

*Département Ressources
Biologiques et Environnement.
Laboratoire de Technologie Halieutique*

*Sonia Méhault
Novembre 2011- R.INT.RBE/STH/LTH 2011-07*

ifremer

Analyse des résultats des essais de grille et cylindre à mailles carrées dans la pêcherie chalutière langoustinière du Golfe de Gascogne

Programme 'Sélectivité et Pêche Durable'

Analyse des résultats des essais de grille et cylindre à mailles carrées dans la pêcherie chalutière langoustinière du Golfe de Gascogne

Programme 'Sélectivité et Pêche Durable'

Résumé

Près de deux cent chalutiers du Golfe de Gascogne ciblent la langoustine et capturent du merlu de manière accessoire. La différence de morphologie entre ces deux espèces pêchées sur les mêmes zones en même temps rend les chaluts standards peu sélectifs. De nombreuses recherches et des efforts d'amélioration de la sélectivité de ces engins ont été réalisés, mais les taux de rejets restent élevés et doivent encore être diminués pour atteindre une exploitation responsable de la ressource. Afin de réduire significativement les captures d'individus inférieurs à la taille minimale de capture, deux dispositifs sélectifs novateurs ont été mis au point et leur efficacité a été évaluée: le cylindre à mailles carrées et la grille à langoustine sur le dos de la rallonge du chalut (= position inversée). La composition des captures réalisées avec ces dispositifs a été comparée à celle d'un chalut standard, équipé du panneau à mailles carrées réglementaire utilisé dans le dessus du gorget. Les dispositifs testés ont capturé significativement moins d'individus inférieurs aux tailles commerciales que le chalut standard, mais une très grande variabilité inter-traits a été observée. Les taux d'échappement obtenus sont relatifs à la sélectivité de l'engin standard, et dépendent de leur mode calcul (taux différents selon s'ils sont calculés à partir de traits moyennés, de traits cumulés, en nombre ou en poids). Il n'est donc pas approprié de caractériser chaque couple « dispositif sélectif/espèce » par seulement une valeur de taux d'échappement. Par contre, les performances des deux dispositifs novateurs testés dans les mêmes conditions peuvent être comparées. Avec le cylindre à mailles carrées, la langoustine a été échantillonnée sur 62 traits et le merlu sur 87 traits. Avec la grille inversée, la langoustine a été échantillonnée sur 74 traits et le merlu sur 84 traits. La grille permet un meilleur échappement de petits merlus que le cylindre (27-40% avec la grille et 17-22% avec le cylindre), avec de faibles échappements d'individus de tailles commerciales observés (0-2% avec le cylindre), voire des 'gains' (en nombre) d'individus de taille commerciale avec la grille inversée. Pour la langoustine, l'échappement de petits individus avec le cylindre ou la grille sont significatifs (20-24% avec le cylindre et 19-26% avec la grille). L'échappement de langoustine de taille commerciale s'élève à 10-11% avec la grille et 13-14% avec le cylindre. Le modèle statistique ajusté à ces données indique que plus les langoustines sont petites, plus ces deux dispositifs sont efficaces. Au delà de la taille minimum de capture, les échappements de langoustines deviennent moindres et ces deux dispositifs sélectifs tendent à capturer des quantités équivalentes à celles du chalut standard, bien que des échappements de langoustines de tailles commerciales soient toujours observés.

sommaire

1. INTRODUCTION.....	7
2. MATERIEL ET METHODE	8
2.1. LES DISPOSITIFS SELECTIFS	8
2.1.1. GREEMENTS.....	8
2.1.2. CYLINDRE A MAILLES CARREES	9
2.1.3. GRILLE A LANGOUSTINE INVERSEE	9
2.2. DONNEES ET ANALYSE.....	10
2.2.1. DONNEES COLLECTEES.....	10
2.2.2. L'EXPLORATION ET L'ANALYSE DES DONNEES	10
3. RESULTATS.....	15
3.1. LE CYLINDRE A MAILLES CARREES.....	15
3.1.1. LA LANGOUSTINE	16
3.1.2. LE MERLU	21
3.2. LA GRILLE INVERSEE.....	25
3.2.1. LA LANGOUSTINE	26
3.2.2. LE MERLU	31
4. DISCUSSION ET CONCLUSION.....	35
4.1. CYLINDRE A MAILLES CARREES.....	35
4.2. GRILLE A LANGOUSTINE INVERSEE	36
4.3. DISCUSSION GENERALE	38
5. ANNEXES.....	41
5.1. ANALYSES GRAPHIQUES	42
5.1.1. LANGOUSTINE, CYLINDRE A MAILLES CARREES.....	42
5.1.2. MERLU, CYLINDRE A MAILLES CARREES	46
5.1.3. LANGOUSTINE, GRILLE INVERSEE	50
5.1.4. MERLU, GRILLE INVERSEE.....	54
5.2. COMPARAISON DES CAPTURES MOYENNES AUX TAILLES - <i>OBSMER</i> ET <i>AGLIA</i> (MOIS ET SECTEURS COMMUNS)	58
5.2.1. LANGOUSTINE	58
5.2.2. MERLU.....	59
6. BIBLIOGRAPHIE.....	60
7. REMERCIEMENTS.....	61

1. Introduction

La langoustine et le merlu représentent une part importante des débarquements réalisés par les flottilles françaises sur le littoral national atlantique (FranceAgrimer, 2011). Dans cette zone géographique, ces deux espèces vivent sur les mêmes fonds marins. Sur la grande vasière du Golfe de Gascogne, la langoustine est ciblée par de nombreux chalutiers de fond (Leblond *et al.*, 2009) qui capturent accessoirement du merlu. Les chalutiers langoustiniers français contribuaient en 2009 à environ 15% des débarquements nationaux de merlu du stock nord (Bertignac, 2011). Le règlement européen (EC, 1998) impose des mesures techniques pour limiter les prises d'individus de tailles inférieures à la taille réglementaire (supérieure à 27cm pour le merlu et supérieure à 9cm pour la langoustine (soit 28mm de longueur céphalothoracique (LC)). Cependant, ces deux espèces ayant des morphologies très distinctes, un maillage unique se révèle peu efficace pour épargner les petits merlus sans diminuer la capture de langoustines de taille commerciale. Les taux et les quantités de rejets engendrés par cette pêcherie mixte restent élevés. Guérineau *et al.* (2010) ont montré que le taux de rejets de la flottille qui cible la langoustine dans le Golfe de Gascogne s'élève en moyenne à 55% (en poids), la langoustine, le merlu et le tacaud commun étant les principales espèces rejetées. Pour la langoustine et le merlu, une amélioration sensible du diagramme d'exploitation (en épargnant les petits individus), permettrait d'atteindre un rendement maximal durable plus élevé (Biseau, 2011). Des progrès ont cependant été obtenus par les professionnels, en collaboration avec l'Ifremer et le CNPMEM, notamment par l'adoption du panneau à mailles carrées merlu, et de dispositifs visant à réduire la capture de petites langoustines (CNPMEM, 2004, CNPMEM 2010 et le règlement CE N°51/2006). Cependant, des améliorations significatives de la sélectivité dans cette pêcherie sont encore nécessaires pour préserver à la fois la ressource et les activités économiques qui en dépendent.

Afin de proposer une nouvelle solution au problème des rejets de pêche, un cylindre à mailles carrées et une grille à langoustine sur le dos de la rallonge du chalut (en position inversée) placés dans la rallonge du chalut ont été mis au point par le laboratoire de technologie halieutique de l'Ifremer de Lorient et expérimentés sur le Gwen-Drez (navire de l'Ifremer). Avec l'assistance des technologistes halieutes de l'Ifremer pour la définition des protocoles d'essais et les réglages des chaluts sélectifs, les nouveaux dispositifs ont été testés sur des navires professionnels dans le cadre du projet Sélectivité et Pêche Durable (SPD) piloté par l'Agria. Les données collectées ont ensuite été analysées par l'Ifremer (convention de partenariat N°09/1217894/BF). Les méthodes de traitements et les résultats sont présentés et discutés dans ce document et ses annexes.

2. Matériel et méthode

2.1. Les dispositifs sélectifs

2.1.1. Gréements

Les données analysées ont été récoltées à bord de navires de pêche professionnelle. Chacun de ces navires était gréé avec des chaluts jumeaux (Figure 1). Ce gréement permet de tester d'un côté un chalut Sélectif (S) équipé du cylindre à mailles carrées ou de la grille inversée, et de comparer ces captures à celles d'un chalut Témoin (T) (= standard), équipé d'un panneau à mailles carrées (PMC) de 100mm à la jauge pour l'échappement du merlu conformément à la réglementation en vigueur (règlement européen 850/1998 et 51/2006). Il est actuellement utilisé dans la pêche mixte merlu/langoustine du Golfe de Gascogne.

NB : La réglementation nationale française en vigueur impose en plus l'adoption d'un dispositif sélectif pour la langoustine (ie. les armateurs ont le choix entre une augmentation du maillage du cul à 80mm, un panneau ventral à mailles carrées ou une grille insérée dans la rallonge (CNPMEM, 2010)). Le chalut standard utilisé pour les expérimentations présentées dans ce document n'était équipé d'aucun de ces dispositifs.

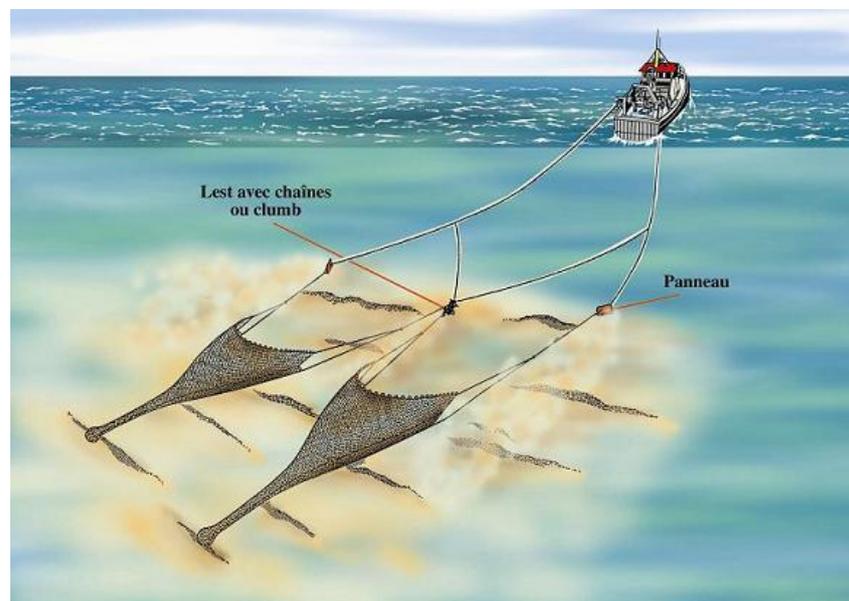


Figure 1 : Chaluts jumeaux utilisés pour l'étude de comparaison de capture entre un chalut sélectif et un chalut standard.

Afin de limiter les biais dus au matériel, les culs des chaluts témoins et sélectifs étaient toujours identiques avec les caractéristiques suivantes :

- Partie droite PE 3 MS 80mm jauge (88mm étiré), 120 mailles de circonférence et 100 mailles de profondeur

- Fond de cul : Compact MS 75mm jauge (83mm étiré), 120 mailles de circonférence et 33 mailles de profondeur
- Ralingues avec du mou, ailière en polysteel 18mm
- Tablier PE 8MS

2.1.2. Cylindre à mailles carrées

Le premier dispositif sélectif testé consiste en un cylindre de mailles carrées de 68mm à la jauge (ou 37 mm de côté de maille neuf) et de 3.15m de long (85 côté de mailles) en polyéthylène (PE) avec nœuds. Le collage du cylindre est effectué selon 2 mailles losanges pour une maille carrée. Il est positionné dans la rallonge du chalut (Figure 2).

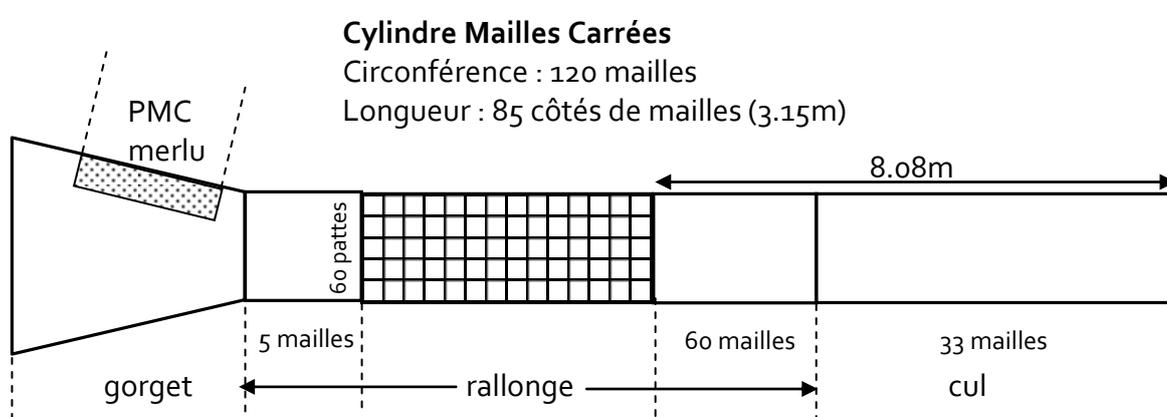


Figure 2 : schéma du cylindre à mailles carrées dans la rallonge du chalut test

2.1.3. Grille à Langoustine inversée

Le second dispositif sélectif testé consiste en une grille à langoustine placée sur la face supérieure de la rallonge (grille inversée, Figure 3). Elle est constituée de barreaux ronds en polyuréthane souple espacés de 13mm et renforcée par 5 entremises.

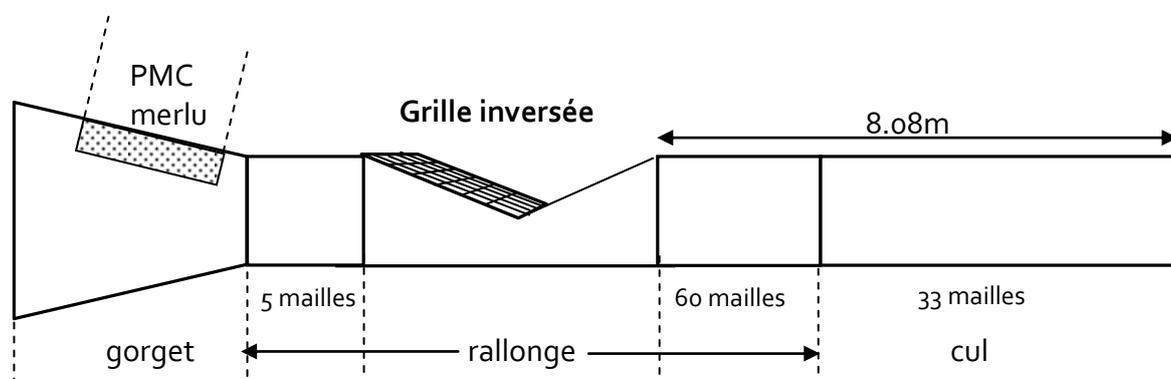


Figure 3 : schéma de la grille inversée dans la rallonge du chalut test

2.2. Données et analyse

2.2.1. Données collectées

Pour chaque trait, l'observateur embarqué a échantillonné, après le tri par l'équipage, les captures de langoustine et de merlu réalisées par les deux chaluts. A chaque trait les fractions rejetées et débarquées ont été pesées. Ces deux espèces n'étaient pas systématiquement présentes ensemble dans la capture. Le nombre de traits disponibles pour l'analyse diffère donc pour ces deux espèces.

Les mensurations ont porté à la fois sur la fraction rejetée et sur la fraction débarquée. La longueur totale des merlus est enregistrée en cm et la longueur céphalothoracique¹ (LC) des langoustines en mm (Figure 4 et Figure 5). Lorsque la capture était importante, un échantillon a été prélevé, et les nombres et poids d'individus ont été élevés à la capture totale.

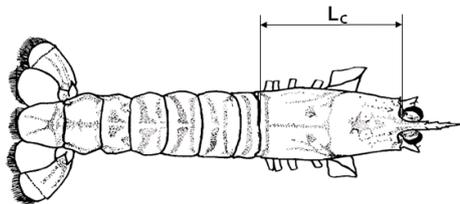


Figure 4 : Mesure de la langoustine. LC = Longueur céphalothoracique

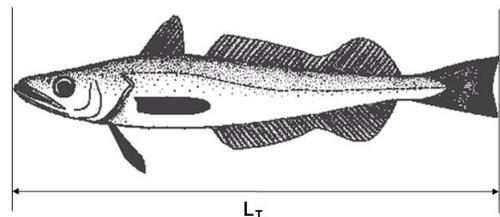


Figure 5 : Mesure de la longueur totale (LT) des poissons

En plus des données de capture, les informations relatives aux traits de chalut (coordonnées géographiques, profondeur, vitesse et durée de chalutage, type de fond et état de la mer) ont été collectées. Tous les traits de chalut ont été réalisés selon l'habitude des patrons pêcheurs (le test de nouveaux dispositifs sélectifs n'a pas engendré de modification de mise en œuvre des engins).

2.2.2. L'exploration et l'analyse des données

L'exploration préliminaire des données consiste à vérifier leur distribution, identifier les éventuelles valeurs extrêmes et les éliminer lorsque cela est justifié. La distribution des durées de traîne a été observée, et toutes celles inférieures à 1 heure ont été éliminées de l'analyse. La distribution en taille des individus capturés par chaque chalut à chaque trait est ensuite observée graphiquement. L'analyse présentée dans ce document porte à la fois sur le cumul de tous les traits, mais aussi sur une analyse trait par trait afin de mettre la variabilité inter-trait en évidence. Dans ce cas, afin de ne pas donner trop de

¹ La longueur totale des langoustines est obtenue en multipliant la longueur céphalothoracique par 3,3

poids aux taux d'échappement basés sur de faibles effectifs, les traits pour lesquels le chalut témoin a capturé moins de 100 individus² ont été écartés du jeu de données. L'analyse porte sur des échantillons en nombre d'individus aux tailles, mais ces données sont aussi converties en poids aux tailles grâce aux relations « tailles poids » disponibles pour le merlu et la langoustine dans le golfe de Gascogne.

Pour le merlu du Golfe de Gascogne:

$$\text{Poids} = 0.00513 * (\text{Taille} + 0.5)^{3.0744}$$

Pour la langoustine³ :

$$\text{Poids} = 0.0006 * (\text{Taille} + 0.5)^{3.075}$$

2.2.2.1. Calcul des taux d'échappement

Les taux d'échappement ont été calculés de la façon suivante :

$$Echap_{HorsTaille} = \frac{\sum \text{Taille} < TC, \text{ChalutTémoin} - \sum \text{Taille} < TC, \text{ChalutSélectif}}{\sum \text{Taille} < TC, \text{ChalutTémoin}} * 100 \quad (1a)$$

$$Echap_{TailleCommerciale} = \frac{\sum \text{Taille} \geq TC, \text{ChalutTémoin} - \sum \text{Taille} \geq TC, \text{ChalutSélectif}}{\sum \text{Taille} \geq TC, \text{ChalutTémoin}} * 100 \quad (1b)$$

Avec :

$Echap_{HorsTaille}$ = le pourcentage d'échappement d'individus de taille supérieure à la taille commerciale

$Echap_{TailleCommerciale}$ = le pourcentage d'échappement d'individus de taille supérieure à la taille commerciale

TC = taille commerciale

2.2.2.2. Taux d'échappement cumulés et trait par trait

Les taux d'échappement ont été calculés en nombre et en poids, séparément pour les fractions d'individus de tailles supérieures et inférieures à la taille commerciale⁴.

² 100 : valeur minimum choisie pour pouvoir détecter, au vu des gammes de tailles observées, des distributions relativement « robustes » pour le merlu ou langoustine.

³ Seules des relations taille-poids par sexe dissociés sont disponibles dans la littérature pour la langoustine du Golfe de Gascogne. La relation utilisée ici fait intervenir des coefficients intermédiaires aux relations taille-poids des deux sexes.

⁴ La taille commerciale (TC) du merlu est fixée à 27 cm de longueur total. Pour la langoustine, elle est fixée à 9cm de longueur totale, soit 28mm de longueur céphalothoracique.

L'analyse des données a été abordée en deux étapes. Dans un premier temps, les captures aux tailles ont été cumulées pour l'ensemble des traits échantillonnés. Cela permet, pour chaque espèce, de calculer le taux global d'échappement pour la fraction hors taille et la fraction commerciale sur l'ensemble des traits effectués avec le dispositif sélectif testé. Cette approche équivaut à ne considérer qu'un seul 'gros' trait et ne permet pas de mettre en évidence la variabilité inter-traits.

Dans un second temps, les taux d'échappement ont été calculés pour chaque trait validé avec plus de 100 individus dans le chalut témoin. Les taux d'échappement ont été moyennés, et leur intervalle de confiance à 95% ont été calculés (\pm écart-type * 1.96, après avoir vérifié la distribution gaussienne des données).

2.2.2.3. Proportions retenues

Les Proportions Retenues (PR) aux tailles (T) sont calculées selon la formule suivante :

$$PR_T = \frac{\text{NombreSélectif}_T}{\text{NombreTémoin}_T + \text{NombreSélectif}_T} \quad (2)$$

Les proportions retenues aux tailles (PR_T) permettent de comparer les performances de sélectivité du chalut sélectif avec celles du chalut témoin standard. Il indique que les chaluts témoin et sélectif réalisent une capture équivalente lorsque la valeur PR_T atteint 0.5.

2.2.2.4. Modélisation des proportions retenues

La méthode du *Generalised Linear Mixed Model* (GLMM) a été utilisée pour modéliser les proportions retenues aux tailles. Celle-ci consiste à ajuster un modèle aux proportions observées par une approximation polynomiale. Tous les détails de cette technique sont disponibles dans Holst & Reville (2009).

Afin que le modèle ajusté ne soit pas trop influencé par les proportions retenues (PR) en queue de distribution (*i.e.* tailles très petites ou très grandes), il a été appliqué sur l'intervalle de taille comprenant 95% des individus mesurés (les 2.5% des données de chaque queue de distribution ont été écartées de l'analyse).

2.2.2.5. Corrélations, analyse de variabilité et modèle linéaire

Après avoir repéré et éventuellement exclu les données extrêmes (ex : erreur de saisie ou valeurs jugées improbables), les corrélations entre la variable « réponse » (taux d'échappement) et les potentielles « variables explicatives » sont explorés ('*pair-plots*' et coefficients de corrélation r présentés en annexe). Cette procédure permet à la fois de détecter les relations qui peuvent exister entre les échappements totaux ⁵ et les variables continues (effectif ou poids total de merlu et langoustine capturé dans le

⁵ Echappements totaux : échappement d'une espèce (merlu ou langoustine) sur l'ensemble des tailles observées, sans distinction de classe 'hors taille' ou 'taille commerciale'. Les échappements ne se limitant pas strictement aux individus inférieurs à la taille minimum de capture, la variable 'échappement total' a été retenue pour décrire le phénomène d'échappement global par les dispositifs sélectifs

chalut témoin⁶, hauteur de houle, profondeur de pêche, durée de traîne et vitesse moyenne en pêche). Cela permet aussi de détecter l'éventuelle colinéarité entre les variables explicatives (si deux variables explicatives sont colinéaires, *ie.* avec un coefficient de corrélation élevé, l'une d'elles est exclue de l'analyse puisqu'elles sont redondantes (cf. hypothèse d'indépendance des variables explicatives du modèle linéaire)). Lorsque cela était nécessaire, les variables ont été transformées (conversion en logarithme ou en racine carrée) pour tendre vers une distribution normale des données (cf. hypothèse de distribution gaussienne des variables du modèle linéaire). Pour les autres variables de type 'facteur' ('type de fond', 'mois' et 'navire'), une analyse de variabilité (*Anova*) a été menée pour détecter leur éventuel effet sur les taux d'échappements. Lorsque l'*Anova* indique un résultat significatif, l'analyse est complétée par un test HSD-Tukey pour discriminer les niveaux de facteur ayant un effet. Afin de visualiser l'éventuel impact de ces trois variables qualitatives, les échappements totaux ont été représentés graphiquement pour les différents niveaux de facteur (cf. annexe). Enfin, lorsque les corrélations et l'*Anova* montraient que des variables pouvaient avoir un effet sur les échappements, elles ont été analysées par un modèle linéaire. La méthode de l'AIC⁷ a été utilisée pour ne conserver que les variables explicatives ayant un effet significatif sur les taux d'échappement. Lorsqu'un modèle linéaire a pu être ajusté, il a été validé par l'observation de la distribution de ses résidus (*ie.* modèle validé lorsque la distribution des résidus est normale). L'ensemble de cette procédure a été réalisé séparément pour les deux espèces (merlu et langoustine) et pour les deux dispositifs sélectifs (cylindre à mailles carrées et grille inversée) avec le logiciel de programmation statistique R.

