

*Traduction par logiciel sans édition  
V. Defaux - n'engage pas sa responsabilité*

## Survie des rejets de la raie bouclée capturée à la volée dans la Manche orientale (7d)

### Rapport final

Demandé par FROM NORD et élaboré par ILVO.

Damian Villagra, Tim Plevoets, Laura Lemey

Contact : [tim.plevoets@ilvo.vlaanderen.be](mailto:tim.plevoets@ilvo.vlaanderen.be)

ILVO

Institut flamand de recherche pour l'agriculture, la pêche et l'alimentation

(ILVO) Unité Pêche animale et production aquatique

Jacobsenstraat 1

8400 Oostende

[www.ilvo.vlaanderen.be](http://www.ilvo.vlaanderen.be)

Soumis à : FROM NORD

Date de soumission : 31/12/2022

Écrit par : Damian Villagra, Laura Lemey et Tim Plevoets

Révisé par : Solène Prevalet, Els Torreelle et Laura Lemey

Version finale

Ce rapport ne peut être publié ou diffusé publiquement sans l'accord des auteurs.

L'ILVO Animal Sciences n'accepte aucune responsabilité pour les dommages causés par l'utilisation des résultats de recherche et/ou des avis fournis par l'ILVO ou en son nom. Les informations sont fournies "en l'état". ILVO ne donne aucune garantie, expresse ou implicite, quant à l'exactitude ou à l'exhaustivité des informations. ILVO ne peut en aucun cas être tenu responsable (a) de tout dommage (y compris, mais sans s'y limiter, les dommages pour manque à gagner, interruption d'activité, perte de programmes ou d'informations, etc.) résultant de l'application, de l'abus ou de l'utilisation inadéquate des informations fournies par ILVO (b) de toute réclamation imputable à des erreurs, omissions ou autres inexactitudes dans les informations fournies par ILVO, ou (c) de toute réclamation d'une tierce partie.

## TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	iv
LISTE DES FIGURES.....	iv
GLOSSAIRE DES ABRÉVIATIONS.....	vi
RÉSUMÉ.....	vii
1 INTRODUCTION.....	8
2 MATÉRIAUX ET MÉTHODES.....	9
2.1 INFORMATIONS GÉNÉRALES.....	9
2.2 CHARIOTS D'ARRIVÉE.....	10
2.3 LES MOYENS DE SUBSISTANCE.....	10
2.3.1 PROTOCOLE.....	10
2.4 DÉCLARATION ÉTHIQUE.....	14
2.5 ANALYSE DES DONNÉES.....	14
2.5.1 SURVIE IMMÉDIATE, DIFFÉRÉE ET TOTALE.....	14
2.5.2 ANALYSE FACTORIELLE.....	15
3 RÉSULTATS.....	16
3.1 COLLECTE DE DONNÉES.....	16
3.2 RÉPARTITION DES LONGUEURS.....	16
3.3 CLASSES DE VITALITÉ ET SURVIE IMMÉDIATE.....	17
3.4 SURVIE RETARDÉE.....	19
3.5 SURVIE TOTALE.....	28
3.6 ANALYSE FACTORIELLE ET CONSTRUCTION DE MODÈLES.....	28
3.6.1 EXPLORATION DES CORRÉLATIONS.....	28
3.6.2 ANALYSE D'UN SEUL FACTEUR.....	30
3.6.3 MODÈLE DE BÂTIMENT.....	35
4 DISCUSSIONS.....	37
5 CONCLUSIONS.....	39
6 RÉFÉRENCES.....	40

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 2 : DESCRIPTION DES QUATRE RÉFLEXES ÉVALUÉS POUR OBTENIR LE SCORE RAMP. *LE RÉFLEXE DE PRISE DE QUEUE A ÉTÉ TESTÉ EN EAU DE MER, LES AUTRES RÉFLEXES N'ONT PAS ÉTÉ TESTÉS.....	11
TABLEAU 3 DESCRIPTION DES CINQ TYPES DE LÉSIONS SÉLECTIONNÉES POUR LA NOTATION.....	12
TABLEAU 4 : APERÇU DES MODÈLES LES PLUS "PARCIMONIEUX" OBTENUS À L'AIDE DE LA CONSTRUCTION DE MODÈLES À TERME POUR PRÉDIRE LE STATUT DE MORTALITÉ IMMÉDIATE ET DIFFÉRÉE D'UN POISSON INDIVIDUEL.....	36

FIGURE 1 : POSITION DES TRAITS DE PÊCHE FLYSHOOT DANS LA MANCHE ORIENTALE LORS DES QUATRE SORTIES EFFECTUÉES ENTRE JUIN ET SEPTEMBRE 2022. LA TAILLE DU POINT EST RELATIVE AU POIDS TOTAL DÉBARQUÉ POUR CHAQUE TRAIT.

## LISTE DES FIGURES

ETS 10

FIGURE 3 : PHOTO DU CONTRÔLE (ID : 2544) POUR LE 4ÈME VOYAGE À L'ARRIVÉE AUX INSTALLATIONS DE SURVEILLANCE (NAUSICAA), MONTRANT DES BLESSURES VENTRALES ÉVIDENTES. ....	13
FIGURE 4 : PHOTO DU CONTRÔLE (ID : 2570) POUR LE 4ÈME VOYAGE À L'ARRIVÉE AUX INSTALLATIONS DE SURVEILLANCE (NAUSICAA), MONTRANT DES SIGNES D'HÉMORRAGIES SUR LA FACE VENTRALE DES AILES. ....	14
FIGURE 5 : APERÇU DES LONGUEURS MESURÉES EN MER, POUR LES 460 RAIES BOUCLÉES MESURÉES AU COURS DU PROJET .....	16
FIGURE 6 : VUE D'ENSEMBLE DES LONGUEURS, MESURÉES SUR LES RAIES BOUCLÉES QUI ONT ÉTÉ AMENÉES DANS LES INSTALLATIONS DE DÉTENTION EN CAPTIVITÉ POUR LE CONTRÔLE DE LA SURVIE. ....	17
FIGURE 7 : VUE D'ENSEMBLE DE LA PROPORTION DU SCORE DE VITALITÉ DE TOUTES LES RAIES BOUCLÉES MARQUÉES CAPTURÉES AU COURS DES QUATRE SORTIES. ....	18
FIGURE 8 : APERÇU DE LA PROPORTION DU SCORE DE VITALITÉ DES RAIES BOUCLÉES CONTRÔLÉES À BORD ET DANS LES INSTALLATIONS DE DÉTENTION EN CAPTIVITÉ POUR LA SURVIE DIFFÉRÉE. ....	19
FIGURE 9 : APERÇU DE L'OXYGÈNE DISSOUS (%) DANS LES BOÎTES DE SURVEILLANCE UTILISÉES À BORD POUR CHACUNE DES QUATRE SORTIES EFFECTUÉES ENTRE JUIN ET SEPTEMBRE 2022. CHAQUE LIGNE NOIRE REPRÉSENTE UNE BOÎTE DE SURVEILLANCE AU COURS DE LA PÉRIODE DE SURVEILLANCE. LES LIGNES EN COULEUR REPRÉSENTENT LES BOÎTES DANS LESQUELLES DES ÉVÉNEMENTS DE MORTALITÉ TARDIVE À BORD SE SONT PRODUITS .....	20
FIGURE 10 : APERÇU DE LA TEMPÉRATURE DE L'EAU (C°) DANS LES BOÎTES DE SURVEILLANCE UTILISÉES À BORD DE CHACUN DES QUATRE NAVIRES TRANSPORTÉS ENTRE JUIN ET SEPTEMBRE 2022. CHAQUE LIGNE NOIRE REPRÉSENTE UNE BOÎTE DE SURVEILLANCE AU COURS DE LA PÉRIODE DE SURVEILLANCE. LES LIGNES EN COULEUR REPRÉSENTENT LES BOÎTES DANS LESQUELLES DES ÉVÉNEMENTS DE MORTALITÉ À BORD SE SONT PRODUITS. ....	21
FIGURE 11 : VUE D'ENSEMBLE DE LA RELATION ENTRE LA CLASSE DE VITALITÉ ET LES ÉVÉNEMENTS DE MORTALITÉ DIFFÉRÉE (À BORD ET PENDANT LE VOYAGE). PÉRIODE DE SURVEILLANCE DE 21 JOURS).....	22
FIGURE 12 : COURBES DE SURVIE NON PARAMÉTRIQUES DE KAPLAN MEIER DE LA RAIE BOUCLÉE (RJC) AU COURS DES HEURES DE SUIVI, EN CONSIDÉRANT L'ENSEMBLE DES 24 ÉVÉNEMENTS DE MORTALITÉ. L'ENSEMBLE DES CLASSES DE VITALITÉ ET DES SORTIES SONT PRISES EN COMPTE. LES LIGNES POINTILLÉES ROUGES REPRÉSENTENT LE DÉBUT ET LA FIN DE LA SURVEILLANCE À BORD. LES CROIX REPRÉSENTENT LA CENSURE (FIN DE LA PÉRIODE DE SURVEILLANCE ALORS QUE LE POISSON EST ENCORE EN VIE). LA ZONE OMBRÉE REPRÉSENTE L'INTERVALLE DE CONFIANCE À 95 % AUTOUR DE LA PROBABILITÉ DE SURVIE ESTIMÉE À CHAQUE ÉTAPE. ....	23
FIGURE 13 : COURBES DE SURVIE NON PARAMÉTRIQUES DE KAPLAN MEIER DE LA RAIE BOUCLÉE (RJC) AU COURS DES HEURES DE SUIVI, EN CONSIDÉRANT LES ÉVÉNEMENTS DE MORTALITÉ À BORD COMME CENSURÉS. CES COURBES ONT ÉTÉ ÉTABLIES POUR TOUTES LES CLASSES DE VITALITÉ ET TOUS LES VOYAGES. LES LIGNES POINTILLÉES ROUGES REPRÉSENTENT LE DÉBUT ET LA FIN DE LA SURVEILLANCE À BORD. LES CROIX REPRÉSENTENT LA CENSURE (FIN DE LA PÉRIODE DE SURVEILLANCE ALORS QUE LE POISSON EST ENCORE EN VIE). LA ZONE OMBRÉE REPRÉSENTE L'INTERVALLE DE CONFIANCE À 95 % AUTOUR DE LA PROBABILITÉ DE SURVIE ESTIMÉE À CHAQUE ÉTAPE. ....	24
FIGURE 14 : COURBES DE SURVIE NON PARAMÉTRIQUES DE KAPLAN MEIER DES RAIES BOUCLÉES (RJC) AU COURS DES HEURES DE SUIVI POUR CHAQUE CLASSE DE VITALITÉ, EN CONSIDÉRANT L'ENSEMBLE DES 24 ÉVÉNEMENTS DE MORTALITÉ. TOUTES LES SORTIES ONT ÉTÉ REGROUPEES. LES LIGNES POINTILLÉES ROUGES REPRÉSENTENT LE DÉBUT ET LA FIN DE LA SURVEILLANCE À BORD. LES CROIX REPRÉSENTENT LA CENSURE (FIN DE LA PÉRIODE DE SURVEILLANCE ALORS QUE LE POISSON EST TOUJOURS VIVANT). LA ZONE OMBRÉE REPRÉSENTE L'INTERVALLE DE CONFIANCE À 95 % AUTOUR DE LA PROBABILITÉ DE SURVIE ESTIMÉE À CHAQUE ÉTAPE. ...	25
FIGURE 15 : COURBES DE SURVIE NON PARAMÉTRIQUES DE KAPLAN MEIER DES RAIES BOUCLÉES (RJC) AU COURS DES HEURES DE SUIVI POUR CHAQUE CLASSE DE VITALITÉ, EN CONSIDÉRANT LES ÉVÉNEMENTS DE MORTALITÉ À BORD COMME CENSURÉS. CES COURBES SONT REGROUPEES POUR L'ENSEMBLE DES SORTIES. LES COURBES EN ROUGE	

LES LIGNES POINTILLÉES REPRÉSENTENT LE DÉBUT ET LA FIN DE LA SURVEILLANCE À BORD. LES CROIX REPRÉSENTENT LA CENSURE (FIN DE LA PÉRIODE DE SURVEILLANCE ALORS QUE LE POISSON EST ENCORE EN VIE). LA ZONE OMBRÉE REPRÉSENTE L'INTERVALLE DE CONFIANCE À 95 % AUTOUR DE LA PROBABILITÉ DE SURVIE ESTIMÉE À CHAQUE PAS DE TEMPS. ....26

FIGURE 16 : COURBES DE SURVIE NON PARAMÉTRIQUES DE KAPLAN MEIER DES RAIES BOUCLÉES (RJC) AU COURS DES HEURES DE SUIVI POUR CHACUNE DES QUATRE SORTIES, EN CONSIDÉRANT L'ENSEMBLE DES 24 ÉVÉNEMENTS DE MORTALITÉ. L'ENSEMBLE DES CLASSES DE VITALITÉ EST PRIS EN COMPTE. LES LIGNES POINTILLÉES ROUGES REPRÉSENTENT LE DÉBUT ET LA FIN DE LA SURVEILLANCE À BORD. LES CROIX REPRÉSENTENT LA CENSURE (FIN DE LA PÉRIODE DE SURVEILLANCE ALORS QUE LE POISSON EST ENCORE EN VIE). LA ZONE OMBRÉE REPRÉSENTE L'INTERVALLE DE CONFIANCE À 95 % AUTOUR DE LA PROBABILITÉ DE SURVIE ESTIMÉE À CHAQUE ÉTAPE.....27

FIGURE 17 : COURBES DE SURVIE NON PARAMÉTRIQUES DE KAPLAN MEIER DES RAIES BOUCLÉES (RJC) AU COURS DES HEURES DE SUIVI POUR CHACUNE DES QUATRE SORTIES, EN CONSIDÉRANT LES ÉVÉNEMENTS DE MORTALITÉ À BORD COMME CENSURÉS. LES DONNÉES SONT REGROUPÉES POUR TOUTES LES CLASSES DE VITALITÉ. LES LIGNES POINTILLÉES ROUGES REPRÉSENTENT LE DÉBUT ET LA FIN DE LA SURVEILLANCE À BORD. LES CROIX REPRÉSENTENT LA CENSURE (FIN DE LA PÉRIODE DE SURVEILLANCE ALORS QUE LE POISSON EST ENCORE EN VIE). LA ZONE OMBRÉE REPRÉSENTE L'INTERVALLE DE CONFIANCE À 95 % AUTOUR DE LA PROBABILITÉ DE SURVIE ESTIMÉE À CHAQUE ÉTAPE. ....28

FIGURE 18 : GRAPHIQUE DE CORRÉLATION POUR TOUS LES POISSONS CAPTURÉS ENTRE LE STATUT DE MORTALITÉ IMMÉDIATE (IMMEDIATE\_MORT), LA VITALITÉ (VITALITY\_SCORE\_NUM), LES BLESSURES (INJ.SCORE), L'ALTÉRATION DES RÉFLEXES (RAMP.SCORE), RAMPINJ.SCORE, LA LONGUEUR (LENGTHTL\_AT\_SEA), LE POIDS TOTAL DÉBARQUÉ PAR TRAIT (LANDINGWEIGHT), LE TYPE DE SUBSTRAT (SUBSTRATE\_TYPE), L'ÉTAT DE LA MER ET LA PROFONDEUR (MAIN\_WATER\_DEPTH). 29

FIGURE 19 : GRAPHIQUE DE CORRÉLATION POUR LES RAIES SUIVIES POUR LA SURVIE RETARDÉE ENTRE LE STATUT DE MORTALITÉ RETARDÉE (DELAYED\_MORT), LA VITALITÉ (VITALITY\_SCORE\_NUM), LA BLESSURE (INJ.SCORE), L'AFFAIBLISSEMENT DES RÉFLEXES (RAMP.SCORE), RAMPINJ.SCORE, LA LONGUEUR (LENGTHTL\_AT\_SEA), LE POIDS TOTAL DÉBARQUÉ PAR TRAIT (LANDINGWEIGHT), LE TYPE DE SUBSTRAT (SUBSTRATE\_TYPE), L'ÉTAT DE LA MER ET LA PROFONDEUR (MAIN\_WATER\_DEPTH). 30

FIGURE 20 : APERÇU DE L'EFFET DE LA LONGUEUR SUR LA MORTALITÉ IMMÉDIATE DES RAYONS INDIVIDUELS .....31

FIGURE 21 : APERÇU DE L'EFFET DU POIDS TOTAL DÉBARQUÉ DU TRAIT DE CHALUT SUR LA MORTALITÉ IMMÉDIATE .....32

FIGURE 22 : APERÇU DE L'EFFET DU SCORE DE BLESSURE SUR LA MORTALITÉ DIFFÉRÉE .....33

FIGURE 23 : APERÇU DE L'EFFET DU SCORE RAMP SUR LA MORTALITÉ TARDIVE .....34

FIGURE 24 : APERÇU DE L'EFFET DU SCORE RAMPINJ SUR LA MORTALITÉ TARDIVE .....35

## GLOSSAIRE DES ABRÉVIATIONS

Abréviation	Signification
AIC	Critères d'information d'Akaike
CI	Coefficient Intervalle
DO	Oxygène dissous
FROM NORD	Organisation de producteurs de pêche (OP)
GLMER	Modèle linéaire généralisé à effets mixtes
GTN	Filets maillants
INJ	Score de blessure
LO	Obligation d'atterrissage
MLS	Taille minimale d'atterrissage
PO	Organisation de producteurs
CJR	<i>Raja clavata</i> (raie bouclée)
RAMP	Prédicteur de mortalité par action réflexe
CSE	Seine écossaise / Flyshoot
SUMARIS	Gestion durable des raies et des mantes
WMR	Recherche marine à Wageningen

## RÉSUMÉ

Malgré la croissance rapide de la popularité de la pêche commerciale à la mouche dans la Manche et la mer du Nord, les estimations de la survie des rejets pour les raies capturées avec cet engin n'ont pas encore été publiées. Cette recherche a été menée à la demande de l'organisation de producteurs FROM NORD, afin d'examiner spécifiquement la survie des rejets des raies bouclées capturées par des chasseurs à la mouche dans la Manche orientale (7.d), de fournir des estimations de survie pour la gestion des pêches (c'est-à-dire l'exemption des obligations de débarquement) et dans le cadre du FIP (projet d'amélioration de la pêche) sur les raies bouclées en 7d. Au cours de la période allant de juin à septembre 2022, à partir de quatre sorties commerciales en mer pêchant au flyshoot, 460 raies bouclées de la capture ont été mesurées, sexées et notées pour les blessures, les troubles des réflexes (RAMP) et la vitalité. Seules deux raies (0,43%) ont été évaluées comme étant en excellente condition (classe de vitalité "A"), alors que la majorité d'entre elles étaient en "mauvaises" conditions (classe de vitalité "C", 70,43%) ou en "bonnes" conditions (classe de vitalité "B", 24,57%). Enfin, 21 raies bouclées (4,57%) ont été retrouvées mortes lors de leur débarquement à bord, ce qui donne une survie immédiate de 95,43%. Cette valeur est proche des estimations pour les engins actifs et passifs (93,56-100%) rapportées dans le cadre du projet SUMARiS (van Bogaert et al. 2020).

