

Département RBE – Ressources Biologiques et Environnement  
Unité STH - Sciences et Technologies Halieutiques  
Laboratoire LTH - Technologie Halieutique, Lorient

**L. Mérillet, D. Kopp, F. Morandeau, S. Méhault**

Association du Grand Littoral Atlantique (AGLIA)

**T. Rimaud, C. Piton**

**PDG/RBE/STH/LTBH/2017-002**

Janvier 2017

## Evaluation du taux de survie des captures indésirées de langoustines *Nephrops norvegicus* pêchées au chalut de fond dans le golfe de Gascogne





## Rapport Final Projet SURTINE : Evaluation et Amélioration de la SURvie de la langoustINE du golfe de Gascogne

---

## Table des matières

1	Introduction.....	4
2	Matériel et méthode .....	5
2.1	Matériel.....	5
2.1.1	Prélèvement en mer.....	5
2.1.2	Viviers à bord et à terre.....	6
2.1.3	Caisses alvéolées .....	7
2.2	Echantillonnage .....	8
2.2.1	Echantillonnage « contrôle ».....	8
2.2.2	Echantillonnage « test » .....	8
2.3	Mesures.....	9
2.3.1	Paramètres physico chimiques.....	9
2.3.2	Variables environnementales, techniques et biologiques .....	9
2.3.3	Évaluation de la vitalité .....	10
2.4	Analyses.....	11
2.4.1	Calcul du taux de survie.....	11
2.4.2	Calcul des probabilités de survie via l'estimateur de Kaplan-Meier .....	11
2.4.3	Etude des variables influant sur le taux de survie par un modèle linéaire généralisé..	12
3	Résultats.....	12
3.1	Paramètres de l'échantillonnage.....	12
3.1.1	Paramètres des prélèvements en mer .....	12
3.1.2	Paramètres biologiques des langoustines des échantillonnages « test ».....	13
3.2	Comparaison des trois campagnes.....	14
3.3	Etude globale.....	16
4	Discussion .....	17
5	Conclusion .....	19

## **Remerciements**

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet SURTINE, porté par l'AGLIA, avec le soutien financier du Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, de France Filière Pêche, de l'Ifremer ainsi que des Régions Bretagne, Pays de la Loire, Nouvelle-Aquitaine. Merci aux patrons et aux équipages du Côte d'Ambre et du Men Gwen pour leur accueil et leur collaboration dans la mise en place du protocole. Remerciements également à la SEM Lorient Keroman pour la mise à disposition des locaux pour l'expérimentation.

## 1 Introduction

Dans le contexte de la réforme de la Politique Commune de la Pêche (PCP) entreprise par l'Union Européenne et mise en application depuis le 1er janvier 2014, les rejets des captures non désirées vont être progressivement interdits. L'article 15 de la PCP définit l'obligation de débarquement de toutes les espèces soumises à quotas européens et entrera en vigueur entre 2015 et 2019 selon les espèces et les zones. Le Règlement prévoit plusieurs dérogations dont une pour les « espèces pour lesquelles des preuves scientifiques démontrent des taux de survie élevés, compte tenu des caractéristiques des engins, des pratiques de pêche et de l'écosystème » (Règlement UE n° 1380/2013). En particulier, la langoustine a été identifiée par le Conseil International pour l'Exploitation de la Mer (CIEM) comme une des espèces présentant potentiellement un fort taux de survie (Workshop on Methods for Estimating Discard Survival - WKMEDS, ICES 2015).

En plus du taux admissible de capture (TAC) défini au niveau européen, la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne est gérée par un régime de licence, les autorisations nationales de pêche (ANP), dont le contingent est fixé à 232 navires. Ces dernières années, environ 200 licences ont été attribuées. Les navires mesurent entre 9 et 20,8m avec une moyenne autour de 15m. L'utilisation de cette licence est conditionnée par différentes mesures de gestion dont : (1) l'utilisation d'un panneau à mailles carrées pour le merlu, (2) d'un dispositif sélectif pour la langoustine, (3) d'un dispositif permettant un retour à l'eau rapide des captures non désirées de langoustine et (4) d'une taille minimum de débarquement de 27mm (longueur céphalothoracique) qui est supérieure à la taille minimale européenne. 25 ports français sont concernés par cette pêcherie. L'évaluation du CIEM estime que le taux d'exploitation est inférieur au  $F_{MSY Proxy}$  (ICES, 2016). En 2015, le CIEM évalue à 3659t, la quantité de langoustines débarquées (ICES, 2016). La majorité des captures a lieu entre mars et septembre. Lorsque les navires pratiquent le métier langoustinier, cette dernière constitue la composante majoritaire des captures (54%) selon Cornou et al. (2015). Le taux de rejet global varie en fonction des années aux alentours de 50%. Les rejets sont principalement constitués de langoustine et de merlu (plus de 50% de la quantité totale des rejets). En 2014, 29,2% des langoustines pêchées ont été rejetées (Cornou et al. 2015).

Une étude récente de la survie des rejets de langoustines dans le cadre de cette pêcherie a relevé un taux de survie moyen compris entre 42% et 60% (Méhault et al. 2016). La durée de cette étude (3 jours) n'a cependant pas été jugée suffisante par le Comité Scientifique, Technique et Economique de la Pêche (CSTEP) pour définir un taux de mortalité fiable puisque sa stabilisation dans le temps n'a pas pu être démontrée. Sur la base de ces résultats, la Commission Européenne a accordé une exemption temporaire à l'obligation de débarquement des captures non désirées de langoustines des zones CIEM VIII et IX pour 2016 (Règlement délégué UE N°2015/2439) et pour 2017 (Règlement délégué UE N°2016/2374). Une nouvelle demande d'exemption pourra être étudiée sous réserve que de nouveaux éléments scientifiques et techniques relatifs à la survie de la langoustine soient apportés.

Par ailleurs, afin de renouveler l'exemption pour 2017, la Commission Européenne a préconisé la prise de « dispositions nécessaires pour augmenter la survie des langoustines à

bord des navires ». En réponse à cela, les pêcheurs professionnels du golfe de Gascogne ont proposé l'utilisation d'un dispositif de remise à l'eau au fur et à mesure du tri afin de minimiser l'écrasement et le temps d'exondation subi par les langoustines. L'équipement des navires avec ces dispositifs de remise à l'eau devient obligatoire à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2017 dans le cadre de l'arrêté du 27 mai 2016 (MEEDE 2016).

Cette étude s'inscrit dans le projet SURTINE, porté par l'Association du Grand Littoral Atlantique (AGLIA) en partenariat scientifique avec l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) de Lorient. A la lumière de ces nouvelles obligations ainsi que des recommandations de la Commission Européenne et du WKMEDS, cette étude propose de réévaluer le taux de survie des langoustines rejetées par la pêche langoustinière du golfe de Gascogne, en se basant sur des données de suivi sur une période supérieure aux précédentes études sur la zone. Le protocole d'échantillonnage et la gamme de variables observées assurent que notre étude est représentative de cette pêche. Sur le modèle des travaux menés par Valentinsson & Nilsson (2015), l'étude est réalisée en captivité dans des viviers à terre de manière à évaluer la vitalité des langoustines quotidiennement jusqu'à atteindre la stabilisation durable du taux de survie (ICES 2015). Pour la première fois, le protocole d'échantillonnage mis en place permet d'évaluer le taux de survie pour 2 pratiques de tri différentes : (1) pratique standard de remise à l'eau des rejets à la fin du tri et (2) évacuation à la mer au fur et à mesure du tri. Les échantillonnages sont réalisés à 3 périodes de la saison de pêche 2016 (printemps, été et automne) afin d'être représentatifs des différentes conditions rencontrées.

