

**IFREMER,
Département des Ressources Biologiques et Environnement
Laboratoire Ressources Halieutiques Port en Bessin**

Schlaich Ivan

Avril 2016 – IFREMER/RBE/HMMN/RHPEB 16-002
Rapport final d'étude – Convention Symel Ifremer 50/422

Suivi de la population de homards et des espèces associées d'intérêt halieutique dans l'archipel de Chausey et détermination du rôle du cantonnement



Illustration : homard capturé dans le cantonnement, prêt à être marqué et relâché (SyMEL)

HEIMA
Programme pour la biodiversité de l'archipel de Chausey
Habitats, Espèces et Interactions Marines



Auteur principal : Ivan SCHLAICH		Ifremer RBE/HMMN/RH/PEB
Collaborateur(s) : nom, prénom Pauline MALTERRE Véronique LEGRAND Laurence HEGRON-MACE	<u>Organismes :</u> SYMEL CRPM Basse Normandie SMEL	
Organisme réalisateur : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, IFREMER 150 quai Gambetta - BP 699 62321 Boulogne sur Mer Cedex 03	Convention :	
	Symel Ifremer n° 50/422	
Campagnes en Mer :		
<u>Embarquants :</u> Arnaud GUIGNY Pauline MALTERRE Pierre SCOLAN Thomas ABIVEN Yann TURGIS Ivan SCHLAICH Laurence HEGRON-MACE	<u>Organismes :</u> SYMEL SYMEL SYMEL SYMEL SYMEL IFREMER SMEL	
<u>Navires :</u> HOEME JOJENA MA FEE DES ILES REBELOTE ZOSTERE	<u>Armateurs :</u> Mickael THEVENIN Fabrice MARIE Jean Marc TESTI Frédéric LEGRAND SYMEL	

Table des matières

1. Introduction.....	5
2. Matériel et méthode.....	6
<u>2.1. Site et espèces étudiées.....</u>	<u>6</u>
2.1.1. Situation géographique	6
2.1.2. La communauté de crustacés étudiés	8
2.2. Les données biologiques	9
2.2.1. Stratégie d'échantillonnage.....	9
2.2.2. Protocole d'échantillonnage.....	9
<u>2.3. Traitement des données</u>	<u>11</u>
2.3.1. Caractérisation des différentes populations.....	11
2.3.2. Analyse des Données « test effet cantonnement »	12
2.3.2.1 Principe général de l'analyse.....	12
2.3.2.2 Spécificités des analyses suivant les variables étudiées	12
<u>2.4. Marquage</u>	<u>13</u>
<u>2.5. Test du système de marquage sur la population des juvéniles de homard ..</u>	<u>14</u>
<u>2.6. Traitement des données</u>	<u>15</u>
<u>2.7. Captures-test de juvéniles</u>	<u>15</u>
2.7.1. Collecteurs de larves	15
2.7.2. Casiers juvéniles	15
3. Résultats	16
<u>3.1. Zone Cantonnement</u>	<u>16</u>
3.1.1. Homard	16
3.1.1.1. Abondance.....	16
3.1.1.2. Répartition des tailles	17
3.1.1.3 Sex-ratio	17
3.1.2. Araignée.....	17
3.1.2.1 Abondance.....	17
3.1.2.2. Répartition des tailles	17
3.1.2.3. Sex-ratio	18
3.1.3. Etrille	18
3.1.3.1. Abondances	18
3.1.3.2. Répartition des tailles	18
3.1.3.3. Sex-ratio	19
3.1.4. Tourteau	19
3.1.4.1 Abondances	19
3.1.4.2. Répartition des tailles	19
3.1.4.3. Sex-ratio	20
<u>3.2. Zone Archipel : « hors cantonnement »</u>	<u>20</u>
3.2.1. Homards.....	20
3.2.1.1. Abondance.....	20
3.2.1.2. Répartition des tailles	20
3.2.1.3. ex-ratio	21

3.2.2 Araignée	21
3.2.2.1. Abondances	21
3.2.2.2. Répartition des tailles	21
3.2.2.3 Sex-ratio	22
3.2.3. Etrille	22
3.2.3.1 Abondances	22
3.2.3.2. Répartition des tailles	22
3.2.3.3. Sex-ratio	23
3.2.4. Tourteau	23
3.2.4.1 Abondances.....	23
3.2.4.2. Répartition des tailles	23
3.2.4.3. Sex-ratio.....	23
3.3. Comparaison dans /hors cantonnement	23
3.3.1. Abondance	24
3.3.1.1 Homard	24
3.3.1.2. Araignée	25
3.3.1.3. Etrille.....	26
3.3.1.4. Tourteau	26
3.3.2. Taille	27
3.3.2.1 Homard	27
3.3.2.2. Araignée	29
3.3.2.3. Etrille.....	29
3.3.2.4. Tourteau	30
3.3.3. Sex-ratio	31
3.3.3.1. Homard	31
3.3.3.2. Araignée	32
3.3.3.3 Etrille.....	32
3.3.3.4. Tourteau	33
3.4. Marquage	33
3.5. Recapture	33
3.6. Croissance.....	34
3.7. Mobilité.....	35
4. Discussion.....	35
4.1 Caractérisation du peuplement de crustacés de Chausey	35
4.2. Evaluation de l'effet du cantonnement	36
4.2.1 Communauté dans le cantonnement vs archipel	37
4.2.2 Exclusion compétitive.....	37
4.2.3. Impact plus large échelle du cantonnement : effet diffusif, aspect larvaire	39
4.2.4. Croissance inter-mue	40
4.2.5. Mobilité	40
5. Conclusion.....	41
6. Annexes.....	43
Bibliographie	45

1. Introduction

La ressource en crustacés, notamment le homard, espèce emblématique parmi toutes, qui trouve dans les cavités des zones rocheuses des habitats favorables, est importante dans l'Ouest Cotentin.