En outre, sur ces 460 raies, 80 ont été échantillonnées (représentant chaque classe de vitalité) et sélectionnées pour être suivies à bord jusqu'à la fin de la sortie de pêche, après quoi les raies ont été amenées dans des installations de détention en captivité (Nausicaá) pour un suivi de la survie différée (n=67) pendant 21 jours. Au total, 24 raies sont mortes au cours de la période de suivi, dont 13 à bord du navire avant d'atteindre les aquariums, tandis que 11 sont mortes au cours des 21 jours de suivi. En raison de la mortalité élevée à bord, les estimations de la survie différée et totale ont été réalisées selon deux méthodologies : (1) en incluant les 24 événements de mortalité ou (2) en censurant les événements de mortalité survenus en mer. Compte tenu de cela, la survie différée s'est avérée varier de manière significative entre les sorties, allant de 47,33 à 87,49 % en considérant tous les événements de mortalité, et entre 77,78 et 100 % en censurant les mortalités à bord. Les troisième et quatrième sorties ont enregistré un taux de survie comparativement plus faible. Cette variation entre les sorties a probablement été influencée dans une certaine mesure par les différences de température auxquelles les raies ont été exposées lorsqu'elles ont été transportées de leur habitat naturel vers les aquariums. La classe de vitalité a eu une incidence significative sur la probabilité de survie des raies, les raies se trouvant dans de moins bonnes conditions (c'est-à-dire la classe de vitalité "C") étant beaucoup plus susceptibles d'être confrontées à une mortalité tardive. Compte tenu de ces facteurs, la survie différée a été estimée à l'aide d'un modèle linéaire généralisé à effets mixtes. En incluant les 24 événements de mortalité, la survie différée a été estimée à 73,06% (IC : 56,5-85%), ce qui situe la survie des rejets de flyshoot pour les thornbacks en dessous des estimations rapportées pour les filets trémails (93,5%), au-dessus des chaluts à perche (56,9%) et très proche des chaluts à panneaux (76,5%) (van Bogaert et al. 2020). Cependant, en censurant les 13 mortalités à bord, la survie différée pour le flyshoot se trouve plus proche des trémails que des autres engins actifs, avec une survie différée estimée à 91,57% (IC : 69,1-98,14). Compte tenu de la survie immédiate et différée calculée présentée ci-dessus, la survie totale est estimée à 69,73% (IC : 53,92-81,12%) ou 87,40% (IC : 65,95- 93,66) en incluant toutes les mortalités ou en censurant les mortalités à bord respectivement.

Enfin, les variables techniques (c'est-à-dire le temps d'exposition, le poids débarqué), environnementales (c'est-à-dire la profondeur et la température de l'eau, l'état de la mer et le type de substrat) et individuelles (c'est-à-dire la longueur, le sexe et la condition du poisson) ont été analysées pour déterminer leur importance en tant que prédicteurs de l'état de survie immédiate et différée. La probabilité de survie immédiate s'est avérée être significativement affectée par la longueur et le score de blessure de chaque poisson, ainsi que par le poids total débarqué et l'état de la mer du trait de chalut dans lequel ils ont été capturés. En revanche, la probabilité de survie tardive n'a été significativement affectée que par le score de blessure. Ces résultats montrent comment les variables surveillées in situ (c'est-à-dire le score de blessure) pourraient être utilisées comme indicateur de la survie tardive des raies bouclées capturées par les chasseurs à la mouche.



## 1 INTRODUCTION

Au cours des deux dernières décennies, plusieurs estimations de la survie des raies et des mantes ont été calculées pour des engins et des espèces spécifiques. Dans l'ensemble, ces études ont fait état d'une survie immédiate/au navire comparativement élevée, indépendamment de l'espèce et de l'engin analysés (CSTEP, 2022). Cette survie initiale, au niveau du navire, n'est cependant pas toujours proportionnelle à la survie à long terme (différée) des poissons suivis pendant une période plus longue (par exemple, 21 jours) (par exemple, van Bogaert et al. 2020). Il a été démontré que la survie différée varie considérablement d'un engin à l'autre (van Bogaert et al. 2020 ; CSTEP, 2022) et qu'il est donc nécessaire de réaliser des études spécifiques à chaque engin pour estimer avec précision les taux de survie. En 2022, le Comité scientifique, technique et économique de la pêche (CSTEP) a résumé toutes les estimations disponibles sur la survie des rejets publiées pour les raies et les mantes pêchées dans l'Atlantique Nord-Est, tout en soulignant le manque de données pour des engins, des espèces et des zones spécifiques (CSTEP, 2022). Par exemple, bien qu'il s'agisse d'une espèce couramment étudiée (en termes de survie des rejets) ayant une importance commerciale, les taux de survie des rejets de la raie bouclée pour des engins et des zones spécifiques de sa distribution sont encore inconnus/non publiés (c'est-à-dire le flyshoot dans la Manche et la mer du Nord). Bien que la fourniture d'estimations pour chaque combinaison possible d'espèces et d'engins ne soit peut-être pas la voie la plus efficace pour la recherche sur la survie, une meilleure compréhension de la mortalité/survie des rejets dans une large gamme d'engins différents et des facteurs influençant ces taux reste pertinente pour la gestion de la pêche (c'est-à-dire l'exemption de l'obligation de débarquement et l'évaluation des stocks).

La pêche à la mouche est une technique de pêche relativement nouvelle utilisée principalement en mer du Nord et dans la Manche, qui, après avoir connu une croissance rapide, se stabilise aujourd'hui. Cet engin est utilisé par une flotte de pêche démersale mixte ciblant principalement le calmar (*Loligo vulgaris*), le rouget barré (*Mullus surmuletus*), la limande (*Limanda limanda*) et le grondin (*Chelidonichthys* sp.), mais peut entraîner des prises accessoires d'espèces commerciales de taille inférieure à la normale, telles que les raies et les pocheteaux (van Opstal & Soetaert, 2023 ; van Overzee et al., 2019). Précédemment décrit comme une combinaison de senneurs ancrés et de chaluts démersaux, le flyshoot, par rapport à d'autres chaluts démersaux (c'est-à-dire le chalut à perche), permet des trajets plus courts (~40 minutes) et une exposition réduite aux perturbations mécaniques. Au cours des trajets typiques, les poissons sont poussés par les câbles traînants sans contact physique direct et ne sont exposés à des blessures mécaniques qu'à la fin de l'opération de pêche (c'est-à-dire au cours des 10 dernières minutes), lorsqu'ils pénètrent dans le filet, sont chalutés et remontés à bord (van Overzee et al., 2019). Cet engin relativement nouveau et ses différences opérationnelles avec les engins pour lesquels la survie des rejets a déjà été publiée, rendent notre capacité à extrapoler le taux de survie à partir des estimations précédentes assez limitée. Bien qu'il puisse être logique de supposer que le taux de survie des rejets dans le cas du flyshoot soit plus élevé que dans le cas des chaluts démersaux typiques, aucune estimation n'a été publiée jusqu'à présent pour confirmer cette hypothèse. Seule une approximation de précaution (c'est-à-dire basée sur des estimations pour la plie et supposant un taux de survie élevé en raison d'une courte exposition à l'air) pour les raies étoilées a été proposée, fixant un taux de survie différée de 80 % (van Opstal & Soetaert, 2023 ; van Overzee et al., 2019).

Compte tenu de l'importance de l'engin dans la Manche et la mer du Nord, il est de plus en plus nécessaire de combler ces lacunes en matière de données. Afin de combler le manque de connaissances sur la survie des raies bouclées, cette étude a analysé la survie des raies bouclées rejetées, capturées par les chasseurs à la mouche français dans la Manche orientale (7.d). Bien qu'elle ne soit pas la seule espèce de raie capturée par les chasseurs à la mouche, la raie bouclée est l'une des espèces les mieux étudiées et, comparativement, l'une des espèces les plus abondamment capturées, ce qui en fait une espèce modèle intéressante pour les estimations de la survie des rejets. Cela permet la comparabilité avec d'autres études ciblant la même espèce (par exemple Schram et Molenaar 2018, Ellis et al. 2018, van Bogaert et al. 2020) et pourrait être utilisé pour extrapoler les estimations de survie des pousses de mouches à d'autres espèces à l'avenir. Cette étude visait (1) à analyser les conditions et la survie immédiate des raies bouclées capturées par des flyshooters dans l'est de la Manche, (2) à analyser leur survie différée à bord et dans des installations de détention en captivité (Nausicaá) pendant 21



jours, et enfin (3) à analyser les facteurs (c'est-à-dire individuels, techniques et environnementaux) affectant la probabilité des raies bouclées d'être retrouvées mortes/vivantes lorsqu'elles sont débarquées sur le pont (survie immédiate) et après avoir été rejetées (survie différée).



## 2 MATÉRIAUX ET MÉTHODES

### 2.1 INFORMATIONS GÉNÉRALES

Ce projet visait à augmenter les connaissances disponibles sur la survie des raies rejetées, en s'intéressant spécifiquement aux raies bouclées (RJC) capturées avec un navire de pêche à la mouche (SSC, Scottish Seine, cul de chalut 80-110 mm) dans la Manche orientale (27.7d). Les données ont été collectées lors de quatre sorties de pêche à la mouche qui ont eu lieu dans la Manche orientale (7.d), entre juin et septembre 2022. Ces sorties ont représenté un total de 161 traits de pêche (Figure 1), avec des temps de pêche moyens de 37,5 minutes (fourchette : 33-50 min) et des débarquements moyens de 314,8 kg (fourchette : 20-1860kg) de poisson par trait.

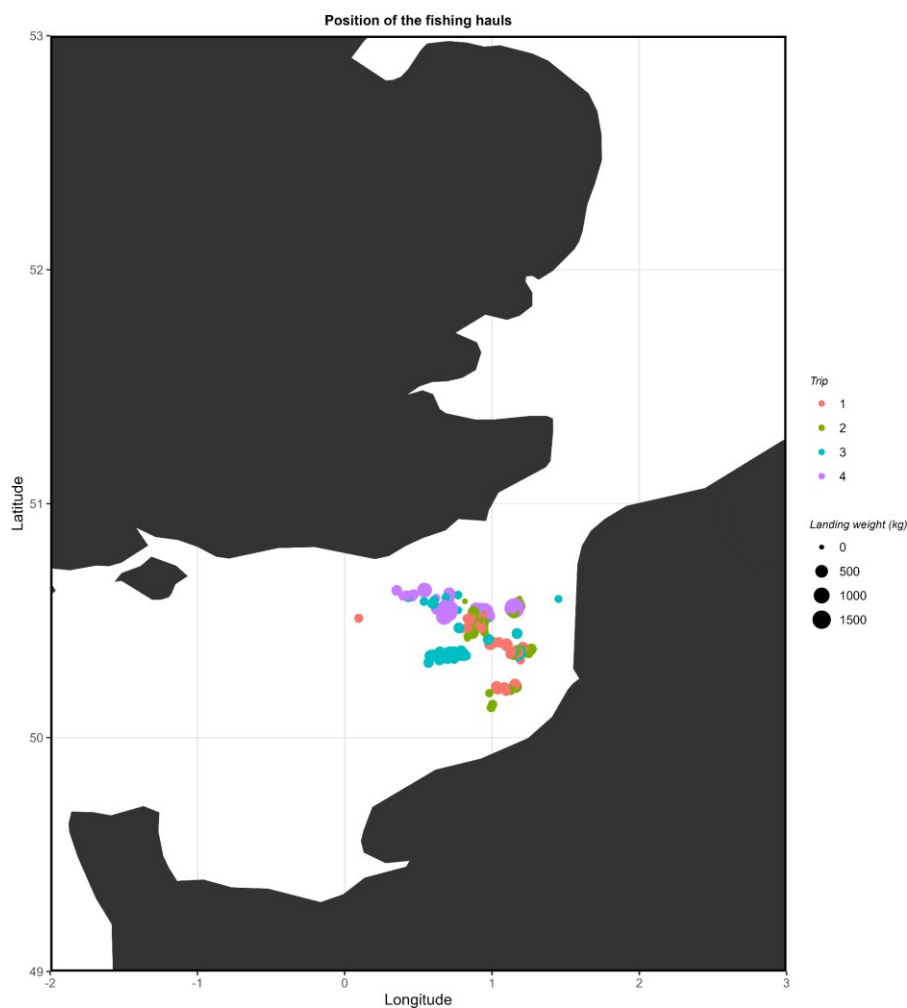


Figure 1 : Position des traits de pêche au flyshoot en Manche Est lors des quatre campagnes réalisées entre juin et septembre 2022. La taille du point est relative au poids total débarqué pour chaque trait de chalut.

Au cours de chaque sortie, l'observateur a échantillonné autant de traits que possible sur le plan logistique afin de décrire la composition globale de la capture, la présence de raies et d'analyser leur survie après rejet (figure 2). En outre, les paramètres techniques (durée de la pose et poids débarqué) et environnementaux (température de l'eau (°C), état de la <sup>mer</sup><sup>1</sup>, profondeur (mètres) et type de substrat (mou (sable), moyen (à la fois sable et pierres) et dur (pierres)) ont été pris en compte.

<sup>1</sup>l'état de la mer a été estimé à l'aide d'une échelle catégorielle de 10 points : 0 = calme (0 Beaufort), 1 : = calme

(~ 1 Beaufort), 2= lisse (~2 Beaufort), 3= légère (~3-4 Beaufort), 4= modérée (~5-6 Beaufort), 5= agitée (~7 Beaufort), 6= très agitée, 7= élevée, 8= très élevée, 9= phénoménale.

contrôlé pour toutes les poses. Sur les 161 traits de chalut effectués au cours des quatre sorties, 16 ont été échantillonnés en détail pour recueillir des données de capture (c'est-à-dire le nombre de raies bouclées et le nombre en longueur) et 50 traits de chalut (31 %) pour analyser spécifiquement la vitalité et la survie différée des raies bouclées capturées, en plus des données de capture générales détaillées dans les 16 traits de chalut. Les données sur les blessures, les réflexes, la vitalité et la survie immédiate ont été collectées à bord selon le protocole SUMARiS (van Bogaert et al., 2020). Enfin, un échantillon stratifié de raies a été prélevé sur les traits de survie, pour le suivi de la survie différée à bord du navire et à 21 jours dans des installations de détention en captivité (c'est-à-dire des aquariums). Cet échantillonnage stratifié consistait à sélectionner un certain nombre de raies pour le suivi de la survie différée dans chaque classe de vitalité afin d'obtenir un sous-échantillon avec une proportion de classe de vitalité similaire ou égale. Cependant, cela n'a pas toujours été possible, c'est pourquoi l'analyse et le calcul de la survie différée incluent une correction pour une proportion de classes de vitalité non équivalente.

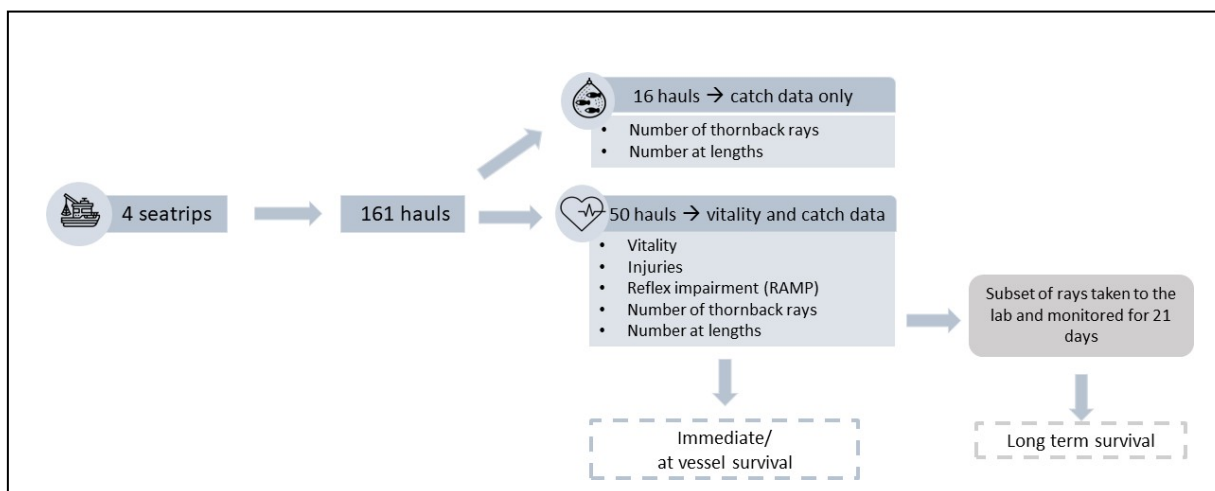


Figure 2 : Vue d'ensemble des sorties, des traits et des variables contrôlées dans le cadre de l'étude sur la survie des rejets.

## 2.2 TRANSPORT D'OBJETS DE VALEUR

Sur les 161 traits, 16 traits ont été utilisés pour analyser et décrire les prises globales de raies bouclées (nombre total de raies bouclées et nombre en longueur) dans les activités de pêche à la mouche. Ces poses fournissent des informations précieuses, mais il est peu probable qu'elles soient analysées indépendamment des poses de survie, étant donné que ces dernières fournissent également des informations similaires. Les résultats sur le nombre de raies et la distribution de la longueur des raies bouclées capturées lors des activités de pêche au flyshoot dans la Manche Est présentés ci-dessous sont donc basés à la fois sur les captures et sur les traits de survie.

## 2.3 HAUTS DE SURVIE

Sur ces 161 traits, 50 ont été consacrés à la collecte de données sur la survie et ont été utilisés pour compiler des données sur les poissons individuels (sexe, longueur), la vitalité (blessures, troubles des réflexes et score de vitalité), la mortalité immédiate et la mortalité tardive. Le tri a commencé dès que la prise a été sortie de l'eau et débarquée sur le pont. L'observateur a enregistré le temps et a commencé à échantillonner les raies pour l'altération des réflexes, les blessures et le score de vitalité en suivant le protocole décrit ci-dessous. Le temps d'exposition à l'air de chaque raie a été calculé en prenant la différence entre le moment où la prise a été débarquée à bord et le moment où la raie a été évaluée pour la vitalité et aurait été rejetée (c'est-à-dire dans des conditions de pêche réelles). Tous les traits de chalut contenaient un nombre relativement faible de raies (8 ou moins), ce qui a permis de noter toutes les raies capturées. Comme indiqué ci-dessus, un échantillon stratifié (~10% de chaque classe de vitalité lorsque cela était possible) a été échantillonné pour le suivi de la survie différée.



Le protocole SUMARiS (van Bogaert et al., 2020) pour l'évaluation des déficiences réflexes, des lésions et de la vitalité a été suivi pour permettre la comparaison entre les études et les estimations de survie. Les détails de la méthodologie pour chaque score sont présentés ci-dessous.

### 2.3.1.1 VITALITÉ ET SURVIE IMMÉDIATE

Un score de vitalité a été attribué aux raies selon une échelle catégorielle à 4 points (Tableau 1) (Benoit, Hurlbut, & Chasse, 2010). Les raies classées dans la classe de vitalité "D" et ne répondant à aucun des tests de réflexe lorsqu'elles ont été débarquées sur le pont ont été déclarées mortes et ont donc été prises en compte dans le calcul de la mortalité immédiate/au navire. Le taux de survie immédiate est alors simplement la proportion de poissons vivants par rapport au total des poissons notés.

Tableau 1 : Vitalité des catégories de rayons et description.

Score	État	Description
A	Excellent	Mouvements corporels vigoureux ; pas de blessures externes ou des blessures mineures seulement
B	Bon	Faibles mouvements du corps ; réagit au toucher/à la palpation ; lésions externes mineures
C	Pauvre	Pas de mouvement du corps mais peut bouger l'ouverture du spiracle ; lésions externes mineures ou majeuresb
D	Mort	Absence de mouvement du corps ou d'ouverture des spiracles (pas de réaction au toucher ou à l'incitation)

a : Les blessures mineures étaient définies comme "un saignement mineur, une déchirure mineure des pièces buccales ou de l'aile ( $\leq 10\%$  du diamètre), ou une abrasion superficielle mineure". b : Les blessures majeures étaient définies comme "un saignement majeur, une déchirure majeure des pièces buccales ou de l'aile, ou une abrasion superficielle majeure".

### 2.3.1.2 LES SCORES D'ALTÉRATION DES RÉFLEXES ET DE LÉSIONS

L'altération des réflexes a été évaluée à l'aide de la méthode du prédicteur de mortalité par action réflexe (RAMP) (Davis, 2005, 2010 ; Davis et Ottmar, 2006). Le score RAMP est calculé comme la moyenne de tous les réflexes individuels (prise de queue, spiracles, toucher de surprise, réflexe corporel ; 0 = absent, 1 = présent, tableau 2).

Tableau 2 : Description des quatre réflexes notés pour obtenir le score RAMP. \*Le réflexe de prise de queue a été testé en eau de mer, les autres réflexes ne l'ont pas été.