## 2 Matériel et méthode

### 2.1 Matériel

#### 2.1.1 Prélèvement en mer

L'échantillonnage s'est déroulé en Bretagne, dans la zone de la Grande Vasière située dans le Nord du golfe de Gascogne, à bord de 2 chalutiers immatriculés à Lorient : le Côte d'Ambre (LO 422395/16.5m) pour la campagne de printemps et d'automne, et le Men Gwen (LO 763742/18.5m) pour la campagne d'été. Pour chaque saison, deux marées ont été réalisées : l'une pour capturer les individus qui constituent l'échantillon « contrôle » et l'autre pour capturer les individus de l'échantillon « test ». Les captures sont réalisées par des chaluts jumeaux équipés des dispositifs sélectifs réglementaires pour le merlu (panneau à mailles carrées de 100mm) et pour la langoustine (cul en maillage de 80mm). A chacune des trois périodes d'échantillonnage, entre 3 et 6 traits ont été réalisés (Figure 1).

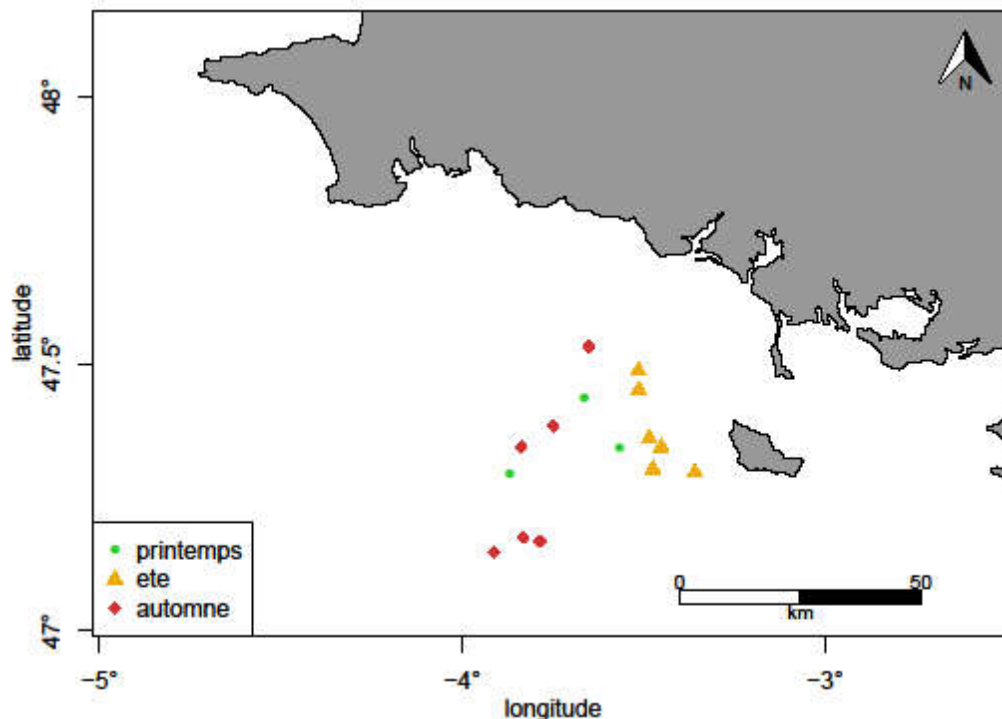


Figure 1 : Position des traits d'échantillonnage à chaque saison

### 2.1.2 Viviers à bord et à terre

Conformément aux recommandations du WKMEDS, le suivi de la mortalité des langoustines a été réalisé en captivité. Les viviers à terre ont été préférés au milieu naturel pour des raisons logistiques (conditions météo, coûts d'affrètement des navires) et de protocole. La remontée quotidienne des échantillons et leur exondation sur le pont pour le suivi peuvent en effet provoquer un stress et des traumatismes qui sont susceptibles d'impacter le taux de survie (Castro et al. 2003, Campos et al. 2015). Par ailleurs, une ré-immersion en milieu naturel expose les individus maintenus en caisse à des attaques d'amphipodes supérieures à la normale (Morizur et al. 1982).

Pour permettre de simuler un retour à l'eau des langoustines et suivre l'évolution de leur état de vitalité, le choix du matériel s'est porté sur l'utilisation de viviers en eau, à bord du navire pendant l'échantillonnage, puis à terre pendant les 14 jours suivants.

#### Le vivier à bord

Le vivier à bord du navire est celui habituellement utilisé par l'équipage pour la conservation des langoustines vivantes. Il fonctionne en circuit fermé et est alimenté en eau de mer naturelle prélevée en surface pendant le temps de route. Il est équipé d'un bulleur. Constitué d'inox, il contient environ 2m<sup>3</sup> d'eau. L'eau est refroidie jusqu'à atteindre la température du fond, préalablement mesurée à l'aide d'une sonde fixée sur le chalut (cf. 2.3.1).



## Les viviers à terre

Les viviers à terre sont situés dans un local fermé sur le port de pêche de Lorient. La proximité entre les viviers à terre et le lieu de débarquement permet de réduire le temps de transport et d'exondation à quelques minutes. L'eau de mer est prélevée dans la rade de Lorient. Fournie par les services du Port, elle est traitée et contrôlée mensuellement pour un usage alimentaire. De manière à éviter toute contamination et garantir une qualité de l'eau n'induisant pas une mortalité des langoustines, les viviers à terre fonctionnent en circuit fermé et sont équipés d'un filtre biologique, d'un filtre mécanique à sable, d'un écumeur et d'un traitement ultraviolet (Figure 2). Les caisses de langoustines sont réparties dans 2 containers, fermés par un couvercle, d'une capacité de 0,7m<sup>3</sup> chacun. Un système de bulleur garantit l'oxygénation du milieu. La température de l'eau est maintenue à la température mesurée au fond lors de l'échantillonnage.

Les principaux paramètres physico-chimiques de l'eau des viviers (température, salinité, taux de nitrite) sont vérifiés à bord et quotidiennement à terre. Les taux d'ammonium, phosphate et silicate, également indicateurs de la qualité de l'eau (Valentinsson & Nilsson 2015), sont mesurés deux fois par semaine lors du suivi à terre.

Les individus n'ont pas été nourris pendant les 14 jours de l'étude en vivier, conformément aux précédentes études sur la survie de la langoustine en vivier (Ridgway et al. 2006 ; Valentinsson & Nilsson 2015).