Afin de protéger cette ressource, des cantonnements à crustacés ont été mis en place dès les années 60 à l'initiative des professionnels de la mer. Ces outils fournissent des refuges à de nombreuses espèces exploitées ou non qui peuvent y trouver des habitats non impactés par la pêche. En général, à l'intérieur de ces zones, l'abondance des populations et la taille des individus augmentent, renforçant ainsi leur potentiel reproducteur. A partir d'un moment, cette concentration d'individus dans une zone réduite entraîne des mouvements d'individus et de dispersion des œufs et larves vers les eaux ouvertes qui alimentent les pêcheries situées à l'extérieur.

Le cantonnement de Chausey, ou cantonnement du Sound, a été mis en place en 1964. Toute pêche (sauf la ligne de traîne) y étant interdite, il assure ainsi une fonction de réserve.

Le homard est, à Chausey, une espèce phare. La préservation des géniteurs et des juvéniles au sein du cantonnement doit garantir la protection de l'espèce et sa ressource. En effet, le cantonnement doit contribuer à permettre la reproduction de l'espèce en son sein et sa diffusion vers les zones adjacentes exploitées.

En 2008, à la demande des pêcheurs, une première étude portée par le Comité Régional des Pêches de Basse-Normandie (CRPBN) et le Syndicat Mixte Espaces Littoraux de la Manche (SyMEL) a permis de dresser un premier état des lieux de la ressource et l'état de la population de homards à Chausey. Suite à l'adhésion des professionnels à cette initiative, il a été décidé de prolonger le suivi des homards dans le cantonnement en élargissant les études à d'autres questions notamment relatives au recrutement et aux casiers fantôme. Le CRPBN, le Syndicat Mer et Littoral (SMEL), le Conservatoire du Littoral (Cdl) et le SyMEL ont donc travaillé de concert autour de ces questions de 2009 à 2011.

Les différents résultats des études menées à Chausey ont permis d'acquérir des éléments de connaissance non négligeables mais non suffisamment détaillés pour caractériser l'« effet » du cantonnement. Des informations supplémentaires sont nécessaires pour préciser les éventuelles interactions intra et interspécifiques existantes et caractériser la structure de la population au sein du cantonnement.

En s'appuyant sur des observations/méthodes réalisées dans le cantonnement de Diélette mis en place par l'Institut Français pour la Recherche et l'Exploitation de la Mer (IFREMER), une caractérisation plus poussée du cantonnement du Sound, des phénomènes de compétitions en son sein, et de la dynamique des juvéniles de homards ont été opérées dans le cadre du programme HEIMa, de 2012 à 2015.

Le présent rapport reprend les résultats principaux obtenus dans le cadre de la réalisation des activités du module relatif à la caractérisation de l'effet du cantonnement sur les populations de crustacés.

2. Matériel et méthode

2.1. Site et espèces étudiées

2.1.1. Situation géographique

Les îles Chausey forment un vaste archipel d'environ 5000 ha qui se présente sous la forme d'une ellipse d'environ 12,5 kilomètres de longueur d'ouest en est et de 5,5 kilomètres de largeur du nord au sud. Sa délimitation correspond approximativement à l'isobathe -10m (SHOM).

L'archipel se situe à 9 milles à l'ouest de Granville, 15 milles de Saint-Malo au fond du golfe Normand-Breton, 21 milles de Jersey et 11 milles du plateau rocheux des Minquiers. A l'intérieur de l'Archipel, le cantonnement de Chausey (Fig.1) forme une réserve de pêche de 200 ha (Arrêté n°3887 du 14 août 1964 modifié par l'arrêté n°2523 du 9 août 1972).