Réflexe	Description	Réponse non altérée
Prise de queue*	Saisissez délicatement la raie par le bout de la queue entre le pouce et l'index (attention aux épines).	Se débat activement pour se libérer et s'éloigner à la nage
Spiracles	Observez l'ouverture et la fermeture des valves à l'intérieur des spiracles.	Les spiracles s'ouvrent et se ferment activement
Toucher de surprise	Tapotez doucement mais fermement derrière les yeux et les spiracles du bout du doigt.	Ferme et rétracte activement ses yeux

Bodyflex	Tenez la raie par l'extrémité antérieure de son disque dans une position horizontale plane, une main de chaque côté de la ligne médiane (face dorsale vers le haut) ; les spécimens plus grands peuvent être soutenus également par leur extrémité postérieure.	Bouge activement ses nageoires pectorales, sa queue et son corps.
----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

De même, le score des blessures est la moyenne des scores attribués à chacun des cinq types de blessures évalués (tableau 3). Pour chaque type de blessure, une note de 0 à 3 a été attribuée en fonction de la surface couverte par la blessure. Pour les blessures hémorragiques, l'absence de décoloration a été notée "0", moins de 10 % de décoloration "1", entre 10 % et 50 % "2" et plus de 50 % "3". Les dommages aux nageoires (c'est-à-dire les fissures) ont été évalués pour le bord extérieur des ailes du corps. Les blessures ouvertes ont été évaluées séparément pour la tête, le corps et la queue selon la même échelle catégorielle en regardant les côtés ventral et dorsal du corps.

Tableau 3 Description des cinq types de lésions sélectionnées pour la notation.

Type de blessure	Description
Saignement de la tête	Saignements ponctuels et/ou ecchymoses à la tête
Le corps qui saigne	Saignements ponctuels et/ou ecchymoses sur le corps
Queue saignante	Saignements ponctuels et/ou ecchymoses au niveau de la queue
Plaies ouvertes	Les zones où la peau a été enlevée et le tissu sous-jacent peuvent être observés.
Dommages aux nageoires	Zones de l'aileron endommagées et/ou fendues

En plus des deux indices individuels, un score RAMPINJ intégratif (RAMP+INJ) a été calculé en prenant la moyenne de tous les scores de réflexe et de blessure rapportés pour un poisson individuel.

### 2.3.13 RETARD DE SURVIE

Pour évaluer la survie différée des raies bouclées rejetées, un sous-ensemble stratifié d'individus marqués et vivants a été échantillonné dans chaque classe de vitalité (~10% par classe de vitalité) pour la survie différée à bord dans des boîtes de surveillance (~134L par boîte individuelle). Ces raies ont été marquées et reliées au trait de chalut spécifique dans lequel elles ont été capturées. La stratégie d'échantillonnage stratifiée garantit le suivi à long terme de chaque classe de vitalité, étant donné que la survie est susceptible de différer entre elles. Les poissons ont été conservés et leur survie a été contrôlée (c'est-à-dire trois fois par jour) dans des boîtes de surveillance à bord jusqu'à la fin de la sortie de pêche (près de 4 jours en moyenne). La température de l'eau, l'oxygène dissous et la salinité ont été contrôlés dans chaque boîte de contrôle pendant cette période. Les poissons morts avant d'atteindre le port ont été remplacés afin de maximiser l'efficacité de la surveillance (c'est-à-dire que toutes les boîtes de surveillance ont été remplies de poissons) tout au long de chaque sortie. A la fin de la sortie de pêche, toutes les raies ont été transportées par la route vers les installations de détention en captivité de l'aquarium Nausicaá (Boulogne-Sur-Mer, France) pour leur suivi de survie différée pendant 21 jours.

A Nausicaá, toutes les raies ont été contrôlées deux fois par jour pour leur survie. Un mélange de saumon, hareng, éperlan, sardines, calamars, crevettes et maquereaux décongelés a été donné quotidiennement aux raies (*ad libitum*, 5 % de leur masse corporelle). Lorsque des individus morts étaient observés, ils étaient immédiatement retirés. Des nécropsies post-mortem ont été réalisées afin d'identifier les causes possibles de la mort. Dans toutes les unités remplies d'eau où les raies étaient gardées, les paramètres de qualité de l'eau (oxygène dissous, salinité, température) ont été mesurés à intervalles réguliers. Les aquariums ont été maintenus à une température constante de 10°C tout au long de l'étude (quatre voyages et périodes de suivi), quelle que soit la température en mer. Cela a conduit à des différences dans les deltas de température, entre les températures en mer et les températures des aquariums pour chaque voyage.



Pour déterminer le niveau de mortalité induit par l'expérience, 12 raies bouclées de contrôle (3 par voyage) ont été suivies en captivité en même temps que les raies capturées et rejetées (suivi de la survie différée - 21

jours). Dix d'entre elles ont été capturées avec des filets maillants (GTN) lors d'une sortie expérimentale, semblaient vitales (réflexes forts, pas ou peu de blessures), et étaient gardées à Nausicaá avant le début de cette étude. Une seule de ces raies est morte pendant la période de suivi, à la fin de la quatrième sortie, pendant le transport entre le bateau et les installations de détention en captivité.

Toutefois, après la troisième sortie et la période de contrôle, seule une raie capturée au moyen de filets maillants était disponible pour être utilisée comme témoin lors de la quatrième sortie. Pour cette raison, les deux contrôles restants étaient deux raies collectées lors de la troisième sortie, qui ont survécu à la période de contrôle de la troisième sortie et ont ensuite été utilisées comme contrôles lors de la quatrième sortie. Par coïncidence, ces deux raies (ID= 2544 et 2570) sont mortes le neuvième jour de la période de contrôle. L'examen de l'état physique des poissons à leur arrivée dans les installations de contrôle (figure 3 : photo du contrôle (ID : 2544) pour la quatrième sortie à l'arrivée dans les installations de contrôle (Nausicaa), montrant des blessures ventrales évidentes et figure 4 : photo du contrôle (ID : 2570) pour la quatrième sortie à l'arrivée dans les installations de contrôle (Nausicaá), montrant des signes d'hémorragies sur la face ventrale des ailes) a montré que des signes graves de blessures/d'hémorragies étaient présents avant le début de la surveillance. Il a donc été décidé d'exclure les deux témoins de l'analyse, car les blessures ne permettraient probablement pas d'obtenir des informations sur la mortalité induite par l'expérience. Compte tenu de ce qui précède, un seul des dix contrôles effectifs est mort au cours de l'étude expérimentale, ce qui donne un taux de mortalité induite par l'expérience de 10 %, considéré comme acceptable pour cette étude.



Figure 3 : Photo du contrôle (ID : 2544) pour le 4<sup>ème</sup> voyage à l'arrivée aux installations de surveillance (Nausicaa), montrant des blessures ventrales évidentes.



Figure 4 : Photo du contrôle (ID : 2570) pour le 4<sup>ème</sup> voyage à l'arrivée aux installations de surveillance (Nausicaá), montrant des signes d'hémorragies sur la face ventrale des ailes.

## 2.4 DÉCLARATION ÉTHIQUE

Au cours de cette étude, les travaux expérimentaux ont été menés conformément aux permis scientifiques de Nausicaá. Les autorités maritimes françaises compétentes ont délivré d'autres permis permettant de conserver à bord des poissons vivants de taille inférieure et d'en ramener un sous-ensemble à terre. Le traitement des poissons a été conforme à la loi française sur l'expérimentation animale.

## 2.5 ANALYSE DES DONNÉES

Avant toute analyse statistique, une analyse exploratoire a été réalisée afin d'identifier les valeurs aberrantes, de visualiser les variations et d'identifier les corrélations entre les variables explicatives.

### 2.5.1 SURVIE IMMÉDIATE, DIFFÉRÉE ET TOTALE

La survie immédiate a été calculée comme la proportion de poissons vivants (classes de vitalité "A", "B" et "C") par rapport au total des poissons dont la vitalité a été évaluée à bord du navire de pêche. Les calculs de la survie différée sont plus complexes et sont représentés par les moyennes marginales estimées d'un modèle de régression logistique à effets mixtes. Ce modèle inclut un effet aléatoire sur le code de voyage pour tenir compte des différences inévitables entre les différents voyages du projet. Les estimations de la survie différée comprennent également une correction pour tenir compte des différences dans les proportions des classes de vitalité entre tous les poissons notés à bord du navire et le sous-échantillon de survie différée qui a été prélevé pour le contrôle au laboratoire. Par exemple, un sous-échantillon de survie différée avec une représentation

proportionnellement plus importante de la classe de vitalité C (par rapport à la proportion dans la capture) entraînerait une sous-estimation de l'estimation de la survie différée, étant donné que ces classes sont plus susceptibles de mourir que les classes A et B.



Tout au long de l'étude, un total de 24 événements de mortalité se sont produits, mais 13 d'entre eux sont survenus alors que les poissons étaient encore à bord du navire dans les boîtes de surveillance et ont été remplacés par un autre poisson vivant. Pour cette raison, les résultats des estimations de la survie différée sont présentés selon deux approches : (1) en incluant tous les poissons de l'étude.

24 événements de mortalité et (2) en censurant les événements de mortalité survenus en mer et en ne conservant que les 11 mortalités survenues pendant la période de suivi à Nausicaá.

Des courbes non paramétriques de Kaplan-Meier (Kaplan et Meier, 2012) ont été produites pour visualiser la survie retardée globale, spécifique au voyage et spécifique à la classe de vitalité au cours de la période de suivi.

Enfin, la survie totale a été calculée comme le complément à un de la somme de la mortalité immédiate et différée de la proportion restante de poissons vivants. La survie totale est donc égale à :

$$\text{Total survival} = 1 - (\text{Immediate mortality} + (1 - \text{Immediate mortality}) * \text{Delayed Mortality})$$

---

## 2.5.2 ANALYSE FACTORIELLE

Des modèles de régression logistique à effets mixtes ont été ajustés au statut de survie immédiate et différée (0 = vivant, 1 = mort) pour différentes variables techniques (c.-à-d. le temps d'exposition à l'air, le poids débarqué), environnementales (c.-à-d. la profondeur de l'eau, la température de l'eau, l'état de la mer et le type de substrat) et individuelles (c.-à-d. la longueur et le sexe), avec l'inclusion d'un effet aléatoire sur le voyage. Ces modèles ont été utilisés pour explorer lesquelles des variables conduisent à des différences significatives dans la probabilité de survie immédiate et retardée des raies bouclées échantillonnées et surveillées. Pour cette analyse, les 24 événements de mortalité (à bord et dans les installations de surveillance) sont pris en compte.

De même, l'effet du temps passé à bord (dans la boîte de surveillance) et les conditions de l'eau des boîtes de surveillance à bord du navire ont été étudiés pour déterminer s'ils étaient significatifs dans l'apparition d'un retard de survie à bord. Ceci a été fait pour explorer s'il y a des indications de mortalité induite par les conditions dans lesquelles les poissons ont été gardés à bord.

Enfin, une sélection de modèle en aval utilisant le critère d'information d'Akaike (AIC) et les niveaux de signification des variables individuelles (valeur p) a été suivie afin d'identifier le "meilleur" modèle pour prédire la probabilité de survie immédiate et différée. Cela a été fait par une sélection de modèle en aval, puisque de nouvelles variables ont été incluses étape par étape dans le modèle.

Toutes les analyses graphiques, exploratoires et statistiques ont été réalisées avec R.-4.2.1 (R Core Team, 2022).

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 COLLECTE DE DONNÉES

L'échantillonnage des 161 traits a permis d'obtenir des données sur la longueur et la vitalité de 460 raies bouclées individuelles (124, 100, 175 et 61 raies lors des sorties 1, 2, 3 et 4 respectivement), plus précisément 238 femelles et 222 mâles ont été échantillonnés. Parmi celles-ci, un total de 80 raies a été échantillonné et contrôlé pour la survie différée à bord. Cependant, au cours des quatre sorties, 13 individus sont morts à bord avant d'être débarqués et transportés vers les installations de surveillance à Nausicaá. Par conséquent, 67 individus sont effectivement arrivés aux installations de contrôle et ont été contrôlés pour la survie à long terme pendant 21 jours.

#### 3.2 DISTRIBUTION DES LONGUEURS

La distribution des tailles des raies bouclées capturées lors des quatre sorties de pêche à la mouche s'est avérée assez constante entre les différentes sorties de pêche, avec des longueurs comprises entre 25-97 cm (moyenne : 53,1cm, médiane ; 50cm). Cependant, la plupart des raies bouclées semblent avoir des longueurs comprises entre 30 et 50 cm (Figure 5 : Vue d'ensemble des longueurs mesurées en mer, pour les 460 raies bouclées mesurées au cours du projet).

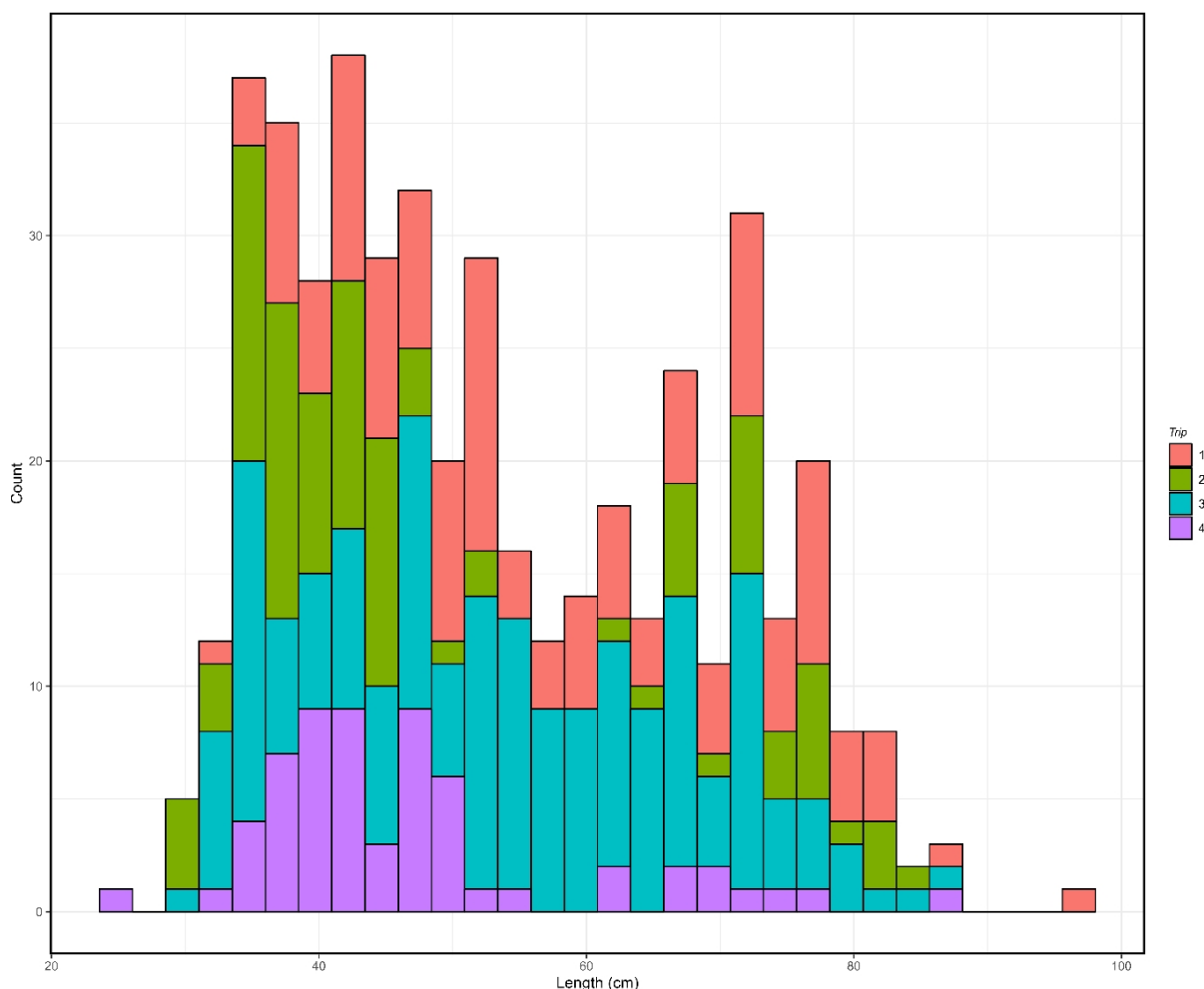


Figure 5 : Aperçu des longueurs mesurées en mer, pour les 460 raies bouclées mesurées au cours du projet.

Les raies bouclées suivies dans les installations de détention pour la survie différée suivent une distribution de longueur légèrement plus petite, mais très similaire. Ces raies varient de 31,5 à 74 cm avec une moyenne et une médiane de 47,08 et 44 cm respectivement (Figure 6 : Vue d'ensemble des longueurs, mesurées sur les

raies bouclées qui ont été amenées dans les installations de détention en captivité pour le suivi de la survie. ). Une fois de plus, la distribution des tailles est cohérente entre les différentes sorties.

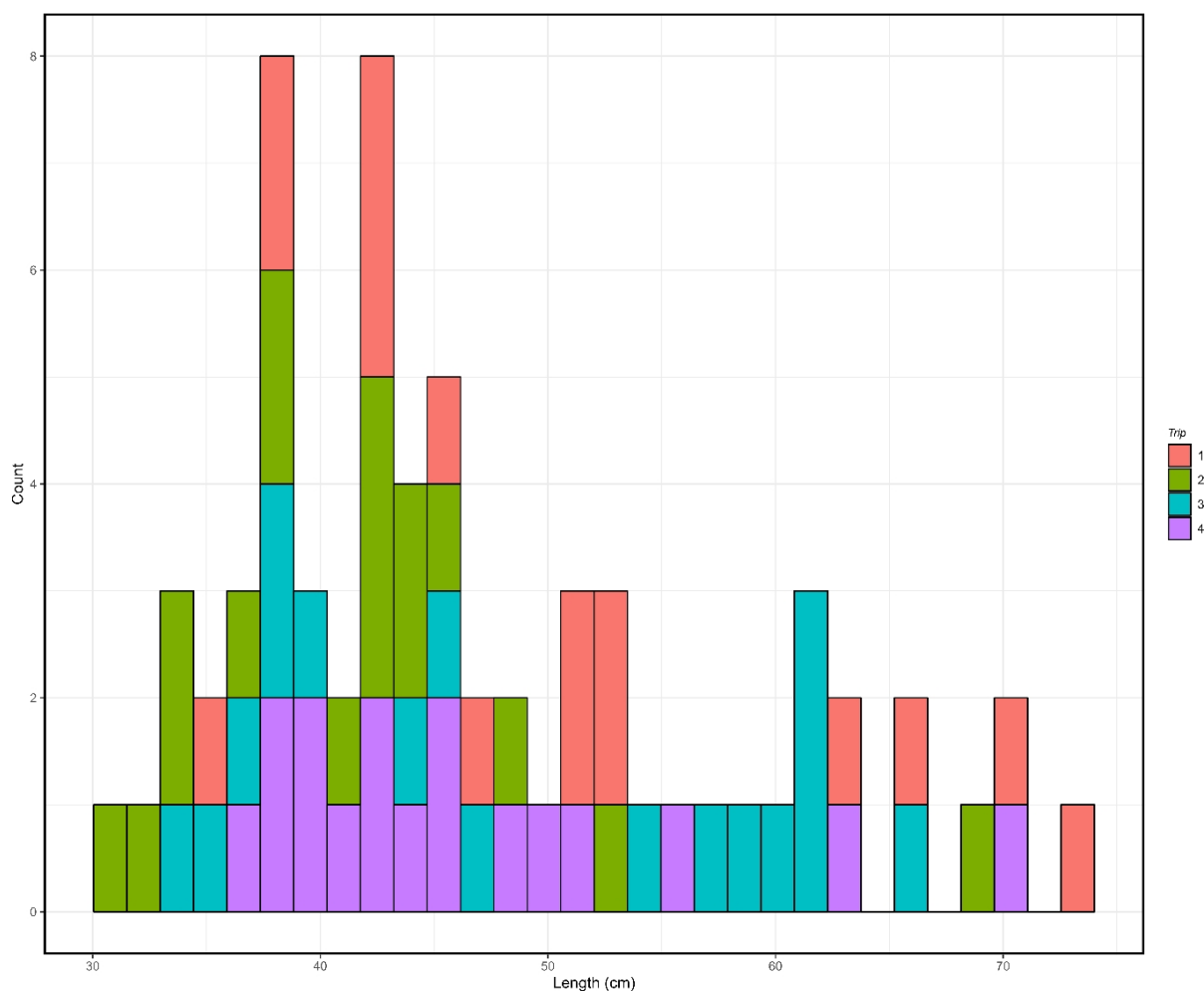


Figure 6 : Aperçu des longueurs, mesurées sur les raies bouclées qui ont été amenées dans les installations de détention en captivité pour la survie. le contrôle.