Figure 2: Viviers de stockage des échantillons à terre

### 2.1.3 Caisses alvéolées

Afin d'assurer le suivi individuel de la vitalité des langoustines issues des 2 scénarios de tri, les individus sont placés dans des caisses possédant des alvéoles individuelles (Figure 3). Celles-ci sont composées de 135 alvéoles (35mm x 35mm x 200mm), chacune étant identifiée par un code formé par la combinaison d'un chiffre et d'une lettre (1-9, A-O). Des perforations permettent la circulation d'eau dans la caisse. Les alvéoles individuelles limitent le risque de mortalité due au cannibalisme, observé notamment en conditions de captivité (Castro et al. 2003 ; Campos et al. 2015).





Figure 3: Caisse alvéolée pour le maintien en captivité des langoustines

## 2.2 Echantillonnage

### 2.2.1 Echantillonnage « contrôle »

La mise en place d'un échantillon « contrôle » a pour but de dissocier l'éventuel effet du système expérimental pendant la captivité de l'effet de l'opération de pêche sur la vitalité des langoustines. Des individus destinés à être rejetés sont prélevés parmi les captures non désirées lors de trawnes courtes ( $\pm 1$  heure) qui maximisent leur survie. Ils sont ensuite stockés dans les viviers à bord.

De retour à terre, ces langoustines sont maintenues en captivité et surveillées quotidiennement jusqu'à stabilisation de la mortalité. La veille de la marée d'échantillonnage « test », les individus bien vivants, en bon état physique (cf. 2.3.3), sont sélectionnés, en respectant un sex-ratio d'environ 50-50 pour constituer l'échantillon « contrôle ». Les individus formant une caisse « contrôle » proviennent ainsi de plusieurs traits et sont alors considérés comme n'étant plus impactés par le stress de la capture. Une partie de cet échantillon est ensuite placée dans les mêmes conditions expérimentales que les langoustines des échantillons « test », c'est-à-dire embarquée dans les viviers à bord lors de l'échantillonnage « test ».

### 2.2.2 Echantillonnage « test »

Les échantillons « test » sont réalisés à partir de trawnes standardisées d'une durée de 3 heures. Cette durée correspond au temps de trait moyen pratiqué par les navires de pêche professionnels lors de la pêche de la langoustine au chalut. Une fois sur le pont, la capture est triée par l'équipage conformément à leurs pratiques habituelles. Pour chaque trait, deux scénarios de tri sont échantillonnés : (1) le tri standard avec remise à l'eau à la fin du tri (scénario « standard ») et (2) le tri simulant l'utilisation d'un dispositif permettant un retour à l'eau rapide des langoustines (scénario « dispositif »). L'état de vitalité est relevé à bord pour chaque langoustine avant qu'elles ne soit mises en caisse (cf. 2.3.3).

Pour la campagne de printemps, l'échantillonnage « test » a été réalisé en 3 traits de chaluts sur 1 journée. Les campagnes d'été et d'automne se sont déroulées en 6 traits répartis sur 2 jours afin de mieux appréhender la variabilité inter-trait.

### **Scénario « standard » : Pratiques de tri standard avec remise à l'eau à la fin du tri**

Un échantillon aléatoire de langoustines est prélevé parmi les rejets tombés dans des paniers sur le pont (toutes espèces confondues). Le prélèvement est réalisé en une seule fois sans tenir compte de leur état physique ni de leur vitalité (cf.2.3.3). Afin d'assurer le caractère aléatoire de l'échantillon, ce dernier est composé de langoustines prélevées dans différents paniers de rejets.

### **Scénario « dispositif » : Pratiques de tri simulant l'utilisation d'un dispositif de retour à l'eau rapide des langoustines**

Ce scénario a pour but de simuler l'effet de l'utilisation d'une goulotte de rejet pendant le tri, ce qui permet de limiter l'écrasement des langoustines ainsi que leur temps d'exondation par un retour à l'eau au fur et à mesure du tri. Un échantillon aléatoire de langoustines est mis dans un panier au fur et à mesure du tri de la capture, sans tenir compte de leur état physique ni de leur vitalité. Un sous-échantillon est prélevé toutes les 10 minutes entre le début du tri (T0') et l'heure de fin d'échantillonnage afin de simuler un rejet au fur et à mesure. Ce sous-échantillon est ajouté aux caisses en vivier jusqu'à ce qu'elles soient complètes. La taille des sous-échantillons dépend du temps entre l'arrivée du cul sur le pont (T0) et le début du tri (T0') et varie généralement de 30 à 35 individus.

## **2.3 Mesures**

### **2.3.1 Paramètres physico chimiques**

Une sonde NKE positionnée sur la corde de dos du chalut permet de mesurer et enregistrer les profils de température et de salinité sur les lieux d'échantillonnage. Quelques jours avant l'échantillonnage « test », les profils sont enregistrés afin de fixer la température de l'eau des viviers à bord et à terre soit  $11,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  au printemps et  $11,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  en été et en automne. Durant les expérimentations, les paramètres physico-chimiques des viviers à terre sont restés stables : (1) la salinité à 31,5g/L et la teneur en nitrites inférieure à 0,1 mg/L (mesures quotidiennes), (2) les teneurs en ammonium inférieures à 0,05mg/L, en phosphate supérieures à 1,8 mg/L et en silicate supérieures à 6,0mg/L (mesures deux fois par semaine).

### **2.3.2 Variables environnementales, techniques et biologiques**

#### **Les variables environnementales et techniques**

L'environnement au moment de la capture ainsi que les caractéristiques de l'action de pêche peuvent influencer sur le taux de survie des langoustines. Plusieurs variables environnementales ont été relevées lors des échantillonnages (température de l'air, température au fond, profondeur, type de sédiment, hauteur de la houle), mais aussi des

variables relatives à l'action de pêche (volume et composition des captures, durée du trait, vitesse de traine, heure de cul sur le pont (T<sub>0</sub>), heure de début du tri (T<sub>0'</sub>), heure de mise en vivier (T<sub>v</sub>)). De plus, la durée d'exondation est une variable clef pour la survie (Harris & Ulmestrand 2004 ; Ridgway et al. 2006) et est calculée par la différence T<sub>v</sub>-T<sub>0</sub>. Harris & Andrews (2005) reportent que la composition de capture peut jouer sur la vitalité des langoustines dans le chalut. Une variable « Indice de capture » (poids de langoustines commercialisables / poids total des captures) est créée afin de tenir compte de ce facteur.

### Les variables biologiques

Les caractéristiques anatomiques suivantes sont relevées pour chaque langoustine, à leur mort ou à l'issue des 14 jours d'observation (pour des raisons pratiques) : le sexe, la longueur céphalothoracique et la présence/absence de blessures (carapace coupée, trouée, tachée, écrasée ou rostre cassé).