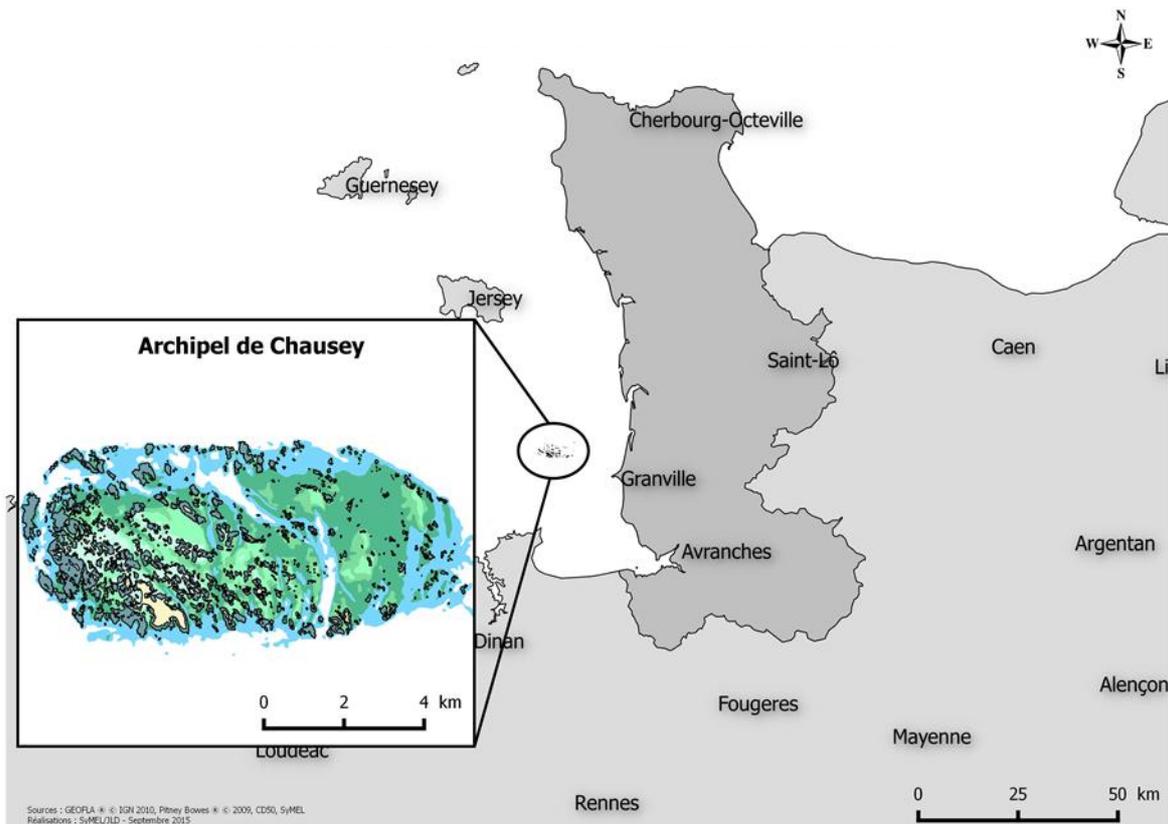


Figure 1 : Localisation de l'archipel de Chausey

Une partie du cantonnement découvrant à marée basse, et comme le homard fréquente aussi la partie basse de l'estran (de 0 à 2 mètres au-dessus du zéro des cartes), on estime à 80 ha la zone potentiellement fréquentée par cette espèce (Fig.2).

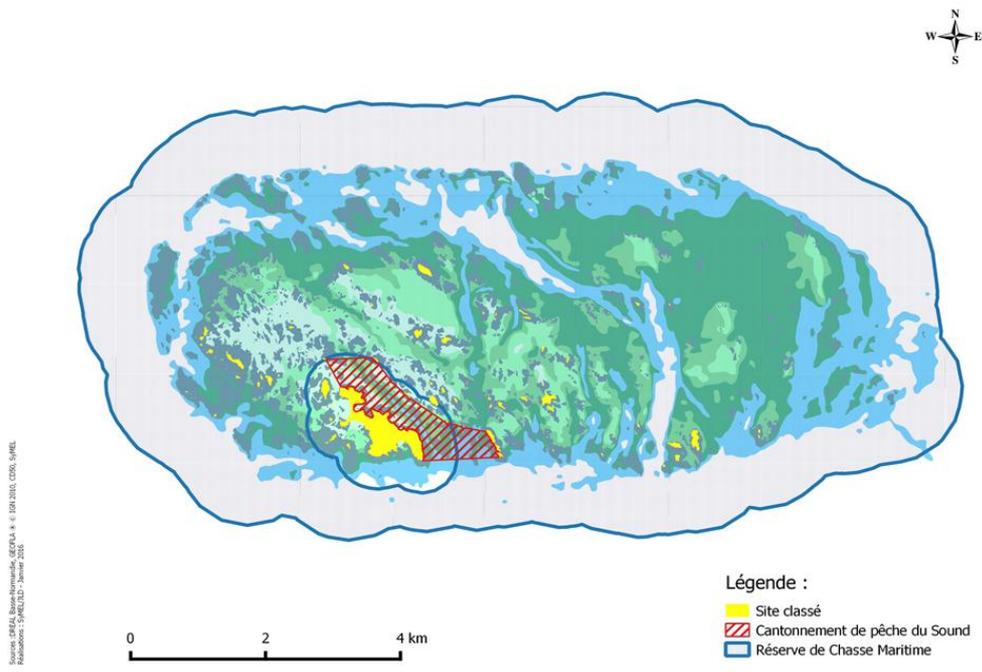


Figure 2 : Carte des zones réglementées de l'archipel

Les résultats de 2008 (Cojan 2008) et les observations effectuées en plongée ont montré la présence d'un habitat favorable au homard dans ce secteur, constitué notamment de champs de blocs, de sables vaseux (Fig.3), de sédiments abritant aussi d'autres crustacés d'intérêt commercial tels que le tourteau, l'étrille, ou l'araignée.