### 3.3 CLASSES DE VITALITÉ ET SURVIE IMMÉDIATE

Sur l'ensemble des quatre campagnes de pêche, la plupart des raies bouclées ont été trouvées en " mauvais " état (classe de vitalité " C ") lors de leur débarquement sur le pont. Elles représentaient un total de 324 raies, soit 70,43% de toutes les raies capturées, suivies par la classe de vitalité "B" avec 113 raies, soit 24,57% (Figure 7 : Vue d'ensemble de la proportion des scores de vitalité de toutes les raies bouclées capturées au cours des quatre sorties). Seules deux raies (0,43%) ont été notées en classe de vitalité "A", représentant des poissons en conditions "excellentes". Enfin, 4,57% (21 poissons) ont été trouvés morts (classe de vitalité "D") lors du débarquement à bord et représentent donc la mortalité immédiate calculée pour les raies bouclées capturées avec le flyshoot dans l'Est de la Manche.

La proportion de raies dans chaque classe de vitalité varie d'une sortie à l'autre. Par exemple, les deux premières sorties se sont avérées avoir une proportion plus élevée de raies avec un score de vitalité "B" par rapport aux deux dernières sorties, où les prises étaient presque entièrement dominées par la classe de vitalité "C". Ces différences sont prises en compte ultérieurement dans l'estimation de la survie différée, car il est logique de penser que les raies ayant des scores de vitalité différents n'ont pas la même probabilité de mourir. D'autre part, la proportion de poissons trouvés morts (classe de vitalité "D") est assez cohérente entre les sorties (3,43 à 7%).



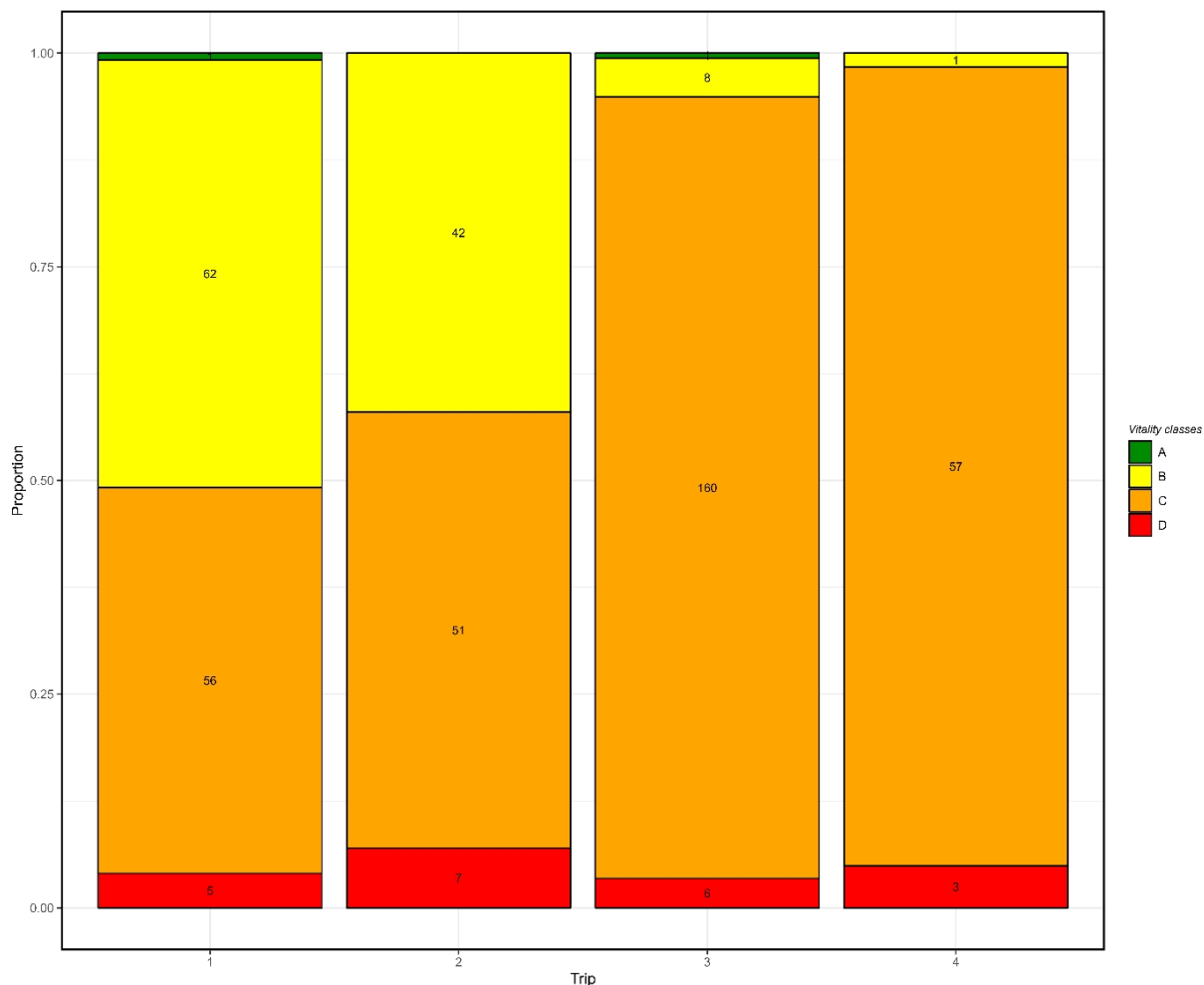


Figure 7 : Aperçu de la proportion du score de vitalité de toutes les raies bouclées marquées capturées au cours des quatre sorties.

Les proportions des scores de vitalité échantillonnés pour le suivi de la survie différée constituent un échantillon stratifié représentatif de l'ensemble des captures, la classe de vitalité "C" représentant 70% (56 raies) du total, suivie par les classes de vitalité "B" et "A" avec 28,7% (23 raies) et 1,25% (1 raie) respectivement. Comme indiqué pour les captures globales, les sorties 3 et 4 se sont avérées avoir une plus grande proportion de raies en "mauvaises" conditions par rapport aux sorties 1 et 2 (Figure 8 : Vue d'ensemble de la proportion de raies bouclées dont la vitalité a été contrôlée à bord et dans les installations de détention en captivité pour la survie tardive).

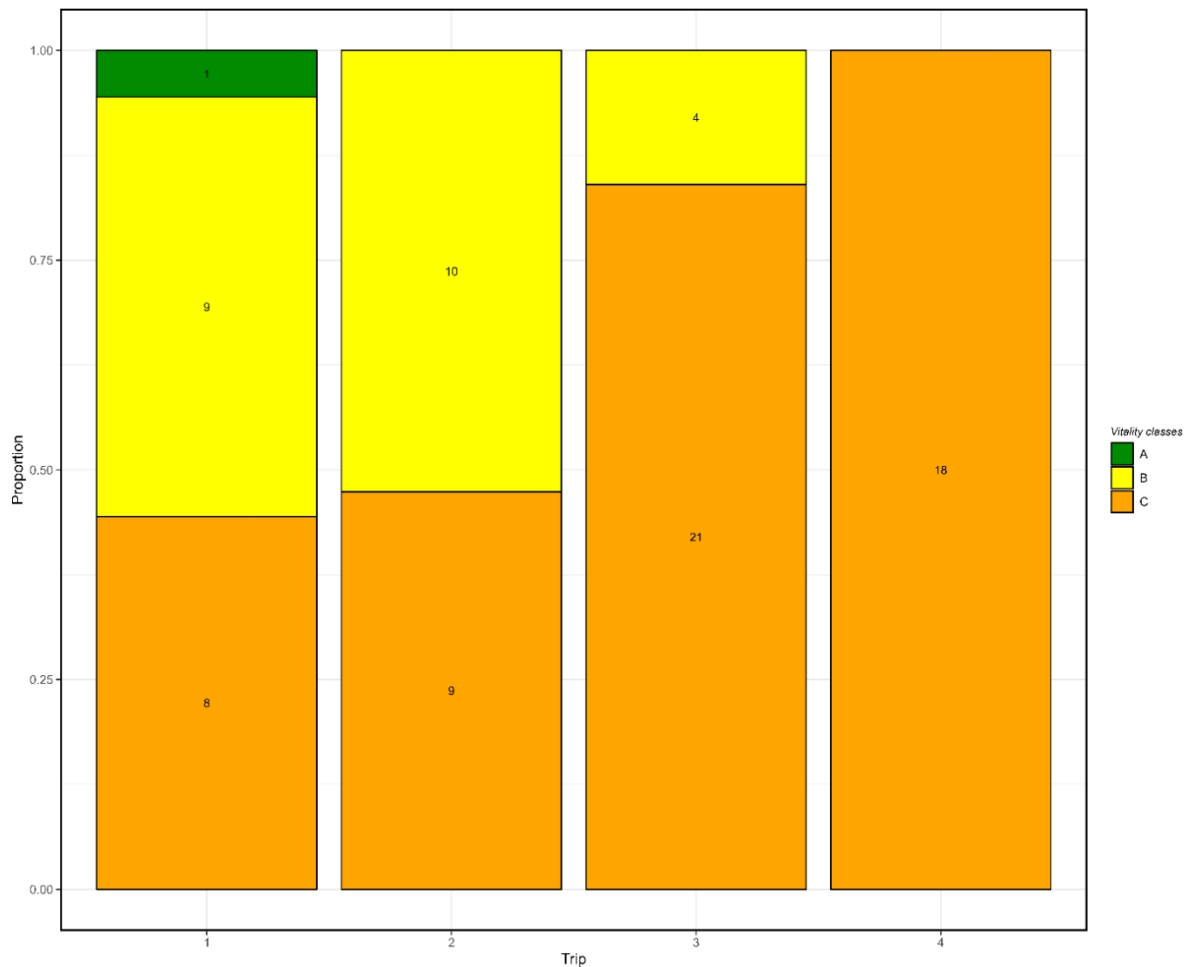


Figure 8 : Aperçu de la proportion du score de vitalité des raies bouclées contrôlées à bord et dans les installations de détention en captivité pour les retards. la survie.

### 3.4 RETARD DE SURVIE

Sur les 80 individus suivis pour la survie différée (à bord et dans les installations de surveillance), 24 raies sont mortes pendant la période de surveillance. Treize d'entre elles sont mortes à bord du navire dans leurs boîtes de surveillance avant d'atteindre les installations de surveillance, tandis que le reste (n=11) est mort au cours de la période de surveillance de 21 jours à Nausicaá. Pour cette raison, et comme indiqué précédemment, l'estimation de la survie différée présentée plus loin est réalisée de deux manières : (1) en incluant les 24 événements de mortalité et (2) en censurant les événements de mortalité survenus en mer (n=13).

La hauteur des treize (61,54 %) événements de mortalité à bord observés s'est produite au cours de la troisième sortie. Toutefois, étant donné qu'aucun des témoins affectés à cette sortie n'est mort et qu'aucune preuve de mortalité induite par l'expérience n'a été trouvée, ces événements ont été considérés comme des événements de mortalité induits par la pêche. Par exemple, les températures de l'oxygène et de l'eau dans les boîtes de surveillance dans lesquelles les poissons sont morts n'ont pas différé du reste des boîtes de surveillance au cours des quatre sorties (figure 9 et figure 10). En outre, aucune corrélation ou effet significatif n'a été constaté entre la durée de séjour des poissons dans les boîtes de contrôle et leur probabilité de mourir à bord.

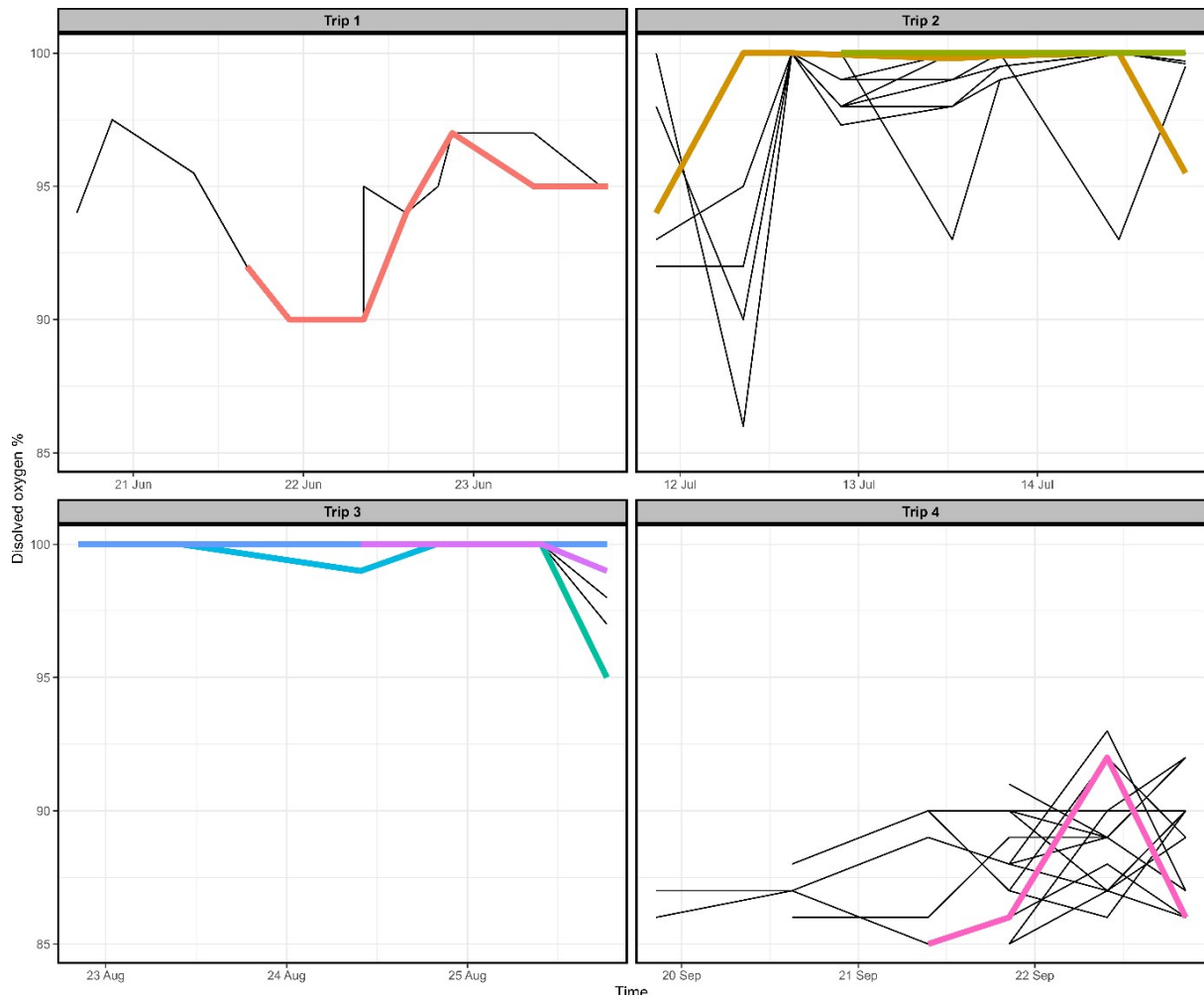


Figure 9 : Aperçu de l'oxygène dissous (%) dans les boîtes de surveillance utilisées à bord pour chacune des quatre sorties effectuées entre juin et septembre 2022. Chaque ligne noire représente une boîte de surveillance au cours de la période de surveillance. Les lignes en couleur représentent les boîtes dans lesquelles des événements de mortalité différée à bord se sont produits.

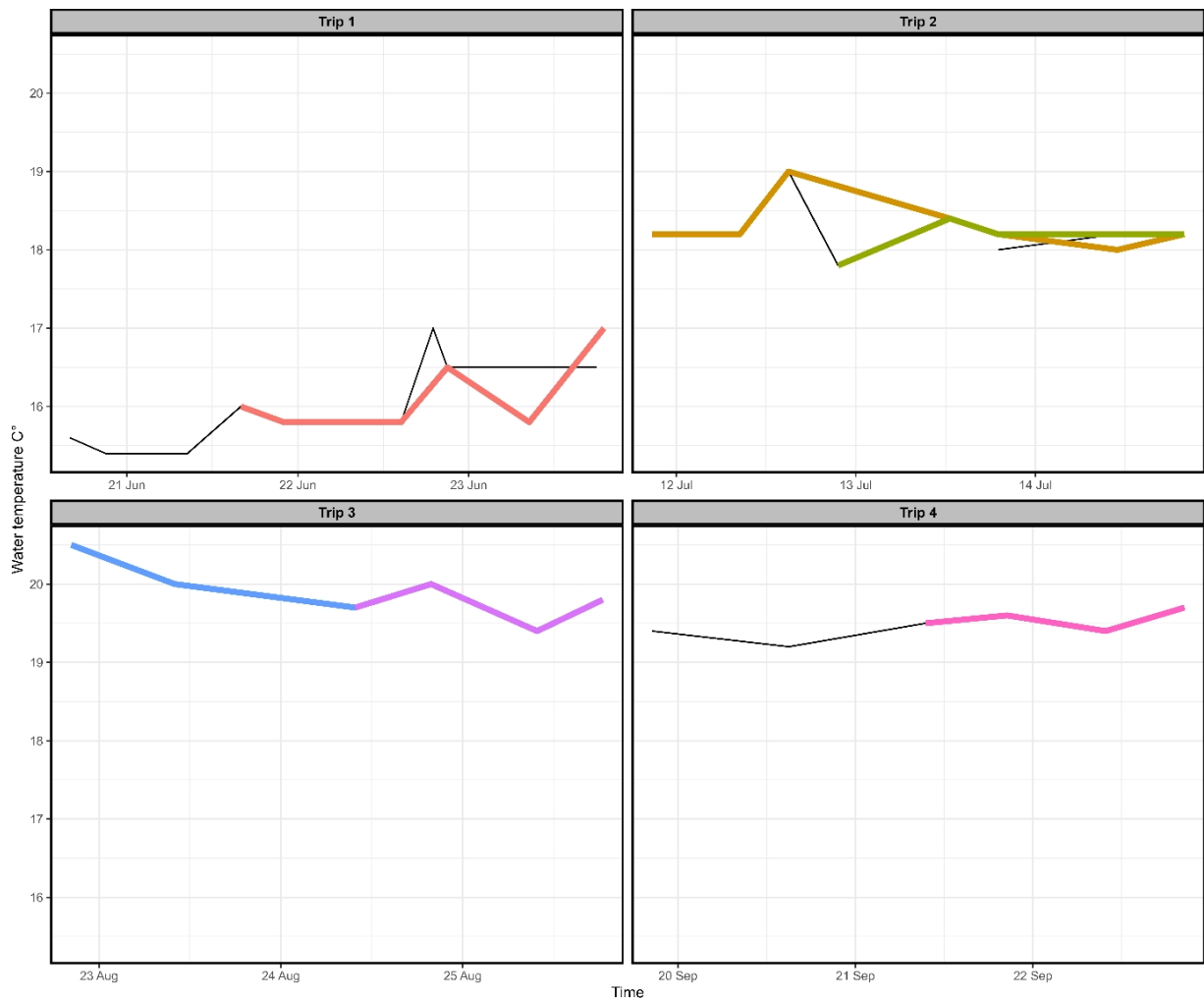


Figure 10 : Aperçu de la température de l'eau (C°) dans les boîtes de surveillance utilisées à bord de chacun des quatre navires transportés entre juin et septembre 2022. Chaque ligne noire représente une boîte de surveillance au cours de la période de surveillance. Les lignes en couleur représentent les boîtes dans lesquelles des événements de mortalité à bord se sont produits.

