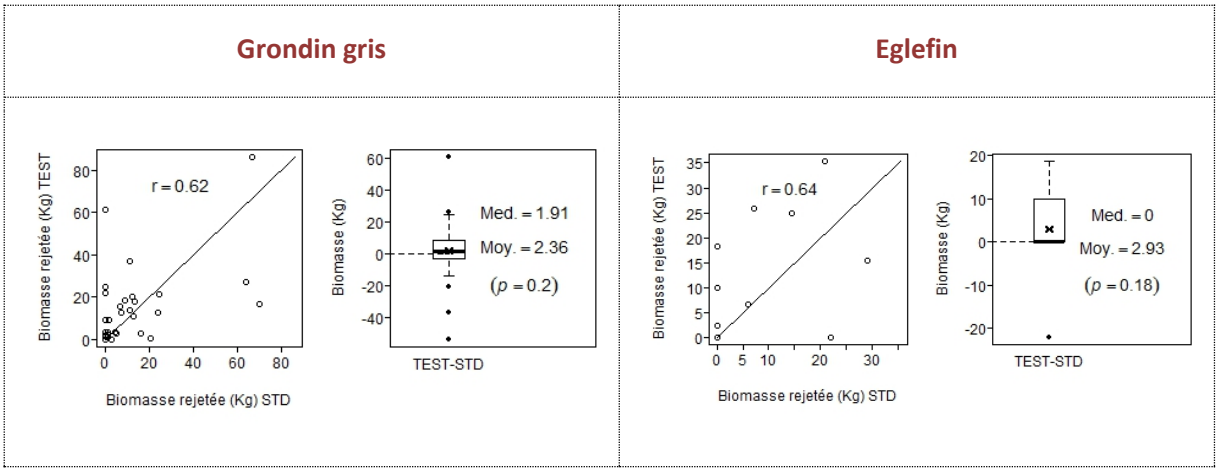


Figure 42 : Comparaison des biomasses débarquées pour chaque espèce

3.5.3.2.2 COMPARAISONS DES BIOMASSES REJETEES

Sommaire

Lecture de la Figure 43 : à gauche, nuage de point des biomasses dans le standard et le sélectif. A droite sont présentés les résultats du test de nullité de la différence de biomasse intra paires entre le test et le standard. Les p-values *p* sont en couleurs lorsque le test était significatif à 5%, ainsi que la moyenne ou la médiane associée, suivant que le test était paramétrique ou non. Les points rouges sont considérés comme aberrants et ont été retirés de l'analyse.



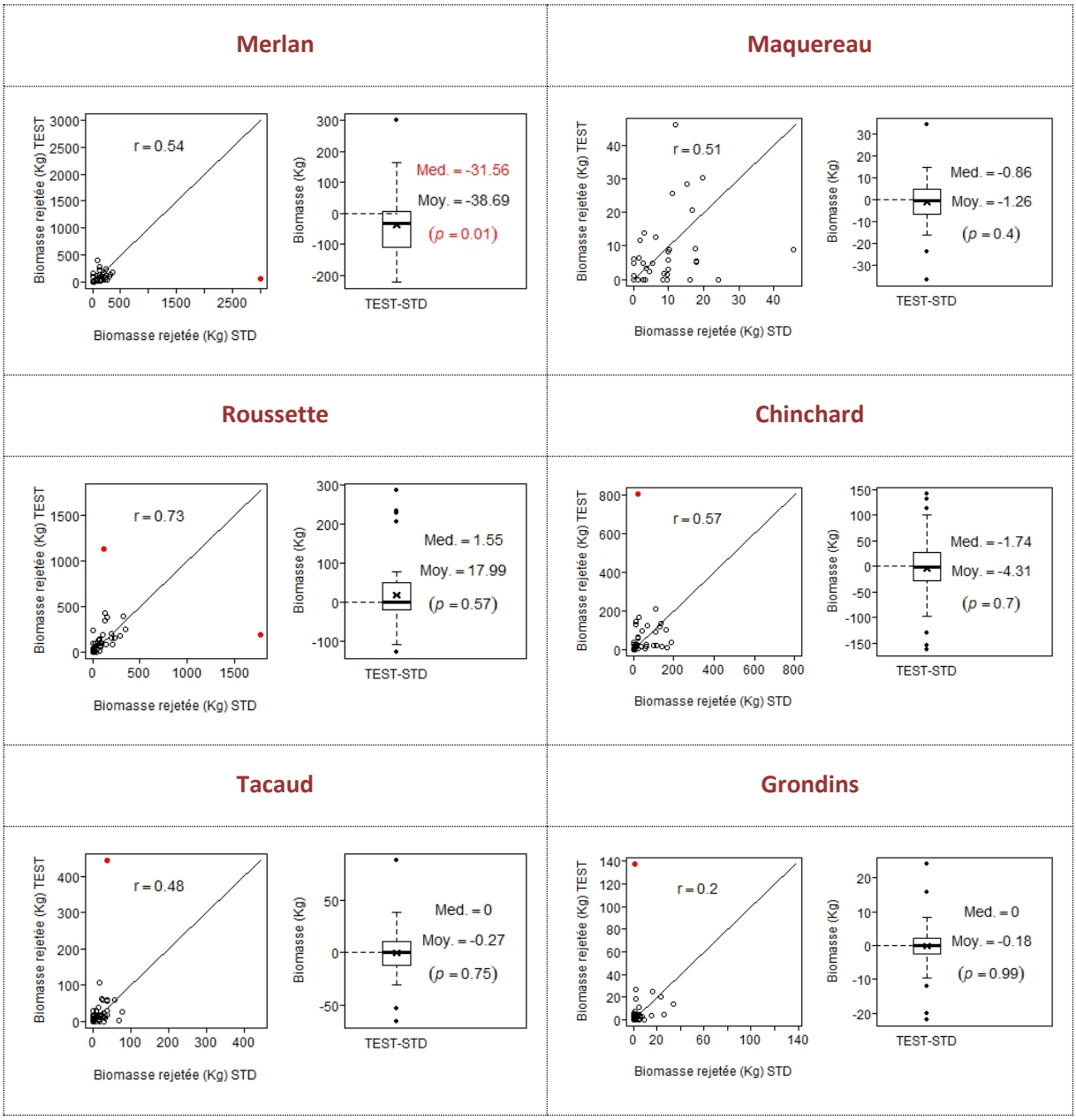


Figure 43 : Comparaison des biomasses rejetées pour chaque espèce

3.5.3.2.3 DONNEES DE SYNTHESE

Sommaire

Tableau 36 : Synthèse des comparaisons de capture par espèce. Les cellules en couleurs désignent les résultats présentant une différence significative (*p-value<0.05*) entre les deux engins.

Espèces	Nb de couples de traits	DEBARQUEMENTS			REJETS			TAUX DE REJETS		COMPOSITION DES REJETS	
		Pds moy / traits (kg)		Tx var SEL/STD	Pds moy / traits (kg)		Tx var SEL/STD	Rejets/captures (%)		Rejets / rejets totaux (%)	
		STD	TEST	%	STD	TEST	%	STD	TEST	STD	TEST
Merlan	43	117	107	-9	189	82	-57	62	44	42	22
Eglefin	19	11	9	-17	2	3	+39	17	26	0,5	0,9
Maquereau	40	13	11	+7	8	7	-15	40	35	2	2
Grondins	43	42	37	-12	8	5	64,	10	17	1	2
Tacaud	42	85	84	-2	20	29	+46	19	26	4	8
Petite roussette	43	57	60	+6	127	130	+3	68	69	29	35
Encornets	38	8	8	+3	0,1	0,3	-	1	3	0,01	0,07
Rouget-barbet	33	3	7	+127	0	0	-	0	0	0	0
Chinchard	38	4	3	-14	46	61	+31	92	95	10	16
Grondin gris	29	0	0	-	9	11	+18	100	100	2	3
Merlan	43	117	107	-9	189	82	-57	62	44	42	22
Eglefin	19	11	9	-17	2	3	+39	17	26	0,5	0,9
Maquereau	40	13	11	+7	8	7	-15	40	35	2	2

3.5.4 SELECTIVITE EN TAILLE

Sommaire

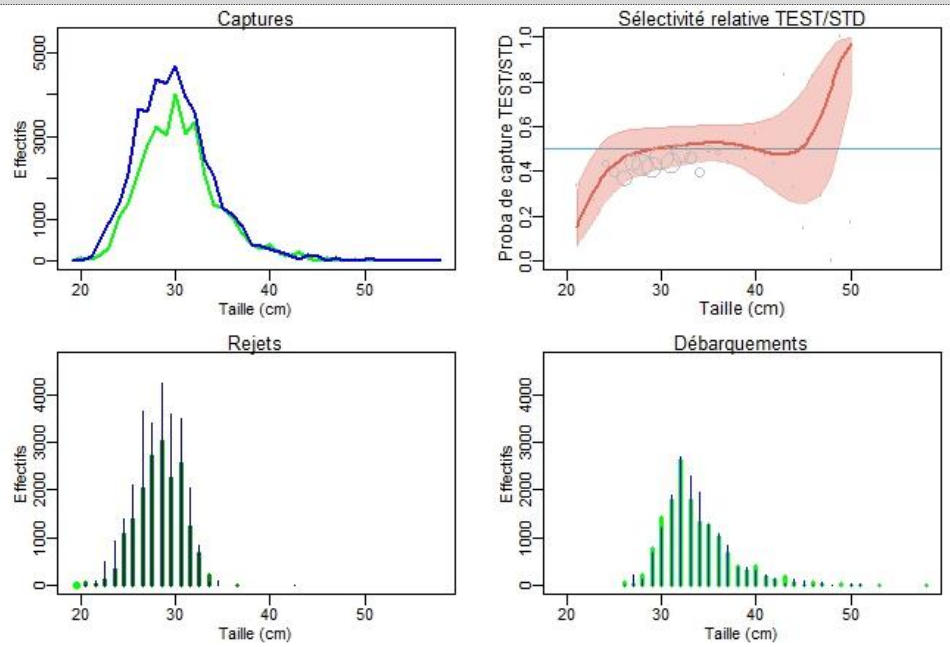
D'après les modèles de sélectivités sélectionnés (Annexe 8), le merlan s'est mieux échappé grâce au PMC jusqu'à 30 cm en moyenne, mais de façon significative jusqu'à 23 cm uniquement (Tableau 37). Il en a résulté une diminution significative des captures sous taille de 27% et aucune perte d'individus de calibre 4. L'augmentation des captures de calibres 20 et 30 est plus difficilement explicable, et étant donné les faibles effectifs observés, il semblerait que ce dernier résultat soit plutôt dû à la variabilité du protocole en traits alternés.

La hausse des captures de rouget-barbet reportée dans la section précédente a été la même quelle que soit la taille des individus de 18 à 32 cm (Figure 44). L'absence de phénomène de sélectivité en taille n'est pas surprenante pour cette espèce étant donné la position dans le gorget du PMC.

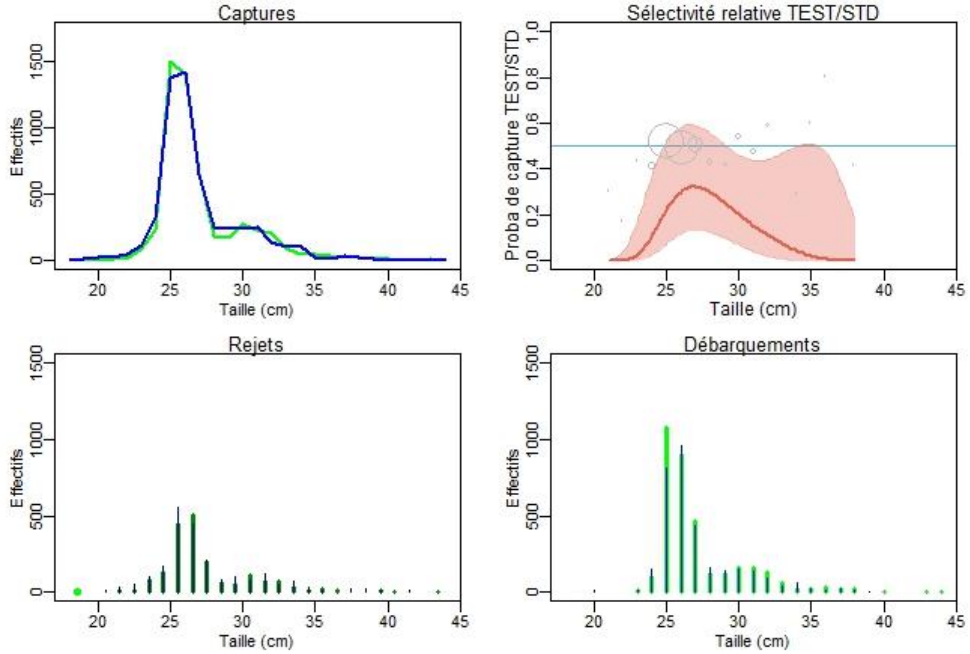
Le cas du maquereau est délicat à interpréter à partir de la Figure 44; les distributions en tailles sont presque identiques entre les deux engins, mais cette équité semble avoir été compensée pour l'engin testé par quelques traits uniquement. En effet, le modèle sélectionné tient compte de la variabilité entre les couples et estime une perte d'effectifs avec le dispositif quelle que soit la taille. Néanmoins cette perte n'est significative uniquement pour les individus de tailles inférieures à 25 cm.

Enfin, le modèle appliqué au chinchard permet de détecter une diminution significative des captures des petits individus jusqu'à 16 cm, associée à une forte diminution des captures sous-tailles, sans différence sur les captures commercialisables.

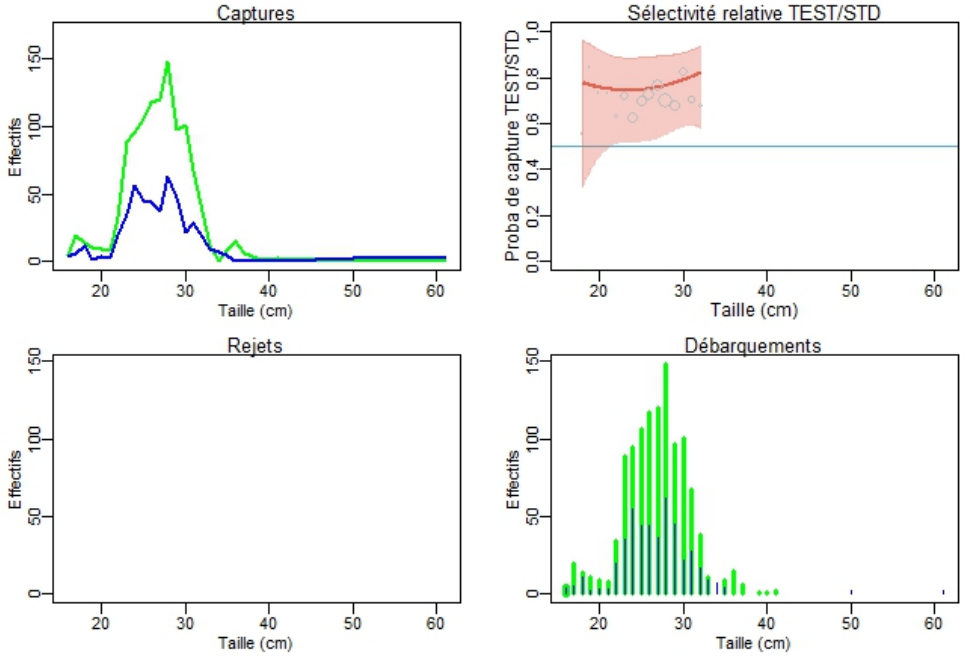
Merlan



Maquereau



Rouget-Barbet



Chinchard

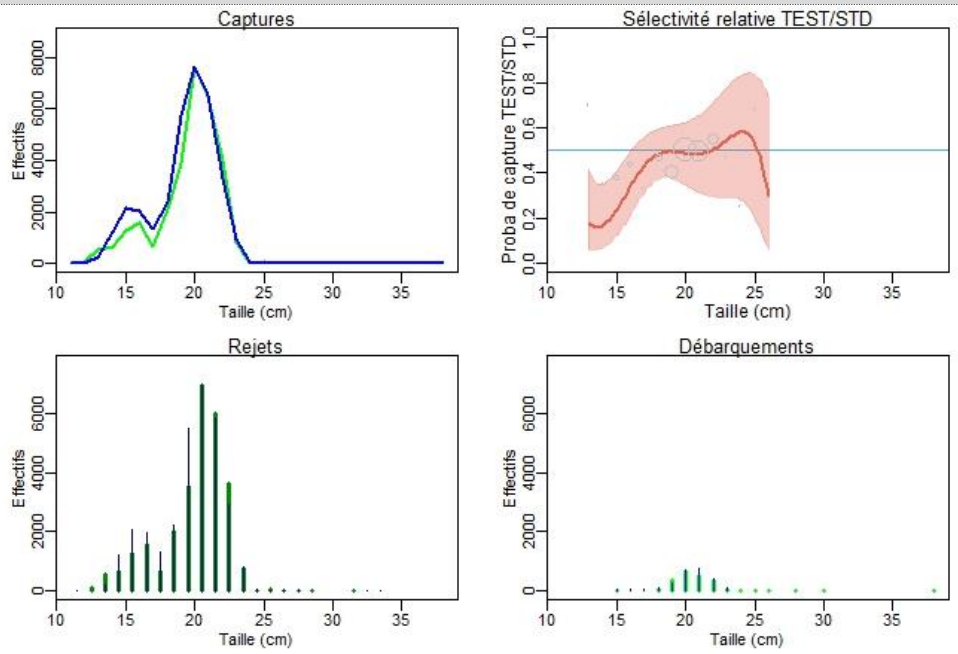


Figure 44 : pour chaque espèce, de gauche à droite : distributions en taille des effectifs capturés dans l'engin test (vert) et l'engin standard (bleu) ; distributions en tailles des effectifs rejetés ; des effectifs débarqués ; prédictions et intervalle de confiance à 95% de la sélectivité en taille de l'engin test relativement à l'engin standard (les captures relatives moyennes observées sont représentées par des cercles de diamètre proportionnel à l'effectif total de la taille considérée.

3.5.4.1 INDICATEURS DE SELECTIVITE EN TAILLE

Sommaire

Tableau 37 : Indicateurs issus du modèle de sélectivité en taille. Les poids des captures ont été présentés pour les gammes de tailles conservées pour l'analyse. Les résultats en couleur correspondent aux taux de captures relatives significativement différentes de 0.5, le signe du taux de variation renseignant sur l'augmentation/la diminution associée. Note : le signe du taux de variation prédit peut être différent du taux de variation des observations car il est issu d'un modèle

Espèces	$Lr_{0.5}$	Tailles commerciales	Captures			
			Pds. moy. (kg) /trait observé		Prédiction du taux var. TEST/STD en effectifs	Prédiction de capture relative en effectifs
			STD	TEST		
Merlan	29.5 cm [25.7; 37.3]	T10 (> 40 cm)	15	13	+49%	0.52 [0.48; 0.85]
		T20 (36-40 cm)	34	32	+6%	0.51 [0.50; 0.53]
		T30 (33-35 cm)	47	39	+9%	0.52 [0.52; 0.53]
		T40 (27- 32 cm)	132	107	-0.4%	0.50 [0.48; 0.52]
		Sous-taille (<27 cm)	28	17	-35%	0.38 [0.18; 0.46]
Rouget-barbet	NA	T1 (>32 cm)	NA	NA	NA	NA
		T2 (28 - 32 cm)	2	5	+229%	0.77 [0.74; 0.79]
		T3 (24-27 cm)	1	3	+172%	0.73 [0.72; 0.74]
		T4 (20 -23 cm)	0.6	1	+164%	0.73 [0.72; 0.73]
		T50 (17- 20 cm)	0.034	0.1	+180 %	0.74 [0.73; 0.74]
		HT (<15 cm)	NA	NA	NA	NA
Chinchard	18.8 cm [16.0; 22.2]	T10 (> 41 cm)	NA	NA	NA	NA
		T20 (37-41 cm)	NA	NA	NA	NA
		T30 (30-36 cm)	NA	NA	NA	NA
		T40 (22-29 cm)	10	12	+6%	0.51 [0.33;0.57]
		T50 (15-21 cm)	42	37	-17%	0.44 [0.25; 0.49]
		Sous-taille (13-14 cm)	0.8	0.6	-76%	0.19 [0.19;0.21]
Maquereau	<24.8 cm	T10 (>38 cm)	NA	NA	NA	NA
		T20 (21-38 cm)	5	4	-89%	0.09 [0.00; 0.18]
		T30 (21-30 cm)	13	13	-65%	0.25 [0.03; 0.34]
		Sous taille (< 20 cm)	1.0	0.8	NA	NA

3.6 IDENTIFICATION D'UN EFFET « COULEUR DU FILET» SUR L'ECHAPPEMENT

Sommaire

En théorie, s'il n'y a pas d'effet de la couleur sur le comportement de fuite des poissons, la probabilité qu'un individu s'échappe par le côté blanc est de 50%, et de même pour le noir.
Dans un premier temps, la méthode de comptage des échappements de poissons par le dispositif sélectif a été réalisée par des humains. Une séquence de référence de cinq minutes a été analysée par les cinq lecteurs. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 38: résumé des comptages humains réalisés sur des séquences vidéo du navire CARPE DIEM III

Navire	Séquence	Observateur	Durée	Nb échapp blanc	Nb échapp noir	% échapp blanc	% échapp noir
CARPE DIEM III	1	Obs1	00:05:34	89	69	56,33	43,67
	2	Obs2	00:05:34	91	75	54,82	45,18
	3	Obs3	00:05:34	110	84	56,7	43,3
	4	Obs4	00:05:34	104	80	56,52	43,48
	5	Obs5	00:05:34	98	65	60,12	39,88
Moyenne			**00:05:34**	**98**	**75**	**56,65**	**43,35**

Ce tableau met en exergue la subjectivité liée aux différents observateurs et les variabilités qui en résultent. Les résultats parmi ces cinq observateurs sont très similaires, avec une différence moyenne de seulement 1.6 points de pourcentage. Néanmoins les observateurs peuvent trouver des résultats sur les pourcentages d'échappements relativement différents. En effet, l'écart maximal observé entre les pourcentages d'échappement est égale à 5,3 points de pourcentage (l'observateur 5 trouve 60,12% d'échappements par le côté blanc tandis que l'observateur 2 trouve 54,82%). Ces résultats d'analyse sur une séquence de référence pourront être confrontés à ceux issus du logiciel d'analyse d'images, et nous considérerons le logiciel valide s'il donne un pourcentage d'échappements à plus ou moins 5 points de pourcentage par rapport aux pourcentages trouvés par les observateurs.
Les différentes personnes impliquées dans ce projet ont permis l'analyse de 120 minutes de vidéo réparties sur deux opérations de pêche. Au total, 814 poissons ont été comptabilisés comme s'échappant du chalut dont 503 (61,79%) par le PMC blanc et 311 (38,21%) par le noir.
Un test binomial permet de conclure que ces proportions sont significativement différentes pour un niveau de confiance à 99% ($IC_{0.99}$ = [0,5728 - 0,6616], *p-value*=$1{,}75.10^{-11}$).

Les analyses manuelles ont donc permis d'identifier un effet de la couleur sur le comportement de fuite des poissons, avec un échappement plus important par le panneau blanc.

L'un des objectifs de ce projet consistait à évaluer la faisabilité du comptage automatisé des échappements de poissons par un dispositif sélectif par le développement d'un logiciel de traitement d'images. Le logiciel de traitement d'images a été développé et amélioré au cours du projet. Afin de qualifier le logiciel de traitement d'images, les résultats obtenus automatiquement ont été comparés aux résultats obtenus par les comptages « humains ». Une séquence continue de 60 minutes analysée manuellement a été comparée aux résultats de comptage automatique.
La comparaison des comptages automatiques aux comptages manuels peut également être analysée sur la Figure 45 ci-dessous.

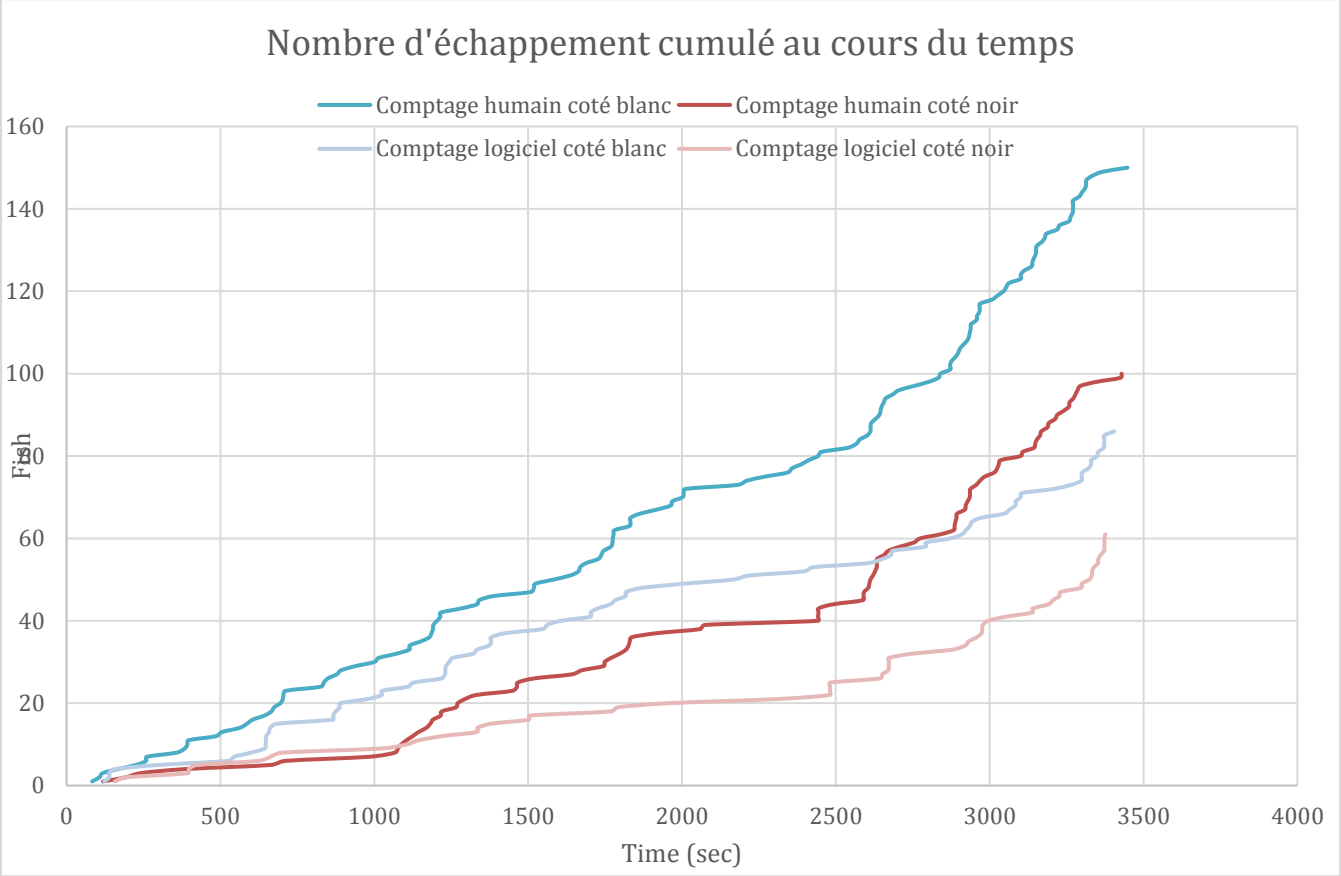


Figure 45 : Nombre d'échappements cumulés au cours du temps

On remarque sur ce graphique que les comptages automatiques (en valeur absolue) sont systématiquement inférieurs aux comptages humains. Ceci peut être expliqué par le fait que la sensibilité de détection de l'œil humain est plus forte que le paramètre de sensibilité entré dans le logiciel. De plus, les critères de comptage (distance maximale entre la caméra et le poisson, nombre de fois où l'on voit le poisson sur l'image…) sont également différents entre utilisateurs et logiciel. Toutefois, si on regarde les valeurs relatives (cf. Tableau 39) le logiciel obtient des proportions très similaires aux résultats de comptages humains.

Tableau 39 : comparaison des résultats de comptage humains et logiciel sur une séquence continue de 60 minutes

	Comptage humain	Comptage automatique
Noir	100	61
Blanc	150	86
% Noir	40,00%	41,50%
% Blanc	60,00%	58,50%

Sur une séquence de 60 minutes, le logiciel a donc été capable de fournir, selon ses critères de détection, un pourcentage d'échappements par le côté blanc de 58,50% contre 60,00% pour les humains. Soit 1,5 point de pourcentage de différence. Or pendant l'analyse de la séquence de référence, une tolérance de 5 points de pourcentage par rapport à l'humain a été définie. Le logiciel de traitement d'images automatisé est donc été considéré valide pour cette séquence de référence.

En résumé, les techniques de traitements d'images semblent très prometteuses. Le temps agent nécessaire pour analyser des heures de vidéos est très largement réduit une fois que le logiciel est développé. Néanmoins, des difficultés ont été rencontrées et rendent, sur certaines séquences, l'analyse automatisée imprécise. La robustesse des analyses automatisées pourra donc faire l'objet d'améliorations.

Pour conclure, les travaux réalisés dans le cadre de ce projet montrent qu'il y a bien un effet de la couleur sur le comportement d'échappement des poissons. Il semblerait que les mailles présentant un contraste plus faible par rapport à l'environnement ambiant du chalut soient plus efficaces du point de vue de la sélectivité.

4 DISCUSSION

4.1 COMPARAISONS DES DISPOSITIFS

Sommaire

Le projet REJEMCELEC a permis de tester cinq dispositifs sélectifs en comparant leurs captures. Il est désormais nécessaire de discuter les résultats obtenus par la comparaison des dispositifs entre eux. L'objectif étant d'identifier les solutions pratiques les plus pertinentes au regard des trois critères d'évaluation fixés *a priori* :

- Echappement des captures indésirées ;
- Pertes commerciales à court terme ;
- Praticité et coût d'entretien.

Le Tableau 40 présente une synthèse des résultats par dispositif et par métier étudiés.

Tableau 40 : comparaison générale des dispositifs REJEMCELEC (en rouge, les effets négatifs, en vert les effets positifs, en noir les effets négligeables ou mitigés).

Métier	Rappel du dispositif	Diminution des captures indésirées	Impact sur le chiffre d'affaires de la flottille de l'OP	Praticité
Chalut de fond en 80 mm en Manche Ouest	Grand panneau en mailles carrées (33m²) sur le dessus du gorget en 90 mm (jauge) - Navire AZUR	o Baisse merlan T40 (-40%), chaluts équivalents à 34 cm o Baisse modérée maquereau d'après patron	Négligeable	o Large panneau = temps de ramendage important pour la mise en place o Faible coût (simple morceau d'alèze)
	Panneau en mailles carrées 80 mm (jauge) sur la moitié postérieure du dessus du gorget - Navire CARPE DIEM III (OPN)	o Baisse merlan sous-taille (-35%), chaluts équivalents à 30 cm o Baisse rejets de maquereau (-15%) o Baisse chinchards sous-taille (-76%)	Pas de données disponibles	o Changeable facilement d'une marée à l'autre o Faible coût (simple morceau d'alèze)
	Panneau en T90 80 mm (jauge) 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) - Navire L'ECUME DES JOURS	o Baisse merlan sous-taille (-73%), T40 (-44%), chaluts équivalents autour de 33-35 cm o Baisse églefin sous-taille (-48%), chaluts équivalents à 30 cm o Baisse rejets maquereau (-85%) o Baisse rejets chinchards (-48%)	Négligeable	o Changeable facilement d'une marée à l'autre o Faible coût (simple morceau d'alèze)
Chalut de fond en 100 mm en Manche Ouest	Panneau en mailles carrées 80 mm (jauge) sur la face de dessus du gorget et de la rallonge (2,3 mètres sur la fin du gorget + 4,5 mètres sur le début de la rallonge) - partie droite en quatres faces - Navire L'ECUME DES JOURS	o Baisse merlan T40 (-71%), T30 (-39%), chaluts équivalents à 39 cm o Baisse églefin sous-taille (-35%), T40 (-13%), chaluts équivalents à 32cm o Baisse débarquement de Rouget-Barbet (-45%) o Baisse rejets maquereau (-78%)	o -4 % du chiffre d'affaires total o -9% du chiffre d'affaires de merlan o -45% du chiffre d'affaires de rouget-barbet	o Dispositif compliqué à monter car le passage en 4 faces nécessite un changement de coupe dans la fin du gorget (amorce) o Coût du matériel à l'achat: 3 950€ HT
Chalut de fond en 100 mm en Mer Celtique	Dessus de la rallonge et la moitie du cul en T90 100 mm (jauge) - Navire MOR BREIZ	o Baisse églefin sous-taille (-42%), hausse T30 (+41%) et T20 (+124%), chaluts équivalents à 35 cm o Baisse merlu sous-taille (-69%) et T50 (-51%), hausse T30 (+25%), T20 (+50%), T10 (+56%), T0 (+35%), chaluts équivalents à 46 cm o Baisse sanglier (-17%) mais peu efficace si capture massive	o + 4% du chiffre d'affaires total o + 74% du chiffre d'affaires de merlu	o Changeable facilement d'une marée à l'autre o Faible coût (simple morceau d'alèze)

Chalut de fond en Manche Ouest

Concernant les pêcheries de chalutiers de fond multispécifiques en Manche Ouest, la principale problématique identifiée dans le cadre du projet REJEMCELEC est la suivante :

- Sélectionner en taille le merlan et l'églefin : éviter le calibre commercial 40 et les sous-tailles (conserver le calibre 40 de merlan pour les flottilles opérant plus à l'Est (OPN)) ;
- Conserver les captures d'encornet et de rouget-barbet.

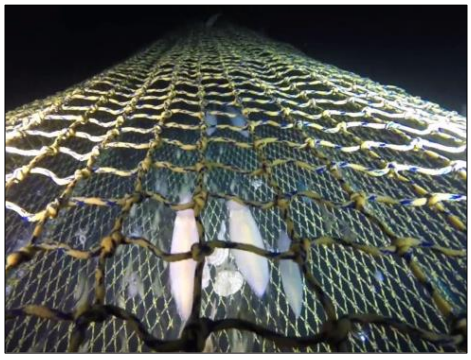


Photo 9 : encornets se dirigeant vers le cul de chalut (L'ECUME DES JOURS)- ©IFREMER

Pour la sélection en taille dite intraspécifique, les variables utilisées ont été la dimension de la maille sélective et sa forme (maille carrée ou T90). Concernant la sélectivité interspécifique, c'est l'emplacement du dispositif qui a été ajusté. Plus précisément, deux hypothèses comportementales basées sur des observations vidéo ont été utilisées. La première suppose que l'encornet se dirige de manière rectiligne dans le chalut, et ce jusqu'au cul. La deuxième considère que les gadidés ont davantage tendance à s'échapper par la partie supérieure du chalut.