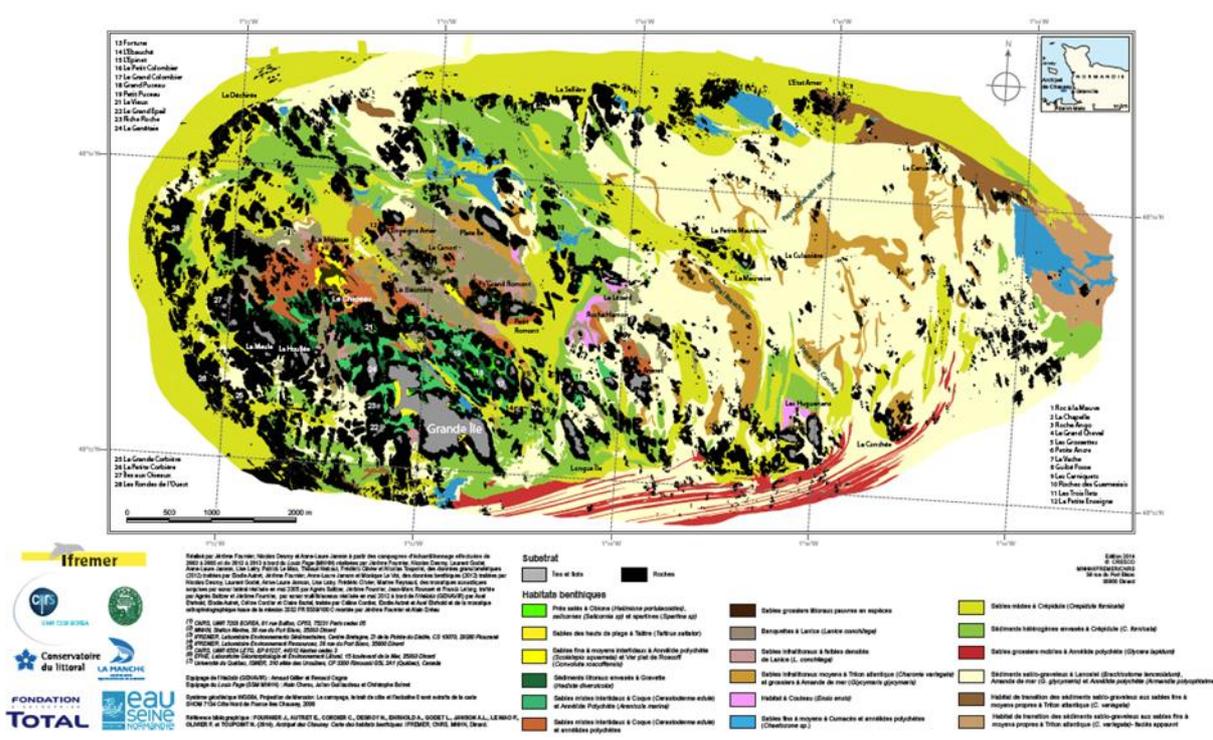


Figure 3 : Carte des habitats benthiques de l'archipel (IFREMER, CNRS, MNHN)

2.1.2. La communauté de crustacés étudiés

Le golfe normano-breton est un site privilégié pour des espèces sédentaires telles que certains crustacés (homards, étrilles) qui occupent les cavités dans les zones rocheuses. Pour d'autres, comme l'araignée adulte qui s'approche de la côte au printemps pour pondre, ou le tourteau dont une bonne partie des femelles matures regagne les eaux plus profondes après avoir été fécondées, il représente un lieu de migration saisonnière important. La zone d'étude représente donc un environnement sédimentaire et bathymétrique particulièrement adapté à l'installation des peuplements de crustacés, notamment de l'araignée, de l'étrille, du homard et du tourteau.

La croissance de ces espèces se fait par mues successives dont l'espacement et le nombre sont fonctions de l'âge de l'animal (Le Foll et al. 1989). La reproduction se passe en période de mue ou pré-mue des femelles. La ponte intervient généralement peu de temps après l'accouplement. Les œufs, après avoir été fécondés au moment de leur expulsion, sont stockés au niveau des pléopodes jusqu'à ce qu'ils arrivent à maturité au bout de quelques semaines à plusieurs mois. Les larves connaissent ensuite une vie pélagique plus ou moins longue en fonction des espèces, du substrat rencontré, de la température de l'eau et du nombre de stades planctoniques spécifiques pour chaque espèce. Au moment de la phase terminale, elles se rapprochent du fond où elles prennent leur forme définitive. Les petits crustacés délaissent la nourriture planctonique caractéristique de leur stade larvaire au profit de cadavres, d'algues, d'autres petits individus moins rapides et parfois même de leurs congénères. Les spécificités de chaque espèce, autour de ce cycle de vie commun, sont décrites ci-dessous.

Le Homard (*Homarus gammarus*)

Le homard a une distribution spatiale importante qui couvre une zone allant de la Norvège au Maroc. Il peut vivre aussi bien dans la zone intertidale que par des fonds de 70 m et supporte difficilement la présence d'autres congénères dans son périmètre vital. La reproduction a lieu au moment où la femelle molle vient de muer. La fécondité est variable selon la taille des individus et les secteurs fréquentés. Elle est comprise entre 5 000 et 35 000 œufs mais semble plus proche des 27 000 œufs pour une longueur orbitaire de 144 mm en mer d'Irlande (Tully et al. 2001). On estime que seulement 1/3 des éclosions donnera des larves viables. La métamorphose se déroule généralement sur 3 à 4 semaines en fonction du substrat rencontré lors des migrations nyctémérales des larves de stade IV mais peut durer jusqu'à 60 jours. C'est ensuite un petit homard dont le comportement cryptique va le conduire vers des habitats de type "faille" ou "petites crevasses" tapissées de graviers dans la zone côtière (Linnane et al. 2000). Les fonds rocheux recouverts d'algues et la multiplicité de petites excavations sont des facteurs environnementaux favorables à l'installation des juvéniles. Ils constituent un abri tampon qui les protège des prédateurs opportunistes et réduit de façon significative le taux de mortalité (Johns et Mann 1987). Le homard est un animal sédentaire qui sort principalement la nuit pour se nourrir, mais il peut rester plusieurs mois sans manger. C'est un carnivore et les actes de cannibalisme sont fréquents entre juvéniles ou adultes (Paille et al. 2002).