2.2.2.6. Comparaison avec *Obsmer*⁸

Afin d'apprécier dans quelles mesures les données collectées au cours de ces essais de sélectivité par l'*Agli*a sont représentatives des captures réalisées par les autres navires professionnels, les données *Agli*a et *Obsmer* ont été comparées pour des périodes (mois/année) et secteurs (rectangle statistique) communs (Tableau 1). Pour chacune de ces deux sources de données, les nombres capturés aux tailles ont été moyennés sur l'ensemble des traits et représentés graphiquement (cf. annexe 5.2).

⁶ Le poids ou l'effectif de capture du chalut test est variable et dépend de l'efficacité du dispositif sélectif, donc seule la capture du chalut test est utilisée comme proxy de la capture avant échappement dans le chalut standard.

⁷ AIC : Akaike's information criterion. Indice qui permet de comparer les ajustements de plusieurs modèles. Cette méthode permet d'exclure les variables explicatives qui n'ont pas ou peu d'effet significatif sur la variable « réponse ».

⁸ *Obsmer* : programme d'Observation des Captures en Mer

Mois/Année	Rectangle	AGLIA			OBSMER		
		Nb Navires	Nb Traits LN	Nb Traits ML	Nb Navires	Nb Traits LN	Nb Traits ML
05/2010	24E5	2	11	16	2	5	5
07/2010	24E5	1	7	6	2	6	6
07/2010	21E7	1	9	1	1	2	2
08/2010	24E5	1	9	9	1	1	0
06/2011	24E5	1	10	14	3	8	8
08/2011	24E5	1	7	10	1	3	2

Tableau 1: Nombre de navires et traits échantillonnés et comparés pour des périodes et secteurs communs entre les observations issues des programmes Obsmer et Aglia (LN = langoustine, ML = merlu).

3. Résultats

3.1. Le cylindre à mailles carrées

Les essais du cylindre à mailles carrées ont été réalisés sur 10 navires de pêche professionnels différents entre avril et août 2010 puis en mai/juin 2011. Après avoir écarté les traits qui ont subi des problèmes techniques (ex : avaries), un total de 113 traits avec échantillons de merlu ou de langoustine, ou des deux espèces ont été validés.

Les essais ont eu lieu depuis le large de l'estuaire de la Gironde jusqu'au Sud Ouest de la pointe bretonne (Figure 6).

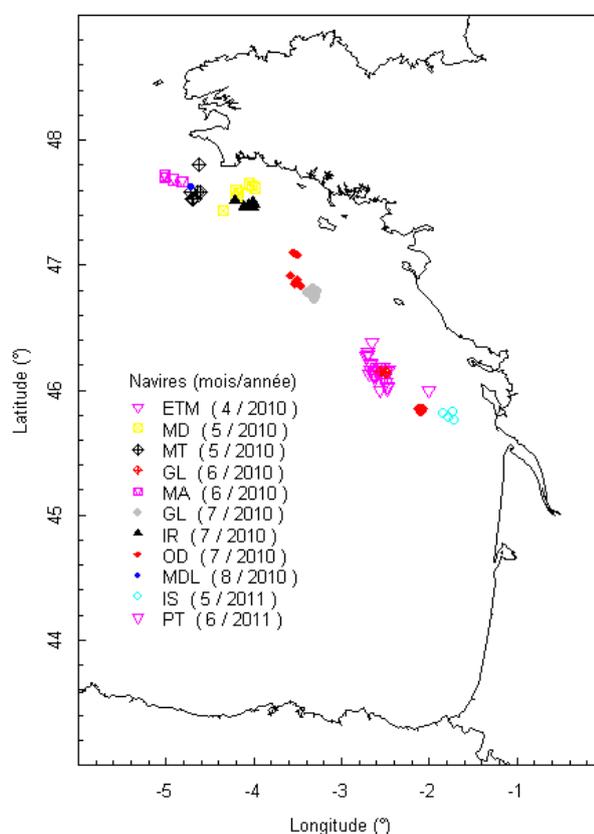


Figure 6 : Répartition des essais du cylindre à mailles carrées effectués à bord de navires professionnels en 2010 et 2011.

Les traînes réalisées ont une durée moyenne de 3h06 ($\sigma = 35$ min) (Figure 7). Aucun trait n'a duré moins d'une heure, ils ont donc tous été conservés pour l'analyse.

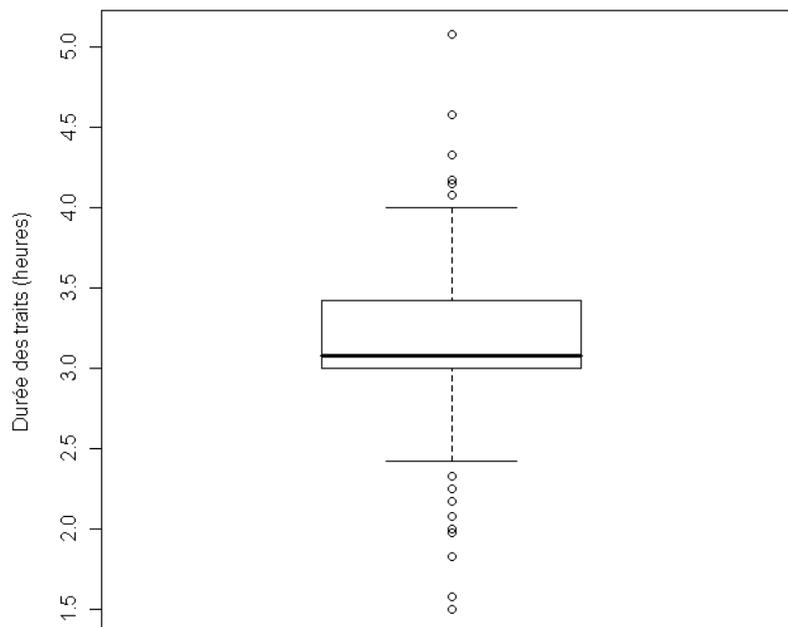


Figure 7 : Distribution des temps de traîne des 113 traits analysés pour l'étude du dispositif 'cylindre à mailles carrées'

3.1.1. La langoustine

La langoustine a été échantillonnée sur 10 navires et 62 traits (Tableau 2). Tous les échantillons de langoustine du chalut témoin contenaient plus de 100 individus. Ils ont donc tous été conservés pour l'analyse.

Navire	ETM	GL	IR	IS	MA	MD	MDL	MT	OD	PT	Total
Nb Traits	1	9	7	5	6	4	9	7	9	5	62

Tableau 2: Nombre de traits échantillonnés pour la langoustine par navire

L'analyse des 62 traits cumulés indique une capture de langoustine plus faible dans le chalut sélectif que dans le chalut témoin sur l'ensemble des tailles capturées, même au dessus de la taille commerciale. La différence de capture (en nombre d'individus) entre les deux chaluts est cependant légèrement plus importante pour les individus de petites tailles (Figure 8).

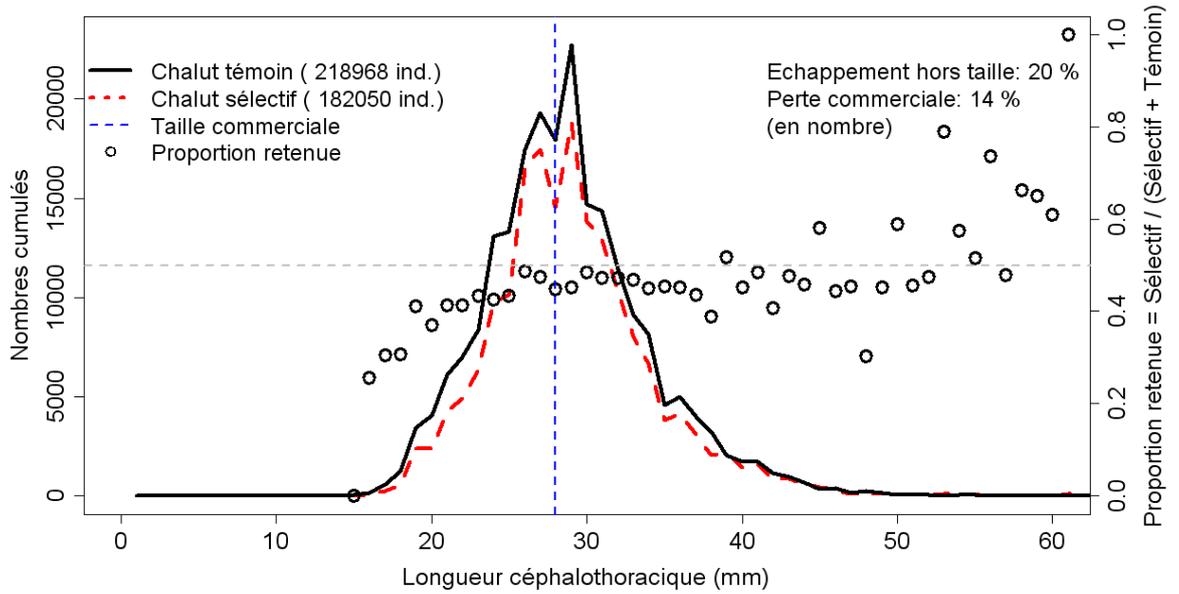


Figure 8 : Nombres cumulés aux tailles des langoustines capturées dans le chalut sélectif (cylindre à mailles carrées) et dans le chalut témoin pour 62 traits.

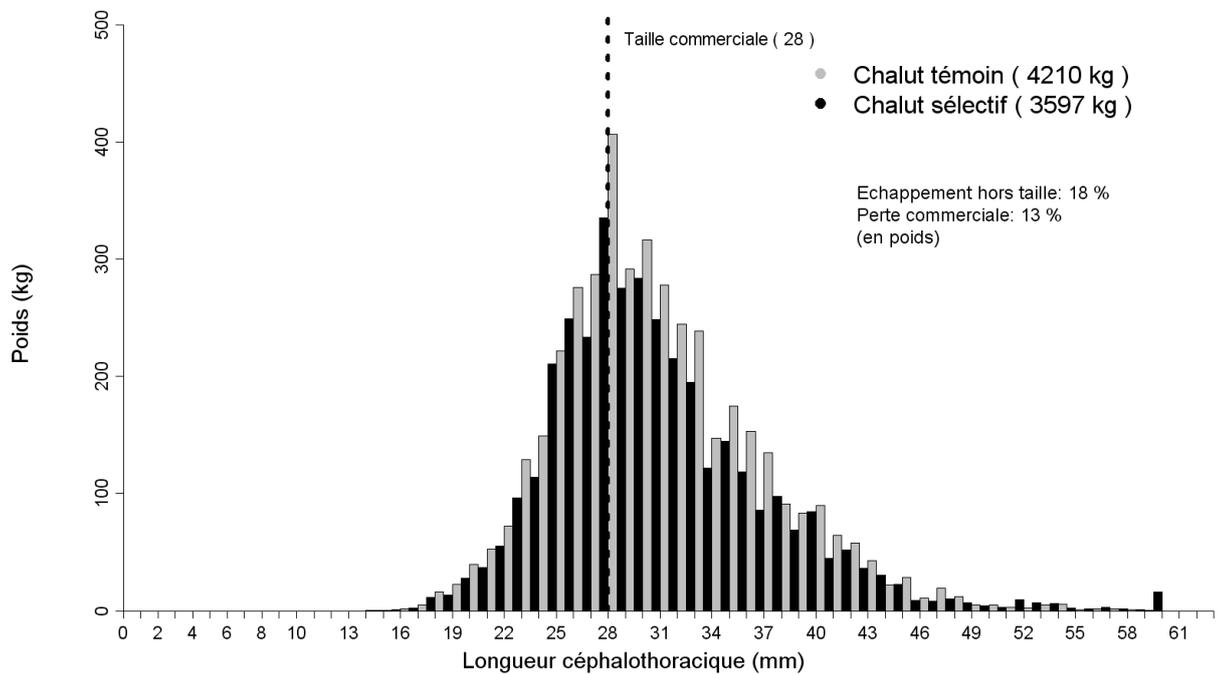


Figure 9 : Poids cumulés aux tailles des langoustines capturées dans le chalut sélectif (cylindre à mailles carrées) et dans le chalut témoin pour 62 traits.

Le cumul des 62 traits échantillonnés sur les 10 navires indique un échappement en nombre de langoustine hors taille commerciale de 20% et un échappement d'individus supérieurs à la taille commerciale de 14% (Figure 8). En poids, ces échappements

s'élèvent respectivement à 18 et 13% (Figure 9). Ces taux sont basés sur des valeurs cumulées, ils ne prennent pas en compte la variabilité inter-traits. Pour les 62 traits avec échantillon de langoustine, l'échappement moyen en nombre d'individus de tailles inférieures à la taille commerciale s'élève à 23.5% avec un intervalle de confiance à 95% de $\pm 57\%$, et l'échappement moyen d'individus de tailles supérieures à la taille commerciale s'élève à 12.5% avec un intervalle de confiance à 95% de $\pm 48\%$ (Figure 10).

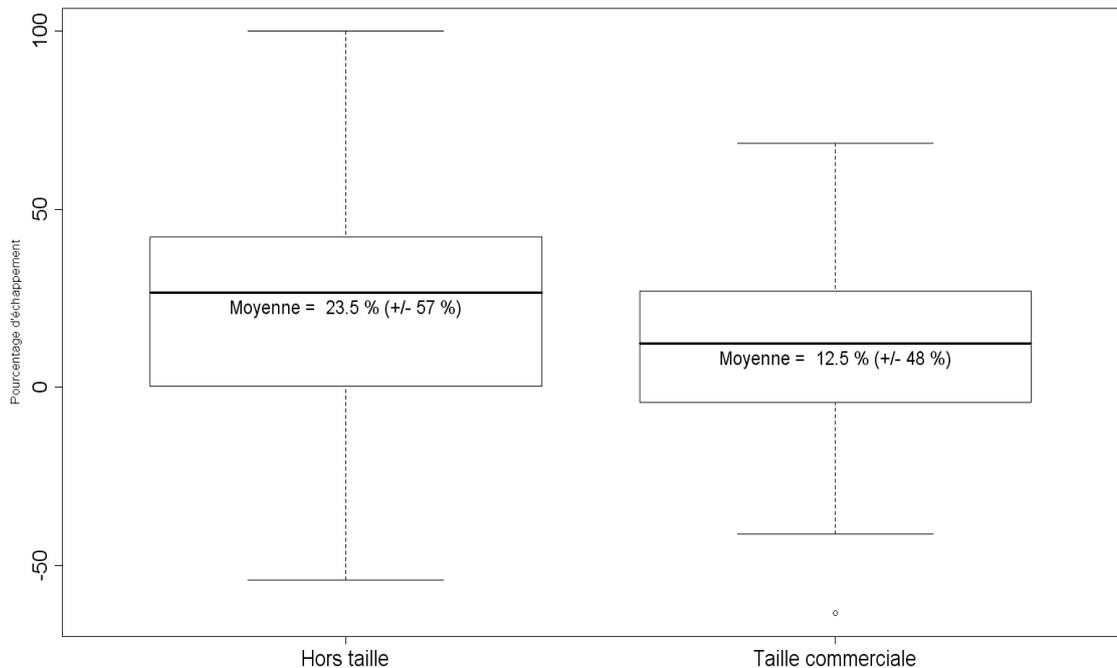


Figure 10: pourcentages (en nombre) d'échappement de langoustine hors taille et de taille commerciale avec le cylindre à mailles carrées par rapport au chalut témoin. Le trait noir des boîtes à moustaches indique la valeur médiane. La moyenne et son intervalle de confiance à 95% sont indiqués dans les boîtes à moustaches.

95% des langoustines observées sur les 62 traits échantillonnés ont des tailles comprises dans l'intervalle 19-40 mm de longueur céphalothoracique (soit environ de 6.2 à 13 cm de longueur totale). Les proportions retenues par le chalut sélectif ont été modélisées grâce à un *Generalised Linear Mixed Model* (GLMM) de type quadratique (polynôme de second degré). Celui-ci indique que sur l'intervalle de taille retenu, le chalut sélectif capture significativement moins d'individus que le chalut témoin. La proportion retenue par le chalut sélectif augmente avec la taille des individus et tend vers 0.5 pour les plus grandes tailles, sans pour autant atteindre systématiquement cette valeur qui témoigne d'un niveau de capture identique entre le chalut sélectif et le témoin (Figure 11).

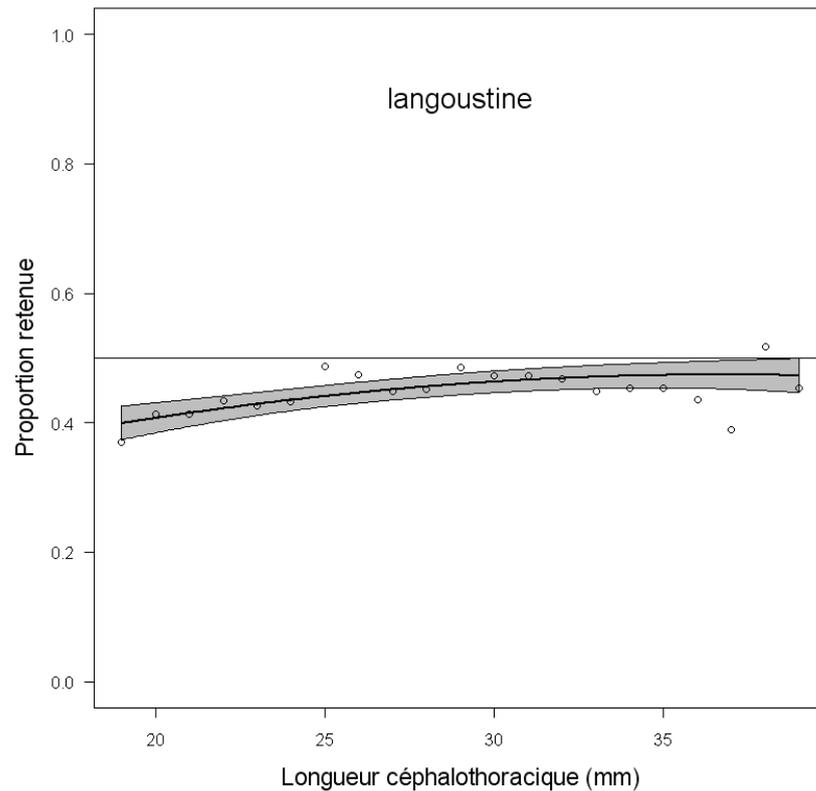


Figure 11: modélisation par GLMM de la proportion retenue aux tailles avec le chalut équipé du cylindre à mailles carrées. Bande grise : intervalle de confiance des valeurs ajustées par le modèle. Points = valeurs observées.

La variabilité des taux d'échappement total par trait a été analysée au regard des variables environnementales disponibles pour les 62 traits du jeu de données.

Parmi les variables continues testées, l'analyse de corrélation montre que c'est la profondeur de pêche et la hauteur de houle qui sont le plus corrélées aux taux d'échappement total, mais de façon faible ($r = 0.2$). L'Anova complétée par le test HSD de Tukey réalisés sur les variables de type 'facteur' indique que les taux d'échappement totaux ne sont pas significativement différents entre les mois ni entre les types de fond. Par contre, le test montre que les échappements totaux du navire OD sont significativement plus forts que ceux des navires GL et MA, mais pas du reste des navires échantillonnés (Figure 12). Aucun modèle linéaire n'a pu être validé ou ajusté de manière satisfaisante pour expliquer la variabilité des taux d'échappements de merlu observés avec le cylindre à mailles carrées.

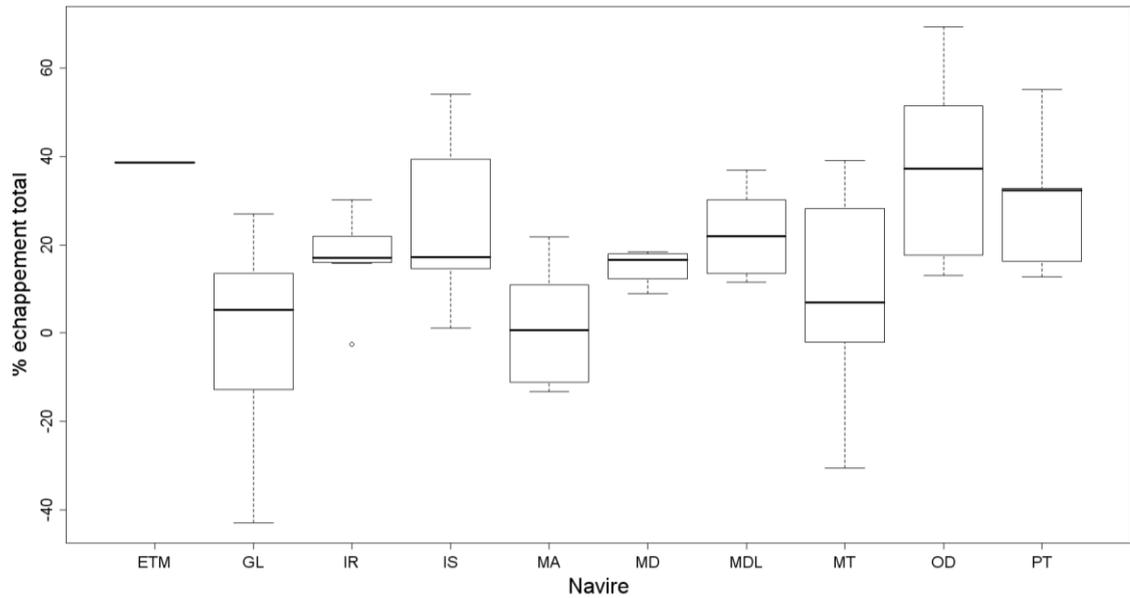


Figure 12: Distribution des échappements (toutes tailles confondues) de langoustine pour chaque navire.

L'analyse de variance et le test HSD-Tukey qui portent sur le pourcentage de langoustines inférieures à la taille commerciale dans le chalut sélectif ou dans le chalut témoin indiquent que la part des individus hors taille dans les captures peut être significativement différente selon les navires. Ce constat s'applique également au nombre de langoustines hors taille. (Figure 13 a et b). Outre les (fortes) différences entre les navires, ces deux graphiques montrent aussi que les captures d'individus hors taille dans le chalut sélectif sont généralement moindres que celles du chalut témoin, mais restent dans des ordres de grandeur souvent similaires.

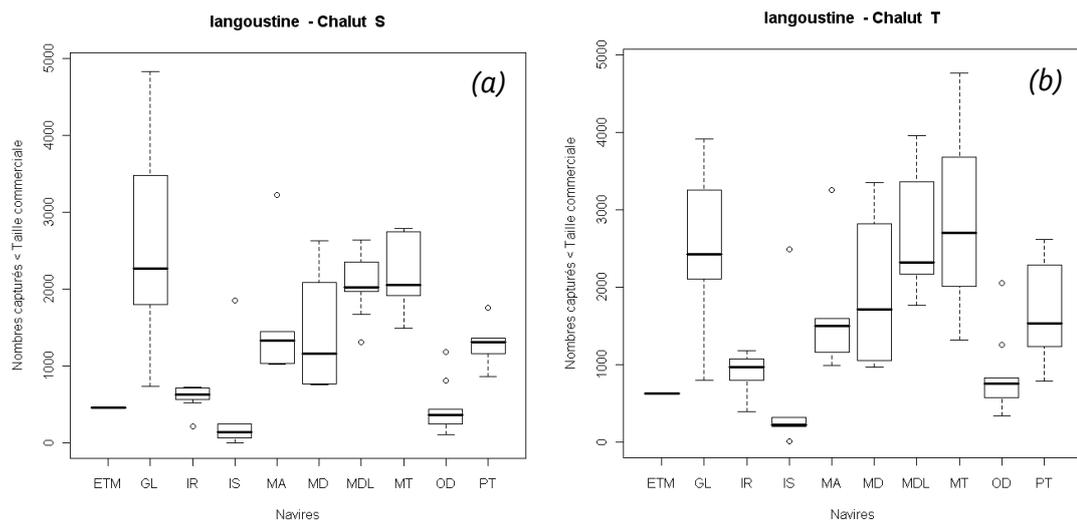


Figure 13: (a) distribution des nombres de langoustines de taille inférieure à la taille commerciale dans le chalut sélectif (cylindre à mailles carrées) de chaque navire, (b) distribution des nombres de langoustines de taille inférieure à la taille commerciale dans le chalut témoin de chaque navire.