#### 2.3.3 Évaluation de la vitalité

L'état de vitalité de chacune des langoustines est noté une première fois lors de la mise en caisse à bord. Les individus bien vivants et moribonds sont conservés et placés dans les caisses alvéolées. Les individus morts sont répertoriés et ne sont pas ré-immérgés en vivier. Une alvéole est alors laissée vide. A terre, l'état de vitalité est relevé quotidiennement pendant les 14 jours de suivi en vivier selon les 3 états de vitalité décrits dans le Tableau 1 (Méhault et al. 2016). Ces critères reposent sur des caractéristiques d'individus n'ayant pas subi de chalutage. Chaque jour, les caisses sont exondées et l'état de vitalité de chaque langoustine est noté. Les individus ne bougeant pas sont stimulés avec une pince longue et si aucune réaction n'est observée, ils sont déplacés dans une caisse en eau pour un examen plus poussé suivant Valentinsson & Nilsson (2015). Les individus morts sont retirés.

Pour répondre de manière claire à l'objectif principal de cette étude qui vise à l'obtention d'un taux de survie des captures non désirées de langoustines dans le golfe de Gascogne, seuls les états « vivant » et « mort » sont considérés dans l'analyse statistique. L'effectif d'individus « moribond » à J14 (0,7% de l'effectif total) est réalloué à la catégorie « vivante » pour le calcul du taux de survie à J14.

**Tableau 1: Description des caractéristiques de chaque état de vitalité**

Etat de vitalité	Caractéristiques
Bien vivant	Tonique, bouge sans stimulus, « tail-flip »
Moribond	Peu tonique, ne bouge que les pattes et les antennes, bouge lentement ou que si stimulée
Mort	Aucun mouvement, aucun tonus, pas de réaction aux stimuli

## 2.4 Analyses

### 2.4.1 Calcul du taux de survie

Le nombre d'individus morts par caisse est comptabilisé quotidiennement à partir du premier jour d'échantillonnage. Un taux de survie cumulé (Eq. (1)) est calculé au terme de la période d'étude et moyenné par scénario et par saison, ainsi qu'un taux de survie global par scénario sur les trois saisons (Eq.(2)).

$$(1) \quad \overline{TS}_{sc,S} = 1 - \sum_{S=1}^{Nb_S} \frac{M_{sc,S}}{N_{sc,S}} \quad (2) \quad \overline{TS}_{sc} = 1 - \frac{1}{Nb_S} \sum_{S=1}^{Nb_S} \frac{M_{sc,S}}{N_{sc,S}}$$

Avec :

- $\overline{TS}_{sc,S}$  = taux de survie moyen cumulé à J14, par scénario de tri (sc) et par saison (S)
- $M_{sc,S}$  = nombre d'individus morts de J0 à J14, par scénario de tri (sc) et par saison (S)
- $N_{sc,S}$  = nombre total d'individus échantillonnés par scénario de tri (sc) et par saison (S)
- $\overline{TS}_{sc}$  = taux de survie moyen cumulé à J14, par scénario de tri (sc) sur les trois saisons
- $Nb_S$  = Nombre de saisons
- sc = « contrôle », « standard », « dispositif »
- S = « printemps », « été », « automne »

L'écart-type de chaque taux de survie moyen est calculé pour refléter la variabilité inter-traités ainsi qu'un intervalle de confiance à 95% (moyenne  $\pm$  1,96 x écart-type).

### 2.4.2 Calcul des probabilités de survie via l'estimateur de Kaplan-Meier

Les données de suivi en vivier renseignent sur la date de mort de chaque individu, à partir du premier jour de suivi jusqu'à la fin de la période de captivité ou sur sa survie au terme de cette période. Cette forme de données est dite censurée et peut être exploitée par une estimation de Kaplan-Meier. L'estimateur de Kaplan-Meier (Eq. (3)) permet de visualiser la probabilité de survie en fonction du temps. Sa valeur est comprise entre 0 et 1. Cette méthode est souvent utilisée en raison du faible nombre d'hypothèses qu'elle requière (indépendance de l'occurrence de l'évènement et de l'observation) et du fait qu'elle soit non-paramétrique (distribution non normale de la probabilité de survie). Elle est basée sur des temps de survie individuelle (Stevenson 2007, Goel et al. 2010). Les calculs et sorties graphiques ont été réalisés sous R (3.3.1) avec le package « survival ».

$$(3) \quad \hat{S}(t) = \prod_{t_j \leq t} \frac{r_j - d_j}{r_j}, \text{ où } 0 \leq t \leq t^+$$

Avec  $\hat{S}(t)$  = estimateur du maximum de vraisemblance qu'un individu ait une durée de vie supérieur au temps t

$d_j$  = nombre de morts au temps  $t_j$

$r_j$  = nombre d'individus vivants au temps  $t_j$

$t_j$  = temps de l'observation       $t^+$  = temps de fin du suivi       $j \in [0;14]$

Ce modèle est utilisé sur les données issues de chaque campagne et des 3 campagnes regroupées. L'intervalle de confiance à 95% de l'estimateur de Kaplan-Meier est calculé à partir de la moyenne et des écarts-types relatifs aux données considérées (moyenne  $\pm 1,96 \times$  écart-type).

### 2.4.3 Etude des variables influant sur le taux de survie par un modèle linéaire généralisé

Afin d'étudier l'influence des variables environnementales, techniques et individuelles sur l'état de vitalité des langoustines de J1 jusqu'à la fin du suivi en vivier (J14), un GLM binomial avec une fonction de lien logit a été utilisé. Les variables indicatrices de la saison, du type de protocole, de la composition de la capture, de la température de l'air, de la présence de blessures, de la taille et du sexe ont été incluses dans le modèle. Le type de protocole et temps d'exondation sont associés dans cette étude du fait du protocole. Pour cette raison, cette dernière variable n'a pas été incluse dans le modèle linéaire généralisé.

Le meilleur modèle est ensuite sélectionné selon l'AIC à l'aide d'une procédure *stepwise* (fonction stepAIC du package MASS). L'analyse a été conduite sous R (3.3.1).

## 3 Résultats

### 3.1 Paramètres de l'échantillonnage

#### 3.1.1 Paramètres des prélèvements en mer

Un total de 1581 individus a été échantillonné au cours de la campagne de printemps, 1798 à la campagne d'été et 1555 à la campagne d'automne. Un total de 4934 langoustines a donc été suivi durant les 3 saisons prises en compte dans cette étude. Les détails des données relatives aux échantillonnages « contrôle » et « test » sont résumés dans les tableaux 2 et 3.

Le protocole retenu pour le scénario « standard » prévoyait de standardiser la durée écoulée entre l'arrivée du cul du chalut sur le pont (T0) et la remise à l'eau des rejets par l'équipage à 60 minutes, temps représentatif de la durée moyenne d'exondation des captures indésirées de langoustines. Cependant la standardisation du temps d'exondation n'a pas toujours pu être respectée pour des raisons pratiques (Tableau 3).