Compte tenu de ces hypothèses, deux dispositifs ont été testés dans un premier temps sur le dessus du gorget (grand panneau en mailles carrées de 90 mm jauge (AZUR) et panneau de mailles carrées en 80 mm jauge sur la fin du gorget (CARPE DIEM III)). L'ouverture verticale relativement importante à cet endroit du chalut devait assurer une faible probabilité de contact de l'encornet avec la surface sélective, et une possibilité pour les gadidés de s'échapper par le haut. Dans un deuxième temps, deux autres dispositifs ont été testé avec un prolongement de la surface sélective dans la rallonge (tout en gardant une petite surface dans le gorget). Il s'agit d'un double panneau en mailles carrées de 80 mm et d'un double panneau en T90 80 mm, tous les deux testés sur L'ECUME DES JOURS.

Globalement, il semble que l'ouverture verticale du gorget ait été trop importante pour permettre un échappement systématique des gadidés comparativement aux dispositifs avec un prolongement dans la rallonge. Par exemple, la diminution de capture de calibre 40 de merlan est estimée à -35% pour la maille carrée 80 mm dans le gorget, -40% pour la maille carrée 90 mm dans le gorget tandis que dans la rallonge celle-ci est estimée à –71% pour la maille carrée 80 mm (L'ECUME DES JOURS). Cette hypothèse liée à l'ouverture verticale a été identifiée par dans le cadre du projet SELECMER (Leonardi et al., 2009). On constate par ailleurs que des merlans de calibre 30 (voir 20) s'échappent par de la maille carrée de 80 mm dans la rallonge sur L'ECUME DES JOURS, mais pas dans de la maille carrée de 90 mm sur l'AZUR. Les petits poissons auraient donc eu tendance à davantage s'échapper que les gros par le gorget. Cela peut être lié à un comportement ou à une dynamique différente selon les tailles ou également à l'hydrodynamique modifiée par la grande surface en mailles ouvertes du PMC dans le gorget

Par ailleurs, on constate que les poissons pélagiques (maquereaux, chinchards) s'échappent plutôt bien, notamment sur le CARPE DIEM III qui en capture régulièrement. La capacité de ces poissons à s'échapper par le haut est largement confirmée par l'étude des images vidéo à disposition et par de nombreuses études (Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins et al., 2004; Leonardi et al., 2009; Weiller et al., 2014)

Malgré un échappement modéré, la maille carrée en 80 mm dans le gorget peut posséder un intérêt pour les flottilles de chalutiers de fond ciblant le merlan à l'Est de la Manche. En effet, ces navires peuvent dépendre fortement des premières tailles commercialisables de merlan abondantes dans la zone selon les périodes. Ainsi, pour que ces navires puissent profiter de l'amélioration de la sélectivité à l'échelle du stock, ils doivent être en mesure d'accéder aux zones de pêche où se trouvent l'abondance de gros merlans (calibres 20 et 10).

Concernant la maille carrée en 80 mm dans le gorget et la rallonge, une rallonge et un cul en quatre faces (au lieu de deux) ont été ajoutés afin d'essayer d'améliorer l'ouverture verticale et limiter l'échappement de l'encornet. Malheureusement, les résultats attendus à ce niveau n'ont pas été au rendez-vous avec une ouverture relativement faible d'après les images vidéo. Concernant l'échappement, la théorie est confirmée : l'échappement est plus important que dans le gorget, notamment sur les gadidés (Vogel, 2016). Pour le panneau en mailles carrées 80 mm, la sélection sur le merlan est trop importante, avec des pertes sur la taille 30 (voir 20). Cependant, la taille de sélectivité équivalente semble légèrement élevée (39 cm) au regard des tests en criée (autour de 37 cm). A l'inverse, le panneau en T90 80 mm sélectionne le merlan à partir de la taille ciblée par les flottilles (aux alentours de 32-34 cm soit le début du calibre 30). Malheureusement, un « effet chalut » a été détecté pour ce cas d'étude, empêchant une estimation fine de la taille de sélectivité équivalente. Concernant l'églefin, le T90 en 80 mm serait plus efficace que la maille carrée en 80 mm sur les sous-tailles (cf. Tableau 40) mais il sélectionnerait des individus légèrement moins gros (taille de sélectivité équivalente à 30 cm et 32 cm respectivement).

Pour les métiers étudiés (chalutier de fond en 80 mm et 100 mm en Manche Ouest), l'approche économique donne un avantage au T90 en 80 mm. En effet, la maille carrée en 80 mm entraine des pertes de chiffre d'affaires immédiates pour le métier du 100 mm (-6% sur l'année en moyenne). Cette baisse s'explique principalement par les diminutions de capture sur le calibre 30 de merlan, entrainant une baisse de 17% du chiffre d'affaires de cette espèce sur l'année en moyenne. Sur le plan technique, la partie droite en quatre faces du dispositif en maille carrée 80 mm nécessite un temps de ramendage important pour être mise en place, du fait de la modification de la coupe du gorget pour finir sur quatre faces au lieu de deux.

Globalement, le T90 en 80 mm, engendre des diminutions de captures similaires à la maille carrée 80 mm (merlans et églefins sous-taille, maquereau et chinchards) mais aucune perte immédiate sur le merlan, le rouget-barbet et l'encornet. Cela s'explique par deux facteurs :

1) La forme du T90 est légèrement moins sélective que la maille carrée à maillage équivalent. Ainsi, il semblerait que la taille sélectionnée du merlan soit très proche de la taille ciblée (32 cm). Durant les dernières marées, des merlans maillés dans le T90 en 80 mm ont été mesurés (17 individus) avec une taille moyenne de 36 cm. La taille critique pour laquelle les merlans s'échappent doit donc se situer légèrement en dessous de cette taille (entre 32 et 34 cm) ;

2) Le T90, avec son sens des nœuds inversé, en travers au courant, a tendance à ouvrir davantage la maille et gonfler la partie en T90. L'ouverture verticale est donc plus prononcée et les encornets (voire les rougets barbet) peuvent plus aisément aller directement au fond du chalut.

Du point de vue économique, le T90 en 80 mm ne génère aucune perte commerciale immédiate. Sur le long terme, les gains en chiffre d'affaires commercialisables sont plus faibles qu'avec la maille carrée 80 mm. En revanche, presque aucune perte commerciale cumulée par rapport au statu quo n'est constatée pour l'églefin et le merlan durant la phase de transition (5 ans), et ce pour toutes les flottilles opérant en Manche Ouest et Mer Celtique. Il s'agit donc d'une option plus « douce » que la maille carrée en 80 mm pour améliorer la sélectivité des flottilles.

Chalutiers de fond en Mer Celtique (métier du merlu/Saint-Pierre)

En Mer Celtique, un seul et unique dispositif a été testé : le T90 en 100 mm sur le dessus de la rallonge et la moitié du cul. Ce matériel a été envisagé comme une alternative au PMC réglementaire de 120 mm pour deux raisons :

- La maille carrée de 120 mm (sans nœuds) parait trop grande au regard des espèces ciblées par le métier étudié. D'après les résultats obtenus, elle sélectionne des merlus mesurant jusqu'à environ 70-75 cm (50 cm pour l'églefin).

- La surface du panneau est trop petite : la probabilité de contact des juvéniles avec le dispositif est donc faible et une partie importante d'entre eux continuent d'aller dans le cul de chalut.

La principale problématique identifiée consistait donc à diminuer les petits églefins tout en diminuant les pertes commerciales sur le merlu liées au PMC 120 mm.

Les résultats sont conformes à la théorie. D'après les tests, les captures sous-taille d'églefin ont diminué et les captures commercialisables ont augmenté. Néanmoins, les rejets d'églefin commercialisables ont augmenté avec le T90 en 100 mm, du fait des limitations de quota[8]. Pour le merlu, on observe une diminution des captures de sous-taille et de calibre 50 avec une augmentation des captures commercialisables. Il est intéressant de comparer ces résultats avec ceux du projet CELSELEC (Lamothe et al., 2017) , même si les tailles de gadidés étaient plus importantes. En particulier, les données en taille obtenues à l'issue de tests comparant deux chaluts équipés du PMC 120 mm dont un avec l'ensemble de la rallonge et le cul en T90 100 mm. Les deux chaluts étant équipés du panneau

[8] Cette observation ouvre le débat sur la différence entre le terme « rejets » et « captures indésirées ». Le premier est objectif et rend compte d'une pratique de tri résultant de divers facteurs (absence de débouché, quota limitant, inadéquation entre engin et taille légale, etc.). Le deuxième est subjectif et apparait dans la PCP article 2, paragraphe 5. Il traduit implicitement une question de gestion : quelle est la part des rejets qu'il est souhaitable de conserver et débarquer et quelle est celle qu'il faudrait éviter ? Or, la réponse à cette question dépend de l'échelle à laquelle on se place et des acteurs qui répondent. Les captures désirées par le pêcheur peuvent ne pas être les mêmes que celles désirées par l'administration par exemple. En somme, l'augmentation des rejets d'églefins commercialisables durant les tests du T90 100 mm en alternative au PMC 120 mm peut constituer un résultat négatif ou positif selon le mode de raisonnement adopté (rejets ou captures indésirées). Par exemple, si on considère la taille minimale comme la limite entre captures désirées et indésirées, alors les résultats sont positifs. Néanmoins, l'intérêt d'une cible de gestion objective complémentaire à la taille minimale est discuté en conclusion de ce rapport.

règlementaire, aucune différence n'a été observée sur la partie commerciale pour le merlu et l'églefin. En revanche, similairement aux tests effectués sur le MOR BREIZ, les captures de petits églefins et de merlu ont diminué. Pour l'églefin, la probabilité de capture estimée par CELSELEC est identique pour les deux chaluts à partir 40-44 cm (selon le navire), contre 35 cm pour REJEMCELEC et le MOR BREIZ. Ces chiffres sont respectivement de 49 cm et 46 cm pour le merlu. Il semble donc que la sélection des individus ait été légèrement supérieure durant les tests CELSELEC. Hormis le fait que les données REJEMCELEC soient plus variables (échantillonnage plus faible pour l'églefin et protocole en traits alternés), une autre piste d'explication peut être avancée. L'échantillonnage du MOR BREIZ s'est déroulé sur une saison bien précise (été) correspondant à la saison de pêche du merlu mais également à sa période de reproduction sur le plateau Celtique (Mahe et al., 2007a). Il est possible que les femelles aient une corpulence particulière en fin de reproduction, avec une poche abdominale gonflée par la laitance. Ce changement non uniforme de morphologie peut faire varier la taille moyenne de sélection. Cependant, le patron du MOR BREIZ ne constate pas ce changement de morphologie de manière importante durant cette période, ce qui remet en cause cette hypothèse.

Photo 10 : échappement et accumulation de sanglier dans la fin de la rallonge en T90 100 mm du MOR BREIZ - © OP COBRENORD

Par ailleurs, le T90 en 100 mm sans PMC 120 mm sélectionne moins de sanglier. Pour autant, les résultats observés sur cette espèce dans le cadre de CELSELEC sont plus tranchés. Cela peut s'expliquer par le fait que les chaluts testés étaient équipé d'une partie droite complète en T90 100 mm, y compris le fond de cul, augmentant ainsi les probabilités d'échappement du sanglier par rapport au grand panneau T90 (sans PMC) testé dans REJEMCELEC. De plus, les images vidéo montrent que le PMC 120 mm permet déjà un échappement du sanglier. D'après des observations qualitatives à bord du MOR BREIZ, il semblerait que le dispositif ne permet pas un échappement massif lorsque qu'une quantité importante de sanglier est capturée. En effet, la vidéo laisse penser que les bancs de sanglier ont tendance à aller assez rapidement vers le fond du chalut. Compte tenu du fait que la fin de la poche est en maille losange, il est possible qu'un apport trop rapide et massif de sanglier s'accumule directement dans le fond de cul. De plus, d'après les tests de dimensionnement en criée, le 100 mm en T90 semble être la taille limite pour laisser passer le sanglier, dont la distribution en taille des bancs est très homogène. Peut-être que l'efficacité de ce dispositif est remise en cause ponctuellement par des effets de seuil : si le 100 mm est le maillage « limite », une petite variation de la taille moyenne du banc de sanglier peut engendrer une diminution importante de l'échappement, via des effets de colmatage notamment.

4.2 LIMITES METHODOLOGIQUES ET AMELIORATIONS POTENTIELLES

Sommaire

Les flottilles étudiées ayant des pratiques de pêche en chalut simple, il a été décidé de réaliser les expérimentations en traits alternés. Il avait également été envisagé un protocole en traits parallèles qui aurait pu diminuer les sources de variabilité liées à la ressource présente, les traits étant réalisés simultanément, mais finalement cette option a été écartée car il est plus difficile de trouver des navires

volontaires et elle peut être source d'autres types de biais liés aux navires (des différences d'engin de pêche, de système de traction, de niveau de bruit du moteur, etc.) et aux pratiques de pêche de chaque patron.
Un protocole expérimental avait été prévu pour limiter les sources de biais et de variabilité des conditions entre les deux paires de traits, susceptibles de rendre les analyses invalides ou peu significatives.

4.2.1 VARIABILITE SPATIO-TEMPORELLE DE LA RESSOURCE DISPONIBLE

Sommaire

Ce type d'analyse repose sur l'hypothèse que le même nombre de poissons est entré dans les deux chaluts à chaque paire de traits, mais à ce jour il n'existe pas de dispositifs permettant d'identifier l'espèce, mesurer et compter ces individus. Il a donc été demandé aux patrons de pêche de réaliser consécutivement les deux traînes, dans la même zone et en alternant l'engin associé au premier trait. Cela a pu être contrôlé a posteriori à partir d'informations collectées par l'observateur, à savoir que les deux traits étaient réalisées à des profondeurs très similaires, à la même période de la journée (nuit/jour) mais à 2h30 d'intervalle en moyenne et à une distance géographique moyenne de 3 à 9 km, ce qui a pu être source de variabilité. Une part substantielle de ce protocole a donc également reposé sur l'expertise du patron pour choisir des zones les plus similaires possibles quant à la présence des espèces et tailles étudiées.
Pour tenter de quantifier dans quelle mesure ce protocole a pu induire de la variabilité, on a également regardé des espèces considérées comme témoins, c'est-à-dire pour lesquelles le dispositif n'a pas pu, a priori, induire d'échappements supplémentaires (Annexe 7). Par espèce, les corrélations entre les captures des deux traits d'un même couple sont parfois faibles, ce qui entraine une forte variabilité et peut expliquer que certains résultats soient non significatifs. De plus, la variabilité a très probablement été plus importante pour des espèces plus mobiles et plus agrégées comme le maquereau ou le sanglier. Néanmoins, les corrélations étaient significativement positives et plus importantes en considérant le cumul des espèces témoins parfois présentes en faibles quantités. Cela justifie le traitement des données en échantillons appariés, qui a permis de limiter fortement les incertitudes des comparaisons par rapport à des traits qui auraient étaient réalisés de façon indépendante. Lorsque les espèces et tailles étudiées étaient suffisamment présentes dans les zones chalutées au moment de l'expérimentation, le nombre de paires réalisées (de 36 à 43 par cas d'étude) a été suffisant pour établir des résultats robustes.

4.2.2 VARIABILITE DE LA CAPTURABILITE DES CHALUTS

Sommaire

L'étude des différences moyennes des captures des espèces témoins a également permis de détecter si le chalut testé a mieux ou moins bien pêché. En effet ce problème inhérent à tous les protocoles en comparaison de captures peut arriver lorsque le matériel est plus neuf ou lorsque le dispositif induit un changement de la géométrie du chalut (exemple : ouverture verticale). Pour tous les cas d'études aucune différence significative n'a été détectée, à part pour l'Azur où significativement plus de captures ont été observées sur le cumul (+17 Kg/trait sur 70 Kg environ, soit une augmentation de +24%). Par ailleurs, certaines différences de captures d'espèces concernées par le dispositif ont été détectées comme suspectes car le dispositif ne permet pas d'expliquer ces différences et elles

n'étaient non imputables à quelques paires atypiques de traits. Le chalut test a capturé plus de gros églefins sur l'*Azur*, alors que l'on n'observe pas cette différence pour le merlan. Une explication pour ces différences constatées pourrait être que la très grande dimension du PMC dans le gorget de l'AZUR aurait pu limiter la traction de cette dernière partie conique du chalut. Cela aurait mené à un moindre décollement du bas du chalut et donc un frottement et des vibrations plus importants du bourrelet. Le chalut sélectif aurait ainsi capturé davantage de poissons de fond. *A contrario*, le chalut test a capturé moins de gros églefins sur le premier cas d'étude de l'*Ecume des Jours* à des tailles bien au-delà de ce que le dispositif aurait pu laisser s'échapper, et à nouveau ce phénomène ne concerne pas le merlan. Enfin, des captures plus importantes de rouget-barbet ont été observées sur le *Carpe Diem III*. La mise en place de capteurs d'ouverture verticale du chalut et de courantomètre, ainsi que la vidéo pourraient permettre d'identifier les phénomènes à l'origine de ces types de résultat.

4.2.3 VARIABILITE DE LA SELECTIVITE DES CHALUTS

Sommaire

Enfin, un ensemble de facteurs associés aux conditions de pêche sont susceptibles d'influer sur la sélectivité des engins. L'augmentation du volume des captures favorise les échappements en augmentant l'écartement des mailles du cul du chalut. La chronologie d'entrée des poissons de grosse ou de petite taille peut d'ailleurs aussi influencer leur échappement dans le cul de chalut et donc influencer les comparaisons de capture. La profondeur, la vitesse relative de l'engin par rapport au courant ainsi que l'état de la mer ont une influence sur les mouvements du chalut, l'ouverture des mailles et la capacité des poissons à s'échapper par l'ouverture du chalut ou à travers les mailles (Priour and Herrmann, 2008). Il avait donc été convenu dans le protocole que le patron conserve le même cap par rapport au courant entre les deux traînes, et la même vitesse par rapport au courant. Alors que le volume des captures, la profondeur et l'état de la mer étaient globalement très similaires, nous n'avons pu que très grossièrement vérifier que le cap du navire a été conservé par rapport au courant. Bien que le patron est censé adapté la vitesse de son navire en fonction de la force du courant pour conserver une force relative la plus constante possible au sein de son chalut, les forces exercées ont nécessairement variées, notamment si une des traînes a été effectuée pendant la renverse de la marée.

Une analyse exploratoire des données n'a pas permis d'identifier de relation entre la profondeur, la durée de traine, les conditions de mer, l'heure du jour, ou le volume de capture sur la différence de sélectivité en taille. Compte tenu de la forte variabilité des captures au sein des couples liée au protocole en traits alternés, seule une analyse plus approfondie permettrait éventuellement d'identifier de telles relations.

Bien qu'il nécessite un nombre substantiel de traits pour capter la variabilité induite par l'hétérogénéité de la ressource entre les traines de chaque paire, le protocole en traits alternés mis en place dans ce projet s'est avéré approprié pour évaluer les différences en sélectivité induite par les dispositifs proposés. Un contrôle plus poussé des conditions de pêche par la mesure de la trace des traines, de l'ouverture verticale et des forces de courants relatives dans l'engin sont des pistes d'améliorations de ce type de protocole pour identifier les différentes sources de variabilité liées à la présence de la ressource, de la capturabilité et de la sélectivité de l'engin.

4.2.4 SELECTIVITE EN TAILLE

Sommaire

Une grande partie des rejets concernés par les métiers étudiés sont liés à la taille commerciale des espèces. Les dispositifs mis en place ont été conçus dans l'objectif de retenir uniquement ces tailles, en jouant sur les formes des mailles adaptées à la morphologie et la taille des espèces.

L'étude de la sélectivité en taille à partir de comparaison de capture (la sélectivité relative) n'est pas simple à interpréter car elle ne permet pas de déterminer le niveau de rétention des individus sous taille du dispositif testé, mais la diminution ou l'augmentation de la rétention des individus qu'il induit par rapport à l'engin standard. La courbe n'est pas non plus évidente à modéliser car lorsque les deux engins ont leur sélectivité propre que l'on pourrait modéliser par deux relations logistiques différentes, la sélectivité relative peut avoir des formes très variables, d'où l'emploi d'une forme polynomiale. Idéalement, on s'attend à obtenir une courbe croissante qui se stabilise autour de 0.5 à partir de la taille où l'engin testé ne permet pas plus d'échappement que l'engin standard. Dans le même esprit que le L50, le Lr0.5 indique la taille critique à partir de laquelle les individus ne parviennent pas à s'échapper plus grâce au dispositif sélectif, et l'intervalle de confiance associé à cette taille permet d'évaluer la précision autour de cette taille. Dans la majorité des cas traités, les courbes obtenues par cette méthode avaient des formes cohérentes dont on a pu déterminer les Lr0.5 avec une précision variant de seulement 2 cm (merlan sur l'Ecume des Jours) à 15 cm (merlu sur le MOR BREIZ). Cette incertitude est importante à considérer pour ne pas surinterpréter les valeurs moyennes, notamment lorsque les variations correspondent à l'amplitude d'une catégorie commerciale.

La forme polynomiale qui a été utilisée permet une relativement grande flexibilité pour s'ajuster à ce type de forme, mais ne peut pas réellement converger vers un seuil, et peut être très sensible aux valeurs aux bornes, *i.e.* pour les petites et grandes tailles d'individus. Une solution a été de tronquer les tailles minimum et maximum de façon à avoir un minimum de 15 individus sur ces deux bornes. Pour éviter ce type de manipulation, un modèle non linéaire telle qu'une relation logistique linaire simple mais munie d'un paramètre de seuil et d'un paramètre d'asymétrie pourrait convenir. Il n'a pas été employé dans cette étude car pour l'instant il n'existe pas de forme mixte pour tenir compte d'un effet aléatoire associé aux paires de traits (le package 'psyphi' dans R devrait bientôt le permettre).

Il est d'autant plus important de considérer cet effet aléatoire dans une étude en traits alternés car la variabilité entre les traits de chaque paire vient s'ajouter à la variabilité due aux différences de conditions moyennes entre les paires. Cette variabilité peut générer des biais d'estimation, et l'effet aléatoire a d'ailleurs été significatif dans la majorité des cas, et a eu un effet sur la forme et l'incertitude de la courbe. Néanmoins, ces modèles supposent que la variabilité entre les couples est gaussienne, alors que pour ce type de données cette variabilité peut être beaucoup plus hétérogène, pour des espèces grégaires par exemple. (Miller, 2013) a proposé un modèle hiérarchique où la probabilité de capture relative est modélisée par une loi Beta, permettant un niveau d'incertitude supplémentaire sous une forme plus hétérogène que dans un modèle mixte classique.

4.2.5 ANALYSE COMMERCIALE

Pour mémoire, l'analyse commerciale menée reposait sur deux hypothèses :

- La collecte de données concernant les coûts par marée n'était pas prévue par le projet ;

- L'amélioration de la sélectivité ne modifie pas, *a priori*, les coûts totaux de l'entreprise de pêche à l'échelle de la marée. La variation du chiffre d'affaires peut donc approximer la variation de la rentabilité en supposant un coût total constant.

Le deuxième postulat est largement discutable, notamment à l'échelle de l'année ou l'achat de matériel sélectif peut avoir un surcoût (coût de fabrication supérieur et/ou usure prématurée). En outre, il peut exister un temps supplémentaire de ramendage lié à des types de mailles hétérogènes dans le chalut. Ces propos sont d'ailleurs confirmés par des témoignages de patrons-pêcheurs dans le cadre de tests sur le T90 en Mer Celtique (projet CELSELEC, exemple de témoignage ici à 11'20: https://www.youtube.com/watch?v=HpoeaeBXX50).

Par ailleurs, les choix méthodologiques détaillés dans la partie 2.2.4.1 impliquent **deux hypothèses sous-jacentes à discuter:**

- Pour les espèces non-mesurées, le fait de ne retenir que la partie débarquée comme seule élément constitutif du CA de l'espèce suppose que les pratiques de tri observées lors des tests en mer sont représentatives de la pratique moyenne de la flottille. En effet, pour ces espèces, seules les variations de débarquement sont retenues. Cependant cette hypothèse n'a pas un impact important car parmi la liste des espèces retenues sur l'ensemble des cas d'étude, seules deux espèces non-mesurées sont retenues: le grondin rouge et l'encornet. Or, pour la première la quasi-totalité de la capture est commercialisable et débarquée (pas de taille minimale) et pour la seconde le poids commercial est négligeable.

- Le fait d'extrapoler le CA sur la base des données d'échantillonnage du projet implique que la distribution en taille, l'abondance relative des espèces et les stratégies de pêche sont invariables. Or en réalité selon l'abondance relative des espèces et des tailles, la composition spécifique du chiffre d'affaires et des calibres commerciaux associés varie également. Par exemple, le dispositif sélectif n'aura pas le même impact sur le chiffre d'affaires total une année où les navires n'ont pu pêcher que du petit merlan qu'une année où ils n'ont pêché que du Saint-Pierre.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Sommaire

Les conclusions et les perspectives que l'on peut tirer de l'ensemble des travaux menés dans la cadre du projet REJEMCELEC sont diverses.

Sur le plan technique, la maille carrée et le T90 ont été testés dans plusieurs configurations (taille de maille, surface sélective, position dans le chalut) afin d'obtenir une sélection fine du merlan. Ces essais viennent compléter les recommandations du projet CELSELEC (Lamothe et al, 2017) suite à des résultats mitigés sur un cylindre à mailles carrées en 100 mm dans le début de la rallonge. Les conclusions concernant les configurations testées peuvent se résumer par les points suivants :

- La taille de maille idéale pour sélectionner le merlan correspond à du T90 en 80 mm pour les flottilles ciblant les individus au-dessus du calibre 40. La maille carrée (avec nœuds) de 80 mm peut être une alternative mais des pertes commerciales non négligeables sont constatées sur le merlan ;

- Le positionnement du dispositif sélectif dans le gorget pour des chaluts de fond simples à poisson en quatre faces n'est pas suffisant. En effet, l'ouverture verticale est encore importante à ce niveau du chalut et la probabilité de contact entre le poisson et le dispositif est moindre. En revanche, il s'agit d'un bon complément à un dispositif dans la rallonge pour augmenter l'échappement en nombre si le maillage est adéquat. Par ailleurs, pour les chaluts de fond à deux faces, il peut s'agir d'un dispositif efficace si le maillage est bien dimensionné ;

- Le T90 permet une meilleure ouverture du chalut et donc davantage de place pour laisser passer l'encornet sans toucher le dispositif ;

- Quand il est placé dans la rallonge, le dispositif ne doit pas être trop éloigné du raban de cul de chalut, surtout s'il s'agit de T90 qui a tendance à gonfler. Les tests sur le T90 80 mm en Manche Ouest plaçaient la dernière maille de T90 à environ 13 mètres du raban de cul de chalut. Cette distance pourrait être réduite sur la base d'autres tests en mer, au maximum jusqu'à 9 mètres ;

- L'augmentation du nombre de faces de la partie droite d'un chalut de fond ne permet visiblement pas une amélioration significative de l'ouverture verticale pour éviter les pertes d'encornets. Mais ce constat devrait être confirmé par des observations vidéo complémentaires. En outre, ce type de changement technique implique des fabrications en série pour éviter des délais de montage démesurés.

Sur le plan halieutique, deux dispositifs se démarquent vis-à-vis des critères d'évaluation énoncés en introduction (échappement, pertes commerciales, praticité).

Le premier est le panneau en T90 80 mm sur le dessus de la rallonge et du gorget pour le métier du chalut de fond à merlan et céphalopodes en Manche Ouest. Ce dernier sélectionne le merlan aux alentours de la dernière taille du calibre 40 (32 cm) et ne compte aucune perte commerciale. En outre, des diminutions de capture sur l'églefin sous-taille, le chinchard et le maquereau sont observées. Preuve de son efficacité, le navire volontaire pour ce test continue d'utiliser le dispositif.

Le deuxième est le panneau en T90 100 mm sur la quasi-totalité du dessus de la partie droite pour les flottilles ciblant le merlu et le Saint-Pierre en Mer Celtique. Ce dispositif a été testé comme une alternative au PMC réglementaire en 120 mm. L'agrandissement par quatre de la surface sélective et l'ajustement de la dimension de la maille aux tailles de merlu et d'églefin ciblées a permis de diminuer les captures de petits poissons et d'augmenter les prises d'individus de bonne taille. Cette approche permettrait d'une part d'épargner davantage de jeunes reproducteurs, et d'autre part de profiter de leur croissance en ayant une meilleure capacité à les capturer une fois plus gros.

Sur le plan de la gestion, les expérimentations menées du projet REJEMCELEC viennent alimenter la « boîte à outils » mise à disposition auprès des professionnels pour diminuer leurs captures indésirées. Néanmoins, les résultats obtenus sont valables pour un métier donné et chacun des dispositifs testés n'est pas forcément adapté pour d'autres métiers. Or, afin de pouvoir ajouter un dispositif sélectif au cadre règlementaire actuel, il est nécessaire de prouver que ce dernier est efficace pour la problématique identifiée (comme par exemple diminuer les captures d'églefins sous-tailles). Pour autant, il semble compliqué et coûteux de mener des essais comme ceux de ce projet pour chaque métier à une échelle fine (saison, zone, composition de capture). Il serait donc intéressant de réfléchir à un format plus léger, comme par exemple l'auto-échantillonnage, afin de tester des alternatives et des variantes de dispositifs sélectifs déjà existants. Pour cela, un protocole scientifique et un cadre règlementaire serait nécessaire afin d'homogénéiser les pratiques et les évaluations à l'échelle de l'Union Européenne (UE).

En perspectives de gestion et de recherche, les résultats présentés dans ce rapport ont soulevé des questionnements liés à l'impact de l'amélioration de la sélectivité à l'échelle du stock de poisson. En effet, le critère d'évaluation économique utilisé porte sur les gains commerciaux ou plus souvent les pertes commerciales à très court terme. Or, un des intérêts de la sélectivité du point de vue des flottilles est de constater, à terme, une augmentation des rendements des stocks ciblés liée à la croissance des poissons épargnés. Des travaux exploratoires et préliminaires menés par l'OP COBRENORD dans le cadre du projet REJEMCELEC ont permis de soulever plusieurs questionnements qui pourraient faire l'objet de travaux futurs :

- Peut-on améliorer les rendements sans une amélioration collective de la sélectivité (i.e. des flottilles les plus contributrices aux captures du stock considéré) ?

- Pour chaque stock étudié, l'augmentation des rendements à moyen et long terme suppose une phase de transition après l'amélioration de la sélectivité. Combien de temps dure-t-elle ? Quelles sont les flottilles qui la subissent ou en profitent ? Dans quelle mesure ? Les réponses apportées pourraient nuancer les pertes à court terme de certains dispositifs jugés « trop sélectifs ».

- Pour un stock et un niveau d'effort de pêche donné, existe-t-il une taille (ou un intervalle de taille) de sélection permettant de maximiser les rendements ? En complément de la Taille Minimale de Référence de Conservation (TMRC), ce type d'indicateur pourrait servir de cible pour les travaux d'amélioration de la sélectivité.

- Quels sont les impacts de l'amélioration de la sélectivité sur le plan écosystémique ? Ce questionnement pourrait constituer un domaine de recherche à part entière. Néanmoins, il traite de questions très pragmatiques et cruciales pour déterminer l'intérêt de l'usage collectif de différents dispositifs sélectifs. Par exemple, les travaux préliminaires menés par l'OP COBRENORD ont permis de souligner que les stocks de merlan 7bce-k, et dans une moindre mesure d'églefin 7bce-k, étaient soumis à une très forte mortalité naturelle, notamment sur les jeunes âges. Or, cela atténuerait fortement les hausses de rendement espérées dans l'hypothèse d'une amélioration de la sélectivité. En effet, les poissons épargnés auraient trop de probabilité de mourir naturellement sans avoir l'opportunité de grossir et d'être capturés plus tard. Cependant, ils peuvent être prédatés et ainsi favoriser la croissance et l'exploitation d'un autre stock (exemple : le cabillaud 7bce-k). Il semble donc intéressant d'élaborer des pistes de réponse à ce questionnement afin de pouvoir arbitrer entre différentes options de sélectivité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Sommaire

Akaike, H., 1998. Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle, in: Selected Papers of Hirotugu Akaike, Springer Series in Statistics. Springer, New York, NY, pp. 199–213. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1694-0_15

Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins, Ifremer, Cofrépêche, 2004. RAPPORT FINAL DU PROGRAMME D'AMELIORATION DE LA SELECTIVITE DES CHALUTS DU GOLFE DE GASCOGNE.

Cornou, A.-S., Dimeet, J., Goascoz, N., Scavinner, M., Rochet, M.-J., 2016. Captures et rejets des métiers de pêche français. Résultats des observations à bord des navires de pêche professionnelle en 2015.

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.

DiCiccio, T.J., Efron, B., 1996. Bootstrap confidence intervals. Stat. Sci. 11, 189–228. https://doi.org/10.1214/ss/1032280214

Dunn, P.K., Smyth, G.K., 1996. Randomized Quantile Residuals. J. Comput. Graph. Stat. 5, 236–244. https://doi.org/10.1080/10618600.1996.10474708

Filippi, T., 2015. Obligation de débarquement des captures indésirées - Etude de l'impact de la règlementation sur la filière pêche bas-normande à partir de données collectées en mer. (Rapport d'études). Port-En-Bessin.

Gislason, H., Daan, N., Rice, J.C., Pope, J.G., 2010. Size, growth, temperature and the natural mortality of marine fish: Natural mortality and size. Fish Fish. 11, 149–158. https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2009.00350.x

Holst, R., Revill, A., 2009. A simple statistical method for catch comparison studies. Fish. Res. 95, 254–259.

ICES, WGMIXFISH, 2017. Report of the Working Group on Mixed Fish-eries Advice (WGMIXFISH-ADVICE) (Annual report). International Council for the Exploration of the Sea.

ICES, WGCSE, 2017a. Stock Annex: Haddock (Melanogrammus aeglefinus) in divisions 7.b–k (southern Celtic Seas and English Channel) (Stock Annex). International Council for the Exploration of the Sea.

ICES, WGCSE, 2017b. Haddock in divisions 7.b–k (Annual report). International Council for the Exploration of the Sea.

ICES, WGCSE, 2017c. Whiting in divisions 7.b–k (Annual report). International Council for the Exploration of the Sea.

ICES, WGCSE, 2017d. Stock Annex: Whiting (Merlangius Merlangus) in divisions 7.b–k (southern Celtic Seas and English Channel) (Stock Annex). International Council for the Exploration of the Sea.

ICES, W., 2014. ICES WKCELT REPORT 2014 - Report of the Benchmark Workshop on Celtic Sea stocks (Report). International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen - Denmark.

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.

Jones, E.G., Fryer, R., Kynoch, R., Summerbell, K., 2004. The influence of twine colour and contrast on the effectiveness of square mesh panels in a demersal whitefish trawl., in: Report of the ICES-FAO Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour (WGFTFB). ICES CIEM, Gdynia, Poland, p. 6.

Lamothe, J., Larnaud, P., Fiche, M., Robert, M., Morandeau, 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 Pëcheurs de Bretagne.

Leonardi, S., Rubin, A., Meillat, M., Coppin, F., Delpech, J.-P., Morandeau, F., Larnaud, Pascal, 2009. Selecmer – Amélioration de la sélectivité des chalutiers – Pêcheries multispécifiques Manche – Mer du Nord.

