



## Rapport scientifique du projet

### PECHERIES DE CEPHALOPODES : OUTILS POUR GERER LA RESSOURCE, PRESERVER LE RECRUTEMENT ET VALORISER LA PRODUCTION

Convention 2013 PCM29

## Sommaire

Rappel des objectifs poursuivis et des enjeux visés par rapport aux besoins des professionnels .....	2
Objectifs poursuivis .....	2
Enjeux visés .....	2
Résumé des opérations réalisées et principaux résultats obtenus .....	3
Action 1 : L'étude du devenir des juvéniles issus d'œufs de seiches fixés aux casiers .....	3
Action 2 : L'analyse de la qualité et de la fraîcheur des produits de différents métiers ....	3
Action 3 : Le suivi d'indicateurs d'abondance de la ressource et de son exploitation .....	4
Présentation des travaux de chaque action .....	5
Action 1 : L'étude du devenir des juvéniles issus d'œufs de seiches fixés aux casiers.....	6
Introduction .....	6
Matériels et Méthodes .....	7
Résultats .....	9
Discussion .....	10
Références .....	12
Action 2 : L'analyse de la qualité et de la fraîcheur des produits de différents métiers .....	15
Introduction .....	15
Matériels et Méthodes .....	16
Résultats .....	19
Discussion .....	21
Références .....	22
Action 3 : Le suivi d'indicateurs d'abondance de la ressource et de son exploitation .....	24
<b>Le développement de modèles prédictifs de l'abondance des calmars de Manche.....</b>	<b>24</b>
Introduction .....	24
Matériels et Méthodes .....	25
Résultats et Discussion.....	28
Conclusion .....	33
<b>L'analyse exploratoire des données d'observation en mer. ....</b>	<b>34</b>
Introduction.....	34
Matériels et Méthodes .....	35
Résultats .....	39
Discussion .....	52

Références .....	55
Valorisation et communication .....	57
Annexes .....	58

## Rappel des objectifs poursuivis et des enjeux visés par rapport aux besoins des professionnels

### Objectifs poursuivis

Les Céphalopodes de Manche (seiches et calmars) sont parmi les ressources les plus importantes de la pêche bas-normande. Ces stocks ne font actuellement pas l'objet d'une évaluation régulière ce qui est nécessaire pour définir les conditions d'une exploitation durable. Parmi les métiers côtiers, la pêche aux casiers, pourtant moins destructrice des habitats que le chalutage, connaît le problème des œufs fixés sur les engins. La meilleure valorisation possible de ces ressources passe enfin par l'optimisation de leur qualité.

L'objectif général de ces études est donc d'améliorer les conditions d'exploitation et de valorisation de la ressource afin d'optimiser et de pérenniser le revenu qu'elles représentent pour les pêcheurs.

Le projet "Pêcheries de Céphalopodes" s'inscrit dans le thème 1 « Gestion de la ressource » du Secteur « Ressources marines » et aussi dans le thème 2 « Augmentation de la valeur ajoutée des produits de la mer » de l'appel à projet 2013.

Ce projet comporte trois actions complémentaires:

Action 1 : L'étude du devenir des juvéniles issus d'œufs de seiches fixés aux casiers

Action 2 : L'analyse de la qualité et de la fraîcheur des produits de différents métiers

Action 3 : Le suivi d'indicateurs d'abondance de la ressource et de son exploitation

Ces travaux seront directement transférables auprès des professionnels (pêcheurs, gestionnaires, et filière de commercialisation)

### Enjeux visés

Les enjeux peuvent être précisés pour chacune des actions de ce projet:

Action 1 : Pour les pêcheurs professionnels et pour les conseillers, l'enjeu est de savoir si des aménagements de la pêche aux casiers (comme le dégrappage et l'incubation en milieu contrôlé) pourraient réduire les pertes de juvéniles contribuant au renouvellement de la ressource.

Action 2 : Pour les pêcheurs et pour la filière de commercialisation, mieux évaluer la qualité et la fraîcheur des Céphalopodes débarqués en Basse-Normandie et savoir quelles pratiques assurent la meilleure conservation vise à optimiser la valorisation des productions

Action 3 : Pour les pêcheurs et les gestionnaires, disposer d'outils de diagnostic "précoces" de l'abondance est nécessaire pour adapter l'activité des professionnels ou proposer règles de gestion. La mise à jour de modèles prédictifs suppose le suivi des productions (échantillonnage en criée) et les interactions entre flottilles ou entre zones de pêches commenceront à être abordées par l'exploration des données d'observations en mer.

## Résumé des opérations réalisées et principaux résultats obtenus

### Action 1 : L'étude du devenir des juvéniles issus d'œufs de seiches fixés aux casiers

La seiche commune *Sepia officinalis* figure parmi les ressources les plus importantes de la pêche de Basse-Normandie. Les œufs laissés par les femelles sur les casiers de pêche lors des pontes annuelles, sont détruits. Une évaluation du comportement de l'espèce est nécessaire pour définir les conditions d'une exploitation durable (élevage et/ou repeuplement), notamment le devenir des pontes fixées aux casiers. Les œufs qui ne poursuivent pas leur développement dans l'environnement naturel pourraient produire des juvéniles aux comportements altérés, incapable de s'adapter à un environnement naturel en cas de réintroduction dans le milieu. Pour mettre en évidence l'influence induite par le milieu d'incubation sur le comportement de défense et de prédation des juvéniles, nous avons formé deux groupes à partir de mêmes grappes d'œufs, l'un dont le développement se déroule en milieu naturel (groupe 1, N=30), l'autre en laboratoire expérimental (groupe 2, N=30). Selon les tests d'efficacité de l'homochromie sur substrat uniforme effectués à J0 ( $\pm 8$  heures), la mesure de la performance des motifs disruptifs sur substrat contrasté à J1 ( $\pm 32$  heures), et l'observation du comportement de prédation (crevettes grises Crangon crangon) à J3 ( $\pm 80$  heures), les résultats ne montrent pas de différence significative en fonction du milieu d'incubation. Ceci suggère que la récupération d'œufs fixés aux casiers, dans l'objectif d'une incubation en milieu contrôlé, ne compromettrait pas la survie des juvéniles à plus long terme

### Action 2 : L'analyse de la qualité et de la fraîcheur des produits de différents métiers

L'intérêt de ce travail est d'utiliser les critères innovants et pertinents sur la fraîcheur et la qualité nutritionnelle pour évaluer la fraîcheur des céphalopodes en fonction des modes de pêche, des zones de pêche et des saisons. Les seiches et les calmars ont été pêchés dans des zones bien définies en Manche soit par chalutage soit au casier. L'évaluation biochimique de la qualité nutritionnelle et de fraîcheur ont été estimée par des dosages biochimiques

Les résultats de cette étude montrent que les seiches pêchées au casier gardent mieux leur fraîcheur et leur qualité nutritionnelle pendant les cinq premiers jours de conservation que les seiches et les calmars pêchées au chalut de fond. Les animaux pêchées au chalut de fond et conservés dans la glace gardent une bonne qualité nutritionnelle pendant plus de temps que les animaux pêchés aux chalut de fond et pas conservés immédiatement dans la glace.. Par contre il reste difficile de conserver une meilleure qualité nutritionnelle après cinq jours de conservation uniquement dans la glace quel que soit l'engin de pêche.

La comparaison entre les calmars et les seiches pêchés avec les mêmes engins montre que la fraîcheur et la qualité nutritionnelle est meilleure chez les encornets.

### Action 3 : Le suivi d'indicateurs d'abondance de la ressource et de son exploitation

L'échantillonnage des Céphalopodes débarqués à la criée de Port-en-Bessin a été poursuivi sur un rythme mensuel (durant la période du contrat les effectifs mesurés dépassent 11000 calmars et 2300 seiches).

L'abondance des calmars durant une saison de pêche a été mesurée à partir d'indices déduits des débarquements par unité d'effort (DPUE) des chalutiers démersaux. Un modèle permettant de prédire l'abondance à partir de variables hydro-climatiques a été mis au point en 2014 et son application pour prédire l'abondance de la cohorte 2014-2015 de chaque espèce a confirmé sa validité.

L'analyse exploratoire des données récoltées par les observateurs embarqués pour le suivi de la pêche commerciale (programme national Obsmer) renseigne sur la variété des métiers échantillonnés, sur les espèces qu'ils capturent et sur les rejets quand ils existent. Cette source de données est donc potentiellement utile pour les Céphalopodes même si quelques interrogations apparaissent concernant la qualité des informations enregistrées.

Le modèle prédictif de l'abondance des calmars a été présenté aux partenaires de cette convention (Ifremer, Comité des Pêches, OP) à la communauté scientifique (Conférence Scientifique Annuelle du CIEM et groupe de travail "Céphalopodes") ainsi qu'aux professionnels.

## Présentation des travaux de chaque action

## Action 1 : L'étude du devenir des juvéniles issus d'œufs de seiches fixés aux casiers

Collaborateurs impliqués ; Pr. L. DICKEL ; Drs AS DARMAILLACQ et C. JOZET (Groupe Mémoire et Plasticité comportementale, **UNICAEN**) ; Dr. O. BASUYAUX\* (**SMEL**) ; Dr. D. BENHAÏM (**CNAM-Intechmer**) ; collaborateurs invités ; Pr. N. SHASHAR\* (**Beer Sheva University, Israël**) ; M. BOWIE, MSc (**Université Paris XIII**), C. O'BRIEN\*, MSc (**Washington University, USA**) ; Dr. A.L. BIBOST (**Macquarie University, Australie**). Tutelles partenaires du consortium : **IFREMER**, **OPBN** (Organisation des producteurs de Basse Normandie) et **Granvilmer** (Coopérative de pêcheurs et d'artisans de la Manche).

\* chercheurs theutologistes habilités à la plongée scientifique, mandatés pour les versants in situ de l'étude.

Une partie de ce travail a été soumis pour publication le 26 oct. 2015 dans la revue « *Life and Environment* » sous le titre « An embryo's perception of the world: does an artificial incubation environment affect size and juvenile behavior ? » (authors : C. O'BRIEN<sup>1</sup>, M. BOWIE, P. BILLARD, A-S. DARMAILLACQ, C. JOZET-ALVES, D. BENHAÏM, O. BASUYAUX, L. DICKEL).

### Introduction

Dès les premiers instants de la vie, les individus apprennent à identifier les caractéristiques de l'environnement qu'ils occupent, afin d'établir les stratégies qui leur permettront ultérieurement de survivre et de se reproduire. Darmaillacq et al (2008) sont les premiers à avoir démontré l'apprentissage visuel au stade prénatal avancé chez les invertébrés, en étudiant la seiche *Sepia officinalis*. Les embryons exposés visuellement à des crabes dans le dernier stade du développement (7 jours avant l'éclosion) acquièrent une préférence nette pour ces proies après la naissance, alors qu'il a été documenté que des juvéniles naïfs attaquent de préférence des crevettes (Darmaillacq et al 2004). Les œufs de seiche sont déposés par la femelle sur différents supports et ils ne bénéficient pas de soin maternel (Richard 1971). Ils sont recouverts d'une enveloppe d'encre noire qui se dilate au cours du développement et ils deviennent progressivement transparents.

L'enveloppe ne semble pas empêcher l'embryon de percevoir son environnement (Darmaillacq et al 2008). L'espèce n'a pas de stade larvaire ou planctonique, après l'éclosion (Richard 1971) le comportement des juvéniles est similaire à celui des adultes. Ils doivent rapidement choisir leurs proies (entre 3 et 12 jours - Wells 1958), qu'ils saisissent par éjection de deux tentacules préhenseurs (Messenger 1968) et se défendent. Jusqu'à une semaine après l'éclosion, l'apport nutritif est assuré par les réserves internes de vitellus (Darmaillacq et al 2004). En tant que prédateur visuel (Messenger 1968), la seiche *Sepia officinalis* dispose d'une particularité exceptionnelle pour repérer les proies et les prédateurs dans les eaux turbides. La perception de la lumière polarisée lui permet d'identifier les espèces « transparentes », telles que les crevettes *Mysis sp* ou *Crangon crangon*. Elles peuvent également utiliser la perception de la lumière polarisée pour s'orienter dans l'espace (Cartron et al 2012) et potentiellement pour communiquer avec leurs congénères (Shashar et al 1996). Néanmoins, la seiche ne perçoit pas les couleurs (Messenger 1977; Mäthger et al 2006).

Chez la plupart des juvéniles d'espèces marines, les pressions de prédation sont très



élevées. Pour réduire le risque de détection par les prédateurs, la seiche sont douées de capacités de mimétisme par rapport à leur environnement proche (homochromie). Cette aptitude est inégalée dans le monde animal et s'appuie probablement sur des informations visuelles (Barbosa et al 2008). La seiche adapte sa couleur instantanément à son environnement grâce au jeu des chromatophores situés sur la peau (Hanlon & Messenger, 1988, 1996. Messenger, 2001). Les variations sont composées de trois catégories: (1) uniforme et (2) marbrée (qui permettent à l'animal de se confondre avec le fond) et (3) à motifs disruptifs (qui rompent ses contours reconnaissables. Hanlon et al 2009 ; Barbosa et al 2004, 2007). L'expérience visuelle prénatale chez la seiche pourrait affiner ces comportements. Les nouveau-nés sont également des prédateurs redoutables d'alevins ou de petits crustacés (crabes, crevettes, Dickel et al 2006). L'efficacité des stratégies prédatrices des juvéniles pourraient, elles aussi, intervenir sous la dépendance de l'expérience sensorielle préalable de l'embryon (Guibé et al 2012).

La seiche est une espèce qui semble s'adapter facilement à la captivité (Forsythe et al 1994). Cependant les recherches de Darmaillacq (2005) suggèrent que l'incubation des œufs en milieu artificiel appauvri pourrait induire une altération des comportements alimentaires et/ou des comportements cryptiques des juvéniles (Poirier et al 2005).

Ce projet visait à étudier, au cours des quatre premiers jours suivant l'éclosion, l'influence du milieu d'incubation des œufs de seiche commune *Sepia officinalis* sur le comportement des juvéniles. La Basse-Normandie est la première région de production française de seiche (Basuyaux, 2010), entre 4 500 à 7 000 tonnes de seiches y sont débarquées chaque années (Basuyaux & Legrand 2012). On estime qu'environ un tiers des œufs fixés aux casiers par les femelles capturées, seraient détruits en fin de saison de pêche (Blanc & Dagusan 1998). Pour envisager une récupération de ces pontes à des fins d'aquaculture et/ ou de repeuplement, il est crucial d'optimiser les conditions d'incubation pour obtenir des nouveau-nés compétents. La présente étude vise à déterminer si l'expérience sensorielle des embryons *in ovo* en milieu artificiel est susceptible d'altérer les principaux comportements adaptatifs du jeune.

## Matériels et Méthodes

### *Animaux et conditions d'incubation*

L'étude s'est déroulée au SMEL (Blainville-sur-Mer). Des oeufs (N=285) issus de la ponte d'au moins deux femelles de seiches communes *Sepia officinalis* ont été récupérés sur des orins préalablement placés par le SMEL dans la zone de la Pointe d'Agon (Manche - position GPS 48°59,547 W - 1°38,671 N). Pour obtenir des œufs dont les éclosions surviendraient dans la même période, nous avons sélectionné 5 grappes. La partie supérieure des grappes a été laissée en place sur les orins et marquée à l'aide de colliers de fixation numérotés. Ce groupe a été identifié comme le groupe 1 (G1 ; N=150 oeufs) et a poursuivi son développement *in situ*. Le groupe 2 (G2 ; N=135 œufs), constitué de la moitié inférieure de ces grappes, a été acheminé au laboratoire et placé dans un panier en polyéthylène (taille : 29X19X14.5 cm) immergé dans un bassin (200L) aéré et thermorégulé. Ce groupe a été soumis à une photopériode naturelle correspondant aux mois de mai, juin et juillet (c'est-à-dire  $\pm 16$  heures de jour). L'eau est renouvelée une fois par semaine à 75%. En fonction du suivi hebdomadaire des températures à Blainville Nord (sonde S2T-NKE©, position GPS 001°37.797 W - 49°03.947 N), les œufs du groupe 2 (G2) ont été maintenus à des températures proches de celles du milieu naturel. Afin d'éviter les chocs thermiques, celle-ci a été ajustée progressivement (maximum 1°C/jour) par

thermorégulation. En fonction de la technique du cumul des degrés-jours, la date d'éclosion des oeufs a été estimée (Basuyaux 2010) et les œufs du groupe 1 ont été récupérés dans le milieu naturel, puis acheminés au SMEL. G1 et G2 ont alors été placés séparément dans un bac d'éclosion (90 litres, 72x47x36 cm, blanc opaque), toujours soumis à une photopériode naturelle, avec un renouvellement d'eau quotidien de 100%, par système d'écoulement.

#### *Procédures générales*

Les éclosions ont lieu la nuit (Paulij et al 1991). Les juvéniles ont été collectés au matin pour être placés individuellement dans des tubes d'identification (diamètre = 4.5 cm, H: 6.4 cm.).

L'identité de chaque individu a été déterminée tout au long de l'étude. Seuls les juvéniles issus des quatre premiers jours des éclosions de chaque groupe ont été testés. Au total, 30 juvéniles (G1) et 30 juvéniles (G2) ont été testés.

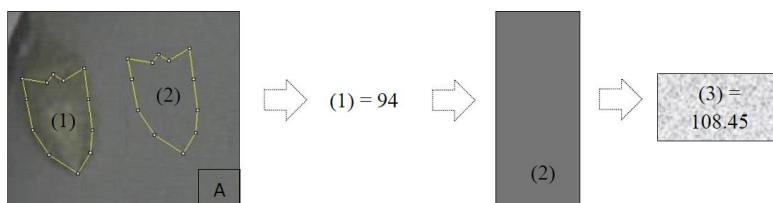
Pour l'ensemble des tests, les juvéniles ont été placés très délicatement dans les dispositifs à l'aide d'une cuillère à café. L'intégralité des juvéniles a ensuite été relâchée en milieu naturel (Pointe d'Agon), dans des piscines naturelles formées à marée basse, riches en proies de taille convenables (Romagny et al 2012). Tous les tests ont été filmés à une intensité lumineuse contrôlée (540 lux pour les comportements défensifs, 500lux pour la prédation).

#### *Comportement de défense et de prédation*

##### *Expérience 1 : homochromie sur substrat uniforme*

A J0 (de 0 à 8 heures après l'éclosion), les juvéniles de seiche *Sepia officinalis* (groupe 1: N=30 ; groupe 2: N=30) sont placés dans une coupelle grise uniforme.

Une capture vidéo est faite quelques secondes après l'introduction de l'animal, puis toutes les 4 minutes (film 20 minutes). L'homochromie est mesurée comme sur la figure ci-après.



**Procédure d'analyse du pattern « uniforme ».** Le manteau du juvénile est détourné à partir d'un cliché (A(1), A(2)). Sa valeur de gris est mesurée (1) = 94 et comparée à

celle de la valeur de gris du substrat (2), ce qui donne le résultat (3) = 108.45 soit 86,67% d'homochromie. Plus ce résultat est proche de 100%, plus l'homochromie est efficace.

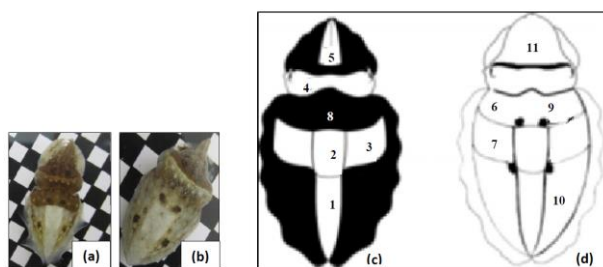
##### *Expérience 2 : motifs disruptifs sur substrat contrasté*

Pour tester la capacité du juvénile à s'intégrer dans l'environnement naturel (cf. photo ci-dessous), on utilise la méthode qui consiste à recréer un fond contrasté à l'aide d'un substrat en damier (Hanlon & Messenger 1988; Poirier et al 2005). L'interprétation des motifs disruptif a été effectuée selon les mêmes méthodes que décrite pour le test précédent.



**Site de ponte in situ :** Les fonds contrastés sont caractéristiques du milieu naturel où évoluent les seiches et de ce fait ils constituent un indice visuel important. On observe ici des araignées de mer *Maja squinado* près des oeufs du groupe 1 (photo Basuyaux O).

Les motifs disruptifs de la seiche *Sepia officinalis* sont composés de 11 segments dont les composants géométriques clairs ou foncés revêtent une intensité variable (cf. figure ci-dessous). Ces composants peuvent s'exprimer individuellement ou simultanément, formant ainsi de multiples combinaisons (Hanlon & Messenger 1988). Une seiche est disruptive si au moins un composant chromatique est exprimé (Poirier et al 2005). L'interprétation s'est effectuée selon une échelle d'expression allant de 0 à 3, 0 (non exprimé), 1 (faiblement exprimé), 2 (modérément exprimé) ou 3 (fortement exprimé). Les scores des segments ont été additionnés pour former l'indice global (Mäthger et al 2006).



**Procédure d'analyse du pattern « disruptif ».** Analyse des 11 composants chromatiques (numérotés 1 à 11) de la seiche. A partir d'un cliché (a), la référence des motifs clairs (c) et foncés (d) ont été comptabilisés. L'opération a ensuite été répétée sur les photos

de chaque période (b). D'après la méthode originale de Hanlon & Messenger (1988).

### Expérience 3 : comportement prédateur

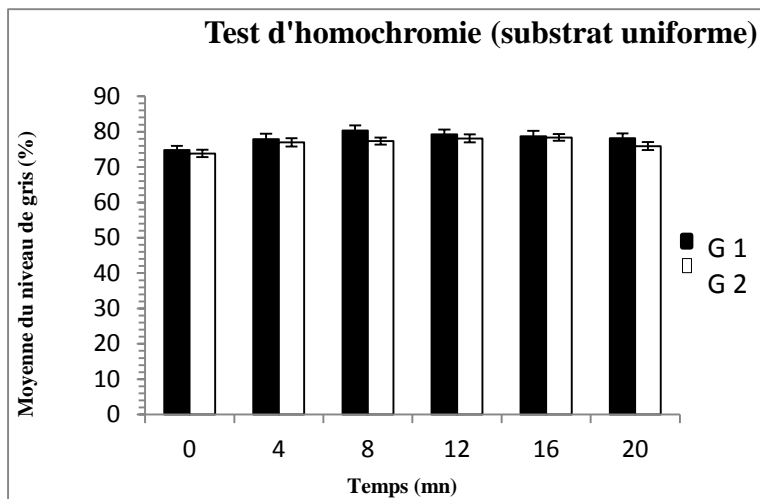
Pour minimiser d'éventuels problèmes de motivation alimentaire induits par la consommation des réserves vitellines (Dickel et al. 1997), l'expérience a été menée au quatrième jour (J3). Les individus n'ont pas été nourris et n'ont eu aucun contact visuel ou olfactif avec une proie jusqu'au test, qui a constitué leur première expérience de prédation (crevette grise *Crangon crangon*; taille =  $\pm 0,2$  cm du manteau de la seiche ( $1 \text{ cm} \pm 0,5$ )), considérée comme leur nourriture préférée (Darmaillacq et al 2005).

La jeune seiche est familiarisée 5 minutes à son un bac de test ( $12 \times 10,5 \times 5,4$  cm). Une crevette est déposée à l'angle opposé du juvénile. Nous déterminons la latence de détection ainsi que la latence entre la détection et la première tentative de capture.

## Résultats

### Expérience 1 : Efficacité de l'homochromie sur substrat uniforme

L'homochromie des seiches du groupe issu d'une incubation en milieu naturel ( $G1 = 78,18\% \pm 1,06\%$ ) est très proche de celle du groupe incubé en laboratoire ( $G2 = 76,75\% \pm 0,54\%$ ) - (Fig. IV,  $F_{(1,58)} = 1,43$ ,  $p = 0,23$ ), figure suivante.

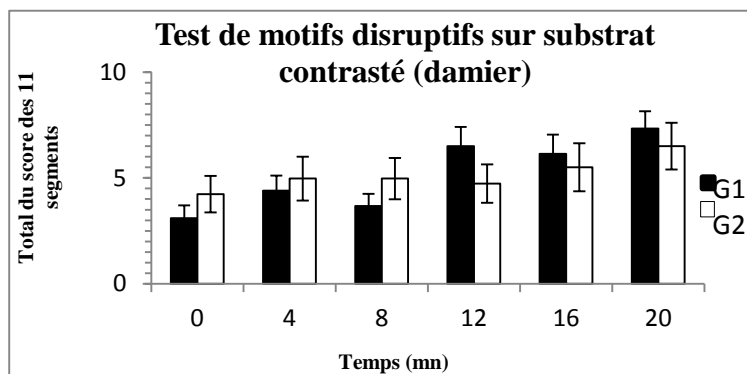


*Expérience 1, test d'homochromie. Comparaison (moyennes  $\pm$  écarts type) toute les quatre minutes, du comportement cryptique des juvéniles sur un substrat uniforme, en fonction du milieu d'incubation des œufs*

*(environnement naturel (G1) ou laboratoire (G2)).*

#### *Expérience 2 : Efficacité des motifs disruptifs sur substrat contrasté*

La moyenne du score global de chaque groupe (G1 et G2) est très proche et peu élevée (G1=5.18  $\pm$  3.23; G2=5.15  $\pm$  4.30). Nous n'avons pas mis en évidence de différence notable entre les groupes sur la globalité des relevés du test (U= 409,  $p= 0.54$ ), figure suivante.