Sur les 24 événements de mortalité enregistrés au cours de la période de surveillance, 2, 4, 13 et 5 sont survenus lors des 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> sorties respectivement, entraînant un taux de survie différée compris entre 47,33 et 87,49 % pour les différentes sorties. D'autre part, lorsque l'on censure les 13 événements de mortalité à bord, seuls 0, 2, 5 et 4 poissons sont morts au cours des 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> sorties, ce qui donne des estimations de survie différée de 100, 88,57, 79,50 et 77,78% respectivement. Cet écart assez important entre les estimations des différentes sorties montre la nécessité d'inclure les différentes sorties dans le calcul de l'estimation de la survie différée et de prendre en compte ces différences par le biais d'un effet aléatoire. En outre, les grandes différences dans les taux de survie entre les dos bleus de différents scores de vitalité (Figure 11) indiquent la nécessité de prendre également en compte ces proportions dans la prédiction et l'estimation de la mortalité différée.

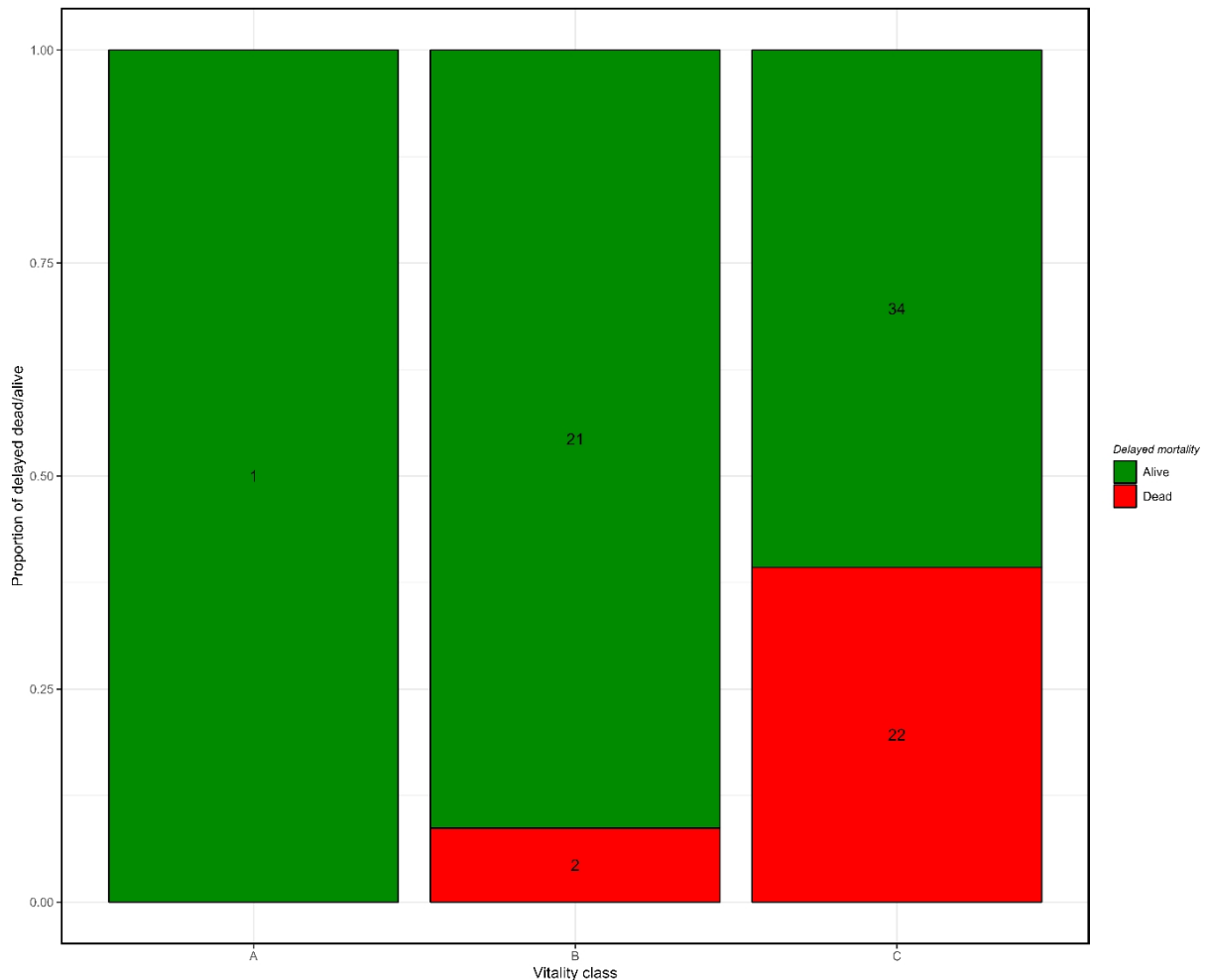


Figure 11 : Aperçu de la relation entre la classe de vitalité et les événements de mortalité différée (à bord et au cours de la surveillance de 21 jours).

L'estimation de la survie différée des raies bouclées capturées par les chasseurs à la mouche a été dérivée d'un modèle de régression logistique à effets mixtes dans lequel le code de sortie a été utilisé comme effet aléatoire. En outre, une correction (pondération) a été effectuée pour équilibrer la distribution inégale des individus dans les classes de vitalité pour les tailles d'échantillon (n) des raies capturées et contrôlées (survie différée). A partir de là, la survie différée des raies bouclées capturées par flyshoot en Manche Est est estimée à 73,06% (IC : 56,5-85%). Cependant, la censure des événements de mortalité à bord augmente la survie à 91,57% (IC : 69,1-98,14). L'IC assez large autour de ces estimations est dû à la grande variation de la survie retardée observée entre les sorties. Cela pourrait être lié à des conditions techniques ou environnementales différentes et est examiné plus loin dans la section sur l'analyse factorielle.

Lorsque l'on considère l'ensemble des 24 événements de mortalité dans l'analyse, ceux-ci se sont produits principalement dans les 100 premières heures (~4 jours) après la capture (Figure 12). En revanche, lorsque l'on censure les décès signalés en mer, aucun événement de mortalité soudain et important ne peut être clairement mis en évidence dans la courbe (figure 13). Malgré cette différence, les deux courbes de Kaplan-Meier montrent que la période de suivi à long terme de 21 jours a permis aux mortalités d'atteindre une asymptote jusqu'à ce que toutes les mortalités liées aux rejets aient été observées.

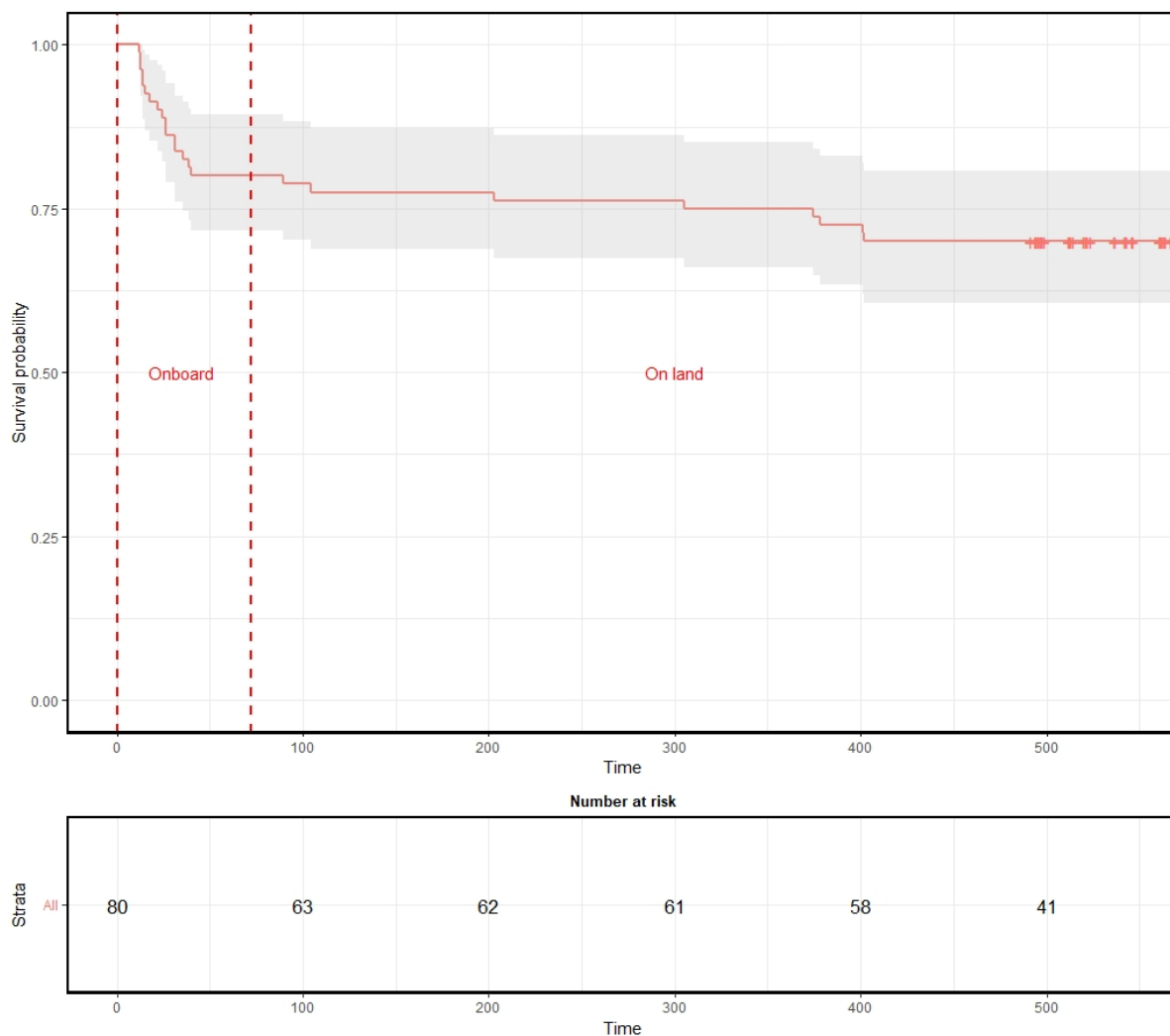


Figure 12 : Courbes de survie non paramétriques de Kaplan Meier de la raie bouclée (RIC) au cours des heures de suivi, en considérant l'ensemble des 24 événements de mortalité. L'ensemble des classes de vitalité et des sorties sont prises en compte. Les lignes pointillées rouges représentent le début et la fin de la surveillance à bord. Les croix représentent la censure (fin de la période de surveillance alors que le poisson est encore en vie). La zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 % autour de la probabilité de survie estimée à chaque étape.

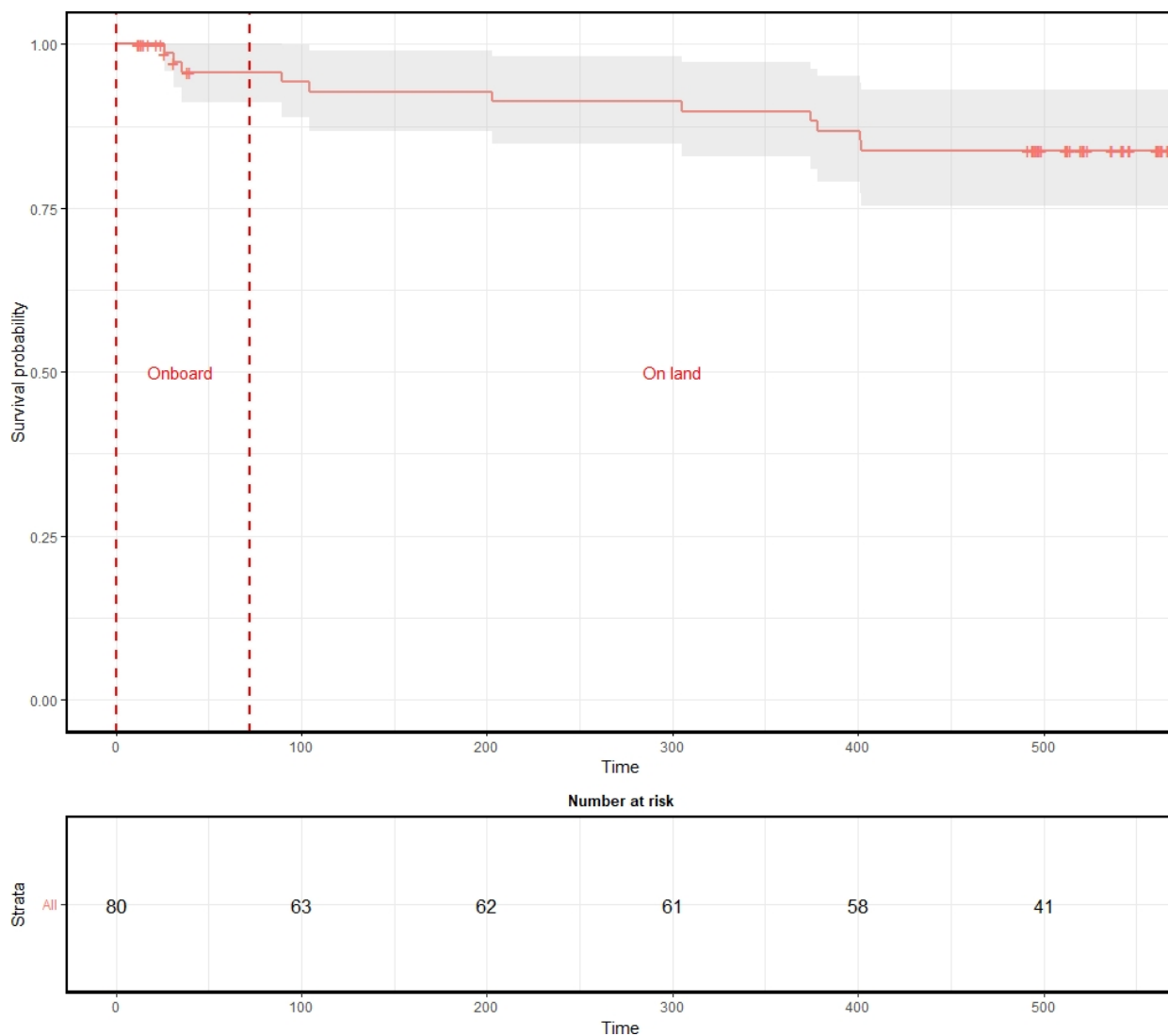


Figure 13 : Courbes de survie non paramétriques de Kaplan Meier de la raie bouclée (RC) au cours des heures de suivi, en considérant les événements de mortalité à bord comme censurés. Ces courbes ont été établies pour toutes les classes de vitalité et tous les voyages. Les lignes pointillées rouges représentent le début et la fin de la surveillance à bord. Les croix représentent la censure (fin de la période de suivi alors que le poisson est encore en vie). La zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 % autour de la probabilité de survie estimée à chaque étape.

De même, les courbes de Kaplan-Meier par voyage et par classe de vitalité montrent également que les mortalités ont atteint une asymptote avant la fin de la période de suivi (Sans censure : Figure 14 et Figure 16, avec censure des mortalités à bord : Figure 15 et Figure 17). Ces courbes mettent également en évidence les différences évidentes de survie différée enregistrées entre les différents voyages et classes de vitalité, et la nécessité d'inclure ces facteurs dans l'estimation de la survie différée.

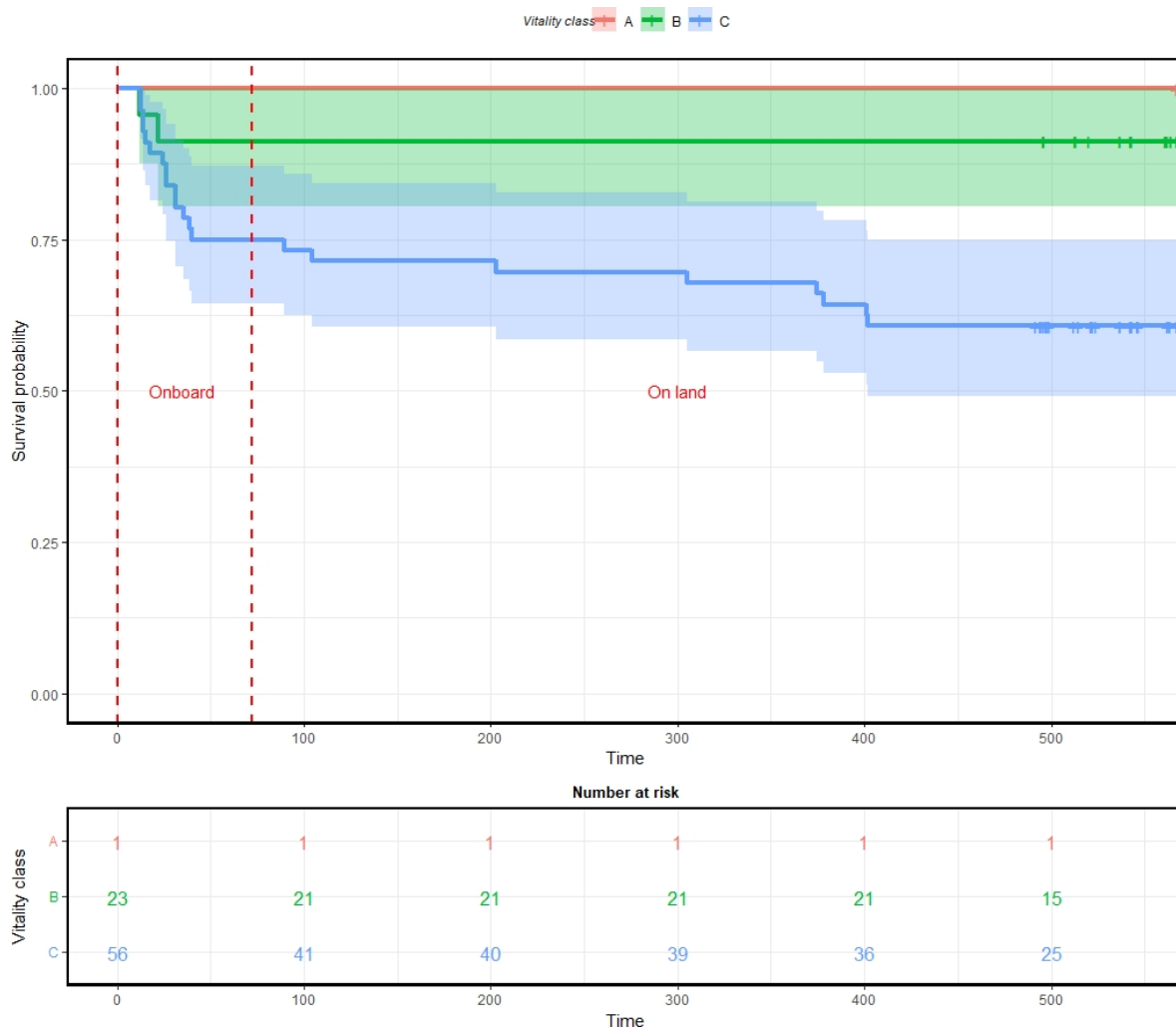


Figure 14 : Courbes de survie non paramétriques de Kaplan Meier des raies bouclées (RIC) au cours des heures de suivi pour chaque classe de vitalité, en considérant l'ensemble des 24 événements de mortalité. Toutes les sorties ont été regroupées. Les lignes pointillées rouges représentent le début et la fin de la surveillance à bord. Les croix représentent la censure (fin de la période de surveillance alors que le poisson est toujours vivant). La zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 % autour de la probabilité de survie estimée à chaque étape.