Lorenzen, K., 1996. The relationship between body weight and natural mortality in juvenile and adult fish: a comparison of natural ecosystems and aquaculture. J. Fish Biol. 49, 627–642. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb00060.x

Mahe, K., Delpech, J.-P., Carpentier, A., 2007a. Synthèse bibliographique des principales espèces de Manche orientale et du Golfe de Gascogne.

Mahe, K., Delpech, J.-P., Carpentier, A., 2007b. Synthèse bibliographique des principales espèces de Manche orientale et du Golfe de Gascogne.

Méhault, S., 2011. Analyse des résultats des essais de grille et cylindre à mailles carrées dans la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne (No. R.INT.RBE/STH/LTH 2011-07). Ifremer.

Méhault, S., Larnaud, P., Rimaud, T., Cuillandre, J.-P., Morandeau, F., Simon, J., Vacherot, J.-P., 2018. Essais de dispositifs sélectifs par les flottilles chalutières du golfe de Gascogne (Programme REDRESSE).

Meillat, M., Méhault, S., Morandeau, F., Vacherot, J.-P., 2011. Etude de dispositifs sélectifs - Pêcherie crustacés-poissons du golfe de Gascogne (No. R.INT.STH/LTH11-01). Ifremer.

Miller, T.J., 2013. A comparison of hierarchical models for relative catch efficiency based on paired-gear data for US Northwest Atlantic fish stocks. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 70, 1306–1316. https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0136

Mortreux, S., 2000. SAUvegarde des juvéniles de PLIe et MORue. Ifremer et Comité Local des Pêches Maritimes du Pas-de-Calais/Picardie.

North Western Waters Regional Advisory Council, 2011. Proposal on Improvements in Celtic Sea Selectivity Measures.

O'Neill, B. and al, 2017. REPORT OF THE STECF WORKING GROUP ON MAIN FACTORS AFFECTING COD END SELECTIVITY (SGMOS-07-06).

OP COBRENORD, 2015. Obligation de Débarquement au sein de l'Organisation de Producteurs COBRENORD : Evaluation des rejets de la flottille hauturière et analyse d'impacts. (Rapport d'études). Saint-Quay-Portrieux.

Parker, R.A., Ricker, W.E., 1960. Handbook of Computations for Biological Statistics of Fish Populations. J. Wildl. Manag. 24, 236. https://doi.org/10.2307/3796760

Priour, D., Herrmann, B., 2008. Trawl selectivity : the effect of mechanical properties of netting Effect on fish population.

Revill, A.S., Catchpole, T.L., Dunlin, G., 2007. Recent work to improve the efficacy of square-mesh panels used in a North Sea Nephrops norvegicus directed fishery. Fish. Res. 85, 321–327. http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2007.04.002

Roberts, J., Stevens, D., 2014. Grade Composition and Selectivity of ICES VII b-k Haddock in the Southwest Otter-Trawl Fishery. Marine Management Organisation.

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

Smith, S., Catchpole, T.L., 2013. Area VII Haddock Discard Eliminations using Technical Measures, Fisheries Science Partnership : 2013/14. CEFAS.

Thompson, W.F., Bell, H., 1934. Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2.Effect of changes in intensity upon total yield, and yield per unit gear. Rep Intern. Fish Comm 48.

Vogel, C., 2016. Rapport bibliographique « Sélectivité des engins de pêche ». IFREMER.

Weiller, Y., Reecht, 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

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.

ANNEXES

Annexe 1 Bibliographie des travaux de sélectivité en lien avec les objectifs de projet REJEMCELEC

REGLEMENTATION SPECIFIQUE						
Métier	**Type de dispositif**	**Descriptif**	**Commentaires**	**Zone concernée**	**Espèces sélectionnées**	**Référence (voir bibliographie)**
Chalut de fond TR1/TR2	**Panneau à Mailles Carrées (PMC)**	PMC règlementaire 120 mm (9 mètres max du raban de cul, 3 mètres minimum de hauteur)	Dispositif obligatoire. Pas de résultats spécifiques à la Mer Celtique.	Division CIEM VIIfg et j (Nord 50° et Est 11°)		Règlement d'exécution (UE) 741/2015 et 737/2012

BIBLIOGRAPHIE SYNTHETIQUE (revues et projets)						
Métier	**Type de dispositif**	**Descriptif**	**Principaux résultats**	**Zone concernée et type de chalut**	**Espèces sélectionnées**	**Référence (voir bibliographie)**
Chaluts de fond à poissons (Gadidés et autres espèces)	**Panneau à mailles carrées PMC**	PMC dans la partie dorsale de la rallonge (120mm jauge, longueur 3m), à 6m et 10,50m du raban de cul	Echappements de merlan sous la taille commerciale de 27cm (entre 13 et 30%), mais aussi au-dessus de cette taille entre 27 et 35cm. Perte commerciale de merlan entre 26 et 28%. Echappements importants chinchards, maquereaux, surtout en position arrière. Mais perte commerciale en maquereau.	Manche Est/Mer du Nord Chalut simple	Merlan, chinchard, maquereau	(Leonardi et al., 2009) Projet SELECMER
		PMC dans la partie dorsale de la rallonge (100mm jauge, longueur 3m), situé à 9m du raban de cul	échappement de l'ordre de 30% des églefins et merlans sous la taille de conservation	Mer Celtique	Eglefin, merlan	(North Western Waters Regional Advisory Council, 2011)
		PMC dans la partie dorsale du gorget (80mm jauge, 2mx3m), situé à 18,30m ou 21, 30m (avant du gorget) du raban de cul	Merlan: pas de différence significative. Les auteurs supposent que l'ouverture verticale est trop importante dans la partie avant du gorget pour favoriser l'échappement.	Détroit du Pas de Calais Chalut simple		(Leonardi et al., 2009) Projet SELECMER

Chaluts de fond à poissons (Gadidés et autres espèces)	**PMC**	PMC (100mm jauge 10 x 30 mailles) dans la partie supérieure du cul de chalut, en amont et en complément du PMC réglementaire en 100 mm à 9m du raban de cul	Réduction des juvéniles d'églefin de 85-90% mais aussi sur toute la gamme de taille (38cm). Echappements également de merlan et merlu mais pertes commerciales non précisées	Zones CIEM VII b-k Chaluts jumeaux	Eglefin, merlan, merlu	(Roberts and Stevens, 2014)
	Cylindre à mailles carrées CMC	Cylindre à mailles carrées (jauge 80mm, longueur 2m) dans la rallonge. Navires <18m	Efficace pour les petits merlans (-59% de la partie rejetée), mais aussi limandes et plies, avec peu de pertes commerciales	Manche Est Chalut simple	Merlans, limandes plies	(Weiller et al., 2014) Projet SELECFISH
		Cylindre à mailles carrées (jauge 80mm, longueur 2m) dans la rallonge. Navires >18m	Meilleurs résultats en Manche Est avec diminution des rejets de merlan de 34% et de 11% des maquereaux. Pas de diminution des rejets de merlan en Mer du Nord	Manche Est / Mer du Nord Chalut simple	Merlans, maquereau	(Weiller et al., 2014) Projet SELECFISH
		Cylindre à mailles carrées (jauge 100mm, longueur 2m) associé à un PMC en 80mm (3mx1m) dans la rallonge. Navires >18m	Diminution importante des rejets de merlan, maquereau, chinchard, limande, plie (-36% en poids globalement) mais avec une diminution tout aussi importante des fractions commerciales de merlan, maquereau, plie, limande et seiche (-40% en poids globalement)	Manche Est / Détroit du Pas de Calais Chalut simple	Merlan, maquereau, chinchard, limande, plie	(Weiller et al., 2014) Projet SELECFISH
		Cylindre à mailles carrées (jauge 115mm, longueur 2m) dans la rallonge. Navires >18m	Diminution importante des rejets de merlan (-35%), maquereau (-54%), Limande (-35%, grondin rouge (-48%) mais pertes commerciales importantes de merlan et maquereau (-47% et -49% en poids)	Manche Est / Mer du Nord Chalut simple	Merlans, maquereau, limande, grondin rouge	(Weiller et al., 2014) Projet SELECFISH
		Cylindre à mailles carrées (jauge 100mm, longueur 3m, débutant à 12,5m du raban	Diminution globale des rejets de 30% dont églefin, grondin, petite roussette, tacaud.	Mer Celtique Chaluts jumeaux	Eglefin, grondin, petites roussettes	(Lamothe et al., 2017) Projet CELSELEC

Chaluts de fond à poissons (Gadidés et autres espèces)		de cul) dans la rallonge, associé au PMC réglementaire 120mm	Perte commerciale de langoustines			
	Grand maillage dans le dos du chalut. Plusieurs combinaisons de maillages testées.	400mm dans tout le grand dos/200mm dans la moitié antérieure du petit dos (navires côtiers)	Echappement de 41% de la capture d'églefin (-28% ≤37cm en nombre et -30% ≥ 37cm). Diminution significative des captures de merlan et limande.	Zone CIEM VIIe (28E3 et 28E4) Chaluts jumeaux	Eglefin, merlan, limande	(Smith and Catchpole, 2013)
		400mm dans tout le grand dos/300mm dans tout le petit dos (navires côtiers)	Echappement de 18% de la capture d'églefin (-9% ≤37cm, -17% ≥ 37cm, en nombre)	Zone CIEM VIIe (28E3 et 28E4) Chaluts jumeaux	Eglefin	(Smith and Catchpole, 2013)
	T90	Mailles tournées à 90° «T90 » 100mm jauge. Rallonge + cul de chalut en T90, avec PMC réglementaire 120mm dans la rallonge (sélectif et témoin)	Réduction globale de 20 à 35% des rejets selon le navire. Réductions importantes des rejets d'églefin, merlan, grondin, sanglier, maquereau, chinchard, petite roussette mais perte commerciale de merlan et de petite roussette. Pour l'églefin La probabilité de capture des chaluts standard et test devient égale entre 40 et 45cm selon le navire. Elle est d'environ 40cm pour le merlan.	Mer Celtique Chaluts jumeaux	Eglefin merlan, grondin	(Lamothe et al., 2017) Projet CELSELEC
		Mailles tournées à 90° «T90 » 100mm jauge. Rallonge + cul de chalut en T90, sans PMC réglementaire	Réduction globale de 40 à 50% des rejets selon le navire. Réductions importantes des rejets d'églefin, grondin, sanglier, petite roussette, cardine maquereau, chinchard, mais perte commerciale d'encornets et rougets barbets Pour l'églefin, La probabilité de capture des chaluts standard et test devient égale à partir de 42cm.	Ouest Bretagne Chaluts jumeaux	Eglefin, grondin, sanglier, cardines, petite roussette, tacaud	(Lamothe et al., 2017) Projet CELSELEC

Chaluts de fond à poissons (Gadidés et autres espèces)	**Grille à merlan + PMC**	Association d'une grille semi-rigide (à merlan, espacement entre barreaux de 23mm) en combinaison avec un panneau à mailles carrées (jauge 60 mm, longueur 1m)	Bons échappements de merlans (-52% sous 27cm), et chinchards mais avec des pertes commerciales en merlans (-38% en poids) et maquereaux (-55% en poids. L'adjonction du PMC devant la grille a permis de supprimer le colmatage de la grille par des petits merlans, observé avec la grille seule.	Manche Est/Mer du Nord Chalut simple	Merlan, maquereau, chinchard	(Leonardi et al., 2009) Projet SELECMER
	Grille à merlan + CMC	Association d'une grille semi-rigide (à merlan, espacement entre barreaux de 23mm) en combinaison avec un cylindre à mailles carrées (jauge 80 mm, longueur 2m). Navires >18m	Diminution importantes des rejets de merlans (-34%), maquereaux (-55%), limandes (-27%), plie (-39%), mais pertes de poissons plats. Pas de pertes commerciales de merlan et maquereau.	Manche Est Chalut simple	Merlan, maquereau, chinchard	(Weiller et al., 2014) Projet SELECFISH
Chalut de fond à baudroies, cardines, raies	**Grille souple en cordage renforcé**	Grille souple rectangulaire en cordage renforcé par des tubes en caoutchouc. Dimensions 1075 x 1045mm. Espacement entre barreaux théoriques 125 x 60mm (objectif minimum 120 x 50mm)	Diminution globale de 20% des rejets dont cardines (-35 à -40%, grondins -40%, encornets rouge -35 à -40%, fausse limande -40%, petite roussette (-20%), dragonnet, éledone. Echappement des petites baudroies entre 20 et 25cm. Perte commerciale de sole.	Sud-Ouest Bretagne Chaluts jumeaux	Cardines, baudroies, grondins	(Lamothe et al., 2017) Projet CELSELEC
Chalut de fond à soles	**Grille à merlan et plie**	Grille aluminium à deux volets aluminium articulés. Un système de butée permettait de conserver la grille dans un plan, avec un angle d'environ 45°. Deux espacements de barreaux ont été testés, mais c'est l'espacement de 25 mm qui semblait le meilleur compromis	Grille 25mm : Echappement important de juvéniles de merlan (-53%) et de plie (49%) mais avec perte commerciale de merlan (38% en poids)	Détroit du Pas de Calais Chalut simple	Merlan, plie	(Mortreux, 2000) Projet SAUPLIMOR

Métier	Type de dispositif	Descriptif	Principaux résultats	Zone concernée	Espèces sélectionnées	Référence (voir bibliographie)
Chalut de fond à langoustines et Gadidés	**PMC**	PMC secondaire dans le petit dos (84mm jauge, longueur 3m), en complément d'un panneau à mailles carrées dans le gorget	échappements additionnels importants de merlan, d'églefin et même de plie	Mer du Nord Chaluts jumeaux	Merlan, églefin, plie	(Revill et al., 2007)
Chalut de fond à langoustines et merlu	**PMC**	PMC réglementaire dans le dessus du gorget, 100mm à la jauge, 2mx1m	en moyenne 26 % d'échappement en nombre des petits merlus sous la taille légale de commercialisation de 27 cm	Golfe de Gascogne Chaluts jumeaux	Merlus, maquereaux, chinchard	(Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins et al., 2004) Projet ASCGG
	T90	Mailles tournées à 90° «T90 » 70mm jauge Rallonge + cul de chalut	Echappement de 96% de merlus <27cm mais perte commerciale importante de merlu (55% en poids, majoritairement entre 27 et 35cm). Echappement de 80% en nombre des langoustines <9cm mais perte commerciale de 77% en poids de langoustine	Golfe de Gascogne Chaluts jumeaux	Merlu, chinchard, merlan bleu, maquereau	(Meillat et al., 2011)
	CMC	CMC dans la partie antérieure de la rallonge (jauge 62mm, longueur 3,15m)	échappement des petits merlus sous la taille commerciale de 22% en nombre avec peu de perte commerciale	Golfe de Gascogne Chaluts jumeaux	Merlu	(Méhault, 2011)

Annexe 2 Formulaire OBSMER adapté au projet REJEMCELEC (Source : Oceanic Développement et Ifremer)

Sommaire

FICHE MAREE

Liaison avec le plan d'échantillonnage

Métier principal observé:	Zone(s) + Métier code DCFn°5 + espèce(s) cible(s)
Programme de rattachement :	

Observateur(s)

Nom(s), Prénom(s) :	
Société :	

Départ de la marée

Immatriculation du navire :			
Nom du navire :			
Lieu de départ & Type de lieu :			
Date & Heure de départ :		Nombre d'hommes à bord : sans le(s) observateur(s)	

Retour de la marée

Lieu de retour & Type de lieu :	
Date & Heure de retour :	

Vente

Lieu de vente & Type de lieu :	
Date de vente :	

Type de vente

O : escomptée
X : effectif

☐ Contrat Marché ext.	☐ Gré à gré aux mareyeurs	☐ Restauration privée
☐ Contrat Marché int.	☐ Gré à gré aux transformateurs	☐ Retrait OP
☐ Enchères à la criée	☐ Hors contrôle criée	☐ Retrait sanitaire
☐ GMS supermarchés	☐ Indéterminé	☐ Réseau producteur
☐ Groupements d'achats - coopératives	☐ Restauration collective	☐ Vente aux particuliers

Commentaires

Date de départ : ...../...../.....
Nom du bateau : .....

Récupération de la photocopie du journal de bord *(inclure le document dans le dossier)*	☐	*Eventuellement noter le n° du log book. Cela permettra de rapprocher la marée aux données déclaratives*
Récupération fiche mareyeur *(inclure le document dans le dossier)*	☐	
Récupération bordereau de vente *(inclure le document dans le dossier)*	☐	*Pour la traçabilité de la donnée, toute modification effectuée sur les formulaires après l'embarquement devra être explicitement identifiée par une couleur différente.*
Reprise des formulaires et saisie des données sous ALLEGRO	Qui : Date :	
Contrôle des données saisies par l'observateur *(impression pdf etc.)*	Qui : Date :	
Contrôle des données saisies par le superviseur *(impression pdf etc.)*	Qui : Date :	*Adresse du patron pour envoi de la restitution :*
Restitution au patron *(inclure la copie du document dans le dossier)*	Qui : Date :	
Archivage du dossier *(contrôler le contenu du dossier avant)*	Qui : Date	

Information récapitulative sur la marée d'expérimentation

Trimestre

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐

Nombre d'opération de pêche échantillonnée

J1 : J2 : J3 : J4 : J5 : J6 : J7 : J8 : J9 : J10 : J11 : J12 : J13 : J14 : J15 :

Nombre d'OP Total : Nombre d'OP échantillonnées : Jour/ Nuit/

Couples des OP tests *(ex : 2/3 + 5/6) :*

Date de départ : ...../...../.....
Nom du bateau : .....

FICHE OPERATIONS DE PECHE (recto)

Nombre total d'opérations de pêche effectuées pendant la marée : ____

			Filage (fin de mise à l'eau de l'engin*)					Virage (début de remontée de l'engin)					Variables de contrôle			
N° OP	Echantillonnage ? O/N	Chalut utilisé : témoin (T) /sélectif (S)	Date et heure	Position GPS Latitude + longitude	Cap du navire (degrés)	Cap du courant (degrés)	Jour (J) / Nuit (N)	Date et heure	Position GPS Latitude + longitude	Cap du navire (degrés)	Cap du courant (degrés)	Jour (J) / Nuit (N)	Vitesse moy. de l'engin (nœud)	Profondeur moy. Fond (m)	Etat de la mer[9]	Trait rectiligne (O/N)
1				__°__.___N __°__.___E ou W					__°__.___N __°__.___E ou W							
2				__°__.___N __°__.___E ou W					__°__.___N __°__.___E ou W							
3				__°__.___N __°__.___E ou W					__°__.___N __°__.___E ou W							
4				__°__.___N __°__.___E ou W					__°__.___N __°__.___E ou W							
5				__°__.___N __°__.___E ou W					__°__.___N __°__.___E ou W							
6				__°__.___N __°__.___E ou W					__°__.___N __°__.___E ou W							
7				__°__.___N __°__.___E ou W					__°__.___N __°__.___E ou W							
8				__°__.___N __°__.___E ou W					__°__.___N __°__.___E ou W							
9				__°__.___N __°__.___E ou W					__°__.___N __°__.___E ou W							
0				__°__.___N __°__.___E ou W					__°__.___N __°__.___E ou W							

* : attention, pour les arts dormants, la date de fin de mise à l'eau est le plus souvent la veille ou l'avant veille de la marée observée ; ** : préciser longueur relevée en mètres pour les filets
Noter les commentaires sur les OP au verso de ce formulaire

[9] 0 : Calme, 1 : Ridée, 2 : Belle, 3 : Peu agitée, 4 : Agitée, 5 : Forte, 6 : Très forte, 7 : Grosse, 8 : Très grosse, 9 : Enorme

Date de départ : ...../...../.....
Nom du bateau : .....

N° OP	Commentaires (Numéro de la photo)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Date de départ : ...../...../.....
Nom du bateau : .....

Plan du chalut standard

Vérifier avant chaque embarquement avec le patron-pêcheur et/ou l'équipage que le chalut témoin correspond bien au plan ci-dessous. Barrer et remplacer les informations erronées.
Les informations à vérifier sont encadrées ou écrites en rouge.

Plan de chalut retiré pour des raisons de confidentialité dans le cadre de ce rapport.

Date de départ : ...../...../.....
Nom du bateau : .....

Plan du chalut sélectif

Vérifier avant chaque embarquement avec le patron-pêcheur et/ou l'équipage que le chalut sélectif correspond bien au plan ci-dessous.
Barrer et remplacer les informations erronées.
Les informations à vérifier sont encadrées ou écrites en rouge.

Plan de chalut retiré pour des raisons de confidentialité dans le cadre de ce rapport.

Date de départ : ...../...../.....
Nom du bateau : .....

Chalut témoin	Chalut sélectif
▯ Côté de maille du PMC réglementaire (mm) : ▯ Longueur du PMC réglementaire (m) :	▯ Maillage : côté de maille du PMC règlementaire (mm) : ▯ Longueur du PMC règlementaire (m) :
Informations générales	
▯ Maillage jauge cul + rallonge :	▯ Maillage jauge cul + rallonge:
▯ Longueur corde de dos (m) :	▯ Longueur corde de dos (m) :
▯ Longueur du bourrelet (m) :	▯ Longueur du bourrelet (m) :
▯ Nombre de chaînes gratteuses :	▯ Nombre de chaînes gratteuses :
▯ Longueur chaînes gratteuses (m) :	▯ Longueur chaînes gratteuses (m) :
▯ Type de bourrelet :	▯ Type de bourrelet :
▯ Nombre de faces:	▯ Nombre de faces:
▯ Ouverture verticale (m) : nombre de flotteurs : ▯ Estimé ou ▯ mesurée	▯ Ouverture verticale (m) : nombre de flotteurs : ▯ Estimé ou ▯ mesurée
▯ Forme de la têtière :	▯ Forme de la têtière :
▯ Cul de chalut avec tablier sans renfort : oui non	▯ Cul de chalut avec tablier sans renfort : oui non
Gréement (normalement, même gréement pour les deux chaluts)	
▯ Longueur des bras sup. (m) :	▯ Longueur des bras sup. (m) :
▯ Longueur des bras inf. (m) :	▯ Longueur des bras inf. (m) :
▯ Longueur des fourches sup. (m) :	▯ Longueur des fourches sup. (m) :
▯ Longueur des fourches inf. (m) :	▯ Longueur des fourches inf. (m) :
▯ Type de gréement :	▯ Type de gréement :
▯ Nbr et Type de panneaux :	▯ Nbr et Type de panneaux :

En rouge, les éléments restants à compléter. Les autres éléments doivent être vérifiés avec le patron-pêcheur et/ou l'équipage. *(éléments en noir supprimés pour des raisons de confidentialité dans le cadre de ce rapport)*

Code engin

Code dispositif de sélectivité

Code renfort

VAH vahiné
FOUR fourreau
TAB Tablier

Code type de têtière

V Têtière en 2 parties formant un v (Pour la saisie = Plusieurs morceaux)
D Têtière droite(Pour la saisie =1 morceau)

Code bourrelets

ROCKHO Rockhopper
DIABOL Diabolos
FRANC Bourrelet franc

Code type de gréement

J3F Jumeaux à 2 ou 3 fûnes
(Pour la saisie = entremise)

Date de départ : ...../...../.....
Nom du bateau : .....

FICHE ECHANTILLONNAGE PR

N° OP : ☐

PARTIE RETENUE

Exhaustivité espèces ? ☐ **OUI** ☐ **NON**

Dispositif sélectif ☐ **OUI** ☐ **NON**
(Si oui lequel) ....

Espèces commerciales	Catégorie Présentation Etat	Espèces scientifiques (nom latin)	Poids TOTAL (kg)	Nombre TOTAL	ECHANTILLON Fraction	Poids (kg)	Nb. Individus	Tailles (1 case par individu) *30 à 50 individus / espèce* — *Préciser si les mensurations sont faites sur un autre formulaire* 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Date de départ : ...../...../.....
Nom du bateau : .....

FICHE ECHANTILLONNAGE PNR

Poids total partie retenue (kg) :

Toute valeur estimée sera entourée : ③ = 3 kg estimés, 3 = 3 kg pesés

PARTIE NON RETENUE

N° OP :

Poids TOTAL de la partie non retenue (kg) : =

Poids ECHANTILLONNE de la partie non retenue (kg) : =

Exhaustivité espèces ? ☐ **OUI** ☐ **NON**

Dispositif sélectif ☐ **OUI** ☐ **NON**
(Si oui lequel) ....

Espèces scientifiques (tous les poissons + invertébrés commerciaux)	**Poids**	**Nombre**	**Sous échantillon** **Fraction**	**Poids**	**Nb. Individus**	**Tailles (1 case par individu)** *30 à 50 individus / espèce* *Préciser si les mensurations sont faites sur un autre formulaire* 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Rejets non détaillés = animaux		Animaux non détaillés (méduses, étoiles de mer, etc.)
Reste = inerte et végétaux		Partie inerte et végétaux (vase, cailloux, débris coquilliers, algues, etc.)

REJEMCELEC

Date de départ : ...../...../.....
Nom du bateau : .....

Poids Echantillonné (kg) :		Toute valeur estimée sera entourée. Exemple : ③ = 3 kg estimés, 3 = 3 kg pesés

REJEMCELEC

	Priorité	Espèces	Taxons
Espèces à mensurer (par ordre de priorité):	1	Merlan	*Merlangius merlangus*
	2	Eglefin	*Melanogrammus aeglefinus*
	3	Cabillaud	*Gadus morhua*
	4	Chinchard	*Trachurus trachurus*
	5	Maquereau	*Scomber scombrus*
	6	Rouget-barbet	*Mullus surmuletus*
	7	Lieu jaune	*Pollachius pollachius*
	8	Merlu	*Merluccius merluccius*
Espèces rejetées à peser (par ordre de priorité): *N.B: toutes les espèces de la partie retenue doivent être pesées*	1	Calmars	*Loligo vulgaris; Loligo forbesii (si possible distinguer l'encornet rouge (Illex illecebrosus) mais ce n'est pas toujours simple car il n'est pas trié séparément dans la capture commerciale. L'observateur n'est pas tenu de distinguer cette espèce des deux autres, c'est une requête facultative si le temps et l'organisation à bord le permettent).*
	2	Seiche	*Sepia officinalis*
	3	Baudroies	*Lophius piscatorius; Lophius budegassa*
	4	Sanglier	*Capros aper*
	5	Grondins	*Chelidonichtys cuculus; Chelidonichtys lastoviza; Chelidonichtys lucern; Trigla lyra*
	6	Grondin gris	*Chelidonichtys gurnardus*
	7	Tacaud	*Trisopterus luscus*
	8	Saint Pierre	*Zeus Faber*
	9	Plie	*Pleuronectes platessa*
	10	Cardine	*Lepidorhombus whiffiagonis ; Lepidorhombus boscii*
	11	Roussettes	*Scyliorhinus canicula; Scyliorhinus stellaris*
Divers à regrouper	Toutes les autres espèces. **Noter la liste des espèces présentes** dans le divers rejeté pour que l'utilisateur de la donnée puisse conclure la présence ou non de certaines espèces commerciales. Dans le cas où une espèce non-listée représenterait une part très importante de la PNR, **la pesée est requise.**		

Annexe 3 Référentiel espèces

Sommaire

Nom latin	Nom vernaculaire regroupé
Squalus acanthias	Aiguillat commun
Engraulis encrasicolus	Anchois
Maja brachydactyla	Araignée européenne
Arnoglossus laterna	Arnoglosse lanterne
Animaux	Autres
Inerte et végétaux	Autres
Dicentrarchus labrax	Bar européen
Scophthalmus rhombus	Barbue
Lophius	Baudroies
Lophius piscatorius	Baudroies
Lophius budegassa	Baudroies
Callionymus lyra	Callionyme lyre
Lepidorhombus whiffiagonis	Cardine franche
Galeus melastomus	Chien espagnol
Trachurus trachurus	Chinchard d'Europe
Conger conger	Congre d'Europe
Spondyliosoma cantharus	Dorade grise
Melanogrammus aeglefinus	Églefin
Mustelus asterias	Émissole tachetée
Mustelus mustelus	Émissoles nca
Illex coindetii	Encornet rouge
Loligo	Encornets
Loligo vulgaris	Encornets
Platichthys flesus	Flet commun
Alosa alosa	Grande alose
Scyliorhinus stellaris	Grande roussette
Trachinus draco	Grande vive
Eutrigla gurnardus	Grondin gris
Chelidonichthys lucerna	Grondins
Chelidonichthys cuculus	Grondins
Triglidae	Grondins
Trigloporus lastoviza	Grondins
Clupea harengus	Hareng
Nephrops norvegicus	Langoustine
Pollachius pollachius	Lieu jaune
Pollachius virens	Lieu noir
Limanda limanda	Limande
Microstomus kitt	Limande sole
Molva molva	Lingue franche
Scomber scombrus	Maquereau commun
Merlangius merlangus	Merlan
Micromesistius poutassou	Merlan bleu
Merluccius merluccius	Merlu européen
Mola mola	Môle
Gadus morhua	Cabillaud de l'Atlantique
Gaidropsarus vulgaris	Motelles commune
Gaidropsarus	Motelles nca
Pagellus acarne	Pageot acarné
Pagrus pagrus	Pagre rouge

Nom latin	Nom vernaculaire regroupé
Prionace glauca	Peau bleue
Trisopterus minutus	Petit tacaud
Argentina sphyraena	Petite argentine
Scyliorhinus canicula	Petite roussette
Echiichthys vipera	Petite vive
Phycis blennoides	Phycis de fond
Octopus vulgaris	Pieuvre commune
Glyptocephalus cynoglossus	Plie cynoglosse
Pleuronectes platessa	Plie d'Europe
Dipturus cf flossada	Pochetaux gris
Dipturus cf intermedia	Pochetaux gris
Raja	Pocheteaux et raies raja nca
Raja clavata	Raie bouclée
Raja undulata	Raie brunette
Leucoraja fullonica	Raie chardon
Raja montagui	Raie douce
Leucoraja naevus	Raie fleurie
Raja brachyura	Raie lisse
Raja microocellata	Raie mêlée
Dasyatis pastinaca	Raie pastenague
Lamna nasus	Requin taupe
Galeorhinus galeus	Requin-hâ
Mullus surmuletus	Rouget-barbet
Zeus faber	Saint Pierre
Capros aper	Sanglier
Sardina pilchardus	Sardine
Sepia officinalis	Seiches
Sepia orbignyana	Seiches
Solea solea	Sole commune
Microchirus variegatus	Sole perdrix
Sprattus sprattus	Sprat
Trisopterus luscus	Tacaud commun
Torpedo marmorata	Torpille marbrée
Tetronarce nobiliana	Torpille noire
Cancer pagurus	Tourteau
Scophthalmus maximus	Turbot
Labrus mixtus	Vieille commune

Annexe 4 Relations taille/poids

Sommaire

Les relations tailles/poids ci-dessous sont valables pour les divisions CIEM 7b-k.

La formule est la suivante :

$$W = aL^b$$

Avec W le poids en gramme, et L la longueur en cm.