*Expérience 2, Relevé, toute les quatre minutes, des scores d'expression des motifs disruptifs des juvéniles du groupe 1 (incubation en milieu naturel) et 2 (incubation en laboratoire) lorsqu'ils sont placés sur un substrat contrasté (damier).*

#### *Expérience 3 : Efficacité du comportement de prédation*

La latence de détection est plus courte chez le groupe incubé en laboratoire (G2= 0.21 secondes), que chez le groupe incubé en milieu naturel (G1= 0.24 secondes). La moyenne de la latence de capture est plus courte chez le groupe 2 (141 secondes  $\pm$  104 s.), que chez le groupe 1 (155 secondes  $\pm$  122 s.), mais cette différence n'est pas significative (U= 425,  $p= 0.71$ ).

## Discussion

Cette étude a été une première comparaison du comportement adaptatif de juvéniles de seiches (dans la période post-natale de 0 à 4 jours), selon que l'incubation des œufs se soit déroulée en milieu naturel ou bien en laboratoire. Nous avons émis l'hypothèse qu'un traitement appauvri, tel qu'il peut survenir en laboratoire, pourrait compromettre la survie à plus long terme, en altérant le comportement des juvéniles. Contrairement à une incubation en milieu naturel, qui favoriserait le comportement défensif et prédateur, grâce au processus d'apprentissage prénatal.

Détecter et reconnaître un danger est fondamental. Plus l'animal est efficace pour

ressembler à son environnement proche (camouflage), plus les chances de survie sont maximisées (Hanlon & Messenger 1996).

Dans cette étude, le milieu d'incubation n'exerce pas d'influence significative sur l'efficacité de l'homochromie (sur un substrat uniforme) des juvéniles de seiche. Les valeurs relevées sont conformes à celles rencontrées chez d'autres juvéniles de quelques heures, avec un niveau de gris du manteau comparé à celui du substrat, compris entre 60 et 80 % (Di Poi et al 2014).

Les motifs disruptifs seraient une tactique de camouflage très importante chez la seiche (Hanlon & Messenger 1996). En l'absence de sable dans les fonds marins, les juvéniles préféreraient les fonds hétérogènes (tels que des cailloux contrastés), plutôt qu'uniformes (comme une coquille de bivalve). Ces motifs seraient relativement « stéréotypés » chez les juvéniles de un jour (Poirier et al 2005). Hanlon et al (1988) ont d'ailleurs observés que 25% des individus de cet âge manifesteraient des motifs disruptifs lors du contact avec un substrat uniforme.

Dans cette expérience, le milieu d'incubation ne semble pas influencer l'efficacité des motifs disruptifs des juvéniles. Les valeurs des deux groupes sont relativement proches, bien que faiblement à modérément exprimées, tel que cela a déjà pu être observé chez d'autres juvéniles au stade précoce (Di Poi et al 2014).

Le milieu d'incubation dans l'environnement naturel, testé pour la première fois dans cette expérience, n'a pas induit de différence significative sur le comportement prédateur des juvéniles de seiche.

La date de ponte des œufs utilisés pour cette étude est une estimation. L'incubation du groupe 1 s'est déroulée sur une période de 65 jours au minimum en milieu naturel, puis de 9 jours en laboratoire. De la collecte aux premières naissances, la période d'incubation en laboratoire du groupe 2 a été de 53 jours. Nous aurions pu nous attendre à trouver des comportements plus efficaces chez le groupe 1. Les résultats obtenus suggèrent que le comportement défensif et prédateur des juvéniles serait inné et peu influencé par le milieu de développement, auquel cas les conditions d'une incubation en laboratoire ne seraient pas suffisantes pour altérer ces comportements.

Cependant, Darmaillacq et al (2008) ont montré que la familiarisation visuelle de l'embryon avec une proie induirait une préférence alimentaire chez le juvénile. Les résultats de Guibé et al (2012) confirmeraient que l'apprentissage au stade embryonnaire, des caractéristiques spécifiques d'une proie (comme la luminosité de la carapace d'un crabe *Carcinus maenas*), se manifesterait ultérieurement dans le comportement prédateur des juvéniles de seiche. Dans ces deux études, l'exposition visuelle des embryons s'est déroulée pendant le dernier stade de développement, qui correspond à la dernière semaine de l'incubation.

Les travaux de Romagny et al (2012) indiquent que le système visuel est fonctionnel environ trois semaines avant l'éclosion, mais que les embryons exposés à un stimulus lumineux n'ont pas montré de signe d'habituation à ces signaux avant la dernière semaine précédant l'éclosion. Ceci pourrait confirmer que la période des sept derniers jours d'incubation serait une phase décisive de l'acquisition d'informations sensorielles au stade embryonnaire.

L'explication la plus plausible des résultats de cette étude pourrait être liée à l'éclosion précoce d'œufs (non testés) du groupe 1, ce qui a déclenché le changement de milieu (de la mer au laboratoire). Les éclosions ont alors cessées, pour ne survenir à nouveau que neuf jours après. Les deux groupes ont donc été soumis à des conditions d'incubation identiques pendant

la dernière phase de développement, ce qui aurait également pu annihiler les influences reçues jusqu'alors par les embryons du groupe 1. Ceci pourrait expliquer la similitude des résultats du test d'homochromie sur un substrat uniforme.

Les expériences de cette étude ont été les premières expositions post-natales des juvéniles à un environnement non familial. Il est également envisageable que les différences comportementales induites par le milieu d'incubation se manifestent plus tard. En effet, la capacité de mémoire à long terme semble plus importante chez les juvéniles de un mois, dont l'incubation s'est déroulée dans des conditions enrichies (Dickel et al 2000). Toutefois, les études sur l'acquisition d'informations chimiques et visuelles par les embryons de seiche se sont toutes développées en laboratoire et les conditions enrichies ne peuvent pas reproduire à l'identiques les variations de l'environnement naturel.

La comparaison du comportement des juvéniles selon les critères adaptatifs que nous avons sélectionnés, n'a pas permis de montrer une différence en fonction de l'influence du milieu d'incubation des œufs.

Dans le cas précis de ce projet, il semble à priori envisageable de récupérer les œufs fixés aux casiers des navires de pêche-caseyeurs (aquaculture et/ ou repeuplement). Cependant, des études complémentaires menées depuis ont montré que le milieu d'incubation semble induire des différences notables de tempérament des juvéniles. L'incubation en milieu artificiel altère la sensibilité au stress (niveau d'activité, réaction aux odeurs de prédateurs) et le développement de la latéralité motrice. Il est indispensable de poursuivre ce projet en affinant les tests comportementaux par des mesures physiologiques d'indicateurs pertinents (développement cérébral et mesures de cortisol).

## Références

- Barosa, A., Mäthger, L., Chubb, C., Florio, C., Chiao, C.-C. & Hanlon, R. T. 2007. Disruptive coloration in cuttlefish: a visual perception mechanism that regulates ontogenetic adjustment of skin patterning. *The Journal of Experimental Biology* 210: 1139-1147.
- Barbosa, A., Mäthger, L. M., Buresch, K. C., Kelly, J., Chubb, C., Chiao, C.-C. & Hanlon, R. T. 2008. Cuttlefish camouflage: the effects of substrate contrast and size in evoking uniform, mottle or disruptive body patterns. [Vision Research](#) 48 (10): 1242-1253.
- Basuyaux, O. 2010. *Sepia officinalis*. Influence de la température et de l'hydrodynamisme sur le développement des œufs. Publication du SMEL (Synergie Mer et Littoral).
- Basuyaux, O. & Legrand, V. 2012. La seiche sur la côte ouest du Cotentin. De la ponte à la capture. Publication du SMEL (Synergie Mer et Littoral), Comité Régional des Pêches Maritimes Basse-Normandie.
- Blanc, A. & Daguzan, J. 1998. Artificial surfaces for cuttlefish eggs (*Sepia officinalis* L.) in Morbihan Bay, France. *Fisheries Research* 38 (3): 225-231.
- Cartron, L., Jozet- Alves, C., Shashar, N., Darmaillacq, A.-S. & Dickel L. 2012. Cuttlefish rely on both polarized light and landmarks for orientation *Animal Cognition* 15(4): 591-596.
- Darmaillacq, A.-S., Chichery, R., Poirier, R. & Dickel, L. 2004. The effect of early feeding experience on subsequent prey preference by cuttlefish, *Sepia officinalis*. *Developmental Psychobiology* 45: 239-244.
- Darmaillacq, A.-S. 2005. Plasticité des préférences alimentaires chez la seiche *Sepia officinalis* : approches ontogénétique et neuro-éthologique. Thèse d'état.
- Darmaillacq, A.-S., Lesimple, C., Dickel, L. 2008. Embryonic visual learning in the cuttlefish,



- Sepia officinalis*. *Animal Behaviour* 76: 131-134.
- Dickel, L., Boal, J. G., & Budelmann, B. U. 2000. The effect of early experience on learning and memory in cuttlefish. *Developmental Psychobiology* 36: 101-110.
- Dickel, L., Darmaillacq, A.-S., Poirier, R., Agin, V., Bellanger, C. & Chichery, R. 2006. Behavioural and neural maturation in the cuttlefish *Sepia officinalis*. *Vie et Milieu* 56: 89-95.
- Di Poi, C., Bidel, F., Dickel, L. & Bellanger, C. 2014. Cryptic and biochemical responses of young cuttlefish *Sepia officinalis* exposed to environmentally relevant concentrations of fluoxetine. *Aquatic Toxicology* 151: 36-45.
- Forsythe, J.W., DeRusha, R.H. & Hanlon, R.T. 1994. Growth, reproduction and life span of *Sepia officinalis* (Cephalopoda: Mollusca) cultured through seven consecutive generations. *Journal of Zoology, London* 233: 175-192.
- Guibé, M., Poirel, N., Houdé, O. & Ludovic Dickel. 2012. Food imprinting and visual generalization in embryos and newly hatched cuttlefish, *Sepia officinalis*. *Animal Behaviour* 84: 213-217.
- Hanlon, R.T. & Messenger, J.B. 1988. Adaptive Coloration in Young Cuttlefish (*Sepia officinalis* L.): The Morphology and Development of Body Patterns and Their Relation to Behavior. *Philosophical Transactions of The Royal Society B* 320 (1200): 437-487.
- Hanlon, R.T, Messenger, J.B. 1996. *Cephalopod behaviour*. Cambridge University Press.
- Hanlon, R. T., Chiao, C.-C., Mäthger, L. M., Barbosa, A., Buresch, K. C. & Chubb, C. 2009. Cephalopod dynamic camouflage: bridging the continuum between background matching and disruptive coloration. *Philosophical Transactions of The Royal Society B* 364: 429-437.
- Mäthger, L. M., Barbosa, A., Miner, S. & Hanlon, R. T. 2006. Color blindness and contrast perception in cuttlefish (*Sepia officinalis*) determined by a visual sensorimotor assay. *Vision Research* 46: 1746-1753.
- Messenger, J. B. 1968. The visual attack of the cuttlefish, *Sepia officinalis*. *Animal Behaviour* 16: 342-357.
- Messenger, J. B. 1977. Evidence that Octopus is colour-blind. *Journal of Experimental Biology* 70: 49-55.
- Messenger, J. B. 2001 Cephalopod chromatophores: neurobiology and natural history. *Biological Reviews* 76: 473-528.
- Paulij, W. P., Herman, P. M. J., Roozen, M. E. F. & Denuce, J. M. 1991. The influence of photoperiodicity on hatching of *Sepia officinalis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 71: 665-678.
- Poirier, R., Chichery, R., Dickel, L., 2005. Early experience and postembryonic maturation of body patterns in cuttlefish (*Sepia officinalis*). *Journal of Comparative Psychology* 119 (2): 230-237.
- Richard, A. 1971. Contribution à l'étude expérimentale de la croissance et de la maturation sexuelle de *Sepia officinalis* L., Mollusque céphalopode. Thèse d'état, Université Lille.
- Romagny, S., Darmaillacq, A.-S., Guibé, M., Bellanger, C. & Dickel L. 2012. Feel, smell and see in an egg: emergence of perception and learning in an immature invertebrate, the cuttlefish embryo. *The Journal of Experimental Biology* 215: 4125-4130.
- Shashar, N., Rutledge, P. S. & Cronin, T.W. 1996. Polarization vision in cuttlefish - A concealed communication channel? *The Journal of Experimental Biology* 199: 2077-2084.
- Wells, M. J. 1958. Factors affecting reactions to Mysis by newly hatched *Sepia*. *behavior* 13:

96-111.



## Action 2 : L'analyse de la qualité et de la fraîcheur des produits de différents métiers

### Introduction

La consommation de céphalopodes a augmenté pendant ces dernières décennies. Cette demande croissante est expliquée aussi par le fait que les céphalopodes sont une bonne source de protéine et de lipide (Sykes 2007). Une progression nette de la production mondiale de céphalopodes a été constatée parallèlement au déclin des stocks de poissons démersaux (qui vivent à proximité du fond). Cette augmentation est liée à deux phénomènes : un intérêt accru pour cette ressource considérée comme une ressource alternative et un fort accroissement de son abondance souvent expliqué par la diminution de la plupart des espèces de poissons exploitées. La France et le Royaume Uni sont les principaux pays exploitant les ressources maritimes en Manche (Royer, 2002).

La France est le premier producteur européen de seiches (5<sup>ème</sup> rang mondial). En basse Normandie, les débarques de céphalopodes constituent une part majeure de la pêche. La seiche représente la ressource qui produit le plus important chiffre d'affaires avec la coquille saint jakes et le bulot (Le Bihan, 2006).

### **Engins, saisons et zones de pêche :**

Les céphalopodes sont principalement pêchés par les chalutiers en Manche (Royer, 2002). Néanmoins, ils sont également pêchés par la plupart des engins : filets, casiers, dragues. La pêche de la seiche en Manche présente un schéma saisonnier très marqué lié aux phénomènes de migration de l'espèce et la saisonnalité de l'abondance (Denis and Robin, 2001 ; Royer, 2002). En automne, la seiche est intensément exploitée par les chalutiers pendant leur migration vers les zones hauturières d'hivernage. En hiver les captures sont peu nombreuses tandis qu'au printemps les seiches sont à nouveau pêchées par les chalutiers et les caseyeurs. Ces derniers sont surtout présents sur les côtes françaises et principalement la côte bas-normande.

La durée de conservation de ces animaux après la pêche dans les bateaux est différente selon les pêcheurs. Les pratiques de conservation des animaux après la pêche est également très différente (Coffre de bord avec ou sans glace, animaux en vrac avec glace) Ainsi des critères innovants d'évaluation de la fraîcheur et de la qualité nutritionnelle des céphalopodes ont permis de mieux évaluer la fraîcheur et la qualité des céphalopodes pêchés en Basse-Normandie, mais également de mieux valoriser cette ressource d'une grande importance pour la pêche régionale en mettant en avant sa qualité nutritionnelle pouvant donner une valeur ajoutée à ces espèces. L'amélioration des techniques d'évaluation de la qualité et de la fraîcheur en mettant en place de nouvelles méthodes biochimiques plus pointues ciblant mieux les céphalopodes et complémentaires à la méthode Q.I.M apparaissent donc essentielles. Les techniques développées permettent de répondre à des interrogations posées par les professionnels qui cherchent les meilleures techniques de transformation et de conservation qui permettraient aux animaux de garder leur fraîcheur et leur qualité nutritionnelle pour des longues durées. Mais aussi répondre aux exploitants du secteur qui cherchent à savoir quel engin et saison de pêche leur permettront d'avoir des seiches et des encornets de bonne qualité nutritionnelle.

Le contenu protéique, les activités des phosphatases acides et alcalines permettent d'évaluer la qualité nutritionnelle uniquement en fonction de la durée de conservation chez les deux espèces. La conservation des céphalopodes dans la glace ne permet pas de garder leur qualité biochimique pour une durée supérieure à 5 jours et les encornets perdent moins vite leur fraîcheur et leur qualité nutritionnelle lors d'une conservation sans glace. Il apparaît clairement que les enzymes extracellulaires permettent de mieux apprécier la fraîcheur et la qualité nutritionnelle que les enzymes intracellulaires. Dans ce travail, ces outils seront utilisés pour étudier et élucider la qualité nutritionnelle des seiches et des encornets en fonction des zones, saisons et engins de pêche. Les céphalopodes comme la seiche *Sepia officinalis* et les calmars *Loligo vulgaris* et *loligo forbesi* sont très exploités en Manche. Ce sont des espèces migratrices que l'on retrouve dans plusieurs zones de pêche au cours de leur déplacement. La migration des juvéniles se fait au cours de la première année de vie et la reproduction des adultes se fait sur les côtes. Au cours de ces migrations à cause du changement d'habitats la qualité nutritionnelle des animaux évolue car les céphalopodes sont des prédateurs très opportunistes et changent leur alimentation selon les zones de pêche. Les variations sur la qualité des animaux sont également dues à l'effort de reproduction au cours de leur seconde année de vie. Les pêches de ces animaux sont côtières et hauturières ce qui indique que le mode de pêche de ces animaux varie également en fonction des sites. Il apparaît que la saisonnalité, la zone et le mode de pêche sont des facteurs importants dans la conservation de la qualité nutritionnelle et la fraîcheur du produit d'autant plus que la rapidité et le mode d'altération varie avec les facteurs externes (température, humidité), certaines caractéristiques de la chair (teneur en eau) et des fluctuations de la valeur du pH optimal des enzymes protéolytiques. Au Portugal, Sykes (2007) ont menés des investigations en utilisant uniquement des critères visuels pour évaluer les critères de qualité. Nous avons mis au point au laboratoire des critères innovants et pertinents pour l'étude de la fraîcheur et de la qualité nutritionnelle chez la seiche (Koueta et al 2012). Actuellement les investigations réalisées sur la fraîcheur et la qualité nutritionnelle en tenant compte des modes, des zones et des saisons de pêche sont très rares et inexistantes pour la Basse Normandie. L'intérêt de ce travail est d'utiliser les critères innovants et pertinents sur la fraîcheur et la qualité nutritionnelle pour évaluer la qualité et la fraîcheur des produits en fonction des modes de pêche utilisés des zones de pêche et des saisons. Ceci permet de mieux valoriser la ressource et de répondre aux questions posées par les professionnels notamment au niveau de la conservation et de la commercialisation des produits pêchés.

## Matériels et Méthodes

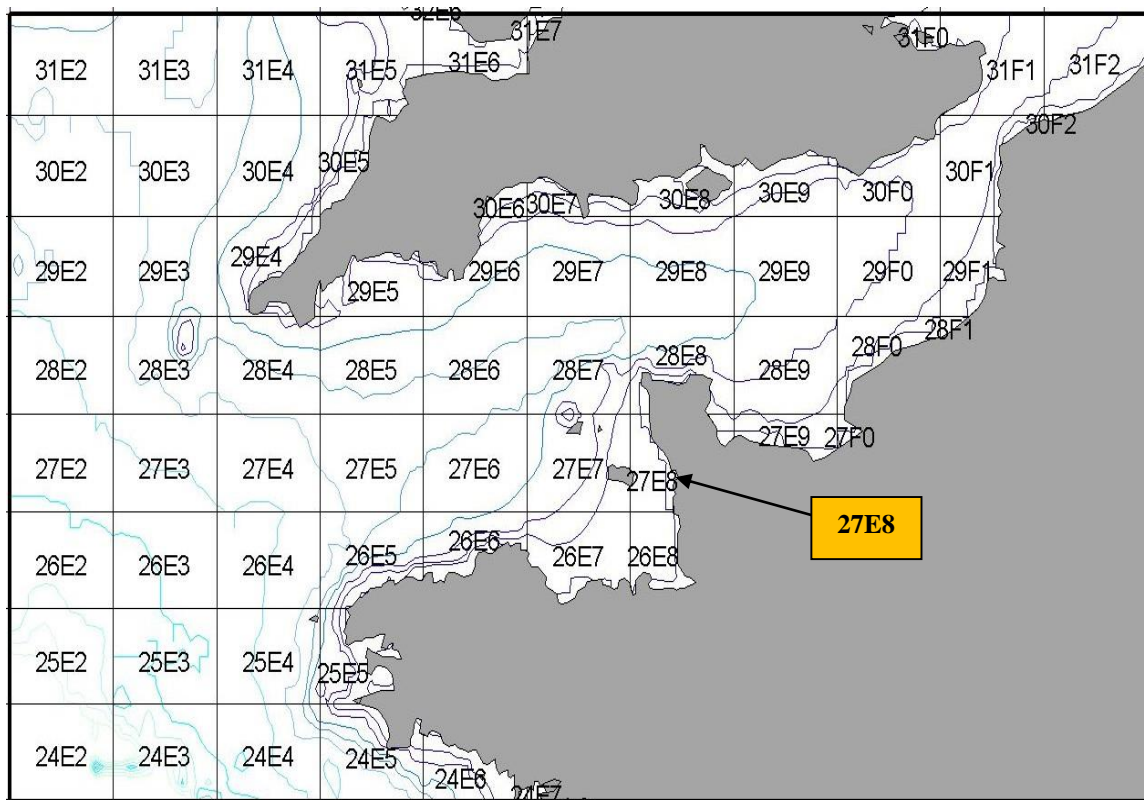
### 1. Origines des seiches :

#### Echantillonnage :

#### **Pêche au casier/ Date de l'échantillonnage : 25/04/2014 :**

Le 25 avril 2014 à 16h30, nous avons reçu 10 seiches pêchées au casier par Didier Guenon (bateau Daudjy) de Blainville sur mer. La pêche a été réalisée le 25/04/2014 entre 10h et 13h30, arrivée à la cale de Blainville à 14h, départ du SMEL à 14h30 et arrivée à Caen à 16h30. Les seiches ont été transportées dans une glacière sans glace.

Lieu de pêche : 2.5 miles au sud de la bouée des nattes, au Nord-Ouest du Ronquet (face à Agon Coutainville). (Voir carte ci- dessous)



A l'arrivée au laboratoire, des échantillons de manteau ont été prélevés de chaque individu. Les échantillons ont été mis dans des petits sachets. L'échantillonnage des manteaux a été réalisé en 5 dates différentes : 25/04/2014, 28/04/2014, 30/04/2014, 02/05/2014, 05/05/2014. Les seiches sont conservées dans une boîte en polystyrène remplie de glace. Nous avons versé de l'azote liquide puis ajouté une couche de glace (l'azote liquide permet de conserver la glace pour longtemps). Les seiches ont été mises dans la boîte (sur la glace) puis une autre couche superficielle de glace a été rajoutée dessus avec de l'azote liquide. Nous avons changé la glace tous les deux jours.

25/04/2014 : Les animaux ont été placés dans la glace et des échantillons de manteau prélevés

26/04/2014 : Prélèvement des échantillons de manteau et changement de glace.

28/04/2014 : Prélèvement des échantillons de manteau et changement de glace.

30/04/2014 : Prélèvement des échantillons de manteau et changement de glace

02/05/2014 : Prélèvement des échantillons de manteau et changement de glace

05/05/2014 : Prélèvement des échantillons de manteau et changement de glace

Les échantillons de manteau ont été lavés à l'eau douce pour enlever l'encre avant d'être mis au congélateur -80°C.

#### **Pêche des seiches au chalut de fond côtier / Date de l'échantillonnage : 12/06/2014 :**

20 seiches pêchées au chalut de fond côtier. 10 seiches ont été conservées dans la glace et les 10 autres sans glace mais en cale réfrigérée.

La pêche a été réalisée le 12/06/2014 à 13h00. Les seiches sont arrivées à la criée de Granville le 13/06/2014 à 7h00, arrivées à Caen le 13/06/2014 à 17h30 (dans des glacières avec de la glace).

Lieu de pêche : Zone 26E8

13/04/2014 : Les animaux ont été placés dans la glace et des échantillons de manteau sont

prélevés

Ensuite le traitement des échantillons est effectué comme pour les seiches pêchées au casier aux dates suivantes :

14/04/2014 : Prélèvement des échantillons de manteau et changement de glace.

16/04/2014 : Prélèvement des échantillons de manteau et changement de glace.

18/04/2014 : Prélèvement des échantillons de manteau et changement de glace.

20/05/2014 : Prélèvement des échantillons de manteau et changement de glace.

23/05/2014 : Prélèvement des échantillons de manteau et changement de glace.

Les échantillons de manteaux ont été lavés à l'eau douce pour enlever l'encre avant de les mettre au congélateur -80°C.

**Pêches des encornets au chalut de fond côtier :28/10/2014 :**

Le 28 octobre 2014 à 10h00, on a reçu 10 encornets pêchés au chalut de fond côtier. La pêche a été réalisée la nuit du 27/10//2014 entre 20h et 00h30, arrivée à la cale port-en-Bessin à 7h, départ de port-en-Bessin à 8h30 et arrivée à Caen à 9h30. Les animaux ont été conservés sans glace et ont été transportés dans une glacière sans glace.

Lieu de pêche : 27<sup>E9</sup>).

Le jour même des échantillons de manteaux ont été prélevés à partir de chaque individu. Les échantillons ont été mis dans des petits sachets et placé dans le congélateur à -80

2. *Analyse de la qualité nutritionnelle : Dosages biochimiques :*

**a. Extractions enzymatiques**

Les extractions ont été faites après broyage des échantillons dans l'azote liquide. Les échantillons sont ensuite homogénéisés dans du tampon Tris pH 8 à raison de 1 ml du tampon pour 100 mg de broyat (Tris - HCl 10 mM, et NaCl 150 mM) et stockés pendant une heure à 4°C. Les extraits sont ensuite centrifugés pendant 10 minutes à 4°C et à 10000 g. le surnageant est utilisé pour les différents dosages enzymatiques.

**b. Dosage des protéines :**

Le contenu en protéines est déterminé selon la méthode de Bradford, (1976) en utilisant le Sérum Albumine Bovin (Sigma-Aldrich, France).