3.1.2. Le merlu

Au total, le merlu a été échantillonné sur 87 traits réalisés avec le cylindre à mailles carrées, mais seulement 39 présentaient plus de 100 individus dans le chalut témoin (Tableau 3).

Navire	ETM	GL	IR	IS	MA	MD	MDL	MT	OD	PT	Total
Nb total de traits	31	9	6	7	4	9	9	7	1	4	87
Nb de traits > 100 ind. ds ch. témoin	14	2	0	5	0	3	7	7	0	1	39

Tableau 3: Nombre de traits échantillonnés pour la langoustine par navire

L'analyse des 87 traits cumulés indique une capture de merlu généralement plus faible dans le chalut sélectif que dans le chalut témoin, surtout sur les tailles inférieures à la taille commerciale (Figure 14 et Figure 15).

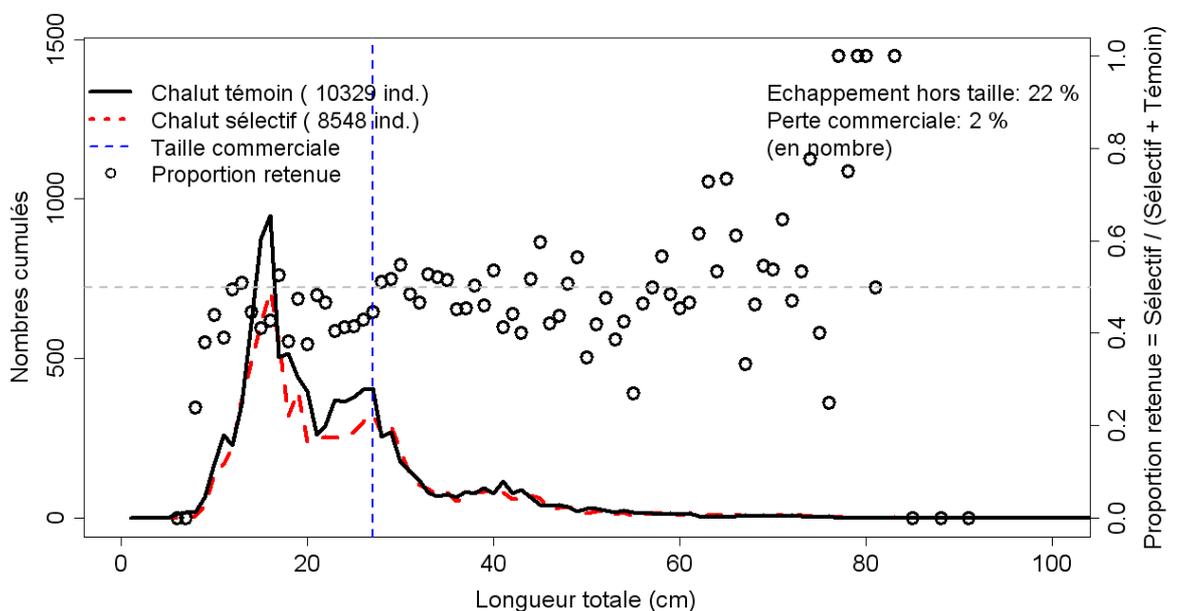


Figure 14: Nombres cumulés aux tailles des merlus capturés dans le chalut sélectif (cylindre à mailles carrées) et dans le chalut témoin pour 87 traits.

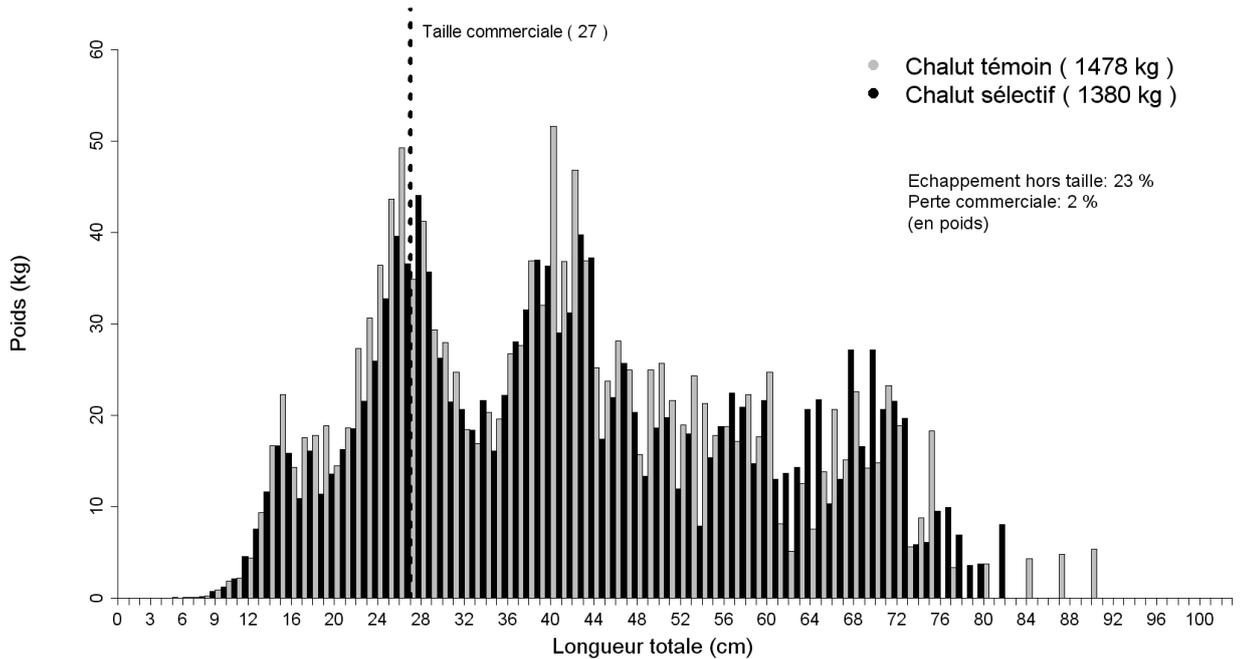


Figure 15 : Poids cumulés aux tailles des merlus capturés dans le chalut sélectif (cylindre à mailles carrées) et dans le chalut témoin pour 87 traits.

Le cumul des traits échantillonnés indique un échappement en nombre de merlus hors taille commerciale de 22% et un échappement d'individus supérieur à la taille commerciale de 2%. En poids, ces échappements s'élèvent respectivement à 23 et 2% (figure 15). Ces taux sont basés sur des valeurs cumulés, ils ne prennent donc pas en compte la variabilité inter-traits. Pour les 39 traits avec une capture de merlu de plus de 100 individus dans le chalut témoin, l'échappement moyen en nombre d'individus de taille inférieure à la taille commerciale s'élève à 17.2% avec un intervalle de confiance à 95% de $\pm 8\%$, et l'échappement moyen d'individus de taille supérieure à la taille commerciale s'élève à -0.4% (soit un gain de 0.4%) avec un intervalle de confiance à 95% de $\pm 9\%$ (Figure 16).

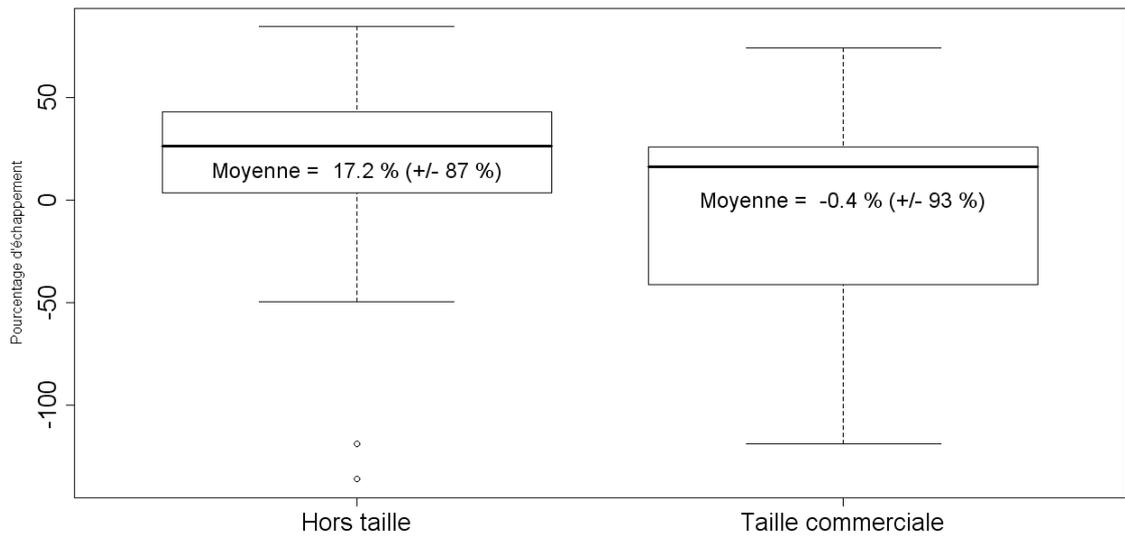


Figure 16 : pourcentage d'échappement de merlus hors taille et de taille commerciale avec le cylindre à mailles carrées par rapport au chalut témoin. Le trait noir des boîtes à moustaches indique la valeur médiane. La moyenne et son intervalle de confiance à 95% sont indiqués dans les boîtes à moustaches.

95% des merlus observés sur les 39 traits du jeu de données réduit ont des tailles comprises dans l'intervalle 10-51cm (longueur totale). Les proportions retenues par le chalut sélectif ont été modélisées grâce à un *Generalised Linear Mixed Model* (GLMM) de type 'constant'. Celui-ci indique que sur l'intervalle de taille retenu, le chalut sélectif capture généralement significativement moins d'individus que le chalut témoin, quelque soit la taille des individus sur l'intervalle retenu (Figure 17).

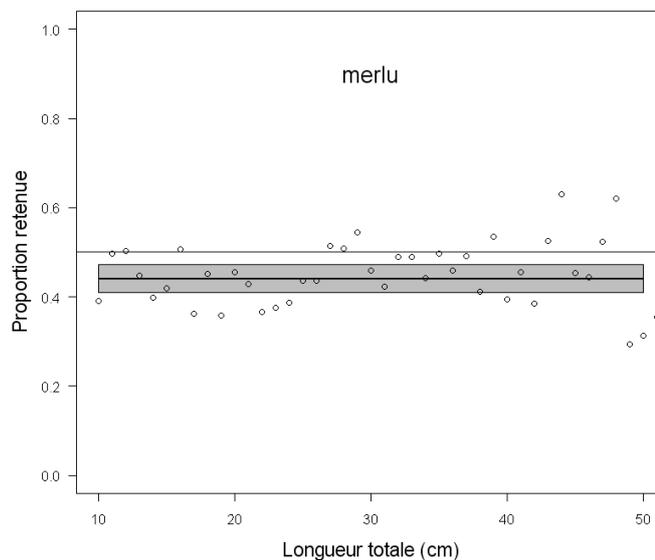


Figure 17 : modélisation par GLMM de la proportion retenue aux tailles avec le cylindre à mailles carrées. Bande grise : intervalle de confiance des valeurs ajustées par le modèle.

La variabilité des taux d'échappement total par trait a été analysée au regard des variables environnementales disponibles pour les 39 traits du jeu de données réduit. Parmi les variables continues testées, l'analyse de corrélation montre que c'est le nombre total d'individus (merlu + langoustine) dans le chalut standard qui est le plus corrélé aux taux d'échappement total, mais de façon très faible ($r = 0.2$). L'Anova complétée par le test HSD de Tukey réalisés sur les variables de type 'facteur' indique les taux d'échappement ne sont pas significativement différents, ni entre les navires (Figure 18), ni entre les mois ou les types de fond. Aucun modèle linéaire n'a pu être validé ou ajusté de façon satisfaisante pour expliquer la variabilité des taux d'échappements de merlu observés avec le cylindre à mailles carrées.

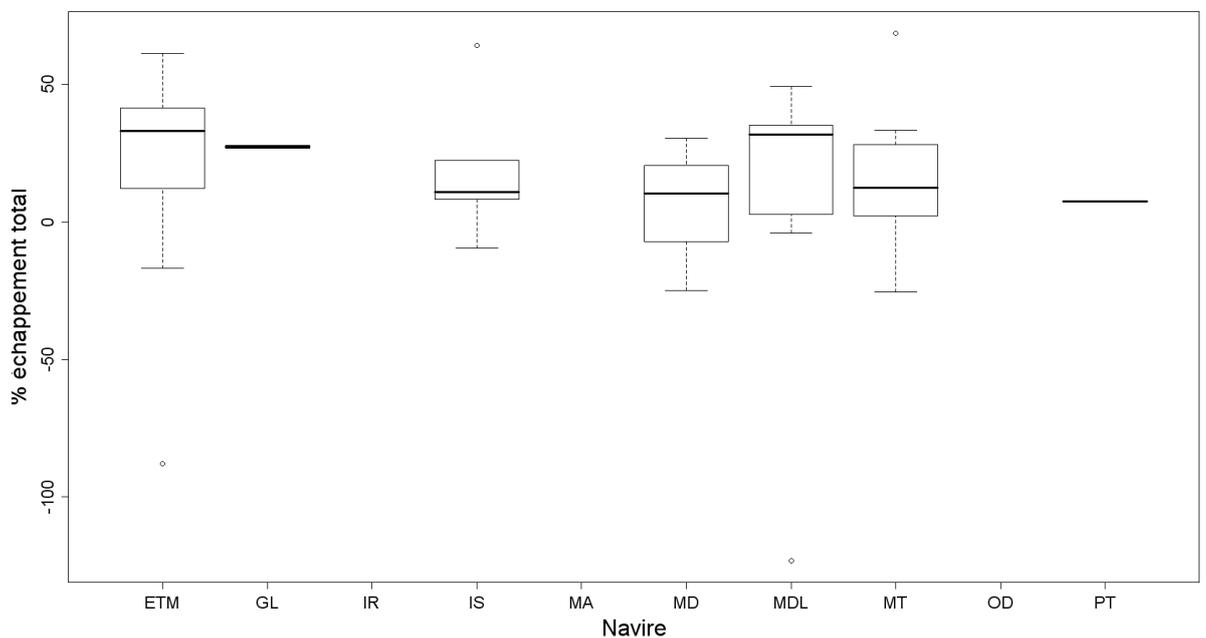


Figure 18 : Distribution des échappements (toutes tailles confondues) de merlu pour chaque navire (39 traits avec le cylindre à mailles carrées).

L'analyse de variance et le test HSD-Tukey qui porte sur le pourcentage de merlus inférieurs à la taille commerciale dans le chalut sélectif ou dans le chalut indiquer que la part de petits individus dans les captures peut être significativement différente selon les navires témoin (Figure 19 a et b). Outre ces différences entre les navires, ces deux graphiques montrent aussi que les captures d'individus hors taille dans le chalut sélectif sont généralement moindres que celles du chalut témoin, mais restent dans des ordres de grandeur souvent similaires.

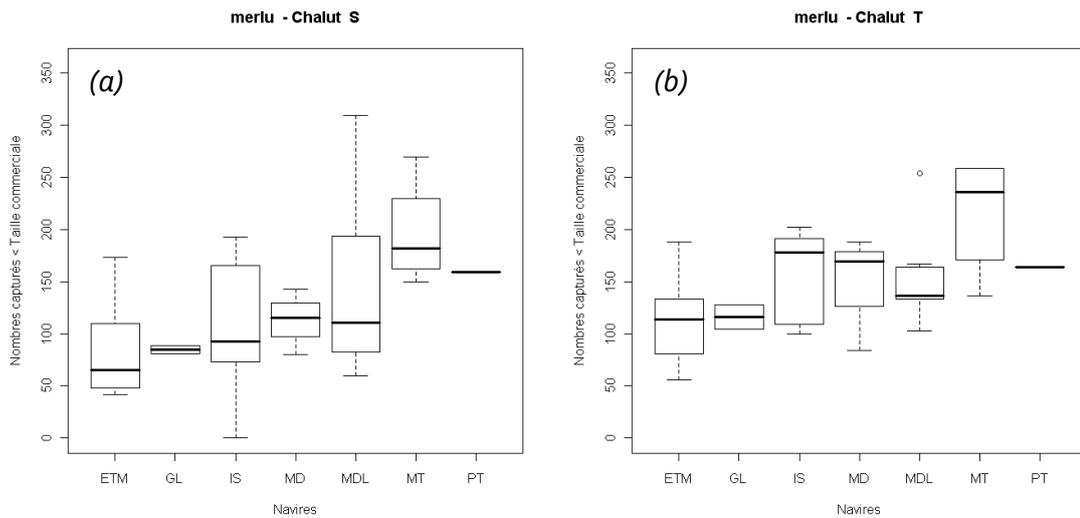


Figure 19 : (a) distribution des nombres de merlus de taille inférieure à la taille commerciale dans le chalut sélectif de chaque navire, (b) distribution des nombres de merlus de taille inférieure à la taille commerciale dans le chalut témoin de chaque navire.

3.2. La grille inversée

Les essais de grille inversée ont été réalisés sur 13 navires de pêche professionnels différents entre avril et septembre 2011. Au total, 84 traits observés ont été validés (avec échantillon de merlu, ou de langoustine, ou des deux espèces). Les essais ont eu lieu sur la grande Vasière du golfe de Gascogne, entre le 46^{ème} et le 48^{ème} parallèle (Figure 20).

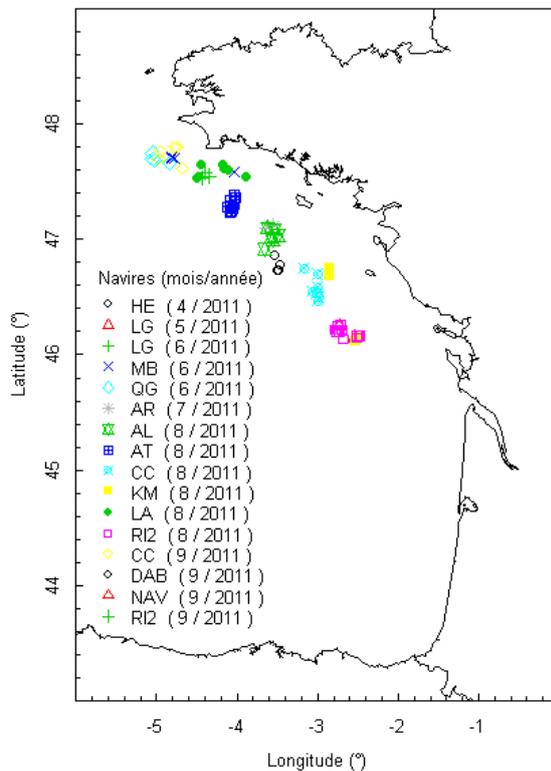


Figure 20 : Répartition des essais de grille inversée effectués à bord de navires professionnels en 2011.

Les traînes réalisées ont une durée moyenne de 3h13 ($\sigma = 40\text{min}$) (Figure 21). Aucun trait n'a duré moins d'une heure, ils ont donc tous été conservés pour l'analyse.

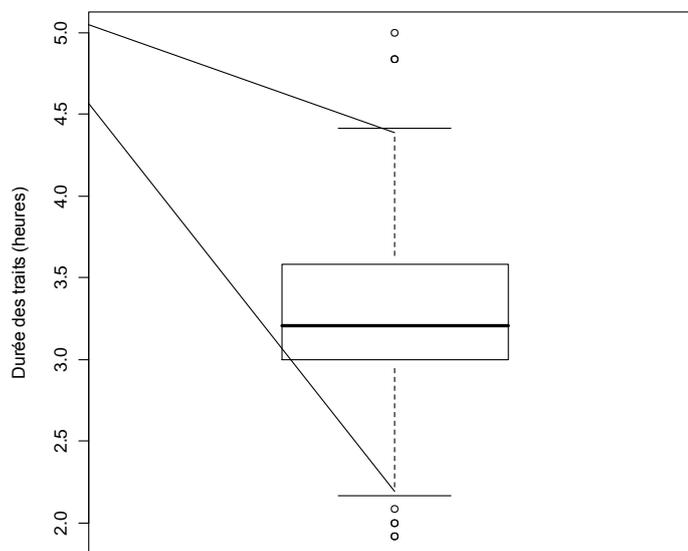


Figure 21 : distribution des temps de traîne des 84 traits analysés pour l'étude du dispositif 'grille inversée'

3.2.1. La langoustine

La langoustine a été échantillonnée sur 74 traits (Tableau 4).

Navire	AL	AR	AT	CC	DAB	HE	KM	LA	LG	MB	NAV	QG	RI2	Total
Nb Traits	4	3	6	4	4	3	6	7	9	5	8	10	5	74

Tableau 4: Nombre de traits échantillonnés avec la grille inversée pour la langoustine par navire

L'analyse des 74 traits cumulés indique une capture de langoustine plus faible dans le chalut sélectif que dans le chalut témoin sur toutes les tailles, même au dessus de la taille commerciale. Cet écart est cependant généralement plus important sur les individus de petites tailles que sur ceux de plus grandes tailles (Figure 22 et Figure 23).

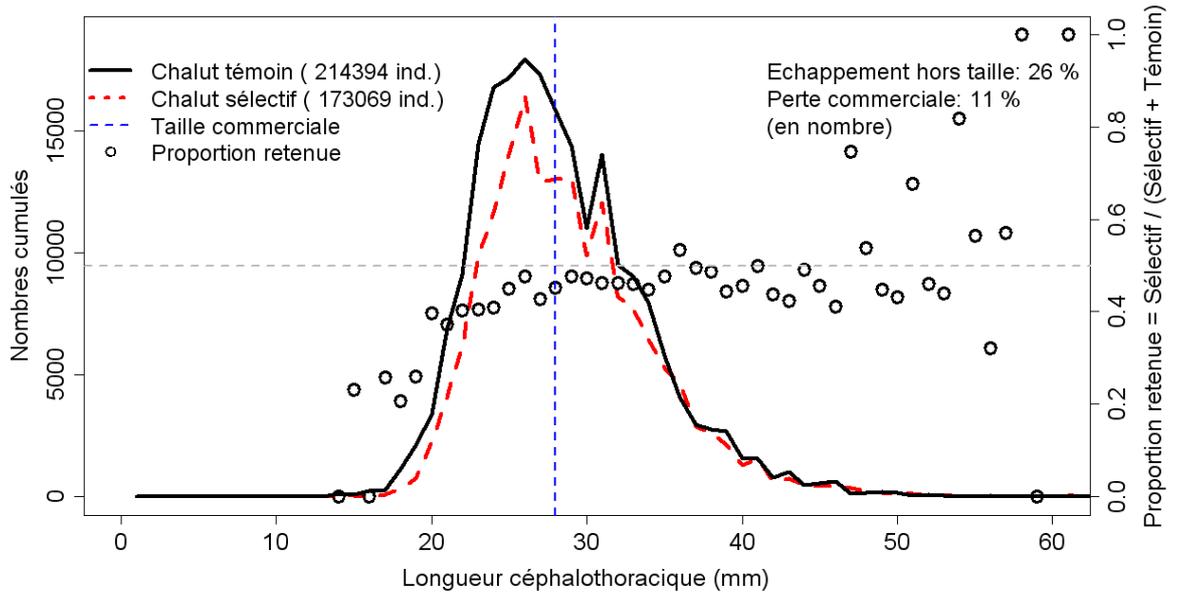


Figure 22 : Nombres cumulés aux tailles des langoustines capturées dans le chalut sélectif (grille inversée) et dans le chalut témoin pour 74 traits.