Nom vernaculaire regroupé	Nom latin	a	b
Bar européen	*Dicentrarchus labrax*	0,0124	2,95291
Baudroies	*Lophius budegassa*	0,0154	2,98631
Baudroies	*Lophius piscatorius*	0,0194	2,90862
Cardine franche	*Lepidorhombus whiffiagonis*	0,0031	3,244585
Chinchard d'Europe	*Trachurus trachurus*	0,0072	3,03271
Églefin	*Melanogrammus aeglefinus*	0,0136	2,923
Lieu jaune	*Pollachius pollachius*	0,0061	3,11533
Lingue franche	*Molva molva*	0,0086	2,901602
Maquereau commun	*Scomber scombrus*	0,0056	3,067405
Merlan	*Merlangius merlangus*	0,0062	3,10286
Merlu européen	*Merluccius merluccius*	0,0051	3,074
Cabillaud de l'Atlantique	*Gadus morhua*	0,0084	3,05324
Plie d'Europe	*Pleuronectes platessa*	0,0103	3,01695
Raie douce	*Raja montagui*	0,002	3,31115
Raie fleurie	*Leucoraja naevus*	0,0029	3,1864
Rouget-barbet	*Mullus surmuletus*	0,00742	3,19061
Saint Pierre	*Zeus faber*	0,021757	2,9304
Sole commune	*Solea solea*	0,0039	3,26392

Source : Dorel, 1986

Annexe 5 Liste des espèces retenus et écartées de l'analyse commerciale à court terme

Sommaire

Cas d'étude	Espèce	Code calibre	Variation de capture significative ?	Eviction de l'analyse commerciale ?	Commentaires
Maille carrée 80 mm gorget/rallonge - Manche Ouest en 100 mm (L'ECUME DES JOURS)	Églefin	20	OUI	NON	
		30	OUI	NON	
		40	OUI	NON	
	Encornets	Tous les calibres	OUI	OUI	Captures observées trop faibles
	Grondins	Tous les calibres	OUI	NON	
	Merlan	20	OUI	NON	
		30	OUI	NON	
		40	OUI	NON	
	Raie lisse	Tous les calibres	OUI	OUI	Pas d'effet de sélectivité présumé + peu d'observations
	Rouget-barbet	21	OUI	NON	
		22	OUI	NON	
		31	OUI	NON	
T90 100 mm rallonge/cul - Mer Celtique en 100 mm - MOR BREIZ	Chinchard d'Europe	20	OUI	OUI	Pas de débarquements de la flottille en 2014-2016
	Églefin	20	OUI	OUI	Pas de gain commercial car quota limitant
	Merlu européen	10	OUI	NON	
		21	OUI	NON	
		22	OUI	NON	
	Cabillaud de l'Atlantique	50	OUI	OUI	Quantités observées trop faibles
	Merlu européen	50	NON	NON	p-value à 6% et modélisation montrent un effet significatif

Annexe 6 Données d'impact commercial à court terme

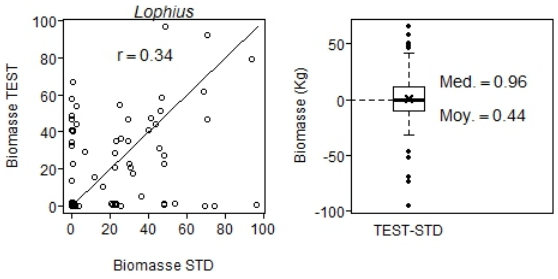
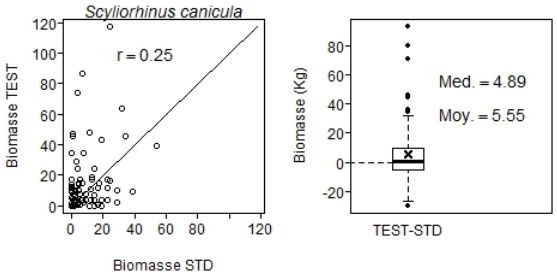
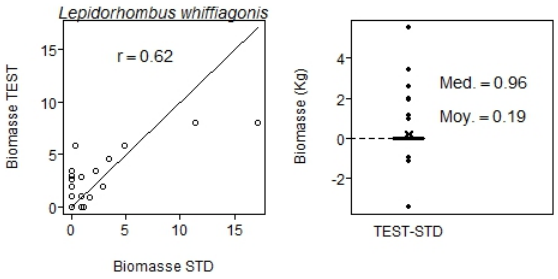
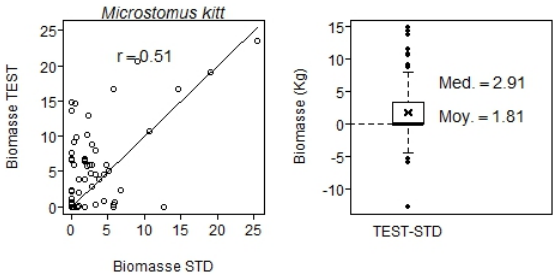
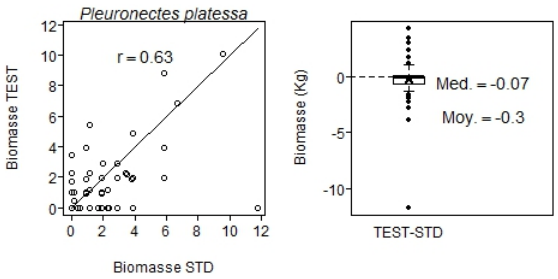
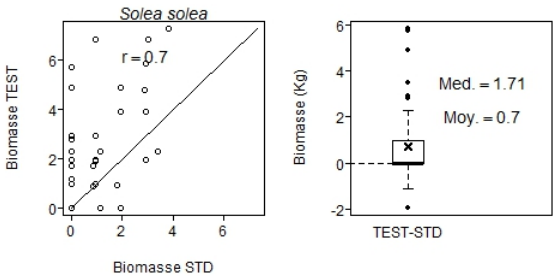
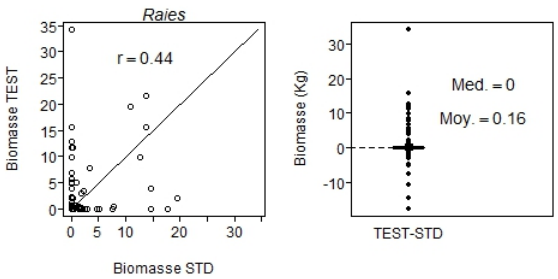
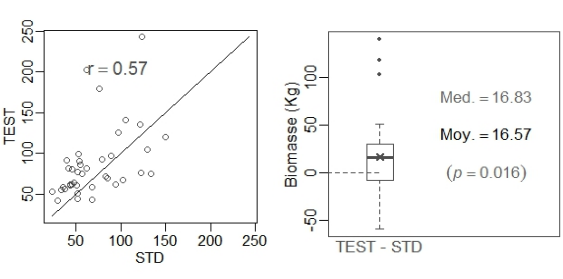
Sommaire

Cas d'étude	Espèce	Calibre commercial	Variation annuelle CA (€)	Variation annuelle CA (% du métier)
Maille carrée 80 mm gorget/rallonge - Manche Ouest en 100 mm (L'ECUME DES JOURS)	Églefin	10	- €	0%
		20	- 44 900 €	-39%
		30	- 16 337 €	-47%
		40	- 1 255 €	-46%
		TOTAL	- 62 492 €	-23%
	Grondins	ALL	- 13 259 €	-20%
	Merlan	10	- €	0%
		20	- €	0%
		30	- 59 208 €	-46%
		40	- 15 955 €	-64%
		TOTAL	- 75 163 €	-9%
	Rouget-barbet	10	- €	0%
		20	- €	0%
		21	- 3 357 €	-39%
		22	- 7 118 €	-44%
		30	- €	0%
		31	- 10 945 €	-63%
		32	- €	0%
		TOTAL	- 21 419 €	-45%
	TOTAL		- 172 333 €	-4%
T 90 100 mm rallonge/cul - Mer Celtique en 100 mm - MOR BREIZ	Merlu européen	10	55 482 €	52%
		20	- €	0%
		21	42 905 €	77%
		22	71 502 €	153%
		30	- €	0%
		40	- €	0%
		50	- 125 €	-29%
		TOTAL	169 765 €	74%
	TOTAL		169 765 €	4%

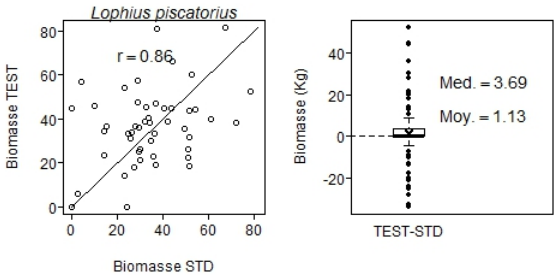
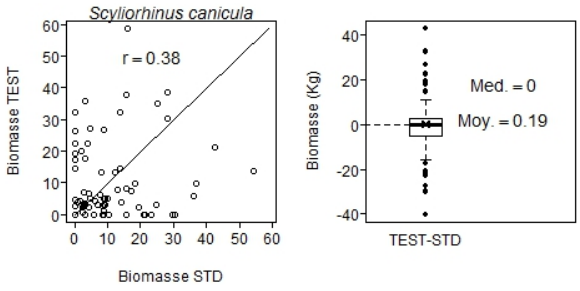
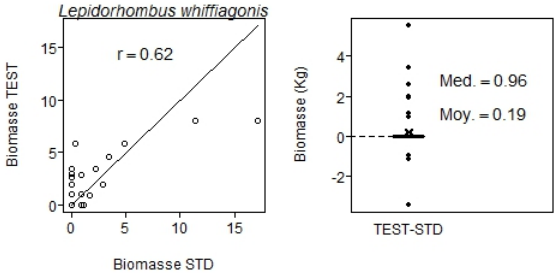
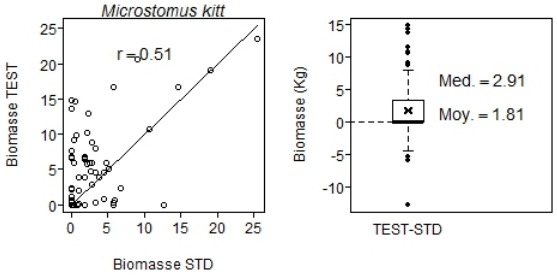
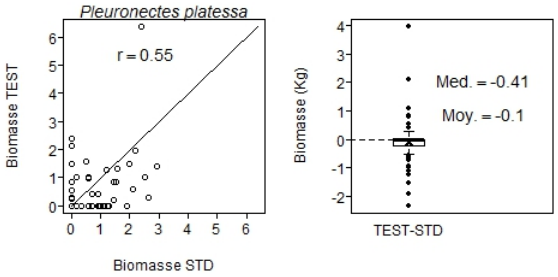
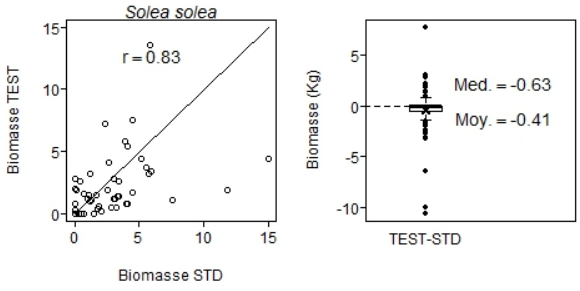
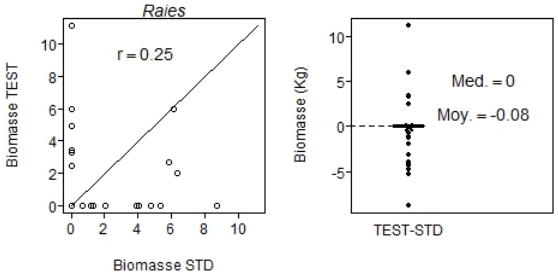
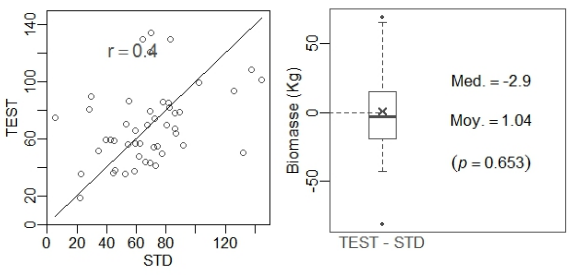
Annexe 7 Comparaison de captures des espèces témoins

Sommaire

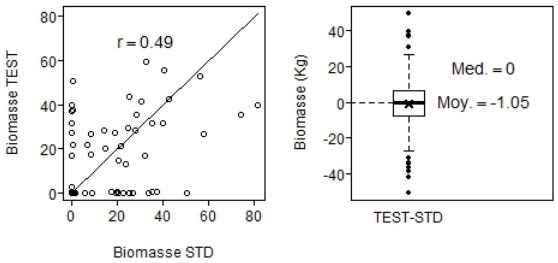
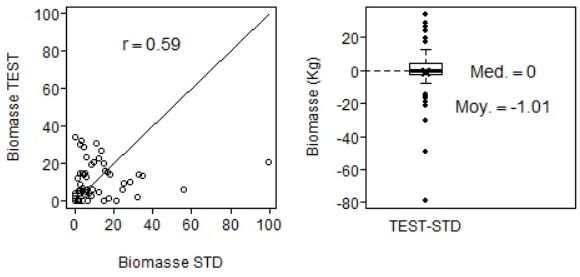
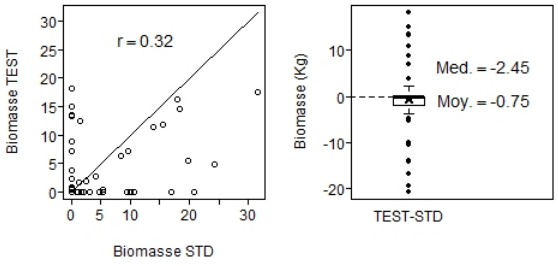
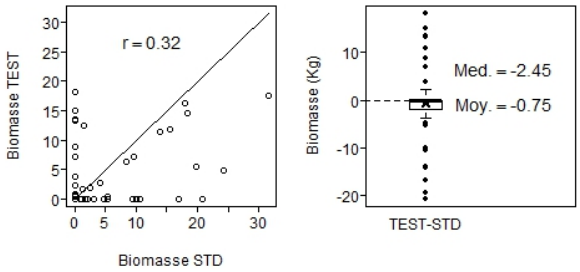
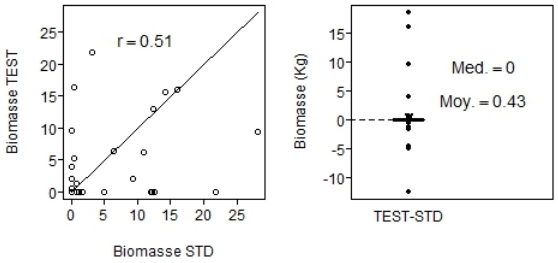
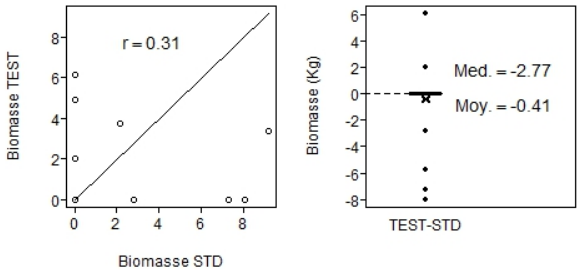
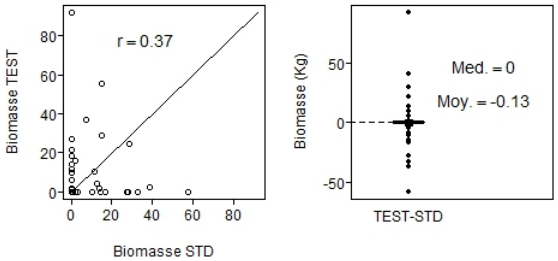
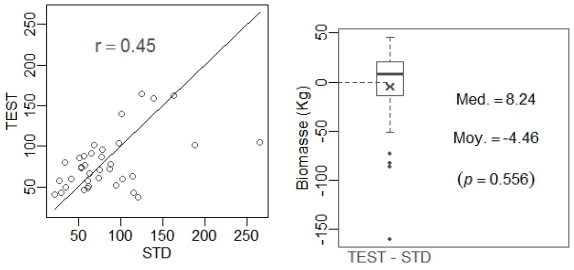
Azur

Baudroies	Petite roussette
	
Cardine franche	**Limande sole**
	
Plie	**Sole**
	
Raies	**Espèces témoins**
	

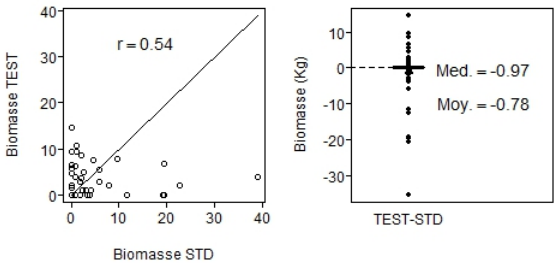
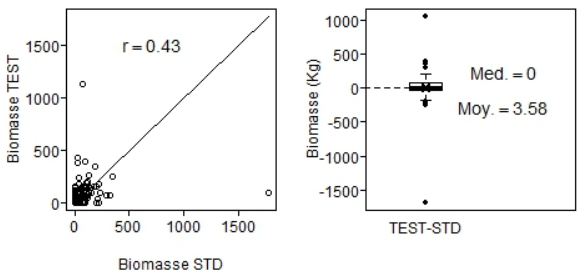
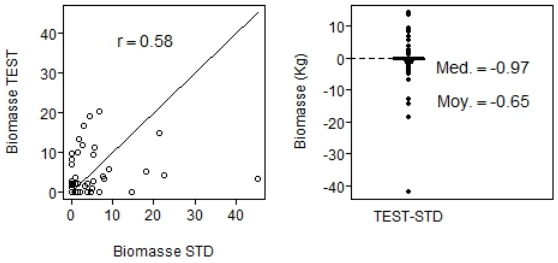
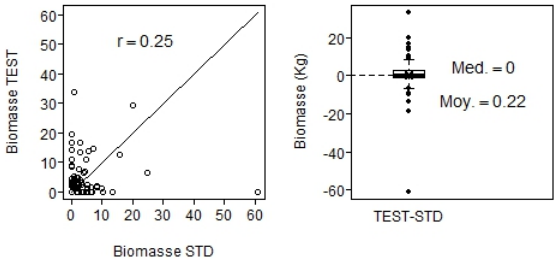
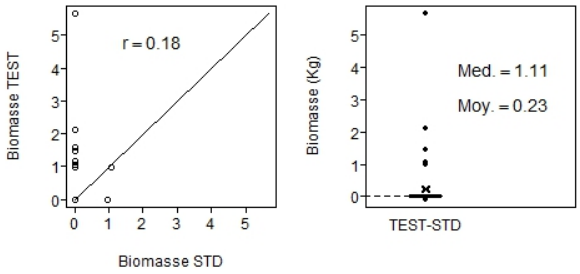
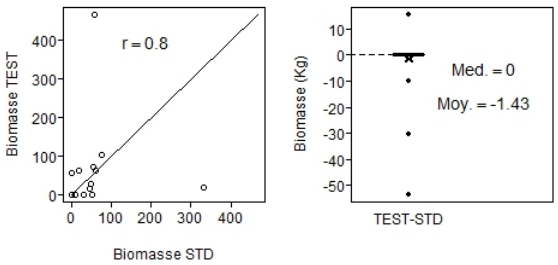
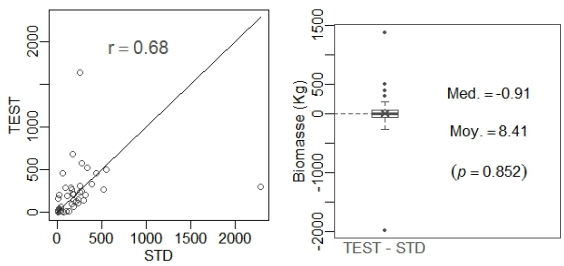
Ecume des Jours

Baudroies	Petite roussette
	
Cardine franche	**Limande sole**
	
Plie	**Sole**
	
Raies	**Espèces témoins**
	

Mor Breiz

Baudroies	Petite roussette
	
Cardine franche	**Limande sole**
	
Plie	**Sole**
	
Raies	**Espèces témoins**
	

Carpe Diem III

Baudroies	Petite roussette
	
Cardine franche	
	
Plie	**Sole**
	
Raies	**Espèces témoins**
	

Annexe 8 Modèles de sélectivité

Sommaire

Le tableau ci-dessous présente les modèles retenus pour l'analyse de sélectivité en taille relative. La taille T a été testée jusqu'à l'ordre 6 sous forme de polynômes orthogonaux standardisés pour faciliter l'ajustement. Les effets aléatoires ont été testés jusqu'à l'ordre 2. Pour la partie fixe, le critère AIC a été utilisé pour sélectionné le degré du polynôme. Pour la partie aléatoire, le test du χ^2 a été utilisé ainsi qu'un test sur les résidus quantiles.

Exemple de lecture : Effets fixes : «1 +L+L² +L³+L⁴» et effets aléatoires : «1 +L+L² » signifie que la probabilité de capture relative ϕ s'écrit :

$$logit\big(\phi(L)\big) = \theta_0 + \theta_1 L + \theta_2 L^2 + \theta_3 L^3 + \theta_4 L^4 + \delta_0 + \delta_1 L + \delta_2 L^2$$

Où $(\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4)$ sont les effets fixes et $(\delta_0, \delta_1, \delta_2) \sim N((0,0,0); (\sigma_0, \sigma_1, \sigma_2))$ sont les effets aléatoires.

Cas d'étude	Espèce	Effets fixes	Effets aléatoires
Azur	Merlan	1 +L+L² +L³+L⁴	1+L
	Eglefin	1+L+L²+L³ +L⁴+L⁵	1+L+L²
	Rouget-barbet	1+L+L²	1+L+L²
Ecume Des Jours - 1	Merlan	1+L+L²+L³	1+L+L²
	Eglefin	1+L+L²	1+L
	Rouget-barbet	1+L+L²	1+L+L²
Ecume Des Jours – 2	Merlan	1+L+L²+L³ +L⁴+L⁵+Chalut	1
	Eglefin	1+L+L²+L³ +L⁴+L⁵+Chalut	1+L+L²
	Rouget-barbet	1+L+L²+Chalut	1+L+L²
	Chinchard	1+L+L²+L³ +L⁴+Chalut	1+L+L²
Mor Breiz	Merlu	1+L+L²	1+L
	Eglefin	1+L+L²+L³ +L⁴+L⁵	1+L+L²
	Sanglier	1+L+L²+L³+L⁴	
Carpe Diem III	Merlan	1+L+L²+L³ +L⁴+L⁵	1+L+L²
	Maquereau	1+L+L²+L³ +L⁴	1+L+L²
	Chinchard	1+L+L²+L³ +L⁴+L⁵	1+L
	Rouget-barbet	1+L+L²	1+L+L²

Annexe 9	**Document de travail REJEMCELEC portant sur l'analyse des impacts de la sélectivité des dispositifs REJEMCELEC à l'échelle des stocks de merlan 7bce-k et de l'églefin 7bce-k**

Document de travail REJEMCELEC

Analyse des impacts de l'amélioration de la sélectivité des chalutiers de fond européens à l'échelle des stocks de merlan 7bce-k et d'églefin 7bce-k

OP COBRENORD
Avril 2018

Préambule

Ce document constitue un travail préliminaire mené en prolongement de l'analyse économique du projet REJEMCELEC. **Le lecteur devra dans un premier temps prendre connaissance des résultats du dit projet, et notamment du rapport final. Dans le cas contraire, le contenu de ce document de travail risque d'être difficilement compréhensible.**

Par ailleurs, le présent document constitue une analyse exploratoire préliminaire ayant vocation à être poursuivie et affinée. L'objectif de ce travail est avant tout d'identifier l'effet d'une amélioration de la sélectivité par l'intermédiaire des dispositifs testés dans le projet REJEMCELEC à l'échelle des stocks de merlan 7bce-k et d'églefin 7bce-k. Il ne s'agit pas de prévisions mais d'identification de l'effet spécifique de la sélectivité sur le stock, toute chose égale par ailleurs.

L'ensemble de ce travail a été réalisé par l'OP COBRENORD et il n'engage pas, à ce stade, les autres partenaires du projet REJEMCELEC.

Contenu

Préambule 186
Contenu 187
1 Méthodologie 188
1.1 Données biologiques 188
1.2 Données de production 189
1.3 Traitements préliminaires 189
1.3.1 Données commerciales et données REJEMCELEC aux âges 189
1.3.2 Scenarii et variation de la mortalité par pêche 191
1.3.3 Méthode du rendement par recrue 194
1.3.4 Modélisation à court et moyen terme 195
2 Analyse des impacts de la sélectivité à l'échelle du stock 197
2.1 Généralités 197
2.2 Présentation des stocks étudiés 198
2.2.1 Merlan 7bce-k 198
2.2.2 Eglefin 7bce-k 201
1.1.1 Définition des scenarii 203
2.3 Le long terme : analyse du rendement par recrue 207
2.3.1 Merlan 7bce-k 208
2.3.2 Eglefin 7bce-k 211
2.4 Impacts bio-economiques à court terme 215
2.4.1 Merlan 7bce-k 215
2.4.2 Eglefin 7bce-k 221
Limites méthodologiques 227
Conclusions préliminaires 228
Références bibliographiques 229
Annexes 232

1 Méthodologie

Pour des raisons de disponibilité de données et du temps imparti, l'analyse s'est concentrée sur les deux stocks majeurs ciblés par l'amélioration de la sélectivité dans le cadre de REJEMCELEC: le merlan en Manche-Mer Celtique (7b-k), l'églefin en Manche-Mer Celtique (7b-k). Initialement, le merlu zone nord (Vb, VI, VII) devait être intégré à cette analyse mais le temps imparti et la difficulté pour obtenir des données biologiques ont eu raison de cette volonté. La justification de la mise en œuvre de l'analyse à l'échelle du stock est présentée dans la partie 2.

Deux analyses ont été menées:

1) **Une analyse de long terme à travers les rendements par recrue**. Cette méthode consiste à calculer les captures en poids que l'on peut extraire d'une cohorte de poisson sur l'ensemble de sa vie. Les résultats se traduisent par un "poids moyen pêché par poisson recruté", ce qui permet de comparer différentes options de sélectivité et de juger celle qui permet de capturer le plus de biomasse. L'analyse sur l'ensemble de la cohorte permet de prendre en compte les phénomènes de mortalité par pêche et naturelle qui interviennent entre chaque âge de la cohorte. Cette analyse est indépendante de la structure du stock aux âges et donc du recrutement, elle permet simplement d'isoler l'effet "taille de première capture" sur les rendements.

2) **L'analyse de l'évolution par flottille des captures, débarquements, rejets et de la biomasse de reproducteurs à court et moyen terme**. Ce travail permet de juger des pertes commerciales durant les premières années de l'introduction du dispositif sélectif. A moyen terme, il permet également d'identifier quelles flottilles profitent du changement de diagramme d'exploitation. L'évolution de ces indicateurs à long terme doit permettre de valider les conclusions émises lors de l'analyse des rendements par recrue.

1.1 Données biologiques

Les analyses à l'échelle du stock ont mobilisés les données de l'année 2016 du Centre International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) et du Conseil Scientifique Technique et Economique de la Pêche (CSTEP).

Les paramètres biologiques des stocks sont issus des rapports et annexes 2017 d'évaluation des stocks du CIEM, disponibles ici pour la Manche-Mer Celtique:
http://www.ices.dk/community/groups/Pages/WGCSE.aspx (consulté le 08/01/2018).

Les données de débarquement par trimestre, division CIEM et de capture aux âges par flottille ont été extraites de la base de données en ligne du CSTEP accessible ici:
https://stecf.jrc.ec.europa.eu/dd/effort (consulté le 08/01/2018).

Pour chaque espèce et chaque âge, les indicateurs suivants ont été collectés pour l'année 2016:

- La mortalité par pêche issue des évaluations de stock de modèles structurés en âge ;

- La mortalité naturelle (différente selon les âges pour le merlan et l'églefin);
- Le poids moyen des rejets aux âges ;
- Le poids moyen des débarquements aux âges ;
- Les effectifs aux âges issus des évaluations de stock de modèles structurés en âge ;
- Le pourcentage de poissons matures pour chaque âge.

1.2 Données de production

L'enjeu des données de production est de disposer des captures aux âges par flottille et par division CIEM. Ces données permettent de connaître la contribution de chaque métier à la mortalité par pêche totale du stock pour chaque âge.

Les bases de données du CSTEP ont été mobilisées sur les années 2014-2016 afin d'obtenir le nombre d'individus rejetés et débarqués pour chaque espèce, flottille, regroupement de division CIEM et âge.

Les données de capture sur 3 ans permettent d'établir un taux de rejets historique.
En complément, les données de débarquement par espèce, flottille, division CIEM ont été acquises afin d'établir un proxy des captures aux âges par division CIEM (cf. infra).

1.3 Traitements préliminaires

1.3.1 Données commerciales et données REJEMCELEC aux âges

1.3.1.1 *Estimation des variations de sélectivité aux âges*

Les données de sélectivité du projet REJEMCELEC sont disponibles en taille. Plus précisément, les modèles de sélectivité utilisés lors de l'analyse en taille des captures fournissent un ratio d'individus capturés « Sélectif / standard » pour chaque niveau de taille pour une espèce donnée (voir la partie méthodologie du rapport REJEMCELEC sur la modélisation en taille). Or, la modélisation exige d'obtenir ce ratio pour chaque catégorie d'âge. Pour cela, des données de l'Ifremer issu d'un traitement ad hoc pour le projet REJEMCELEC ont permis d'obtenir la distribution en taille de chaque classe d'âge à partir d'un échantillonnage sur 2014-2016. Cette distribution a permis de pondérer pour chaque âge une moyenne de taux d'échappement par taille issu des modèles de sélectivité pour chaque cas d'étude et chaque espèce.
Plus formellement, soit f la fonction issue du modèle de sélectivité liant la taille (L) au taux de variation « Sélectif/standard - 1» notée P :

$$\boldsymbol{P_l = f(L)} \qquad (12)$$

Avec P_l le taux d'échappement pour une taille l d'une espèce et d'un cas d'étude quelconque issu de la modélisation.

Soit N_{al} l'effectif de poisson de l'âge a et de la taille l issu des données d'échantillonnage, alors le taux d'échappement moyen pour une classe d'âge a peut être exprimé ainsi :

$$P_a = \frac{\sum_{l=1}^{L} P_l \times N_{al}}{\sum_{l=1}^{L} N_{al}} \quad (13)$$

Les données d'effectifs sont confidentielles et ne peuvent être diffusées à ce stade.

1.3.1.2 *Relation âge/catégorie commerciale*

Afin de pouvoir juger des pertes et gains commerciaux sur le moyen terme, il est nécessaire de pouvoir transcrire les données aux âges obtenues en sortie du modèle en données commerciales. Pour cela, chaque indicateur (ex : captures) par classe d'âge a été réparti par catégorie commerciale pour pouvoir lui affecter un prix. Pour cela, une matrice âge/catégorie commerciale a été construite, indiquant pour chaque âge la proportion de biomasse pouvant être affectée à chacune des catégories commerciales correspondantes (exemple : le merlan d'âge 0 se réparti en moyenne à hauteur de 22% dans le calibre 40, le reste étant non commercialisable).
Cette matrice a été obtenue par l'insertion de l'équation de relation taille/âge (3) dans l'équation de la relation taille/poids (4) décrite ci-dessous (W le poids, L la taille, t l'âge et b/K/t0/L infini des paramètres fixes) :

$$L = L_\infty \times \left(1 - e^{-K(t-t_0)}\right) \quad (14)$$

et

$$W = aL^b \quad (15)$$

Ensuite, pour chaque espèce et chaque centième d'âge, des valeurs de poids ont été calculées et rattachées à la catégorie commerciale correspondante. Puis, pour chaque catégorie commerciale une proportion en poids de chaque âge a été calculée. Cette méthode permet de prendre en compte la non-linéarité de l'évolution de poids en fonction de l'âge au sein d'une catégorie commerciale.
La matrice issue de ces calculs est présentée à l'Annexe 10.

1.3.1.3 *Prix moyens et chiffre d'affaires*

Par manque de données disponibles dans le temps imparti, les données de prix moyens utilisées pour calculer des chiffres d'affaires sont issues des données commerciales de l'OP COBRENORD.
Effectivement, aucune donnée de prix moyen par catégorie commerciale et par flottille européenne n'est disponible publiquement. Ainsi, de simples prix moyens par espèce et par catégorie commerciale issus des débarquements des chalutiers de fond de l'OP COBRENORD 2015-2016 ont été utilisés pour les calculs de chiffre d'affaires de la modélisation. Les principales halles à marées de vente sont Roscoff, Le Guilvinec et Saint-Quay-Portrieux.

Ce traitement aurait pu être affiné au moins à l'échelle du métier ciblé dans chaque cas d'étude mais le temps imparti ne l'a pas permis.

Par ailleurs, l'introduction de prix moyens globaux permet tout de même de constater l'intérêt de l'augmentation de l'abondance des gros poissons par la sélectivité.

Les prix moyens utilisés sont présentés dans le Tableau 41.

Tableau 41 : prix moyens utilisés pour la modélisation (moyenne 2015-2016 sur les débarquements hauturiers de l'OP COBRENORD)

Espèce	Calibre commercial	Prix moyen (€/kg)
Eglefin	10	2,31
	20	2,04
	30	1,67
	40	1,41
Merlan	10	2,23
	20	1,67
	30	1,13
	40	0,71

1.3.1.4 *Calcul des captures initiales par flottille, division CIEM, espèce et âge*

Les données de sélectivité du projet REJEMCELEC ciblent des métiers définis à l'échelle de la division CIEM. Ainsi, toute variation de sélectivité simulée doit pouvoir être appliquée à ce niveau. Or, les données de capture aux âges du CSTEP sont regroupées par groupes de divisions CIEM correspondant à des zones de gestion. A l'échelle de la division CIEM, seules des données de débarquement sont disponibles. Il a donc été de nécessaire de ventiler les données de captures pour chaque âge et chaque groupe de zone au prorata des débarquements dans chaque division. La formule de calcul utilisée est décrite ci-dessous.
Soit une espèce e d'âge t, une flottille f, un groupe de division CIEM g et une division CIEM d (avec g composé de d= 1…D):

$$\boldsymbol{C_init_{e,t,f,d}} = \boldsymbol{C_init_{e,t,f,g}} \times \frac{\boldsymbol{Deb_init_{e,f,d}}}{\sum_{d=1}^{D} \boldsymbol{Deb_init_{e,f,d}}} \quad (16)$$

Avec C_init les captures et Deb_init les débarquements issus des statistiques du CSTEP.
Cette méthode suppose que les captures varient dans les mêmes proportions que les débarquements selon les divisions CIEM. Ce postulat est bien évidemment faux car la zone de pêche influe sur les taux de rejets (Rochet and Trenkel, 2005). Néanmoins, les données disponibles ne permettent aucune alternative.

1.3.2 Scenarii et variation de la mortalité par pêche

1.3.2.1 *Effort, capturabilité et mortalité par pêche*

En vue de simplifier les calculs, l'effort de pêche nominal initial a été fixé à 1 pour toutes les simulations. Dès lors, une variation d'effort de pêche peut directement être assimilée à une égale variation de la mortalité par pêche.

En effet, traditionnellement la mortalité par pêche peut être exprimée de la manière suivante :
Avec F la mortalité par pêche, q le coefficient de capturabilité (i.e. la probabilité de capture du poisson par unité d'effort) et E le niveau d'effort de pêche nominal (jours de mer ou autre).

$$\boldsymbol{F = q \times E} \qquad (17)$$

Traditionnellement l'estimation de q se fait grâce aux données initiales et aux estimations de la mortalité par pêche fournie par le CIEM :

$$\boldsymbol{q_{init} = \frac{F_init}{E_init}} \qquad (18)$$

Or, si E_init = 1, on obtient $q_{init} = F_init$

Dès lors, toute variation d'effort peut être écrite de la manière suivante :

$$\boldsymbol{\Delta F = q \times \Delta E = F_init \times \Delta E} \qquad (19)$$

1.3.2.2 *Définition des scenarii*

L'objectif de l'analyse à l'échelle du stock est de simuler différents scénarii de modification du diagramme d'exploitation des flottilles européennes suite à l'introduction de dispositifs sélectifs testés dans le cadre du projet REJEMCELEC.
La question centrale à laquelle doit répondre cette analyse est la suivante : pour chaque métier (combinaison–engin-maillage-division CIEM) pouvant adopter un dispositif REJEMCELEC, quels seraient les impacts à l'échelle du stock si toutes les flottilles chalutières étaient au moins aussi sélectives ?
En pratique, cela revient à considérer que les métiers du chalut de fond qui ne sont pas soumis à l'amélioration de la sélectivité peuvent trouver un dispositif sélectif qui leur convient et qui permet d'être au moins aussi sélectif que le dispositif REJEMCELEC.
Par exemple, admettons que les chalutiers de fond en Manche Ouest adoptent un panneau en T90 de 80 mm. Dans une optique règlementaire, il est plausible de penser que les autres flottilles chalutières devront également adopter un dispositif sélectif de leur choix leur permettant d'obtenir un niveau de sélectivité équivalent (ex : le T90 en 100 mm pour les chaluts jumeaux, les grandes mailles pour les perchistes, etc.).

En termes de modélisation, la réponse à la question posée nécessite le recourt à deux hypothèses :

1) Les résultats de comparaison de capture obtenus à bord des chalutiers de fond hauturiers du projet ont dû être extrapolés aux flottilles européennes de chalutiers de fond supérieurs à 15 mètres (segmentation du CSTEP) pour les zones concernées. Cette hypothèse est nécessaire

car les données du CSTEP ne distinguent pas les différents types de chaluts. Elle est problématique dans le sens où les variations de sélectivité observées sur des chaluts simples gréés à fourche sont difficilement extrapolables aux chaluts jumeaux dont l'ouverture verticale est bien moindre ;

2) La mortalité par pêche globale aux âges peut être répartie par métier au prorata des captures. Cette hypothèse est traditionnelle et acceptable.

Chaque scenario d'amélioration de la sélectivité se compose des éléments suivants (pour un stock donné) :

1) Les métiers européens adoptant le dispositif REJEMCELEC (Exemple : chalutiers de fond > 15m avec un maillage > 100 mm en Manche Ouest) ;

2) Les métiers européens adoptant un dispositif générant les mêmes variations de captures aux âges (i.e. une autre façon de dire qu'ils adoptent le dispositif même si cela n'est pas possible compte tenu des limites de l'extrapolation) ;

3) Les taux de variations des captures en nombre d'individus pour chaque âge issus des résultats REJEMCELEC et applicable aux métiers définis en 1) et 2).

Métiers adoptant le dispositif ou un équivalent:

Pour chaque scénario, les données de captures initiales des métiers adoptant le dispositif ou un équivalent (m = m0) sont recalculées de la manière suivante, sur la base des travaux de (Raveau et al., 2012) :

$$\boldsymbol{C_sel_{e,t,m=m0}} = \boldsymbol{C_init_{e,t,m=m0}} \times \left(\mathbf{1} + \boldsymbol{var_sel_{e,t,m=m0}}\right) \quad (20)$$

Avec m le couple flottille-division CIEM et m0=1…M0 un ensemble de m.
Avec C_sel les captures après amélioration de la sélectivité et var_sel le taux de variation aux âges issu des données REJEMCELEC.