**c. Taux des TCA solubles**

Les protéines TCA solubles ont été dosées selon la méthode décrite par Benjakul et al., (2003) 27 ml de TCA 5% (W/V) sont ajoutés à 3g de tissu frais. Après homogénéisation le mélange est stocké pendant une heure à 4°C et ensuite centrifugé à 5000g pendant 5 minutes à 4°C. Les protéines sont ensuite mesurées selon la méthode Bradford, (1976)

**d. Dosages enzymatiques**

**d.1. Activité des phosphatases acides**

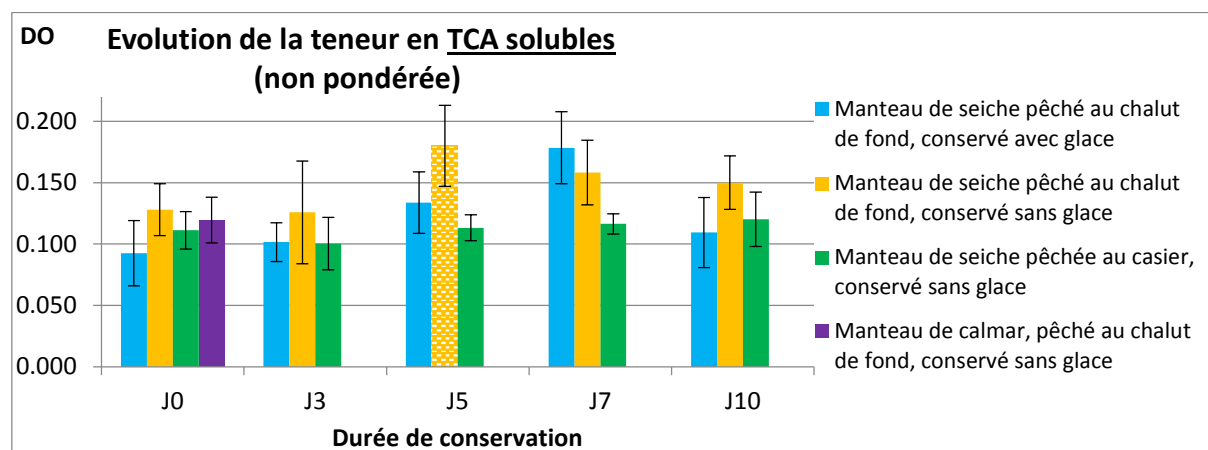
L'activité des phosphatases totales acides est déterminée selon Principato *et al.*, (1982) en utilisant le p-nitrophényl-phosphate 2% comme substrat dans du tampon tris 1M à pH 3. 100 µl M de surnageant sont ajoutés à 100 µl de substrat dans des eppendorfs. Après 30 min d'incubation à 25 °C, 1000 µl de NaOH 1M sont ajoutés pour stopper la réaction et révéler la couleur. L'absorbance est mesurée à 405 nm en utilisant le spectromètre. L'activité des phosphatases totale acides est exprimée comme étant l'activité spécifique (U.DO.mg<sup>-1</sup> protéines).

**d.2. Activité des protéases totales acides et alcalines**

L'activité des protéases totales alcalines et acides est déterminée en utilisant la solution

de caséine 0.005% comme substrat dans du tampon phosphate (0.096M  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0.004M  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) pH 2 pour les acides et pH 10 pour les alcalines. Pour les deux activités, 100 $\mu\text{l}$  d'extrait sont ajoutés à 500 $\mu\text{l}$  de substrat dans des eppendorfs. Les échantillons sont incubés à 37 °C. L'absorbance est mesurée à 442 nm. L'activité des protéases totales acides et alcalines est exprimée comme étant l'activité spécifique (U.DO.mg<sup>-1</sup> protéines).

## Résultats

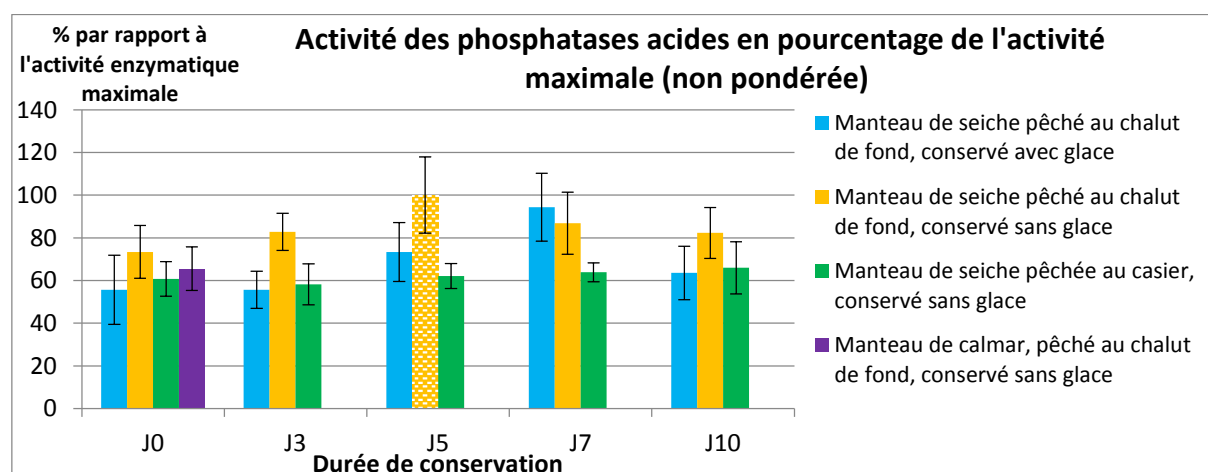


**Figure 1-Taux des Protéines TCA solubles en pourcentage de l'activité maximale**

Le taux des protéines TCA solubles est plus élevé dans le manteau de seiches pêchées au chalut et conservées sans glace que lorsqu'il est conservé avec la glace. Les protéines TCA solubles augmentent en début de conservation et se stabilisent ensuite dans les deux cas concernant la pêche au chalut de fond.

Dans le manteau de seiches pêchées au casier et conservé sans glace, le taux de TCA solubles est faible et reste stable au cours de la conservation. Au jour 7 le taux de TCA solubles commence à diminuer chez les animaux pêchés au chalut de fond et conservé avec ou sans glace mais reste supérieur au taux observé chez les seiches pêchées au casier.

Dans le manteau de calmar pêchés au chalut et conservé sans glace le taux de TCA solubles est également moins élevé que chez les seiches.

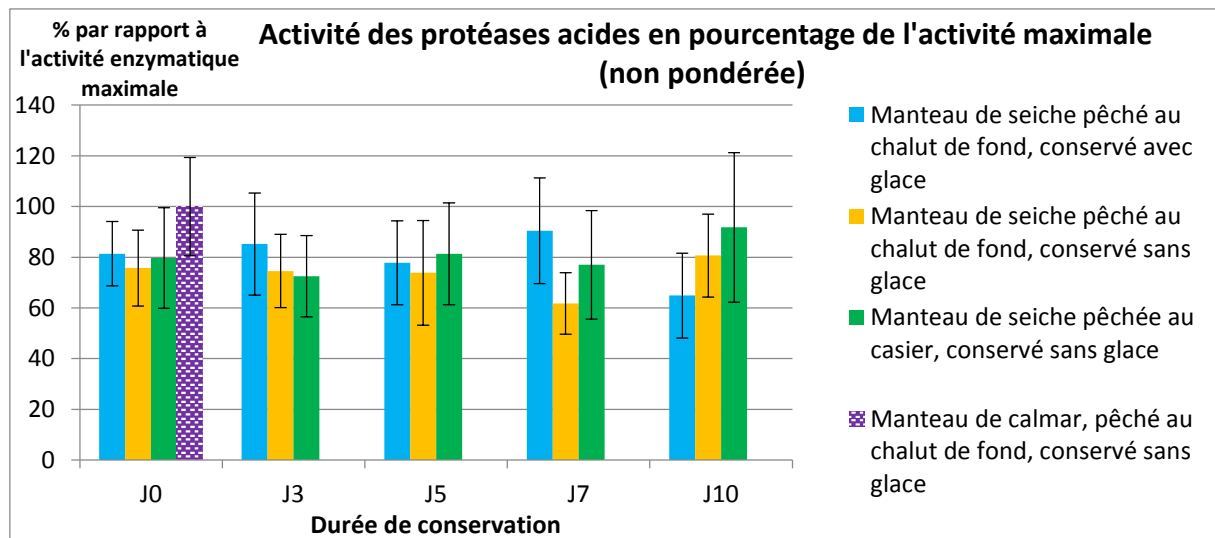


**Figure 2. Activités des phosphatases acides en pourcentage de l'activité maximale**

L'activité des phosphatases acides est plus élevée dans le manteau de seiches pêché au chalut et conservé sans glace que lorsqu'il est conservé avec la glace. L'activité des phosphatases acides augmente en début de conservation et se stabilise ensuite dans les deux cas concernant la pêche au chalut de fond.

L'activité phosphatases acides dans le manteau de seiches pêchées au casier est plus faible et reste stable au cours de la conservation

En ce qui concerne l'activité phosphatase acide dans le manteau de calmar pêché au chalut de fond et conservé dans la glace elle est identique à celle des seiches pêchées et conservées dans les mêmes conditions



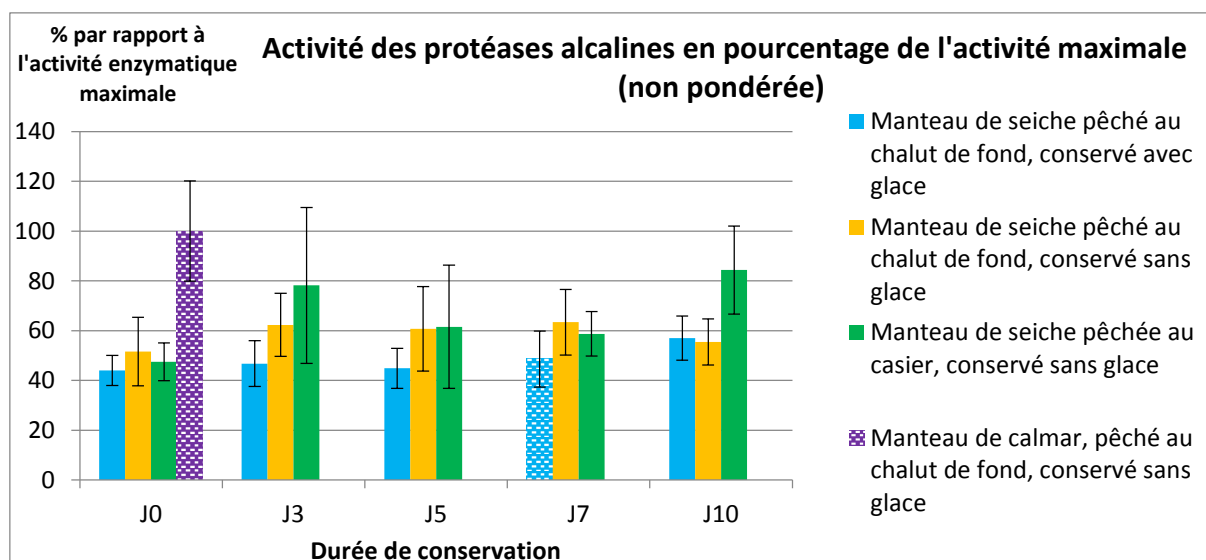
**Figure 3. Activité des protéases acides en pourcentage de l'activité maximale**

L'activité protéases acides est identique dans le manteau des seiches pêchées au chalut de fond et conservé ou non dans la glace. Au jour 10 de la conservation l'activité protéase acides est plus élevée dans le manteau de seiches pêchées au chalut de fond et conservées sans glace

En ce qui concerne les seiches pêchées au casier cette activité est identique au manteau de seiche pêchées au chalut de fond conservé avec ou sans glace, ensuite elle augmente après 10 jours de conservation par rapport à ces deux lots

L'activité protéases acides dans le manteau de calmar pêché au chalut de fond et conservé dans la glace est identique à ce que l'on retrouve chez les seiches pêchées au chalut de fond et conservées dans la glace





**Figure 4. Activité des protéases alcalines en pourcentage de l'activité maximale**

Les protéases alcalines sont plus élevées chez les pêchées au chalut de fond et conservées sans glace que les seiches pêchées au chalut de fond et conservées sans glace.

Les seiches pêchées au casier ont une activité faible au J0 et cette activité augmente rapidement au cours de la conservation et devient plus élevée que chez les seiches pêchées au chalut de fond et conservées ou non dans la glace

L'activité des protéases alcalines des calmars pêchées au chalut de fond et conservés avec glace est également élevé et même plus que chez les seiches pêchées au chalut de fond et conservé dans la glace

## Discussion

Un dosage des protéines TCA solubles est réalisé afin d'évaluer la stabilité de la matière. La quantité de TCA solubles diminue lors d'une dénaturation des protéines. En effet une rupture des lysosomes induit une augmentation des activités enzymatiques acides et une diminution du pH et de la quantité de protéines TCA solubles. Secondairement, la dégradation des vésicules à zymogène contenant les enzymes sécrétées entraîne une augmentation de leur activité

Le taux des protéines TCA solubles est important en début de conservation. L'évolution au cours de la conservation est plus importante chez les animaux pêchés au chalut de fond et conservé ou pas dans la glace que chez les seiches pêchée au casier et conservé sans glace

L'activité des phosphatases acides évoluent de manière identique au cours de la conservation. Ces activités augmentent au cours de la conservation et ensuite elles diminuent et se stabilisent. Les animaux pêchés au casier et conservés sans glace résistent mieux que ceux pêchés au chalut de fond conservé sans glace

Concernant l'ensemble des enzymes étudiées, phosphatases et protéases, ce sont des enzymes intracellulaires, ubiquistes. Elles sont retrouvées également au niveau du manteau, mais en plus faible quantité par rapport à d'autres tissus comme le système digestif. Néanmoins, les dosages réalisés permettent de traduire de l'état nutritionnel de l'animal. Nos travaux antérieurs nous ont permis d'identifier les enzymes qui permettent mieux l'évaluation

de la qualité nutritionnelle des céphalopodes: les protéases alcalines, les phosphatases alcalines grâce à leur corrélation avec le QIM ( Quality Index Method.,Sykes 2007)

L'activité des protéases alcalines et acides montrent qu'au cours de la conservation ce sont les animaux conservés dès la pêche dans la glace qui gardent pendant dix jours leur qualité nutritionnelle. Par contre il reste difficile de garder une bonne qualité nutritionnelle après cinq jours de conservation uniquement dans la glace quelque soit l'engin de pêche

Il apparaît clairement au cours de la conservation la qualité nutritionnelle est plus stable chez les seiches pêchées au chalut de fond et conservées dans la glace que chez les seiches pêchées au chalut de fond et conservées sans glace. Au cours de la conservation les seiches pêchées au casier et conservées sans glace conservent mieux leur qualité nutritionnelle que les seiches pêchées au chalut de fond pendant le cinq premiers jours de conservation.

La comparaison entre les seiches et les encornets montre que les seiches sont moins résistantes à la dégradation que les encornets.

Ce travail donne des indications sur la qualité et le fraîcheur du produit selon différents métiers et selon la durée de conservation. Nous n'avons observé aucune différence en fonction des zones et de la saison de pêche. Afin de mieux analyser ces résultats d'autres études avec un nombre plus importants d'animaux provenant de plusieurs sites différents devraient être menées. Des études spécifiques seront également menées sur les glandes annexes commercialisables. Ces études constituent une approche permettant d'indiquer aux producteurs, aux exploitant et aux industries de transformation les meilleures solutions de rentabilité au vu de la qualité des céphalopodes pêchées dans la région.

## Références

- Bonete MJ, Manjon A, Llorca F, Lborra JL, 1984. Acid proteinase activity in Fish – Comparative study of extraction of cathepsins B and D from *Mujil auratus*. Comparative Biochemistry and physiology 78, 203-206.
- Boucaud-Camou E, Koueta N, Boismery J, Medhiuob A, 1991. The sexual cycle of *Sepia officinalis* L from the Bay of Seine. In "The cuttlefish". Centre de publication de l'université de Caen, France, pp.141-151.
- Benjakul,S. , Vissessanguan,W. and Tueksuban, J. 2003. Changes in physico-chemical properties and gel-forming ability of lizardfish (*Saurida tumbil*) during post-mortem storage in ice. Food Chemistry 80, 535-544
- Bradford MM, 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72, 248-254.
- Challier L, 2005. Variabilité de la croissance de céphalopodes juvéniles (*Sepia officinalis*, *Loligo forbesi*) et relation avec les fluctuations du recrutement, en Manche. Thèse, université de Caen, pp.311.
- Denis V, Robin JP, 2001. Present status of the French Atlantic fishery for the cuttlefish (*Sepia officinalis*). Fisheries Research 52, 11-22.
- Le Bihan E, 2006. Valorisation des co-produits issus de la pêche des céphalopodes : application à la seiche *Sepia officinalis*. Thèse. Université de Caen. 285pp.
- Principato GB, Cristina-Aisa M, Biagoni M, Giovannini E, 1982. Partial purification and characterization of an alkaline phosphatase in *Helix nemoralis* and in *Octopus vulgaris*. Comparative Biochemistry and Physiology 72, 325-328.



Royer J, 2002. Modélisation des stocks de céphalopodes de manche. Thèse, université de Caen. 242 pp.

Sykes AV, 2007. Hatchery technologies and nutritional contents of cuttlefish (*Sepia officinalis*) spawners, eggs, hatchling and live prey associated. Thèse, université d'Algarve. pp. 61-84.

### Action 3 : Le suivi d'indicateurs d'abondance de la ressource et de son exploitation

Les travaux qui ont été proposés et réalisés dans cette action viennent après le projet CRESH (Céphalopodes Recrutement Et Suivi des Habitats en Manche) qui a surtout concerné les seiches (*Sepia officinalis*) et s'est concrétisé par un outil d'évaluation du stock à l'échelle de toute la Manche (Gras *et al.*, 2014b). L'action 3 du projet Région "Pêcheries de Céphalopodes" concerne à leur tour principalement les calmars (ou "encornets") c'est-à-dire en Manche les deux espèces exploitées par la pêche (*Loligo forbesii* et *Loligo vulgaris*). Cependant, l'étude exploratoire des données d'observation en mer vise bien l'ensemble des Céphalopodes échantillonnés par les observateurs embarqués à bord des navires de la pêche commerciale.

**Les deux études réalisées dans le cadre de l'action 3 "prédiction de l'abondance des calmars" et "analyse exploratoire des données d'observation en mer" sont présentées séparément pour une meilleure lisibilité de ce rapport.**

#### Le développement de modèles prédictifs de l'abondance des calmars de Manche.

##### Introduction

La Manche est la zone la plus productive pour les Céphalopodes de l'Atlantique européen et une zone de pêche importante pour les flottilles françaises et anglaises (Boyle and Rodhouse, 2005). En moyenne de 2000 à 2010, les débarquements annuels en provenance de Manche s'élèvent, à 3 000 T pour les calmars et 11 000 T pour les seiches (CHARM III, 2012). Les pêcheurs français réalisent environ 90% des débarquements de calmars et les Anglais le complément (ICES, 2014) (Fig. 1)

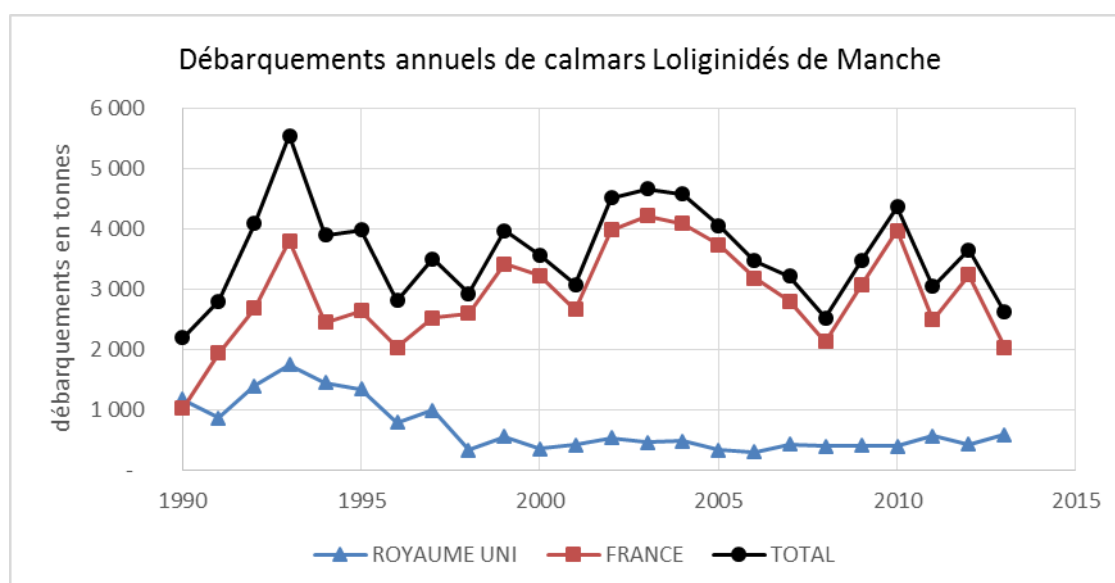


Figure 1 : Quantités de calmars Loliginidés débarqués par la France et par l'Angleterre durant la période 1990 - 2013 (données ICES-WGCEPH 2014)

La ressource "calmars" (ou encornets) en Manche est composée de deux espèces qui ne sont pas distinguées par les pêcheurs : *Loligo forbesii* et *Loligo vulgaris* ((Holme, 1974), (ICES,

2014)). En plus de différences morphologiques minimales, les deux espèces sont caractérisées par un décalage dans leur cycle biologique (Royer, 2002). En Manche, le recrutement de *L. forbesii* commence en juin alors que *L. vulgaris* n'apparaît dans les pêches qu'en septembre.

Pour beaucoup de stocks de Céphalopodes l'abondance de la ressource et les rendements de la pêche dépendent presque entièrement du succès du recrutement de la cohorte annuelle (Pierce and Guerra, 1994). Dans ce contexte plusieurs modèles populationnels ont été appliqués aux Céphalopodes de Manche, avec comme techniques la décroissance des abondances (Dunn, 1999) (Royer *et al.*, 2002) ou l'analyse de cohorte (VPA) adaptée avec un pas de temps mensuel (Challier *et al.*, 2005) (Royer *et al.*, 2002) (Royer *et al.*, 2006). Ces exercices ont utilisé des données "historiques" (concernant des cohortes des années précédentes, disparues au moment de l'évaluation) et n'ont pas donné suite à une évaluation "en routine" parce qu'ils étaient trop exigeants en données longues à acquérir. Ils ont néanmoins souligné l'ampleur des variations du recrutement (qui mesure la quantité de juvéniles qui viennent renouveler le stock).

L'influence de variations environnementales sur l'abondance, la répartition ou le cycle biologique des Céphalopodes est souvent mentionnée mais pas toujours quantifiée ((Brodziak and Hendrickson, 1999), (Dawe *et al.*, 2007), (Denis *et al.*, 2002), (Rodhouse *et al.*, 2014). Utiliser ces relations avec l'environnement pour prédire l'abondance d'une cohorte de calmars au moment où son exploitation commence est un objectif très utile pour organiser l'exploitation de cette ressource. C'est l'objectif de la première partie de ce travail.

## Matériels et Méthodes

Des prédictions de l'abondance des cohortes de calmars ont été recherchées par l'analyse empirique des relations statistiques entre des indices d'abondance et des variables climatiques. Les indices d'abondance des calmars ont été calculés à partir des données de la pêche commerciale alors que les variables climatiques ont été sélectionnées à partir de bases de données facilement accessibles comme celles de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Chaque type de données (calmars et hydroclimat) a fait l'objet d'une analyse avant d'être utilisé dans un modèle empirique.

### 1. Données de la pêche commerciale et indices d'abondance des calmars

Les données de la pêche commerciale proviennent des bases nationales gérées par la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture –DPMA– ou bien par Ifremer dans le cadre du Système d'Information Halieutique –SIH–. Pour les chalutiers démersaux (code engin : chalut de fond à panneaux) les débarquements (en kg) et les effort de pêche (en heure de chalutage) sont extraits par marée de pêche et peuvent être analysées par "année/mois/rectangle CIEM et classe de puissance des navires". Durant la période 1990- 20013 les bases de données nationales ont subi des changements importants aussi bien pour leur organisation que pour les protocoles de saisie et de validation. Ceci a nécessité une "mise à l'échelle" des deux séries de valeurs (d'abord celles d'extractions obtenues auprès de la DPMA puis celles du SIH). En tenant compte du faible niveau des rejets de calmars (inférieur à 6% voir plus loin l'analyse des données Obsmer) les débarquements par unité d'effort (DPUE) sont utilisés comme indice d'abondance. L'ensemble des données de LPUE est standardisé avec l'ajustement d'un "Delta-GLM" (Gras *et al.*, 2014a)(Stefansson, 1996) qui permet de distinguer les effets des facteurs spatiaux (rectangles-CIEM visibles sur la figure 2) ou liés aux flottilles (classe de puissance des navires) des variations temporelles d'abondance.