L'Araignée (*Maja brachydactyla*)

L'araignée connaît une aire de répartition très importante allant de la Mer de Nord aux îles du Cap Vert, mais c'est en Manche occidentale qu'elle est la plus abondante. C'est d'ailleurs dans cette zone que les individus se regroupent dans les fonds de 50 m pour passer l'hiver à l'ouest des îles anglo-normandes (Le Foll 1993). Cette migration s'inverse au printemps, période à laquelle les araignées regagnent la côte pour pondre. Les femelles ne grandissent plus une fois matures et peuvent mesurer entre 83 et 180 mm de longueur céphalotoracique (annexe 1). En fonction de la taille et de l'âge (2 à 8 ans), elles peuvent pondre 50 000 à 500 000 œufs (Quéro 1998). La phase larvaire est très courte et dure environ 14 à 15 jours.

L'Etrille (*Necora puber*)

L'étrille se rencontre de la mer du Nord à la Méditerranée, dans les parties rocheuses de la zone intertidale, mais certains individus peuvent descendre jusqu'à des fonds de 70 m. L'accouplement a lieu entre une femelle molle, juste après la mue, et un mâle dur, plusieurs mois avant la ponte. Les œufs sont fertilisés au moment où ils sont pondus. Une femelle de 56 mm de longueur céphalothoracique pond environ 160 000 œufs (Tallack 2007) mais la fécondité peut varier de 34 000 à 300 000 œufs pour des femelles allant de 34 à 55 mm (Wilhem 1995). Les femelles sont matures dès la première année, à la taille de 31 mm, et effectuent des migrations orientées vers le large au moment de la période de ponte. Les larves sont pélagiques pendant environ trente jours et atteignent le fond après une cinquième métamorphose terminale.

Le Tourteau (*Cancer pagurus*)

Il est présent de la Scandinavie au Maroc et en quantité beaucoup plus importante en Manche Occidentale du sud de l'Angleterre aux côtes bretonnes (Le Foll 1982). Les femelles matures peuvent faire des déplacements importants pour rejoindre des zones de ponte situées plus au large (Ungfors et al. 2007) alors que les mâles sont plutôt sédentaires. Pendant la période d'incubation comprise entre 5 et 7 mois, les femelles sont enfouies dans le sédiment, ne se nourrissent plus et ne sont pas capturables au casier. La fécondité est relativement élevée par rapport aux autres crustacés puisque l'on peut estimer le nombre d'œufs entre 780 000 (129 mm) et 2 400 000 (225 mm en largeur) (Tallack 2007). Les larves ont ensuite une phase pélagique pendant 6 à 8 semaines. Portées par les vents dominants et les courants, elles rejoignent les zones de nurricerie généralement côtières. Comme le homard, le tourteau cherche sa nourriture la nuit. C'est un charognard qui se nourrit de cadavres mais peut aussi, grâce à la puissance de ses pinces, casser et manger des buccins ou des crustacés comme des paguridés par exemple.

2.2. Les données biologiques

2.2.1. Stratégie d'échantillonnage

De nombreuses études sur les réserves ont montré qu'il existait des liens forts entre l'instauration d'une zone interdite à la pêche et une augmentation de la biomasse, de l'abondance ou de la taille des espèces qui s'y trouvent protégées (Halpern 2003). Afin de comparer deux zones, il est indispensable de mettre en place un plan d'échantillonnage aléatoire et multiple, prenant en compte les habitats ou des assemblages d'espèces. Il doit ainsi être envisagé dans la zone impactée par une activité anthropique et correspondre aux peuplements et aux habitats de la zone protégée (Stewart-Oaten et al. 1986).

Une analyse rigoureuse de l'effet d'un cantonnement de pêche nécessite donc d'intégrer les facteurs liés à la variabilité temporelle et spatiale surtout lorsqu'il s'agit de traiter des variables dépendantes communes à plusieurs espèces.

Dans le cadre de cette étude, nous avons donc échantillonné un grand nombre de points dans et hors de la zone non ouverte à la pêche pour prendre en compte la variabilité spatiale.

2.2.2. Protocole d'échantillonnage

Les campagnes de prospection ont débuté en 2010 avec un rythme annuel d'une campagne, estivale, puis bisannuel dès 2012, avec une campagne automnale additionnelle. Les conditions climatiques observées certaines années n'ont pas permis de réaliser un suivi continu des campagnes d'automne (Tab.1). Neuf campagnes ont donc été réalisées au total entre juin 2010 et octobre 2015. Les points d'échantillonnage sont situés dans le cantonnement et en dehors, les autres dans le pourtour de l'archipel à l'intérieur de laquelle la profondeur n'excède pas 10 m à marée basse. Les deux premières années les casiers (Fig. 4) étaient positionnés de façon individuelle ou parfois en filière à l'extérieur du cantonnement.