Notons que ce calcul ne s'applique pas pour l'année de départ des simulations et que pour le scenario de statu quo, tous les var_sel sont égaux à 0.

En s'inspirant du modèle IAM (MERZEREAUD et al, 2011), la mortalité par pêche par métier peut être déduite des données de mortalité par pêche aux âges issues du CIEM (F_init) et des données de capture initiales et calculées en (10) :

$$\boldsymbol{F_sel_{e,t,m=m0}} = \boldsymbol{F_init_{e,t}} \times \frac{\boldsymbol{C_sel_{e,t,m=m0}}}{\sum_{f=1}^{F}\sum_{d=1}^{D}\boldsymbol{C_init_{e,t,f,d}}} \quad (21)$$

Métiers n'adoptant pas le dispositif :

Pour tous les autres métiers n'ayant pas adopté le dispositif, la mortalité par pêche peut se calculer en remplaçant « _sel » par « _init » dans la partie droite de l'équation (10).

Calcul des mortalités aux âges par flottille :

Chaque métier (m) étant un couple flottille (f) / division CIEM (d), la mortalité totale par flottille après amélioration de la sélectivité, espèce et âge peut s'écrire :

$$\boldsymbol{F_sel_{e,t,f}} = \sum_{d=1}^{D} \boldsymbol{F_sel_{e,t,f,d}} \qquad (22)$$

Pour tout f et d définissant m=1…M0…M.

1.3.3 Méthode du rendement par recrue

L'analyse des rendements par recrue menée dans le cadre de ce projet a mobilisé les relations et les hypothèses traditionnelles des modèles structurés en âge (Parker and Ricker, 1960; Thompson and Bell, 1934). Il s'agit du type de modèle couramment utilisé pour les évaluations de stock et les prévisions à court terme au sein du CIEM. Ces modèles impliquent un ensemble d'hypothèses qu'il serait non-avenu de détailler ici. Néanmoins, les hypothèses contraignantes seront tout de même identifiées au fur et à mesure de l'analyse.

L'analyse du rendement par recrue consiste à estimer le poids total (ou chiffre d'affaires total) que l'on peut extraire durant l'ensemble de la vie d'une cohorte de poisson. Cette méthode permet d'analyser les différents arbitrages possibles entre pêcher les poissons petits ou les laisser à l'eau pour qu'ils grandissent (au risque de mourir naturellement ou de se faire pêcher par d'autres flottilles).
La méthode est décrite par le schéma ci-dessous.

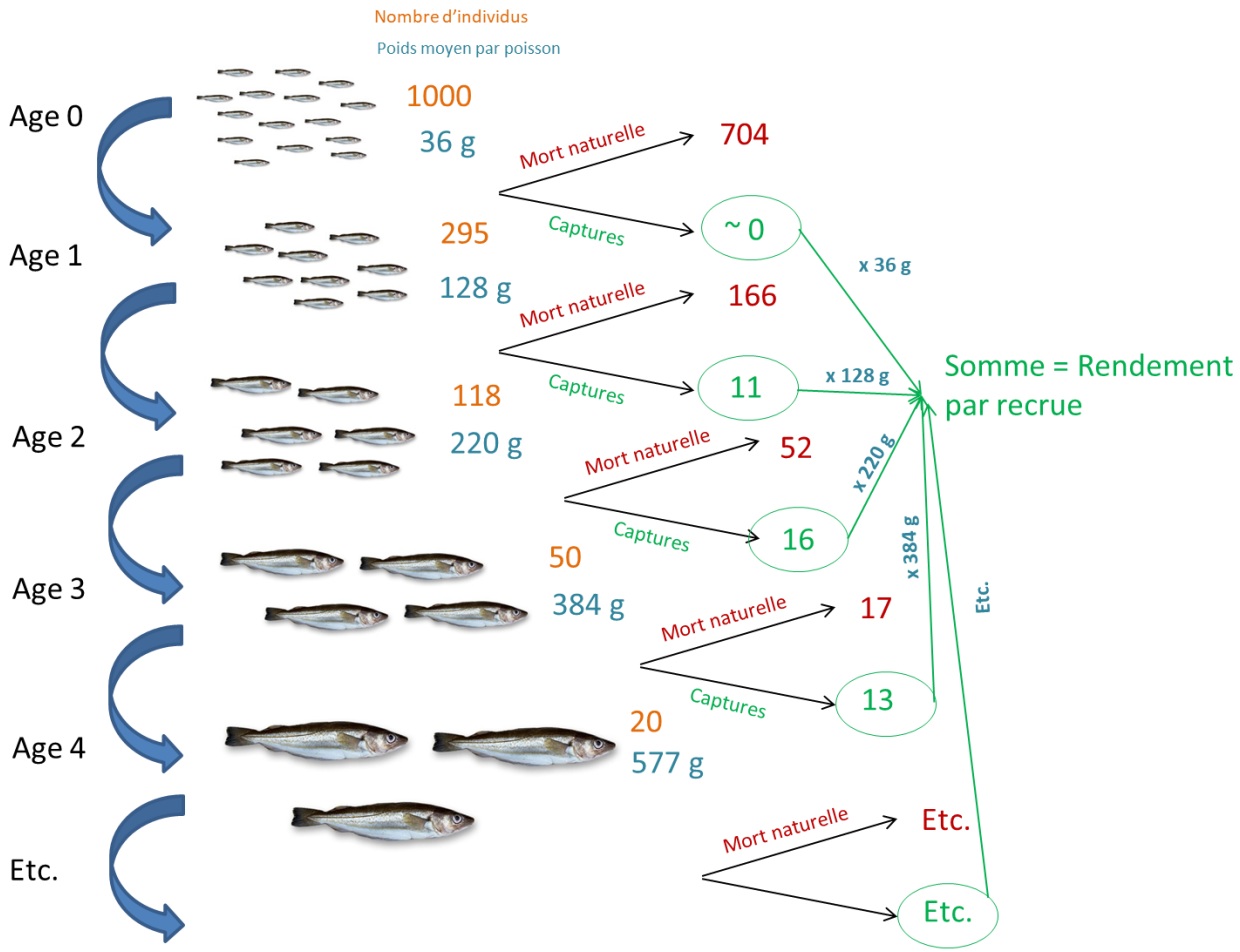


Figure 46 : Description du processus d'évolution d'une cohorte théorique de 1000 merlans à travers la mortalité naturelle et la mortalité par pêche. Le rendement par recrue correspond à la somme des morts par pêche sur l'ensemble de la vie de la cohorte.

Les équations sous-jacentes à ce schéma sont présentées à l'Annexe 10.

1.3.4 Modélisation à court et moyen terme

L'analyse du rendement par recrue donne indication sur l'augmentation des rendements moyens sur le long terme. Or, il est important de quantifier et prévoir la phase de transition d'une amélioration de la sélectivité pour les flottilles et la ressource. Le modèle décrit par la Figure 46 est repris mais le processus de mortalité par pêche est détaillé au niveau des flottilles de navire. En outre, la structure actuelle du stock est prise en compte afin de comprendre l'évolution à court terme des interactions entre le stock et les navires.
Ainsi, l'évolution des indicateurs suivants a été modélisée sur la période 2016 – 2026 :

- La biomasse de reproducteurs (SSB pour Spawning Stock Biomass en anglais) ;
- Les captures en poids par flottille ;
- Le chiffre d'affaires commercialisable

Pour cela, un modèle de dynamique des populations simplifié a été mis en place et paramétré grâce aux données du CIEM et du CSTEP présentées par ailleurs (cf. supra). L'architecture du modèle est

grandement inspirée du modèle Impact Assessment Model (IAM) (Merzereaud et al., 2011). La totalité des équations du modèle sont détaillées à l'Annexe 10.
Les données de paramétrage sont celles proposées par le CIEM pour les prévisions à court terme des avis scientifiques.

Afin de faciliter les comparaisons entre les scenarii, les hypothèses suivantes sont posées :

1) Le recrutement est constant chaque année et basé sur une moyenne historique. Ce choix permet d'isoler l'effet de la sélectivité sur les indicateurs retenus et de pouvoir constater l'évolution d'année en année sans tenir compte d'éventuelles variations du recrutement ;

2) La première année de simulation (2016) prend la même valeur pour tous les scenarii et tous les indicateurs. Il s'agit de l'année « jalon » à partir de laquelle les divergences de trajectoire sont constatées ;

3) L'effort de pêche est constant ;

4) Les flottilles ne sont pas limitées par des quotas ;

5) Les taux de rejets par âge et par flottille sont fixes et basés sur une moyenne historique (2014-2016).

Pour les âges commercialisés, l'analyse en termes de débarquements/rejets peut fortement être remise en cause par les hypothèses 4) et 5). En effet, au gré des quotas disponibles, les navires peuvent rejeter plus ou moins de poissons commercialisables. Il faut donc bien prendre en compte que les améliorations de sélectivité doivent être suivies par une réévaluation des quotas dans une optique de Rendement Maximal Durable. En effet, les classes d'âges les plus âgés (et donc les plus importantes en poids) sont voués à augmenter durablement suite à l'amélioration du diagramme d'exploitation.

2 Analyse des impacts de la sélectivité à l'échelle du stock

Pour information, les sorties issus des travaux de modélisation peuvent être obtenues à partir de l'Annexe 13. Par ailleurs, des résultats synthétiques par flottille sont fournis à l'Annexe 12.

2.1 Généralités

Bien souvent, l'analyse économique de dispositifs sélectifs prend la forme d'une analyse "coûts-coûts" pour les professionnels de la pêche. D'une part, les matériels innovants peuvent engendrer un surcoût à l'achat et l'entretien et d'autre part, des pertes commerciales à très court terme peuvent exister. En outre, les avantages d'une amélioration de la sélectivité sont toujours perçus uniquement du point de vue du stock halieutique et de l'écosystème. En clair, la sélectivité représente un coût immédiat pour les pêcheurs et un bénéfice incertain pour l'environnement. Or, une amélioration globale de la sélectivité à l'échelle de l'ensemble des flottilles pêchant un stock donné peut procurer à terme une augmentation des rendements par unité d'effort de pêche. En effet, indépendamment des capacités reproductrices du stock, chaque petit poisson laissé à l'eau peut être repêché plus gros dans le futur, ce qui augmente le poids pêché par poisson. Cela est d'autant plus vrai que le poisson est initialement pêché petit, car la croissance pondérale est, en général, plus importante aux jeunes âges. De plus, les gros poissons sont mieux valorisés, ce qui constitue un argument supplémentaire pour augmenter leur abondance.

Cependant, ce type de raisonnement doit prendre en compte deux éléments cruciaux:

1) L'échappement des âges les plus jeunes par la sélectivité s'accompagne d'une baisse des captures dans les premières années. En effet, le temps que les petits poissons autrefois pêchés grandissent, les flottilles subissent une baisse nette de leurs captures avant de pouvoir repêcher davantage de plus gros poissons. Cette phase doit être considérée et accompagnée dans une optique socio-économique ;

2) Au niveau d'une flottille, l'arbitrage entre "pêcher un petit poisson" et "le laisser à l'eau pour le repêcher plus tard" dépend fortement de la probabilité de repêcher ce poisson dans le futur. Or, cette probabilité est principalement conditionnée par trois facteurs clés:
    a) La probabilité que le poisson meurt naturellement (prédation, maladies, etc.) ;

    b) La capacité de la flottille à le repêcher plus tard. A l'échelle de la flottille, ce facteur peut être déterminé par les distributions et migrations du poisson en fonction de l'âge. Par exemple, en Manche centrale, les navires capturent plutôt du petit merlan et plus ils s'éloignent vers l'Est ou l'Ouest, plus l'abondance de merlans adultes augmentent (Témoignage de professionnels confirmés par (Mahe et al., 2007b)). Ainsi, une flottille inféodée à la Manche centrale pourrait ne pas avoir intérêt à améliorer sa sélectivité ;

    c) La capacité des autres flottilles à capturer immédiatement le "petit poisson sauvé". Il faut que toutes les flottilles aient un niveau homogène de sélectivité après

l'amélioration pour que cette dernière ne profite pas à une flottille qui resterait peu sélective. Ce phénomène de passager clandestin est essentiel à prendre en compte car les flottilles « opportunistes » engendre une double perte pour les flottilles ayant fait un effort : elles privent les flottilles sélectives du « petit poisson » et également du « gros poisson » qu'il aurait pu devenir.

Tout en considérant les éléments ci-dessus, il a été décidé de mener une analyse des impacts bio-économiques d'une amélioration de la sélectivité suite à l'adoption des dispositifs REJEMCELEC par une partie des flottilles européennes.

2.2 Présentation des stocks étudiés

L'analyse a été menée sur deux stocks : l'églefin et le merlan dans les divisions CIEM 7bce-k. Ce choix est motivé par deux raisons :

1) Ces espèces sont sélectionnées en taille par les métiers étudiés. Cela signifie que les navires ciblent les plus gros poissons et souhaitent éviter les plus petits. Il y a donc un intérêt à étudier la possibilité d'épargner les petits poissons pour les « transformer » en gros poissons.

2) Les données disponibles. Le merlu (zone nord) devait être intégré à l'analyse mais la complexité des données disponibles et le temps imparti ont eu raison de cette volonté.

Les parties qui suivent présentent uniquement les caractéristiques des stocks essentielles à l'analyse. Pour plus de précisions, se reporter aux rapports du CIEM très complets.

2.2.1 Merlan 7bce-k

2.2.1.1 *Flottilles concernées*

Le merlan 7bce-k est un stock réparti sur l'ensemble de la Manche Ouest et la Mer Celtique. Il est principalement pêché par des flottilles chalutières utilisant différents engins dont le chalut de fond simple à panneaux, le chalut jumeau à panneaux et les chaluts à perche.
Concernant les flottilles françaises, les chaluts jumeaux sont principalement utilisés pour cibler en priorité la lotte et la cardine dans l'Ouest de la Manche et la Mer Celtique. Leurs captures de gadidés se concentrent donc sur des gros individus plus présents à l'Ouest du 7°O d'après les patrons de l'OP COBRENORD.
D'après les données du CSTEP, des chalutiers hauturiers irlandais et belges possèdent également des captures importantes de merlan. Pour les premiers, il s'agit de chalutiers hauturiers à lotte et gadidés et peut-être également de chalutiers langoustiniers en jumeaux. Pour les belges, on identifie la flottille de chalutiers à perche ciblant la sole et la plie.
Dans l'ensemble, les premiers contributeurs sont les chalutiers jumeaux et simples français et irlandais.

Les deux principales gammes de maillages des culs de chalut utilisés sont le 80-100 mm et le >100 mm (notés par la suite « 80 mm » et « 100 mm » car souvent les navires utilisent la borne inférieure de la gamme autorisée).

D'après la présentation ci-dessus, les données disponibles et les métiers étudiés dans le projet REJEMCELEC, les flottilles modélisées retenues sont donc les suivantes :

- TR2 : Chalutiers de fond > 15 mètres en 70-100 mm (flottilles utilisant majoritairement du 80 mm, nous noterons donc « 80 mm » par la suite)
- TR1 : Chalutiers de fond > 15 mètres en 100 mm
- BT2 : Chalutiers à perche > 15 mètres en 80-120 mm
- Autres flottilles

Malheureusement, les données disponibles au niveau du CSTEP ne distinguent pas les chaluts simples des chaluts jumeaux.

La Figure 47 présente les diagrammes d'exploitation de ces flottilles pour le merlan 7bce-k.

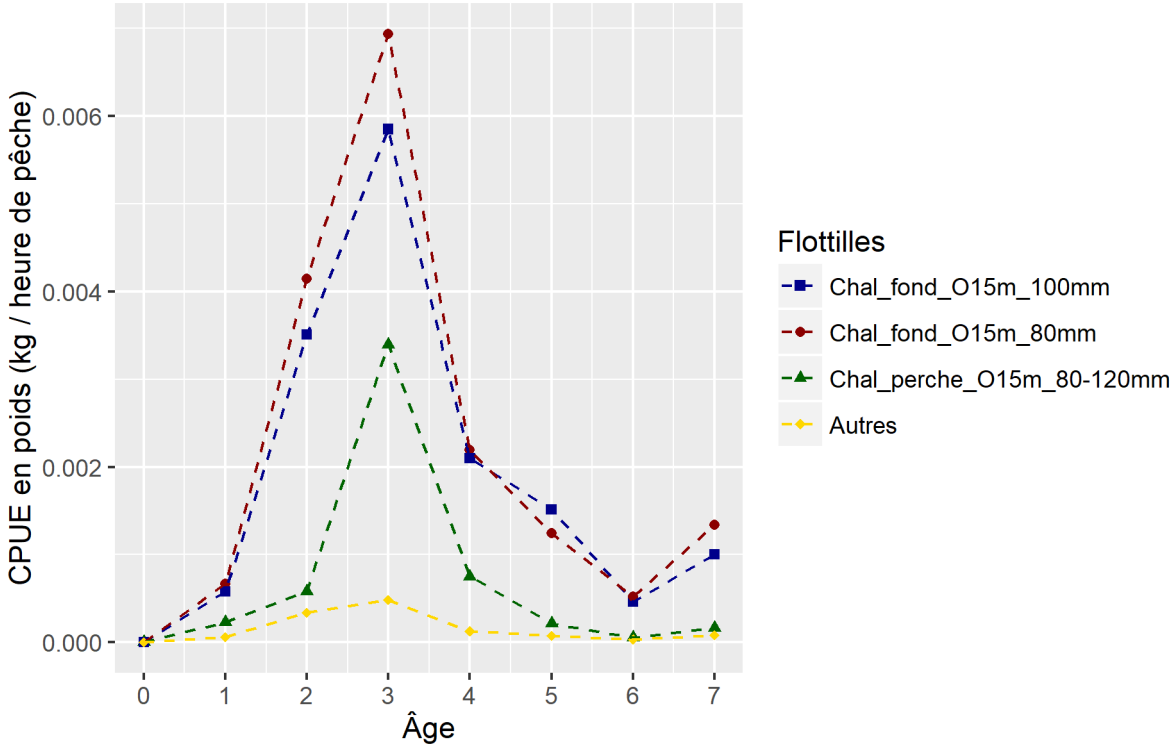


Figure 47 : captures de merlan 7bce-k par unité d'effort aux âges en kg par flottille modélisée – *Source : CSTEP*

Logiquement, les chalutiers en 100 mm sont plus sélectifs sur les âges 1-3 que les chalutiers en 80 mm si on suppose qu'ils ont la même abondance de merlan à disposition. Les autres flottilles possèdent des captures par unité d'effort plus faibles car elles ne ciblent pas ou peu le merlan. Néanmoins, les perchistes ont un diagramme peu sélectif sur l'âge 3.

2.2.1.2 *Paramètres biologiques*

Le merlan 7bce-k est un stock évalué par le CIEM de catégorie 1. Cela signifie que l'ensemble des données disponibles est suffisant pour réaliser une évaluation fiable du stock.
Les effectifs et la mortalité par pêche et par âge sont les deux variables estimés lors de l'évaluation grâce à une analyse des cohortes[10].

A partir des données issues de l'évaluation des stocks, les données du Tableau 42 sont mises à disposition par le CIEM et utilisées pour leurs prévisions à court terme (« short terme forecast ») fournies dans les avis scientifiques annuels.

Tableau 42 : paramètres biologiques utilisés pour les prévisions à court terme du CIEM en 2016 et dans la modélisation REJEMCELEC pour le merlan 7bce-k

Age	Mortalité naturelle	Mortalité par pêche	Effectifs année de départ (milliers)	Poids moyen des débarquements (kg)	Poids moyens des rejets (kg)	Poids moyen du stock (kg)	% de poissons matures
0	1,22	0	1005961	0,098	0,036	0,027	0
1	0,86	0,044	221274	0,265	0,119	0,067	0
2	0,65	0,165	94559	0,369	0,187	0,169	100
3	0,5	0,325	31609	0,506	0,245	0,292	100
4	0,43	0,486	45873	0,651	0,297	0,462	100
5	0,4	0,417	5840	0,742	0,396	0,638	100
6	0,38	0,358	3842	0,826	0,376	0,72	100
> 7	0,36	0,358	5906	0,948	0,505	0,907	100

Le Tableau 42 met en lumière plusieurs éléments centraux des caractéristiques du stock pour l'analyse des résultats présentés par ailleurs :

1) La mortalité naturelle estimée est très élevée en comparaison de la mortalité par pêche, d'autant plus sur les jeunes âges. Cela induit que les jeunes poissons meurent beaucoup, ce qui remet en cause l'intérêt d'une amélioration de la sélectivité. En effet, si les poissons meurent trop jeunes, ils seront trop peu nombreux à grossir pour compenser cette mortalité naturelle. Depuis 2014, le CIEM utilise une mortalité naturelle différente selon les âges, en remplacement d'une valeur unique fixée traditionnellement à 0,2 (ICES, 2014). La méthode utilisée (Lorenzen, 1996) consiste à estimer un coefficient de mortalité naturelle par âge en fonction du poids moyen et de paramètres dépendant du type d'écosystème (dans notre cas, il s'agit de l'écosystème « Océan »). Or, il est facile de constater que la mortalité naturelle estimée avec cette méthode est sensible aux paramètres de Lorenzen. D'autres méthodes existent, telle que celle de Gislason prenant en considération plutôt la taille que le poids (Gislason et al., 2010). Malgré les impacts considérables de la mortalité naturelle sur l'analyse des stocks, il n'est pas de notre ressort de remettre en cause ces paramètres. En outre, les mortalités par pêche estimées sont basées sur la mortalité naturelle du Tableau 42.

[10] : Au sein du CIEM, la méthode XSA (eXtended Survivors Analysis) est la plus répandue. Elle consiste à retracer la vie d'une cohorte de poissons sur la base des captures annuelles aux âges et des hypothèses sur la mortalité naturelle, le recrutement initial et la mortalité par pêche initiale.

Il serait donc inapproprié d'en utiliser d'autres. En revanche, cette réflexion doit être soulignée en vue de l'analyse présentée plus loin.

2) La classe d'âge 7 ans et plus dispose d'un effectif initial (année 2016) relativement important. Cela peut avoir un effet modéré sur les simulations si l'on considère que les poissons de cette classe d'âge qui ne sont pas pêchés ou morts naturellement une année donnée survivent l'année suivante.

Par ailleurs, le recrutement constant utilisé correspond à la moyenne géométrique des recrutements 1999-2015 utilisée par le CIEM. Cette valeur est égale à 1 005 961 milliers d'individus.

2.2.2 Eglefin 7bce-k

2.2.2.1 *Flottilles étudiées*

Le stock d'églefin 7bce-k est ciblé dans l'ensemble par les mêmes flottilles que le merlan 7bce-k. Ainsi, les flottilles retenues sont les mêmes que pour le merlan (cf. 2.2.1.1).

En revanche, on peut noter un gradient Est-Ouest dans la Manche Ouest concernant les captures d'églefin. En effet, l'églefin est davantage abondant à l'Ouest de la Manche, tandis que le merlan est réparti sur l'ensemble de la Manche et « rejoint » le stock de Manche Est aux alentours de Cherbourg. Ce gradient correspond à celui de l'usage du maillage évoqué en 2.2.1.1 pour le merlan : les navires ciblant le merlan plus spécifiquement travaillent beaucoup en 80 mm. Cela s'explique par le fait que les flottilles chalutières de Manche Centrale ciblent également l'encornet et le rouget-barbet dont la taille et la morphologie justifie l'usage d'un maillage plus petit. A l'inverse, les chalutiers hauturiers en 100 mm de l'Ouest de la Manche et de la Mer Celtique ciblent davantage la lotte, les (gros) gadiformes et du divers (plats, Saint-Pierre, etc.).
Malgré les spécificités évoquées ci-dessus, l'églefin est souvent associé au merlan dans les captures.

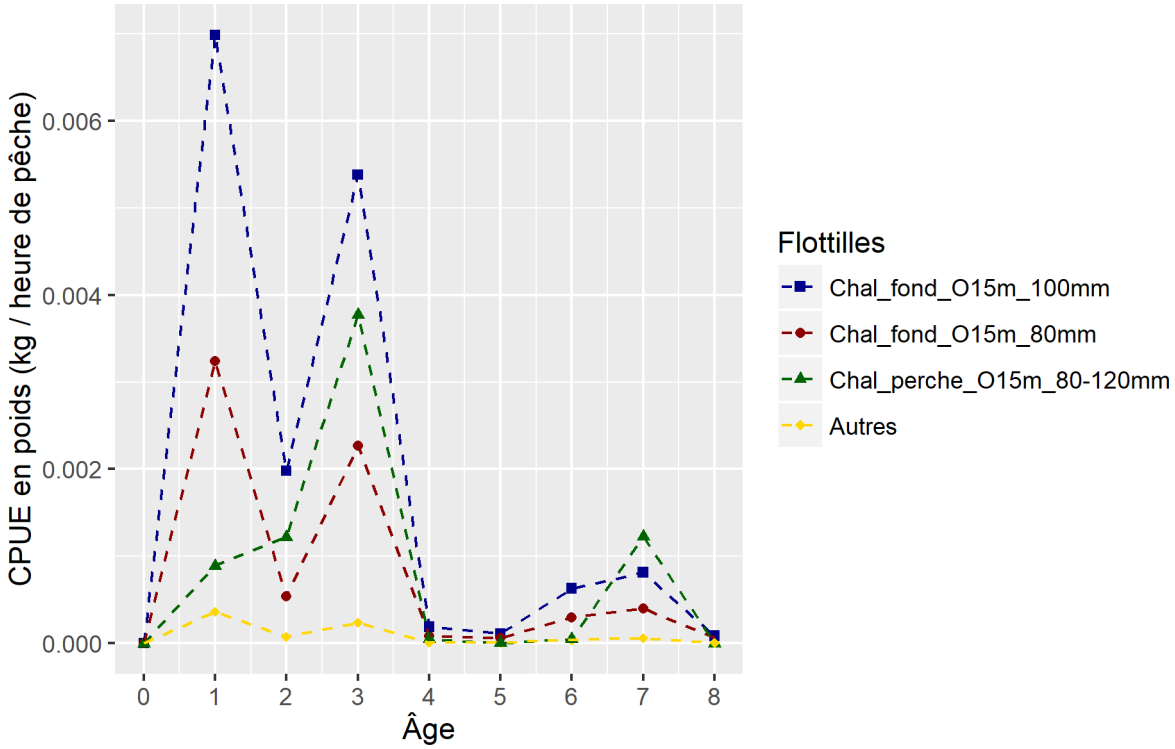


Figure 48 : captures d'églefin 7bce-k par unité d'effort aux âges en kg par flottille modélisée – *Source : CSTEP*

La Figure 48 confirme les propos évoqués ci-dessus concernant le gradient de maillage. En effet, les chalutiers en 100 mm ont des captures globalement plus importantes que les autres flottilles. Si l'on rapporte les CPUE par âge aux CPUE totales, on constate en revanche que le 80 mm dépend davantage de l'âge 1.
Par ailleurs, on observe que l'écart de CPUE entre chalutiers de fond classiques et les autres flottilles (perche et autres) est moins important que pour le merlan. Encore une fois, cela s'explique surement par le fait que les chalutiers en 80 mm de l'Est de la Manche Ouest rencontrent moins d'églefin.
Enfin, on constate que les chalutiers à perche sont plus sélectifs que les chalutiers en 80 mm, avec une capturabilité inférieure sur les âges 0-1 mais supérieure sur les âges 2-3.

2.2.2.2 *Paramètres biologiques*

Comme pour le merlan, l'églefin 7bce-k est un stock évalué par le CIEM de catégorie 1.

A partir des données issues de l'évaluation des stocks, les données du Tableau 43 sont mises à disposition par le CIEM et utilisées pour leurs prévisions à court terme (« short term forecast ») fournies dans les avis scientifiques annuels (WGCSE ICES, 2017a, 2017b, 2017c, 2017d).

Tableau 43 : paramètres biologiques utilisés pour les prévisions à court terme du CIEM en 2016 et dans la modélisation REJEMCELEC pour l'églefin 7bce-k

Age	Mortalité naturelle	Mortalité par pêche	Effectifs année de départ (milliers)	Poids moyen des débarquements (kg)	Poids moyens des rejets (kg)	Poids moyen du stock (kg)	% de poissons matures

0	0,99	0	257583	0	0,068	0,068	0
1	0,72	0,209	16477	0,397	0,161	0,159	0
2	0,6	0,563	63842	0,678	0,304	0,318	100
3	0,5	0,575	5051	0,885	0,501	0,607	100
4	0,43	0,575	8052	1,082	0,604	0,875	100
5	0,4	0,575	238	1,344	0,869	1,19	100
6	0,37	0,575	132	1,675	0,769	1,632	100
7	0,36	0,575	204	1,878	1,318	1,844	100
8	0,34	0,575	802	2,313	1,193	2,028	100

Similairement au merlan 7bce-k, la mortalité naturelle est élevée. Les observations proposées en 2.2.1.2 sont donc également valables. Néanmoins, la mortalité naturelle des jeunes âges est légèrement plus faible en moyenne, ce qui impacte d'autant moins les résultats présentés par la suite.

Le recrutement constant utilisé correspond à la moyenne géométrique des recrutements 1993-2014 utilisée par le CIEM. Cette valeur est égale à 257 583 milliers d'individus.

2.2.3 Définition des scenarii

2.2.3.1 *Généralités*

La définition des scénarii de modélisation doit permettre de répondre aux questions suivantes:

- Qui profite d'une amélioration de la sélectivité : le stock, les flottilles sélectives, les flottilles peu sélectives ?

- Dans quelle mesure et sur quelle échelle de temps ?

Pour répondre à ces questions, il est nécessaire de déterminer comment l'amélioration de la sélectivité peut être mise en pratique. Pour cela, une optique règlementaire a été retenue. Plus particulièrement, des discussions sont en cours au niveau européen en vue de réformer les maillages et dispositifs sélectifs règlementaires dans les eaux européennes[11]. Or, les professionnels français militent pour qu'un maximum de choix soit laissé aux pêcheurs en vue de réduire leurs rejets. En effet, l'efficacité d'un dispositif sélectif dépend d'un nombre important de paramètres variant d'une flottille à l'autre, d'un métier à l'autre et même d'un engin à l'autre. Par exemple, l'ouverture verticale joue beaucoup sur l'échappement si le dispositif est placé sur le dessus du chalut. Ainsi, le T90 utilisé par des chaluts jumeaux est efficace sur le sanglier mais beaucoup moins sur des chaluts simples gréés à fourche et possédant une grande ouverture verticale.
Ainsi, il est nécessaire d'envisager dans les scénarii que les dispositifs REJEMCELEC soient adoptés par le métier concerné par les tests mais que les autres flottilles ciblant les gadidés améliorent leur

[11] Révision en cours du règlement (CE) 850/98 du conseil du 30 mars 1998 visant à la conservation des ressources de pêche par le biais de mesures techniques de protection des juvéniles d'organismes marins.

sélectivité avec un autre dispositif de leur choix. Charge à elles de trouver le matériel adéquat pour diminuer leurs captures de la même manière que le métier étudié par le scénario considéré. Par exemple, on peut très bien envisager que la règlementation propose le choix[12] entre un panneau en T90 et un panneau en mailles carrées en 80 mm en Manche. Pour la Mer Celtique, entre un dessus de partie droite en T90 ou en mailles carrées en 100 mm, ou un PMC 120 mm. Libre aux flottilles d'utiliser le matériel proposé pour réduire leurs captures de jeunes gadidés.

En résumé, chaque scénario distingue deux types de flottilles (cf. 1.3.2.2) :

- Les flottilles adoptant le dispositif REJEMCELEC ou tout autre dispositif permettant de diminuer les captures des âges ciblés dans les même proportions;
- Les autres flottilles.

2.2.3.2 *Scenarii retenus*

En suivant les principes énoncés ci-dessus, plusieurs scénarii d'amélioration de la sélectivité du chalut de fond en Manche et Mer Celtique ont été construits.

Dans un premier temps, le Tableau 44, présente les variations de captures par âge issu de la méthodologie détaillée en 1.3.1.1 :

[12] Ce type de réglementation existe déjà au niveau français. Par exemple, dans le Golfe de Gascogne, les navires titulaires de l'Autorisation Nationale de Pêche (ANP) à la langoustine doivent choisir entre plusieurs dispositifs sélectifs obligatoires (Arrêté du 27 mai 2016 fixant les modalités de gestion des régimes d'autorisations européennes et nationales de pêche contingentées pour l'exercice de la pêche professionnelle en zone FAO 27).

Tableau 44: variations aux âges par espèce pour chaque métier REJEMCELEC retenu pour l'analyse à l'échelle du stock

Cas d'étude REJEMCELEC	Description	Espèce	Age	Classe de taille (estimée)	Variation des captures en nb. d'indiv. (%)
AZUR_MC_90_gorget	**Maille carrée 90 mm sur le gorget (AZUR) - culs en 80 mm Manche Ouest**	Merlan	0	=<26 cm	-100%
			1	[27;32] cm	-81%
ECUME_MC_80	**Maille carrée 80 mm sur le gorget et la rallonge (L'ECUME DES JOURS) - culs en 100 mm Manche Ouest**	Églefin	0	=<28 cm	-100%
			1	[29;37] cm	-48%
		Merlan	0	=<26 cm	-100%
			1	[27;32] cm	-87%
			2	[33;36] cm	-60%
MOR_BREIZ_T90_100	**T90 100 mm rallonge + cul (MOR BREIZ) - cul en 100 mm Mer Celtique**	Églefin	0	=<28 cm	-99%
			1	[29;37] cm	-37%
			2	[38;44] cm	28%
			3	[45;51] cm	67%
ECUME_T90_80	**T90 80 mm gorget + rallonge (L'ECUME DES JOURS) - culs en 80 mm Manche Ouest**	Églefin	0	=<28 cm	-78%
			1	[29;37] cm	-16%
		Merlan	0	=<26 cm	-
			1	[27;32] cm	-73%

Attention : les classes de taille estimées pour chaque âge grâce aux relations taille/âge de Von Bertalanffy ne reflètent pas la composition en taille de chaque âge. Par exemple, l'âge 0 de l'églefin est en grande partie composé de poissons de taille inférieure à 23 cm même si des individus jusqu'à 28 cm peuvent être observés.

L'introduction de chacun de ces dispositifs a été simulée en appliquant les variations ci-dessus au métier le plus proche identifié dans les données du CSTEP. La maille carrée dans le gorget en 80 mm testée à bord du CARPE DIEM III n'a pas été simulée car les variations de captures se concentrent sur l'âge 0 du merlan, ce qui entraîne un changement proche de 0 de la mortalité par pêche globale. Les résultats sont donc identiques à un statu quo.