**Tableau 2: Synthèse des données d'échantillonnage « contrôle »**

Navire Saison (date)	Temps de traîne min et max (h)	T°C eau fond (°C)	T°C air (°C)	Temps exondation min et max (h:min)	Durée captivité avant campagne « test » (j)	Nombre de caisses « contrôle »	Nombre individus
Côte d'Ambre Printemps (08/04/2016)	00:58 01:13	11,0	11,4	00:41 01:10	13	1	131
Côte d'Ambre Eté (15/06/2016)	00:30 02:02	11,4	16,5	00:15 00:51	13 à 14	2	255
Côte d'Ambre Automne (16/09/2016)	00:48 00:52	11,6	NA	00:41 01:40	7	1	128
Nombre total d'individus « contrôle »							514

**Tableau 3: Synthèse des paramètres des prélèvements en mer des données d'échantillonnage « Test »**

Navire Saison (date)	Opération de pêche	Profondeur moyenne (m)	T°C eau fond (°C)	T°C air (°C)	Protocole	Temps exondation min et max (h:min)	Nombre de caisses	Nombre individus	Indice de capture
<b>Côte d'Ambre</b> Prin- temps (21/04)	T1	87	11,0	15,7	Standard Dispositif	01:36 à 01:58 00:45 à 01:49	2 2	264 260	0,35
	T2	101	11,0	16,2	Standard Dispositif	01:15 à 01:34 00:27 à 01:10	2 2	267 264	0,11
	T3	92	11,0	19,1	Standard Dispositif	01:03 00:25 à 01:09	1 2	132 263	0,19
<b>Men Gwen</b> Eté (29/06 et 30/06)	T11	83	11,3	15,7	Standard Dispositif	01:23 00:31 à 01:02	1 1	130 131	0,20
	T12	84	11,3	16,2	Standard Dispositif	01:05 00:13 à 00:43	1 1	131 131	0,08
	T13	85	11,4	19,1	Standard Dispositif	01:19 00:27 à 01:01	1 1	122 133	0,06
	T14	78	11,3	19,9	Dispositif	00:16 à 00:48	1	127	0,13
	T15	80	11,3	19,2	Standard	01:13	1	125	0,17
					Standard Dispositif	01:35 00:27 à 00:58	1 1	133 122	
T16	82	11,4	20,1	Standard Dispositif	01:03 00:16 à 00:48	1 1	129 129	0,04	
<b>Côte d'Ambre</b> Automne (22/09 et 23/09)	T21	85	11,5	20,6	Standard Dispositif	01:15 00:30 à 01:00	1 1	132 131	0,07
	T22	100	11,5	19,0	Standard Dispositif	01:17 00:29 à 01:00	1 1	131 128	0,16
	T23	110	11,5	18,9	Standard Dispositif	01:17 00:27 à 00:56	1 1	130 129	0,14
	T24	110	11,5	18,0	Standard Dispositif	01:08 00:25 à 00:56	1 1	129 126	0,12
	T25	105	11,5	19,5	Standard	01:12	1	131	0,13
					Dispositif	00:31 à 00:58	1	130	
T26	110	11,5	21,5	Dispositif	00:29 à 00:57	1	130	0,14	
Nombre total d'individus « test »								4420	

### 3.1.2 Paramètres biologiques des langoustines des échantillonnages « test »

La taille des individus « test » échantillonnés varie de 15 à 33mm (moyenne de 24,3 ± 2,7mm) (Figure 4). Le tableau 4 récapitule les paramètres biologiques des échantillons « test » pour les variables sexe, taille et blessure à chaque saison.

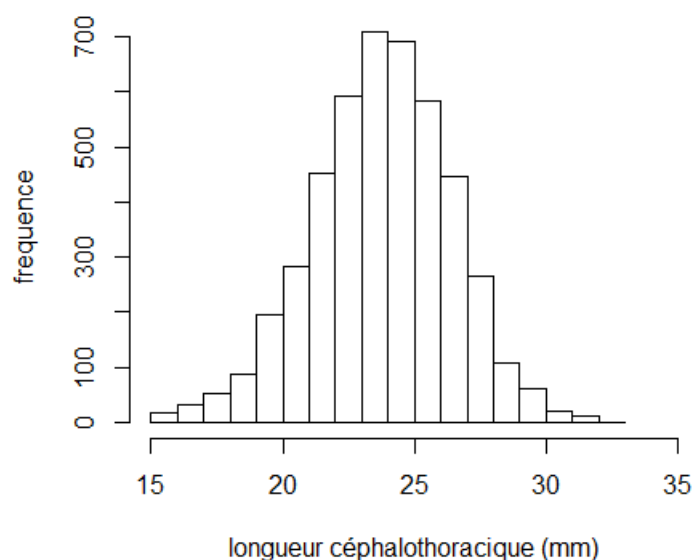


Figure 4: Histogramme des longueurs céphalothoraciques des langoustines "test"

Tableau 4: Synthèse des paramètres biologiques des données d'échantillonnages "test"

Navire Saison (date)	Sexe (F femelles M mâles)	Taille Moyenne (LC mm) ± Ecart type	Nombre individus blessés
<b>Côte d'Ambre</b> Printemps (21/04/2016)	594 F 609 M	22,6 ± 2,8	138
<b>Men Gwenn</b> Eté (29/06/2016)	815 F 728 M	25,3 ± 2,3	410
<b>Côte d'Ambre</b> Automne (22/09/2016)	533 F 894 M	24,4 ± 2,4	220

### 3.2 Comparaison des trois campagnes

De manière globale, au cours des 3 campagnes, la survie des échantillons « test » au cours du suivi en vivier suit la même évolution :

- (1) la stabilisation de la probabilité de survie des échantillons « test » est observée dès le cinquième jour après une diminution régulière depuis J0. Cette stabilisation est particulièrement marquée pour les campagnes d'été et d'automne.
- (2) une différence de mortalité entre les échantillons « standard » et « dispositif » est observée dès J0 et conservée jusqu'à la fin du suivi en vivier. Cette différence est minime au printemps alors qu'elle est significative en été et en automne.

Les résultats de la campagne de printemps, tout en restant dans le même ordre de grandeur, se différencient légèrement des campagnes d'été et d'automne dont les résultats sont similaires (Tableau 5, Figure 5). Les courbes de Kaplan-Meier montrent que les individus du scénario « dispositif » ont une probabilité de survie supérieure à celle du scénario « standard », à chacune des trois saisons (Figure 5). De plus, les probabilités de survie sont significativement différentes entre le scénario « standard » et le scénario « dispositif » aux campagnes d'été et d'automne, alors qu'à la campagne de printemps cette différence n'est pas significative.



La mortalité des individus « contrôles » au printemps est relativement faible et correspond aux valeurs observées dans d'autres études (Méhault et al. 2016 ; Armstrong et al. 2016). Au contraire, le taux de survie des individus « contrôles » est plus bas lors des campagnes d'été et d'automne (Tableau 5).