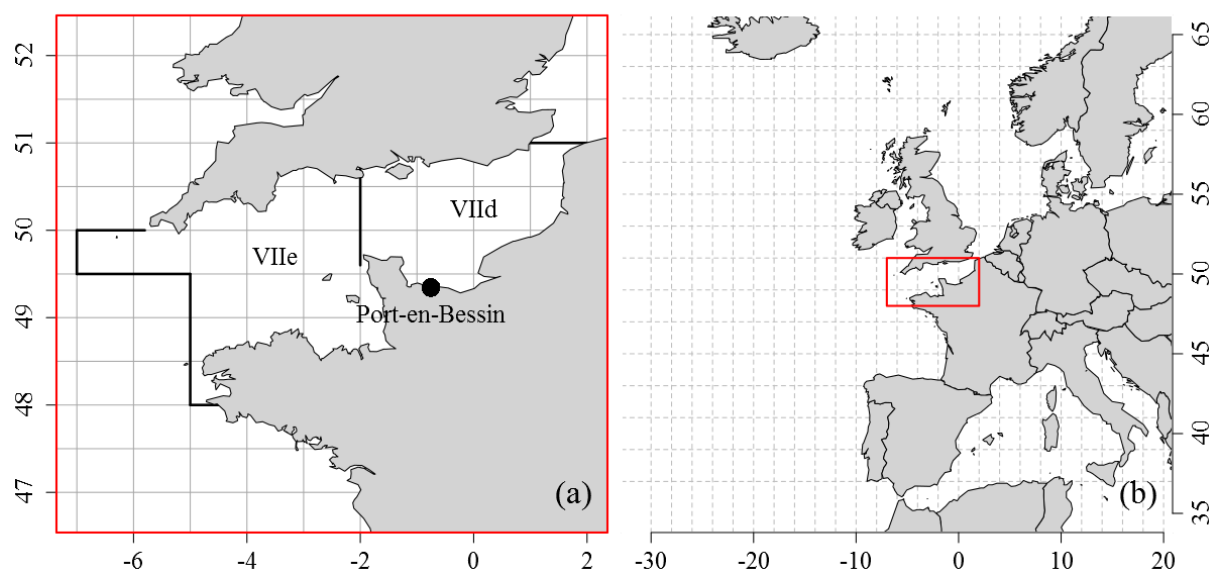


Figure 2. Du point de vue des statistiques de pêche la Manche est découpée en 2 divisions CIEM (VIId et VIIe) et en rectangles statistiques (carte a). Les données hydro-climatiques des bases NOAA sont disponibles suivant la résolution de la grille de droite (carte b).

La série d'indice d'abondance des "calmars" est ensuite scindée en 2 séries spécifiques en utilisant les proportions de chaque espèce de *Loligo* (*L. vulgaris* ou *L. forbesii*) à partir des résultats de l'échantillonnage mensuel des débarquements à la criée de Port-en-Bessin (Fig. 2). Le protocole de cet échantillonnage réalisé par l'Université de Caen depuis 1993 a été présenté dans le cadre du programme national d'acquisition de données pour la pêche de 2002 à 2008 (Royer, 2002), (UniCaen, 2008).

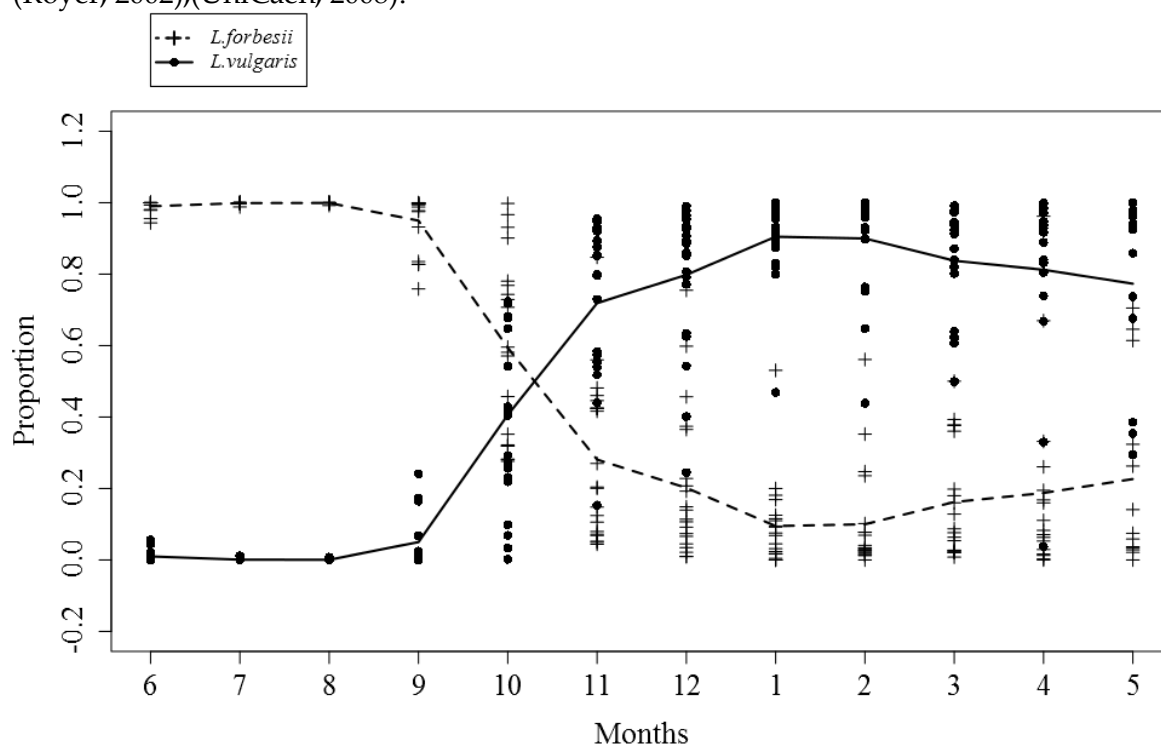


Figure 3 : Proportion de *Loligo forbesii* (croix) et *Loligo vulgaris* (cercles noirs) observées mensuellement dans l'échantillonnage des débarquements réalisé à Port-en-Bessin depuis 1993. Les lignes décrivent les proportions moyennes alors que les points sont ceux de chaque saison de pêche.

Les indices d'abondance (qui représentent la composante temporelle des variations de DPUE) sont moyennés par saison de pêche fixée à partir du recrutement de *L. forbesii* de juin (année N) à mai (année N+1).

Ce sont finalement 3 séries d'indices d'abondance (U) qui sont estimées (une pour chaque espèce et une pour le mélange des deux *Loliginidae*).

- $U_{Loliginidae}$  (1990-2013)
- $U_{L.forbesii}$  (1993-2013)
- $U_{L.vulgaris}$  (1993-2013)

## 2. Données climatiques

A la différence des données de la pêche commerciale les données hydro-climatiques marines sont facilement accessibles à partir de bases de données en ligne mises à jour assez rapidement. Dans cette étude 10 variables climatiques ont été extraites des bases de la NOAA pour la période 1990-2013. Il s'agit des variables suivantes:

T = température de la mer en surface (SST) en °C

$\Delta T$  = différence de température air/mer (en °C)

O et A = Vitesse du vent (composantes longitudinale et latitudinale en repère cartésien)

S = vent en coordonnées scalaires

Os et As = force du vent à la surface de la mer (composantes long. et lat.)

P = pression au niveau de la mer (en Hpa)

C = nébulosité

NAO = Indice de l'Oscillation Nord Atlantique

## 3. Sélection des variables et ajustement du modèle empirique

Le travail de sélection consiste pour chaque variable à agréger des données mensuelles sur des périodes précédant chaque saison de pêche (depuis octobre de l'année Y-1 jusqu'à juin de l'année Y). Cette période "pré-recrutement" de 9 mois permet de réaliser jusqu'à 37 moyennes pour chaque variable climatique mais seules les variables qui présentent la corrélation la plus élevée avec l'abondance des calmars sont retenues. Dans le cas de *L. vulgaris* la période est décalée aux mois de janvier à août de l'année Y.

Après sélection du niveau d'agrégation le plus pertinent pour chaque variable climatique la relation entre l'abondance des calmars (U) et le climat est ajustée par régression linéaire multiple

$$U_y^{pre} = \beta_T T_y + \beta_{\Delta T} \Delta T_y + \beta_O O_y + \beta_A A_y + \beta_S S_y + \beta_{Os} Os_y + \beta_{As} As_y + \beta_C C_y + \beta_P P_y + \beta_N N_y + \epsilon$$

Avec :

$T = T^{m1 \text{ to } m1'}$  (SST = Température de la mer en surface)

$\Delta T = \Delta T^{m2 \text{ to } m2'}$  (Différence de température air/mer)

$O = O^{m3 \text{ to } m3'}$  (Vitesse du vent - Longitude)

$A = A^{m4 \text{ to } m4'}$  (Vitesse du vent - Latitude)

$S = S^{m5 \text{ to } m5'}$  (Vent en coordonnées scalaires -orientation)

$Os = Os^{m6 \text{ to } m6'}$  (Force du vent - Longitude)

$A_s = A_s^{m7 \text{ to } m7'}$  (Force du vent -Latitude)

$C = C^{m8 \text{ to } m8'}$  (Nébulosité)

$P = P^{m9 \text{ to } m9'}$  (Pression au niveau de la mer)

$N = N^{m10 \text{ to } m10'}$  (indice NAO)

$\epsilon$  = terme d'erreur (suivant un modèle d'erreur Gaussien)

les coefficients  $\beta$  sont estimés par la méthode des moindres carrés et des intervalles de confiance à 95% sont estimés.

A partir du modèle complet (équation ci-dessus) une réduction du nombre de variables a été recherchée avec une sélection "pas à pas" descendante utilisant le critère d'Akaike (AIC).

#### 4. Validation des modèles et analyse de sensibilité

Pour valider les trois ajustements obtenus l'analyse des résidus et le test de Durbin Watson sont appliqués.

L'analyse de l'erreur statistique encadrant les prédictions des modèles est ensuite réalisée de deux façons.

Le graphique des abondances calculées et observées permet de tracer les hyperboles de confiance entourant les prédictions

Une procédure de ré-échantillonnage est ensuite appliquée à chaque modèle en l'ajustant avec 2 points de moins que dans la série initiale et en utilisant ce nouvel ajustement pour prédire les deux points manquants. De 1003 à 2013 la série initiale comporte 21 points à partir desquels 210 combinaisons de 19 points sont tirées pour calculer 420 prédictions. La distribution de la précision des prédictions est ensuite visualisée.

$$Precision_y = \frac{U_y^{obs} - U_y^{pre}}{U_y^{obs}}$$

$U_y^{obs}$  est l'indice d'abondance observé et  $U_y^{pre}$  est l'indice prédit à partir du sous-échantillon (y est l'indice de la saison de pêche étudiée).

## Résultats et Discussion

Le protocole décrit ci-dessus a été appliqué à l'automne 2014 avec les résultats suivants:

#### 1. Indices d'abondance des calmars

Les indices d'abondance des calmars présentent une forte amplitude de variation avec des pics en 1992, 2003 et 2013 et des creux en 1996 et 2008 (Fig. 4). Le dernier point de 2013 concerne principalement *L. forbesii* qui n'est plus abondant que *L. vulgaris* qu'en 1993 1994 et 2013.

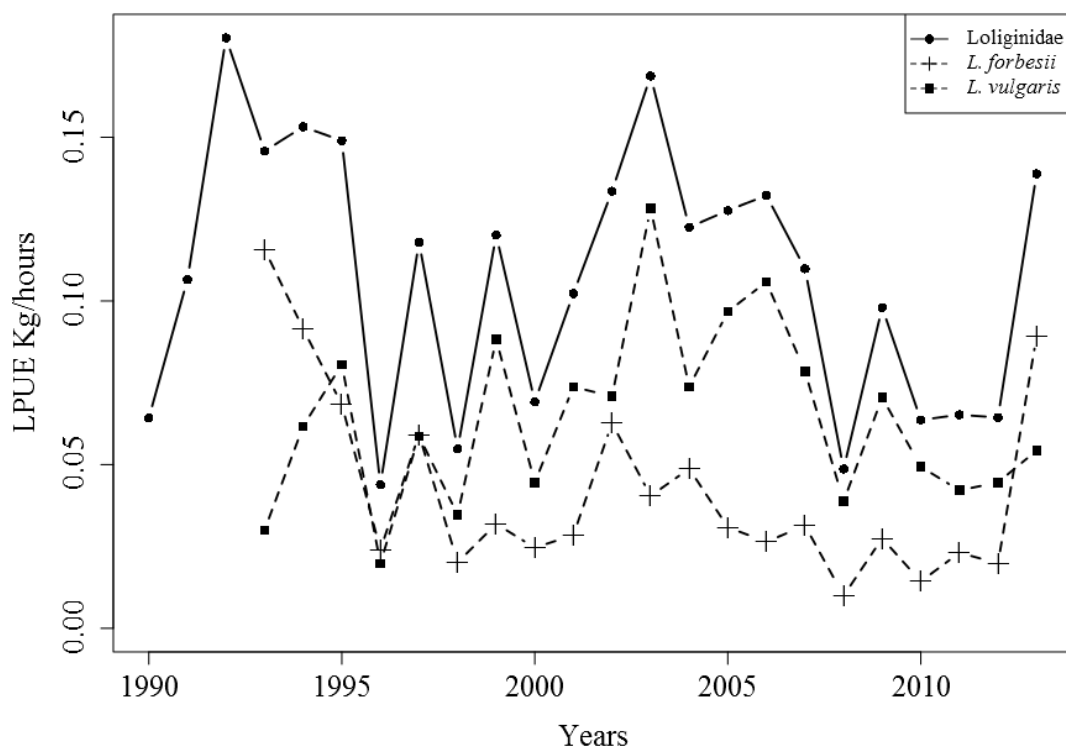


Figure 4. Indices d'abondance des calmars *Loligo forbesii* (+-), *Loligo vulgaris* (-■-) et des 2 espèces (-o-) en Manche. Chaque point est la moyenne pour une saison de pêche de juin (année y) à mai (année y+1).

## 2. Corrélation avec les variables climatiques

Pour les deux séries  $U_{Loliginidae}$  et  $U_{L.forbesii}$  les meilleurs corrélations sont observées avec les données climatiques moyennes calculées sur la période de décembre à juin (Tableau 1) ou à une échelle plus réduite de mai à juin (sachant que *L. forbesii* est recruté en juin). Dans le cas de la série  $U_{L.vulgaris}$  ce sont les mois du printemps et de l'été qui présentent la meilleure corrélation (sachant que *L. vulgaris* est recruté en septembre-octobre).

Tableau 1. Echelles temporelles utilisées pour agréger chaque variable climatique (moyennes calculées du mois m1 au mois m2) à partir des coefficients de corrélations de Pearson obtenus avec les indices d'abondance

Abundance indices Climatic variables	$U_{Loliginidae}$	$U_{L.forbesii}$	$U_{L.vulgaris}$
SST (T)	12(y-1) to 6(y)	10(y-1) to 11(y-1)*	6(y) to 8(y)*
Sea-air temperature ( $\Delta T$ )	12(y-1) to 6(y)*	12(y-1) to 1(y)*	3(y) to 4(y)
Speed wind Longitude (O)	4(y) to 5(y)*	11(y-1) to 1(y)	6(y) to 8(y)*
Speed wind Latitude (A)	1(y) to 6(y)	1(y) to 5(y)	3(y) to 5(y)
Scalar wind (S)	10(y-1) to 6(y)	4(y) to 5(y)*	4(y) to 8(y)*
Wind stress Longitude (Os)	4(y) to 5(y)*	11(y-1) to 1(y)	6(y) to 8(y)*
Wind stress Latitude (As)	1(y) to 6(y)	1(y) to 5(y)	3(y) to 5(y)
Cloudness (C)	5(y) to 6(y)	10(y-1) to 5(y)	3(y) to 8(y)
SLP (P)	3(y) to 6(y)*	3(y) to 5(y)	5(y) to 7(y)*

### 3. Modèles ajustés après sélection de variables et qualité des ajustements

La procédure de sélection de variables (sélection descendante suivant le critère AIC) permet d'obtenir des modèles économes en variables (évitant le risque de surparamétrisation)

Les variables retenues sont la température de la mer en surface (SST) l'écart de température air/mer ( $\Delta T$ ) les coordonnées longitudinales et scalaires du vent (O et S), la nébulosité (C) et l'indice NAO (N).

Les trois modèles s'écrivent de la façon suivante

$$(a) U_{loliginidae, y}^{pre} = \beta_O O_y^{Apr \text{ and } May} + \beta_{\Delta T} \Delta T_y^{Dec \text{ to } Jun} + \beta_C C_y^{May \text{ and } Jun} + \beta_N N_y^{Dec \text{ to } Jun} + \epsilon$$

$$(b) U_{L.forbesii, y}^{pre} = \beta_T T_y^{Oct \text{ to } Jan} + \beta_S S_y^{Oct \text{ to } Jun} + \beta_N N_y^{Dec \text{ to } Jun} + \epsilon$$

$$(c) U_{L.vulgaris, y}^{pre} = \beta_T T_y^{Jun \text{ to } Aug} + \beta_C C_y^{Mar \text{ to } Aug} + \beta_N N_y^{Jun \text{ and } Jul} + \epsilon$$

L'influence des variables climatiques n'est pas nécessairement la même pour chaque modèle ainsi par exemple la température a un effet positif sur l'abondance de *L. vulgaris* mais un effet négatif sur celle de *L. forbesii*. Cependant les variables liées au vent et l'indice NAO ont systématiquement un effet positif sur l'abondance.

L'étude des corrélations entre variables explicatives (Tableau 2) montre qu'il y a très peu de redondances entre ces variables (c'est seulement pour le modèle avec les 2 espèces de Loliginidae qu'une corrélation significative est observée entre les écarts de température et l'indice NAO).

Tableau 2. Coefficients de corrélation de Pearson calculés entre les variables explicatives. Une corrélation significative (p-value < 0.05) est indiquée en **gras\***.

(a) *Loliginidae*

	$\Delta T$	O	C	N
$\Delta T$				
O	0.14			
C	-0.03	-0.03		
N	<b>-0.42*</b>	0.28	0.19	

(b) *L. forbesii*

	T	S	N
T			
S	-0.23		
N	-0.33	0.24	

(c) *L. vulgaris*

	T	C	N
T			
C	-0.12		
N	0.14	-0.08	

Les trois modèles ajustés expliquent une part très significative de la variabilité des indices d'abondance (Tableau 3). C'est pour *L. vulgaris* que l'ajustement obtenu est le meilleur



( $R^2 = 0.80$ ) alors que pour les deux autres il est plus faible ( $R^2=0.54$  pour les Loliginidae, et  $R^2=0.57$  for *L. forbesii*). La très grande majorité des abondances observées se situe à l'intérieur des intervalles de confiance à 95% des prédictions (Fig. 5).

Tableau 3. Qualité statistique des ajustements des trois modèles décrivant l'abondance des calmars.

	Loliginidae,	<i>L.forbesii</i>	<i>L.vulgaris</i>
Residual standard error	0.02665	0.01877	0.01233
degrees of freedom	18	17	17
R-squared	0.6333	0.6327	0.8215
Adjusted R-squared	0.5518	0.5678	0.79
F	7.771	9.76	26.07
p-value	0.0008036	0.0005648	1.37E-06

Pour les trois modèles la distribution des valeurs calculées et observées montre que les résidus n'ont pas de structure particulière (Figure 6). Dans le cas de *L. forbesii* les deux ensembles de points (avec une majorité de valeurs faibles et quelques points élevés) correspondent aux quelques pics d'abondance nettement plus forte.

Les ajustements après ré-échantillonnage montrent que la série des Loliginidae est la moins sensible à des valeurs manquantes alors que logiquement c'est la série des *L. forbesii* pour laquelle ces prédictions à partir d'une série incomplète sont les moins précises. En effet, selon que les pics d'abondance font partie du tirage ou pas ils peuvent être plus ou moins bien prédits.

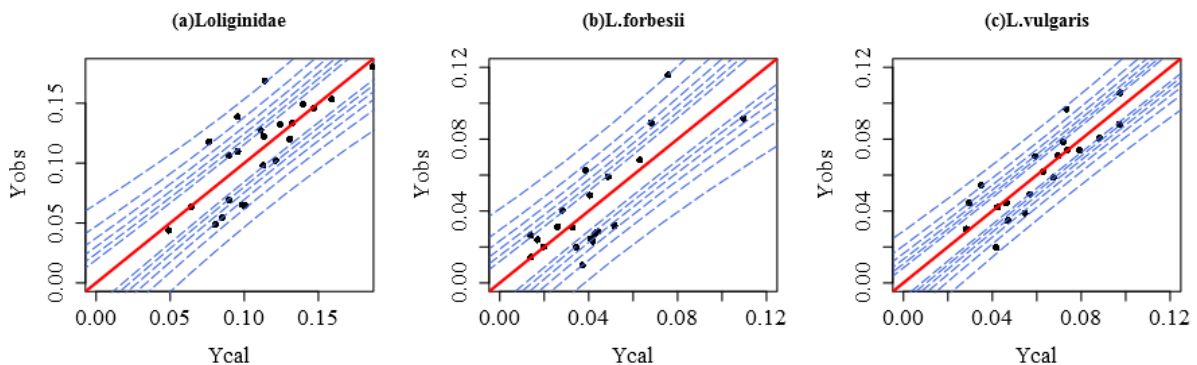


Figure 6. Relations entre valeurs observées ( $Y_{obs}$ ) et calculées ( $Y_{cal}$ ) values pour chaque model (points noirs). La ligne rouge décrit l'ajustement linéaire et les hyperboles bleues les intervalles de confiance à 45, 55, 65, 75, 85 et 95 % des prédictions.

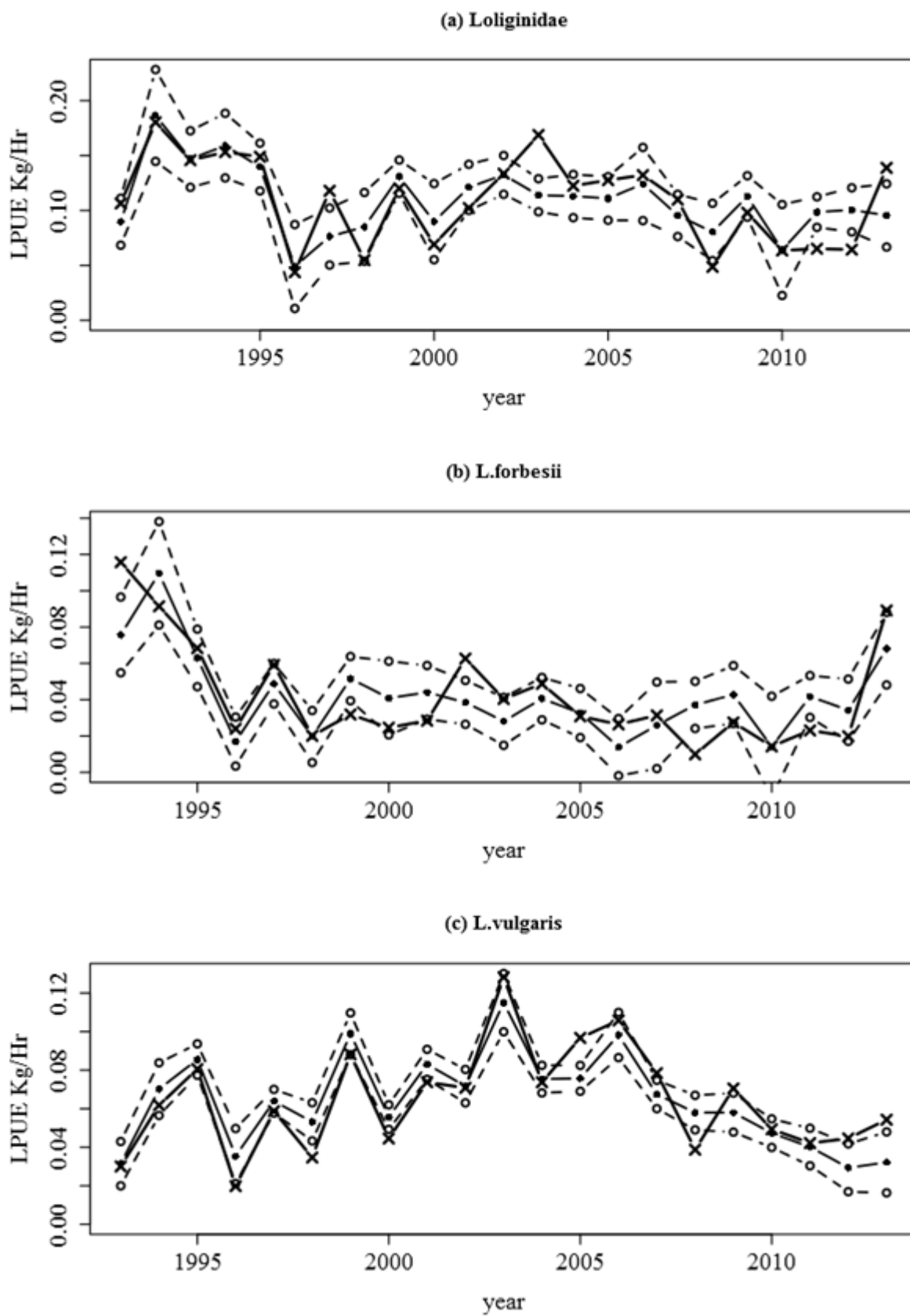


Figure 5. Séries temporelles des indices d'abondance observés (-X-) et prédits (-O-) avec les intervalles de confiance à 95% de 1991 à 2013 pour le mélange des 2 espèces et de 1993 à 2013 pour chaque espèce séparément. Chaque point correspond à l'abondance moyenne sur une saison de pêche (de juin "y" à mai "y+1").

## Conclusion

Les modèles empiriques qui ont été ajustés dans ce travail reposent sur l'hypothèse d'une influence des paramètres environnementaux subis dans la période précédant le recrutement sur l'abondance des cohortes annuelles.

L'effet de la température sur la survie des juvéniles et sur leur croissance a été décrite par d'autres auteurs (Denis *et al.*, 2002) (Villanueva, 2000), (Moreno *et al.*, 2012). D'autres travaux ont passé en revue l'ensemble des paramètres ayant un effet sur les populations de Céphalopodes (Rodhouse *et al.*, 2014).