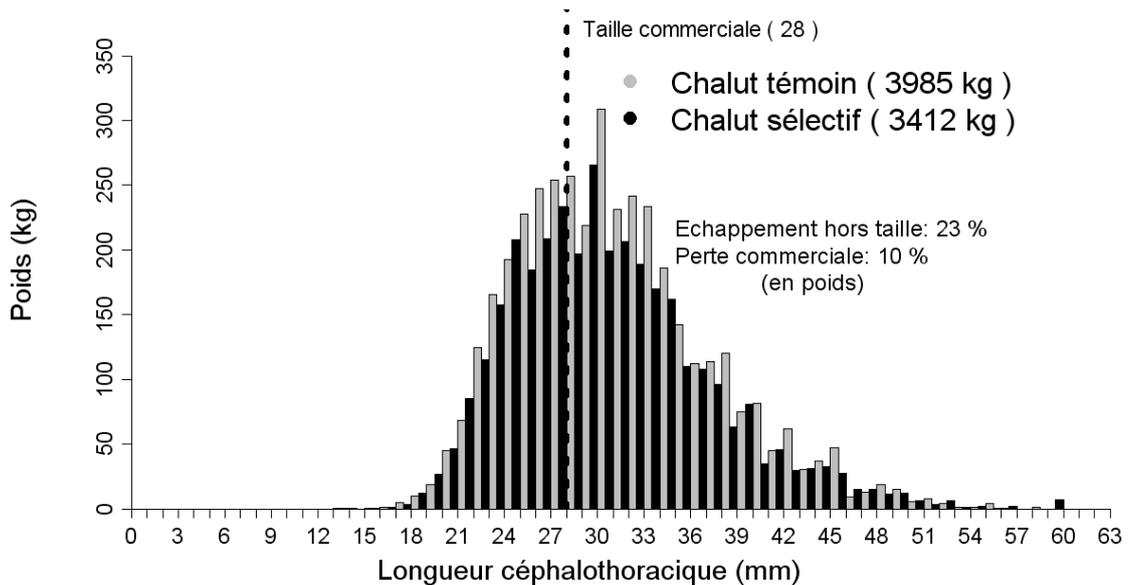


Figure 23 : Poids cumulés aux tailles des langoustines capturées dans le chalut sélectif (grille inversée) et dans le chalut témoin pour 74 traits.

Le cumul des traits échantillonnés indique un échappement en nombre de langoustine hors taille commerciale de 26% et un échappement d'individus supérieurs à la taille commerciale de 11%. En poids, ces échappements s'élèvent respectivement à 23 et 10% (Figure 23). Cependant, ces taux basés sur des valeurs cumulés ne prennent pas en compte la variabilité inter-traits. Pour les 74 traits avec échantillon de langoustine, l'échappement moyen en nombre d'individus de taille inférieure à la taille commerciale

s'élève à 18.5% avec un intervalle de confiance à 95% de $\pm 75\%$, et l'échappement moyen d'individus de taille supérieure à la taille commerciale s'élève à 9.8% avec un intervalle de confiance à 95% de $\pm 41\%$ (Figure 24).

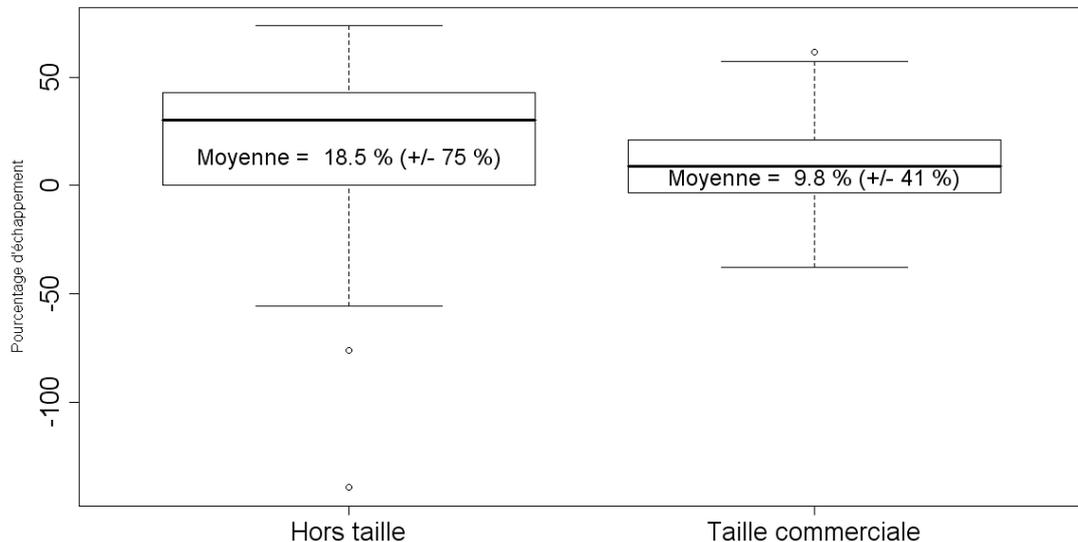


Figure 24 : pourcentages (en nombre) d'échappement de langoustine hors taille et de taille commerciale avec la grille inversée par rapport au chalut témoin. Le trait noir des boîtes à moustaches indique la valeur médiane. La moyenne et son intervalle de confiance à 95% sont indiqués dans les boîtes à moustaches.

95% des langoustines observées sur les 74 traits échantillonnés ont des tailles comprises dans l'intervalle 19-40 mm de longueur céphalothoracique (soit environ de 6 à 13 cm de longueur totale). Les proportions retenues par le chalut sélectif ont été modélisées grâce à un *Generalised Linear Mixed Model* (GLMM) de type quadratique (polynôme de second degré). Le chalut sélectif capture significativement moins d'individus de taille inférieure à 32mm que le chalut témoin. Sur l'intervalle 19-32mm les chances d'échappement dépendent de la taille des individus. Au delà, les captures des deux chaluts ne sont pas significativement différentes (Figure 25).

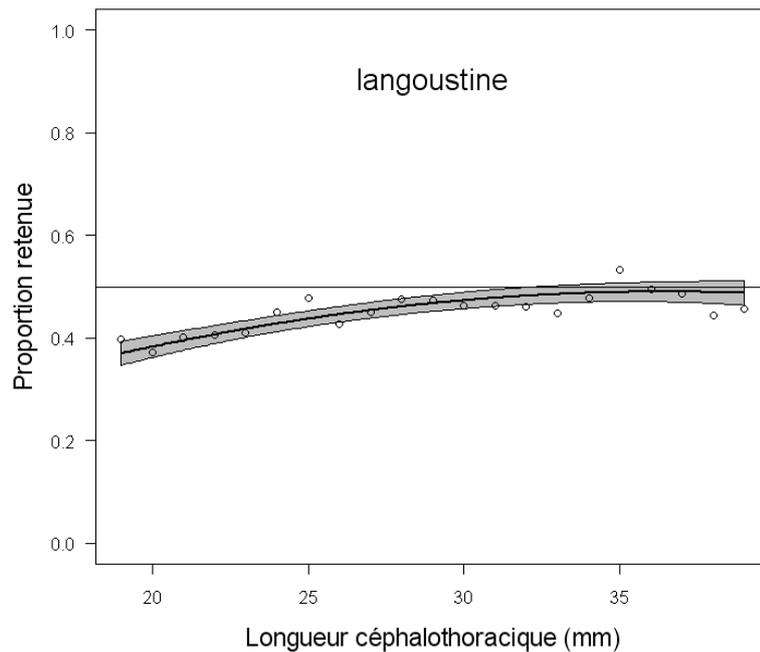


Figure 25 : modélisation par GLMM de la proportion retenue aux tailles par le chalut équipé de la grille inversée. Bande grise : intervalle de confiance des valeurs ajustées par le modèle.

La variabilité des taux d'échappement total par trait a été analysée avec les variables environnementales disponibles pour les 74 traits du jeu de données.

Parmi les variables continues testées, l'analyse de corrélation montre que c'est le nombre total capturé (merlu + langoustine) dans le chalut standard qui est le plus corrélé aux taux d'échappement total, mais de façon faible ($r = 0.3$). L'Anova complétée par le test HSD de Tukey réalisés sur les variables de type 'facteur' indiquent que les taux d'échappement totaux ne sont pas significativement différents entre les mois ni entre les types de fond. Par contre, le test montre que les navires AR et NAV ont des taux d'échappement significativement différents ($p < 0.05$) (Figure 26).

Pour expliquer la variabilité des taux d'échappement, un modèle linéaire à une variable a pu être ajusté et validé (distribution normale des résidus ϵ) : l'effectif total de capture semble avoir un effet sur les échappements. La variabilité expliquée par ce modèle est cependant extrêmement faible et peu satisfaisante ($R^2=0.1$).

$$\text{EchappementTotal}_{\text{langoustine}} = \alpha + \beta \cdot \log(\text{NombreTotal}_{(\text{langoustine}+\text{merlu}, \text{chalut standard})}) + \epsilon$$

avec $\alpha = -61$ et $\beta = 9.7$.

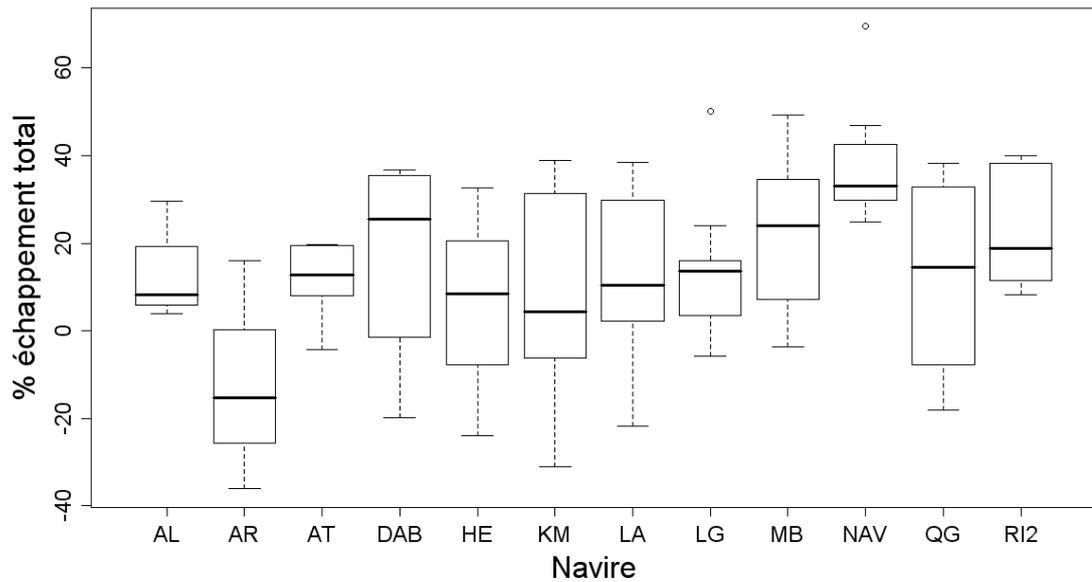


Figure 26 : Distribution des échappements (toutes tailles confondues) de langoustine pour chaque navire avec au moins un trait échantillonné pour la langoustine.

L'analyse de variance et le test HSD-Tukey qui porte sur le pourcentage de langoustine inférieur à la taille commerciale dans le chalut sélectif ou dans le chalut témoin indiquent que les captures d'individus inférieurs à la taille commerciale peuvent être significativement différentes selon les navires. Une grande variabilité du pourcentage d'individus hors taille est également observée entre les navires (Figure 27).

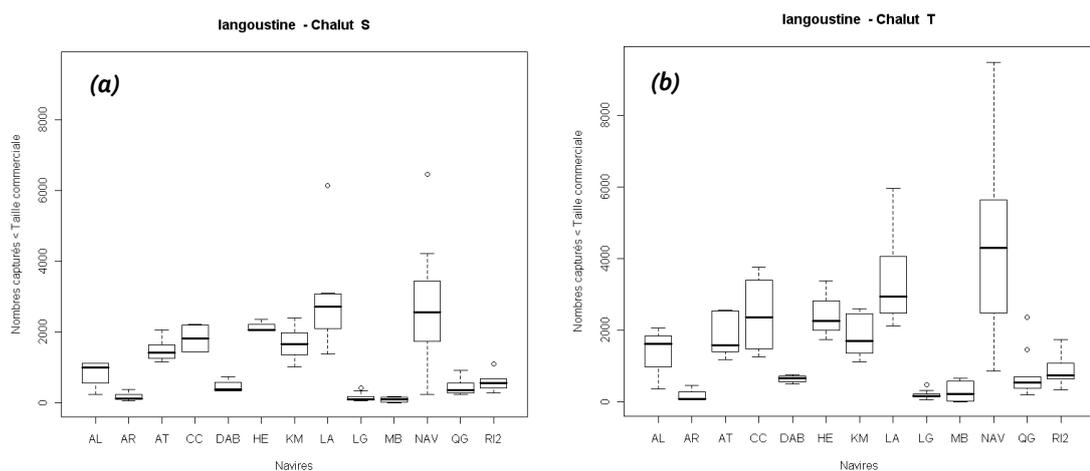


Figure 27: (a) distribution des nombres de langoustine de taille inférieure à la taille commerciale dans le chalut sélectif de chaque navire, (b) distribution des nombres de langoustine de taille inférieure à la taille commerciale dans le chalut témoin de chaque navire.

3.2.2. Le merlu

Le merlu a été échantillonné sur 84 traits au total, dont 72 qui présentaient plus de 100 individus dans le chalut témoin (Tableau 5).

Navire	AL	AR	AT	CC	DAB	HE	KM	LA	LG	MB	NAV	QG	R12	Total
Nb total de traits	4	3	6	4	4	5	6	10	9	5	9	14	5	84
Nb de traits > 100 ind. ds ch. témoin	3	2	5	4	4	2	6	10	7	3	9	14	3	72

Tableau 5 : Nombre de traits échantillonnés pour le merlu par navire

L'analyse des 84 traits cumulés indique une capture de merlu plus faible dans le chalut sélectif que dans le chalut témoin, en particulier sur l'intervalle 8-17cm (Figure 28 et Figure 29).

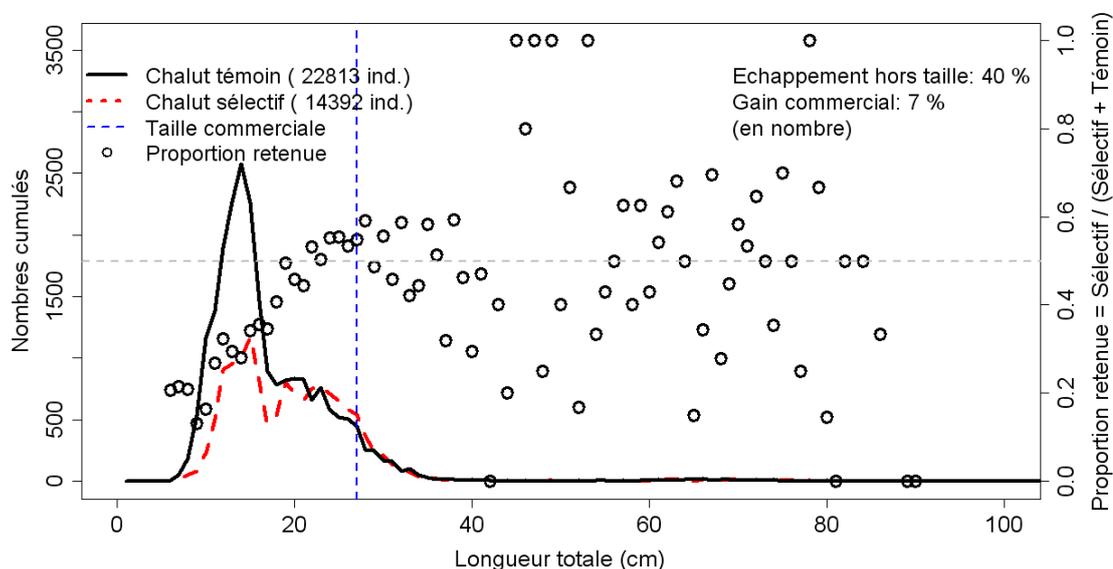


Figure 28 : Nombres cumulés aux tailles des merlus capturés dans le chalut sélectif (grille inversée) et dans le chalut témoin pour 84 traits.

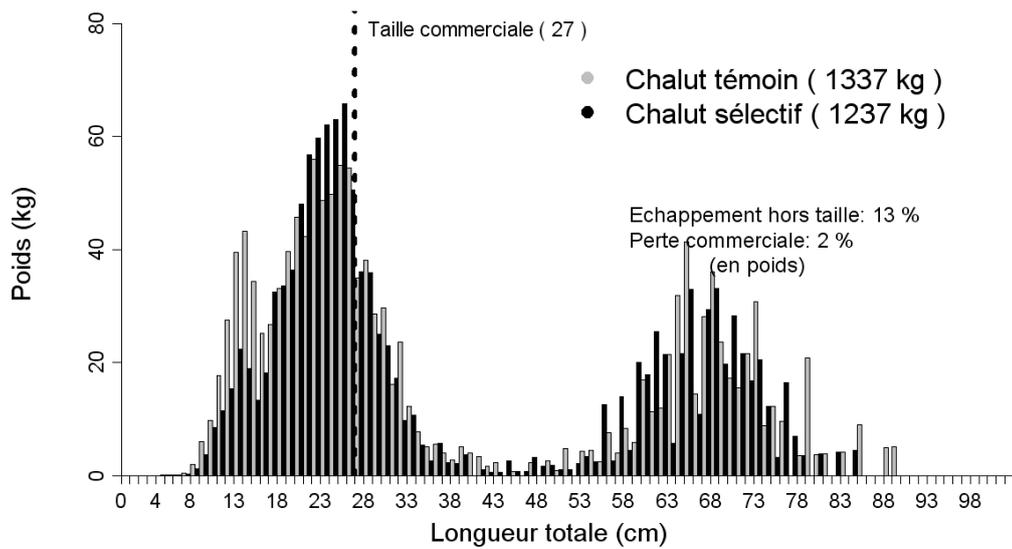


Figure 29 : Poids cumulés aux tailles des merlus capturés dans le chalut sélectif et dans le chalut témoin pour 84 traits.

Le cumul des traits échantillonnés indique un échappement en nombre de merlus hors taille commerciale de 40%. Le chalut sélectif équipé de la grille inversée a généralement capturé plus d'individus supérieurs à 27 cm que le chalut témoin ('gain' en nombre de 7%). Les captures de gros individus sont cependant relativement faibles. En poids, ces échappements s'élèvent respectivement à 13% et 2% (le gain observé en nombre sur les individus de petite taille commerciale n'est pas suffisant pour générer un gain en poids, Figure 29). Ces taux sont basés sur des valeurs cumulés, ils ne prennent pas en compte la variabilité inter-traits. Pour les 72 traits avec une capture de plus de 100 merlus dans le chalut témoin, l'échappement moyen en nombre d'individus de tailles inférieures à la taille commerciale s'élève à 26.7% avec un intervalle de confiance à 95% de $\pm 101\%$, et le 'gain' moyen d'individus de tailles supérieures à la taille commerciale s'élève à 8.4% avec un intervalle de confiance à 95% de $\pm 186\%$ (Figure 30).

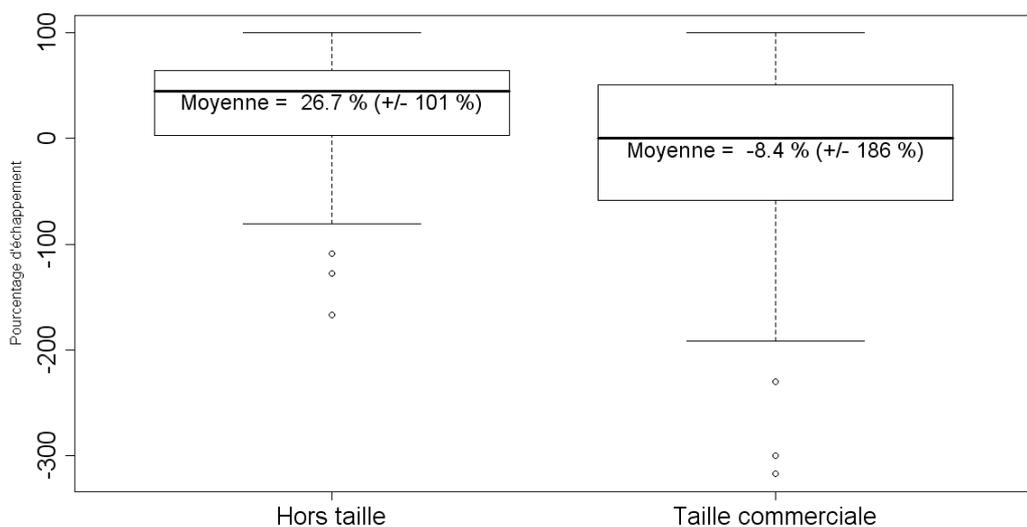


Figure 30 : pourcentages d'échappement (en nombre) de merlus hors taille et de taille commerciale avec la grille inversée par rapport au chalut témoin (pour les captures de plus de 100 individus dans le chalut témoin). Le trait noir des boîtes à moustaches indique la valeur médiane. La moyenne et son intervalle de confiance sont indiqués dans les boîtes à moustaches.

95% des merlus observés sur les 72 traits échantillonnés avec plus de 100 individus dans le chalut témoin ont des tailles comprises dans l'intervalle 9-31cm de longueur totale. Les proportions retenues par le chalut sélectif ont été modélisées grâce à un *Generalised Linear Mixed Model* (GLMM) de type 'quadratique'. Celui-ci indique que sur l'intervalle de tailles sélectionné, la proportion retenue de merlus par le chalut sélectif augmente avec la taille des individus. Les captures des deux chaluts ne sont plus significativement différentes à partir de 22cm. Les données collectées présentent même une capture moyenne plus importante avec le chalut sélectif à partir de 28cm (Figure 31).

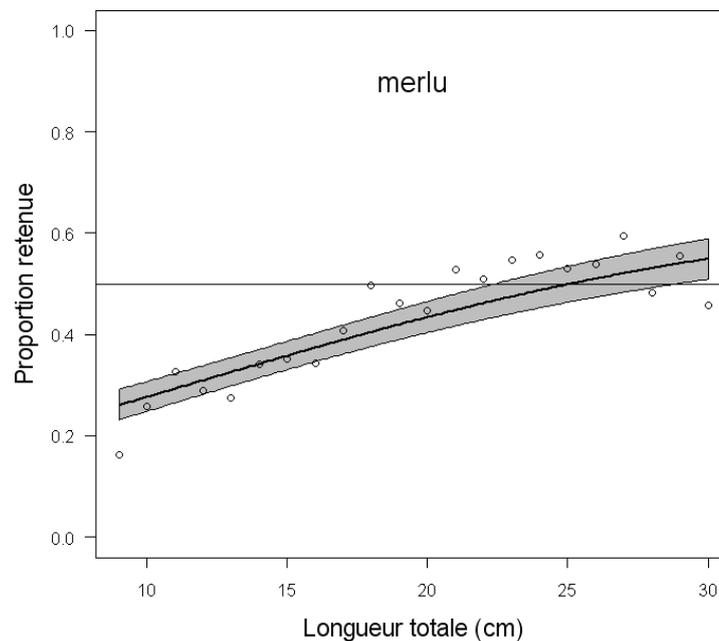


Figure 31 : modélisation par GLMM de la proportion retenue aux tailles avec le chalut équipé de la grille inversée. Bande grise : intervalle de confiance des valeurs ajustées par le modèle.

La variabilité des taux d'échappement total par trait a été analysée avec les variables environnementales disponibles pour les 72 traits du jeu de données réduit. Parmi les variables continues testées, l'analyse de corrélation montre que c'est le nombre total d'individus (merlu + langoustine) dans le chalut standard qui est le plus corrélé au taux d'échappement total ($r = 0.3$). L'*Anova* complétée par le test HSD de Tukey réalisés sur les variables de type 'facteur' indiquent que les taux d'échappement totaux ne sont pas significativement différents entre les mois ni entre les types de fond. Par contre, le test montre que les échappements totaux du navire QG sont significativement plus faibles que ceux du reste des navires échantillonnés (Figure 32). Aucun modèle linéaire n'a pu être validé ou ajusté de manière satisfaisante pour expliquer la variabilité des taux d'échappement de merlu observés avec la grille inversée.