Figure 4 : Casier hémicylindrique de type artisanal utilisé pour l'échantillonnage (maillage étiré 42mm)

Ce n'est qu'à partir de 2011 que le protocole a été standardisé et que le principe d'utilisation de filières de 7 à 10 casiers a été mis en place sur l'ensemble de la zone prospectée (Fig.5a). Ces filières sont disposées, par un professionnel qui travail généralement sur l'archipel, selon des positions pré-définies permettant de tenir compte de la variabilité spatiale et de la nature du sédiment (Fig. 5b).

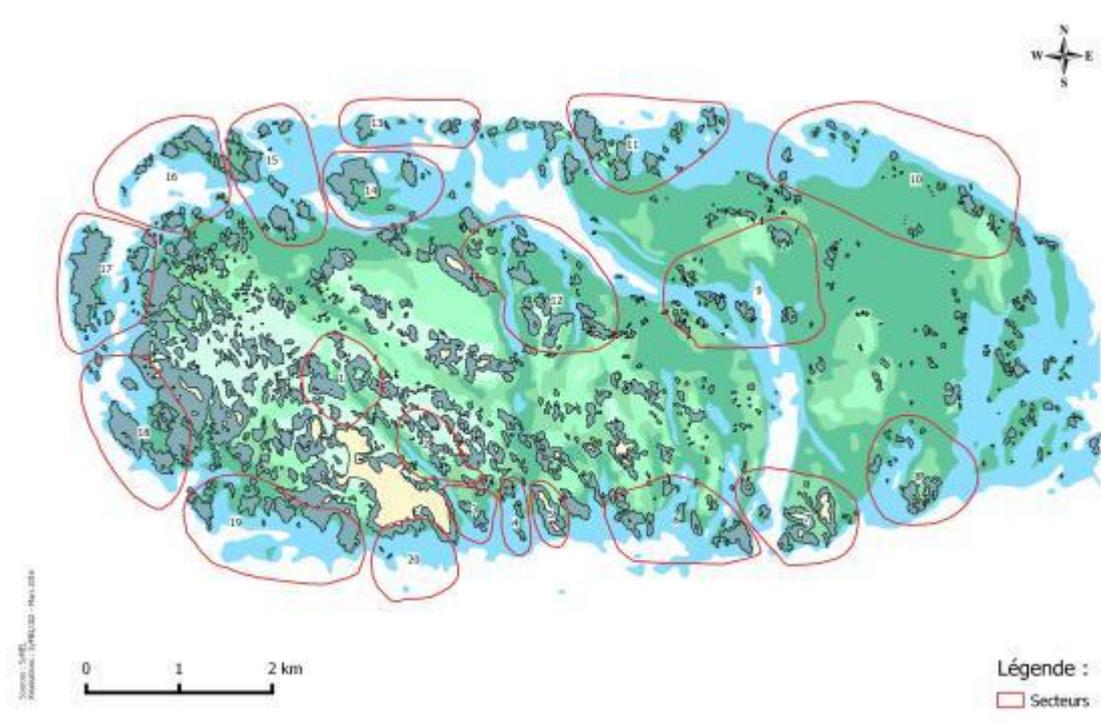


Figure 5a : Plan d'échantillonnage

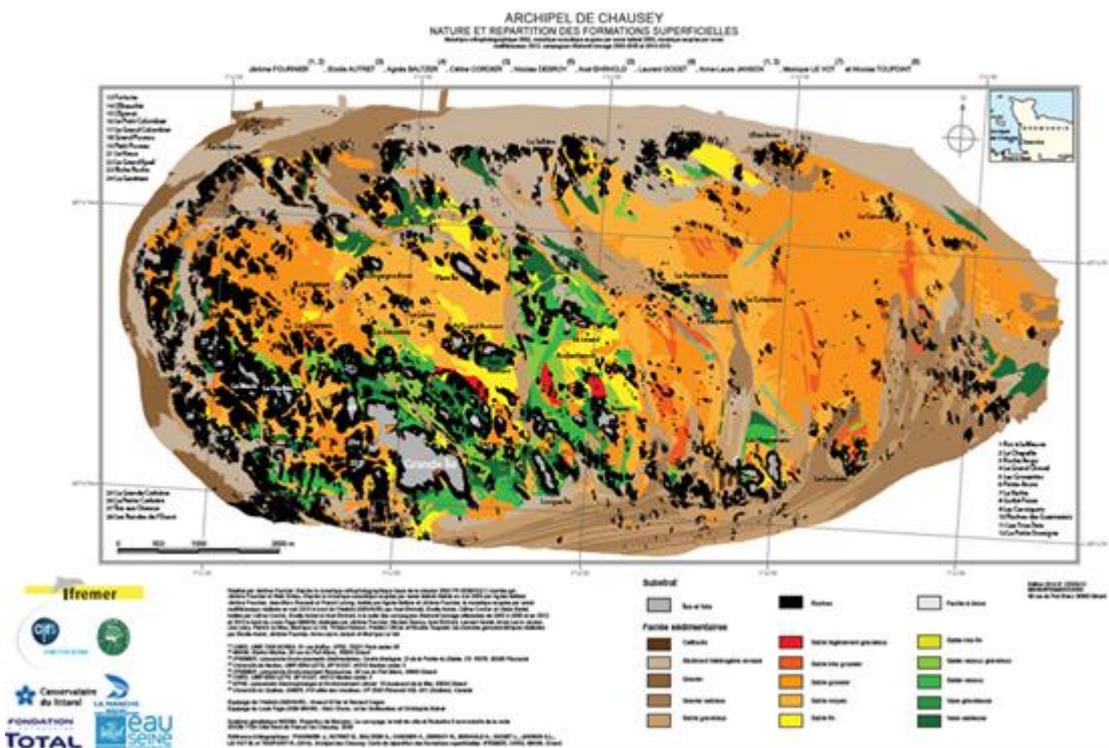


Figure 5b : Formations sédimentaires superficielles (IFREMER, CNRS, MNHN)