Les modèles font usage de variables hydro-climatiques facilement accessibles depuis le site de la NOAA et leur utilisation en routine pour des prédictions régulièrement mises à jour repose sur une succession d'opérations clairement identifiées et résumées sur la figure 8.

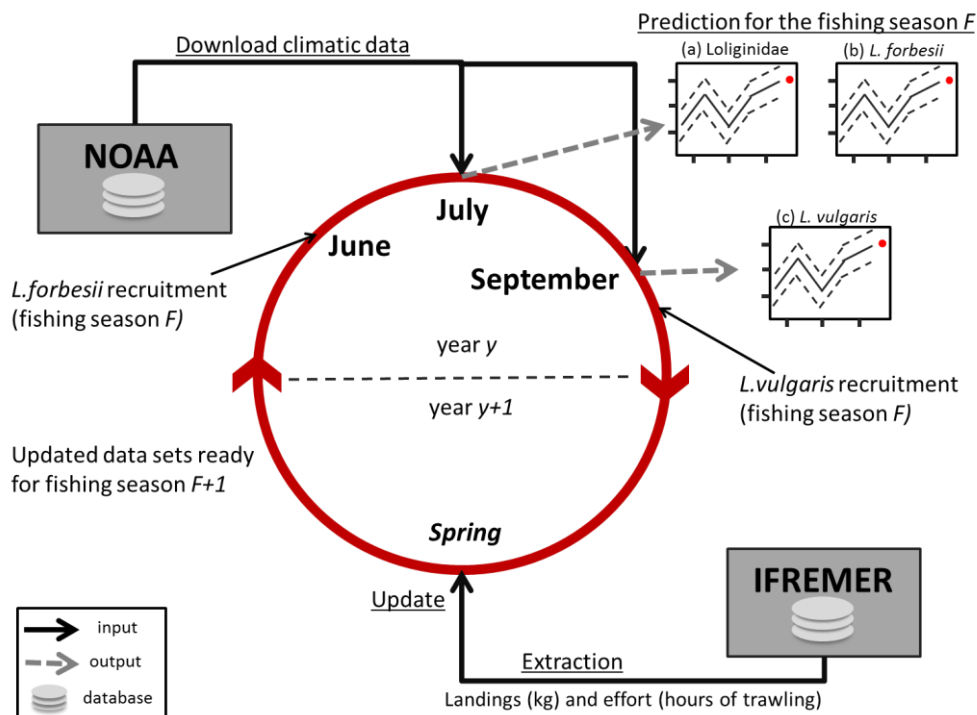


Figure 7. Etapes de mise à jour des modèles empiriques pour la prédiction de l'abondance des calmars de la saison de pêche suivante

## L'analyse exploratoire des données d'observation en mer.

### Introduction

L'étude exploratoire de la base de données des observations en mer d'opérations de pêche (programme national Obsmer) a été réalisée par une stagiaire (Mlle Eloïse Potteau) dont le rapport est repris ici pour en présenter les principaux éléments. L'analyse porte, parmi les opérations de pêche échantillonnées par les observateurs du programme, sur les pêches réalisées en Manche et ayant donné lieu à des captures de Céphalopodes. La base Obsmer est une des bases du SIH français (Système d'Information Halieutique) gérée par l'Ifremer.

Obsmer, ou programme français d'observation à bord des navires de pêche professionnelle, est fondé sur un partenariat entre trois acteurs principaux : la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture (DPMA), l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) et le Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CNPMM). Ce programme concerne l'ensemble des poissons et invertébrés commerciaux du littoral français. Son objectif est d'observer les interactions entre l'écosystème marin et les activités de pêche. Il permet également d'estimer les rejets, car les captures sont observées dans leur totalité : débarquements plus rejets. Les rejets représentent la partie de la capture rejetée à la mer à cause de la trop petite taille des individus, de leur qualité insuffisante ou des quotas à ne pas dépasser. A bord, l'observateur identifie, pèse et mesure les espèces commerciales capturées. Cependant toutes les marées ne pouvant être observées, un plan d'échantillonnage a été mis en place dans le but d'obtenir le meilleur échantillonnage possible. Ces observations ont commencé en 2003 et ont été amplifiées en 2009 dans le cadre des programmes européens d'acquisition de données en réponse à la politique communautaire des pêches.

L'analyse exploratoire de cette base de données a pour but d'en vérifier la qualité, et de fournir un bilan des toutes ces données récoltées afin de pouvoir répondre aux questions suivantes :

♦ Quels engins/métiers (association d'un engin avec une espèce cible) ont été étudiés? On s'intéressera notamment ici à la répartition et l'évolution temporelle de cette répartition, que ce soit par année ou par trimestre. De plus, il sera question de voir l'évolution générale du nombre d'opérations de pêche réalisées.

♦ Quelles espèces de Céphalopodes ont été observées? Comment se répartissent-elles suivant les années? Le but est de connaître la proportion des différentes espèces observées mais aussi le type d'engin qui les a capturées.

♦ Quelles espèces de Céphalopodes font l'objet de rejets? L'objectif est l'estimation de ces rejets par espèce mais aussi par engin, afin d'en déduire les conséquences de la pêche commerciale par rapport aux captures totales.

♦ Finalement, on souhaite savoir si des marées très côtières ont été étudiées. En effet, dans le cas des seiches, des dérogations sont accordées aux pêcheurs de Manche qui leur permettent de travailler à moins de 3 milles des côtes au printemps et en fin d'été. L'objectif est donc de vérifier que ces pêches dérogatoires ont fait l'objet d'échantillonnages.

## Matériels et Méthodes

### *Le programme d'observation ObsMer*

Tous les ans depuis 2003, Ifremer édite un planning des embarquements. Ce tableau présente, pour chacune des trois façades (Manche Est/mer du Nord, Atlantique et Méditerranée), le nombre de marées à observer par métier. Cette liste est disponible sur le site WAO (<http://www.ifremer.fr/wao>) et mis à jour régulièrement.

Les observateurs suivent ce plan d'échantillonnage et contactent les navires dont le métier doit être observé. Si un navire refuse de participer au programme d'observation, l'observateur en note les raisons et contacte quelqu'un d'autre. Quand l'accord du patron de pêche est obtenu, les observateurs peuvent embarquer pour la prochaine marée. Après le tri des captures, ils observent pour une fraction des opérations de pêche la partie retenue et non retenue (identification des espèces, pesée et mesure). Si les captures sont trop importantes, les résultats sont extrapolés à partir d'un échantillon. Le lieu, l'heure de pêche et les caractéristiques des engins sont aussi toujours relevés. Toutes ces observations sont ensuite saisies, enregistrées et archivées dans la base de données. Tout écart à ce plan d'échantillonnage est accepté à condition d'être justifié par l'observateur et validé par le responsable du programme. [2]

### *Extraction des données*

Dans la base de donnée Obsmer, les données concernant les opérations de pêche réalisées en Manche et au cours desquelles des Céphalopodes ont été capturés ont été extraites. Cette première extraction a été obtenue grâce à l'équipe "Ressources Halieutiques" de la station Ifremer de Port-en-Bessin en amont du stage, qui a converti les données en un fichier de type Rdata avec le package « COST ». Ce fichier a alors été exporté sous forme « .csv » par Jean-Paul Robin à l'aide du logiciel R, dont voici les commandes utilisées :

```
#Chargement des librairies
library(COSTcore)
#Changement du répertoire courant setwd("C:/Users/jpr/jpr_recherche/Stagiaires/Eloise_Potteau_IUT")
#chargement des données
load("ObsMer_Ceph2003-2014.Rdata")
#Affichage des données chargées
ls()
#création d'un fichier csv une des tables de l'objet .Rdata
write.csv(Ceph@tr,"Ceph_tr.csv", row.names=TRUE)
write.csv(Ceph@hh,"Ceph_hh.csv", row.names=TRUE)
write.csv(Ceph@sl,"Ceph_sl.csv", row.names=TRUE)
write.csv(Ceph@hl,"Ceph_hl.csv", row.names=TRUE)
```

Les données sont donc réparties sur 4 tables reliées entre elles [3] :

- **TR** (Trip – 16 colonnes) : cette table regroupe les informations concernant les engins de pêche observés (taille, longueur,...) et les marées observées (nombre de jours en mer, pays...).
- **HH** (Haul Header – 29 colonnes) : détaille les informations sur les opérations de pêche : métiers observés, la date, les coordonnées géographiques, les rectangles statistiques CIEM et zones (ici division CIEM VIId pour la Manche orientale et CIEM VIIe pour la Manche occidentale). (Figure 1)
- **SL** (Species List – 17 colonnes) : contient des informations sur les espèces observées,



leur catégorie de capture (rejeté ou embarqué) et leurs poids.

- **HL** (Haul Length – 16 colonnes) : comporte des informations sur les classes de longueurs des espèces observées.

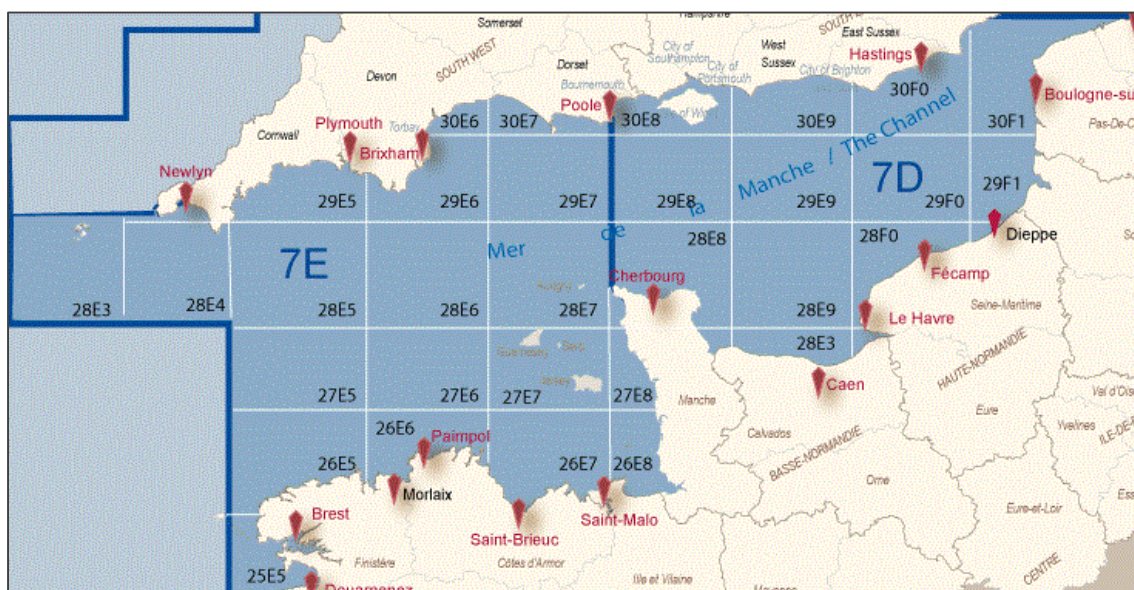


Figure 1 : rectangles statistique CIEM en Manche, utilisés pour préciser l'origine des pêches commerciales.

Lors de l'analyse de ces données, les tables qui ont principalement été utilisées sont HH et SL. Dans la table HH, on a utilisé les champs « foCatEu5 » = codes des métiers, « latIni » = latitude initiale, « lonIni » = longitude initiale, « latFin » = latitude finale, « lonFin » = longitude finale, « date » et « year ». (Annexe I) On a également rajouté quelques champs dans cette table : tout d'abord un champ « engin » à partir du champ « foCatEu5 » grâce à la fonction gauche(). Cette fonction permet d'extraire les trois premiers caractères du champ cible, ce qui nous donne alors le code des engins observés. De plus, on a extrait les « mois » et « trimestres » avec la fonction recherche() à partir du champ « date ».

Dans la table SL, on a utilisé les champs : « spp » = espèce, « catchCat » = catégorie de capture (rejeté/débarqué) et « wt » = poids. (Annexe I)

### Méthodes d'analyses des données

#### a. Gestion de base de données (MS Access)

Ces quatre tables ont été importées dans une base MS Access afin de pouvoir être reliées entre elles. Ces liaisons évitent de répéter trop d'informations et facilitent donc leur exploitation. Pour répondre aux questions posées, on effectue plusieurs requêtes en utilisant une ou plusieurs de ces tables. En effet, MS Access dispose d'un outil « requête » plus facile à utiliser que le langage informatique SQL, mais dont les actions peuvent tout de même être visualisées avec ce langage. Les premiers champs des tables sont liés et permettent donc de regrouper les différentes informations. On utilise notamment le champ « trpCode », qui donne le code national pour chaque marée observée, et les numéros de stations échantillonnées « staNum » pour associer les données entre elles.

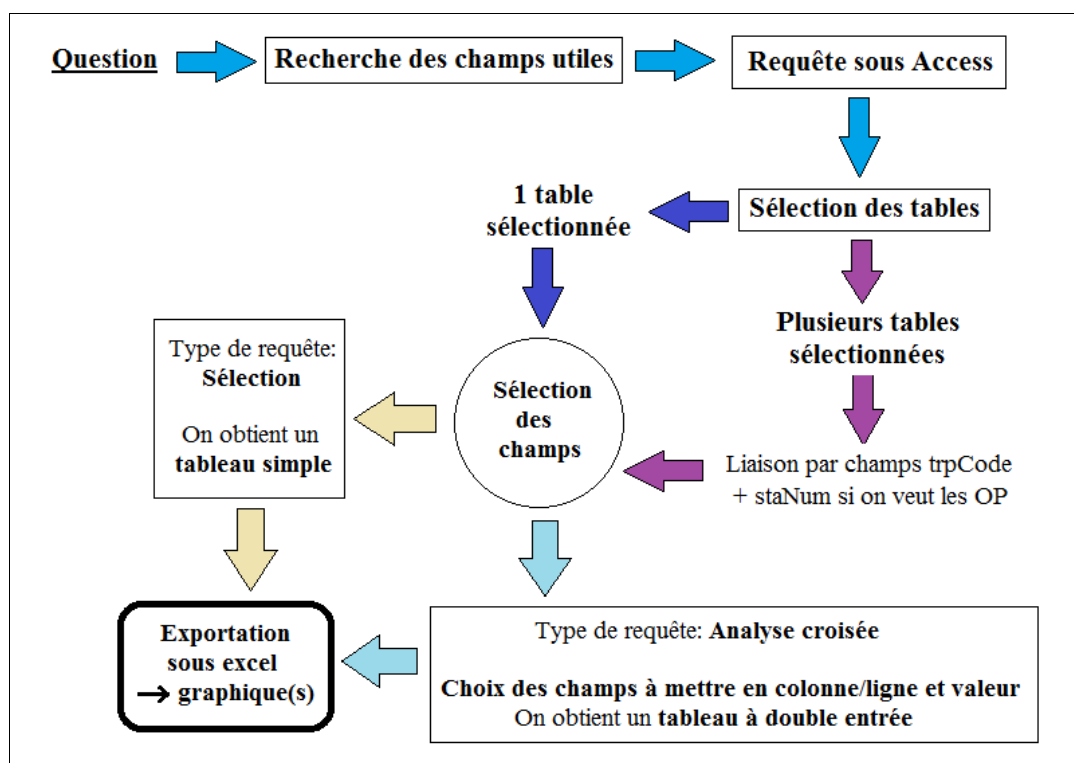


Figure 2 : étapes générales du traitement d'une interrogation

Tableau 1 : requêtes effectuées sous MS Access

Objectif	Table(s) utilisée(s)	Requête
Etudier l'évolution du nombre d'opérations de pêche	HH et SL liés par trpCode et staNum	Regroupement des champs "engin", "spp" et "year", compte du champ "staNum"
Espèces de Céphalopodes qui ont été capturées par engin	HH et SL Liés par trpCode	Regroupement des champs "engin", "spp" et "year", somme champ "wt"
Caractériser les rejets en fonction des espèces/engins		Regroupement des champs "year", "catchCat", "spp" et "engin" et somme de "wt"
Etude de l'évolution des engins qui sont observés		Regroupement "year", "trimestre", "mois", "engin" et somme "wt".
Etudier la répartition et l'évolution des espèces	SL	Regroupement des champs "spp" "year", et somme "wt"

Ces requêtes donnent des tableaux qui peuvent ensuite être exportés sous Excel pour créer des graphiques (comme déjà illustré avec la figure 2)

#### Analyse exploratoire (avec R)

Une autre méthode d'analyse de ces données a été testée : il s'agit de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) à l'aide du logiciel statistique R. Ce type d'analyse peut être effectuée à l'aide de la fonction *dudi.coa()* du package « *ade4* ». Cette fonction permet de projeter sur un plan les structures d'un tableau de contingence. Ici, un tableau recensant le nombre d'opérations de pêche par métier et par espèce a été créé. Cependant, les résultats obtenus n'ont pas été très concluants car les très fortes disparités dans les observations des navires de pêche n'ont pas permis une visualisation claire du nuage de points.

Une autre fonction : *table.value()* a permis une visualisation plus simple de ce tableau

de données. En effet, cette fonction permet un affichage proportionnel à l'effectif de chaque cellule du tableau, mettant ainsi en valeur celles qui dominent.

#### Analyse géographique (ArcGIS)

Au-delà des requêtes de sélections, l'analyse de la répartition spatiale des opérations de pêche échantillonnées est faite dans ArcGIS. Il s'agit d'un logiciel de gestion de données géo-référencées qui permet de visualiser ces données mais également de faire des opérations spatiales. Cette analyse est donc possible grâce aux champs contenant les coordonnées des opérations de pêche notées dans la table HH. Le but est de visualiser la répartition et l'évolution géographique des engins et espèces observées, et de sélectionner les opérations réalisées à moins de 3 milles des côtes.

Premièrement, on réalise une requête sur Access pour avoir un tableau réunissant toutes les données qui nous intéressent (code de la marée, numéro de station, date, type d'engin, métier, espèce et coordonnées géographiques). Ce tableau, mis sous Excel, peut alors être importé dans ArcGIS. Grâce aux coordonnées initiales, on peut alors placer les points représentant les opérations de pêche. Dans les propriétés de cette nouvelle couche, on peut alors choisir dans l'onglet « symbologie » une catégorie avec valeurs uniques, pouvant combiner jusqu'à trois champs.

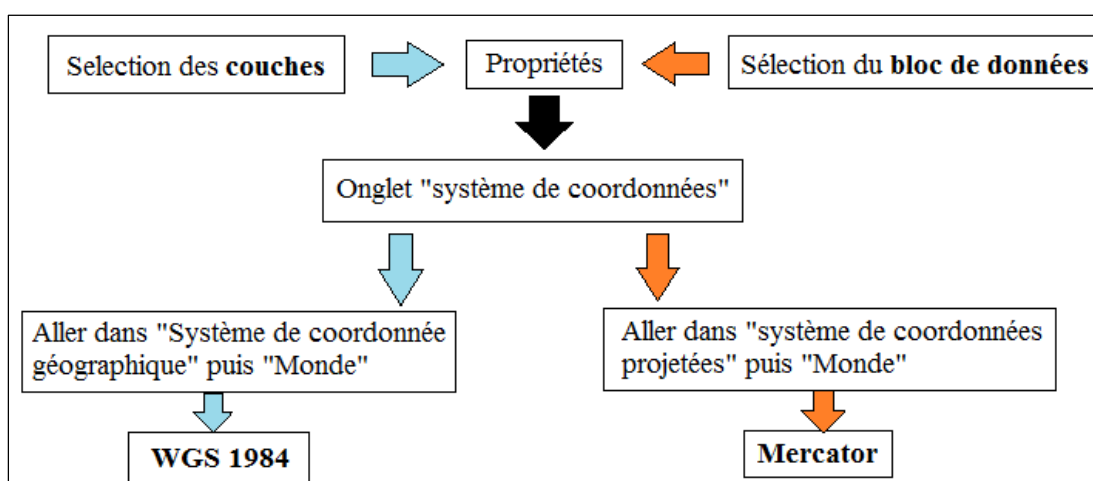


Figure 3 : Harmonisation des systèmes de coordonnées XY.

En ce qui concerne les opérations côtières, il est nécessaire de créer une nouvelle couche autour des côtes. Avant de pouvoir faire ça, il faut que les couches aient un système de coordonnées bien reconnu (comme indiqué fig. 3).

On peut ensuite utiliser l'outil de Géotraitement "Zone Tampon" avec comme entité en entrée la couche des continents. On choisit alors 3 milles nautiques comme unité linéaire, « Outside only » pour le type de côté (permet de créer la zone à l'extérieur du polygone des côtes) et « all » pour le type de fusion (fusionne toutes les zones tampons en supprimant les superpositions). On obtient alors une zone tampon de 3 milles de largeur entourant les côtes.

Puis pour sélectionner les opérations de pêche réalisées dans cette zone, on utilise ArcToolbox : Outils d'analyse → superposition → jointure spatiale.

Cet outil permet de joindre les attributs d'une entité vers une autre en fonction des relations spatiales. Les entités cibles sont les points des opérations de pêche, et l'entité jointe le polygone de la zone tampon. Dans les options de correspondance, on sélectionne



«WITHIN» : les entités des entités jointes seront appariées si une entité cible se trouve à l'intérieur d'elles.

## Résultats

### 1. Analyse globale des captures de Céphalopodes échantillonnées pour toute la Manche.

**Questions** : Comment est réparti le nombre d'opérations de pêche (OP) ayant donné lieu à des captures de Céphalopodes selon les engins de pêche? (Fig. 4) Comment évolue ce nombre d'opérations au cours des années ? (Fig. 5)

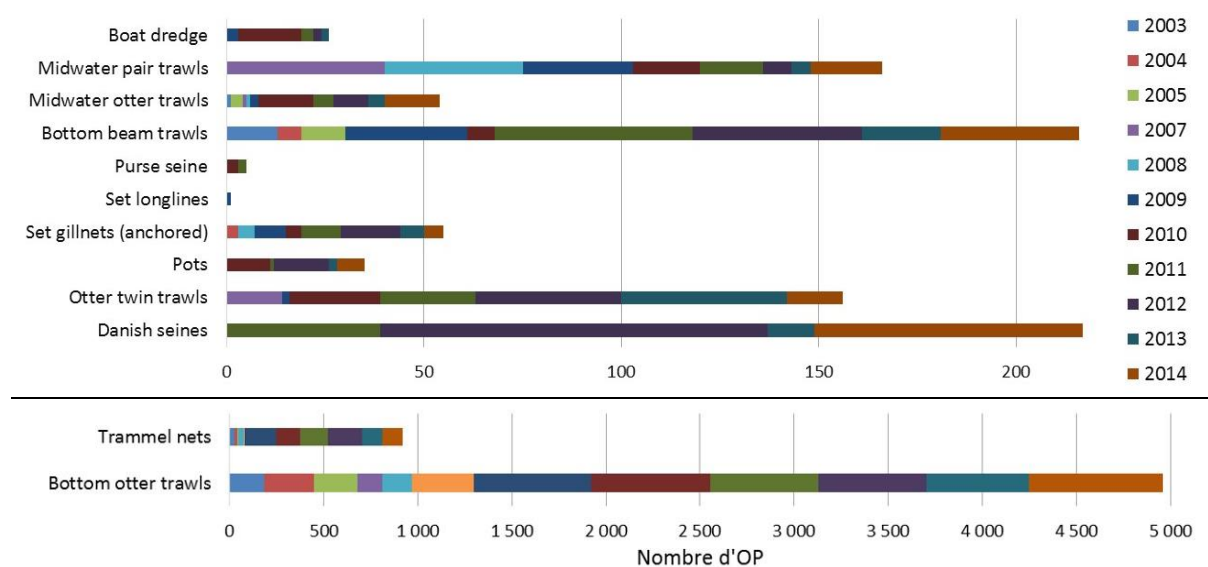


Figure 4 : Répartition des opérations de pêche échantillonnées ayant donné lieu à capture de Céphalopodes (depuis l'origine du programme Obsmer) en fonction de l'engin de pêche utilisé.

Depuis 2003 le nombre d'OP augmente avec les années et une diversification des engins est observée. Les observations concernent majoritairement l'engin « otter bottom trawls » (OTB = chalut de fond à panneaux).

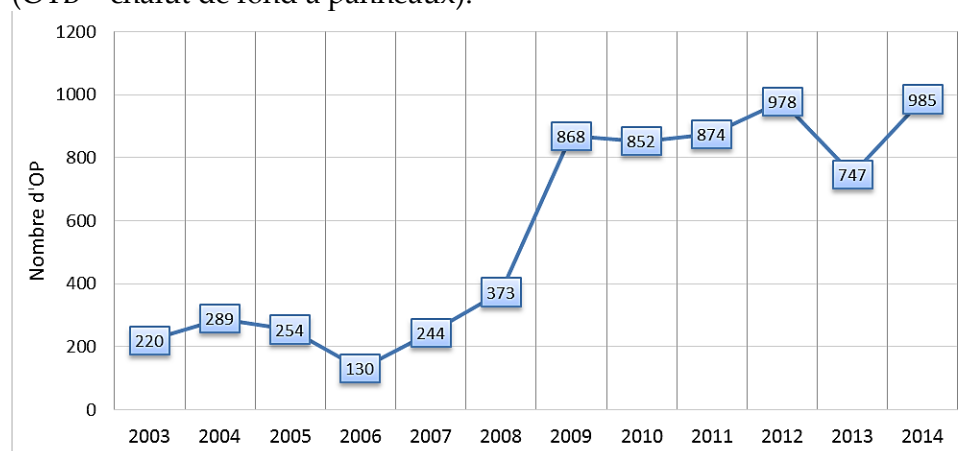


Figure 5 : Evolution du nombre d'opérations de pêche échantillonnées avec des captures de Céphalopodes

On remarque une augmentation à partir de 2009 qui se stabilise ensuite. Cette augmentation correspond à la montée en puissance du programme Obsmer.