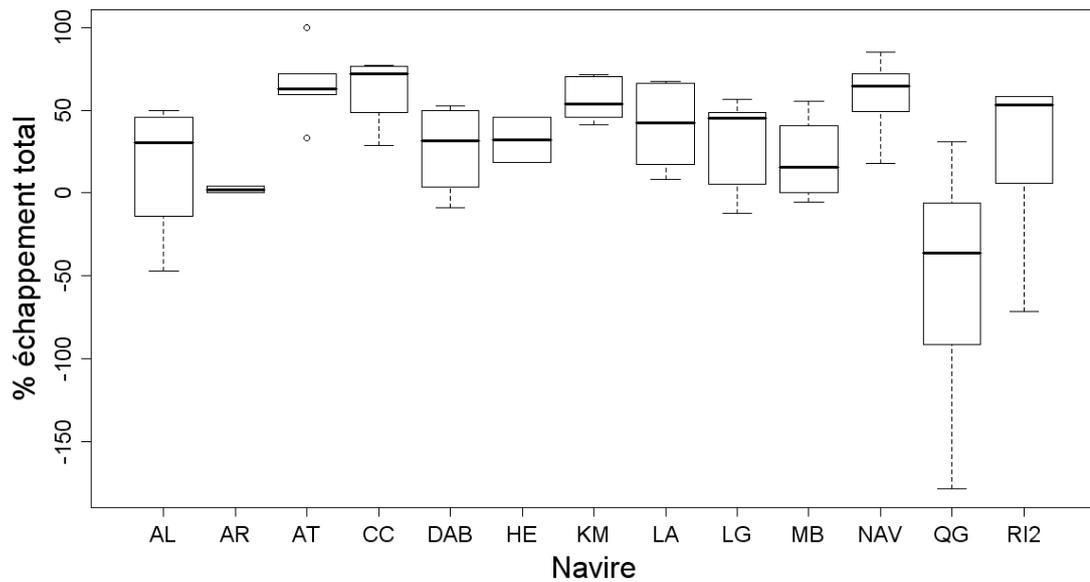


Figure 32 : Distribution des échappements (toutes tailles confondues) de merlu pour chaque navire (39 traits).

L'analyse de variance et le test HSD-Tukey qui porte sur le pourcentage de merlu inférieur à la taille commerciale dans le chalut sélectif ou dans le chalut témoin indiquent que le taux de prises hors taille peut être significativement différent selon les navires. C'est le cas par exemple du navire HE qui a capturé significativement plus de petits individus que la plupart des autres. Dans de nombreux cas, la réduction des prises hors taille petits merlus est très significative (Figure 33).

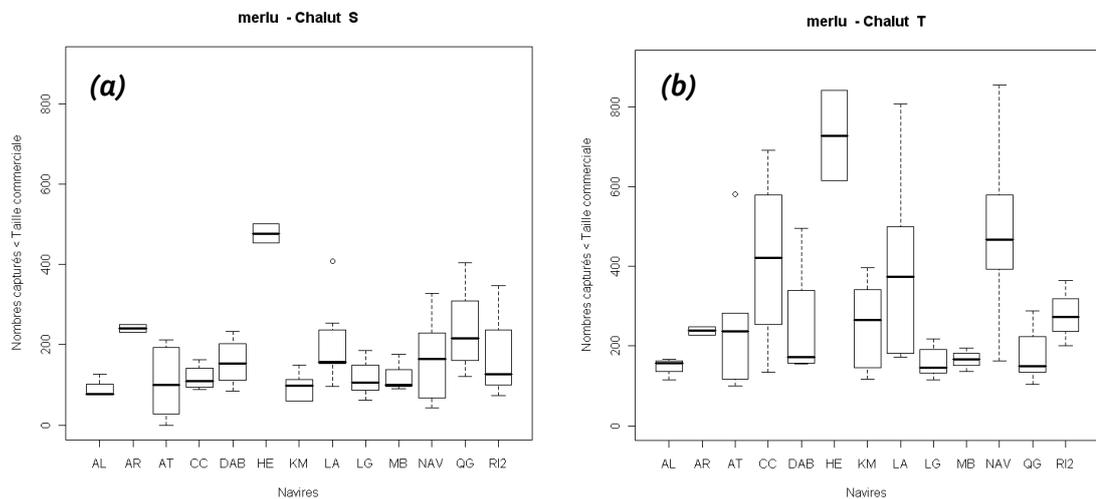


Figure 33 : (a) distribution des nombres de merlus de taille inférieure à la taille commerciale dans le chalut sélectif de chaque navire, (b) distribution des nombres de merlus de taille inférieure à la taille commerciale dans le chalut témoin de chaque navire.

4. Discussion et conclusion

4.1. Cylindre à mailles carrées

Concernant la langoustine, tous les traits avec présence de langoustine ont été retenus pour l'analyse puisque les effectifs sont considérés suffisants pour décrire la forme de distribution des captures du chalut témoin (la plus petite capture de langoustine dans le chalut témoin s'élève à 520 individus). Bien que les effectifs des captures soient grands, la variabilité des taux d'échappement reste importante (ex : il y a 95% de chances que le taux d'échappement de langoustines hors taille commerciale soit compris entre -33.5% et 80.5% pour une moyenne de 23.5%). Le cylindre à mailles carrées permet un échappement de langoustines, mais la rétention d'individus hors taille commerciale reste élevée. Cependant, l'analyse des captures de plusieurs navires montre que les taux, et les nombres, de captures hors taille peuvent dépendre des navires. La variable 'navire' englobe plusieurs variables 'connues' qui ont été explorées (ex : profondeur sur la zone exploitée, vitesse de traîne, etc.), mais aussi des variables 'inconnues' propres au navire (ou à la marée) qui pourraient expliquer la variabilité entre les captures (ex : stratégie et savoir faire du patron, choix précis d'une zones aux caractéristiques particulières, etc.).

Concernant le merlu, la limite de 100 individus pour sélectionner les traits retenus pour l'analyse est un compromis entre le nombre de traits disponibles et un échantillon de taille suffisante pour détecter une tendance. Cependant, une grande variabilité persiste malgré cette sélection. A titre d'exercice, le calcul des taux d'échappement et la modélisation des proportions retenues de merlu ont aussi été effectués sur l'ensemble des traits avec présence de merlu (87 traits), puis avec les traits de plus de 50, 150, 200 et 250 individus dans le chalut témoin (Tableau 6 et figure 34). Les résultats confirment une très grande variabilité inter-traits et la faible robustesse des taux d'échappement calculés lorsque les effectifs sont faibles. L'échappement d'individus de tailles inférieures à la taille commerciale engendré par le cylindre à mailles carrées est positif et significatif (*ie.* la capture d'individus hors taille obtenue avec le chalut sélectif est significativement plus faible que celle obtenue avec le chalut témoin). Il n'est cependant pas possible de déduire une et une seule valeur de taux d'échappement pour deux raisons majeures : (1) le taux d'échappement varie en fonction des effectifs et de leur distribution pour chaque trait et (2) l'intervalle de confiance autour des taux d'échappement moyens calculés est très grande (ex : pour des échantillons d'au moins 100 individus dans le chalut témoin, il y a 95% de chances que le taux d'échappement de merlus hors taille commerciale soit compris entre -68% et 106% pour une moyenne établie à 18.6%). Ces exemples tendent à montrer que plus les effectifs capturés sont importants, plus les taux d'échappement sont grands, et plus la variabilité autour des taux moyens est réduite.

Nb de merlu dans le ch. témoin	Nb de traits retenus	% échap. ind. hors taille	% échap. ind. taille commerciale	Modèle GLMM ajusté ⁹	Taille de capture équivalente ¹⁰
> 1	87	3 ± 122	-9 ± 109	Linéaire	28cm
> 50	60	17 ± 85	-5 ± 105	Linéaire	34cm
> 100	39	17 ± 87	0 ± 93	Constant ¹¹	-
> 150	24	22 ± 52	9 ± 71	Constant	-
> 200	16	16 ± 52	5 ± 71	Constant	-
> 250	10	22 ± 49	12 ± 54	constant	-

Tableau 6: taux d'échappement de merlu et intervalles de confiance à 95% avec le cylindre à mailles carrées en fonction de la taille des échantillons.

D'une façon générale, une grande variabilité de l'efficacité du dispositif 'cylindre à mailles carrées' est observée sur le merlu, mais ce phénomène est probablement en partie dû aux quantités capturées, qui, comparées aux effectifs de langoustines sont très faibles (120 individus de merlu en moyenne dans le chalut témoin, contre 3 350 pour la langoustine). Les pourcentages de capture d'individus hors taille pour les deux espèces restent élevés malgré l'utilisation du cylindre à maille carrées.

L'usage du cylindre n'a pas posé de problème technique pendant les 10 marées expérimentales réalisées en 2010/2011.

4.2. Grille à langoustine inversée

Concernant la langoustine, tous les traits avec présence de langoustine ont été retenus pour l'analyse puisque les effectifs sont considérés suffisants pour décrire la forme de distribution des captures du chalut témoin (la plus petite capture de langoustine dans le chalut témoin s'élève à 484 individus). Bien que les effectifs des captures soient grands, la variabilité des taux d'échappement reste importante (ex : il y a 95% de chances que le taux d'échappement de langoustines hors taille commerciale soit compris entre -53.9% et 92.1%, la moyenne étant de 19.1%). La grille inversée permet un échappement de langoustines, mais la rétention d'individus hors taille commerciale reste élevée. La grille en position inversée, c'est à dire sur la face dorsale de la rallonge du chalut permet d'éviter les frottements avec le fond, limite les risques de casse et facilite l'enroulement du chalut. Bien qu'efficace en position inversée, la grille l'est probablement encore plus pour l'échappement de la langoustine en position ventrale (cf. travaux NECESSITY, ASCGG, CNPM, 2004).

Concernant le merlu, seuls les traits contenant plus de 100 individus dans le chalut témoin ont été utilisés pour calculé les taux d'échappement moyen. Malgré cette

⁹ Un modèle linéaire indique que la sélectivité dépendant de la taille des individus. Un modèle constant indique que la sélectivité est la même que soit la taille des individus compris dans l'intervalle observé

¹⁰ Taille à partir de laquelle le chalut sélectif et le chalut témoin capturent non significativement différentes

¹¹ L'ajustement de ces modèles constants indique que la capture du chalut sélectif n'atteint jamais la capture du chalut standard, quelque soit les tailles des individus compris dans la gamme de taille observée.

sélection, une grande variabilité persiste et à titre d'exercice, le calcul des taux d'échappement et la modélisation des proportions retenues de merlu ont aussi été effectués sur l'ensemble des traits avec présence de merlu (84 traits), puis avec les traits de plus de 50, 150, 200 et 250 individus dans le chalut témoin (Tableau 7 et figure 34).

Nb de merlu dans le ch. témoin	Nb de traits retenus	% échap. ind. hors taille	% échap. ind. taille commerciale	Modèle GLMM ajusté ¹²	Taille de capture équivalente ¹³
> 1	84	10 ± 267	-6 ± 185	Quadratique	24 cm
> 50	78	25 ± 103	-10 ± 188	Quadratique	25 cm
> 100	72	27 ± 101	-8 ± 186	Quadratique	25 cm
> 150	59	31 ± 89	3 ± 155	Quadratique	26 cm
> 200	43	42 ± 80	7 ± 123	Quadratique	30 cm
> 250	33	43 ± 72	11 ± 119	Quadratique	31 cm

Tableau 7: Taux d'échappement de merlu et intervalles de confiance à 95% avec le cylindre à mailles carrées en fonction de la taille des échantillons.

Les résultats confirment une très grande variabilité inter-traits et la faible robustesse des taux d'échappement calculés. L'échappement d'individus inférieurs à la taille commerciale permis par la grille inversée est positif et significatif (*ie.* la capture d'individus hors taille obtenue avec le chalut sélectif est significativement plus faible que celle obtenue avec le chalut témoin). Il n'est cependant pas possible de déduire une et une seule valeur de taux d'échappement pour deux raisons majeures : (1) le taux d'échappement varie en fonction des effectifs et de leur distribution pour chaque trait et (2) l'intervalle de confiance autour des taux d'échappement moyens calculés est très grande (ex : pour des échantillons d'au moins 100 individus dans le chalut témoin, il y a 95% de chances que le taux d'échappement de merlus hors taille commerciale soit compris entre -74% et 128% pour une moyenne établie à 26.7%). Ces exemples montrent que plus les effectifs capturés sont importants, plus les taux d'échappement sont grands, et plus la variabilité autour des taux moyens est réduite. La grille inversée semble particulièrement efficace pour l'échappement de petits merlus lorsque ceux-ci entrent dans le chalut en grand nombre. Ces performances peuvent s'expliquer à la fois par la présence de la grille elle-même, mais aussi par l'effet 'obstacle' qu'elle peut provoquer sur le poisson dans la rallonge, en incitant les individus à fuir en amont, et améliorant ainsi l'efficacité du panneau à mailles carrées merlu.

La même grille a été utilisée pour l'ensemble des 13 marées réalisées en 2011 avec ce dispositif : 5 se sont déroulées sans aucun problème, des difficultés de passage sur l'enrouleur ont été rencontrées lors de 3 marées, et une usure de la grille s'est fait sentir au bout de la 9^{ème} marée. Bien que la position inversée de la grille facilite le virage du chalut, il semblerait que des adaptations aux dimensions des enrouleurs restent nécessaires.

¹² Un modèle linéaire indique que la sélectivité dépendant de la taille des individus. Un modèle constant indique que la sélectivité est la même que soit la taille des individus compris dans l'intervalle observé

¹³ Taille à partir de laquelle le chalut sélectif et le chalut témoin capturent non significativement différentes

4.3. Discussion générale

Les profils de captures des langoustines issus des observations Obsmer et Aglia sont généralement similaires, mais les quantités capturées présentent des ordres de grandeurs parfois différents. Pour le merlu, les quantités capturées sont variables entre les périodes et secteurs, et les profils de captures sont généralement différents entre les observations Obsmer et Aglia. Cette comparaison confirme une grande variabilité entre les traits, d'autant plus que cet exercice est basé sur un petit nombre d'échantillons. Dans les deux cas les protocoles d'échantillonnage sont similaires et les traînes ont été réalisées en conditions commerciales.

Malgré les différences observées entre les deux sources de données, on considère que les données Aglia sont représentatives des captures réalisées par la pêcherie chalutière langoustinière du Golfe de Gascogne.

Pour les deux dispositifs testés, les taux d'échappement des merlus et langoustines, toutes tailles confondues, montrent une grande variabilité inter-trait et inter-marées. Les intervalles de confiance autour des valeurs moyennes d'échappement sont généralement très grands. Les variables environnementales collectées (profondeur, vitesse de traîne, type de fond, période de l'année, etc.) n'expliquent pas cette variabilité de façon évidente. Les taux d'échappement tendent à augmenter si la capture totale augmente, mais cette tendance n'est pas toujours significative. On observe cependant que les taux d'échappement s'améliorent et que les intervalles de confiance diminuent lorsque les effectifs capturés augmentent (Tableau 6 et Tableau 7, Figure 34). Ce phénomène peut à la fois être dû à une meilleure robustesse des échantillons lorsqu'ils sont grands, ou bien à une augmentation du comportement de fuite des individus comme réaction à la densité d'individus dans chalut, ou encore

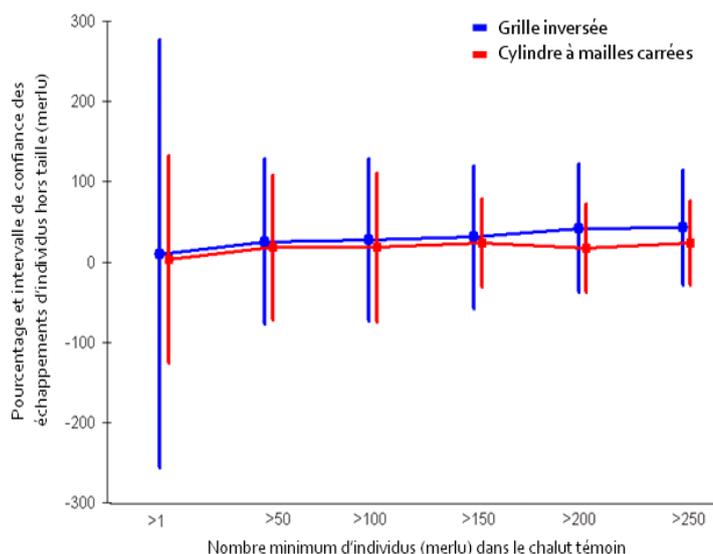


Figure 34: Taux d'échappement de merlu hors taille et intervalle de confiance à 95% en fonction des effectifs capturés

comme le montrent Hermann *et al.* (2006), parce que plus le volume de capture est important, plus les mailles sont ouvertes et donc plus l'échappement est probable et plus le L_{50}^{14} est grand. Cette dernière justification n'est cependant pas spécifique aux dispositifs testés puisque ces derniers sont intégrés à la rallonge du chalut, alors que le phénomène décrit par les auteurs se produit essentiellement près du cul.

¹⁴ L_{50} : Taille à partir de laquelle la capture cumulée d'un engin atteint 50%

Ce document montre que les taux d'échappement diffèrent selon qu'ils sont exprimés en nombre ou en poids. Des résultats en nombre donnent plus d'influence aux petits individus (taux d'échappement hors taille), alors que des résultats en poids donnent plus d'importance aux individus de grande taille, souvent moins nombreux. Par ailleurs, les poids présentés dans ce document ne sont pas des données observées puisqu'ils sont le résultat d'un calcul appliqué aux tailles individuelles.

A partir des mêmes données, les taux d'échappement peuvent aussi différer selon qu'ils sont calculés par la moyenne des taux d'échappement des traits réalisés, ou calculés à partir des effectifs capturés cumulés sur l'ensemble des traits. Le premier cas permet d'apprécier la variabilité des taux d'échappement entre les traits, mais donne le même poids à tous les traits. Or le taux d'échappement sur un trait de faible capture n'est pas aussi robuste que celui d'un trait avec une forte capture (la présence de quelques individus seulement peut influencer sur l'estimation du taux d'échappement). Pour cette raison, les traits avec une capture inférieure à 100 individus dans le chalut témoin ont été écartés de l'analyse. Dans le deuxième cas, tous les traits, même à faible capture sont traités car leur influence dans l'histogramme cumulé des captures est faible. Cette méthode présente l'avantage de ne pas donner trop de poids aux petites captures dont les distributions ne sont pas bien définies, par contre, elle ne permet pas de décrire la variabilité des données. Les différentes procédures de calculs des taux d'échappement montrent donc qu'on peut difficilement déduire une et une seule valeur d'échappement, d'autant plus que celle-ci est relative puisqu'elle dépend des caractéristiques et de la sélectivité du chalut standard.

Les travaux présentés dans ce document utilisent la taille minimum de capture pour définir la fraction commerciale et la fraction hors taille. Ces deux fractions peuvent ne pas correspondre exactement à la fraction rejetée et à la fraction débarquée puisque les raisons de remettre des individus capturés à l'eau peuvent être diverses : difficulté à vendre les merlus de petites tailles commerciales, langoustines 'molles', individus abîmés, problèmes de quotas...

Les résultats de sélectivité obtenus dans cette étude sont encourageants. Une démarche ambitieuse consisterait à cumuler sur un même engin les deux dispositifs testés dans cette étude. Cette configuration se rapprocherait de celle testée¹⁵ par le laboratoire de technologie halieutique de Lorient (Meillat *et al.*, 2011), et qui, comparé à un chalut témoin standard à bord du navire océanographique de l'Ifremer indiquait un échappement de hors taille de langoustine et de merlu de 45% (en nombre, 24 traits cumulés).

Cette étude montre que malgré le nombre important de navires et de traits échantillonnés, les échappements de langoustine ou de merlu restent variables autour de la taille minimale légale de capture : une amélioration significative des taux d'échappement sur les petites tailles est observée, mais ces deux dispositifs induisent

¹⁵ Dispositif testé : combinaison d'un cylindre à mailles carrées avec une grille en position inversée et une fenêtre à maille carrée ventrale.

également un échappement d'individus de tailles commerciales et continuent à retenir une part (réduite) d'individus hors taille.

Quel taux de jeunes individus préserver et au prix de quel niveau de perte commerciale ? La question reste entière et sa réponse ressort d'un équilibre à trouver entre l'économie des entreprises de pêche et les objectifs d'une pêche durable. Il est donc indispensable de compléter cette analyse technique par une évaluation des impacts biologiques et économiques à court et moyen termes.