Les 10 campagnes ont été réalisées lors des marées de mortes-eaux de juin et d'octobre (annexe 2) à raison de 600 levées de casiers en moyenne par campagne de quatre jours successifs (Tab. 1) dans et en dehors du cantonnement. Les périodes de suivi sont différentes dans la mesure où elles commencent en 2010 pour la campagne de début d'été alors que les premières campagnes d'automne ne commencent qu'en 2012 avec une coupure en 2013 du aux conditions climatiques défavorables. Le temps de pêche entre chaque levée de filière est proche de 24H. L'appât utilisé est du grondin congelé.

		2010	2011	2012	2013	2014	2015
Juin	Cantonnement	119	118	108	190	200	170
	Archipel	320	547	309	600	439	*
	Total	439	665	417	890	639	170
Octobre	Cantonnement	-	-	200	*	200	152
	Archipel	-	-	600	*	590	324
	Total	-	-	800	*	790	476

* pas de campagne (mauvais temps)

Tableau 1 : Récapitulatif du taux d'échantillonnage annuel (libre casiers)

Le cantonnement de 2 km² créé en 1964 pour préserver une fraction du stock de homard à proximité de l'archipel de Chausey fait partie intégrante du protocole. Toutefois l'habitat favorable au développement des crustacés représente un peu moins de la moitié de la surface totale. Dans l'archipel, de 2010 à juin 2012 (excepté 2011) les prospections ont été réalisées avec des casiers positionnés individuellement. A partir d'octobre 2012, le regroupement des casiers en filières a été adopté sur l'ensemble de la zone étudiée (annexe 2). L'effort d'échantillonnage est en moyenne de 190 casiers depuis cette date dans le cantonnement alors qu'il est de 510 à l'extérieur de la zone, de sorte que le protocole d'échantillonnage permette de comparer la zone protégée de la zone exploitée par les professionnels. Sur l'ensemble de la série historique, la quantité de casiers utilisée dans l'archipel (hors cantonnement) est trois fois supérieure à celle immergée dans le cantonnement.

Avant octobre 2012, seuls les homards étaient mesurés puis sexés et les autres crustacés dénombrés. Depuis cette date, et lors de chaque levée de filière, tous les individus sont identifiés et conservés à bord jusqu'au recueil des différents paramètres biologiques sur une fiche capture. Les données biologiques recueillies sont la taille et le sexe pour toutes les espèces, la présence d'œufs pour l'araignée et le homard, et la maturité des araignées. Les mensurations des longueurs céphalothoraciques, orbitaires ou transversales selon les espèces sont mesurées au mm (annexe 2).

2.3. Traitement des données

L'objectif de cette étude est de caractériser les différentes populations de crustacés sur l'ensemble de l'archipel de Chausey, y compris le cantonnement et de voir s'il existe des différences au niveau des données liées à l'abondance (effectif), à la croissance (taille) et à la reproduction (sexe).

2.3.1. Caractérisation des différentes populations

Afin de traiter les données relatives à l'effectif, il est indispensable de ramener les captures à une unité d'effort, en l'occurrence ici le nombre de casiers de chaque filière, pour obtenir une information relative et constante dans la durée. Dans la mesure où en dehors de l'année 2012, le nombre de casiers par filière a varié au cours de la série temporelle, nous avons utilisé ce nombre comme une variable de pondération. De façon à éviter les effets d'auto corrélation temporelle et/ou spatiale éventuelle entre les différentes observations réalisées lors de campagnes successives et en des points de prélèvements proches avec des modes de pêche différents certaines années (casiers individuels vs filières), nous avons regroupé les points les plus proches par secteurs. Ainsi le risque d'auto corrélation entre les différents secteurs peut être négligé.

2.3.2. Analyse des Données « test effet cantonnement »

2.3.2.1. Principe général de l'analyse

L'objectif de cette étude est de tester l'effet du cantonnement de pêche sur les différentes espèces de la communauté de crustacés en filtrant les effets liés à la variabilité naturelle. Dans l'analyse statistique des données, il convient ainsi de distinguer deux dimensions. La première est temporelle : elle est identifiée par les campagnes qui ont été réalisées chaque année depuis 2010, et pour chacune de ces années, des deux campagnes juin et octobre. La seconde est spatiale et possède deux niveaux : elle tient compte des points échantillonnés qui sont eux-mêmes distribués dans deux zones i.e. dans et hors du cantonnement.

L'ensemble des variables dépendantes liées à l'abondance (effectif), à la croissance (taille) et à la reproduction (sexe) sont analysées par LM (Modèle Linéaire, généralisé dans le cas de données de comptage) selon une procédure commune reposant sur les mêmes variables explicatives et les mêmes modèles. Le modèle complet suivant a été ajusté par LM aux données :

$$Y \sim \text{Zone} + \text{Point} + \text{Année} + \text{Année} \times \text{Zone}$$

où Y est la variable dépendante analysée, Zone est un facteur représentant la zone dans ou hors du cantonnement.