Tableau 45 : scenarii testés dans le cadre de la modélisation REJEMCELEC

Scenario	Dispositifs sélectifs adoptés	Flottilles européenne CSTEP concernées	Divisions CIEM concernées
MC_80_rallonge_MO	ECUME_MC_80	Chalutiers de fond en 100 mm > 15 m	VIIeh
	Dispositif permettant une variation de capture identique pour les âges impactés	- Chalutiers de fond en 100 mm > 15 m - Chalutiers de fond en 80 mm > 15 m	VIIbcfgjk
	Aucun dispositif	- Autres flottilles - Chalutiers à perche en 80-120 mm > 15 m	VIIbce-k
T90_80_rallonge_MO	ECUME_T90_80	Chalutiers de fond en 100 mm > 15 m	VIIeh
	Dispositif permettant une variation de capture identique pour les âges impactés	- Chalutiers de fond en 100 mm > 15 m - Chalutiers de fond en 80 mm > 15 m	VIIbcfgjk
	Aucun dispositif	- Autres flottilles - Chalutiers à perche en 80-120 mm > 15 m	VIIbce-k
MC_90_gorget_MO	AZUR_MC_90_gorget	Chalutiers de fond en 100 mm > 15 m	VIIeh
	Dispositif permettant une variation de capture identique pour les âges impactés	- Chalutiers de fond en 100 mm > 15 m - Chalutiers de fond en 80 mm > 15 m	VIIbcfgjk
	Aucun dispositif	- Autres flottilles - Chalutiers à perche en 80-120 mm > 15 m	VIIbce-k
T90_100_rallonge_MCelt	MOR_BREIZ_T90_100	Chalutiers de fond en 100 mm > 15 m	VIIbcfgjk
	Dispositif permettant une variation de capture identique pour les âges impactés	Chalutiers de fond en 80 mm > 15 m	VIIbcfgjk
	Aucun dispositif	- Autres flottilles - Chalutiers à perche en 80-120 mm > 15 m	VIIbce-k
T90_100_MCelt_T90_80_MO	ECUME_T90_80	Chalutiers de fond en 100 mm > 15 m	VIIeh
	MOR_BREIZ_T90_100	Chalutiers de fond en 100 mm > 15 m	VIIbcfgjk
	Dispositif permettant une variation de capture identique pour les âges impactés	Chalutiers de fond en 80 mm > 15 m	VIIbce-k
	Aucun dispositif	- Autres flottilles - Chalutiers à perche en 80-120 mm > 15 m	VIIbce-k

Les différents scenarii décrits par le Tableau 44 et le Tableau 45 peuvent être résumés de la manière suivante :

MC_80_rallonge_MO : les chalutiers de fond de plus de 15 mètres utilisant un maillage supérieur à 100 mm sont tenus d'utiliser un panneau à mailles carrées de 80 mm sur le dessus de la rallonge en Manche Ouest (7eh). Tous les autres chalutiers en Manche et Mer Celtique sont tenus d'utiliser un dispositif équivalent. Les autres flottilles ne changent pas. Le dispositif entraîne une diminution des captures sur les âges 0-2 du merlan et 0-1 de l'églefin.

T90_80_rallonge_MO : les chalutiers de fond de plus de 15 mètres utilisant un maillage supérieur à 100 mm sont tenus d'utiliser un panneau de T90 de 80 mm sur le dessus de la rallonge en Manche Ouest (7eh). Tous les autres chalutiers en Manche et Mer Celtique sont tenus d'utiliser un dispositif équivalent. Les autres flottilles ne changent pas. Le dispositif entraîne une diminution des captures sur les âges 0-1 du merlan et 0 de l'églefin.

MC_90_gorget_MO : les chalutiers de fond de plus de 15 mètres utilisant un maillage compris entre 80 et 100 mm sont tenus de couvrir leur gorget d'un panneau à mailles carrées de 90 mm en Manche Ouest (7eh). Tous les autres chalutiers en Manche et Mer Celtique sont tenus d'utiliser un dispositif équivalent. Les autres flottilles ne changent pas.
Le dispositif entraîne une diminution des captures sur les âges 0-1 du merlan.

T90_100_rallonge_MCelt : les chalutiers de fond de plus de 15 mètres utilisant un maillage supérieur à 100 mm sont tenus d'utiliser un panneau en T90 de 100 mm sur le dessus de la rallonge et la moitié du cul en Mer Celtique (7bcfgjk). Tous les autres chalutiers en Mer Celtique sont tenus d'utiliser un dispositif équivalent. Les autres flottilles ne changent pas. Pour l'églefin, le dispositif entraîne une diminution des captures sur les âges 0-1 et une augmentation des captures sur les âges 2-3.

T90_100_MCelt_T90_80_MO : les chalutiers de fond de plus de 15 mètres utilisant un maillage supérieur à 100 mm sont tenus d'utiliser un panneau en T90 de 100 mm sur le dessus de la rallonge et la moitié du cul en Mer Celtique (7bcfgjk). En manche Ouest, ces derniers doivent utiliser un panneau en T90 de 80 mm sur le dessus de la rallonge. Tous les autres chalutiers en Manche et Mer Celtique sont tenus d'utiliser un dispositif équivalent. Les autres flottilles ne changent pas. Concernant la sélectivité, plusieurs effets interagissent pour l'églefin. Les captures sont diminuées sur les âges 0-1 en Manche Ouest et Mer Celtique et augmentées pour les âges 2-3 en Mer Celtique.

N.B : l'usage du T90 en 100 mm en Mer Celtique dispense du panneau à mailles carrées règlementaire en 120 mm.

2.3 Le long terme : analyse du rendement par recrue

L'analyse du rendement par recrue permet de répondre à la question suivante : quel poids (valeur) moyen(ne) peut-on extraire d'une cohorte de poisson ?

La réponse à cette question dépend de trois paramètres :

- La probabilité de capture du poisson selon son âge (diagramme d'exploitation) ;
- La probabilité de mort naturelle du poisson selon les âges ;
- Le niveau de l'effort de pêche.

Dans le cadre de cette analyse, les différents scénarii testés font varier le diagramme d'exploitation. Pour chacun des scénarii envisagés, le rendement par recrue a été calculé pour différents niveaux d'effort de pêche. Deux indicateurs ont été calculés :

- La quantité capturée en poids sur une cohorte de 1000 individus ;
- La valeur capturée en euros sur une cohorte de 1000 individus.

Il est important de noter que l'analyse du rendement par recrue est un concept de long terme. Il permet d'analyser l'impact de la sélectivité sans considérer les phases de transition liées au

changement de structure démographique du stock (variation des prises de petits individus et pertes commerciales immédiates associées par exemple).

2.3.1 Merlan 7bce-k

La Figure 49 présente les captures totales pour une cohorte de 1000 recrues compte tenu des paramètres biologiques du stock de merlan 7bce-k.

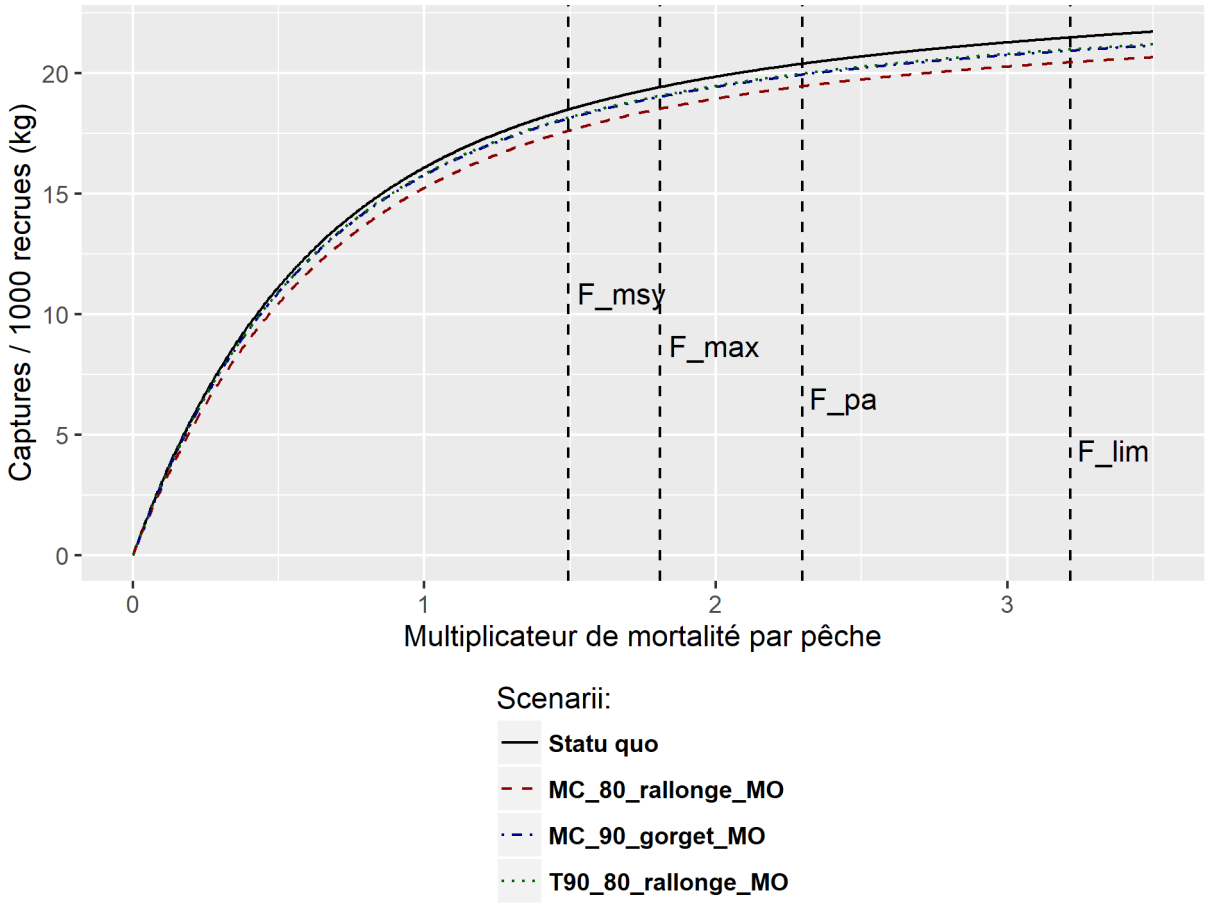


Figure 49 : captures totales pour 1000 recrues de merlan 7bce-k pour différents scenarii de sélectivité et niveaux de mortalité par pêche (multiplicateur de mortalité par pêche : 1 = situation actuelle : F(2-5) = 0,43) – F_MSY : mortalité par pêche permettant d'atteindre le RMD ; F_max : mortalité par pêche de la borne supérieure de la fourchette de mortalité définie par le CIEM dans les avis multispécifiques ; F_lim : mortalité par pêche à partir de laquelle la biomasse de reproducteur possède une risque important d'effondrement (lien stock-recrutement).

Les courbes du graphique décrivent le statu quo (aucun changement de sélectivité) et les scenarii d'amélioration de la sélectivité concernant le merlan (mailles carrées 80 mm et T90 80 mm dans la rallonge et mailles carrées 90 mm dans le gorget en Manche Ouest).

Ces premiers résultats appellent à plusieurs commentaires.

Premièrement, l'allure générale des courbes ne correspond pas à la situation « classique ». En effet, les captures par recrue admettent généralement un maximum en fonction de l'effort de pêche. Cela traduit l'idée selon laquelle il est préférable d'augmenter l'effort de pêche quand il est faible afin de capturer davantage de poissons de toutes les tailles au lieu de les laisser mourir naturellement. En revanche, au-delà d'un certain niveau de pression de pêche, les poissons sont capturés trop tôt et ils ont trop peu de chances de survivre pour grossir. Ce point maximum dépend du diagramme d'exploitation. Si on laisse s'échapper plus de petits poissons, on peut intensifier l'effort de pêche car le stock de gros individus augmente. **Or, dans le cas du merlan 7bce-k, la mortalité naturelle estimée par le CIEM aux jeunes âges est si forte que la modélisation suggère que toute augmentation de l'effort de pêche est souhaitable pour augmenter les captures**. Les courbes de scenarii d'amélioration (pointillés rouge et bleu) procurent même des captures par recrue inférieures au statu quo. En d'autres termes, la mortalité naturelle des jeunes poissons est si forte qu'il faudrait les pêcher le plus tôt possible. De plus, la croissance pondérale des survivants ne suffit pas à compenser les pertes « naturelles » sur les plus jeunes âges. Dans ces conditions, toute amélioration de la sélectivité se traduirait par une perte de la biomasse capturée. Cette réflexion est opposable sur plusieurs points :

1) Premièrement, dans le cadre d'une pêcherie multispécifique, une augmentation de l'effort se traduirait par une augmentation de la pression de pêche sur d'autres stocks n'ayant pas des paramètres biologiques aussi atypiques ;

2) Les merlans ciblés doivent s'être reproduit au moins une fois afin d'assurer la pérennité du stock. L'effort maximal pourrait être représenté sur le graphique par F_pa afin de garder une marge de précaution ;

3) L'augmentation de la capture est un objectif discutable. En effet, il est préférable d'améliorer la quantité des captures ayant une forte valeur (i.e. identifiées comme désirables par le marché).

Deuxièmement, même si l'amélioration de la sélectivité entraîne des captures par recrue plus faibles que le statu quo, on observe une hiérarchie logique entre les trois scénarii, du moins sélectif au plus sélectif (MC 90 mm, T90 80 mm et MC 80 mm). En effet, le premier dispositif est moins sélectif et procure donc moins de perte sur les petits merlans. Par ailleurs, la maille carrée en 80 mm dans la rallonge est sélective sur des merlans d'âge 2 diminuant d'autant les prises d'individus corpulents.

La Figure 50 répond au point 3) et présente les même courbes que la Figure 49 mais traduites en chiffre d'affaires (CA) commercialisable (i.e. les captures commercialisables multipliées par le prix moyen correspondant).

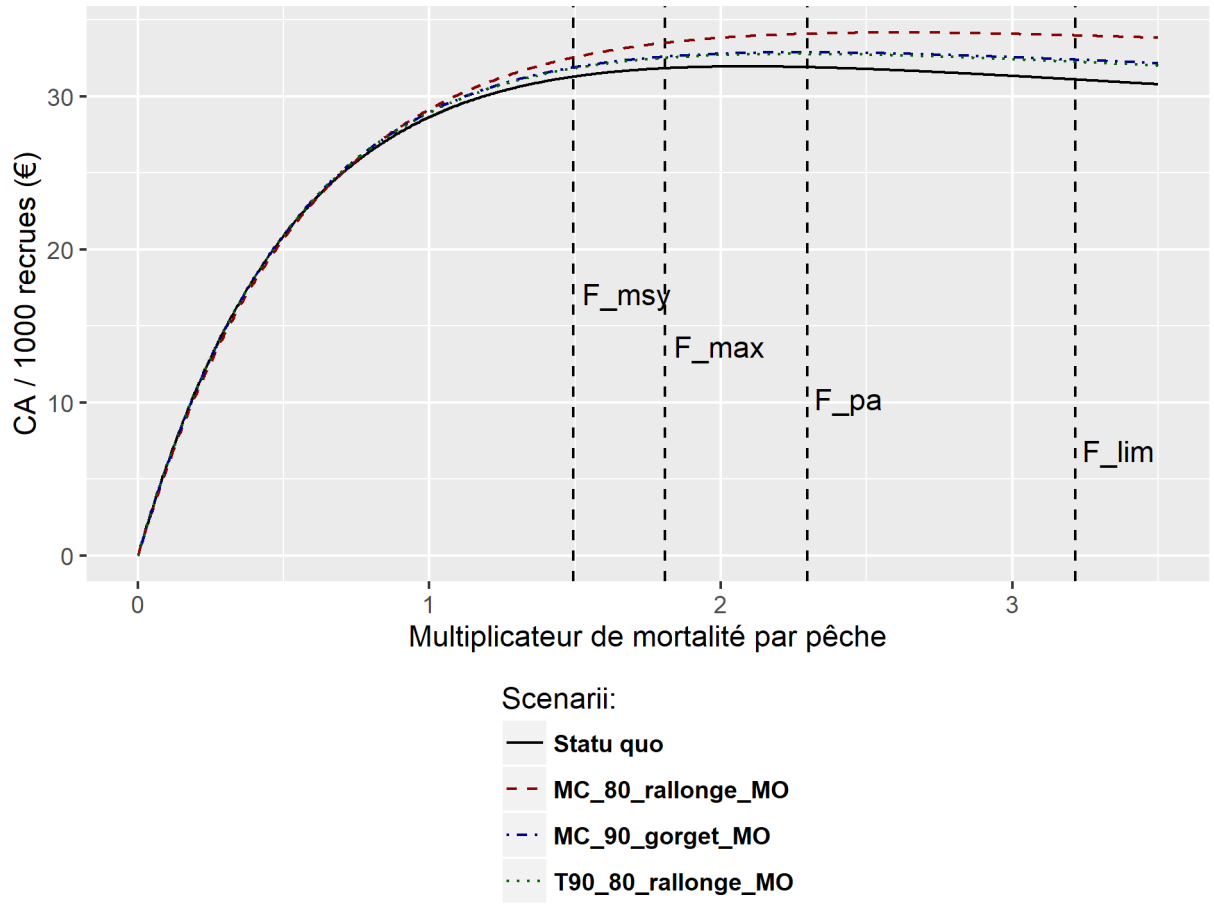


Figure 50 : chiffre d'affaires commercialisable total pour 1000 recrues de merlan 7bce-k pour différents scenarii de sélectivité et niveaux de mortalité par pêche (multiplicateur de mortalité par pêche : 1 = situation actuelle : F(2-5) = 0,43) – F_MSY : mortalité par pêche permettant d'atteindre le RMD ; F_max : mortalité par pêche de la borne supérieure de la fourchette de mortalité définie par le CIEM dans les avis multispécifiques ; F_pa : mortalité par pêche correspondant à l'approche de précaution du CIEM ; F_lim : mortalité par pêche à partir de laquelle la biomasse de reproducteur possède une risque important d'effondrement (lien stock-recrutement).

L'usage du CA commercialisable plutôt que le CA des débarquements se justifie pour deux raisons :

1) En situation d'obligation de débarquement, les rejets commercialisables devront être vendus ;

2) Les rejets en poids de merlan 7bce-k commercialisables sont principalement dus à des quotas limitants. Il est donc intéressant de connaître la valeur que nous pourrions extraire si la gestion était adaptée.

La transformation des captures par recrues en CA commercialisable procure des courbes avec un maximum. De plus, l'amélioration de la sélectivité permet d'augmenter la valeur des prises sur une cohorte de poissons. Ce constat s'explique par le fait que les plus gros poissons sont vendus plus cher. Ainsi, il existe un intérêt économique à améliorer la sélectivité en vue de pêcher moins de biomasse mais mieux valorisée.

Pour le niveau d'effort de pêche actuel, l'usage de la MC 90 mm dans le gorget ou du T90 en 80 mm dans la rallonge permettrait une augmentation modérée de respectivement 1,1% et 1% du CA commercialisable par cohorte par rapport au statut quo. Ce chiffre est porté à 1,8% pour la maille carrée en 80 mm dans la rallonge.

En outre, on constate que l'augmentation de l'effort de pêche permettrait d'augmenter le différentiel avec le statu quo et d'atteindre un maximum de chiffre d'affaires. En effet, la survie des petits poissons alimente le stock de gros poissons (après une phase de croissance et de mortalité). Il est donc possible d'en prélever davantage.

Pour la MC en 90 mm dans le gorget, l'atteinte du maximum de CA commercialisable nécessiterait d'augmenter l'effort de pêche de 128% pour générer un gain de 3% par rapport au statu quo. Pour la MC en 80 mm dans la rallonge et le T90 80 mm, ces chiffres sont respectivement de 160%/8% et 126%/3%. Ces niveaux de mortalité par pêche sont bien évidemment incompatibles avec une gestion au RMD. En outre, il est peu probable que l'augmentation du CA soit suffisante pour couvrir les coûts supplémentaires engendrés par une telle augmentation de l'effort de pêche. Par ailleurs, le merlan 7bce-k est bien moins limitant[13] que l'églefin ou le cabillaud dans les mêmes zones. Ainsi, toute augmentation de l'effort de pêche doit se faire en considérant en priorité la situation idéale pour ces deux derniers stocks. Néanmoins, une mortalité supplémentaire pourrait être envisagée sur le merlan pour les flottilles qui ne capturent pas d'églefin (chalutiers de fonds dans l'est de la Manche Ouest).

2.3.2 Eglefin 7bce-k

Pour l'églefin 7bce-k d'autres scenarii de sélectivité ont été envisagés. Comme pour le merlan, la Figure 51 présente les captures totales pour une cohorte de 1000 recrues.

[13] L'adjectif « limitant » dans le cadre d'une pêcherie multispécifique revêt l'idée que la capturabilité des flottilles n'est pas en adéquation avec la productivité naturelle relative des stocks. Par exemple, en Mer Celtique, pour une abondance et un niveau d'effort par zone donnés, la morphologie de l'églefin le rend plus « capturable » que le merlan. Or, ce dernier est plus abondant, d'où un déséquilibre par lequel l'églefin devient limitant.

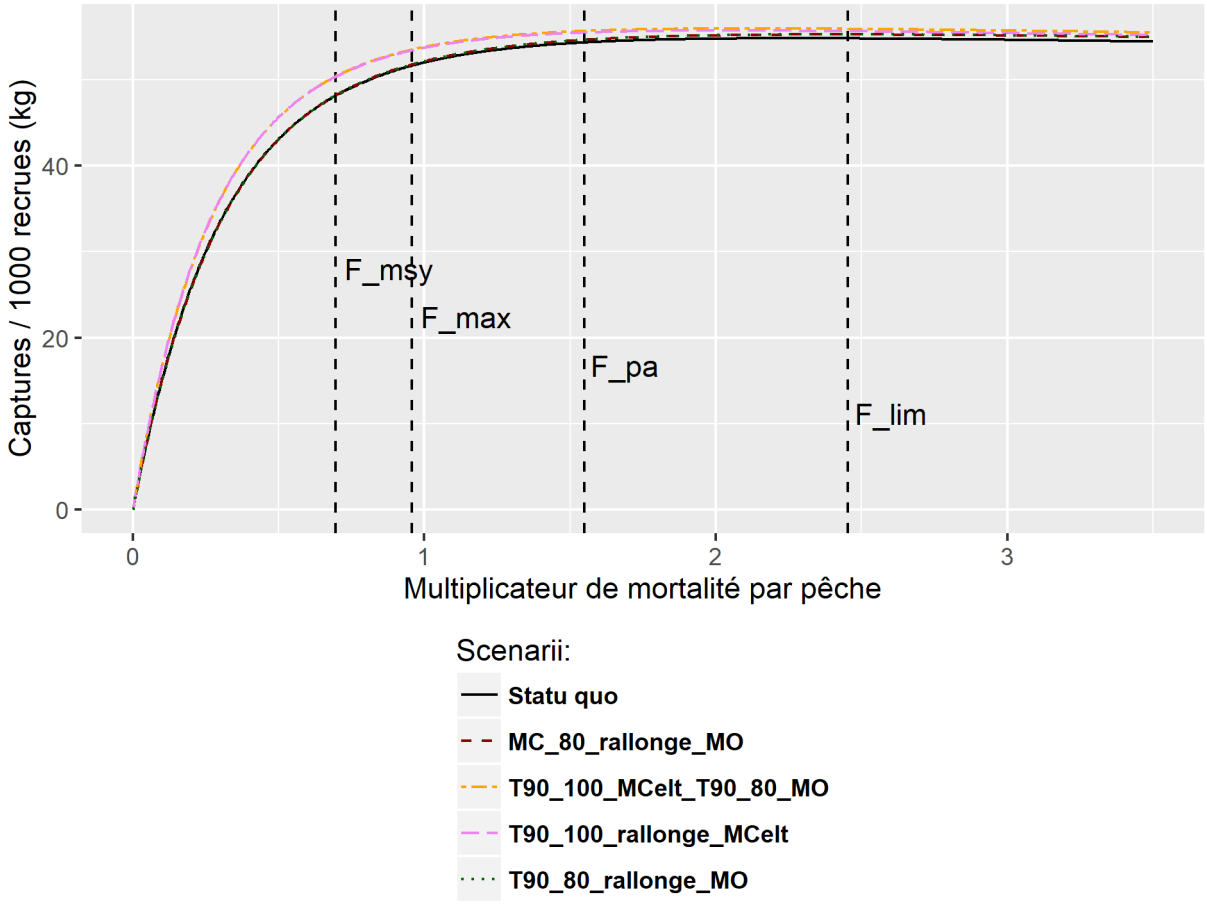


Figure 51 : captures totales pour 1000 recrues d'églefin 7bce-k pour différents scenarii de sélectivité et niveaux de mortalité par pêche (multiplicateur de mortalité par pêche : 1 = situation actuelle : F(2-5) = 0,58) – F_MSY : mortalité par pêche permettant d'atteindre le RMD ; F_max : mortalité par pêche de la borne supérieure de la fourchette de mortalité définie par le CIEM dans les avis multispécifiques ; F_pa : mortalité par pêche correspondant à l'approche de précaution du CIEM ; F_lim : mortalité par pêche à partir de laquelle la biomasse de reproducteur possède une risque important d'effondrement (lien stock-recrutement).

Contrairement au merlan 7bce-k, les courbes de captures par recrues admettent un maximum. Cela signifie qu'il est possible de maximiser les captures en faisant varier l'effort de pêche. Pour autant, similairement au merlan, les niveaux d'effort de pêche requis sont assez élevés car la mortalité de l'églefin aux jeunes âges est importante. Une nouvelle fois, cela suggère qu'il est préférable en termes de biomasse de pêcher les petits églefins avant qu'ils ne meurent naturellement, car la croissance pondérale des survivants ne serait pas suffisante pour contrebalancer les pertes « naturelles ».

L'analyse des courbes de sélectivité peut se faire par scenario :

- **MC en 80 mm et T90 en 80 mm dans la rallonge en Manche Ouest :** l'amélioration globale des captures est faible voir quasi inexistante par rapport au statu quo pour le niveau d'effort actuel (+ 0,9% pour la MC 80 mm et +0% pour le T90 80 mm). Cela s'explique par le fait que les diminutions de capturabilité pour ces deux scénarii sont essentiellement concentrées sur l'âge 1. Or, compte tenu de la mortalité naturelle importante à cet âge, les bénéfices en poids liés à la croissance des individus survivants sont faibles.

- **T90 en 100 mm en Mer Celtique (dessus rallonge + cul):** pour mémoire, ce scenario diminue les captures sur les âges 0-1 et les augmentent sur les âges 2-3. Ainsi, pour le niveau de mortalité par pêche actuel (multiplicateur = 1), les captures sur le long terme pourraient être augmentées de 3,3%. D'une part les petits églefins seraient épargnés et d'autre part, les flottilles utilisant le dispositif auraient davantage de chance de les recapturer plus âgés. Cependant, une partie des petits églefins épargnés seraient capturés par les flottilles n'ayant pas modifié leur diagramme d'exploitation (chalutiers de fond en Manche Ouest notamment). En outre, ces flottilles disposeraient d'une plus faible capturabilité sur les âges 2-3 et laisseraient donc des églefins de bonne taille mourir naturellement.
  Compte tenu de la pente très faible de la courbe au-delà du niveau de mortalité actuel, l'atteinte des captures maximales sous ce scénario aurait peu d'intérêt. En effet, la différence de capture avec le statu quo serait également de 2% mais l'effort devrait être multiplié quasiment de 101%.

- **T90 en 100 mm en Mer Celtique et T90 80 mm en Manche Ouest :** la combinaison des deux dispositifs procure une situation très légèrement plus favorable que pour l'usage du T90 100 mm seul en Mer Celtique. Les captures sont augmentées de 3,5% par rapport au statu quo pour le niveau d'effort de pêche actuel. Cette observation est logique car une partie des petits églefins épargnés en Mer Celtique le sont également en Manche Ouest grâce au T90 en 80 mm. Ce scenario souligne que le fait d'épargner davantage de petits poissons engendre des gains faibles de capture. En revanche, l'exploitation des âges 2-3 procure des augmentations de rendements importante (cf. scénario avec le T90 100 mm).

L'analyse du CA commercialisable par recrue permet de nuancer les faibles différences de captures totales observées.

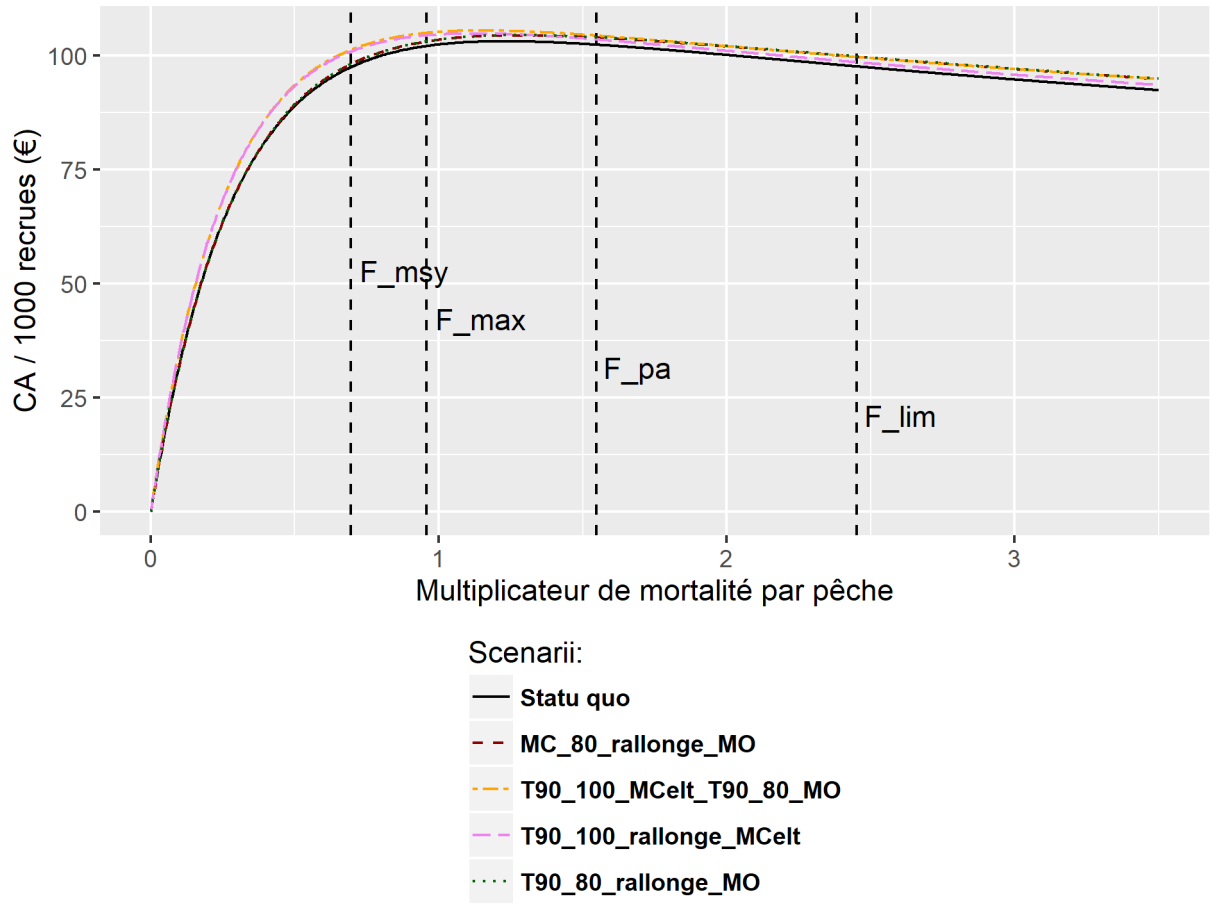


Figure 52 : chiffre d'affaires commercialisable total pour 1000 recrues l'églefin 7bce-k pour différents scenarii de sélectivité et niveaux de mortalité par pêche (multiplicateur de mortalité par pêche : 1 = situation actuelle : F(2-5) = 0,58) – F_MSY : mortalité par pêche permettant d'atteindre le RMD ; F_max : mortalité par pêche de la borne supérieure de la fourchette de mortalité définie par le CIEM dans les avis multispécifiques ; F_pa : mortalité par pêche correspondant à l'approche de précaution du CIEM ; F_lim : mortalité par pêche à partir de laquelle la biomasse de reproducteur possède une risque important d'effondrement (lien stock-recrutement).

Globalement, on constate que la mortalité par pêche actuelle est proche du niveau nécessaire pour atteindre le maximum de CA commercialisable possible avec l'amélioration de la sélectivité (courbes pointillées). En termes de gestion, ce niveau est situé entre le « F_msy » et le « F_max » (borne supérieure de la fourchette de mortalité par pêche calculée par le CIEM dans son avis multispécifique pour les gadidés en Manche et Mer Celtique (WGMIXFISH ICES, 2017). Par ailleurs, on observe que les trois scenarii procureraient un CA commercialisable quasi-identique pour le niveau de mortalité par pêche actuel.

- **MC en 80 mm dans la rallonge en Manche Ouest :** contrairement aux captures totales, le CA commercialisable pour 1000 recrues augmenterait de 1% par rapport au statu quo pour un effort de pêche au niveau actuel (multiplicateur = 1). Comme l'a montré la Figure 51, les captures en poids seraient quasi-égales par rapport au statu quo mais la composition en âge serait différente. En effet, la capture étant davantage composée de gros poissons, ces derniers seront mieux valorisés.

- **T90 en 100 mm en Mer Celtique (dessus rallonge + cul):** Les commentaires pour la maille carrée en 80 mm sont également valable pour ce scenario. D'une part, la diminution sur l'âge 1 permet d'augmenter les rendements sur l'âge 2 (malgré la forte mortalité naturelle). D'autre part, la hausse de la capturabilité sur les âges 2-3 permet de profiter davantage des hausses de rendement et de pouvoir pêcher davantage ces âges qui contribuent fortement à la biomasse du stock. Ainsi, pour le niveau d'effort de pêche actuel, ce scenario permettrait une augmentation de 2% du CA commercialisables. Une augmentation de 13% de l'effort permettrait d'atteindre le rendement par recrue maximal en CA commercialisable.

- **T90 en 100 mm en Mer Celtique et T90 80 mm en Manche Ouest :** ce scénario permet de prendre en compte une amélioration de la sélectivité pragmatique et réaliste sur les différentes façades. Il permettrait également d'améliorer les rendements en valeur car les petits églefins (âge 1) épargnés en Manche Ouest pourraient grossir et être capturés davantage en mer Celtique aux âges 2-3. Pour un niveau de mortalité par pêche actuel, il permettrait d'augmenter de 3% le CA commercialisable par rapport au statu quo. Le maximum serait atteint pour une hausse de 15% de l'effort de pêche menant à une augmentation de 2,4% du CA commercialisable en comparaison du statu quo.

2.4 Impacts bio-économiques à court terme

Après avoir présenté les impacts sur le long terme de la sélectivité sur les captures et le chiffre d'affaires (CA) commercialisable, il est nécessaire de mener la même réflexion à une échelle de temps plus courte. En outre, les situations d'équilibre décrites par le rendement par recrue peuvent être atteintes uniquement par l'intermédiaire d'une phase de transition durant laquelle l'ancienne structure en âge du stock engendre des variations de l'abondance de la ressource et donc des captures. Par ailleurs, le diagramme d'exploitation varie selon les flottilles, que ce soit avant ou après les changements de sélectivité. Aussi, les gains et pertes de captures et de CA ne sont pas répartis uniformément entre les flottilles.
Avant de penser à utiliser les résultats du projet REJEMCELEC comme outil de gestion, il est donc nécessaire d'étudier ces aspects, ainsi que leurs implications pour les flottilles de l'OP COBRENORD et l'OPN.