**Question :** Quels métiers échantillonnés ont donné lieu à la capture de quelles espèces ?  
(Fig. 6 et 7) Comment se répartissent-ils en fonction des années/trimestres/mois ? (Fig 8 et 9)

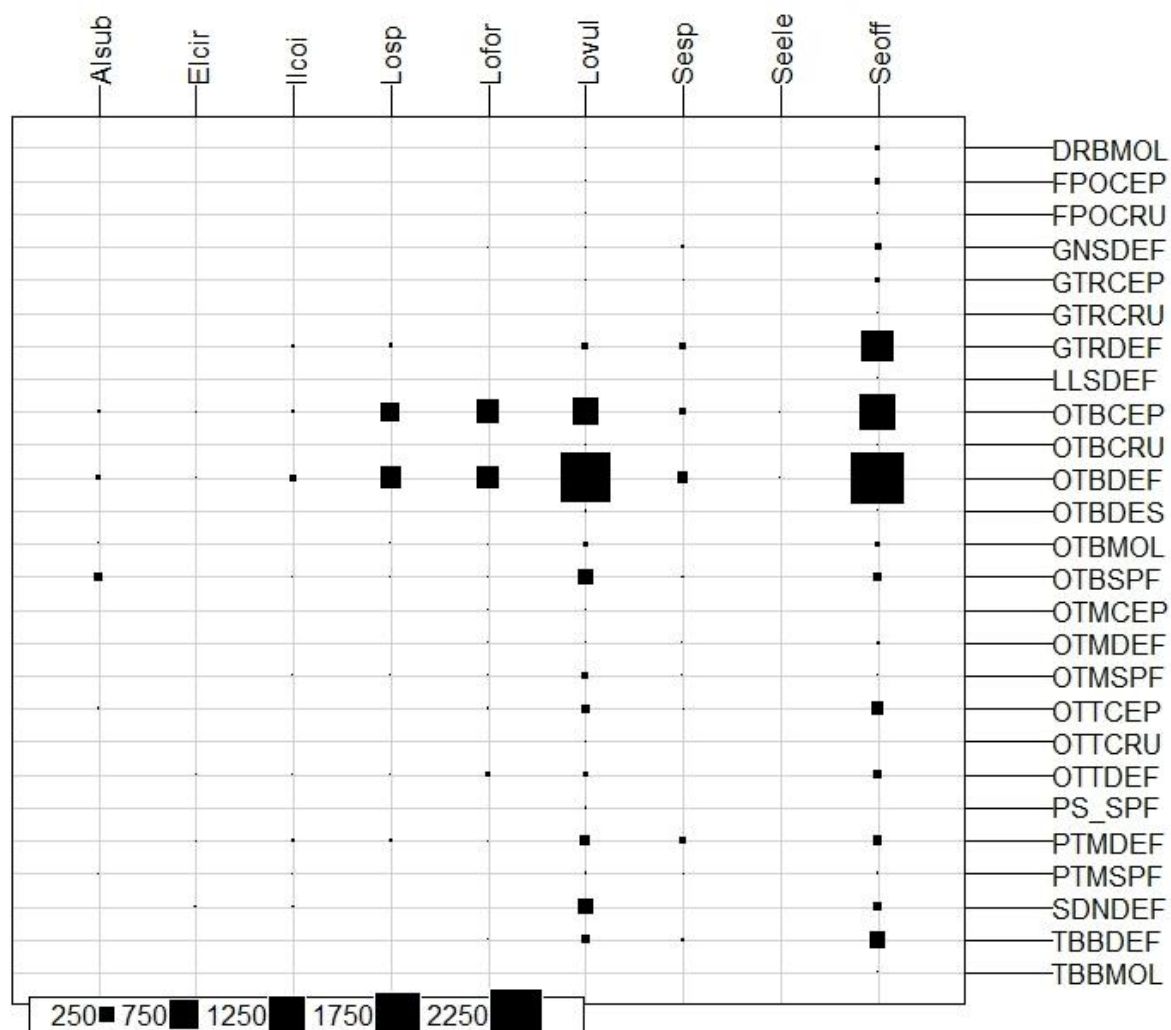


Figure 6 : nombre d'OP observées par métier et par espèce

Le métier le plus observé est OTB DEF: chalut de fond à panneaux ayant pour espèce cible les poissons démersaux, et OTB CEP qui vise les Céphalopodes. Les Céphalopodes sont principalement observés lors des OP ciblant les poissons démersaux, puis les Céphalopodes et les petits poissons pélagiques (SPF). *Loligo vulgaris* et *Sepia officinalis* sont les espèces les plus observées.

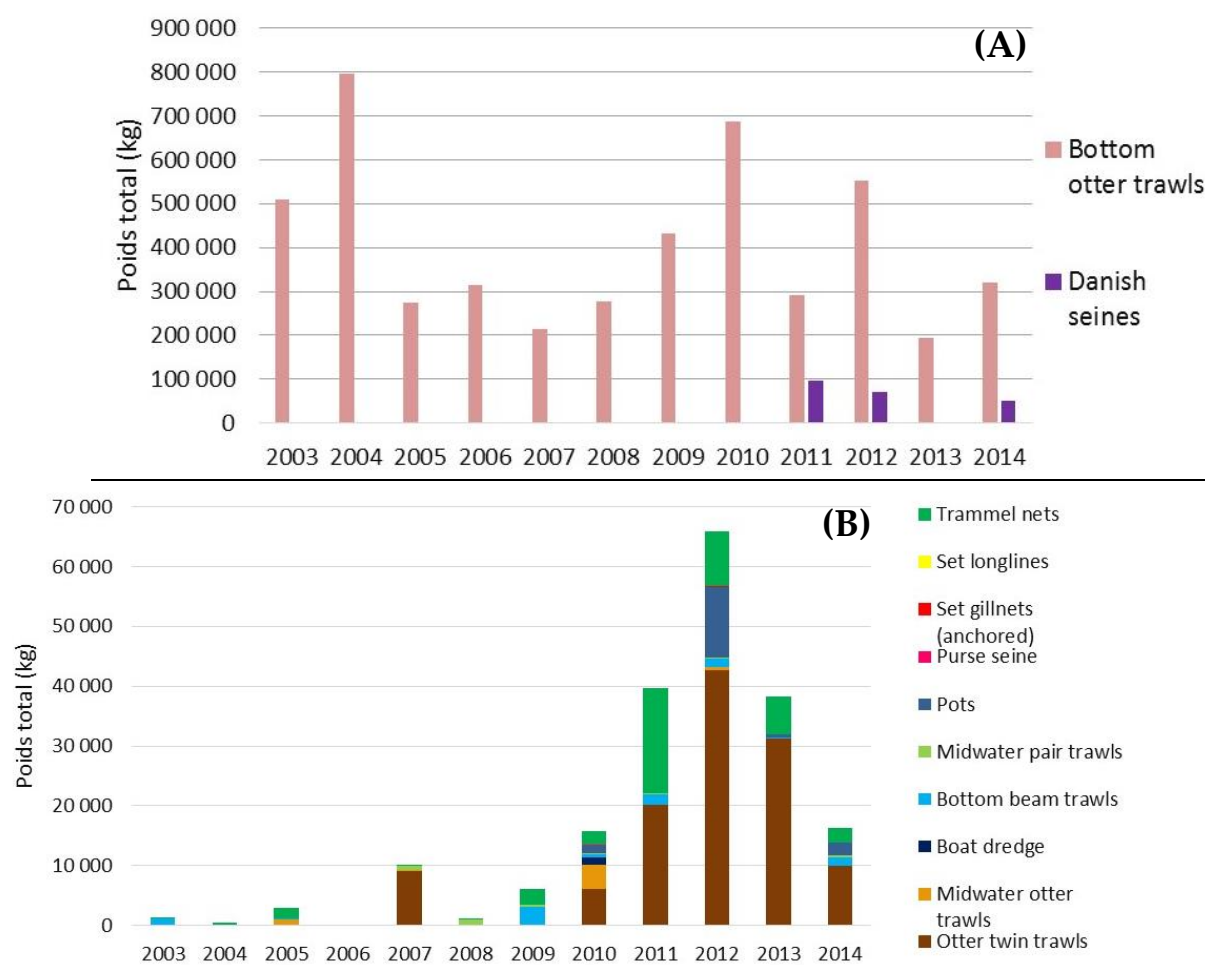


Figure 7 : Evolution interannuelle du poids total de Céphalopodes capturés par engin : (A) engins principaux / (B) engins secondaires

On observe une augmentation générale à partir de 2009 du poids total puis une diminution après 2012 (figure 7.A). L'engin OTB ne montre pas de tendance particulière. En ce qui concerne l'engin « Danish seines » (SDN = sennes danoises) : des captures ne sont observés qu'à partir de 2011 mais pour des quantités importantes, suivies d'une tendance à la baisse. (Figure 7.B)

On a séparé ci-dessous pour les trimestres et les mois la période avant et après 2011, afin de comprendre la différence d'espèces observées (pratiquement plus que 2 espèces après 2011)

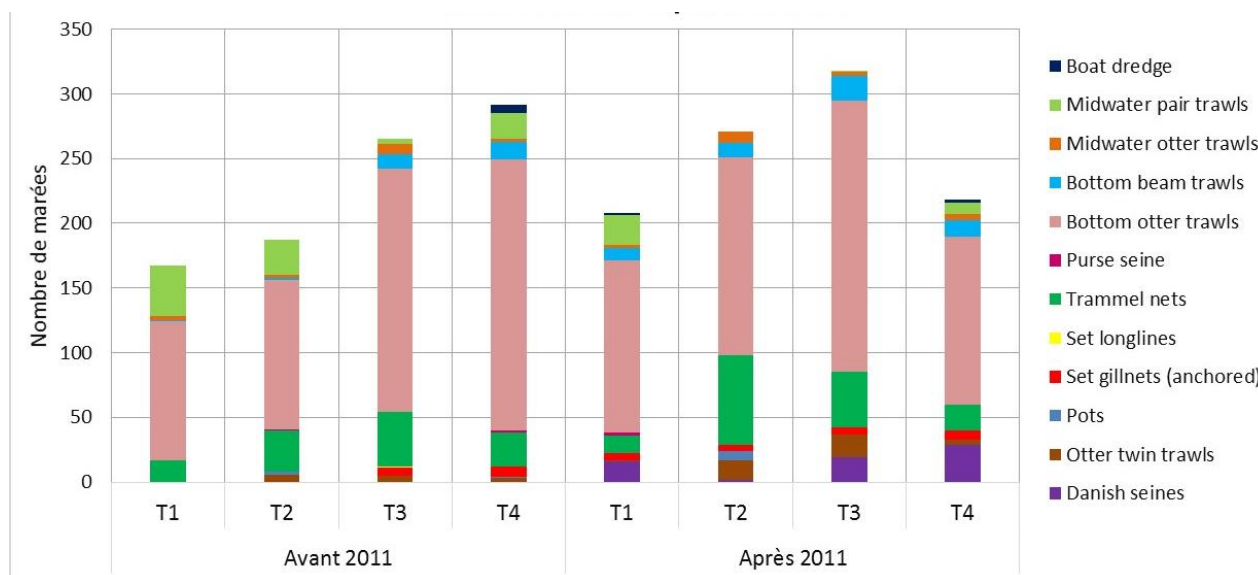


Figure 8 : Evolution de la répartition des observations par engin et par trimestre (données agrégées sur deux périodes "avant 2011" et "après 2011").

Avant 2011, la plupart des observations se font trimestre 3 et 4 (juillet – décembre). Après 2011, plus d'observation aux trimestres 2 et 3 (avril – septembre). Chaluts sont peu influencés par les saisons. Les casiers sont essentiellement observés au printemps (T2) et les dragues en automne (T4).

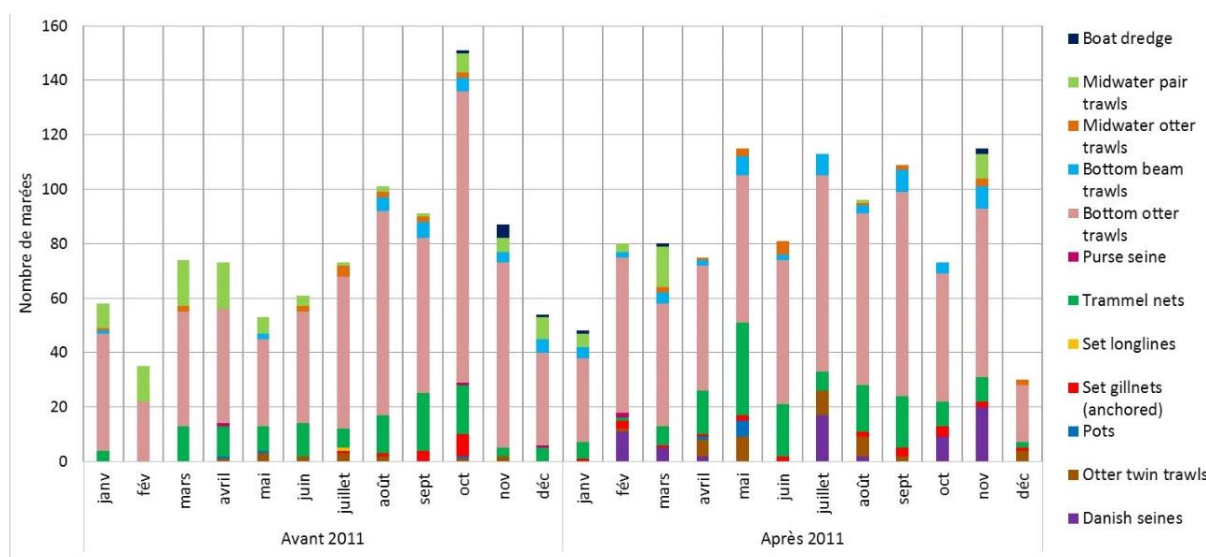


Figure 9 : Evolution de la répartition des observations par engin et par mois (données agrégées sur deux périodes "avant 2011" et "après 2011").

Avant 2011 : il y a beaucoup plus d'observations en octobre, tous les autres mois présentent moins de 100 marées observées. Après 2011 : les observations sont plus équilibrées de mars à novembre.

Question : Quelles espèces de Céphalopodes ont été observées ? (Fig. 10)

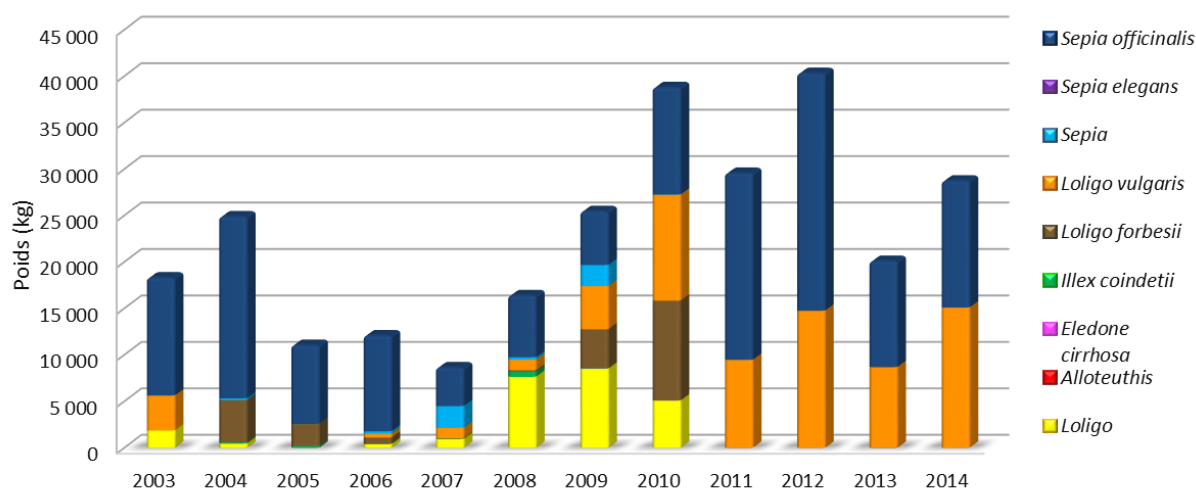


Figure 10 : Répartition et évolution des poids des différentes espèces de Céphalopodes observées en fonction des années.

Sept espèces de Céphalopodes ont été observées et deux genres (*Loligo*/*Sepia*) dont l'espèce est indéterminée. On observe une augmentation du poids total après 2009. Majorité de seiche (*Sepia officinalis*) et calmars (*Loligo vulgaris*)

Question : Quelles espèces ont été observées capturées par quels engins ? (Fig. 11)

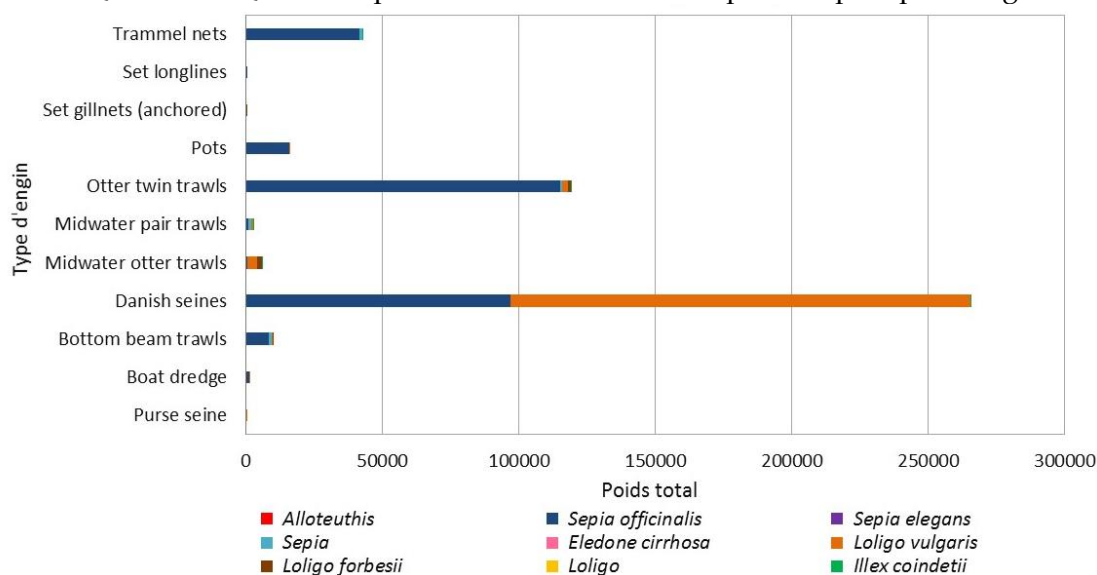


Figure 11: répartition des poids des espèces observées en fonction du type d'engin (sans OTB)

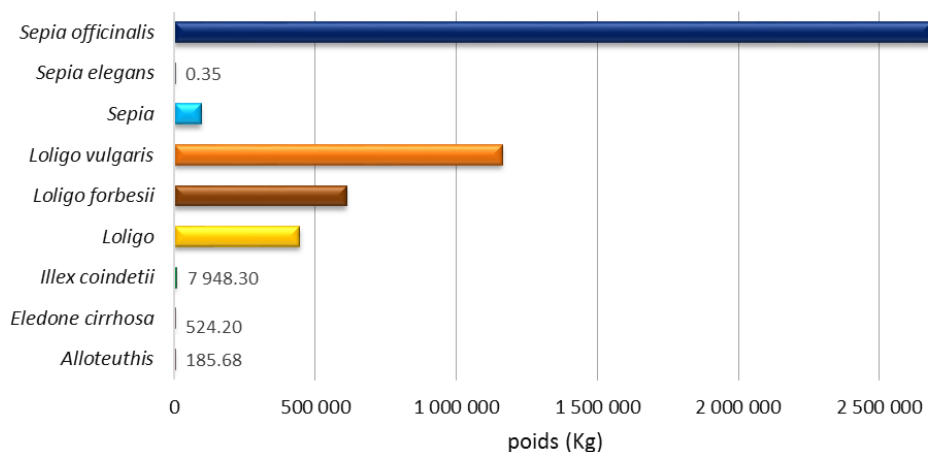


Figure 12: Répartition des poids des espèces observées pour l'engin OTB

La répartition est très hétérogène aussi bien sur les poids que sur le nombre d'espèces observées. *Sepia officinalis* et *Loligo vulgaris* sont capturées par presque tous les engins (*S.officinalis* en plus grand nombre, *L.vulgaris* surtout pour les sennes danoises) (Fig. 11)

Parmi les opérations échantillonnées celles de l'engin OTB représentent le tonnage de Céphalopodes le plus élevé avec toujours en majorité *S.officinalis* et les calmars *L. forbesii* et *L. vulgaris* (Fig. 12).

Questions: Quelles espèces ont fait l'objet de rejets ? Par quel(s) engin(s)? Comment évoluent ces rejets ?

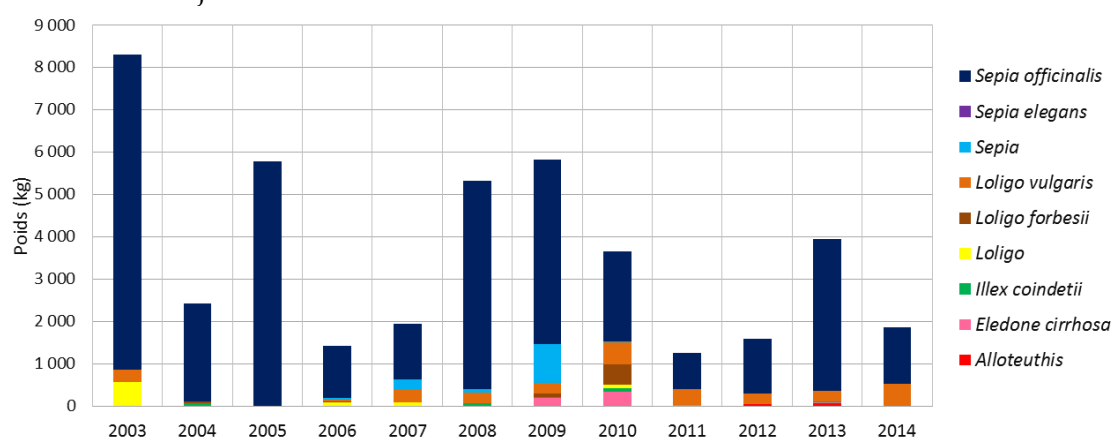


Figure 13: Evolution des poids de Céphalopodes rejetés lors des opérations de pêche échantillonnées

Les poids rejetés ont une évolution irrégulière mais tendent à baisser. L'espèce *S.officinalis* est rejetée en plus grande quantité quelle que soit l'année.

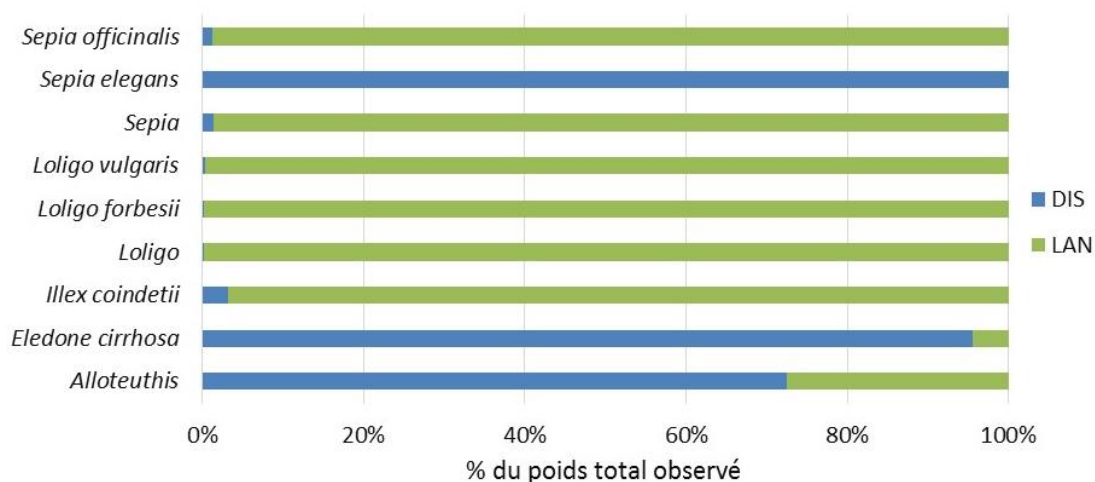


Figure 14 : Pourcentage du poids rejeté (DIS en bleu) / débarqué (LAN en vert) pour chaque espèce de Céphalopode observée.

L'espèce *Sepia elegans* est entièrement rejetée (mais est capturée en quantité faible). *Eledone cirrhosa* et *Alloteuthis* sont majoritairement rejetées (faible quantité aussi). Les autres espèces sont débarquées en quasi-totalité. (Fig. 14)

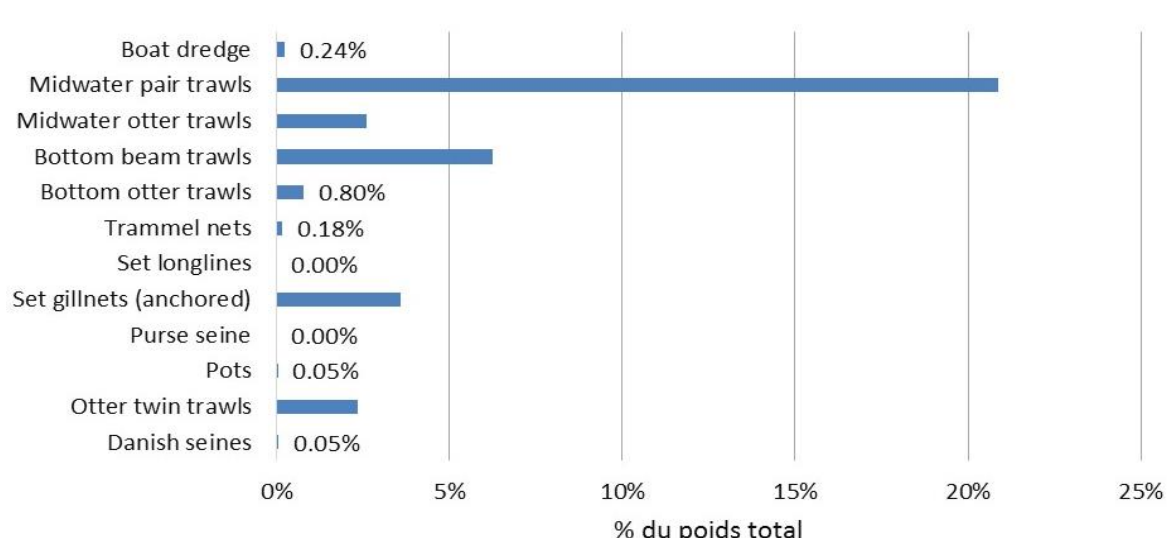


Figure 15 : Pourcentage du poids de Céphalopodes rejeté par type d'engin.