5. Annexes

Annexes 5.1 à 5.4

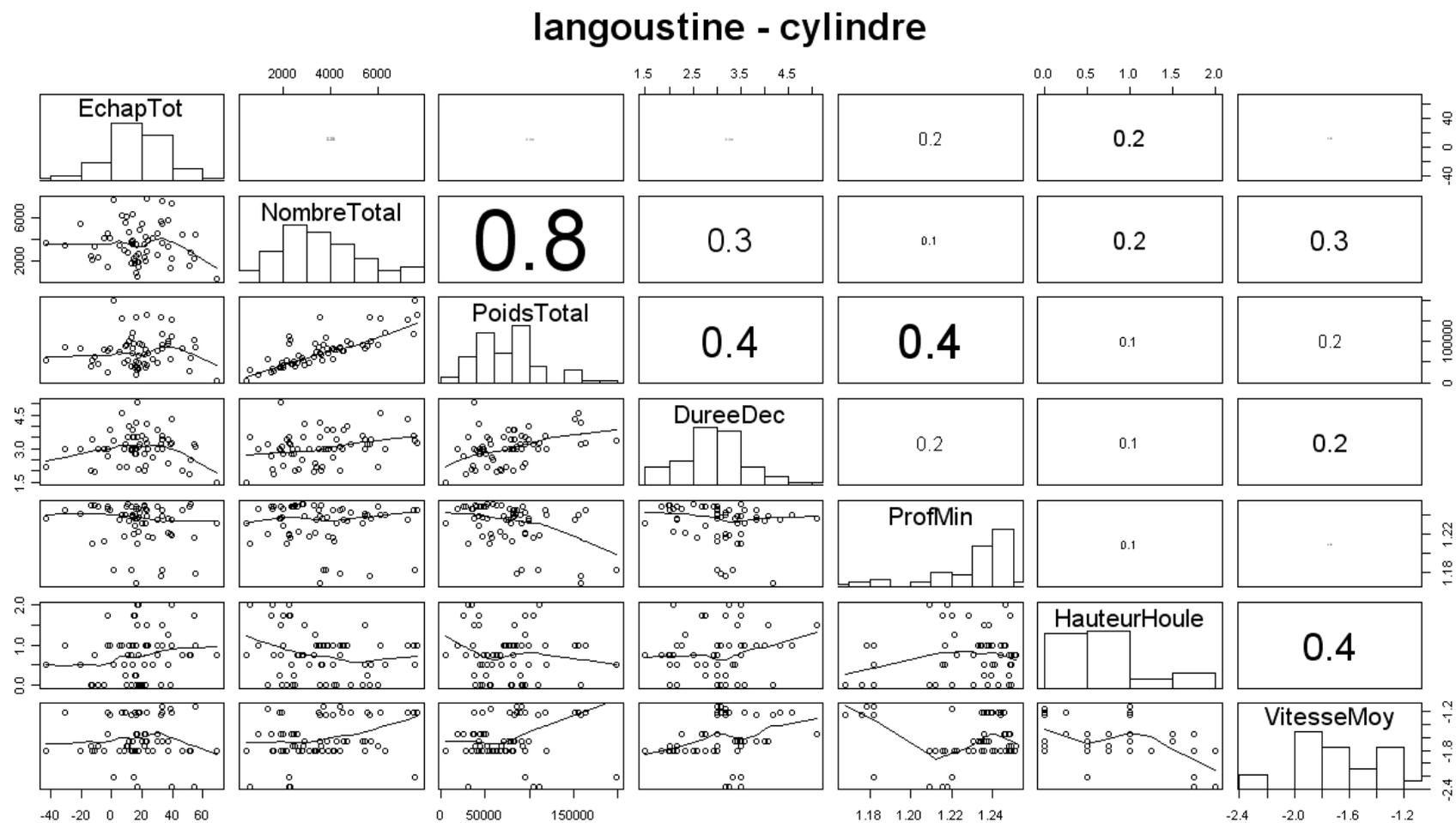
Pour chaque combinaison espèces/dispositif, les analyses graphiques sont décomposées en 4 séries de graphes dans les pages suivantes :

- (1) les '*pair-plots*' : représentation graphique « deux à deux » de la variable réponse (échappement total) avec chacune des potentielles variables explicatives continues disponibles. Si nécessaire, ces variables ont été transformées (logarithme, exponentiel ou racine carrée) pour tendre vers une distribution normale. Le coefficient de corrélation (r) est indiqué au croisement des deux variables de chaque paire.
- (2) Le nombre total d'individus (langoustine + merlu) dans le chalut témoin étant la variable la plus souvent corrélée à l'échappement total, même faiblement, les données ont été décomposées et représentées graphiquement pour chaque niveau de chaque variable qualitative de la manière suivante :
 - 2.1- Echappement Total vs Capture Totale pour chaque Navire
 - 2.2- Echappement Total vs Capture Totale pour chaque Type de Fond
 - 2.3- Echappement Total vs Capture Totale pour chaque Mois

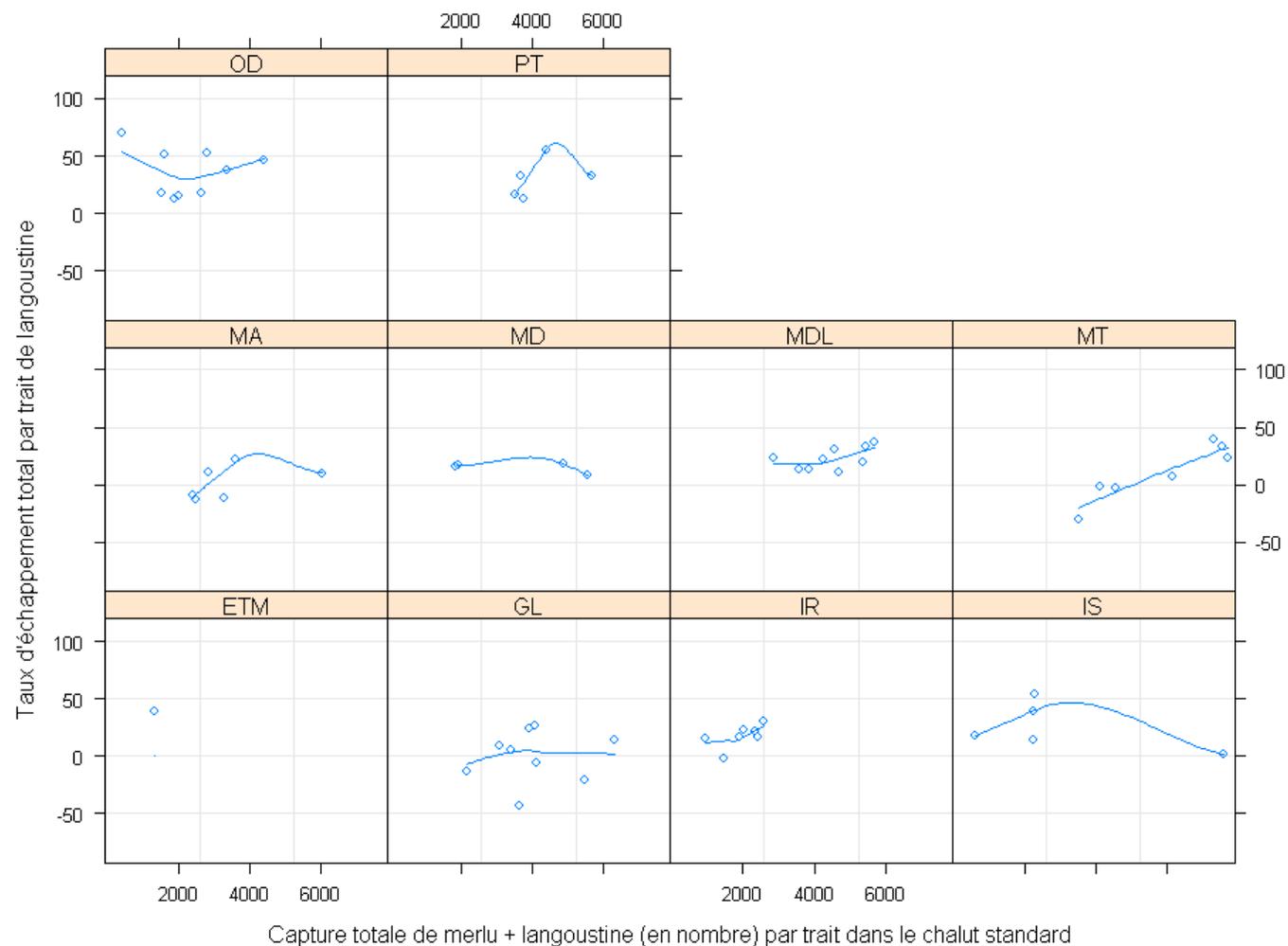
NB : le message d'erreur affiché sur quelques graphiques indique que le modèle utilisé (« loess ») pour représenter les données n'a pas pu converger du fait du trop petit nombre de valeurs.

5.1. Analyses graphiques

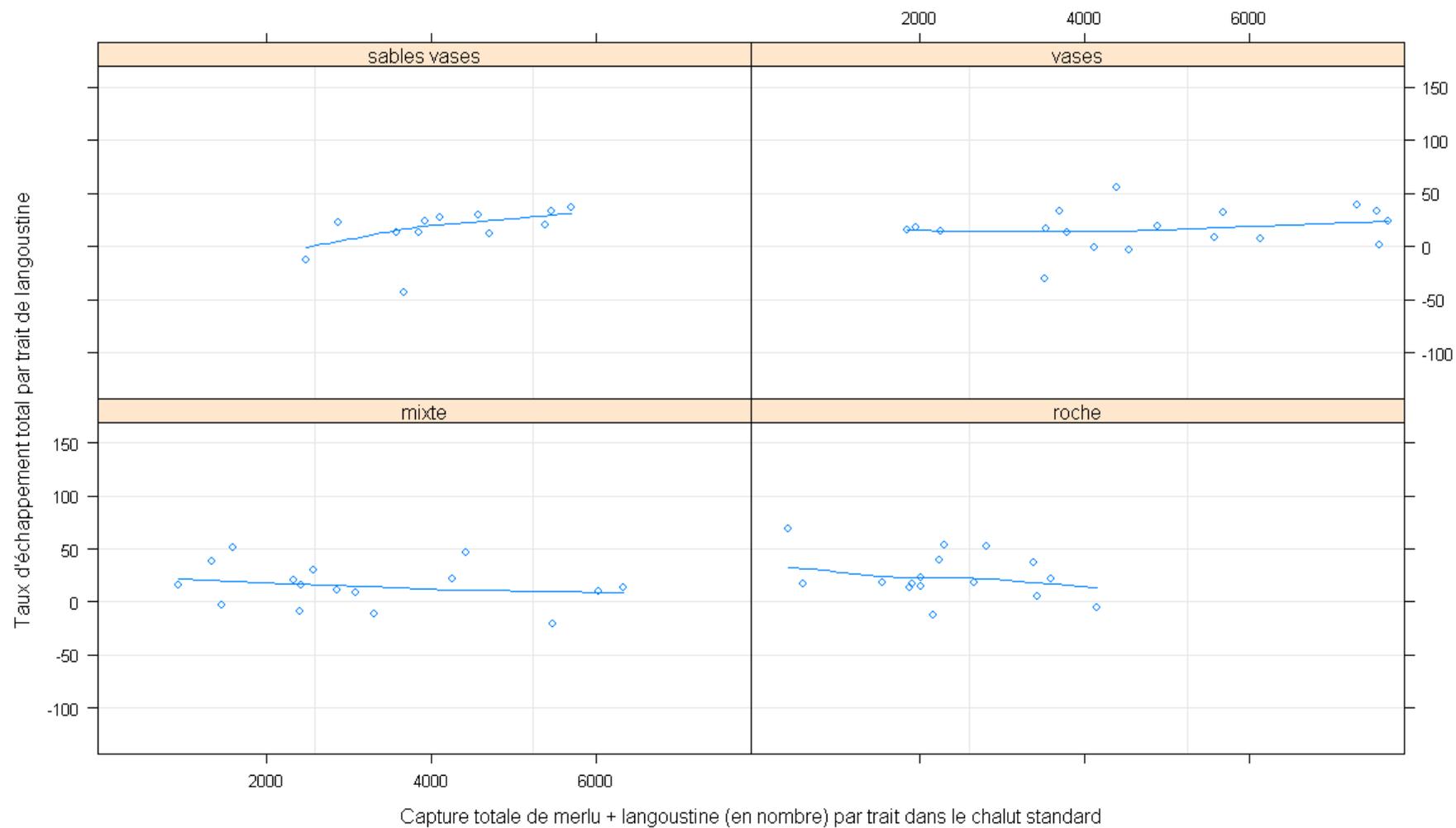
5.1.1. Langoustine, cylindre à mailles carrées

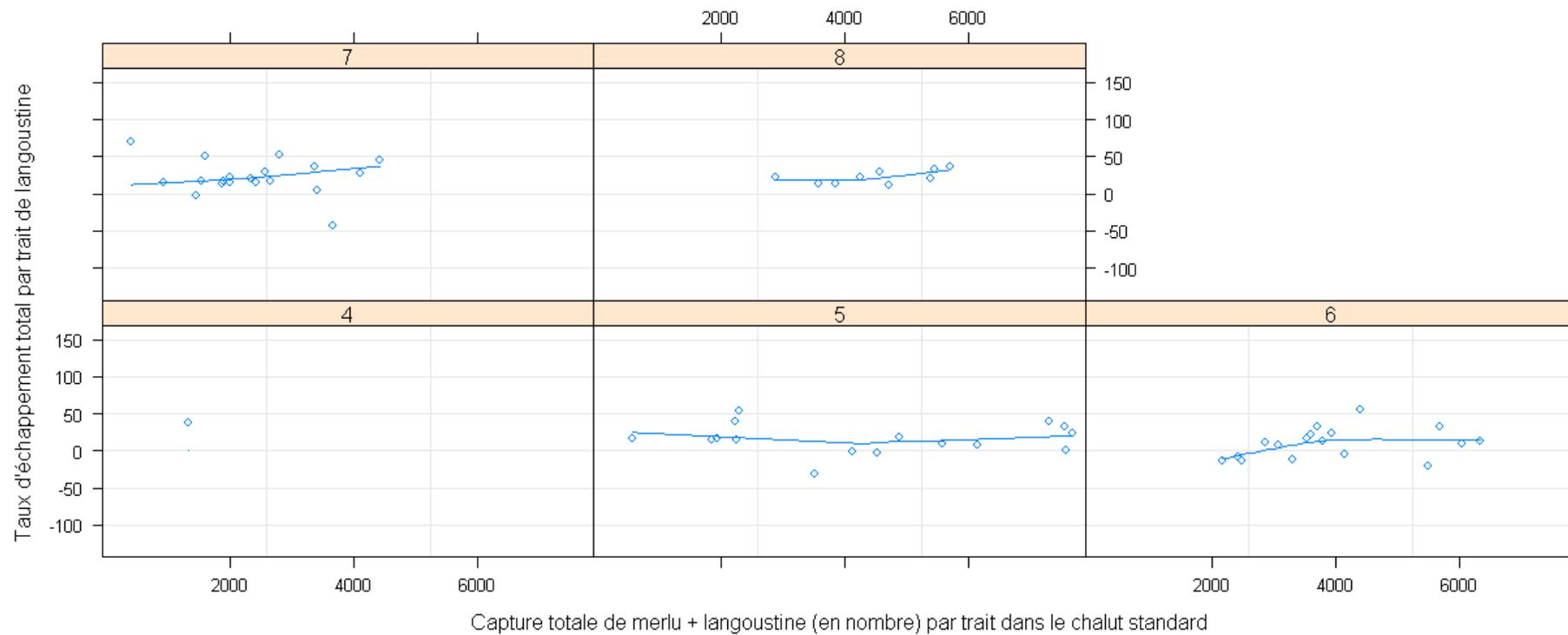


Echappement langoustine par Navire (cylindre)



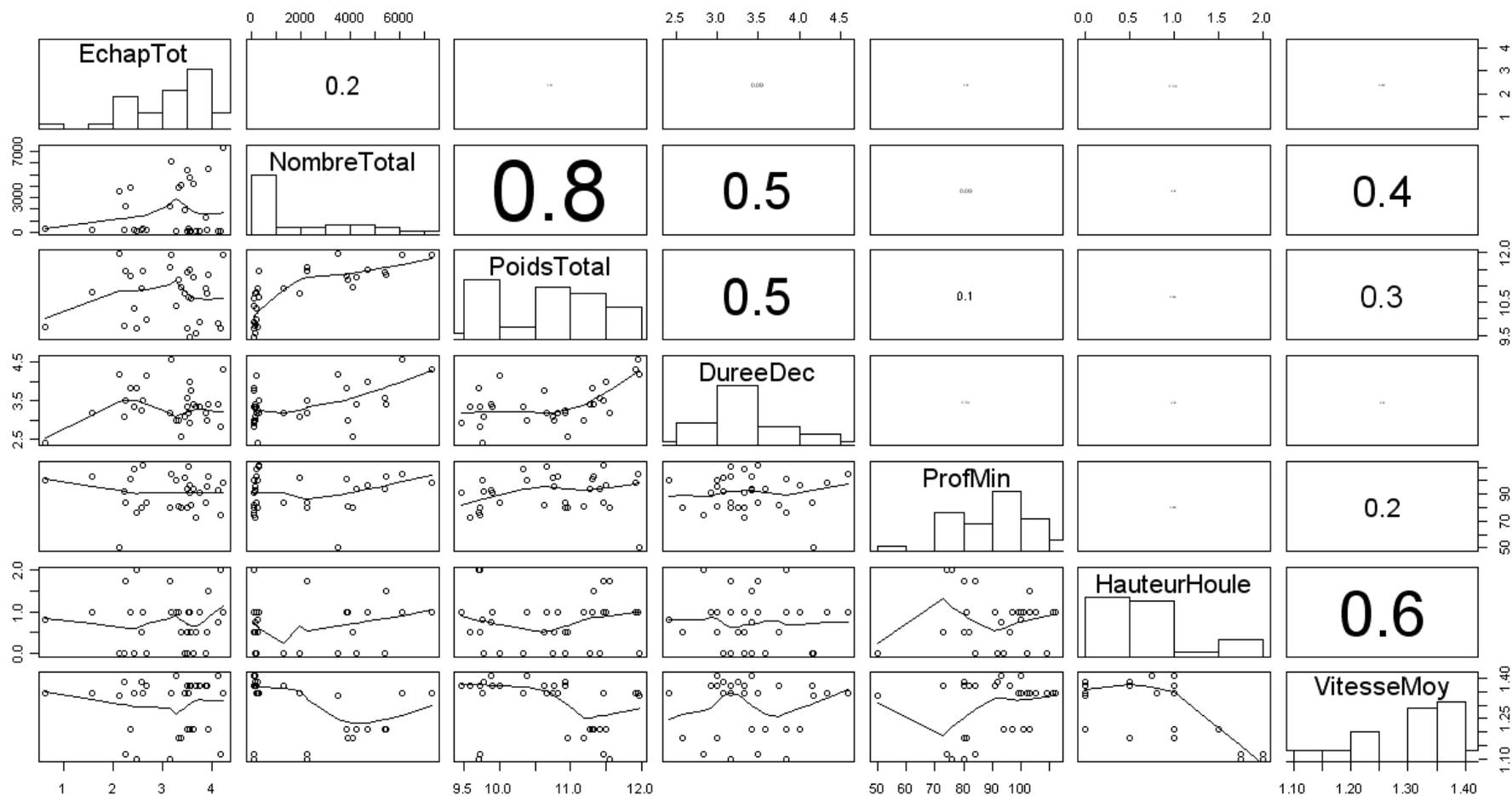
Echappement langoustine par Type de fond (cylindre)



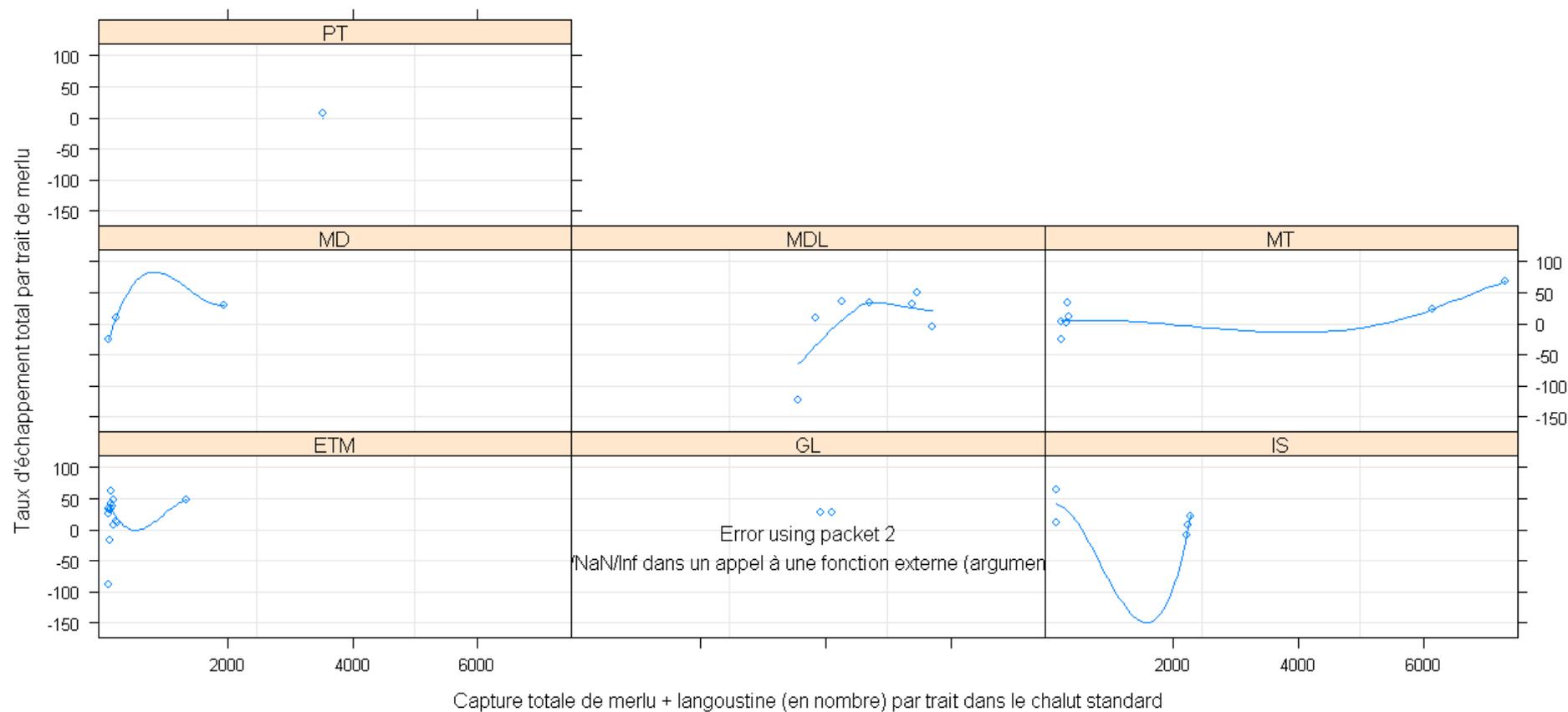
Echappement langoustine par Mois (cylindre)

5.1.2. Merlu, cylindre à mailles carrées

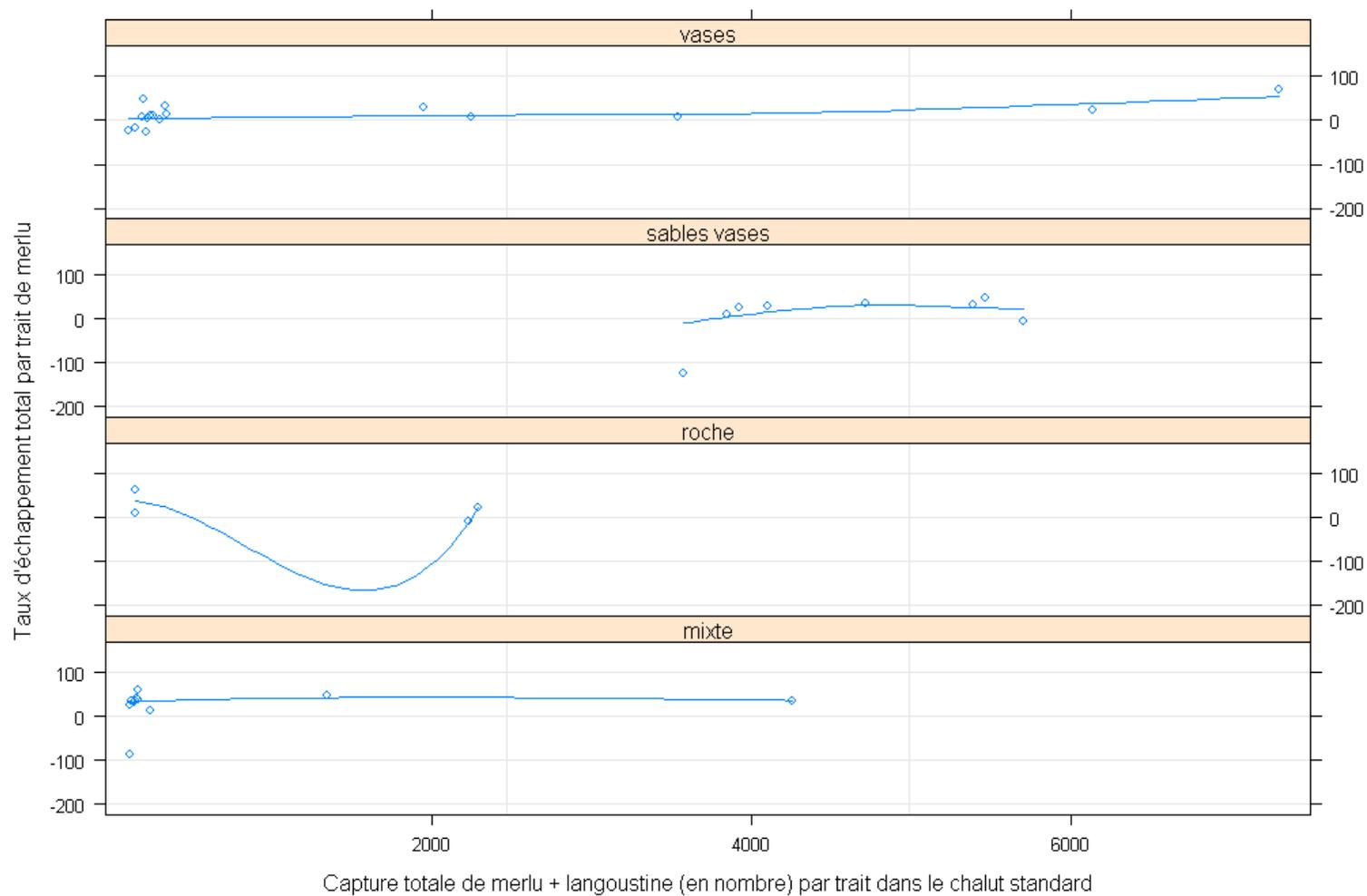
merlu - cylindre



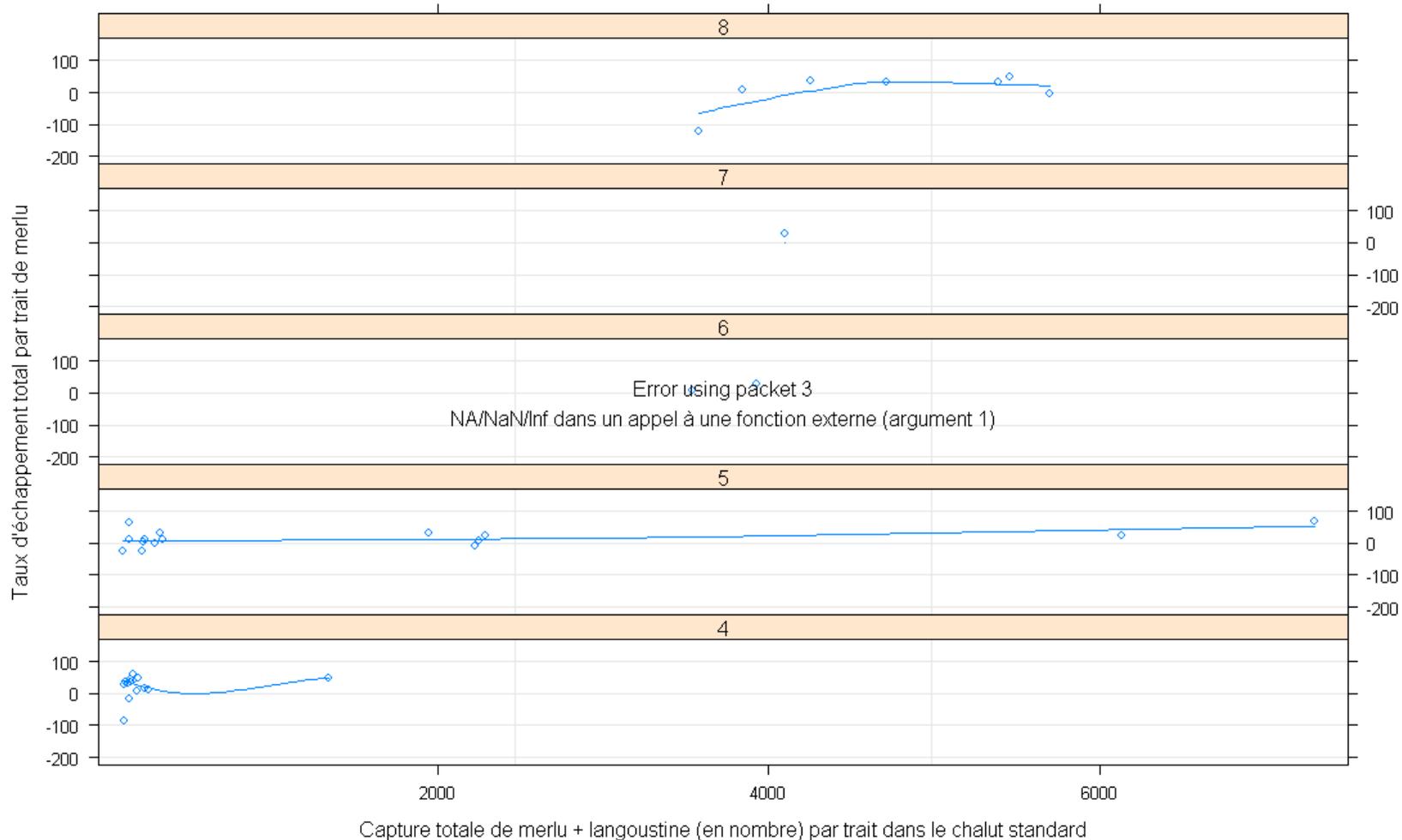
Echappement merlu par Navire (cylindre)