Pour cela, différents indicateurs ont fait l'objet d'une modélisation prospective sur la période 2017-2027.

2.4.1 Merlan 7bce-k

2.4.1.1 *Evolution de la biomasse de reproducteurs (SSB)*

Dans un premier temps, il convient d'analyser l'impact des changements de sélectivité sur la biomasse de reproducteurs (SSB). Pour mémoire, celle-ci se compose des poissons d'âge supérieur à un.

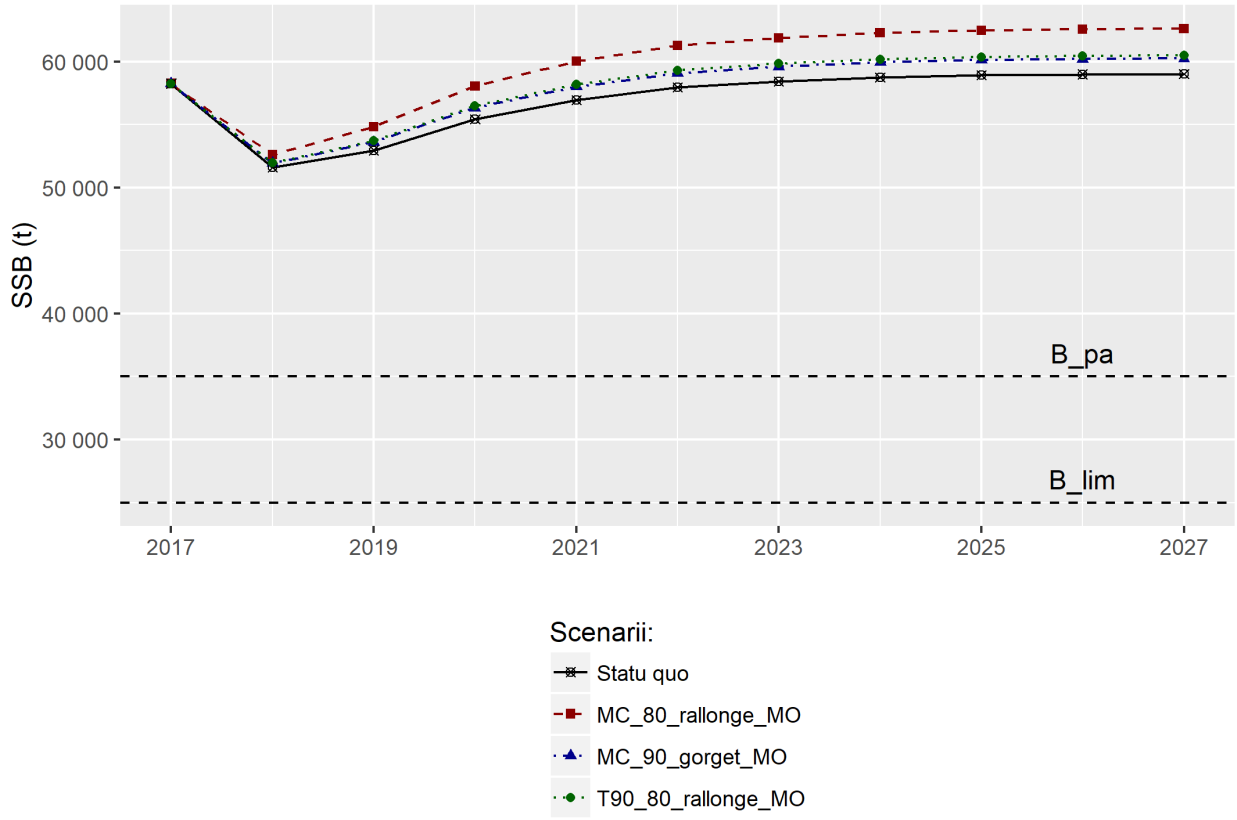


Figure 53 : modélisation de la biomasse de reproducteurs de merlan 7bce-k pour différents scenarii de sélectivité REJEMCELEC à l'horizon 2017-2027

Les résultats sont très intuitifs : l'amélioration de la sélectivité engendre des niveaux de biomasse plus élevés que le statut quo. Les petits merlans épargnés et survivants viennent alimenter la biomasse de reproducteurs qui se stabilisent aux alentours de 2022. La baisse de biomasse initiale est liée à la structure du stock, avec la grosse cohorte de 2013 qui s'atténue. Logiquement, l'usage de la maille carrée (MC) en 80 mm dans la rallonge (ou tout autre dispositif équivalent) entraine des niveaux de biomasse supérieurs à la MC en 90 mm dans le gorget et le T90 80 mm dans la rallonge (moins sélectifs sur l'âge 2 notamment).

Suite à la phase de transition (i.e. en 2022), le scenario avec la MC de 90 mm dans le gorget génèrerait une biomasse supérieure de 2% par rapport au statu quo. Ce chiffre est porté à 6% avec la MC en 80 mm et 2% avec le T90 80 mm.

2.4.1.2 *Evolution des captures par flottille*

La Figure 54 présente l'évolution des captures totales pour chacune des flottilles modélisées.

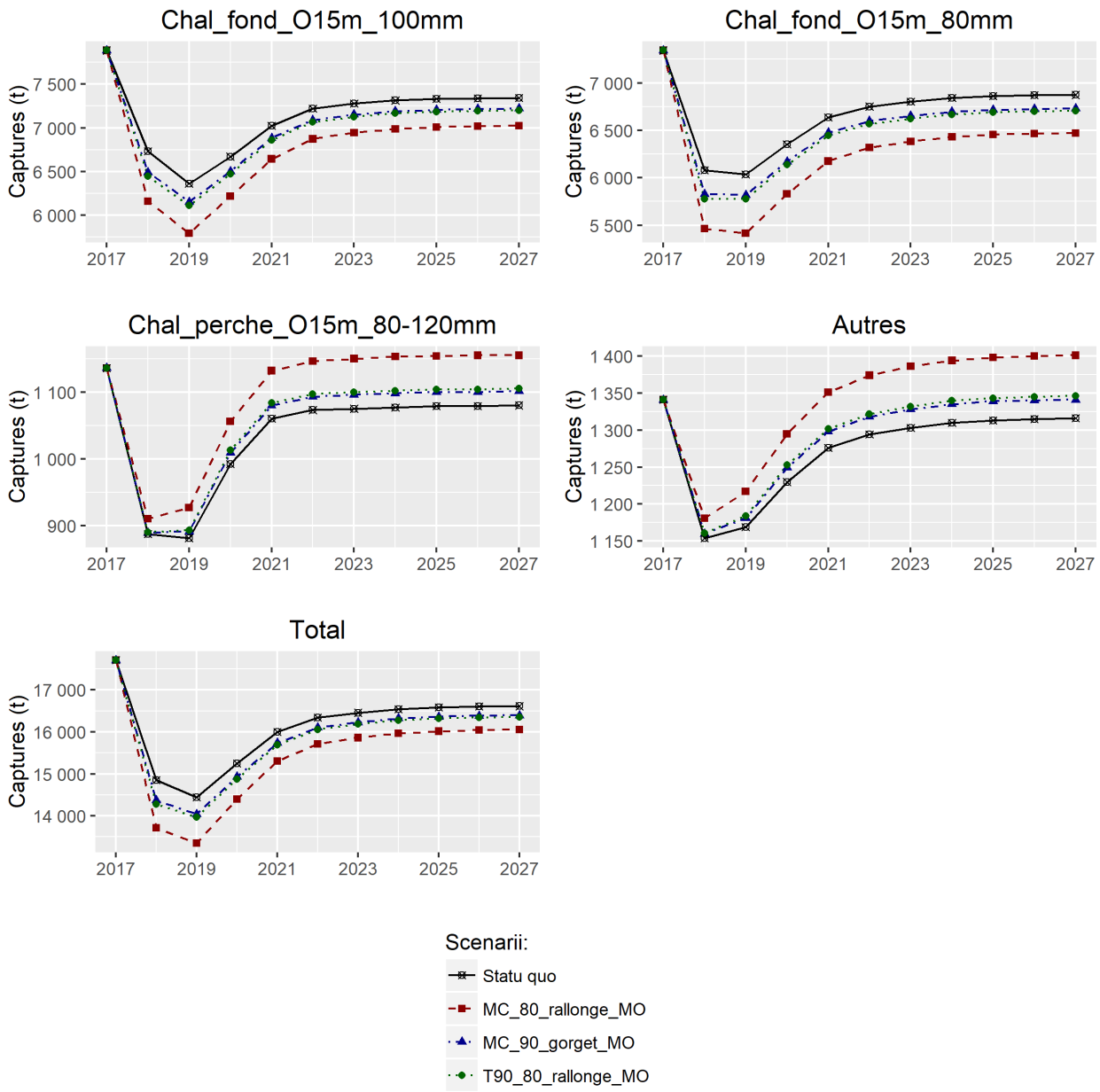


Figure 54 : modélisation des captures totales de merlan 7bce-k pour différents scenarii de sélectivité REJEMCELEC à l'horizon 2017-2027 – déclinaison par flottille CSTEP.

L'évolution générale des captures totales suit logiquement l'évolution de la SSB présentée en 2.4.1.1. Cependant, le dispositif le plus sélectif (« MC_80_rallonge_MO ») entraine un différentiel plus important avec le statu quo que les autres scenarii. Ce différentiel de capture est accentué dans les premières années de l'introduction du dispositif. En effet, **le temps que les poissons épargnés et survivants grossissent, les flottilles sélectives observent des pertes nettes sur les âges capturés auparavant** (0-1 pour le « MC_90_gorget_MO » et le « T90_80_rallonge_MO » et 0-2 pour « MC_80_rallonge_MO »). Sur la période de transition (2017-2022), la perte de biomasse capturée cumulée par rapport au statu quo est égale à -4,7% pour la MC 80 mm, -1,8% pour la MC 90 mm dans le gorget et -2,1% pour le T90 80 mm.

A l'échelle des flottilles, plusieurs constats peuvent être dressés :

1) **Les chalutiers de fond à panneau en 100 mm et 80 mm** sont les flottilles subissant la plus forte baisse des captures par rapport au statu quo. Cela s'explique par le fait qu'il s'agit des flottilles dont les capturent dépendent le plus des âges épargnés par la sélectivité. Sur 2017-2022, ils subissent ainsi une perte cumulée plus importante en proportion par rapport au statu quo (MC_80_rallonge_MO : -6,8% en 80 mm et -5,5% en 100 mm ; MC_90_gorget_MO : - 2,1% en 100 mm et -2,5% en 80 mm ; T90_80_rallonge_MO : - 2,5% en 100 mm et -2,9% en 80 mm).

2) **Les autres flottilles** profitent doublement de l'amélioration de la sélectivité. Dans un premier temps, elles capturent d'avantage de merlan d'âge 0-2 épargnés par les chalutiers de fond (hors perche). Ensuite, comme pour les flottilles sélectives, leurs captures de gros individus augmentent suite à l'amélioration de la sélectivité.

Dans l'ensemble, les gains en capture des flottilles initialement sélectives (mais peu contributrices à la mortalité par pêche) ne suffisent pas à compenser les pertes de capture des flottilles ayant amélioré leur sélectivité.

2.4.1.3 *Evolution du chiffre d'affaires commercialisable par flottille*

La Figure 55 présente l'évolution du chiffre d'affaires (CA) commercialisable pour chacune des flottilles modélisées.

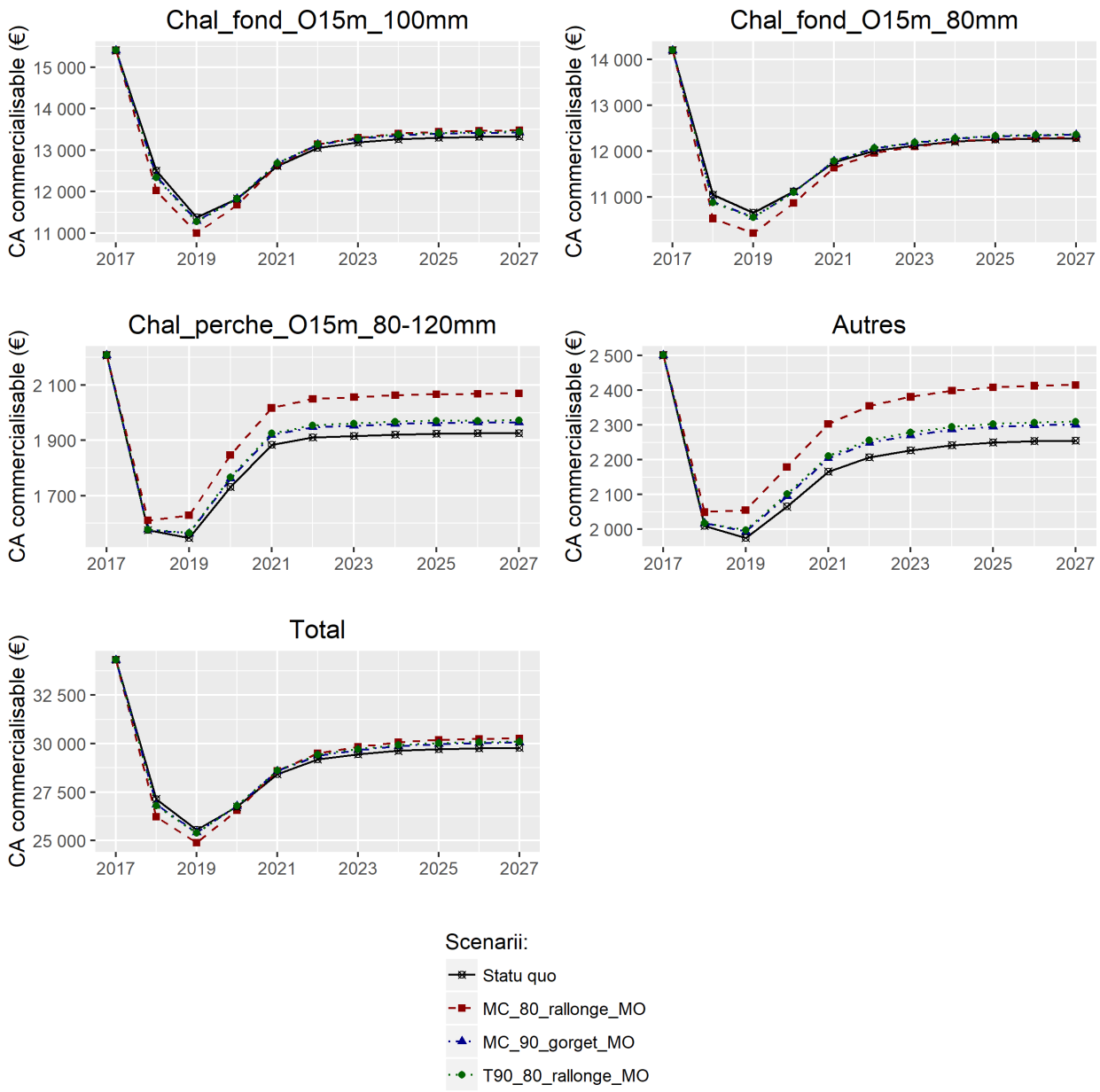


Figure 55 : modélisation du chiffre d'affaires commercialisable de merlan 7bce-k pour différents scenarii de sélectivité REJEMCELEC à l'horizon 2017-2027– déclinaison par flottille CSTEP.

Compte tenu de la structure des prix par catégorie commerciales utilisés (cf. 1.3.1.3), on constate qu'à l'horizon 2022, toutes les flottilles bénéficient de l'amélioration de la sélectivité en termes de CA commercialisable.

Néanmoins, les gains et les pertes durant la phase de transition ne sont pas répartis uniformément entre les flottilles. Le Tableau 46 présente les différences cumulées de CA commercialisable avec le statu quo entre 2017 et 2022.

Tableau 46 : pour le merlan 7bce-k et chaque flottille, différence cumulée (k€) entre le CA commercialisable de différents scenarii REJEMCELEC et le statu quo sur la période modélisée 2017-2027 - La variation relative en pourcentage est indiquée entre parenthèses.

Flottille	Différence cumulée de CA commercialisable 2017-2022 (k€)		
	MC_80_rallonge_MO	*MC_90_gorget_MO*	*T90_80_rallonge_MO*
Autres	+518 (+4%)	+134 (+1%)	+160 (+1%)
Chal_fond_O15m_100mm	-913 (-1%)	-96 (0%)	-113 (0%)
Chal_fond_O15m_80mm	-1 386 (-2%)	-178 (0%)	-211 (0%)
Chal_perche_O15m_80-120mm	+507 (+5%)	+121 (+1%)	+144 (+1%)
Total	-1 272 (-1%)	-18 (0%)	-18 (0%)

MC_90_gorget_MO et T90_80_rallonge_MO: pendant la phase de transition, toutes les flottilles profiteraient d'une amélioration de la sélectivité sur les âges 0-1 du merlan, hormis les chalutiers de fond ayant amélioré leur sélectivité. Sur le long terme, le niveau de CA commercialisable serait quasi-équivalent au statu quo (cf. Figure 55 et l'analyse du rendement par recrue). Dans l'ensemble, on observe des pertes sur 5 ans pour tous les dispositifs à l'échelle de la flottille totale, mais dans des proportions très faibles. Ces dispositifs amènerait à des pertes faibles sur la période de transition pour des gains faibles à terme.

MC_80_rallonge_MO : dans le cas d'une sélectivité plus appuyée (notamment sur l'âge 2), les impacts sur le CA commercialisable à court terme seraient plus marqués que dans le cas de la MC en 90 mm dans le gorget :

- Pour les chalutiers de fond en 100 mm adoptant le dispositif, une faible perte cumulée est constatée par rapport au statu quo sur 5 ans (- 913 k€). Cela s'explique par le fait que les baisses de capture (sur l'âge 2 notamment) les deux premières années ne sont pas compensées par les gains liés à l'augmentation de l'abondance des gros individus. Une fois encore, par le fait de la mortalité naturelle mais aussi de la mortalité par pêche des autres flottilles sur les âges 0-2 qui capturent une partie des merlans épargnés par les chalutiers de fond.

- Pour les chalutiers de fond en 80 mm, le phénomène est le même que leurs homologues en 100 mm. Les pertes sont même amplifiées par le fait que leur composition de capture était davantage dépendante des âges 0-2 et qu'ils disposaient d'une capturabilité plus faible sur les âges supérieurs à 3 (calibre 20 et 10).

- En fin de compte, ce sont principalement les autres flottilles qui profitent à court terme de l'amélioration de la sélectivité (même si elles sont peu contributrices à la mortalité des jeunes âges).

En guise de conclusion, deux points peuvent être exprimées pour le merlan 7bce-k :

1) **A court terme (5 ans),** la croissance pondérale des merlans épargnés par une amélioration substantielle de la sélectivité sur les âges 0-2 n'est pas suffisante pour compenser les pertes de biomasse liées à la mortalité naturelle et la mortalité par pêche des autres flottilles ;

2) **Les flottilles initialement dépendantes des premières classes d'âges (chalutiers de fond en 100 mm et surtout en 80 mm) profitent peu de l'amélioration de la sélectivité**. Des pertes cumulées en CA commercialisable sont même constatées sur les 5 premières années dans le cas d'une sélectivité sur l'âge 2 (MC en 80 mm).

3) En termes de gestion, la question de l'amélioration de la sélectivité demande un arbitrage entre :
   - Des pertes à court terme pour les flottilles sélectives pour des gains globaux supérieurs à long terme (MC 80 mm) ;
   - Pas de perte à court terme pour des gains globaux plus faibles à long terme (MC 90 mm gorget et T90 80 mm).

2.4.2 Eglefin 7bce-k

2.4.2.1 *Evolution de la biomasse de reproducteurs (SSB)*

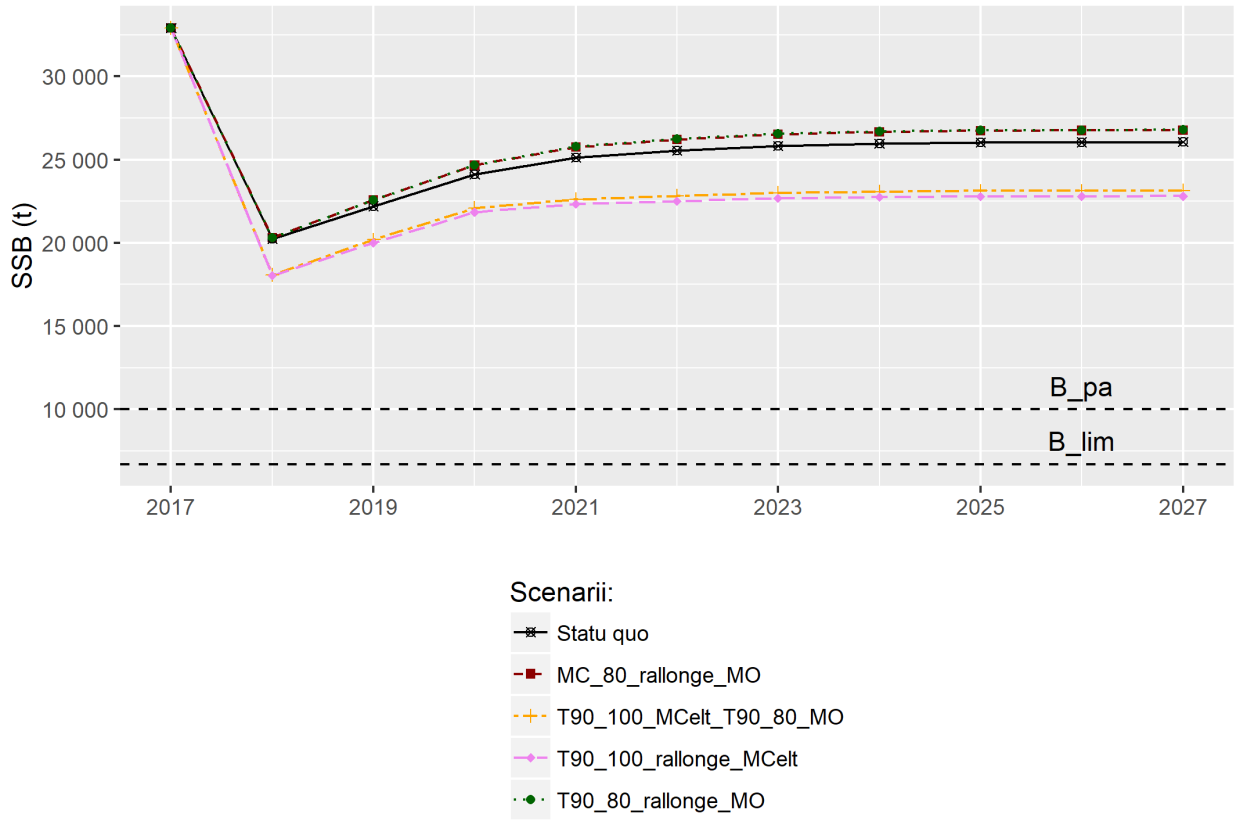


Figure 56 : modélisation de la biomasse de reproducteurs d'églefin 7bce-k pour différents scenarii de sélectivité REJEMCELEC à l'horizon 2017-2027

Globalement, la SSB se stabilise aux alentours de 2022 après avoir fortement chutée en 2018 (très faible recrutement en 2016).
L'évolution de la biomasse peut être analysée par scénario :

- **MC_80_rallonge_MO / T90_80_rallonge_MO :** l'usage de ces dispositifs entraine des baisses de capture sur les âges 1 de l'églefin. Logiquement, la SSB s'améliore après deux années, le temps que les jeunes individus viennent alimenter le stock. En 2022, la SSB serait supérieure de 3% au statu quo pour la MC 80 mm et de 3% pour le T90 80 mm.

- **T90_100_rallonge_MCelt :** pour ce scenarii, les captures d'âges 0-1 sont diminuées et augmentées sur les âges 2-3 en Mer Celtique. La hausse des captures sur les gros individus entraîne à terme une baisse de la SSB par rapport au statu quo. Néanmoins, avec l'hypothèse d'un recrutement moyen, cette biomasse est loin du seuil de précaution B_pa. En outre, même si le poids total de la biomasse est plus faible, sa structure démographique est plus équilibrée, avec davantage de jeunes individus et moins de vieux individus. D'après les simulations, la SSB serait inférieure de 12% au statu quo en 2022.

- **T90_100_MCelt_T90_80_MO :** ce scénario profite de la baisse supplémentaire des captures d'églefin sur l'âge 1 en Manche Ouest, améliorant légèrement l'état de la SSB en 2022 par rapport à l'introduction du T90 100 mm seul (-10% par rapport au statu quo).

2.4.2.2 *Evolution des captures par flottille*

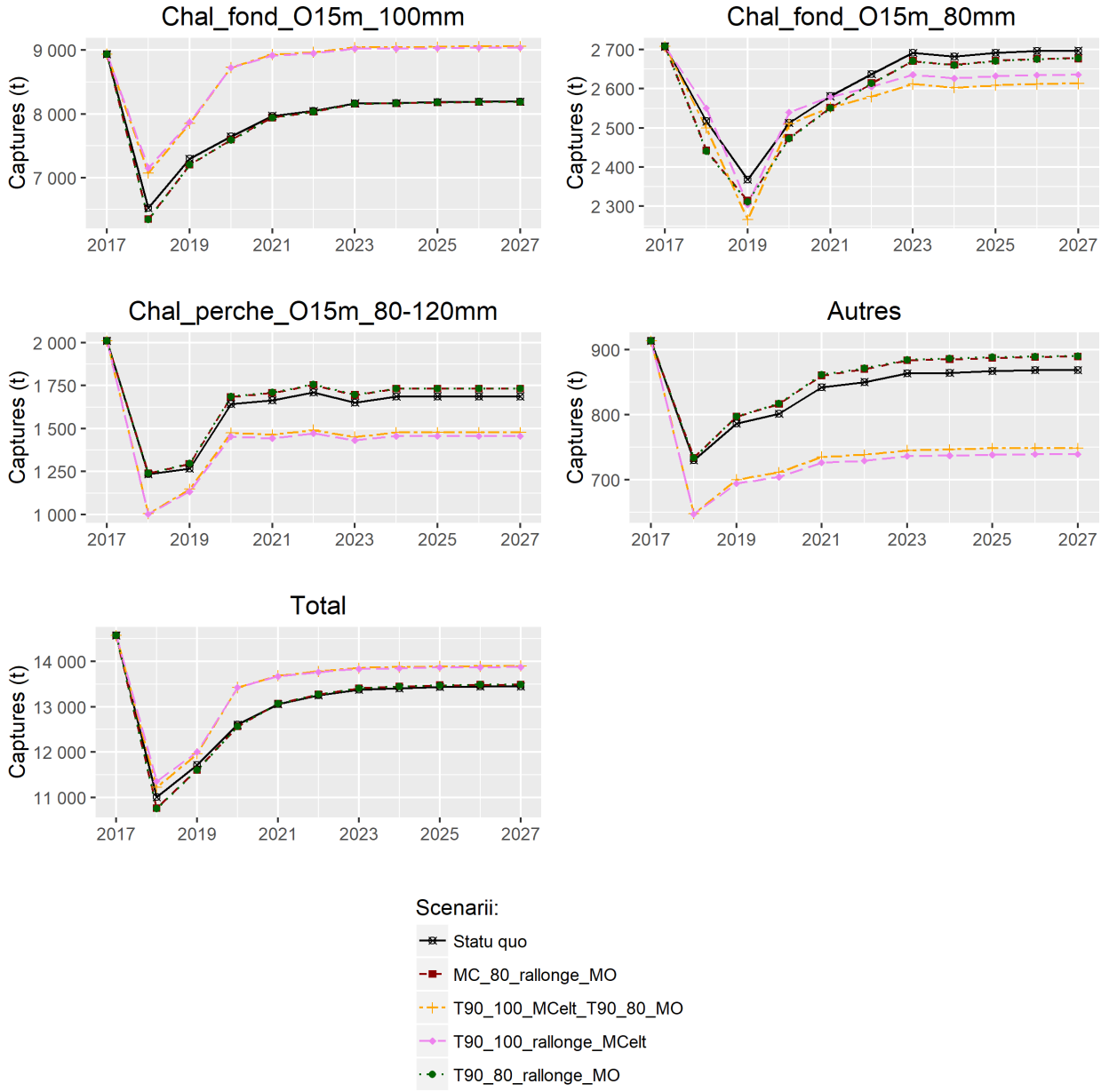


Figure 57 : modélisation des captures totales d'églefin 7bce-k pour différents scenarii de sélectivité REJEMCELEC à l'horizon 2017-2027 – déclinaison par flottille CSTEP.

Comme pour le merlan 7bce-k, l'évolution des captures totales suit logiquement l'évolution de la SSB présentée en 2.4.2.1. Sur le moyen terme (i.e. après 2022), on constate que la hiérarchie des scenarii en termes de captures totales correspond aux résultats du rendement par recrue présentés en 2.3.2. En revanche, la période de transition (2017-2027) mérite une attention particulière.

Premièrement, dans les deux scenarii où le T90 en 100 mm est utilisé, on constate une forte hausse des captures totales dès la première année, puis une chute très importante liée à la faible cohorte de 2016. L'augmentation immédiate des captures à court terme est trivialement liée à l'amélioration de la capturabilité sur les âges 2-3.

Deuxièmement, on observe que la répartition des gains et pertes entre les flottilles est plus inégalitaires que pour le merlan 7bce-k.

1) Grâce à l'amélioration de la capturabilité sur les âges 2-3, **les chalutiers de fond à panneau en 100 mm voient leurs captures progresser** avec les scenarii utilisant le T90 en 100 mm (différence cumulée de captures par rapport au statu quo 2017-2022 : «T90_100_rallonge_MCelt» : +9% ; «T90_100_MCelt_T90_80_MO» : +9%). L'usage de la MC et du T90 en 80 mm entraînent une situation proche du statu quo (resp. -1% et -1% cumulés sur 2017-2027) car les flottilles en 100 mm ont une meilleure capturabilité que leurs homologues en 80 mm, notamment sur les âges 5 et 6. Ainsi, ils sont plus à même de recapturer les poissons épargnés par la sélectivité.

2) **Les chalutiers de fonds en 80 mm subissent une baisse de capture dans tous les scenarii.** L'évolution de leurs captures peut s'expliquer par trois caractéristiques clés : une forte dépendance des captures d'églefin aux âges 0-1, un effort de pêche concentré en Manche Ouest et une moindre capturabilité sur les âges supérieurs à 1. Ainsi, les scénarii avec l'introduction du T90 en 100 mm en Mer Celtique leurs sont défavorables (différence cumulée de captures par rapport au statu quo 2017-2022 : «T90_100_rallonge_MCelt» : -2% ; «T90_100_MCelt_T90_80_MO» : -3%). En effet, travaillant principalement en Manche Ouest, les chalutiers de fond en 80 mm n'utilisent pas de dispositif permettant une hausse de la capturabilité sur les âges 2-3. Néanmoins, le scénario épargnant uniquement les églefins d'âge 0 et 1 en Mer Celtique («T90_100_rallonge_MCelt») peut leur procurer des hausses de capture à court terme de par la dépendance de leurs captures d'églefin à cette classe d'âge (cf. **Figure 58**). Néanmoins, cette caractéristique leur est défavorable dans le cas d'une amélioration de la sélectivité sur ces individus en Manche Ouest (différence cumulée de captures par rapport au statu quo 2017-2022 : « MC_80_rallonge_MO » : -1% ; « T90_80_rallonge_MO » : -1%).

3) Contrairement au merlan 7bce-k, **les autres flottilles profitent peu de l'amélioration de la sélectivité** en termes de captures totales. Premièrement, la hausse de la capturabilité des âges 2-3 avec le T90 100 mm en Mer Celtique permet aux flottilles améliorant leur sélectivité sur les jeunes âges d'être « récompensées » en ayant les capacités de les recapturer plus gros. Deuxièmement, les flottilles ayant adopté le T90 capturent davantage de gros églefin, au détriment des autres flottilles. Seule l'introduction de la MC et du T90 en 80 mm permettent d'augmenter leurs captures (de petits églefins en particulier).

Pour conclure, l'usage du T90 en 100 mm à la place du PMC 120 mm permet d'augmenter le niveau de capture des chalutiers en 100 mm qui sont les premiers contributeurs. En revanche, les autres flottilles sont globalement perdantes.

2.4.2.3 *Evolution du chiffre d'affaires commercialisable par flottille*

L'analyse en termes de CA commercialisable permet de compléter l'analyse des variations de capture.

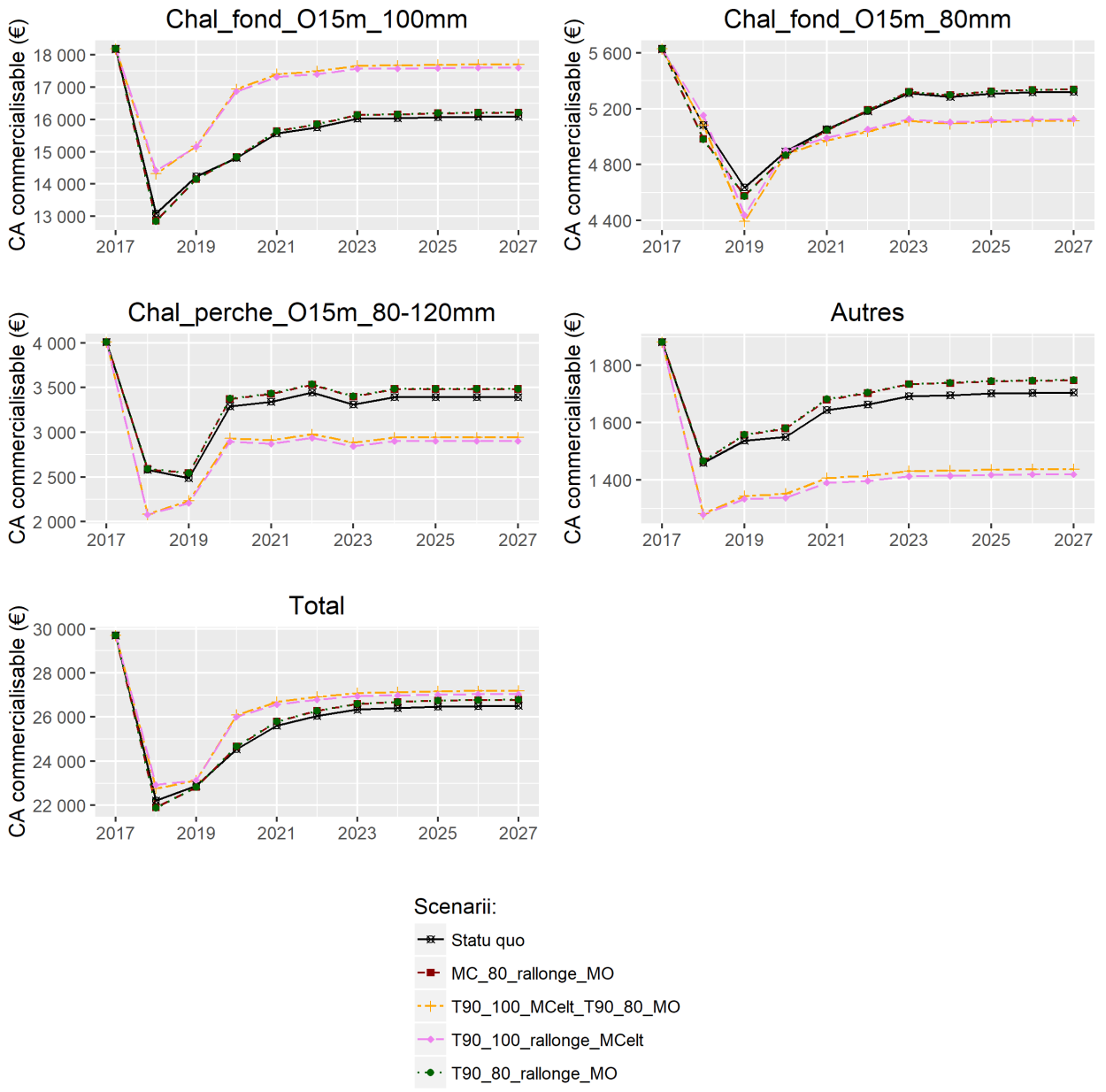


Figure 58 : modélisation du chiffre d'affaires commercialisable d'églefin 7bce-k pour différents scenarii de sélectivité REJEMCELEC à l'horizon 2017-2027 – déclinaison par flottille CSTEP.