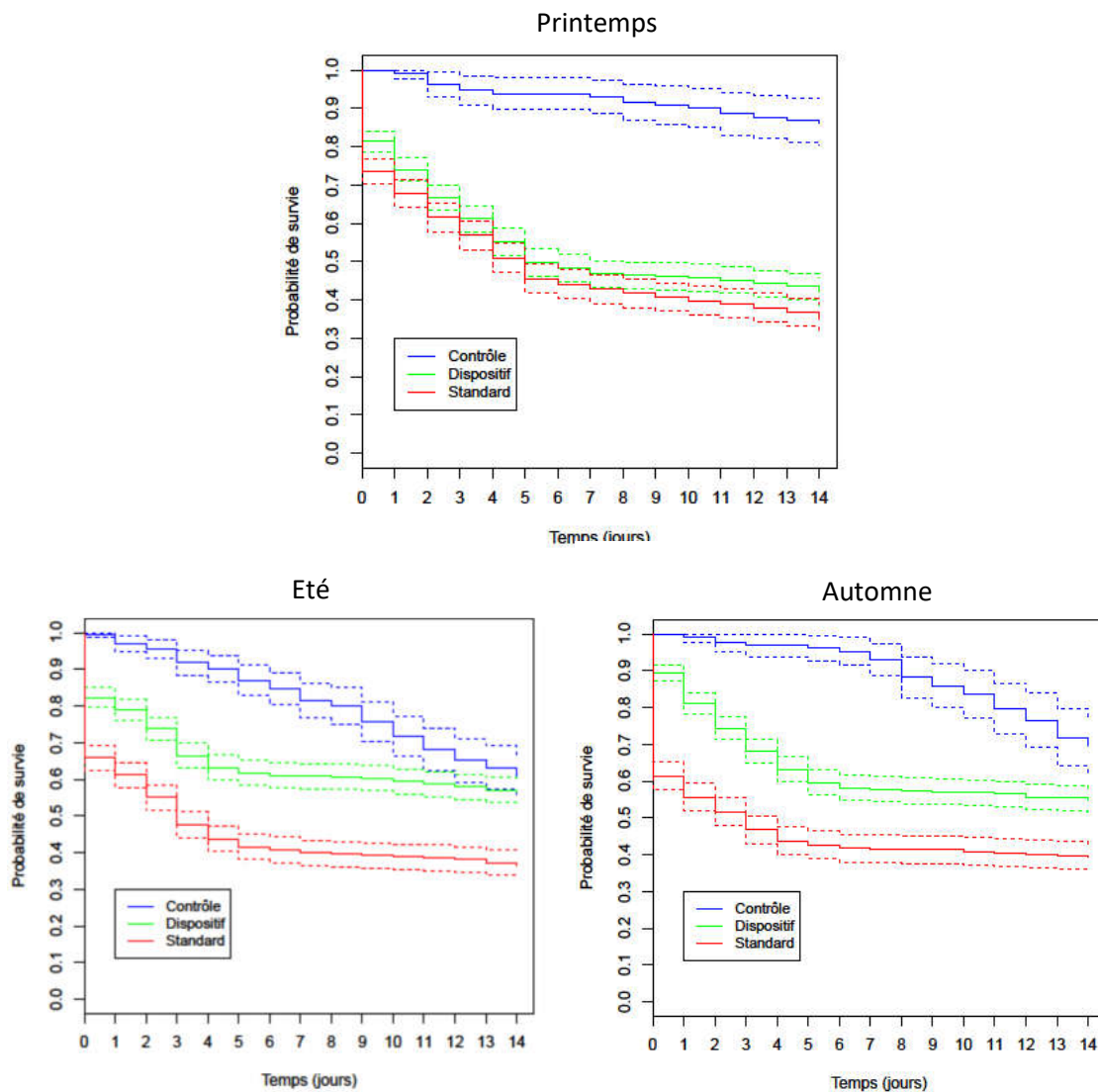


Figure 5: Estimation de la probabilité de survie pendant le suivi en vivier à la campagne de printemps, d'été et d'automne

Tableau 5: Récapitulatif des taux de survie et des probabilités de survie à J14 observés à la fin du suivi en vivier avec intervalles de confiance

	Taux de Survie			Probabilité de survie (Kaplan Meier)		
	Standard	Dispositif	Contrôle	Standard	Dispositif	Contrôle
Printemps	35,4% [15,3 ;55,5]	42,3% [26,6 ;57,9]	86,3%	0,35 [0,33 ;0,37]	0,42 [0,40 ;0,44]	0,87 [0,83 ;0,89]
Eté	36,4% [30,3 ;42,5]	56,5% [49,2 ;63,7]	61,8% [58,8 ;64,8]	0,36 [0,35 ;0,38]	0,57 [0,55 ;0,58]	0,61 [0,58 ;0,64]
Automne	39,2% [17,5 ;60,9]	54,9% [31,5 ;78,3]	69,5%	0,39 [0,37 ;0,41]	0,55 [0,53 ;0,56]	0,70 [0,66 ;0,74]

### 3.3 Etude globale

Les tendances observées à chaque saison sont vérifiées sur les trois campagnes regroupées. Au terme de l'étude en vivier, le taux de survie des individus du scénario « standard » est inférieur à celui des individus du scénario « dispositif » (Tableau 6).

Les probabilités de survie des scénarios « dispositif » et « standard » sont significativement différentes dès J0 et évoluent par la suite de manière parallèle (Figure 6). Une nette stabilisation est visible à partir de J5 (pente de  $-0,0065 \pm 0,0021$  pour le scénario « standard » et de  $-0,0059 \pm 0,0021$  pour le scénario « dispositif »). La probabilité de survie des individus « contrôles » décroît de manière quasi constante au cours du temps. Les écarts type des deux scénarios ne se recoupent pas avec ceux de l'échantillon « contrôle ».

Tableau 6: Récapitulatif des taux de survie et des probabilités de survie à J14 observés à la fin du suivi en vivier avec intervalles de confiance

	Taux de Survie			Probabilité de survie (Kaplan Meier)		
	Standard	Dispositif	Contrôle	Standard	Dispositif	Contrôle
Global	36,9%	51,2%	69,3%	0,37	0,51	0,70
	[20,9 ;52,9]	[30,9 ;71,5]	[45,7 ;93,0]	[0,36 ;0,38]	[0,50 ;0,52]	[0,67 ;0,72]

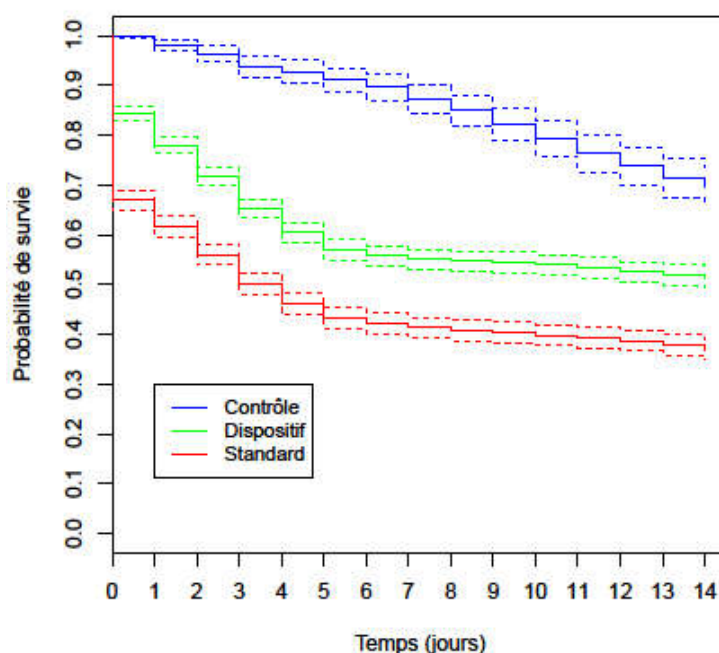


Figure 6: Estimation de la probabilité de survie pendant le suivi en vivier pour les trois campagnes