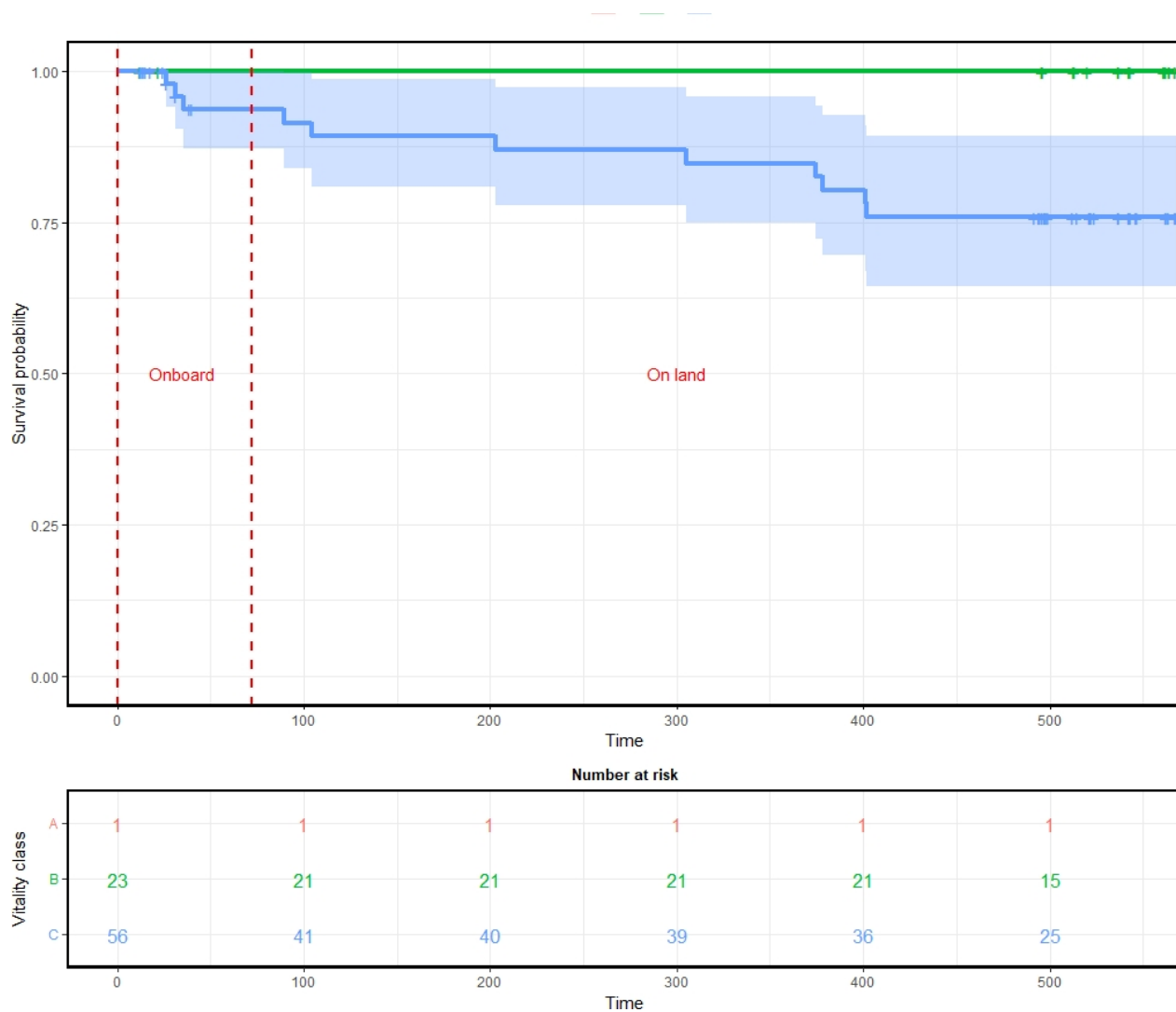


Figure 15 : Courbes de survie non paramétriques de Kaplan Meier des raies bouclées (RJC) au cours des heures de suivi pour chaque classe de vitalité, en considérant les événements de mortalité à bord comme censurés. Ces courbes ont été regroupées pour toutes les sorties. Les lignes pointillées rouges représentent le début et la fin de la surveillance à bord. Les croix représentent la censure (fin de la période de surveillance alors que le poisson est encore en vie). La zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 % autour de la probabilité de survie estimée à chaque étape.

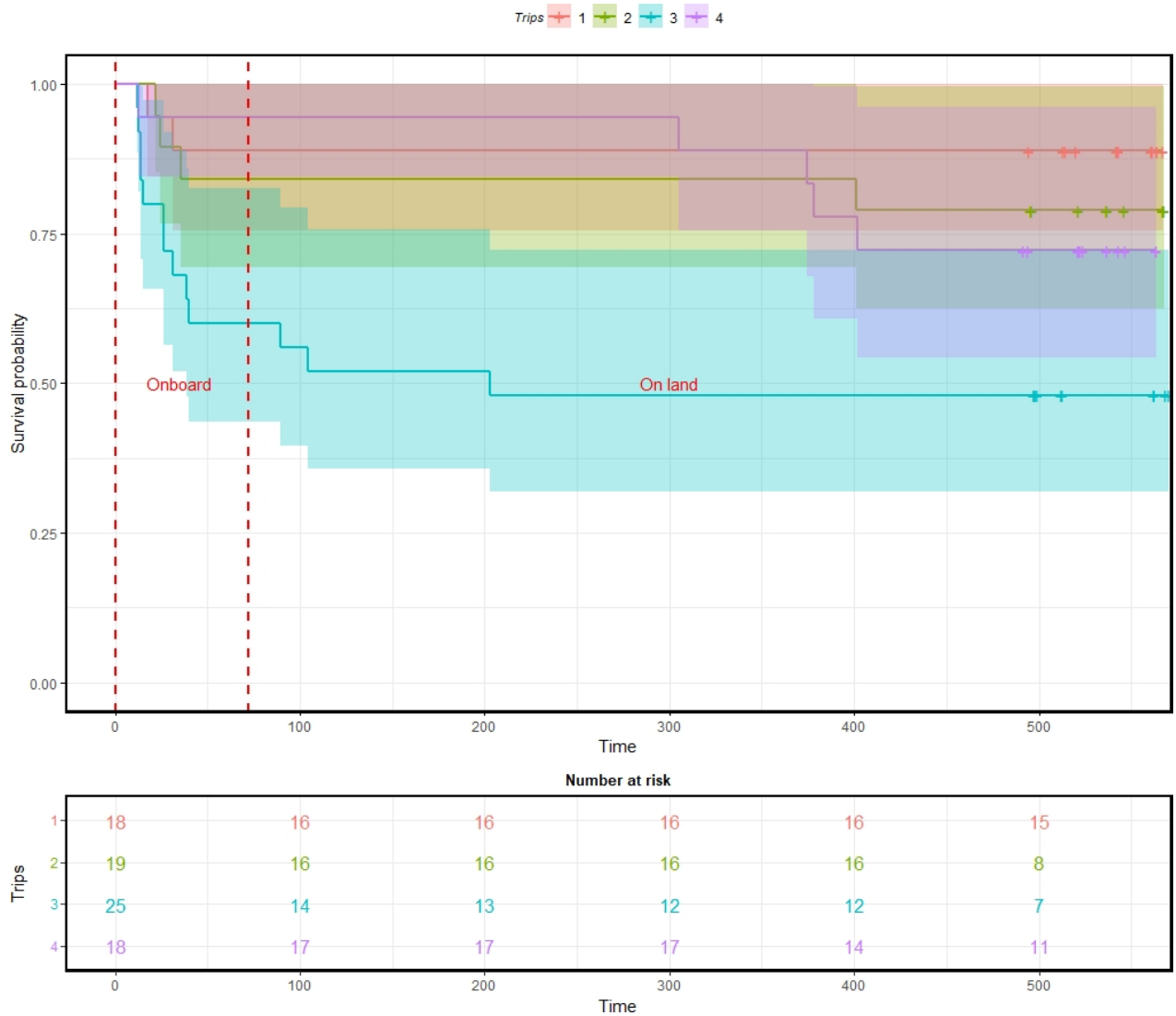


Figure 16 : Courbes de survie non paramétriques de Kaplan Meier des raies bouclées (RJC) au cours des heures de suivi pour chacune des quatre sorties, en considérant l'ensemble des 24 événements de mortalité. L'ensemble des classes de vitalité est pris en compte. Les lignes pointillées rouges représentent le début et la fin de la surveillance à bord. Les croix représentent la censure (fin de la période de surveillance alors que le poisson est encore en vie). La zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 % autour de la probabilité de survie estimée à chaque étape.

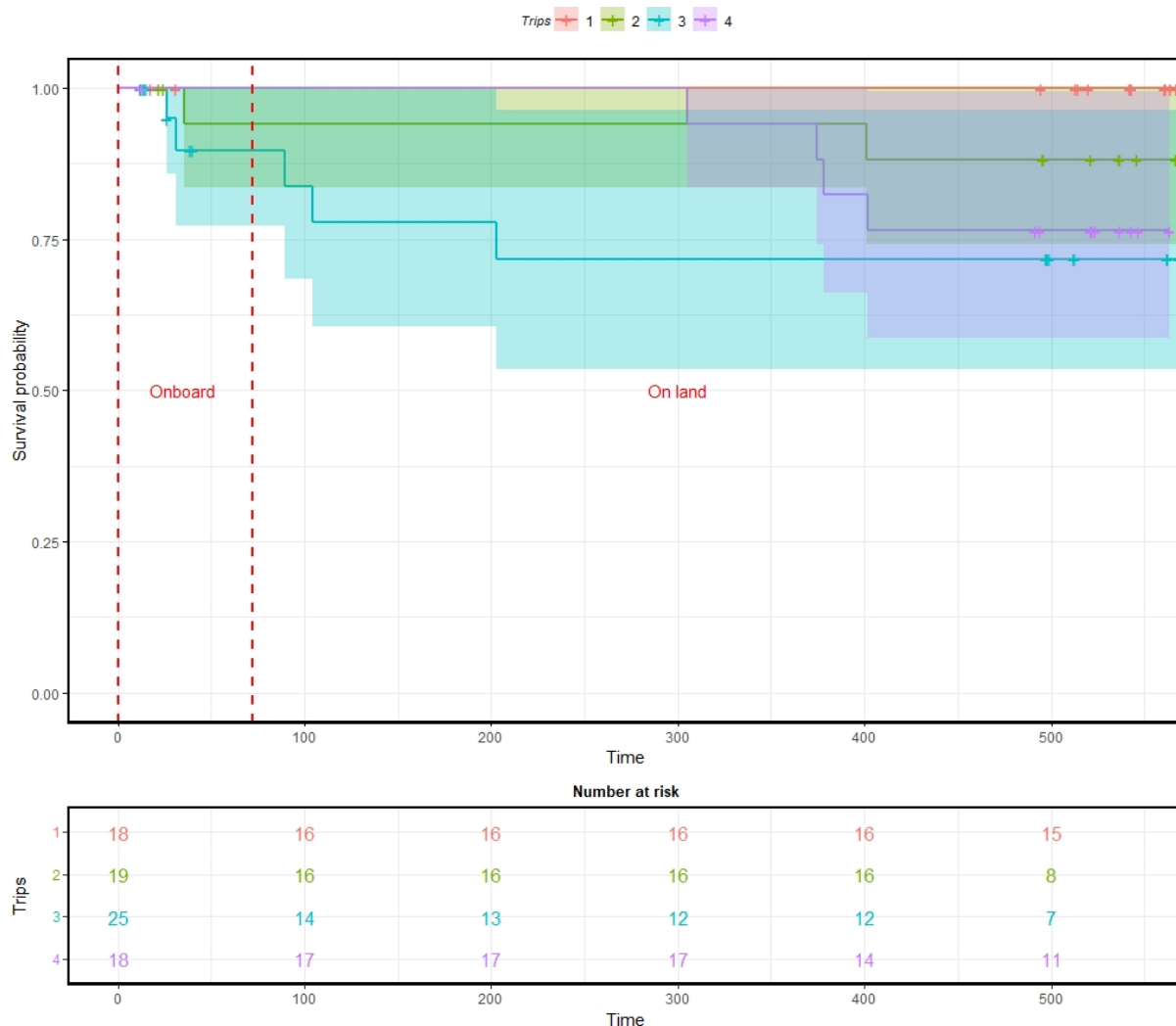


Figure 17 : Courbes de survie non paramétriques de Kaplan Meier des raies bouclées (RJC) au cours des heures de suivi pour chacune des quatre sorties, en considérant les événements de mortalité à bord comme censurés. Les données sont regroupées pour toutes les classes de vitalité. Les lignes pointillées rouges représentent le début et la fin de la surveillance à bord. Les croix représentent la censure (fin de la période de surveillance alors que le poisson est encore en vie). La zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 % autour de la probabilité de survie estimée à chaque étape.

### 3.5 SURVIE TOTALE

La survie totale a été calculée comme le complément à un de la somme de la mortalité immédiate déclarée à bord et de la mortalité estimée déclarée pour les poissons restants en vie. Il en résulte une survie totale estimée des rejets de 69,73 % (IC : 53,92-81,12 %) si l'on considère tous les événements de mortalité ou de 87,40 % (IC : 65,95-93,66) si l'on censure les treize mortalités à bord.

### 3.6 ANALYSE FACTORIELLE ET CONSTRUCTION DE MODÈLES

Avant d'entamer la procédure d'analyse factorielle et de construction du modèle, la corrélation entre les variables a été analysée.

#### 3.6.1 L'EXPLORATION DES CORRÉLATIONS

La corrélation entre toutes les variables mesurées pour tous les thornbacks capturés lors des sorties de pêche a été analysée (Figure 18). Comme prévu, une corrélation entre le score de vitalité et les événements RAMP, INJ et de mortalité immédiate a été enregistrée. Aucune corrélation élevée n'a été trouvée entre les autres paires de variables. Le score de blessure

et la profondeur de l'eau se sont avérées légèrement corrélées positivement (corr : 0,44), ce qui indique une tendance à trouver des raies plus blessées lorsqu'elles sont pêchées dans des eaux plus profondes.

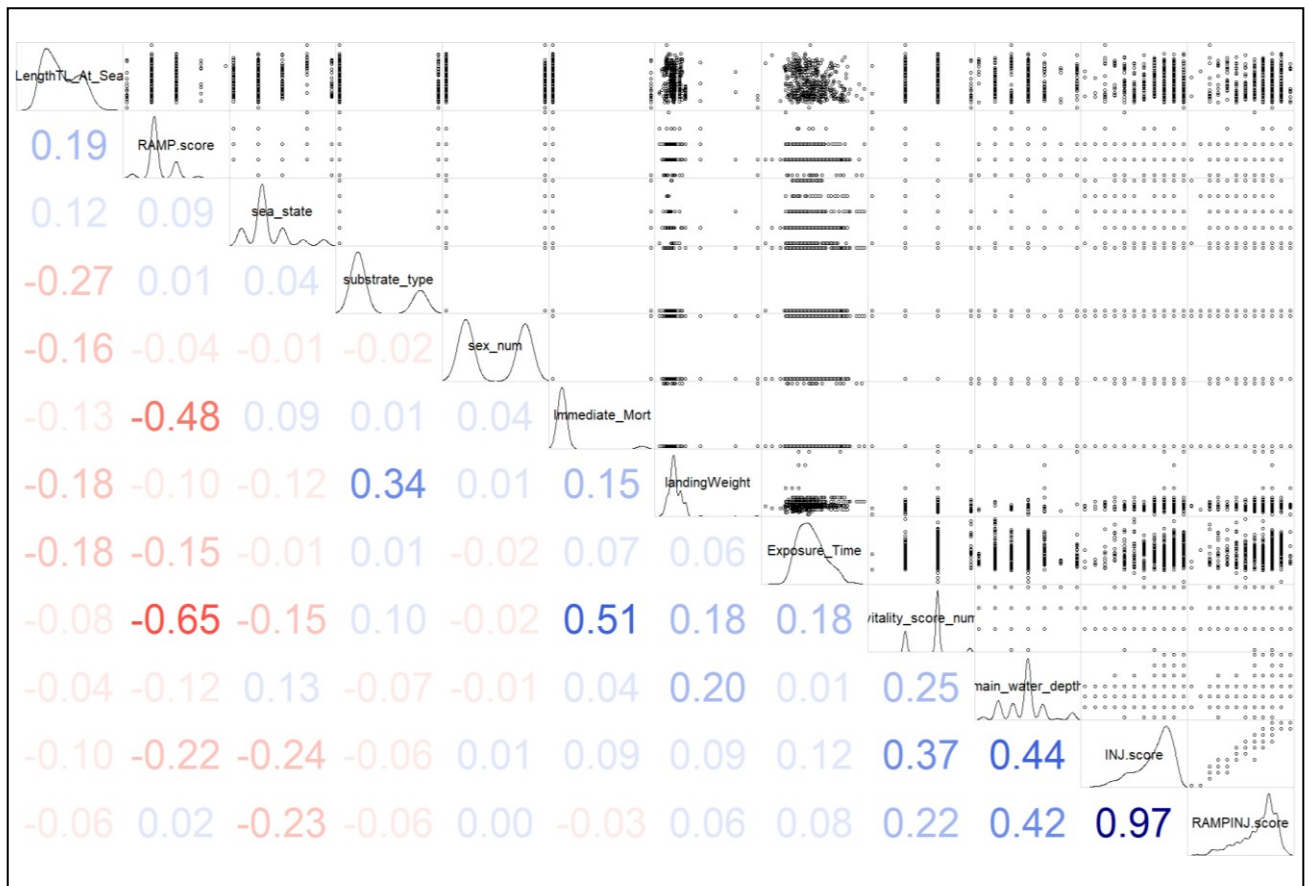


Figure 18 : Graphique de corrélation pour tous les poissons capturés entre le statut de mortalité immédiate (Immediate\_Mort), la vitalité (vitality\_score\_num), les blessures (INJ.score), l'altération des réflexes (RAMP.score), RAMPINJ.score, la longueur (LengthTL\_at\_Sea), le poids total débarqué par trait (landingWeight), le type de substrat (substrate\_type), l'état de la mer et la profondeur (main\_water\_depth).

Des corrélations similaires sont observées lorsque l'on examine les rayons contrôlés pour la survie tardive (figure 19). Une fois de plus, les blessures, RAMP, RAMPINJ, le score de vitalité et la mortalité tardive sont étroitement corrélés. Une fois de plus, les poissons capturés dans des eaux plus profondes semblent présenter plus de blessures. En outre, une corrélation négative est signalée entre l'état de la mer et le score de blessure (corr : -0,56), mais il n'y a aucune explication logique sur la raison pour laquelle de meilleures conditions de pêche (meilleur état de la mer) conduiraient à des poissons en plus mauvais état. Cette corrélation est probablement un artefact causé par un nombre plutôt faible de poissons capturés dans de mauvaises conditions de pêche (c.-à-d. état de la mer 3 ou 4) par rapport à de meilleures conditions.

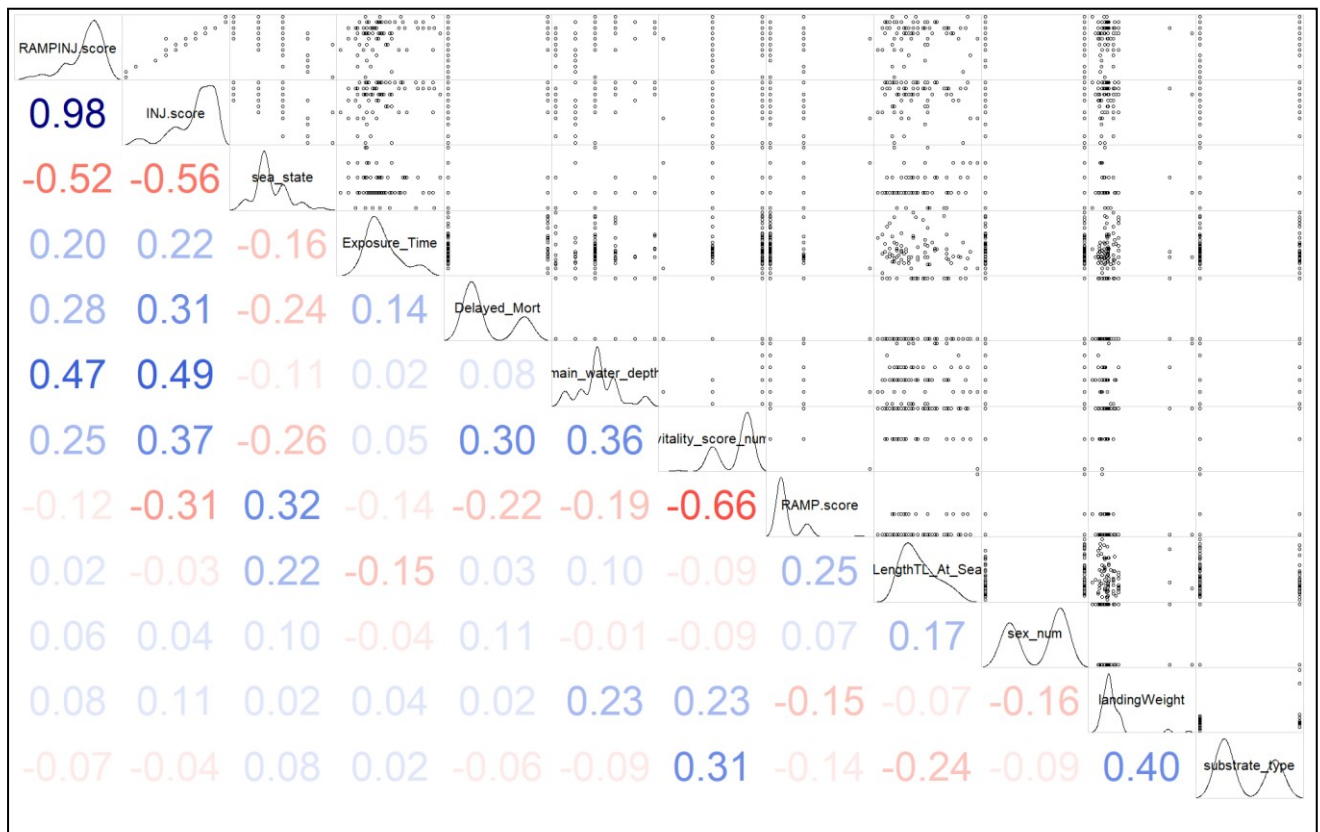


Figure 19 : Graphique de corrélation pour les raies suivies pour la survie retardée entre le statut de mortalité retardée (Delayed\_Mort), la vitalité (vitality\_score\_num), la blessure (INJ.score), l'affaiblissement des réflexes (RAMP.score), RAMPINJ.score, la longueur (LengthTL\_at\_Sea), le poids total débarqué par trait (landingWeight), le type de substrat (substrate\_type), l'état de la mer et la profondeur (main\_water\_depth).