Echappement merlu par Type de fond (cylindre)

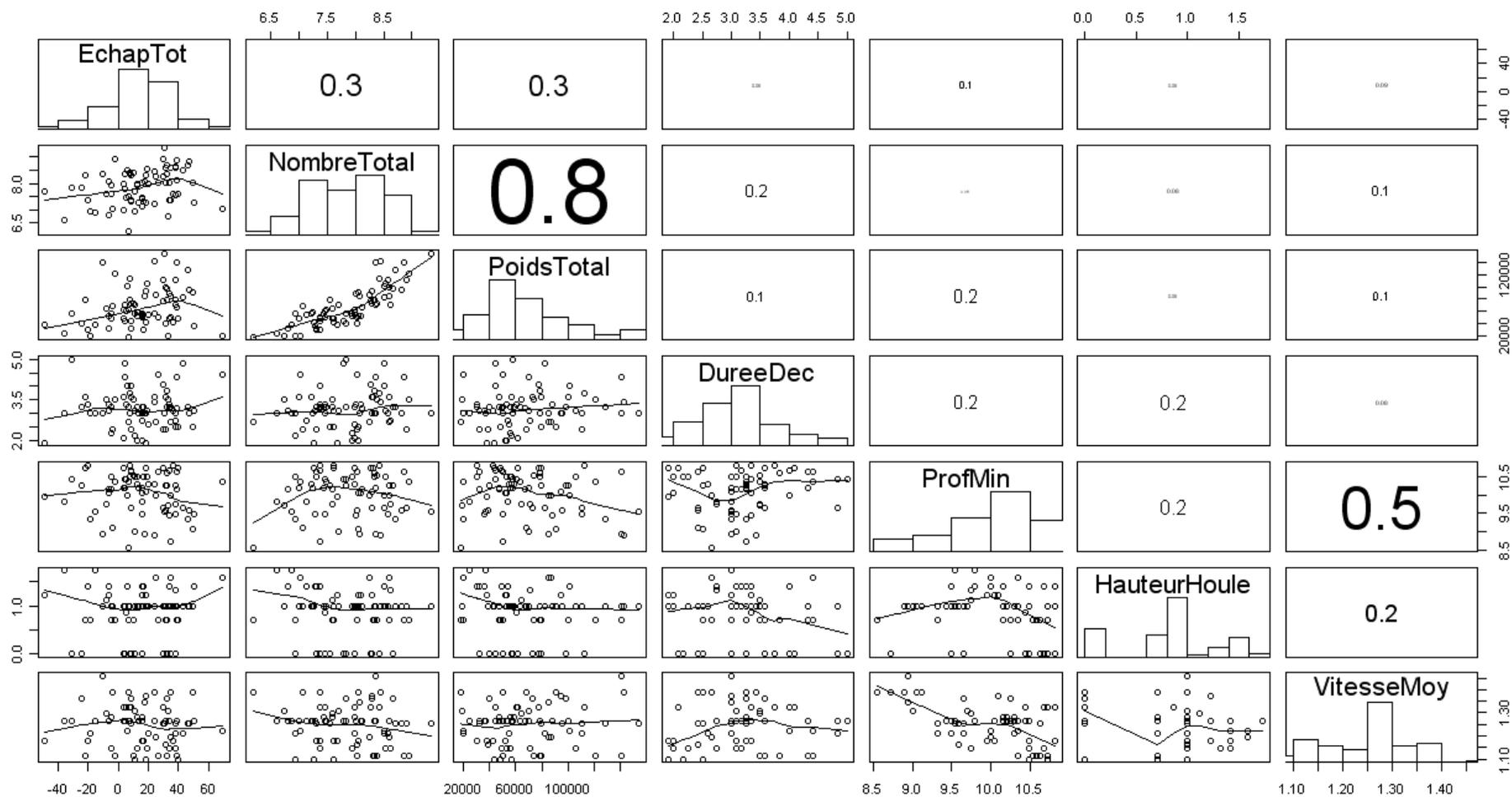


Echappement merlu par Mois (cylindre)

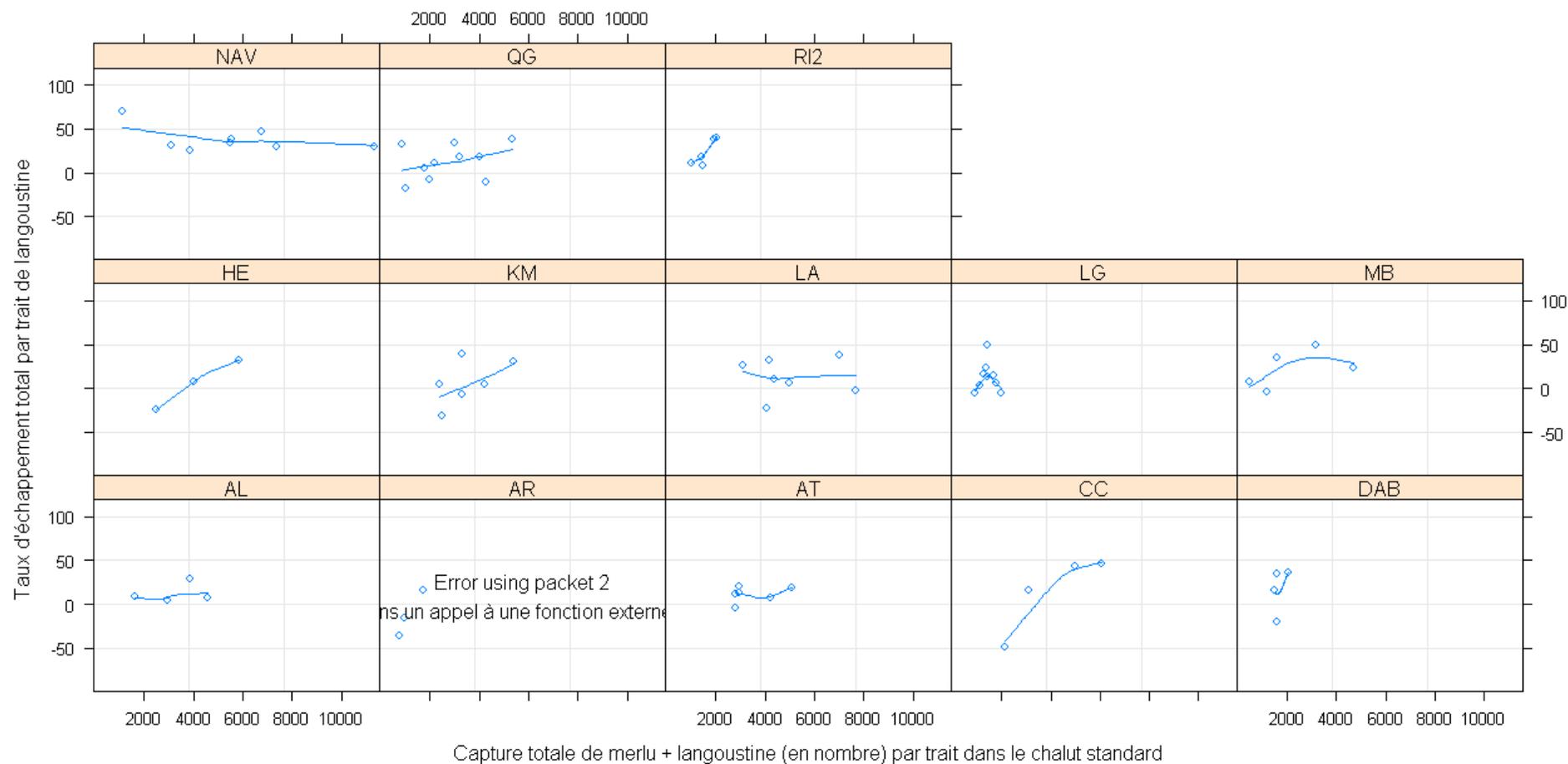


5.1.3. Langoustine, grille inversée

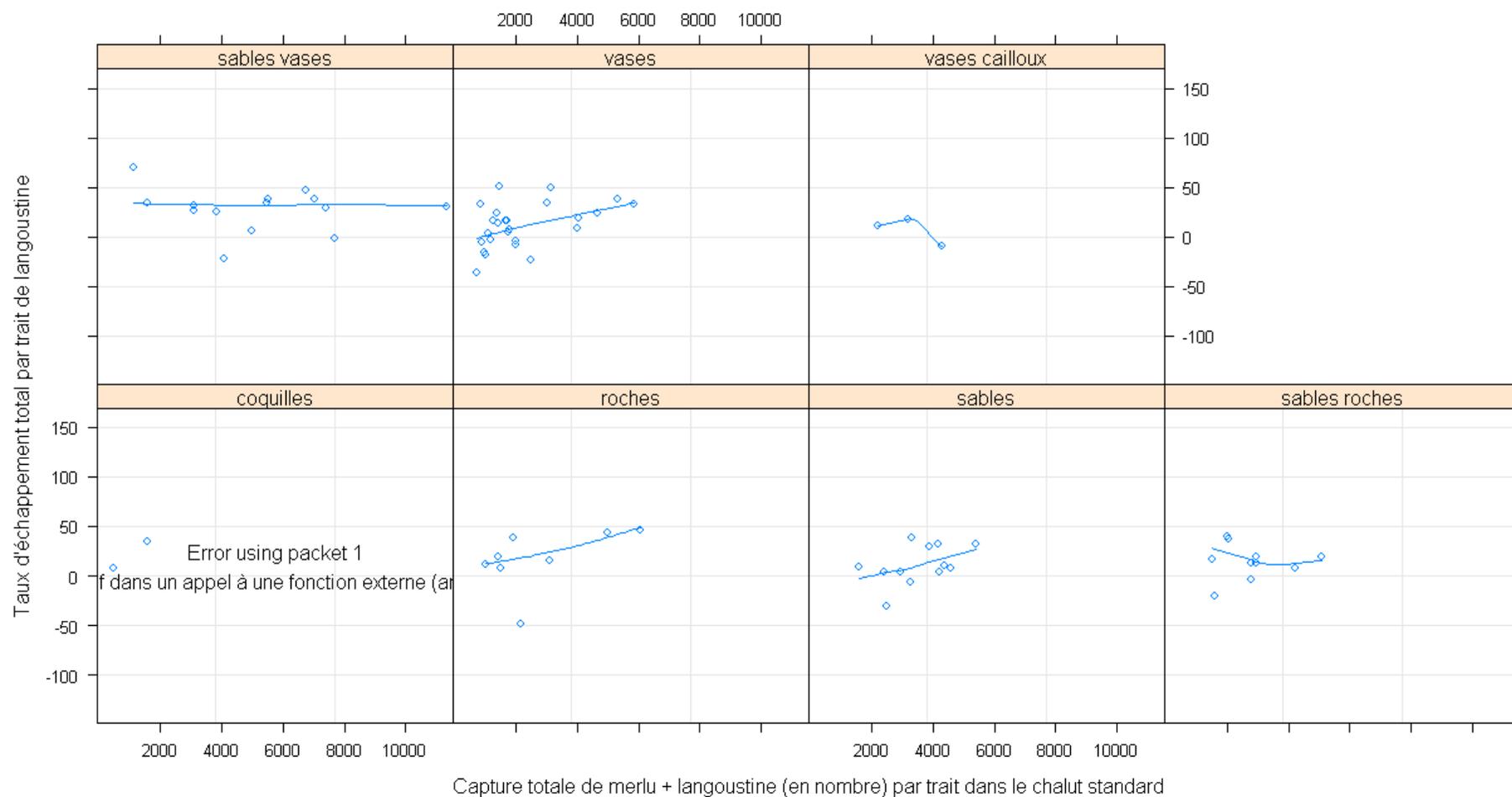
langoustine - grille



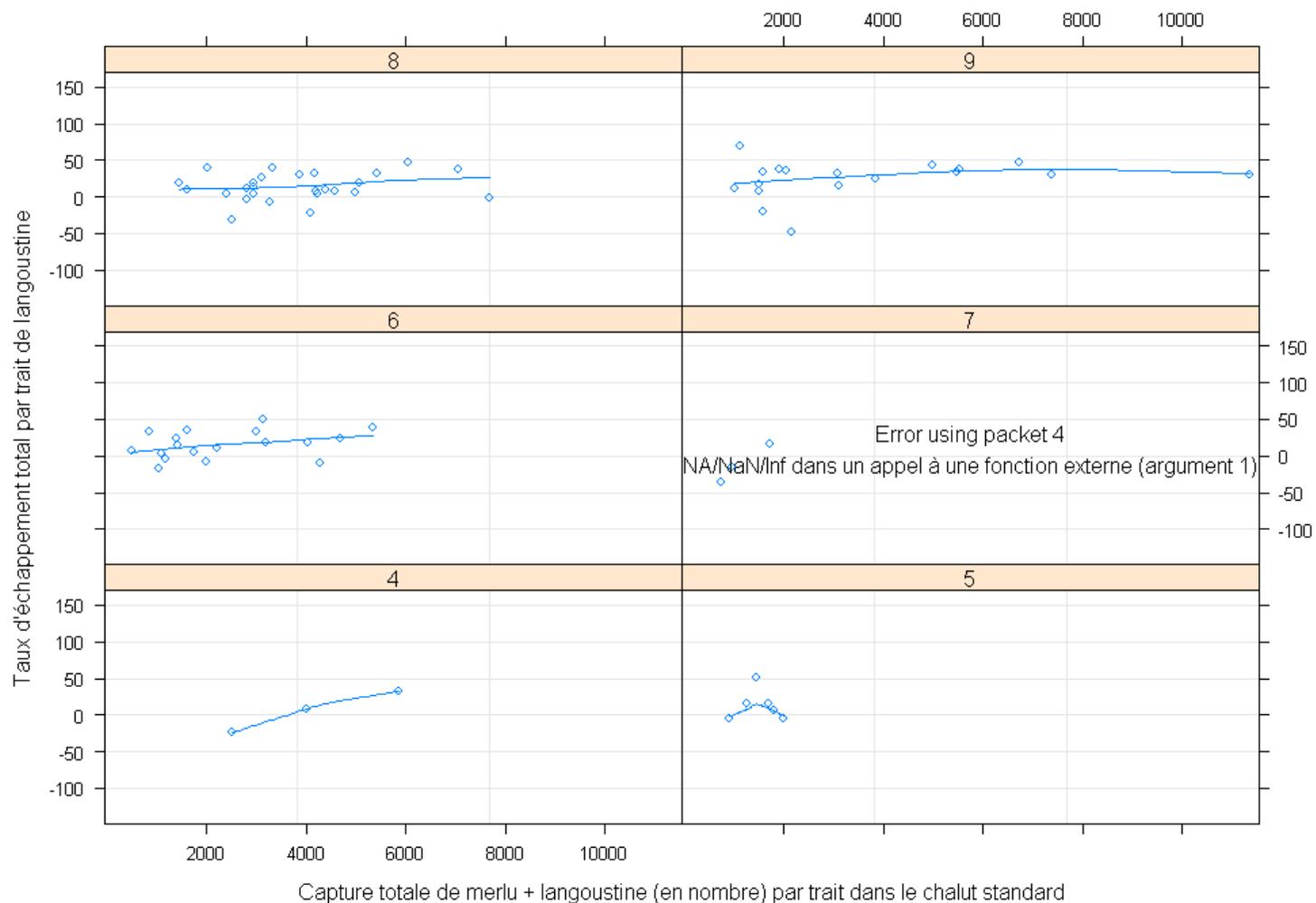
Echappement langoustine par Navire (grille)



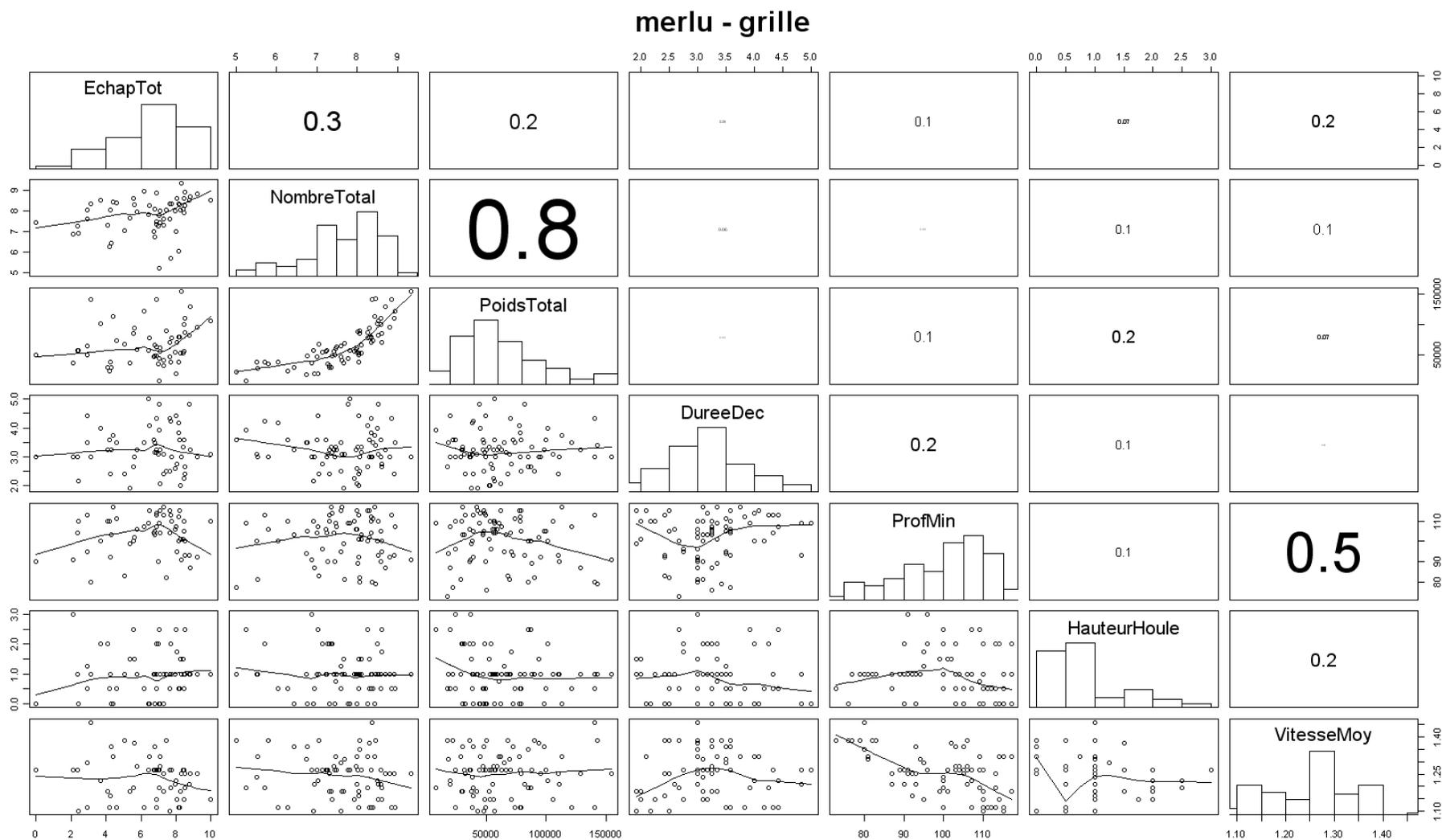
Echappement langoustine par Type de fond (grille)