Les résultats du modèle linéaire généralisé montrent que les variables qui expliquent l'état de vitalité des langoustines en vivier de J1 à J14 sont la présence de blessure, la saison et le type de protocole. Les autres variables testées ne sont pas apparues significatives. Le nombre de mort à J14 est plus grand chez les individus blessés ainsi que chez ceux ayant été

triés par le protocole « standard ». Le nombre de mort a été plus important au printemps qu'en automne et moins important en été (Tableau 7). Dans l'analyse statistique, l'automne a été pris comme point de repère, les valeurs pour le printemps et l'été indiquent donc une différence par rapport à l'automne. Cependant, la variance expliquée par le modèle est faible, de l'ordre de 10%, ce qui indique que la variabilité individuelle domine la capacité de survie des langoustines à partir de J1.

**Tableau 7: Résumé des estimations, écart-types, Z statistiques et p-values des variables significatives du modèle linéaire généralisé expliquant la proportion de langoustines vivantes à la fin de l'étude en vivier**

Variable	Estimation	Ecart-type	Z statistique	p-value
Blessure Oui	1,25	0,11	11,89	$<2,20.10^{-16}$
Saison été	-0,18	0,10	-1,91	0,059
Saison printemps	0,75	0,13	5,94	$2,95.10^{-9}$
Type protocole Standard	0,26	0,08	3,41	$6,41.10^{-4}$

## 4 Discussion

Les observations réalisées dans le cadre de cette étude ont été conduites dans des conditions de pêche correspondant à celles habituellement pratiquées par les marins pêcheurs (saisonnalité, engin, manipulation, temps de tri de la capture) et les individus ont été prélevés de manière aléatoire. La gamme de variation des paramètres considérés dans cette étude est donc représentative de la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne. Les taux de survie obtenus sont cohérents avec les résultats de précédentes études dans cette zone. Méhault et al. (2016) ont observé un taux de survie compris entre 42,0% et 60,0% et Gueguen et Charuau (1975) ont fait état d'un taux variant de 32,0% à 48,0%. Des études menées sur d'autres pêcheries dans des conditions expérimentales similaires (suivi en vivier sans alimentation) rendent compte de taux de survie du même ordre de grandeur : entre 27,3% et 43,0% (Ridgway et al. 2006), voire légèrement supérieurs, entre 59% et 75% (Valentinsson & Nilsson 2015).

Concernant les échantillons « contrôle », il est à noter qu'une mortalité non négligeable a été observée ainsi qu'une absence de stabilisation de la survie. Cette mortalité des échantillons « contrôle » limite donc la possibilité de différencier la mortalité causée par la capture de la mortalité induite par la captivité. Pour toutes les campagnes, la probabilité de survie des individus « contrôle » a diminué progressivement de J0 à J14 pour atteindre une moyenne de 69,3% [45,7 ;93,0]. D'autres études sur la survie de la langoustine, réalisées dans des conditions expérimentales différentes avec des individus « contrôle » pêchés au casier, ont fait état d'un taux de survie supérieur pour les individus contrôles : entre 70% et 98% (Campos et al. 2015) et entre 95% et 98% (Valentinsson & Nilsson 2015). Cependant, une étude danoise réalisée suivant le même protocole que celui de cette étude reporte un taux de survie similaire de 73% [50,0 ;90,0] (Bruun Nielsen 2015). Dans la présente étude, les causes de mortalité des contrôles ne sont pas déterminées mais sont probablement dues à un affaiblissement métabolique des langoustines non alimentées pendant plus de 21 jours.

Cependant, il semble que les échantillons « test » et « standard » ne subissent pas une telle mortalité, puisqu'une nette stabilisation apparaît dès J5. La mortalité observée dans les échantillons « contrôle » peut néanmoins refléter une part de la mortalité observée dans les échantillons « test ». Les taux de survie et probabilités de survie des échantillons « test » présentés dans la partie « Résultats » peuvent, par conséquent, être sous-estimés dans une proportion qu'il est difficile de quantifier. D'autres facteurs peuvent aussi entraîner une sur-estimation ou sous-estimation du taux de survie. Ainsi, le protocole en vivier peut entraîner une sur-estimation du taux de survie puisque différents événements qui peuvent avoir lieu en milieu naturel n'ont pas été pris en compte (prédation, capacité à retrouver un habitat, un terrier...). D'un autre côté, la survie peut avoir été sous-estimée en raison du stress généré par le maintien en captivité des langoustines dans les alvéoles individuelles, dans l'impossibilité de bouger ou creuser (Castro et al. 2003), des conditions de captivité ou du fait que les langoustines ne sont pas alimentées.

Enfin, l'écart entre les deux scénarios de tri est potentiellement plus grand puisque, d'une part, la réalisation à bord de la simulation du scénario « dispositif » minimise la diminution du temps d'exondation. En effet, un sous échantillon a été prélevé toutes les 10 minutes et leur mise en alvéoles a nécessité de ressortir la caisse des viviers le temps d'y transférer les individus. Cela peut en outre entraîner un stress supplémentaire comparé à celui observé en conditions réelles d'utilisation et minimiser l'action positive du dispositif sur la survie des langoustines. D'autre part, dans le scénario « standard » l'effet de l'écrasement par l'équipage est minimisé puisque la pesée de l'ensemble des captures nécessite la mise en panier de celles-ci alors que les captures non désirées sont habituellement laissées sur le pont jusqu'au rejet à la mer.

Concernant nos résultats, conformément à ce qui a été remarqué par Castro et al. (2003), Ridgway et al. (2006) et Benoît et al. (2010), le plus grand nombre de mort quotidien dans les échantillons « test » a été observé durant les premiers jours qui ont suivi l'échantillonnage. Pour les trois campagnes de notre étude, le taux de survie s'est stabilisé à partir de J5. Nous considérons que la mortalité observée jusqu'au début de la stabilisation (J5) peut être attribuée en grande partie au stress induit par la pêche.

Nos résultats montrent un écart de mortalité entre le scénario « standard » et le scénario « dispositif », observé dès l'échantillonnage à bord. Il a probablement été provoqué par le stress dû au temps d'exondation sur une durée plus longue ainsi qu'aux potentiels dommages subis lors du tri par les individus du scénario « standard » (Méhault et al. 2016). Cet écart, plus important dès J0 lors de la campagne d'été et d'automne que de printemps, est conservé jusqu'à la fin du suivi dans chaque cas.

Le modèle linéaire généralisé construit pour étudier les différentes variables influant sur le taux de survie des rejets de langoustines de J1 à J14 explique une variance relativement faible. Cependant, les principales variables explicatives (présence de blessures, saison et type de protocole) sont cohérentes avec la bibliographie sur le sujet. La plus forte mortalité observée chez les individus blessés a également été notée dans d'autres études (Campos et al.