### 3.6.2 ANALYSE D'UN SEUL FACTEUR

En utilisant un modèle linéaire généralisé à effets mixtes, l'importance des variables individuelles (c'est-à-dire la longueur, le sexe et la vitalité), techniques (c'est-à-dire le poids débarqué) et environnementales (c'est-à-dire la profondeur, l'état de la mer, le type de substrat) pour prédire le statut de mortalité immédiate et différée (après 21 jours) (0=vivant, 1=mort) a été testée.

#### 3.6.2.1 MORTALITÉ IMMÉDIATE

Cette analyse a révélé que les raies bouclées plus grandes (longueur totale) sont moins susceptibles de mourir lorsqu'elles sont capturées et rejetées (valeur  $p = 0,00889$ , Figure 20). Par la suite, il a été constaté que les raies capturées dans des traits de chalut plus importants (avec un poids au débarquement plus élevé) avaient une probabilité de mortalité immédiate significativement plus élevée (valeur  $p = 0,00644$ ). Cependant, il n'est pas clair s'il s'agit d'un effet réel ou plutôt d'un artefact de la petite taille de l'échantillon de traits avec des poids débarqués plus élevés (Figure 21).

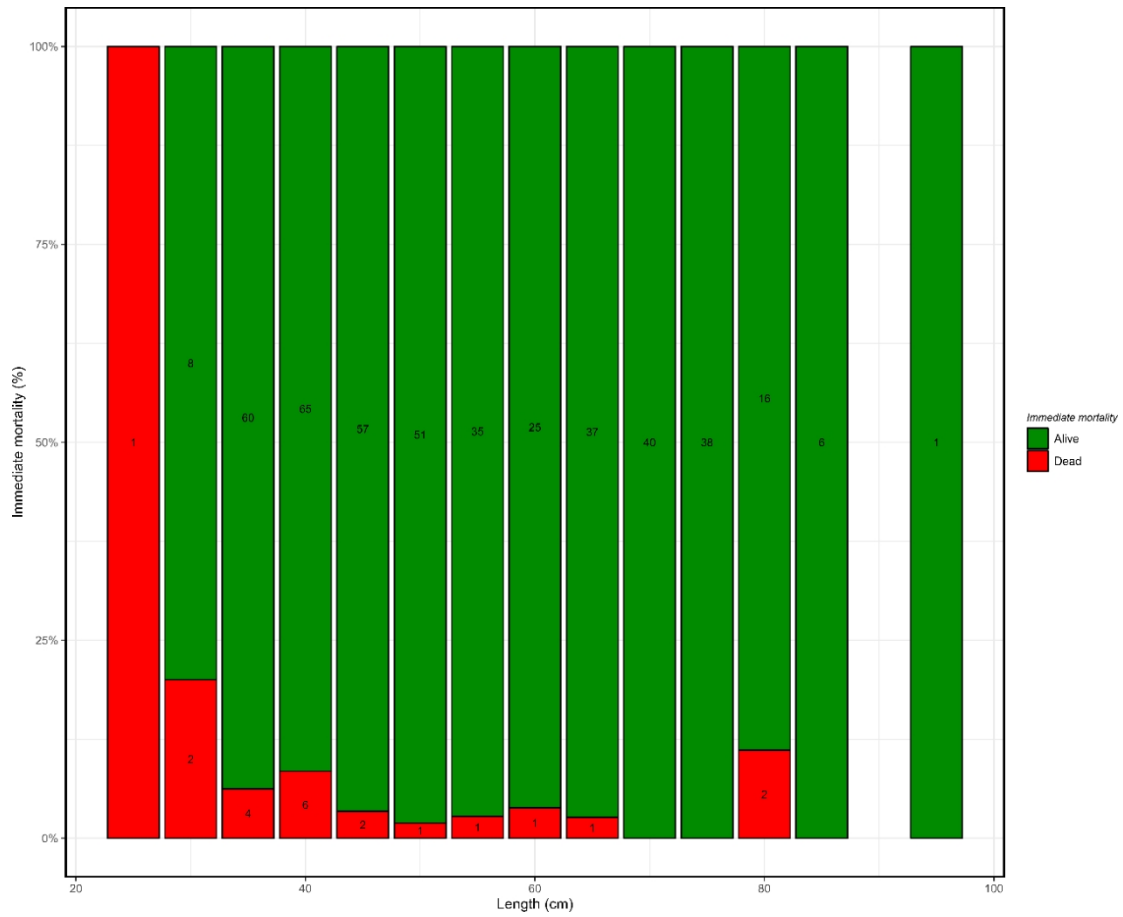


Figure 20 : Aperçu de l'effet de la longueur sur la mortalité immédiate des raies individuelles.

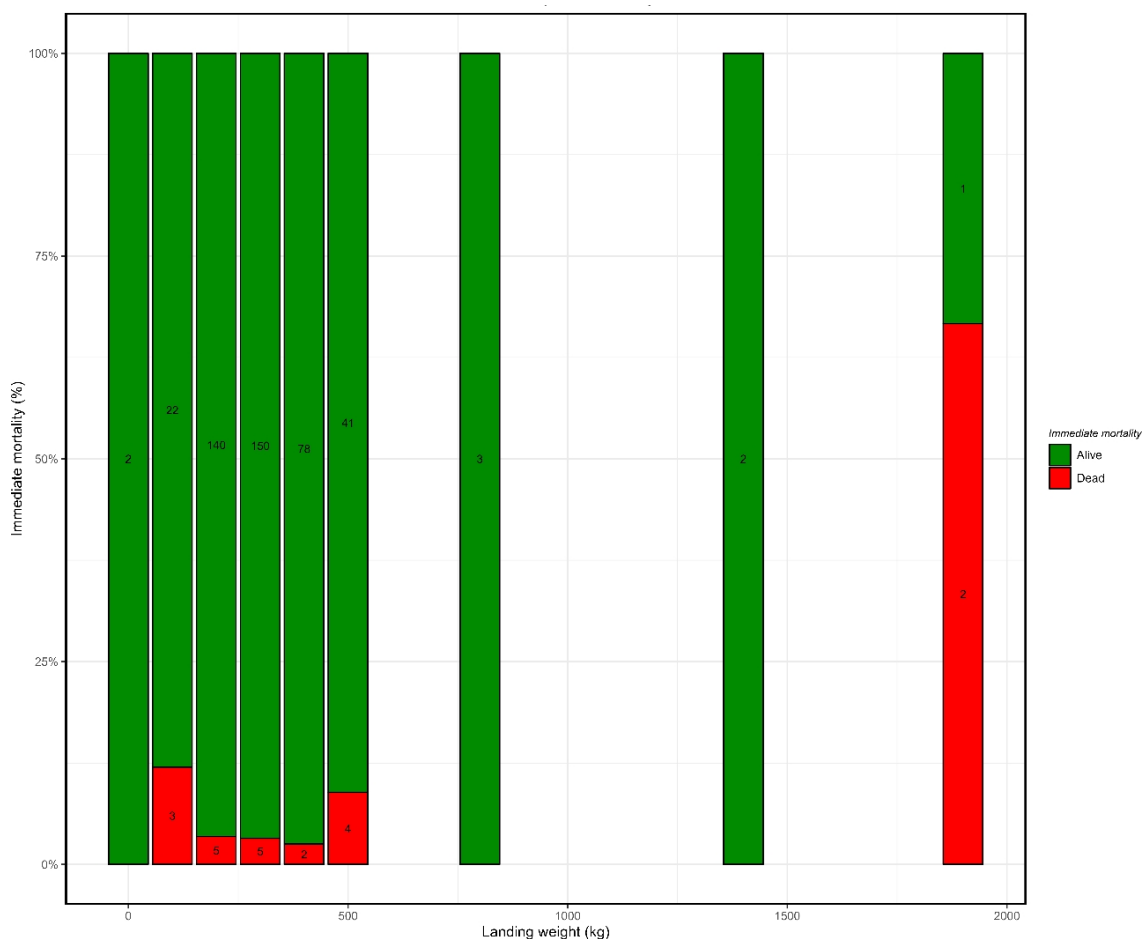


Figure 21 : Aperçu de l'effet du poids total débarqué du trait de chalut sur la mortalité immédiate.

### 3.6.2.2 MORTALITÉ TARDIVE

Dans le cas du statut de mortalité retardée, aucun effet significatif n'a été trouvé pour aucune des variables techniques et environnementales. Néanmoins, en termes de variables individuelles, le score de blessure du poisson ( $p$ -value = 0. 0.00845) s'est avéré conduire à des différences significatives dans sa probabilité de survie tardive. En outre, le score combiné (RAMPINJ) s'est avéré significatif également (valeur  $p$  = 0,01572), tandis que le score RAMP était marginalement non significatif (valeur  $p$  = 0,055). Dans tous les cas, et comme déjà détaillé ci-dessus, les poissons en plus mauvaises conditions étaient plus susceptibles d'être morts à la fin du suivi de la survie différée. (Figure 11 : Aperçu de la relation entre la classe de vitalité et les événements de mortalité différée (à bord et au cours de la période de surveillance de 21 jours). Figure 22, Figure 23, et Figure 24)

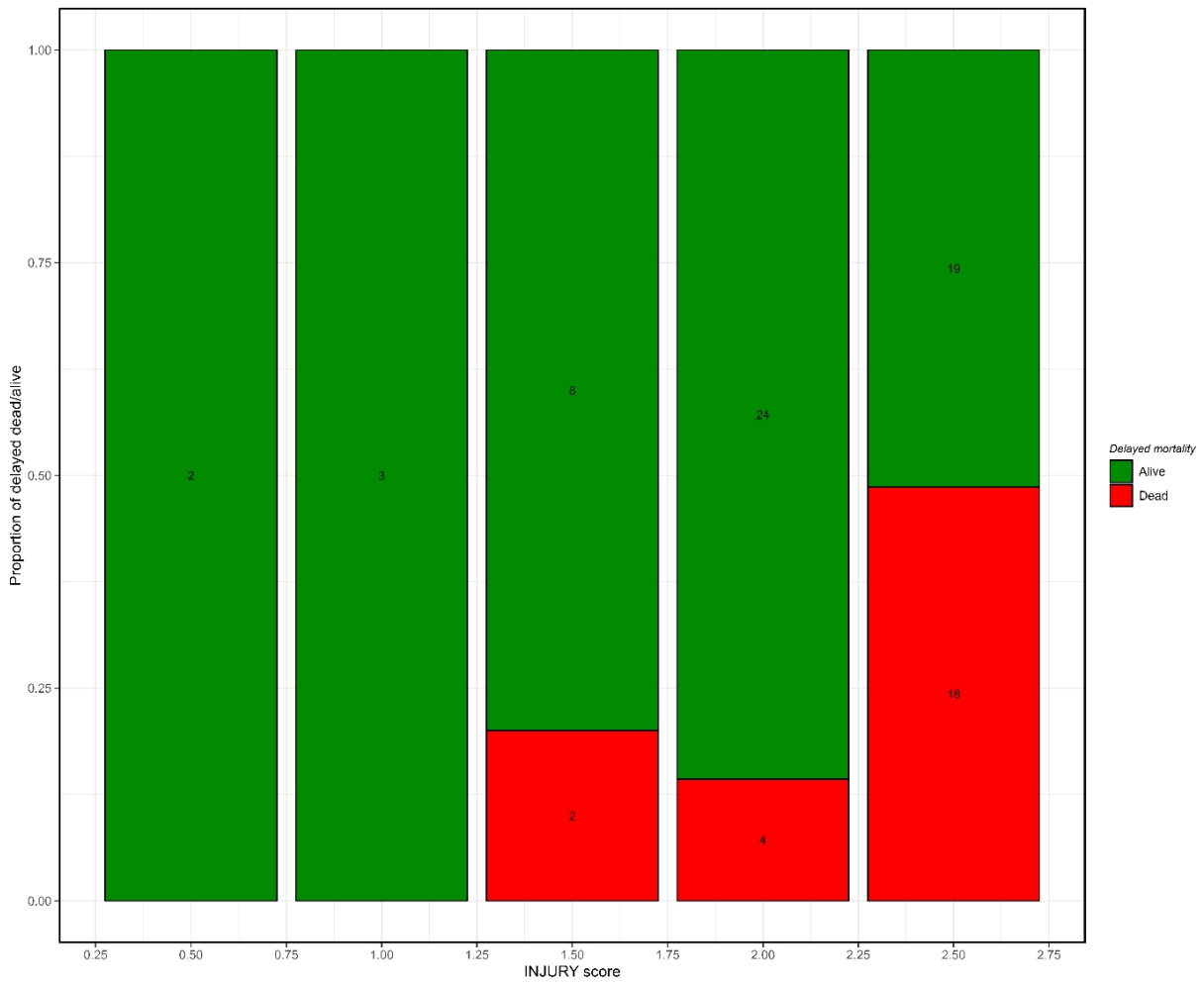


Figure 22 : Aperçu de l'effet du score des blessures sur la mortalité différée.



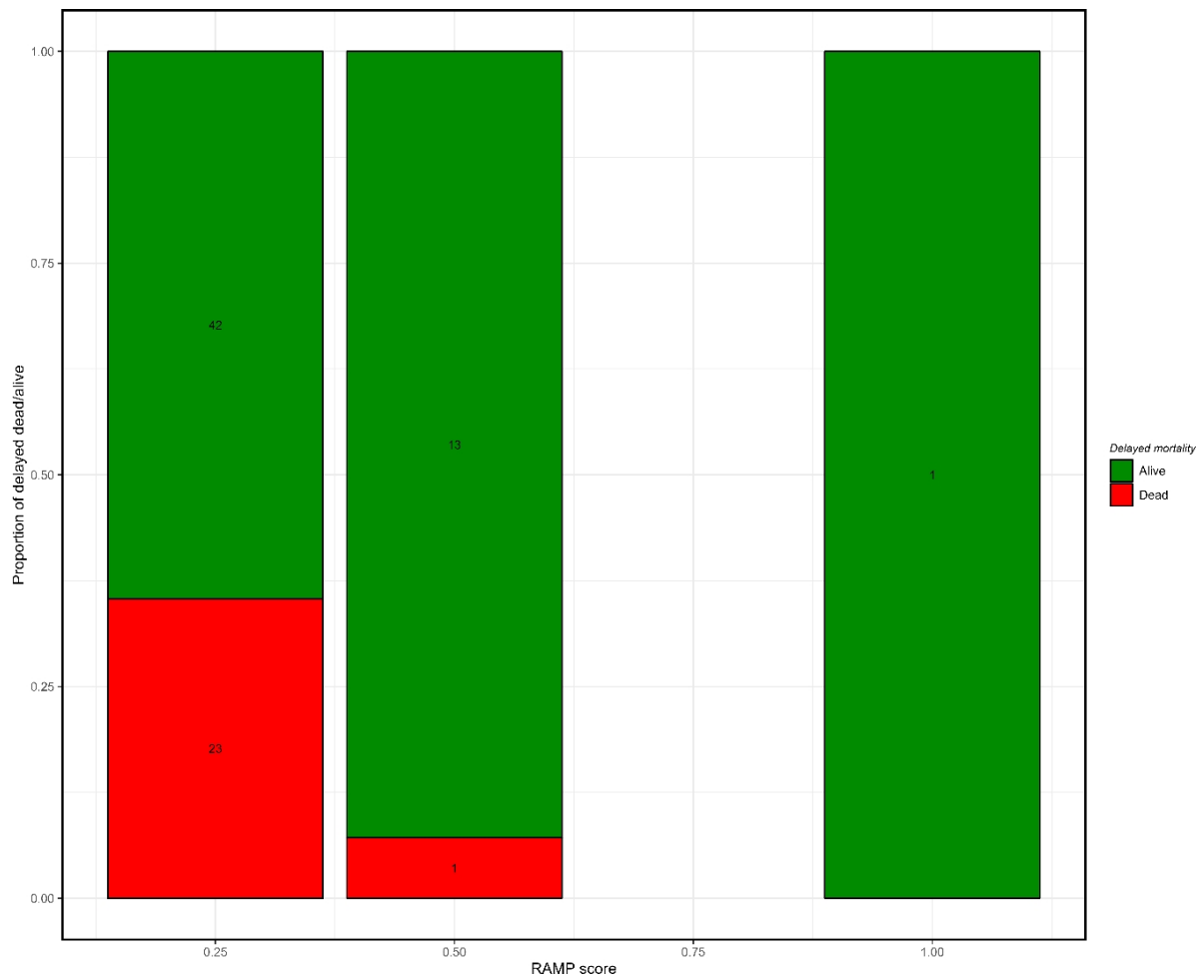


Figure 23 : Aperçu de l'effet du score RAMP sur la mortalité tardive.

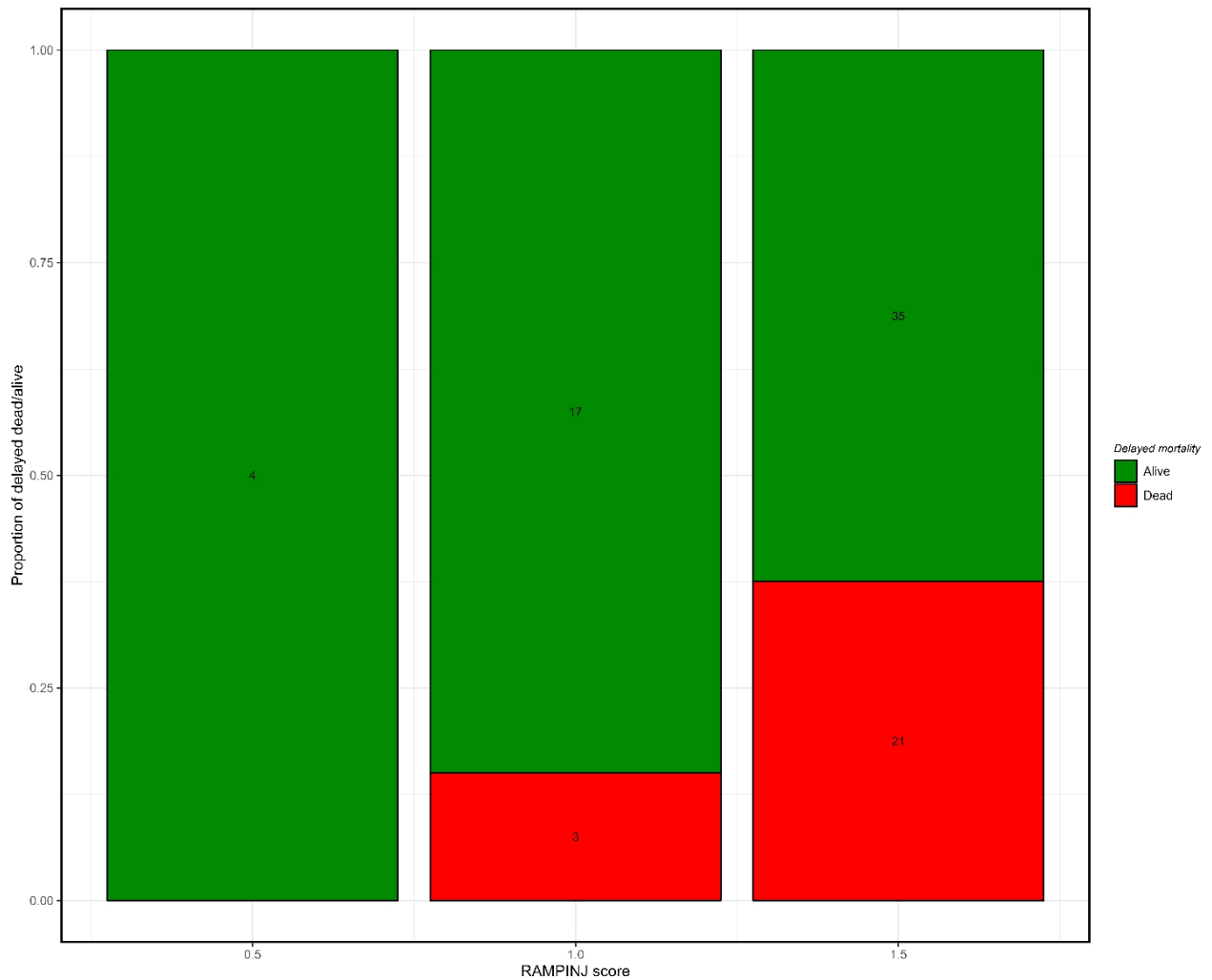


Figure 24 : Aperçu de l'effet du score RAMPINJ sur la mortalité tardive.