Le pourcentage de rejet le plus important concerne l'engin « midwater pair trawls » (Chalut boeuf pélagique) mais les captures de Céphalopodes par cet engin sont très faibles (cf. Fig. 11). Les rejets importants sont en général pour les chaluts et filets maillants. (Fig. 15)



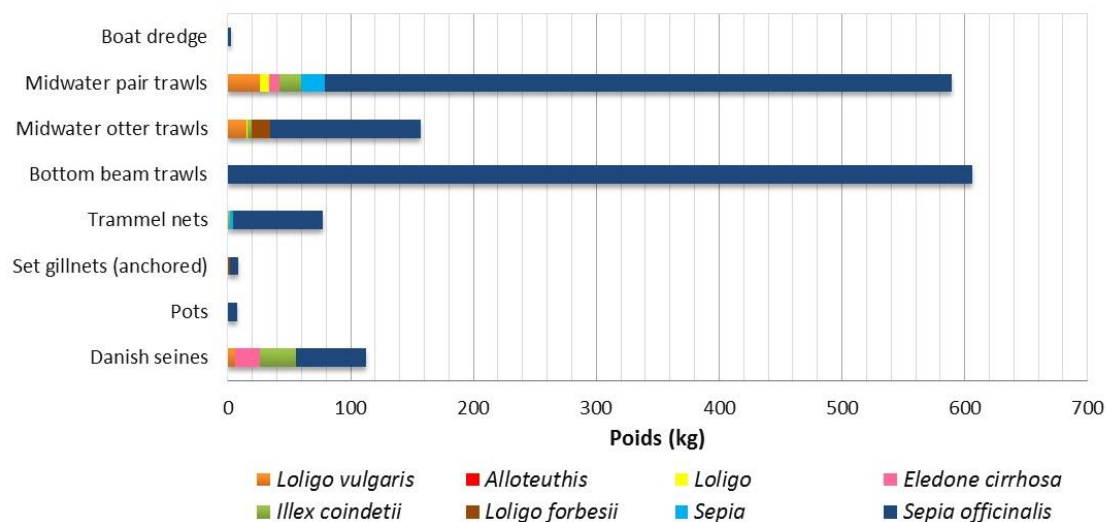


Figure 16 : Poids des espèces de Céphalopodes rejetées en fonction du type d'engin (à l'exclusion des engins OTB et OTT)

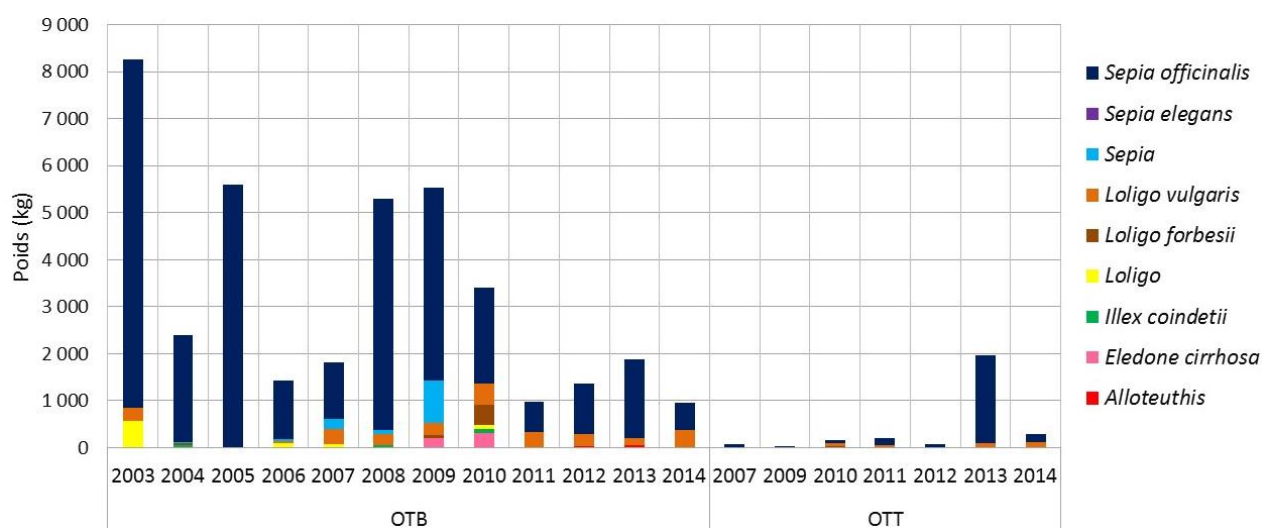


Figure 17 : Evolution temporelle du poids des Céphalopodes rejetés par OTB et OTT.

*S.officinalis* est l'espèce qui est rejetée en plus grande quantité quel que soit le type d'engin de pêche. Les chaluts OTB, OTM et PTM sont les engins qui rejettent le plus d'espèces différentes (Fig.16)

Pour les chaluts de fond à panneaux (OTB) on observe une tendance à la baisse des rejets ainsi qu'une moindre diversité des espèces rejetées. Pour les chaluts jumeaux (OTT) le taux de rejet important semble lié à un rejet de *S.officinalis* observé ponctuellement en 2013. (Fig. 17).

## 2. Analyse spatiale de l'origine captures de Céphalopodes échantillonnées.

On sépare ici la Manche au moins en deux parties : Est et Ouest, pour plus de clarté.

### a. Répartition spatiale des engins de pêche échantillonnés

Question : Comment se répartissent les engins de pêche échantillonnés ?



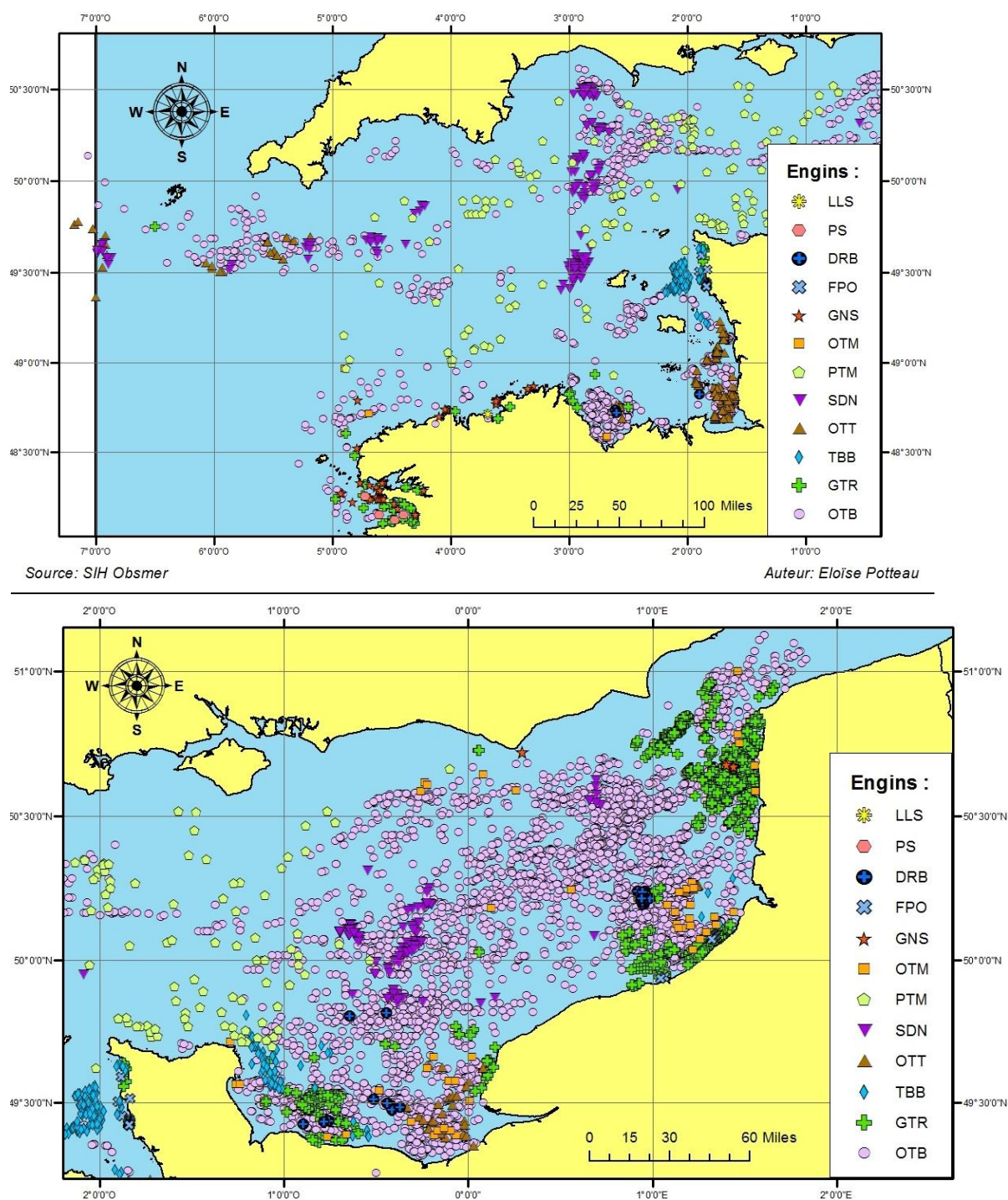


Figure 18 : Répartition des engins de pêche échantillonnés.

On observe une répartition homogène des deux engins OTB et PTM. Les engins SDN et OTT sont observés en agrégats (au large pour SDN et près des côtes pour OTT). La répartition des traits de chaluts est plus homogène à l'Est qu'à l'Ouest ce qui est cohérent avec l'étendue des fonds chalutables dans ces deux subdivisions. Les engins TBB, GTR, FPO, PS, GNS et LLS sont utilisés dans la bande côtière.

*b. Répartition temporelle des opérations de pêches échantillonnées.*

Question : Comment évolue au cours du temps la répartition des OP échantillonnées ?

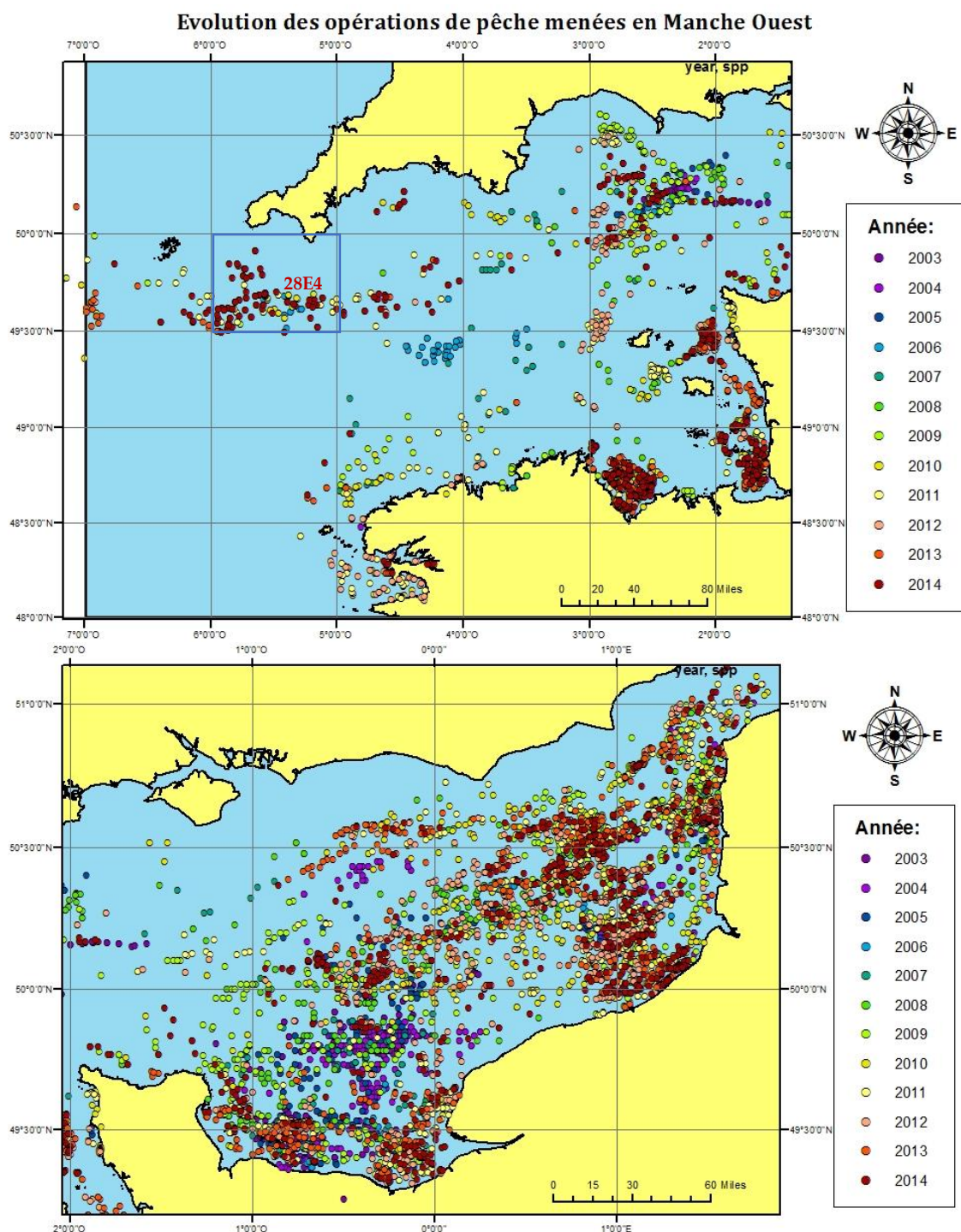


Figure 19 : Changements de répartition spatiale des opérations de pêche échantillonnées en Manche de 2003 à 2014.

En Manche Est, les opérations de pêche étudiées se concentrent dans le nord et en baie de Seine. En Manche Ouest, les OP se concentrent sur les côtes du département de la Manche, baie de St Brieuc mais aussi vers la mer celtique (rectangle 28E4)



### c. Répartition des espèces de Céphalopodes observées.

**Question** : Comment se répartissent les Céphalopodes observés ? Comment évolue cette répartition ?

*S.officinalis* a été observée dans toute la Manche. Les captures échantillonnées se sont concentrées surtout en baie de Seine et sur la côte Nord de Dieppe pour la Manche Est. En Manche Ouest la concentration s'est faite sur la baie de St Brieuc, du Mont St Michel et sur les îles anglo-normandes, ainsi qu'un secteur au sud de la Cornouaille (rectangle 28E4).

*L.vulgaris* a également été observée partout dans la Manche. Sa répartition en Manche Est s'est concentrée dans la baie de St Brieuc et du Mont St Michel. Elle est restée en revanche plus diffuse en Manche Ouest.

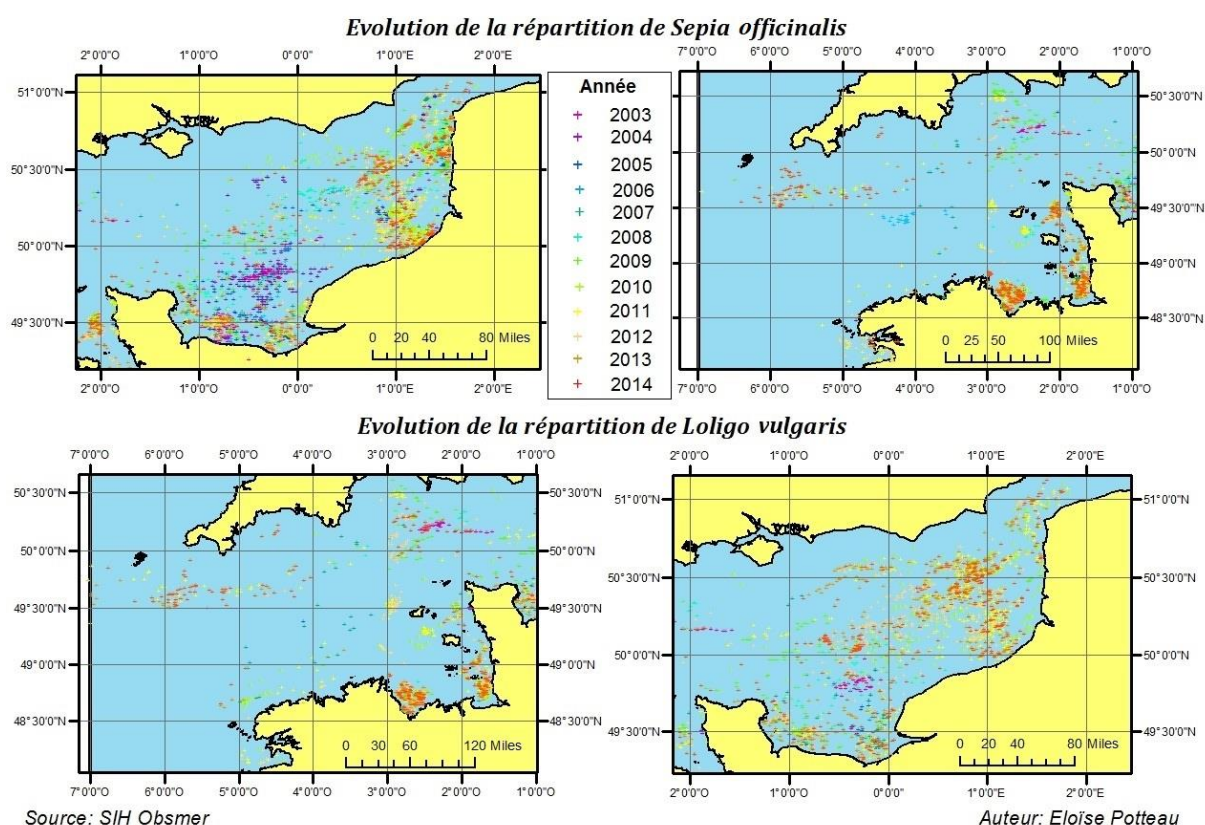


Figure 20 : Evolution de la répartition spatiale des captures de *Sepia officinalis* (en haut) et de *Loligo vulgaris* (en bas).

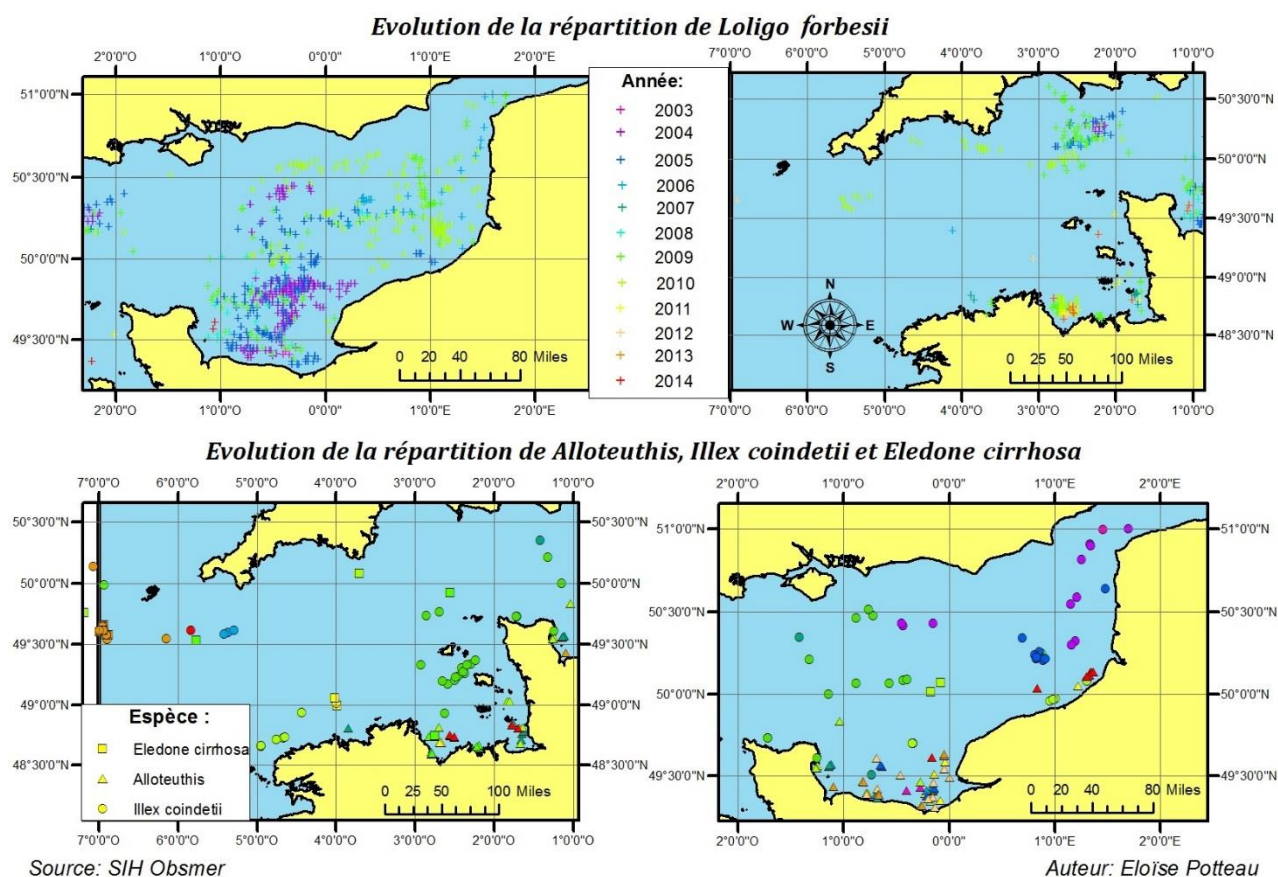


Figure 21 : Evolution de la répartition des espèces *Loligo forbesii* (en haut), *Alloteuthis*, *Illex coindetii* et *Eledone cirrhosa* (en bas)

On retrouve *L.forbesii* plus en Manche occidentale où il s'est concentré vers le nord. En Manche ouest on le retrouve plutôt vers les côtes anglaises et dans la baie de St Brieuc.

*Alloteuthis* est présent en majorité près des côtes : en particulier au nord de la Bretagne et en baie de Seine. Les captures des espèces *Illex coindetii* et *Eledone cirrhosa* ne présentent pas de tendance particulière.

#### d. Le cas des opérations de pêche très côtières.

Bien que le chalutage soit interdit dans la bande côtière, des dérogations sont accordées dans le cas des seiches. On se demande donc si ces opérations ont fait l'objet d'échantillonnages. Pour la lisibilité des cartes, les eaux françaises de Manche sont scindées en 3 zones côtières : Bretagne, Normandie et Nord.

Questions : Des opérations de pêche ont-elles été échantillonnées dans la zone des 3 milles en automne (août à novembre) ? Quels métiers y ont été observés ? Suivant quelle répartition ?