2015 ; Valentinsson & Nilsson 2015 ; Armstrong et al. 2016) et peut être imputée à la perte d'un grand volume d'hémolymphe (Harris & Andrews 2005). Différentes études sur le taux de survie des langoustines ont, par ailleurs, démontré une relation négative avec le temps d'exondation sur le pont (Harris & Ulmestrand 2004 ; Ridgway et al. 2006 ; Milligan et al. 2009, Méhault et al. 2016) due notamment à la déshydratation (Harris & Andrews 2005) et à l'altération du système immunitaire (Ridgway et al. 2006).

## **5 Conclusion**

Cette étude a permis d'évaluer un intervalle de taux de survie des captures non désirées de langoustines dans le cadre de la pêche langoustinière du golfe de Gascogne. Cette étude a été réalisée lors de 3 périodes différentes de la saison de pêche, dans des conditions de pêche standardisées. Elle est donc représentative de la pêche langoustinière du golfe de Gascogne. Les taux de survie calculés sont de 36,9% [20,9 ; 52,9] pour les individus triés selon le scénario « standard » et de 51,2% [30,9 ; 71,5] pour les individus triés selon le scénario « dispositif ». Ces résultats confirment le haut potentiel de survie des langoustines rejetées et appuient les conclusions des précédentes études sur la zone. Par ailleurs, nos résultats démontrent que l'utilisation d'un dispositif permettant un retour à l'eau direct des captures non désirées de langoustine au fur et à mesure du tri améliore significativement le taux de survie des langoustines.

## Références

- Armstrong, F., Randall, P., Santos, A. R., Jones, P., Firmin, C., Doran, S., Randall, P., Catchpole, T., Santos, A. R. (2016). Assessing the survival of discarded Nephrops in the English NE Nephrops selective trawl fishery (CEFAS report).
- Benoît, H. P., Hurlbut, T., Chassé, J. (2010). Assessing the factors influencing discard mortality of demersal fishes using a semi-quantitative indicator of survival potential. *Fisheries Research*, 106(3), 436–447.
- Bruun Nielsen, A. (2015). Discard survival of Norway lobster (*Nephrops norvegicus*). National Institute of Aquatic Resources (DTU Aqua), Hirtshals, Denmark.
- Campos, A., Fonseca, P., Pilar-Fonseca, T., Leocádio, A. M., Castro, M. (2015). Survival of trawl-caught Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) after capture and release-Potential effect of codend mesh type on survival. *Fisheries Research*, 172, 415–422.
- Castro, M., Araújo, A., Monteiro, P., Madeira, A. M., Silvert, W. (2003). The efficacy of releasing caught *Nephrops* as a management measure. *Fisheries Research*, 65(1–3), 475–484.
- Commission Européenne. Règlement délégué (UE) 2015/2439 de la commission du 12 octobre 2015 établissant un plan de rejets pour certaines pêcheries démersales dans les eaux occidentales australes, Journal officiel de l'Union européenne (2015). <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R2439&from=FR>
- Commission Européenne. Règlement délégué (UE) 2016/2374 de la commission du 12 octobre 2016 établissant un plan de rejets pour certaines pêcheries démersales dans les eaux occidentales australes, Journal officiel de l'Union européenne. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2016:352:FULL&from=FR>
- Cornou, A.-S., Diméet, J., Tétard, A., Gaudou, O., Quinio-Scavinner, M., Fauconnet, L., Rochet, M.-J. (2015). Observation à bord des navires de pêche professionnelle - Bilan de l'échantillonnage 2013. IFREMER.
- Goel, M. K., Khanna, P., Kishore, J. (2010). Understanding survival analysis: Kaplan-Meier estimate. *International Journal of Ayurveda Research*, 1(4), 274–8.
- Gueguen, J. & Charueau, A. (1975). Essai de détermination du taux de survie des langoustines hors taille rejetées lors des opérations de pêche commerciale. ICES CM 1975/K, 12.
- Harris, R. R., & Andrews, M. B. (2005). Physiological changes in the Norway lobster *Nephrops norvegicus* escaping and discarded from commercial trawls on the West Coast of Scotland: 1. Body fluid volumes and haemolymph composition after capture and during recovery. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 320(2), 179–193.
- Harris, R. R., & Ulmestrand, M. (2004). Discarding Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) through low salinity layers - Mortality and damage seen in simulation experiments. *ICES Journal of Marine Science*, 61(1), 127–139.
- ICES. 2015. Report of the Workshop on Methods for Estimating Discard Survival 3 (WKMEDS 3), 20-24 April 2015, London, UK. ICES CM 2015\ACOM:39. 47 pp.

- ICES.2016. Advice on fishing opportunities, catch, and effort Bay of Biscay and the Iberian Coast Ecoregion. Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) in divisions 8.a–b, FUs 23–24 (Bay of Biscay North and Central) ICES Advice 2016, Book 7. 7pp.
- Méhault, S., Morandeau, F., Kopp, D. (2016). Survival of discarded *Nephrops norvegicus* after trawling in the Bay of Biscay. *Fisheries Research*, 183, 396–400.
- Milligan, R. J., Albalat, a., Atkinson, R. J. a, Neil, D. M. (2009). The effects of trawling on the physical condition of the Norway lobster *Nephrops norvegicus* in relation to seasonal cycles in the Clyde Sea area. *ICES Journal of Marine Science*, 66(3), 488–494.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer (2016) Arrêté n° DEVM1607912A Arrêté du 27 mai 2016 fixant les modalités de gestion des régimes d'autorisations européennes et nationales de pêche contingentées pour l'exercice de la pêche professionnelle en zone FAO 27. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2016/5/27/DEVM1607912A/jo/texte>
- Morizur, Y., Charuau, A., Rivoalen, J-J. (1982). Survie des langoustines (*Nephrops norvegicus*) s'échappant d'un cul de chalut. Council Meeting, 1982, of the International Council for the Exploration of the Sea, (Copenhagen (Denmark)), (11 Oct 1982). Available at: <http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/2339/>
- Parlement Européen et Conseil de l'Union Européenne. Règlement (UE) n° 1380/2013 du Parlement Européen et du Conseil du 11 décembre 2013, L 354/22 (2013). Journal officiel de l'Union européenne. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R1380&from=FR>
- Ridgway, I. D., Taylor, a. C., Atkinson, R. J. a, Chang, E. S., Neil, D. M. (2006). Impact of capture method and trawl duration on the health status of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 339(2), 135–147.
- Stevenson, M., (2007). An Introduction to Survival Analysis. EpiCentre, IVABS, Massey University. p.31.
- Valentinsson, D., Nilsson, H. C. (2015). Effects of gear and season on discard survivability in three Swedish fisheries for Norway lobster (*Nephrops norvegicus*). [https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/radgivning/radgivning-om-fiskemojligheter-och-kvoter/nephrops-discard-survival\\_2\\_v2.pdf](https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/radgivning/radgivning-om-fiskemojligheter-och-kvoter/nephrops-discard-survival_2_v2.pdf)