Dans l'ensemble, l'évolution du CA commercialisable est similaire à celle des captures. Néanmoins, l'analyse par flottille et par scénario permet de dégager quelques spécificités.

Tableau 47 : pour l'églefin 7bce-k et chaque flottille, différence cumulée (k€) entre le CA commercialisable de différents scenarii REJEMCELEC et le statu quo sur la période modélisée 2017-2027 - La variation relative en pourcentage est indiquée entre parenthèses.

Flottille	Différence cumulée de CA commercialisable 2017-2022 (k€)			
	MC_80_ rallonge_MO	*T90_100_ rallonge_MCelt*	*T90_100_ MCelt_T90_80_MO*	*T90_80_ rallonge_MO*
Autres	+131 (+1%)	-1 055 (-11%)	-1 116 (-11%)	+138 (+1%)
Chal_fond_O15m_100mm	-125 (0%)	+7 843 (+9%)	+7 699 (+8%)	-130 (0%)
Chal_fond_O15m_80mm	-186 (-1%)	-487 (-2%)	-311 (-1%)	-194 (-1%)
Chal_perche_O15m_80-120mm	+318 (+2%)	-2 010 (-10%)	-2 160 (-11%)	+331 (+2%)
Total	+134 (0%)	+4 286 (+3%)	+4 109 (+3%)	+140 (0%)

En moyenne, les gains et pertes cumulées par rapport au statu quo à l'issue de la phase de transition (2017-2027) sont plus important que pour le merlan 7bce-k.

« MC_80_rallonge_MO » : la diminution des captures sur les âges 0-1 entraîne un gain très faible de CA commercialisable cumulé sur 5 ans rapport au statu quo. Durant la transition, les flottilles qui améliorent leur sélectivité (chalutiers de fond en 80 mm et 100 mm) subissent de faibles pertes cumulées (cf. Tableau 47).

«T90_100_rallonge_MCelt» : l'introduction du T90 en 100 mm ou tout dispositif équivalent en remplacement du PMC 120 mm en Mer Celtique génère des gains commerciaux importants pour les chalutiers en 100 mm (+9% de CA commercialisable cumulés sur 5 ans, +15% et +22% sur les calibres 30 et 20). En revanche, les chalutiers en 80 mm subissent une légère baisse de leur chiffre d'affaires commercialisable sur cinq ans. Ces navires pêchent moins dans les zones d'abondance de gros églefins. Aussi, les hausses de capture sur les âges 2-3 ne permettent pas de compenser les baisses de captures de vieux églefins (pêchés aux âges 2-3 avec le nouveau dispositif). Pour les autres flottilles, les pertes sont non négligeables (-10% de pertes cumulées par rapport au statut quo sur 5 ans pour les chalutiers à perche ; - 11% pour les autres flottilles). Néanmoins, les pertes en valeur absolue restent limitées, d'autant que l'églefin n'est pas une espèce particulièrement ciblée par ces flottilles.

«T90_100_MCelt_MC_80_MO» : ce scénario semble le plus raisonnable car il prend en compte l'amélioration probable de la sélectivité en Manche Ouest. Il permet ainsi d'augmenter légèrement le CA commercialisable des chalutiers de fond en 80 mm (sur les petites tailles et grâce aux hausses de rendement liées à la croissance des petits individus épargnés en Manche Ouest ; cf. Tableau 47).

En guise de conclusion, deux points peuvent être exprimés pour l'églefin 7bce-k :

- La mortalité naturelle de l'églefin aux jeunes âges est relativement élevée. Comme pour le merlan, **cela atténue l'effet d'une amélioration de la sélectivité sur ces âges** ;

- **Les gains liés à l'introduction du T90 en 100 mm en Mer Celtique sont importants, en particulier pour les chalutiers de fond en 100 mm**. L'augmentation de la capturabilité sur les âges 2-3 permet de profiter des individus épargnés ayant grossit. En revanche, d'autres flottilles sont perdantes mais le **gain global reste largement positif**. De plus, l'églefin n'est

pas une espèce d'importance majeure pour les flottilles lésées (autres flottilles et chalutiers à perche). Enfin, il peut s'agir d'un rééquilibrage suite à l'introduction du PMC 120 mm qui n'a pas été subit par ces flottilles (chalutiers à perche et autres flottilles).

Limites méthodologiques

Le traitement des données de modélisation a donné lieu à la mise en place de nombreuses hypothèses discutables. Trois points clés méritent d'être abordés en priorité **mais cette discussion mérite d'être approfondie** :

1) Les paramètres de mortalité naturelles estimés par le CIEM pour l'églefin et le merlan 7 bce-k. Pour ces deux stocks, la mortalité naturelle est supposée très élevée, notamment sur les jeunes âges. Ainsi, l'intérêt global d'une amélioration de la sélectivité est mitigé sur le moyen et long terme. Or, l'estimation de la mortalité naturelle est délicate compte tenu des problématiques évidente d'observation des poissons en mer. Les méthodes utilisées se basent généralement sur des études de méta-données liant des facteurs observables (poids ou taille du poisson) à la capacité de survie. Les données sont collectées lors d'expérimentation en captivité ou lors d'estimation sur la base de données de capture sur des stocks vierges. Elles n'en restent pas moins très variables et difficilement extrapolables. Or il s'agit d'un paramètre essentiel pour l'évaluation des stocks et la modélisation (Vetter, 1988).

2) La définition des scenarii. Lors des simulations effectuées, il a été considéré que les principales flottilles chalutières contributrices à la mortalité par pêche de l'églefin ou du merlan 7bce-k ont adopté le dispositif sélectif étudié ou un dispositif permettant d'obtenir les mêmes variations de capture aux âges. Or, ce scénario est mécaniquement en défaveur des flottilles déjà sélectives qui se verraient appliquer une diminution de capture égale à celle des flottilles peu sélectives. Comme cela a été fait dans le cas du scenario mixant le T90 en 80 mm en Manche Ouest et le T90 en 100 mm en Mer Celtique, il aurait été plus réaliste de supposer des améliorations de sélectivité différentes selon le niveau de sélectivité initial des flottilles. Cependant, cette option aurait pu brouiller les analyses en perdant de vue l'objectif d'identification des impacts propres à chaque dispositif.

3) L'extrapolation des résultats d'un métier spécifique à l'ensemble de la flottille européenne. Ce choix méthodologique très contestable a été une nécessité en vue de juger de l'effet de la sélectivité à l'échelle du stock. Il s'agit presque d'un résultat en soit car une amélioration de la sélectivité à l'échelle du simple métier français aurait entrainé des impacts négligeables à l'échelle du stock. Néanmoins, les résultats quantitatifs de tels scénarii sont délicats à considérer. En effet, les paramètres de sélectivité peuvent varier d'un navire à l'autre, même pour des dispositifs très similaires (cf. tests sur l'AZUR et le CARPE DIEM III dans le gorget). Il serait donc nécessaire d'utiliser d'autres sources de données que celle du CSTEP, décrivant les flottilles et les métiers avec des segmentations plus fines. Les données d'évaluation des stocks du CIEM constitueraient déjà une bonne piste.

Conclusions préliminaires

A la suite de ces premiers travaux exploratoires, certaines observations peuvent être émises concernant l'impact de l'usage des dispositifs REJEMCELEC sur les stocks de merlan et d'églefin dans les divisions CIEM 7bce-k:

- L'amélioration de la sélectivité est efficace si elle est réalisée de manière collective. En effet, si une flottille fortement contributrice n'améliore pas son diagramme d'exploitation, alors elle peut annuler les effets positifs des efforts effectués par les autres flottilles ;

- Pour le merlan et l'églefin 7bce-k, la structure en âge des stocks entraine une phase de transition d'environ cinq ans avant de constater une stabilisation de l'amélioration des rendements. Néanmoins, des effets positifs peuvent être constatés dès trois ou quatre ans selon le stock considéré, le degré d'amélioration de la sélectivité et la structure initiale du stock ;

- La variation des gains et des pertes selon les flottilles et les années est d'autant plus forte que le degré de changement de sélectivité est important ;

- La forte mortalité naturelle du merlan 7bce-k et dans une moindre mesure de l'églefin 7bce-k atténue considérablement les effets positifs de la sélectivité. En effet, pour ces stocks, la probabilité de mort naturelle est plus élevée que la probabilité de mort par pêche, et ce pour presque tous les âges. Ainsi, un poisson épargné a peu de chance d'être repêché plus tard. Or, même si la croissance pondérale est très élevée sur les jeunes âges, cela ne suffit pas à compenser de manière significative la perte de biomasse « capturable » liée à la mort naturelle. Néanmoins, d'un point de vue écosystémique, cette mort naturelle est très certainement favorable à un autre stock lui aussi (exemple : prédation du merlan par le cabillaud).

Références bibliographiques

Akaike, H., 1998. Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle, in: Selected Papers of Hirotugu Akaike, Springer Series in Statistics. Springer, New York, NY, pp. 199–213. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1694-0_15

Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins, Ifremer, Cofrépêche, 2004. RAPPORT FINAL DU PROGRAMME D'AMELIORATION DE LA SELECTIVITE DES CHALUTS DU GOLFE DE GASCOGNE.

Cornou, A.-S., Dimeet, J., Goascoz, N., Scavinner, M., Rochet, M.-J., 2016. Captures et rejets des métiers de pêche français. Résultats des observations à bord des navires de pêche professionnelle en 2015.

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.

DiCiccio, T.J., Efron, B., 1996. Bootstrap confidence intervals. Stat. Sci. 11, 189–228. https://doi.org/10.1214/ss/1032280214

Dunn, P.K., Smyth, G.K., 1996. Randomized Quantile Residuals. J. Comput. Graph. Stat. 5, 236–244. https://doi.org/10.1080/10618600.1996.10474708

Filippi, T., 2015. Obligation de débarquement des captures indésirées - Etude de l'impact de la règlementation sur la filière pêche bas-normande à partir de données collectées en mer. (Rapport d'études). Port-En-Bessin.

Gislason, H., Daan, N., Rice, J.C., Pope, J.G., 2010. Size, growth, temperature and the natural mortality of marine fish: Natural mortality and size. Fish Fish. 11, 149–158. https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2009.00350.x

Holst, R., Revill, A., 2009. A simple statistical method for catch comparison studies. Fish. Res. 95, 254–259.

ICES, WGMIXFISH, 2017. Report of the Working Group on Mixed Fish-eries Advice (WGMIXFISH-ADVICE) (Annual report). International Council for the Exploration of the Sea.

ICES, WGCSE, 2017a. Stock Annex: Haddock (Melanogrammus aeglefinus) in divisions 7.b–k (southern Celtic Seas and English Channel) (Stock Annex). International Council for the Exploration of the Sea.

ICES, WGCSE, 2017b. Haddock in divisions 7.b–k (Annual report). International Council for the Exploration of the Sea.

ICES, WGCSE, 2017c. Whiting in divisions 7.b–k (Annual report). International Council for the Exploration of the Sea.

ICES, WGCSE, 2017d. Stock Annex: Whiting (Merlangius Merlangus) in divisions 7.b–k (southern Celtic Seas and English Channel) (Stock Annex). International Council for the Exploration of the Sea.

ICES, W., 2014. ICES WKCELT REPORT 2014 - Report of the Benchmark Workshop on Celtic Sea stocks (Report). International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen - Denmark.

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.

Jones, E.G., Fryer, R., Kynoch, R., Summerbell, K., 2004. The influence of twine colour and contrast on the effectiveness of square mesh panels in a demersal whitefish trawl., in: Report of the ICES-FAO Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour (WGFTFB). ICES CIEM, Gdynia, Poland, p. 6.

Lamothe, J., Larnaud, P., Fiche, M., Robert, M., Morandeau, 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 Pëcheurs de Bretagne.

Leonardi, S., Rubin, A., Meillat, M., Coppin, F., Delpech, J.-P., Morandeau, F., Larnaud, Pascal, 2009. Selecmer – Amélioration de la sélectivité des chalutiers – Pêcheries multispécifiques Manche – Mer du Nord.

Lorenzen, K., 1996. The relationship between body weight and natural mortality in juvenile and adult fish: a comparison of natural ecosystems and aquaculture. J. Fish Biol. 49, 627–642. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb00060.x

Mahe, K., Delpech, J.-P., Carpentier, A., 2007a. Synthèse bibliographique des principales espèces de Manche orientale et du Golfe de Gascogne.

Mahe, K., Delpech, J.-P., Carpentier, A., 2007b. Synthèse bibliographique des principales espèces de Manche orientale et du Golfe de Gascogne.

Méhault, S., 2011. Analyse des résultats des essais de grille et cylindre à mailles carrées dans la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne (No. R.INT.RBE/STH/LTH 2011-07). Ifremer.

Méhault, S., Larnaud, P., Rimaud, T., Cuillandre, J.-P., Morandeau, F., Simon, J., Vacherot, J.-P., 2018. Essais de dispositifs sélectifs par les flottilles chalutières du golfe de Gascogne (Programme REDRESSE).

Meillat, M., Méhault, S., Morandeau, F., Vacherot, J.-P., 2011. Etude de dispositifs sélectifs - Pêcherie crustacés-poissons du golfe de Gascogne (No. R.INT.STH/LTH11-01). Ifremer.

Miller, T.J., 2013. A comparison of hierarchical models for relative catch efficiency based on paired-gear data for US Northwest Atlantic fish stocks. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 70, 1306–1316. https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0136

Mortreux, S., 2000. SAUvegarde des juvéniles de PLIe et MORue. Ifremer et Comité Local des Pêches Maritimes du Pas-de-Calais/Picardie.

North Western Waters Regional Advisory Council, 2011. Proposal on Improvements in Celtic Sea Selectivity Measures.

O'Neill, B. and al, 2017. REPORT OF THE STECF WORKING GROUP ON MAIN FACTORS AFFECTING COD END SELECTIVITY (SGMOS-07-06).

OP COBRENORD, 2015. Obligation de Débarquement au sein de l'Organisation de Producteurs COBRENORD : Evaluation des rejets de la flottille hauturière et analyse d'impacts. (Rapport d'études). Saint-Quay-Portrieux.

Parker, R.A., Ricker, W.E., 1960. Handbook of Computations for Biological Statistics of Fish Populations. J. Wildl. Manag. 24, 236. https://doi.org/10.2307/3796760

Priour, D., Herrmann, B., 2008. Trawl selectivity : the effect of mechanical properties of netting Effect on fish population.

Revill, A.S., Catchpole, T.L., Dunlin, G., 2007. Recent work to improve the efficacy of square-mesh panels used in a North Sea Nephrops norvegicus directed fishery. Fish. Res. 85, 321–327. http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2007.04.002

Roberts, J., Stevens, D., 2014. Grade Composition and Selectivity of ICES VII b-k Haddock in the Southwest Otter-Trawl Fishery. Marine Management Organisation.

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

Smith, S., Catchpole, T.L., 2013. Area VII Haddock Discard Eliminations using Technical Measures, Fisheries Science Partnership : 2013/14. CEFAS.

Thompson, W.F., Bell, H., 1934. Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2.Effect of changes in intensity upon total yield, and yield per unit gear. Rep Intern. Fish Comm 48.

Vogel, C., 2016. Rapport bibliographique « Sélectivité des engins de pêche ». IFREMER.

Weiller, Y., Reecht, 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

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.

Annexes

Annexe 10 Référentiel âge/calibre commercial

Espèce	Age	Calibre commercial	Proportion du calibre dans l'âge en poids
Eglefin	0	Non commercialisable	100,0%
	1	30	40,2%
	1	40	50,8%
	1	Non commercialisable	9,0%
	2	20	68,2%
	2	30	31,8%
	3	10	45,8%
	3	20	54,2%
	4	10	100,0%
	5	10	100,0%
	6	10	100,0%
	7	10	100,0%
	8	10	100,0%
Merlan	0	Non commercialisable	100,0%
	1	40	89,8%
	1	Non commercialisable	10,2%
	2	20	26,7%
	2	30	72,5%
	2	40	0,8%
	3	10	5,7%
	3	20	94,3%
	4	10	100,0%
	5	10	100,0%
	6	10	100,0%
	7	10	100,0%

Annexe 11 Equations du modèle de rendement par recrue et du modèle bio-économique

Rendement par recrue

Sur le plan théorique, le rendement par recrue est basé sur trois équations.
La première est celle qui décrit le nombre de poissons qui survivent chaque année au sein de la cohorte :

$$N_t = R \times e^{\sum_{i=tr}^{t-1} -(M_i+F_i)} \quad (1)$$

Avec Nt l'effectif de la cohorte à l'âge t, R le recrutement et tr l'âge de recrutement. Cette formule indique que l'effectif d'une cohorte à un âge t est la somme des survivants qui ont échappé à la mort par pêche ou naturelle.
La deuxième équation fournit l'effectif moyen de la cohorte pour un âge donné à partir duquel seront calculées les captures. L'idée de moyenne vient du fait que l'effectif est toujours donné sur un intervalle de temps (un an en général). Or durant cette année, l'effectif fluctue au gré de la mortalité naturelle et par pêche. Par exemple, les captures que l'on peut espérer obtenir en fin d'année seront forcément plus faibles qu'en début d'année. En effet, entre le début et la fin d'année, l'effectif a diminué. L'effectif moyen d'une cohorte à l'âge t s'écrit comme suit :

$$\bar{N}_t = N_t \times \frac{1 - e^{-(M_t+F_t)}}{M_t + F_t} \quad (2)$$

Enfin la dernière équation décrit la formation des captures en poids qui est dépendant de la mortalité par pêche mais également du poids de chaque poisson :

$$Y_t = F_t \times \bar{W}_t \times \bar{N}_t \quad (3)$$

Avec Y_t les captures en poids, et $\bar{W}_t$ le poids moyen des poissons capturés à l'âge t.
En insérant (1) dans (2) puis (2) dans (3) on déduit l'expression du rendement par recrue qui s'exprime par le rapport entre les captures totales en poids extraites de la cohorte et son effectif de départ (i.e. le recrutement) :

$$\frac{Y}{R} = \sum_{t=tr}^{T} F_t \times \bar{W}_t \times e^{\sum_{i=tr}^{t-1} -(M_i+F_i)} \times \frac{1 - e^{-(M_t+F_t)}}{M_t + F_t} \quad (4)$$

Pour obtenir l'équivalent en termes de débarquement, il suffit d'applique le taux de rejets par âge en nombre aux captures :

$$\frac{D}{R} = \sum_{t=tr}^{T} (1 - t_t) \times F_t \times \bar{W}_t \times e^{\sum_{i=tr}^{t-1} -(M_i+F_i)} \times \frac{1 - e^{-(M_t+F_t)}}{M_t + F_t} \quad (5)$$

Avec D les débarquements en poids et t_t le taux de rejets à l'âge t.
Pour chaque scénario et chaque espèce e, les Ft sont calculées en agrégeant les mortalités de chaque flottille (f) dans chaque division CIEM (d) :

$$F_{e,t} = \sum_{f=1}^{F} \sum_{d=1}^{D} F_sel_{e,t,f,d} \qquad (6)$$

Les rendements par recrue sont présentés sous forme de courbe pour différents niveaux de mortalité par pêche. Une courbe correspondant à un scénario.

Modèle bio-économique

Les relations décrivant le modèle de dynamique des populations utilisé sont décrites ci-dessous. La plupart des formules sont empruntées au modèle IAM (Mérzéreaud et al, 2010). Néanmoins certains ajustements ont été effectués, notamment sur l'intégration des proportions en poids de chaque catégorie commerciale sur les âges.

Notations

Indices

e : stock
f : flottille
d : division CIEM
s : scénario
t : âge
i : année
r : calibre commercial

Variables

SSB : biomasse de reproducteurs
N : stock en nombre d'individus
Y : capture en poids
C : captures en nombre d'individus
LAN : débarquements en nombre d'individus (ou en poids si indiqué dans la description)
DIS : rejets en nombre d'individus (ou en poids si indiqué dans la description)
TR : taux de rejets
F : mortalité par pêche
M : mortalité naturelle
var_sel : taux de variation en nombre d'individus lié à l'amélioration de la sélectivité. Fixé à 0 pour le statu quo.

tr = âge de recrutement
W : poids moyen par individu dans les captures
W_dis : poids moyen par individu dans les rejets
W_stock : poids moyen par individu dans le stock (au 1er janvier)
MAT : proportion d'individus matures
P : proportion de poissons en poids d'un âge t attribuable à un calibre commercial r (cf. 1.3.1.2).
PM : prix moyen
t_act : taux d'actualisation des prix

L'ajout de « _init » décrit l'indicateur issu des données de paramétrage (année 2016 ou moyenne 2014-2016 pour les taux de rejets et les poids moyens aux âges). Afin d'alléger les écritures, « _init » n'est pas rajouté pour P, PM, t_act, TR, var_sel, F, M, W, W_dis, W_stock et MAT qui sont supposés constants quel que soit l'année i.
L'ajout de « _sel » décrit l'indicateur après l'amélioration de la sélectivité.

Mortalité par pêche

Num. éq.	Description	Equation
1	Captures initiales après amélioration de la sélectivité	$C_{sel_init_{s,e,t,f,d}} = C_{init_{e,t,f,d}} \times \left(1 + var_{sel_{s,e,t,f,d}}\right)$
2	Mortalité par pêche aux âges par flottille	$F_sel_{s,e,t,f,d} = F_{e,t} \times \frac{C_sel_init_{s,e,t,f,d}}{\sum_{f=1}^{F}\sum_{d=1}^{D} C_init_{s,e,t,f,d}}$
3	Mortalité par pêche aux âges par flottille	$F_sel_{s,e,t,f} = \sum_{d=1}^{D} F_sel_{s,e,t,f,d}$
4	Mortalité par pêche aux âges	$F_sel_{s,e,t} = \sum_{f=1}^{F} F_sel_{s,e,t,f}$

Dynamique de population

Num. équation	Description	Equation
5	Effectif par classe d'âge à chaque année de modélisation	$N_{s,e,t+1,i+1} = N_{s,e,t,i} \times e^{-(M_{e,t}+F_sel_{s,e,t})}$
6	Effectif de la dernière classe d'âge à chaque année de modélisation	$N_{s,e,T,i+1} = N_{s,e,T-1,i} \times e^{-(M_{e,T-1}+F_sel_{s,e,T-1})} + N_{s,e,T,i} \times e^{-(M_{e,T}+F_sel_{s,e,T})}$

7	Biomasse de reproducteurs	$SSB_{s,e,i} = \sum_{t=tr}^{T} N_{s,e,t,i} \times W_stock_{e,t} \times MAT_{e,t}$

Capture, débarquements et rejets

Num. équation	Description	Equation
8	Captures par âge, espèce et flottille à chaque année de modélisation	$C_sel_{s,e,t,f,i} = F_sel_{s,e,t,f} \times N_{s,e,t,i} \times \frac{1 - e^{-(M_{e,t} + F_sel_{s,e,t})}}{M_{e,t} + F_sel_{s,e,t}}$
9	Captures en poids par âge, espèce et flottille à chaque année de modélisation	$Y_sel_{s,e,t,f,i} = C_sel_{s,e,t,f,i} \times W_{e,t}$
10	Taux de rejet par âge, espèce et flottille	$TR_{e,t,f} = \frac{DIS_init_{e,t,f}}{DIS_init_{e,t,f} + LAN_init_{e,t,f}}$
11	Rejets en poids par âge, espèce et flottille à chaque année de modélisation	$DIS_sel_{s,e,t,f,i} = Y_sel_{s,e,t,f,i} \times TR_{e,t,f} \times W_dis_{e,t}$
12	Débarquements en poids par âge, espèce et flottille à chaque année de modélisation	$LAN_sel_{s,e,t,f,i} = Y_sel_{s,e,t,f,i} - DIS_sel_{s,e,t,f,i}$
13 14 15	Captures, débarquements et rejets, par espèce, flottille et calibre commercial à chaque année de modélisation	$\mathrm{C_sel}_{s,e,r,f,i} = \sum_{t=t\|r}^{T\|r} C_sel_{s,e,t,f,i} \times P_{er\|t} \times W_{e,t}$ $\mathrm{DIS_sel}_{\mathrm{sel}_{s,e,r,f,i}} = \sum_{t=t\|r}^{T\|r} DIS_sel_{s,e,t,f,i} \times P_{er\|t} \times W_dis_{e,t}$ $\mathrm{LAN_sel}_{s,e,r,f,i} = \mathrm{C_sel}_{s,e,r,f,i} - \mathrm{DIS_sel}_{\mathrm{sel}_{s,e,r,f,i}}$

Noter que les captures appartenant à un calibre non commercialisable ont été affectée en rejets dans la formule (14) :

$$DIS_sel_{s,e,t,f,i} = C_sel_{s,e,t,f,i} \; si \; r = "Non \; commercialisable"$$

Chiffre d'affaires

Num. équation	Description	Equation
16	Chiffre d'affaires actualisé, par espèce, flottille et calibre commercial à chaque année de modélisation	$\mathrm{CA_sel}_{s,e,r,f,i} = \frac{\sum_{r=1}^{R} \mathrm{C_sel}_{s,e,r,f,i} \times PM_{er}}{(1 + t_act)^{i}}$ Avec $i = 0 \dots I$

Annexe 12 Pourcentage de variation des captures par calibre commercial et du chiffre d'affaires commercialisable entre les scenarii testés et le statu quo en 2022 (données issus de la modélisation)

Stock	Scenario	Flottille CSTEP	Calibres commerciaux					Chiffre d'affaires commercialisable
			Non commercialisable	40	30	20	10	
Eglefin 7bce-k	MC_80_rallonge_MO	Autres	1,6%	4,8%	6,2%	6,5%	4,4%	5,4%
		Chal_fond_O15m_100mm	-61,3%	-10,0%	0,3%	6,6%	4,8%	3,8%
		Chal_fond_O15m_80mm	-63,1%	-10,4%	-1,9%	6,6%	4,5%	3,1%
		Chal_perche_O15m_80-120mm	2,1%	5,1%	6,2%	6,6%	5,3%	6,2%
		Total	-53,3%	-8,4%	1,0%	6,6%	4,7%	4,1%
	T90_100_MCelt_T90_80_MO	Autres	1,6%	3,6%	0,0%	-8,8%	-22,3%	-12,7%
		Chal_fond_O15m_100mm	-53,7%	1,5%	24,3%	33,4%	-10,2%	12,6%
		Chal_fond_O15m_80mm	-55,7%	2,2%	13,1%	17,5%	-14,6%	0,3%
		Chal_perche_O15m_80-120mm	2,1%	2,6%	-2,5%	-8,7%	-20,4%	-11,2%
		Total	-46,7%	1,9%	17,4%	21,1%	-13,2%	5,4%
	T90_100_rallonge_MCelt	Autres	1,6%	1,2%	-1,4%	-10,3%	-23,3%	-14,0%
		Chal_fond_O15m_100mm	-28,5%	-0,4%	22,1%	30,9%	-11,4%	10,7%
		Chal_fond_O15m_80mm	-18,7%	0,4%	11,0%	15,4%	-15,5%	-1,2%
		Chal_perche_O15m_80-120mm	0,0%	0,0%	-4,3%	-10,5%	-21,6%	-12,7%
		Total	-22,0%	0,0%	15,3%	18,9%	-14,2%	3,7%
	T90_80_rallonge_MO	Autres	1,6%	3,6%	3,4%	3,4%	2,2%	2,9%
		Chal_fond_O15m_100mm	-54,1%	3,7%	3,6%	3,5%	2,4%	3,1%
		Chal_fond_O15m_80mm	-56,2%	3,7%	3,8%	3,5%	2,2%	2,9%
		Chal_perche_O15m_80-120mm	2,1%	2,6%	3,3%	3,5%	2,9%	3,3%
		Total	-47,0%	3,6%	3,6%	3,6%	2,4%	3,1%
Merlan 7bce-k	MC_80_rallonge_MO	Autres	0,0%	1,5%	6,1%	8,6%	5,8%	6,5%
		Chal_fond_O15m_100mm	-72,6%	-69,8%	-28,8%	2,9%	6,0%	1,0%
		Chal_fond_O15m_80mm	-77,4%	-74,4%	-31,1%	2,5%	5,8%	0,2%
		Chal_perche_O15m_80-120mm	6,3%	2,2%	5,9%	9,1%	6,9%	7,6%
		Total	-58,6%	-59,2%	-25,3%	3,8%	6,0%	1,5%
	MC_90_gorget_MO	Autres	0,0%	0,8%	2,7%	2,3%	1,4%	1,9%
		Chal_fond_O15m_100mm	-56,5%	-52,7%	2,5%	2,5%	1,6%	0,7%
		Chal_fond_O15m_80mm	-61,3%	-56,1%	2,5%	2,4%	1,5%	0,5%
		Chal_perche_O15m_80-120mm	6,3%	1,1%	2,4%	2,4%	1,7%	2,0%
		Total	-45,9%	-44,5%	2,5%	2,4%	1,5%	0,8%
	T90_80_rallonge_MO	Autres	0,0%	0,8%	3,1%	2,7%	1,8%	2,2%
		Chal_fond_O15m_100mm	-62,9%	-62,6%	2,9%	2,9%	1,8%	0,8%
		Chal_fond_O15m_80mm	-67,7%	-66,6%	3,0%	2,9%	1,8%	0,6%
		Chal_perche_O15m_80-120mm	6,3%	1,1%	3,5%	2,9%	2,0%	2,4%
		Total	-51,0%	-53,0%	3,0%	2,9%	1,8%	0,9%
Merlan 7bce-k + Eglefin 7bce-k	MC_80_rallonge_MO	Autres	1,3%	2,8%	6,1%	7,9%	5,4%	6,1%
		Chal_fond_O15m_100mm	-62,5%	-36,0%	-12,7%	4,8%	5,6%	2,3%
		Chal_fond_O15m_80mm	-66,4%	-52,4%	-23,4%	3,4%	5,6%	0,9%
		Chal_perche_O15m_80-120mm	3,2%	3,1%	6,1%	7,7%	6,2%	6,8%
		Total	-54,2%	-35,8%	-13,2%	5,0%	5,6%	2,5%
	MC_90_gorget_MO	Autres	0,0%	0,8%	2,7%	2,3%	1,4%	1,9%
		Chal_fond_O15m_100mm	-56,5%	-52,7%	2,5%	2,5%	1,6%	0,7%
		Chal_fond_O15m_80mm	-61,3%	-56,1%	2,5%	2,4%	1,5%	0,5%
		Chal_perche_O15m_80-120mm	6,3%	1,1%	2,4%	2,4%	1,7%	2,0%
		Total	-45,9%	-44,5%	2,5%	2,4%	1,5%	0,8%
	T90_100_MCelt_T90_80_MO	Autres	1,6%	3,6%	0,0%	-8,8%	-22,3%	-12,7%
		Chal_fond_O15m_100mm	-53,7%	1,5%	24,3%	33,4%	-10,2%	12,6%
		Chal_fond_O15m_80mm	-55,7%	2,2%	13,1%	17,5%	-14,6%	0,3%
		Chal_perche_O15m_80-120mm	2,1%	2,6%	-2,5%	-8,7%	-20,4%	-11,2%
		Total	-46,7%	1,9%	17,4%	21,1%	-13,2%	5,4%
	T90_100_rallonge_MCelt	Autres	1,6%	1,2%	-1,4%	-10,3%	-23,3%	-14,0%
		Chal_fond_O15m_100mm	-28,5%	-0,4%	22,1%	30,9%	-11,4%	10,7%
		Chal_fond_O15m_80mm	-18,7%	0,4%	11,0%	15,4%	-15,5%	-1,2%
		Chal_perche_O15m_80-120mm	0,0%	0,0%	-4,3%	-10,5%	-21,6%	-12,7%
		Total	-22,0%	0,0%	15,3%	18,9%	-14,2%	3,7%
	T90_80_rallonge_MO	Autres	1,3%	1,9%	3,2%	3,0%	1,9%	2,5%
		Chal_fond_O15m_100mm	-55,1%	-25,1%	3,3%	3,2%	2,0%	1,9%
		Chal_fond_O15m_80mm	-58,9%	-42,4%	3,2%	3,0%	1,8%	1,2%
		Chal_perche_O15m_80-120mm	3,2%	1,6%	3,3%	3,2%	2,4%	2,9%
		Total	-47,7%	-27,0%	3,3%	3,2%	2,0%	1,8%

Annexe 13 Sorties du modèle de rendement par recrue et de modélisation bio-économique

Les travaux de modélisation ont donnés lieu à la production de nombreux indicateurs.

Le lecteur souhaitant compléter les analyses fournies par ce rapport pourra trouver les fichiers de données de sortie grâce au lien suivant :

http://www.cobrenord.com/sorties_modelisation_rejemcelec/

Le contenu du fichier « .zip » se décompose de la manière suivante :

- « Données_modélisation_REJEMCELEC_COBRENORD_rendement_recrue.csv » : Déclinaison de trois indicateurs issus du modèle de rendement par recrue (captures totales en poids, captures commercialisables (sans le sous-taille) en poids et chiffre d'affaires commercialisable) pour 1000 recrues selon le stock et le scénario.

- « Données_modélisation_REJEMCELEC_COBRENORD_Stock.csv » : sortie du modèle bio-économique sur la période 2017-2027 pour les indicateurs à l'échelle du stock (Biomasse de reproducteurs (SSB), biomasse totale et nombre d'individus dans le stock). Déclinaison par Stock, scenario, âge et année.

- « Données_modélisation_REJEMCELEC_COBRENORD_captures_flottilles » : sortie du modèle bio-économique sur la période 2017-2027 pour les indicateurs liées aux flottilles (Captures totales en nombre d'individus et en poids, captures commercialisables en poids et chiffre d'affaires commercialisable). Déclinaison par Stock, scenario, flottille, calibre commercial et année.