### 3.6.3 MODÈLE DE BÂTIMENT

Une procédure de construction de modèle en aval utilisant les niveaux de signification et le critère d'information d'Akaike comme critère de sélection a été utilisée pour identifier le modèle le plus "parcimonieux" pour prédire la survie immédiate et différée. Le modèle le plus parcimonieux (un modèle qui atteint un certain niveau d'explication ou de prédiction avec aussi peu de variables explicatives que possible) pour la probabilité de survie immédiate comprenait la longueur individuelle et le score de blessure de chaque poisson comme prédicteurs, en plus de l'état de la mer et du poids au débarquement du trait de chalut dans lequel ils ont été capturés (tableau 4). En ce sens, les poissons plus grands sont moins susceptibles de mourir, tandis que les blessures, un état de mer plus défavorable et un trait de chalut plus important (poids) augmentent la probabilité de mortalité immédiate des poissons.

Le modèle de survie différée le plus parcimonieux s'est avéré relativement simple par rapport au modèle de survie immédiate et n'incluait qu'une seule variable : les poissons dans de plus mauvaises conditions, en particulier avec plus de blessures (score de blessures plus élevé) sont plus susceptibles de subir une mortalité différée (Tableau 4 et Figure 22).

Tableau 4 : Aperçu des modèles les plus "parcimonieux" obtenus à l'aide de la construction de modèles à terme pour prédire le statut de mortalité immédiate et différée d'un poisson individuel.

Modèle	AIC	Variables	Estimation	Valeurs p
État de mortalité immédiate ~Longueur+ État de la mer+ Score de blessure + Poids à l'atterrissage+ (1   Trip)	160.1905	Longueur	-0.477	0.01743 *
		État de la mer	0.67	0.00334 **
		Score de blessure	1.39	0.04198 *
		Poids à l'atterrissage	0.001	0.03374 *
Statut de mortalité retardée ~ Score de lésion + (1   Trip)	92.96251	Score de blessure	2.3147	0.00845 *

Les opérations de pêche à la mouche sont relativement courtes (~35 min) par rapport aux opérations de pêche à la loutre et au chalut à perche (~92 min) (van Bogaert et al. 2020). En outre, ce n'est que pendant les 10 dernières minutes de l'opération de pêche, lorsque les poissons entrent dans le chalut, qu'ils sont exposés aux blessures mécaniques causées par le chalut (van Overzee et al., 2019). Compte tenu de ces différences, on pourrait s'attendre à ce que les poissons capturés par les tireurs de mouches soient généralement dans de meilleures conditions et aient plus de chances de survivre que lorsqu'ils sont capturés par les chalutiers, mais dans de moins bonnes conditions et avec moins de chances de survivre par rapport aux engins passifs (c'est-à-dire les filets maillants/les trémails). Cependant, cette étude montre que les raies bouclées capturées par des filets volants se trouvaient le plus souvent dans de moins bonnes conditions que celles capturées par des chaluts à perche et à panneaux (Ellis et al., 2018 ; Randall et al., 2018 ; van Bogaert et al., 2020). Cela pourrait s'expliquer par le rythme plus rapide de l'activité de pêche, qui provoque un choc traumatique de courte durée (qui est encore présent au moment de la notation à bord) dont les poissons ont le plus de chances de se remettre. Le barotraumatisme chez les poissons est intrinsèquement lié à la profondeur et à la vitesse de remontée (Carlson, 2012). Par conséquent, les différences de profondeur de pêche moyenne entre les études sont également susceptibles d'entraîner des différences dans la proportion de poissons dans d'excellentes/bonnes/mauvaises conditions. D'autre part, en répétant la notation de la vitalité sur les mêmes individus sur le pont et après quelques heures (3-24h), il a été observé que la plupart des individus qui ont été notés comme étant de classe de vitalité "C" ou "B" lors de leur arrivée sur le pont, ont souvent été notés comme étant dans une excellente condition (classe de vitalité "A") après quelques heures. Cela montre que leur classe de vitalité initiale peut être le résultat d'un traumatisme "sans gravité" et d'un "stress" dont la plupart des raies peuvent se remettre assez rapidement. Cette divergence montre également que l'utilisation de la vitalité comme indicateur de la survie différée n'est peut-être pas simple et qu'il faut davantage de spécifications sur l'engin et l'activité de pêche pour formuler de telles hypothèses. Il est également très important de tenir compte de la nature subjective de l'évaluation de la vitalité d'un poisson lorsque l'on compare les résultats de différentes études et de différents projets. Des observateurs, des protocoles et des méthodes différents sont susceptibles d'influencer ces proportions, ce qui peut réduire la comparabilité des évaluations de la vitalité entre les études (Benoit, Hurlbut, & Chasse, 2010).

Malgré les différences signalées dans les scores de vitalité (par rapport à d'autres études) détaillées ci-dessus, la survie immédiate estimée des rejets pour le flyshoot (95,43 %) se situe dans la fourchette des valeurs estimées pour d'autres engins dans le passé (CSTEP, 2022). Les engins qui entraînent des sources "théoriquement" plus importantes de perturbation et d'exposition à des traumatismes mécaniques ont fait état de taux de survie immédiate similaires (c'est-à-dire 95,71 % pour le chalut à perche, 93,56 % pour le chalut à panneaux) (Randall et al., 2018 ; van Bogaert et al., 2020). Comme prévu, le flyshoot semble conduire à une survie immédiate légèrement inférieure par rapport aux engins passifs tels que le trémail (96 %), les filets maillants (100 %) (van Bogaert et al., 2020) et les filets emmêlants (97,4 à 98 %) (Ellis et al., 2018). Bien que la survie immédiate semble varier "logiquement" entre les engins, les différences sont relativement faibles et continuent de montrer une survie immédiate généralement élevée pour l'espèce (93,56-100%) dans tous les engins analysés jusqu'à présent.

Cette survie immédiate généralement élevée pourrait indiquer que d'autres facteurs (c'est-à-dire intrinsèques au poisson ou à son habitat) sont plus influents pour façonner le destin d'une raie dans le filet. La longueur individuelle a été identifiée à plusieurs reprises comme un facteur significatif influençant la probabilité de mortalité immédiate (Ellis et al., 2018 ; van Bogaert et al., 2020), comme dans cette étude. D'autres facteurs, tels que le score de blessure et le poids total débarqué du trait de chalut, se sont également révélés significatifs dans le projet SUMARIS (van Bogaert et al., 2020) et dans la présente étude. Contrairement au projet SUMARIS, dans cette étude, le type de substrat ne s'est pas avéré expliquer de manière significative la probabilité de survie immédiate. La proportion de sable, de pierre et de benthos dans la capture n'a pas pu être incluse dans

l'analyse factorielle en raison de l'homogénéité complète des traits de chalut échantillonnés. Les recherches ultérieures devraient se concentrer sur l'augmentation de la taille des échantillons de sorties et de traits (par un échantillonnage supplémentaire et/ou une méta-analyse) afin de prendre en compte ces variables dans les analyses futures.

Contrairement aux petites différences entre les estimations de survie immédiate des différents engins, on a constaté que la survie différée variait largement et de manière significative entre les types d'engins, les engins passifs enregistrant des taux de survie plus élevés (par exemple 93,35 % pour les trémaïls) par rapport aux engins actifs (par exemple 56,9 pour les chaluts à perche respectivement) (van Bogaert et al., 2020). La mortalité différée estimée à 73,06 % (c'est-à-dire sans censure) pour les raies bouclées dans les pêcheries à la mouche se situe entre les deux catégories d'engins (c'est-à-dire les engins passifs et les engins actifs),

qui est liée à la nature active de l'engin mais à une exposition apparemment plus courte aux traumatismes et aux chocs (c'est-à-dire des traits courts et pas de traînée du filet). Cependant, elle est inférieure à la survie différée estimée pour les raies bouclées (81 %, Schram et al. 2023) et proposée pour les raies étoilées (80 % ; van Overzee et al., 2019) capturées par la flotte néerlandaise de pêche à la mouche dans le sud de la mer du Nord (4.c) et dans l'est de la Manche (7.d). Cependant, en censurant les mortalités à bord, la survie différée estimée augmente à 91,57%, ce qui situe la survie différée des rejets pour le flyshoot dans cette étude plus près des estimations obtenues pour les engins passifs (c'est-à-dire les trémails), et comparativement plus éloignée (plus élevée) des taux de survie des rejets pour les engins actifs (c'est-à-dire les chaluts à panneaux et à perche) et des estimations pour les thornbacks capturés par la flotte néerlandaise de flyshoot (Schram et al., 2023). Malgré cette différence relativement importante, dans les deux cas, le flyshoot montre un taux de survie comparativement élevé pour les raies bouclées. Il est également important de souligner qu'une incertitude relativement importante a été signalée autour de ces estimations, ce qui est dû à la forte variabilité de la survie différée entre les différentes sorties. Ceci, associé à une nette différence dans la proportion des classes de vitalité entre les différentes sorties, indique que d'autres facteurs, au-delà de l'engin lui-même, affectent la survie tardive des raies bouclées rejetées.

Les températures de l'eau de mer en août (moyenne = 19,8°C) et en septembre (moyenne = 19,6°C), lors des troisième et quatrième sorties, étaient comparativement plus élevées qu'en juin (moyenne = 15,8°C) et en juillet (moyenne = 18,2°C), lors des deux premières sorties, ce qui pourrait directement ou indirectement expliquer les taux de mortalité plus élevés rapportés lors de ces dernières (52 et 27,8 % respectivement). Des températures plus élevées ont déjà été associées à un métabolisme de base plus élevé et donc à une tolérance moindre aux perturbations (Clarke & Johnston, 1999) ; par exemple, on a constaté que les plies (*Pleuronectes platessa*) capturées et rejetées par les chalutiers à perche belges avaient plus de chances de survivre dans une eau de mer plus froide pendant l'hiver (Uhlmann et al., 2021). Cependant, dans cette étude, la température de l'eau ne s'est pas avérée significative pour prédire la probabilité de mortalité par survie immédiate ou différée. En outre, la température de l'eau à Nausicaá a été maintenue constante tout au long de l'étude à environ 10°C, ce qui signifie que les raies capturées pendant les mois les plus chauds ont été exposées à un stress thermique plus important lorsqu'elles ont été transférées des boîtes de surveillance à bord aux installations d'aquariums. De même, la classe de vitalité et la survie immédiate des raies bouclées et des raies blondes capturées par la flotte belge de chaluts à perche ont été significativement affectées par la différence de température de l'eau (fond vs. air) (Lemey et al., données non publiées). Cependant, la différence de température de l'eau n'a pas été jugée significative dans cette étude. Plutôt que de ne pas être pertinente pour le poisson, il est possible que la taille limitée de l'échantillon des différences de température, causée par la température plutôt homogène de l'eau de mer enregistrée dans les traits des mêmes sorties, ait empêché la détection d'un effet significatif.

Enfin, la probabilité de mortalité différée s'est avérée être significativement affectée par les scores de blessure et pourrait donc être utilisée comme un indicateur viable pour extrapoler/prédire les estimations de survie des rejets différés à l'avenir sans qu'un suivi à long terme ne soit nécessaire. Étant donné que l'efficacité et la puissance de ces modèles prédictifs dépendent fortement de la quantité de données disponibles, l'idéal serait de réaliser une méta-analyse intégrée de toutes les données disponibles (provenant de cette étude et d'autres études) afin de fournir des prévisions plus exactes et plus précises de la mortalité différée et d'identifier les facteurs clés permettant de prédire la survie des rejets à l'avenir. Bien que cela nécessite l'intégration et l'homogénéisation de différentes méthodologies de notation, les résultats de ces modèles prédictifs sont intéressants pour l'évaluation des stocks, la modélisation des écosystèmes et la prise de décision (CSTEP, 2022).

## 5 CONCLUSIONS

Les opérations de pêche à la mouche sont courtes, avec une exposition brève aux blessures mécaniques, ce qui conduit à un taux de survie des rejets relativement élevé pour les raies bouclées par rapport à d'autres engins actifs. La survie immédiate des raies bouclées capturées par les chasseurs à la mouche dans la Manche orientale a été estimée à 95,43 %. La survie retardée a varié de manière significative entre les sorties et les classes de vitalité et a été estimée à 73,06% (IC : 56,5-85%) en tenant compte de tous les événements de mortalité, mais à 91,57% (IC : 69,1-98,14) lorsque les mortalités à bord ont été censurées. Malgré cette différence, il est essentiel de noter que les intervalles de confiance des deux estimations se chevauchent largement et que, dans les deux cas, elles représentent une survie différée comparativement élevée (par rapport à d'autres engins actifs). De même, la mortalité totale a été estimée à 69,73 % (IC : 53,92-81,12 %) ou 87,40 % (IC : 65,95-93,66) sans et avec les mortalités à bord censurées respectivement.

La longueur individuelle et le score de blessure, ainsi que le poids de la capture et l'état de la mer lors d'un trait de chalut spécifique, se sont avérés être à l'origine de différences significatives dans les probabilités de mortalité immédiate. En revanche, seuls les scores de vitalité et de blessure se sont avérés significatifs pour la probabilité de mortalité différée. Ces variables pourraient, à l'avenir et sous la forme d'une méta-analyse, être utilisées comme indicateurs et prédicteurs de la survie tardive. Cela permettrait de réduire ou d'éviter la nécessité de réaliser des études de suivi à long terme, coûteuses en temps et en efforts.

## 6 RÉFÉRENCES

- Benoit, H. P., Hurlbut, T., & Chasse, J. (2010). Évaluation des facteurs influençant la mortalité par rejet des poissons démersaux à l'aide d'un indicateur semi-quantitatif du potentiel de survie. *Fisheries Research*, 106, 436-447.
- Catchpole, T., Wright, S., Bendall, V., Hetherington, S., Randall, P., Ross, E., Ribiero Santos, A., Ellis, J., Depestele, J., & Neville, S. (2017). Ray discard survival - enhancing evidence of the discard survival of ray species (survie des rejets des espèces de raies).
- Carlson, T.J. (2012). Barotraumatisme chez les poissons et barotraumatisme métrique. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 229-231/ 730.
- Clarke A. & Johnston N. (1999) Scaling of metabolic rate with body mass and temperature in teleost fish. *Journal of Animal Ecology*. Vol 68.(5) 893-905. <https://www.jstor.org/stable/2647235>.
- Davis, M.W. (2005). Behaviour impairment in captured and released sablefish ; ecological consequences and possible substitute measures for delayed mortality. *Journal of Fish Biology*, 66 : 254-265
- Davis. M.W. (2010). Le stress et la mortalité des poissons peuvent être prédits à l'aide de l'affaiblissement des réflexes. *Fish and Fisheries*, 11:1- 11.
- Davis M.W., et Ottmar M.L. (2006). Wounding and reflex impairment may be predictors for mortality in discarded or escaped fish. *Fisheries Research*, 82 : 1-6.
- Ellis, J. R., Burt, G. J., Grilli, G., McCully Phillips, S. R., Catchpole, T. L., & Maxwell, D. L. (2018). Mortalité au navire des raies (Rajidae) capturées dans les pêcheries côtières et preuves de survie à plus long terme. *Journal of Fish Biology*, 92(6), 1702-1719. <https://doi.org/10.1111/jfb.13597>
- Kaplan, E.L., Meier, P. (2012). Nonparametric Estimation from Incomplete Observations, *Journal of the American Statistical Association*, 53:282, 457-481.
- Lemey, L. ; Klaas, S ; Torreblanca, E ; Villagra, D ; Plevoets, T. Raywatch. (non publié) Rapport final. Institut flamand de recherche pour l'agriculture, la pêche et l'alimentation (ILVO) Ostende, Belgique
- Randall, P., Hicks, R., Hetherington, S., Bendall, V., Wright, S., & Catchpole, T. (2018). Survivabilité des raies rejetées dans les pêcheries côtières anglaises au chalut à panneaux. Lowestoft, UK. 30 p
- R Core Team (2022). R : un langage et un environnement pour le calcul statistique. R Foundation for Statistical Computing, Vienne, Autriche. URL <https://www.R-project.org/>.
- Schram, E., & Molenaar, P. (2018). Probabilités de survie des rejets de poissons plats et de raies dans les pêcheries au chalut à impulsions de la mer du Nord. Wageningen Marine Research report C037/18, 39. <https://doi.org/10.18174/449707>
- Schram E., van de Pol L., Molenaar P., van Mens A., Bleeker K., Molla Gazi K, van Dalen P, Suykerbuyk W, Batsleer J. 2023. Probabilités de survie des raies bouclées et tachetées rejetées par les pêcheries au chalut à perche et au flyshoot. Wageningen Marine Research report C018/23. <https://doi.org/10.18174/629246>
- Comité scientifique, technique et économique de la pêche (CSTEP) - Gestion des raies (CSTEP-22- 08). Office des publications de l'Union européenne, Luxembourg, 2022, doi:XXXXXXXX, JRCXXXXXXXX.
- Uhlmann, S. S., Ampe, B., van Bogaert, N., vanden Berghe, C., & Vanelslander, B. (2021). Les survivants des poissons plats ont des histoires à raconter : Cold seawater and reduced deployment duration contribute to the survival of European plaice (*Pleuronectes platessa*) discarded by Belgian beam trawlers. *Fisheries Research*,



240. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.105966>

Van Bogaert, N., Ampe, B., Uhlmann, S. S., Torrele, E. (2020). Rapport final WP2 : Discard survival estimates of commercially caught skates of the North Sea and English Channel (Estimations de la survie des rejets des raies capturées commercialement en mer du Nord et dans la Manche). Projet Interreg 2-Seas SUMARIS. 42 pp.

van Opstal, M., & Soetaert, M. (2023). Reducing the bycatch of undersized whiting (*Merlangius merlangus*) in flyshooting fisheries using a square mesh escape panel. *Fisheries Research*, 260, 106591. <https://doi.org/10.1016/J.FISHRES.2022.106591>

van Overzee, H. M. J., Poos, J. J., Batsleer, J., & Molenaar, P. (2019). La raie étoilée dans la pêche au chalut à panneaux et au flyshoot. Wageningen, Wageningen Marine Research (University & Research Centre), Wageningen Marine Research r Epor, 38. <https://doi.org/10.18174/474383>

Villagra, D., van Bogaert, N., Ampe, B., Walker, P., & Uhlmann, S. S. (2022). Life-history traits of batoids (Superorder Batoidea) in the Northeast Atlantic and the Mediterranean. In *Reviews in Fish Biology and Fisheries* (Vol. 32, Issue 2, pp. 473-495). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s11160-021-09695-3>