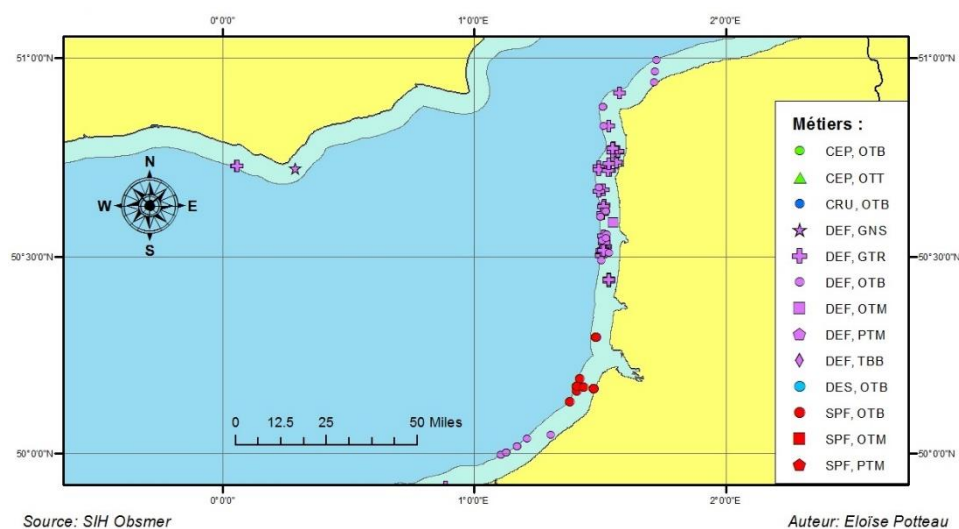
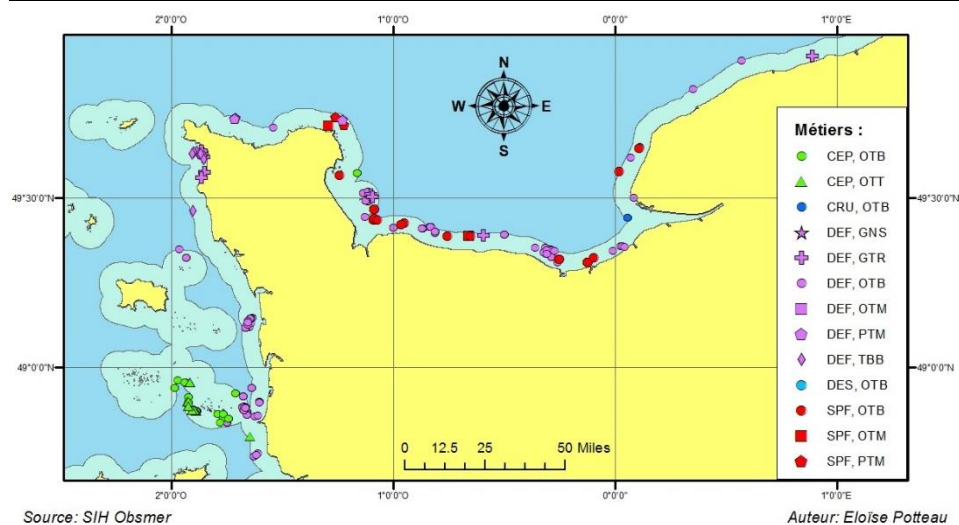
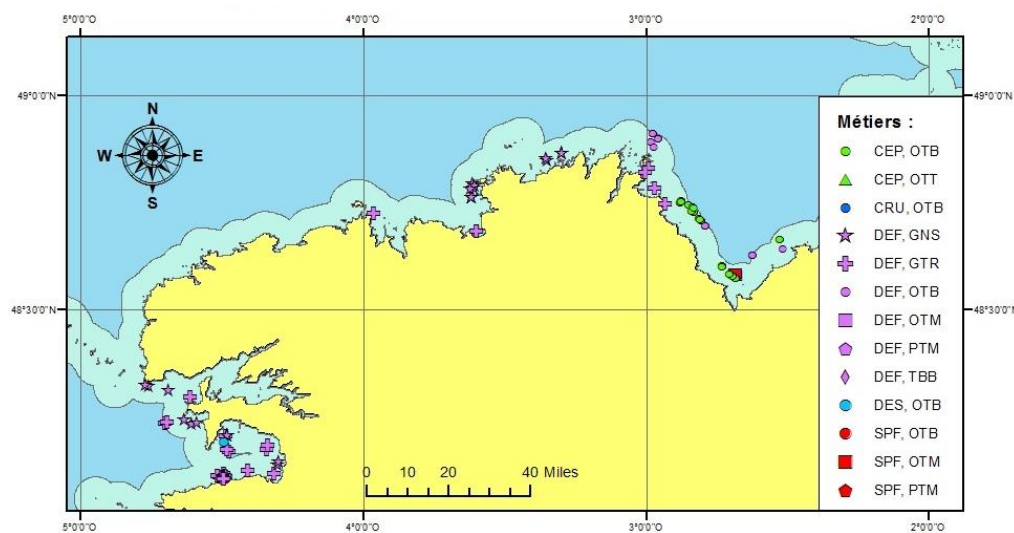


Figure 22 : Métiers pratiqués et engins utilisés dans la zone des 3 milles en automne, ayant donné lieu à des captures de Céphalopodes.

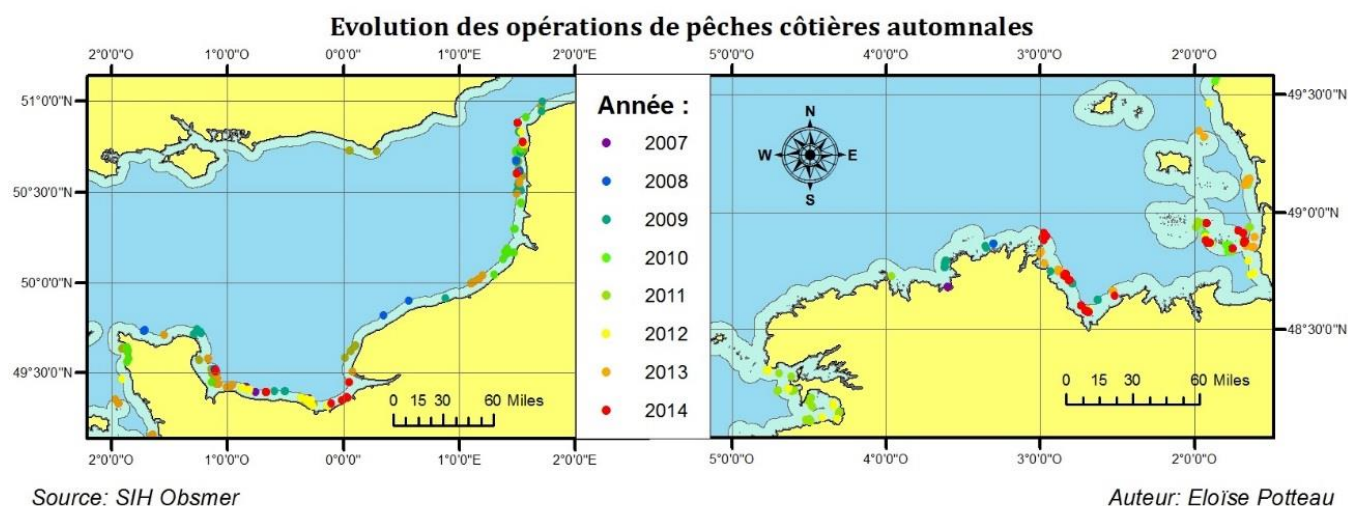


Figure 23 : Evolution temporelle des opérations de pêche échantillonnées réalisées en automne dans la zone des 3 miles.

Les cibles principales sont les poissons démersaux (DEF), les Céphalopodes (CEP) puis les petits poissons pélagiques (SPF). Les métiers les plus observés sont OTB DEF et OTB CEP.

Les opérations de pêche très côtières se concentrent au nord-est de la Bretagne et en baie de Seine.

## Discussion

### a. Analyse générale

Comme le montre la figure 4, le nombre d'opérations de pêche *observées* a augmenté au cours des années, ce qui s'est traduit par une diversification d'engins observés. Cette augmentation s'est faite surtout à partir de 2009 (*figure 5*) : en effet cette année-là, le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche a décidé de renforcer le programme Obsmer. Le nombre de jours de mer est ainsi passé de 1500 à 4500, l'objectif étant d'obtenir des données plus nombreuses et donc plus représentatives. (Ifremer, 2015)

La figure 6 nous montre que le métier le plus observé est OTB DEF: chalut de fond à panneaux ayant pour espèce cible les poissons démersaux, et OTB CEP : qui cible les Céphalopodes. La plupart des engins ciblent majoritairement les poissons démersaux, puis les Céphalopodes et les petits poissons pélagiques.

Les engins de pêche qui ont été observés capturant des Céphalopodes sont au nombre de douze, dont cinq chaluts. En accord avec l'augmentation des observations, le poids de Céphalopodes capturés augmente aussi à partir de 2009 pour la majorité des engins. (Fig. 7) Les quantités de Céphalopodes les plus importantes ont été observées pour les chaluts de fond OTB où il n'y a aucune tendance particulière au cours des années. Les sennes danoises n'ont fait l'objet d'étude qu'à partir de 2011 de par leur apparition récente en Manche (Portail CHARM III, 2012) mais présentent également de grande quantité de Céphalopodes. Les figures 8 et 9 montrent l'évolution par trimestre et par mois du nombre de marées observées pour chacun de ces engins. Avant 2011, la plupart des marées étaient observées aux trimestres 3 et 4 (juillet à décembre) avec un pic d'observation en octobre, alors que tous les autres mois ne présentaient que moins de 100 marées observées. Après 2011, il y a eu plus d'observations aux trimestres 2 et 3 (avril à septembre) et le nombre d'observations par mois s'est équilibré. Cela nous renseigne sur la saisonnalité de certains engins. Sans surprise, les chaluts ne sont



pas influencés par les saisons, tandis que les casiers sont essentiellement observés au printemps et les dragues en automne.

En ce qui concerne les espèces de Céphalopodes observées, sept espèces de Céphalopodes ont été observées ainsi que deux genres (*Loligo* et *Sepia*) sans que l'espèce ait été notée. On remarque également cette augmentation du nombre d'opération de pêche (Annexe II). Cependant, au contraire des engins, le nombre d'espèces observées ne tend pas à croître mais plutôt à diminuer.

En effet on peut voir sur la figure 10 qu'à partir de 2011 il n'y a pratiquement plus que les espèces *Sepia officinalis* et *Loligo vulgaris* qui sont observées, tandis que *Loligo forbesii* et les genres *Sepia* et *Loligo* non identifiés ont fortement diminué. Ces résultats sont surprenants en ce qui concerne l'encornet veiné *L.forbesii* car il s'agit normalement d'une espèce dominante en Manche en ce qui concerne les Céphalopodes (Holme, 1974) Cette incohérence peut s'expliquer par des erreurs d'identifications avec l'encornet commun *L.vulgaris* dont la principale différence physique se situe au niveau des tentacules. Une des causes possibles serait donc le niveau de qualification des observateurs embarqués, qui ne peuvent être spécialisés dans toutes les espèces marines. Une autre cause possible serait la saisonnalité des observations, mais comme vu précédemment dans les figures 8 et 9, le nombre de marées observées tend à s'équilibrer tout au long de l'année. Cela n'explique donc pas la disparition de *L.forbesii*.

Ces espèces de Céphalopodes sont toutes observées capturées par les chalutiers, avec toujours une large majorité de *S.officinalis* (sauf pour les sennes danoises où on retrouve le plus de *L.vulgaris*). (figure 11) Les autres engins capturent moins d'espèces différentes, avec cependant toujours une majorité de seiches. En ce qui concerne l'engin OTB : la figure 12 montre qu'il capture les 7 espèces de Céphalopodes observées, toujours avec une majorité de *S.officinalis* et *Loligo*.

Les résultats concernant les rejets montrent que ces derniers ont une évolution irrégulière mais tendent à diminuer. (figure 13) L'espèce *S.officinalis* est l'espèce qui est rejetée en plus grande quantité quelle que soit l'année. Cependant, la figure 14 indique que ces poids important de seiches rejetées ne représente qu'un faible pourcentage du poids total de seiche observé. A l'inverse, les espèces *S.elegans*, *E.cirrhus* et *Alloteuthis* sont entièrement rejetées mais représentent des quantités faibles. Les autres espèces sont largement débarquées avec de faibles poids de rejets.

Les engins de pêche qui sont à l'origine de ces rejets sont principalement les chaluts mais aussi les filets maillants, qui sont moins sélectifs que d'autres engins et rejettent donc aussi plus d'espèces différentes. (Figures 15 et 16) L'engin OTB a un faible pourcentage de rejet (0,8%) mais qui représente un poids important de Céphalopodes rejetés. C'est pourquoi il est intéressant de voir que les poids des rejets sont à la baisse, tout comme le nombre d'espèces différentes rejetées. (Figure 17) De même pour OTT : cet engin rejette seulement 2 espèces (*S.officinalis* et *L.vulgaris*), mais ses quantités de rejets importantes sont dues à un grand pic de seiches en 2013.

Les rejets ne paraissent donc pas avoir d'impact important sur ces espèces de Céphalopodes, puisqu'en 10 ans, les pourcentages de rejets ne sont élevés que pour des espèces faiblement capturées et inversement.

#### **b. Analyse géographique**

Les engins de pêche peuvent se répartir différemment selon leur nature et l'espèce qu'ils ciblent. La figure 18 montre une répartition homogène pour PTM et OTB. Ce dernier présente cependant plus d'opérations de pêche en Manche Est car les fonds meubles y sont plus étendus, ce qui est propice au chalutage. Les sennes, chaluts à perche et chaluts jumeaux

sont observés concentrés dans des zones spécifiques qui doivent correspondre à l'habitat de leur(s) espèce(s) cible(s). Les engins dormants (qui ne bougent pas) comme les casiers, palangres et filets sont naturellement présents sur les côtes de par leur fonctionnement passif. Ces résultats sont en accord avec le bilan d'échantillonnage réalisé par Obsmer en 2013 [8].

La répartition des opérations de pêche *échantillonnées* est très déséquilibrée de la Manche Est à la Manche Ouest : il y a eu beaucoup plus d'OP observées à l'est où elles se sont concentrées dans le nord et en baie de Seine. En Manche ouest : les OP se sont concentrées sur les côtes du golfe Normand-Breton, baie de St Brieuc mais aussi ponctuellement vers la mer celtique (rectangle 28E4). (Figure 19)

Pour ce qui est des espèces de Céphalopodes, on voit sur la figure 20 que *S.officinalis* et *L.vulgaris* ont été observées dans toute la Manche et leurs évolutions suivent celle des OP (concentration dans les baies et dans le nord). On retrouve *L.forbesii* plus en Manche Est où il s'est concentré vers le nord au large, et vers les côtes anglaises et dans la baie de St Brieuc en Manche Ouest. *Alloteuthis* est présent en majorité près des côtes : en particulier en Bretagne et baie de Seine. *Illex coindetii* et *Eledone cirrhosa* se sont répartis un peu partout. Ils ont été trop peu observés pour pouvoir en déduire des lieux préférentiels. (Figure 21)

La figure 22 indique qu'il existe bien des opérations de pêches automnales qui ont été observées à moins de 3 milles des côtes. Les cibles principales visées sont les poissons démersaux (DEF), les Céphalopodes (CEP) puis les petits poissons pélagiques (SPF). Les métiers les plus observés dans cette zone sont OTB DEF et OTB CEP. (Figure 22)

Les données recueillies par les observateurs pourront donc enrichir l'étude à venir des interactions entre métiers dans la bande côtière. Même si les données biologiques manquent (comme la taille des seiches capturées en zone côtière) il serait intéressant d'analyser le cortège d'espèces capturées pour juger des conséquences de dérogations accordées pour la capture de seiches juvéniles sur les poissons. Ces seiches juvéniles sont en principe loin d'avoir exploité les potentialités de croissance de l'espèce et loin de l'âge de reproduction et le rejet de ces captures ne semble pas une solution du fait de leur faible taux de survie (18%). (Revill *et al.*, 2015).

Tous ces résultats concernant les Céphalopodes constituent une première dans l'analyse de la base de données Obsmer pour le secteur de la Manche. Aucune comparaison n'est donc ici possible, car les autres secteurs ayant fait l'objet d'étude (comme le golfe de Gascogne, Fauconnet, 2014) ne présentent pas les mêmes métiers ni les mêmes ressources.

### c. Limites de l'étude

La base de données Obsmer est une source utile mais elle présente des limites. Tout d'abord, la quantité de données est déterminante pour la validité des résultats. Le nombre d'observations a varié ce qui rend délicates les comparaisons temporelles. Dans cette étude, seule une extraction de la base Obsmer d'opérations de pêche concernant des Céphalopodes a été analysée. Il serait utile de compléter avec les poissons capturés, notamment lors de pêches dérogatoires censées cibler les seiches.

Ensuite, un problème de qualité des données enregistrées a été remarqué, en particulier pour l'identification des espèces. Ce problème peut découler du manque de formation des observateurs français, dont le taux de renouvellement est en plus élevé (Fauconnet, 2014). Les conditions de travail peuvent aussi être difficiles en fonction des conditions météorologiques, du volume et de la diversité des captures. Il peut également y avoir des erreurs lors de la saisie



des données, malgré les contrôles effectués. Il est important de noter que la gestion de ces observateurs comme la saisie des observations ne sont pas assurés par Ifremer mais par des sociétés sous-traitantes, ce qui favorise aussi les pertes de qualité des données.

Enfin, deux compléments seront nécessaires pour affiner cette étude et la replacer dans le contexte des pêcheries de Manche. Tout d'abord, la base de données Obsmer contient en principe en plus des poids capturés par espèces des données biologiques (même si dans le cas des Céphalopodes elles sont limitées à des mensurations). Ces structures en taille, si elles existent, n'ont pas été récoltées pour l'étude exploratoire. Elles seraient utiles pour mieux comprendre la sélectivité des engins de pêche, les causes des rejets, ou encore pour vérifier la réalité des captures de juvéniles en zone côtière.

Enfin, il faudrait comparer les pêches échantillonnées par le programme Obsmer et l'ensemble des débarquements de la flottille commerciale. Si les métiers utilisant des chaluts sont les plus observés, c'est aussi qu'ils réalisent l'essentiel des débarquements. Cependant, il serait utile de vérifier si le programme ne comporte pas des biais et si l'échantillonnage des différents segments de la flottille de pêche correspond bien à leur part dans la production. Ces données de production de la flottille commerciale ne sont détaillées géographiquement qu'à l'échelle des rectangles statistiques (*figure 1*). Cependant, l'exemple pour la Manche Ouest du rectangle 28E4 où de nombreuses observations ont été faites incite à penser que toutes les zones de pêche ne connaissent pas le même effort d'échantillonnage.

En conclusion, cette base de données est potentiellement très utile et notre analyse a permis de constater que le programme pouvait apporter des précisions sur de nombreux métiers capturant les Céphalopodes.

## Références

- Boyle, P., and Rodhouse, P. 2005. Cephalopods : Ecology and Fisheries. Blackwell Publishing. 451 pp.
- Brodziak, J., and Hendrickson, L. 1999. An analysis of environmental effects on survey catches of squids *Loligo pealei* and *Illex illecebrosus* in the northwest Atlantic. Fishery Bulletin, 97: 9–24.
- Challier, L., Royer, J., Pierce, G. J., Bailey, N., Roel, B., and Robin, J. 2005. Environmental and stock effects on recruitment variability in the English Channel squid *Loligo forbesi*. Aquatic Living Resources, 360: 353–360.
- Dawe, E., Hendrickson, L., Colbourne, E., Drinkwater, K., and Showell, M. 2007. Ocean climate effects on the relative abundance of short-finned (*Illex illecebrosus*) and long-finned (*Loligo pealeii*) squid in the northwest Atlantic Ocean. Fisheries Oceanography, 16: 303–316.
- Denis, V., Lejeune, J., and Robin, J.-P. 2002. Spatio-temporal analysis of commercial trawler data using General Additive models: patterns of Loliginid squid abundance in the north-east Atlantic. ICES Journal of Marine Science, 59: 633–648.
- Dunn, M. R. 1999. Aspects of the stock dynamics and exploitation of cuttlefish, *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758), in the English Channel. Fisheries Research, 40: 277–293.
- Fauconnet, L. 2014, December 14. Caractérisation empirique et Détaillée des captures : contribution à l'approche écosystémique des pêches. l'Université Européenne de Bretagne Agrocampus Ouest, Rennes. 215 pp.

- <http://archimer.ifremer.fr/doc/00256/36717/35331.pdf>.
- Gras, M., Roel, B. A., Coppin, F., Foucher, E., and Robin, J.-P. 2014a. A two-stage biomass model to assess the English Channel cuttlefish (*Sepia officinalis* L.) stock. ICES Journal of Marine Science.
- Gras, M., Roel, B. A., Coppin, F., Foucher, E., and Robin, J.-P. 2014b. A two-stage biomass model to assess the English Channel cuttlefish (*Sepia officinalis* L.) stock. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil, 71: 2457–2468.
- Holme, N. A. 1974. The biology of *Loligo forbesi* steenstrup (mollusca: cephalopoda) in the Plymouth area. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 54: 481–503.
- ICES. 2014. Report of the Working Group on Cephalopod Fisheries and Life History (WGCEPH)I. ICES CM 2014/SSGEF:02.
- Moreno, A., Pierce, G. J., Azevedo, M., Pereira, J., and Santos, A. M. . 2012. The effect of temperature on growth of early life stages of the common squid *Loligo vulgaris*. Journal of the Marine Biological Association of the UK, 92: 1619–1628.
- Pierce, G. J., and Guerra, A. 1994. Stock assessment methods used for cephalopod fisheries. Fisheries Research, 21: 255–285.
- Revill, A., Bloor, I. S. M., and Jackson, E. L. 2015. The survival of discarded *Sepia officinalis* in the English Channel. Fisheries Management and Ecology, 22: 164–171.
- Rodhouse, P. G. K., Pierce, G. J., Nichols, O. C., Sauer, W. H. H., Arkhipkin, A. I., Laptikhovsky, V. V., Lipiński, M. R., *et al.* 2014. Chapter Two - Environmental Effects on Cephalopod Population Dynamics: Implications for Management of Fisheries. *In* Advances in Marine Biology, pp. 99–233. Ed. by Erica A.G. Vidal. Academic Press. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128002872000020>.
- Royer, J. 2002, November 28. Modélisation des stocks de Céphalopodes de Manche. Université de Caen Basse-Normandie, Caen, France. 243 pp.
- Royer, J., Periès, P., and Robin, J. P. 2002. Stock assessments of English Channel loliginid squids : updated depletion methods and new analytical methods. ICES Journal of Marine Science, 59: 445–457.
- Royer, J., Pierce, G., Foucher, E., and Robin, J. 2006. The English Channel stock of *Sepia officinalis*: Modelling variability in abundance and impact of the fishery. Fisheries Research, 78: 96–106.
- Stefansson, G. 1996. Analysis of groundfish survey abundance data: combining the GLM and delta approaches. ICES Journal of Marine Science, 53: 577–588.
- UniCaen. 2008. Programme national pluriannuel de collecte des données de pêche maritime : Echantillonnage biologique des débarquements de Céphalopodes de Manche, données acquises en 2008. Université de Caen Basse-Normandie, Caen, France.
- Villanueva, R. 2000. Effect of temperature on statolith growth of the European squid *Loligo vulgaris* during early life. Marine Biology, 136: 449–460.

## Valorisation et communication

### Action 1 :

Une partie de ce travail a été

+ présentée lors du congrès "International Ethological Conference (IEC)," 9– 14 août 2015, Cairns, Australie

+ soumise pour publication le 26 oct. 2015 dans la revue « *Life and Environment* » sous le titre « An embryo's perception of the world: does an artificial incubation environment affect size and juvenile behavior ? » (authors : C. O'BRIEN<sup>1</sup>, M. BOWIE, P. BILLARD, A-S. DARMAILLACQ, C. JOZET-ALVES, D. BENHAÏM, O. BASUYAUX, L. DICKEL).

### Action 2 :

Les principaux résultats de cette action ont été discutés avec les partenaires normands de la filière (Normandie Fraîcheur Mer et l'Organisation des Producteurs Bas-Normands -OPBN).

### Action 3 :

#### Valorisation scientifique

Pour l'action 3 de ce projet, le développement de modèles prédictifs de l'abondance des calmars en Manche a été

- discuté lors des réunions du groupe de travail "Céphalopodes" du CIEM (ICES WGCEPH) en 2014 (Lisbonne) et 2015 (Tenerife)

- présenté lors de la Conférence Scientifique Annuelle du CIEM :

ICES 2014 ASC (La Coruña, Espagne, 15-19 Sept. 2014)

Duhem E., Robin J.P., Development of a predictive tool for English Channel squids abundance (*Loligo forbesii* and *Loligo vulgaris*) applicable early in the fishing season: linear approach using climatic data. ICES Annual Science Conference, La Coruña (ES) 15-19 Sept. 2014 ICES CM 2014/3604 P:04.

- Un manuscrit a été soumis au journal Fisheries and Oceanography (accepté moyennant modifications majeures et en cours de révision)

#### Communication aux professionnels

Le développement de modèles prédictifs de l'abondance des calmars a été présenté aux pêcheurs professionnels lors du Conseil du CRPME de décembre 2014 (réunion à Sainte Mère l'Eglise, 50).

*Cette présentation est disponible sur demande*

## Annexe

Autorisation d'accès à la base de données OBSMER  
accordée par la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture (DPMA)

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
ET DE L'ÉNERGIE

18 NOV. 2015

Arrivée le :

Courrier arrivé N°

1553

18 NOV. 2015

La Défense, le 16 NOV. 2015

DR

Direction des pêches maritimes et de l'aquaculture

DIRECTION DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

Sous-direction des ressources halieutiques

Mission des affaires scientifiques

Nos réf. : 009080

vos réf. :

Affaire suivie par : Didier SAILLIER

Tél. : 01.40.81.92.87 - Fax : 01.40.81.86.56

Courriel : didier.saillier@developpement-durable.gouv.fr

Monsieur Pierre SINEUX  
Président de l'Université de Caen Basse-  
Normandie  
Esplanade de la paix  
CS14032  
14032 CAEN CEDEX

A l'attention du Professeur Jean-Paul ROBIN

**Objet :** Avis favorable à la demande d'accès et d'utilisation des données Obsmer dans le cadre du projet « Pêcheries de Céphalopodes : outils pour gérer la ressource, préserver le recrutement et valoriser la production » de l'Université de Caen Basse-Normandie.  
PJ :

Monsieur le Président,

Par courrier du 3 juillet 2015, vous avez adressé une demande d'accès à des données collectées et gérées par la direction des pêches maritimes et de l'aquaculture (DPMA). Celle-ci a émis un avis favorable à cette demande.

Les fichiers de données vous seront transmis de manière électronique par les services de l'IFREMER qui assurent la gestion de ces données pour le compte de la DPMA.

L'ensemble des problématiques qui seront étudiées dans le cadre des travaux mentionnés dans la demande présente des intérêts et de possibles implications en matière de gestion des ressources halieutiques. Dans ce contexte, je vous saurais gré de bien vouloir faire connaître aux services de la DPMA les conclusions de ces études.

En utilisant ces données, vous vous engagez à citer la DPMA dans les sources de données lors de la diffusion des résultats et de préciser que ces derniers n'engagent que leurs auteurs.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de ma considération distinguée.

La Directrice Adjointe  
des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture



Laure TOURJANSKY