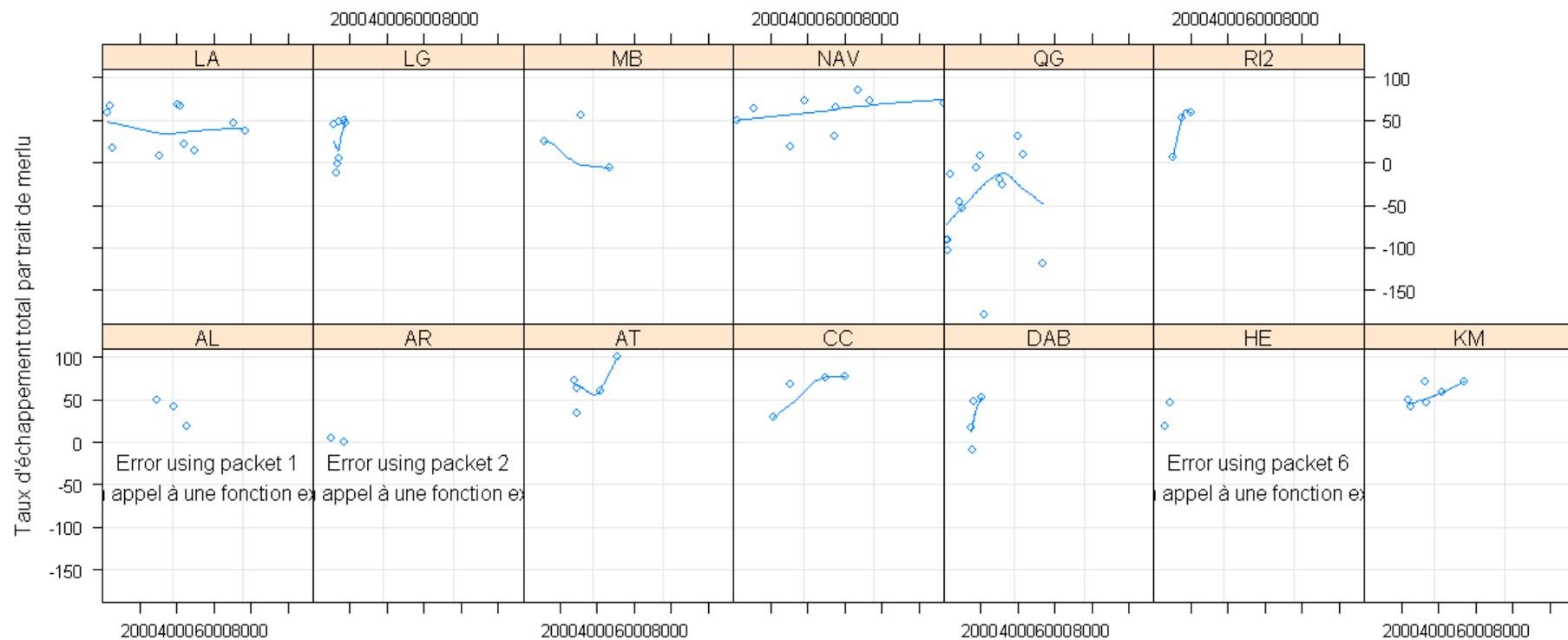
Echappement langoustine par Mois (grille)



5.1.4. Merlu, grille inversée

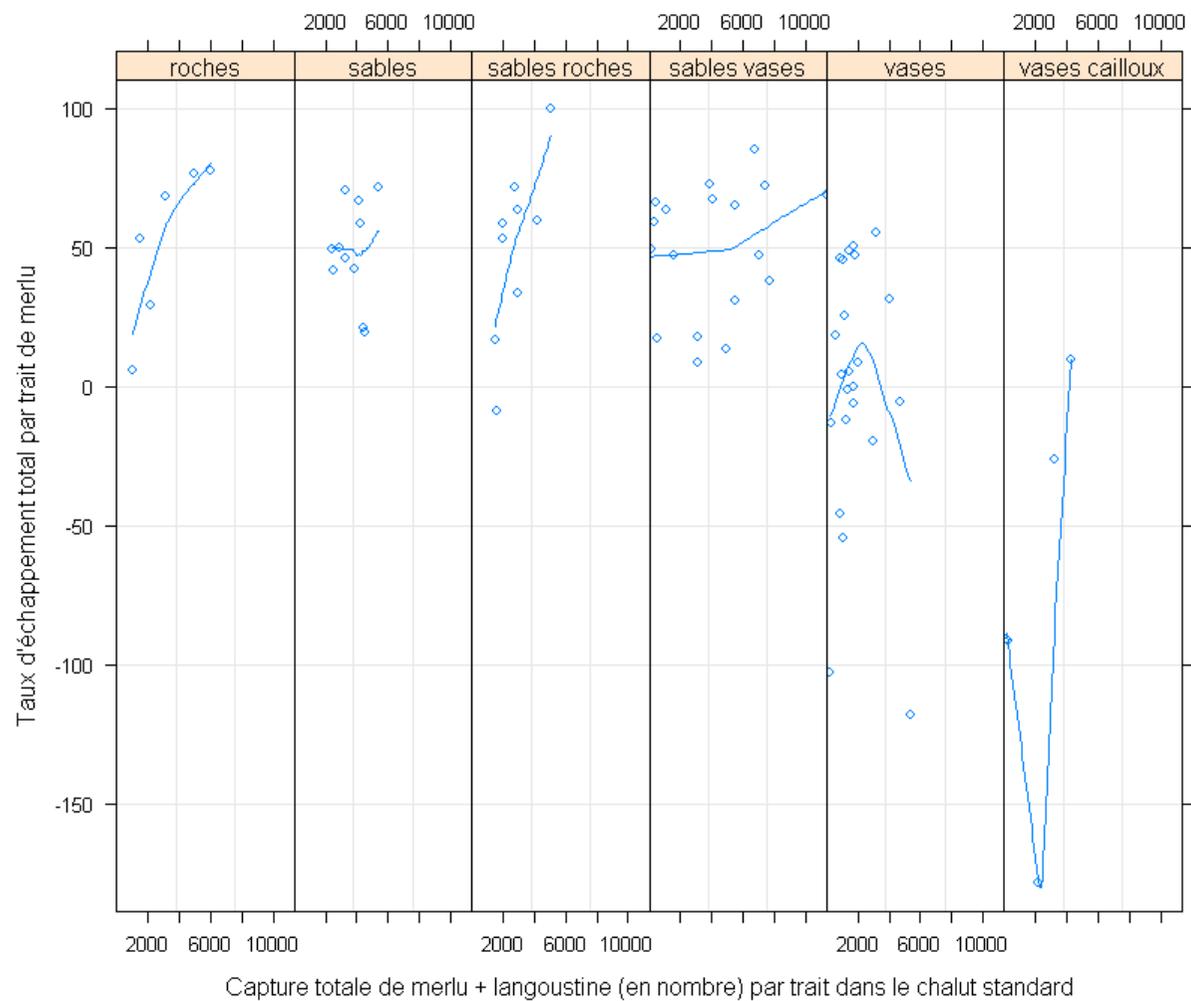


Echappement merlu par Navire (grille)

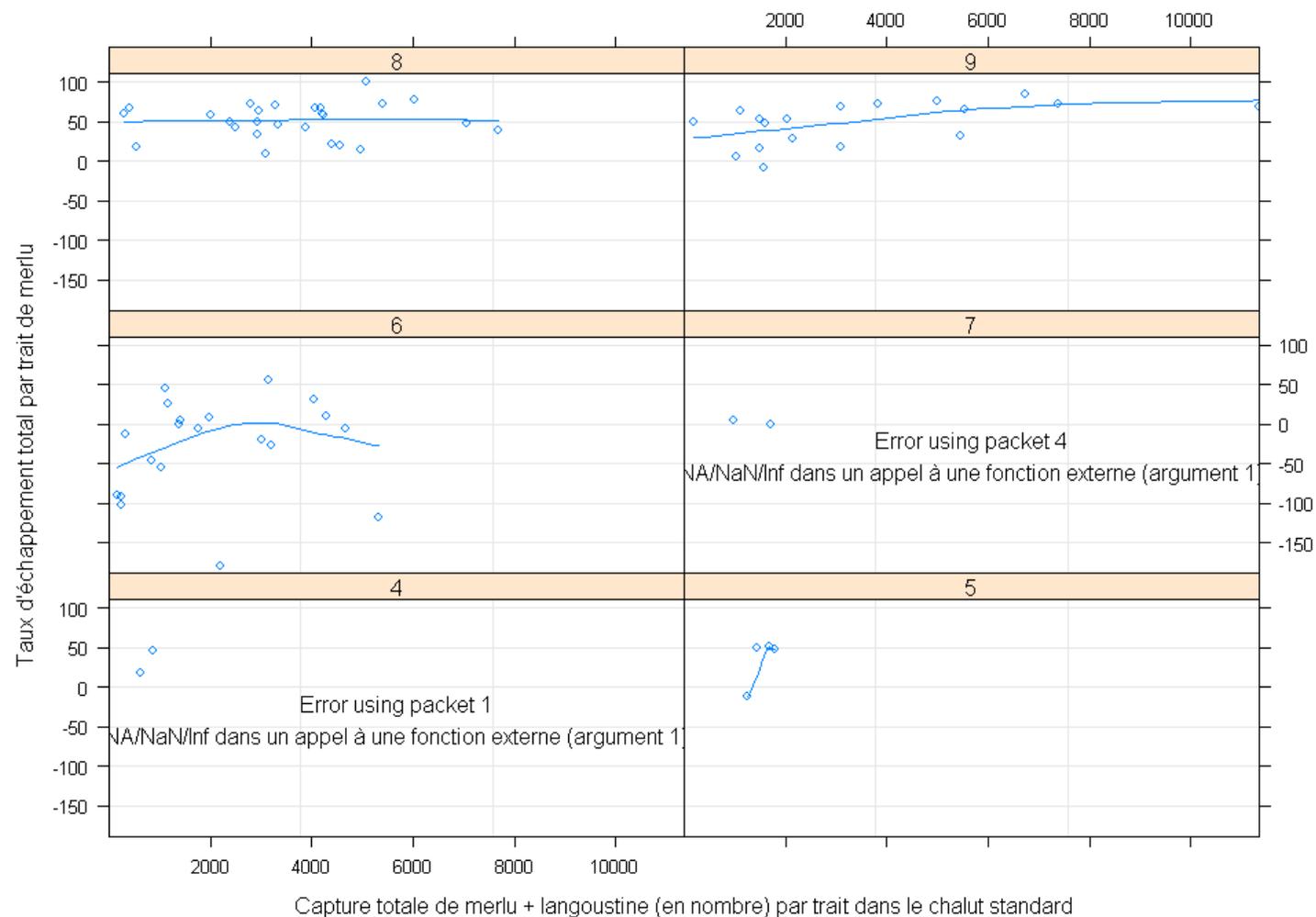


Capture totale de merlu + langoustine (en nombre) par trait dans le chalut standard

Echappement merlu par Type de fond (grille)

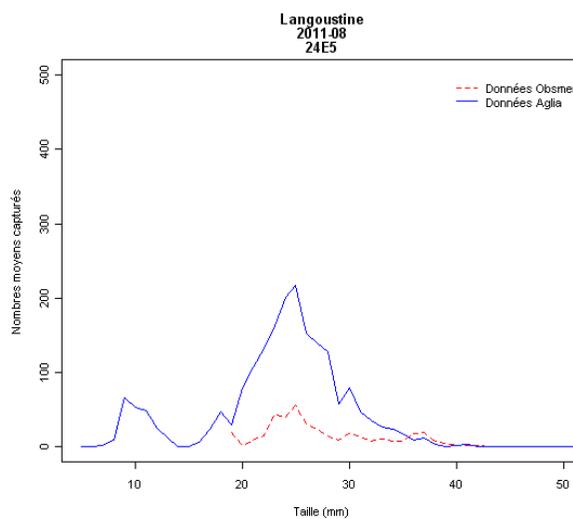
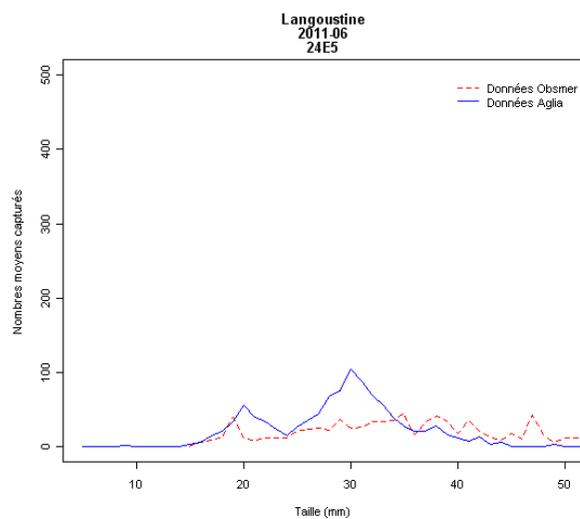
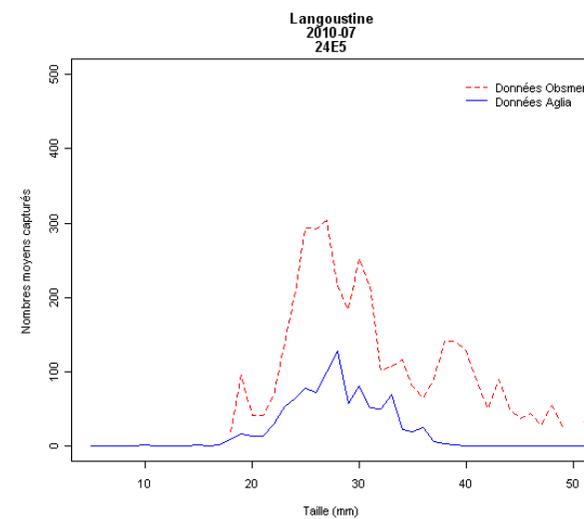
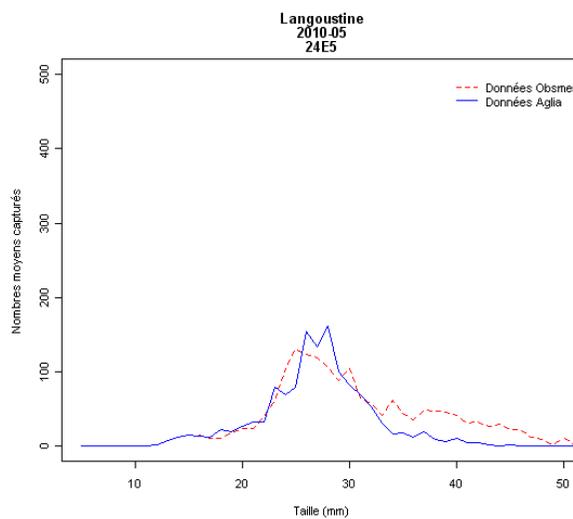
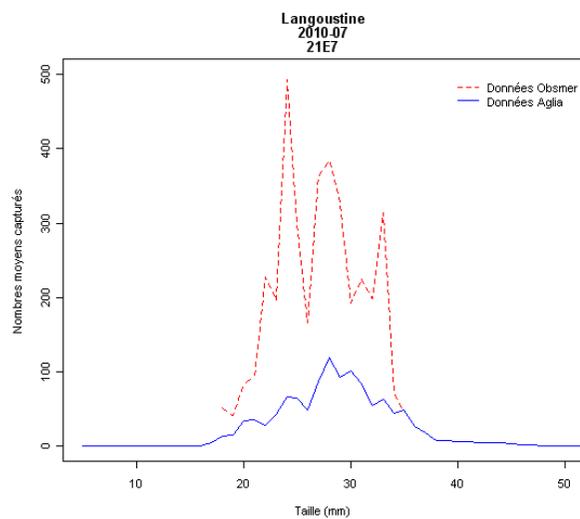


Echappement merlu par Mois (grille)

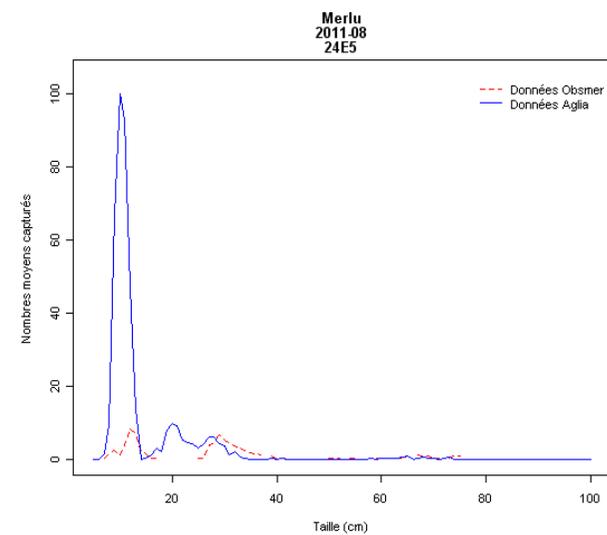
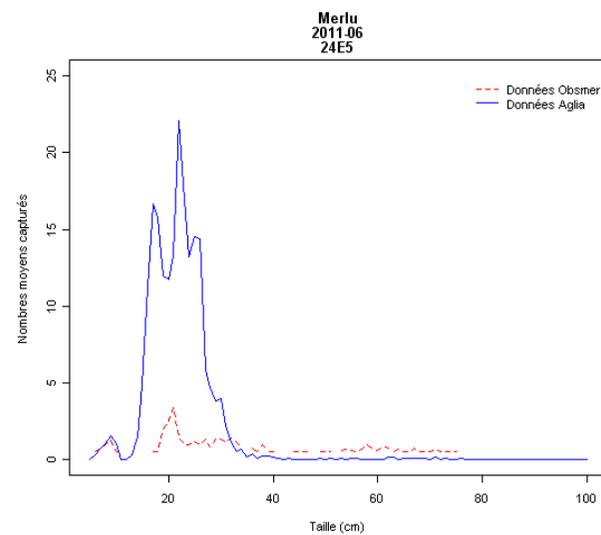
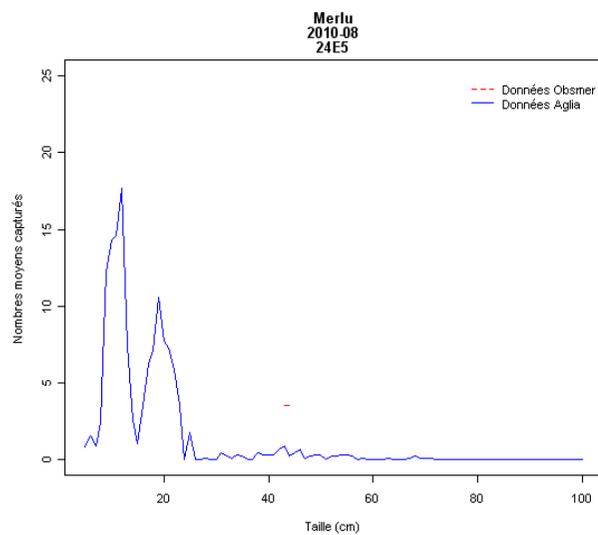
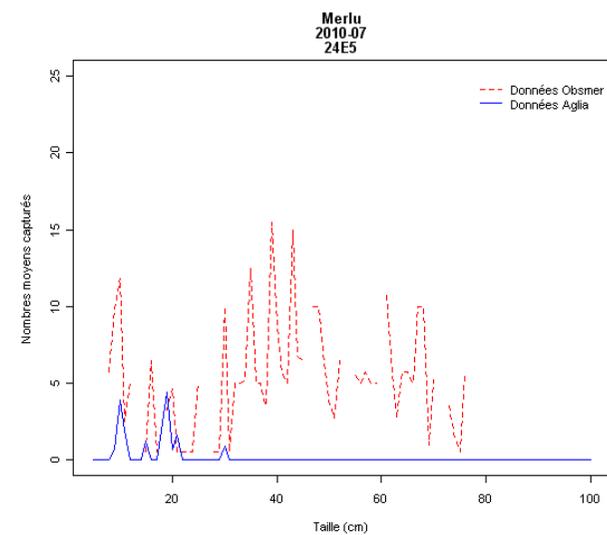
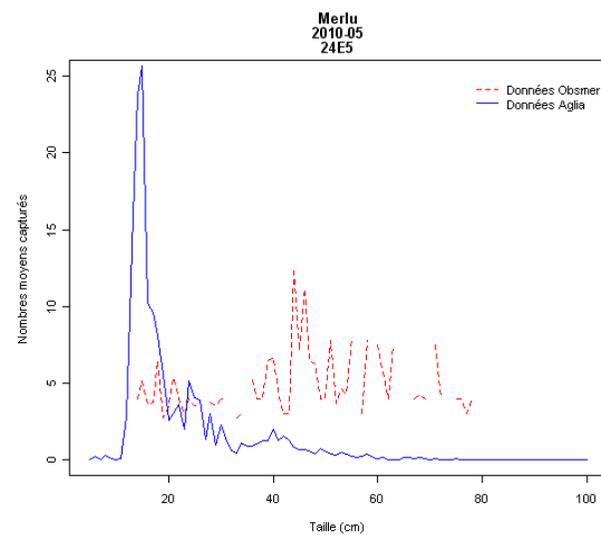
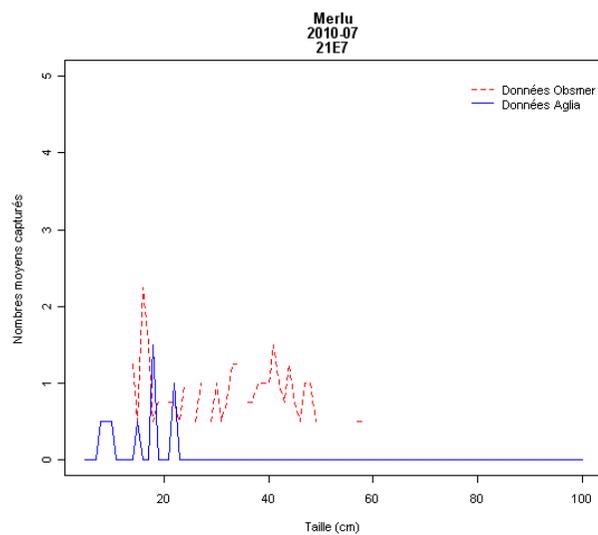


5.2. Comparaison des captures moyennes aux tailles - *Obsmer* et *Aglia* (mois et secteurs communs)

5.2.1. Langoustine



5.2.2. Merlu



6. Bibliographie

Bertignac, M., Le Grand, C., Macher, C., Pitel-Roudaut, M. et Desbois, Y., 2011. Photographie détaillée des pêcheries de merlu (stocks sud et nord) de l'Atlantique Nord-est. Rapport Ifremer, 61p.

Biseau A, Bellail R, Bertignac M, Biais G, Bigot JL, Bouche L, Bourjea J, Caro A, De Casamajor MN, Caill-Milly N, Drogou M, Duhamel E, Fifas S, Foucher E, Fromentin JM, Jadaud A, Lampert L, Laurans M, Lissardy M, Lorange P, Mahe JC, Mahe K, Masse J, Morandeau G, Pawlowski L, Poisson F, Reynal L, Roos D, Verin Y, Vermard Y, Vigneau J, 2011. Situation en 2011 des ressources exploitées par les flottilles françaises. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00035/14656/>

Comité National de Pêche (CNPMEM), 2004. Rapport final du programme d'amélioration de la sélectivité des chaluts du Golfe de Gascogne. 50p.

Comité National de Pêche (CNPMEM), 2010. Conditions d'exercice de la pêche à la langoustine (*Nephrops norvegicus*) dans les eaux du Golfe de Gascogne. Délibération N°7/2010.

Commission européenne, 2006. RÈGLEMENT (CE) no 51/2006 DU CONSEIL du 22 décembre 2005 établissant, pour 2006, les possibilités de pêche et les conditions associées pour certains stocks halieutiques et groupes de stocks halieutiques, applicables dans les eaux communautaires et, pour les navires communautaires, dans les eaux soumises à des limitations de capture

European Commission, 1998. COUNCIL REGULATION (EC) No 850/98 of 30 March 1998 for the conservation of fishery resources through technical measures for the protection of juveniles of marine organisms.

FranceAgrimer, 2011. Données de ventes déclarées en halles à marée. <http://www.franceagrimer.fr/Projet-02/08publications/mer/bilan-ham-2010-f.pdf>

Guérineau, L., Rochet, MJ. Et Peronnet, I., 2010. Panorama des rejets dans les pêcheries françaises. Rapport Ifremer, 49p.

Herrmann, B., Priour, D., Krag, L., 2006. Theoretical study of the effect of round straps on the selectivity in a diamond mesh cod-end. *Fisheries Research* 80 : 148–157

Holst, R. & Revill, A., 2009. A simple statistical method for catch comparison studies. *Fisheries Research*, 95, 254-259.

Leblond Emilie, Daures Fabienne, Berthou Patrick, Merrien Claude, Pitel-Roudaut Mathilde, Macher Claire, Le Grand Christelle, Demaneche Sebastien, Jezequel Michele, Bodere Erwan, Le Blond Samuel (2011). Synthèse des flottilles de pêche 2009 - Flotte Mer du Nord - Manche - Atlantique - Méditerranée. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00042/15352/>

Meillat, M., Méhault, S., Morandeau, F., Vacherot, JP., Marc, E., 2011. Etude de dispositifs sélectifs – Pêcherie crustacés-poissons du Golfe de Gascogne. Rapport Ifremer R.INT.STH/LTH 11-01.119p.

7. Remerciements

Merci à Jean Pierre Cuillandre pour son travail de terrain rigoureux. Merci à Loïc Baulier et Benoît Dube pour leurs éclairages en statistiques et langage R, ainsi qu'aux relecteurs pour leurs commentaires.