Dans cette étude, les observations réalisées lors de chaque campagne, en chaque point de prélèvement, sont considérées indépendantes i.e. les auto-corrélations temporelles et spatiales potentielles sont négligées dans le modèle statistique.

2.3.2.2. Spécificités des analyses suivant les variables étudiées

Les variables étudiées sont l'abondance (effectif), la croissance (taille), et la reproduction (sex-ratio). Les variables dépendantes analysées, ainsi que les distributions, les fonctions de lien et les transformations utilisées pour leur analyse par sont dans le tableau 2 ci-dessous :

Variables dépendantes	Groupe	Loi distribution	Type de variable	Lien	Transformation	Offset
Effectif	Abondance	Poisson	discrète	log	Non	Log (nbcas)
Taille	Croissance	Normale	continue	identité	log	NA
Sexe-ratio	Reproduction	Binomiale	discrète	logit	Non	NA

Tableau 2 : Distributions, lien et transformations utilisés pour l'analyse des variables dépendantes par GLM.

Toutes ces variables ne suivent pas toutes les mêmes lois de distribution même si elles appartiennent à la famille des lois exponentielles. La variable qualitative sexes suit une loi de probabilité binomiale et nécessite une fonction de lien "logit". Les variables quantitatives, i.e. que l'on peut mesurer, sont soit des variables continues, comme la taille, suivant une loi de distribution Normale et soit des variables discrètes, comme l'effectif, suivant une loi de distribution de Poisson et nécessitant une fonction de un lien "log".

Pour l'effectif, il est indispensable de ramener les captures à une unité d'effort, en l'occurrence ici le nombre de casiers de chaque filière, pour obtenir une information relative et constante dans la durée. Dans la mesure où le nombre de casiers par filière a varié au cours de la série temporelle, nous avons utilisé ce nombre comme une variable de pondération « offset » pour faire le lien entre le nombre d'individus capturés et la quantité de casiers utilisés pour les pêcher. La régression logistique utilise la variable « offset » comme constante pour en quelque sorte « tarer » la variable dépendante (Besse 2003) selon la logique suivante :

$$\begin{aligned} & \log(Y/NBCASIER) \sim \text{variables explicatives} \\ & \Leftrightarrow \log(Y) - \log(NBCASIER) \sim \text{variables explicatives} \\ & \Leftrightarrow (Y) \sim \text{offset}(\log(NBCASIER)) + \text{variables explicatives} \end{aligned}$$

où Y représente la variable dépendante suivant une loi de Poisson, en l'occurrence l'effectif, et où l'offset ne fait pas l'objet de l'estimation d'un effet mais est simplement pris comme une constante ajoutée au modèle linéaire décrivant la variable dépendante. L'ensemble des traitements réalisés dans cette étude ont été effectués avec le logiciel R (Chambers 1996).

2.4. Marquage

L'étude a été réalisée d'octobre 2012 à octobre 2015. Tous les homards capturés dans le cantonnement sont marqués individuellement (Fig.6) à l'aide de marque de type spaghetti est rejetés dans la zone. La méthode de capture, marquage, recapture (CMR) permet de faire une estimation de la population du cantonnement, suivre la croissance et les déplacements des individus au moins entre chaque mue mais aussi d'évaluer la contribution du cantonnement à la pêche qui exploite le plateau de Chausey.



Figure 6 : Femelle Homard marquée.

La taille de la population a été estimée par la méthode de Lincoln-Petersen qui prend en compte le marquage d'une partie de la population pendant une campagne et la recapture d'un échantillon de cette même population lors de la campagne suivante. En effet il est difficile de faire une estimation de la population lors d'une même campagne qui ne dure que quatre jours et pendant laquelle très peu d'individus marqués sont quotidiennement recapturés. Lors de chaque campagne d'échantillonnage on considère que le nombre d'individus entrants et sortants de la zone est négligeable, ce qui donne au cantonnement la configuration d'une zone fermée. Il est alors possible d'utiliser une méthode adaptée à cette configuration et déterminer une densité approximative de la population de homards entre deux campagnes. Cette méthode est basée sur l'hypothèse que la proportion des individus marqués dans la population totale est égale à la proportion de recaptures dans l'échantillon. Elle ne tient pas compte de la capturabilité des individus qui peut être différente en fonction de la taille des individus au sein de la communauté, de la compétition entre individus d'une même population ou entre populations différentes vis-à-vis de l'appât dans les casiers (homard vs tourteau), du stress provoqué par le marquage ou de la mortalité qui s'en suit... Elle permet toutefois de faire une première approche de la densité de la population de homards dans le cantonnement de Chausey et de la comparer avec d'autres intervalles similaires.

$$N = ((n_t + 1) * (n_{t+1} + 1) / (m + 1)) - 1$$

N : estimation de la taille de la population totale dans le cantonnement

n_t : le nombre de homards marqués et relâchés lors d'une campagne

n_{t+1} : le nombre total des homards capturés lors de la campagne suivante

m : le nombre de homards recapturés et marqués lors de la campagne précédente.

L'intervalle de confiance théorique à un niveau de 0,95 est calculé à partir de l'équation suivante utilisée généralement pour les recaptures de poisson et d'oiseaux mais aussi pour estimer la taille et le taux de survie d'une population de juvéniles de homards (Hart et Gorfine, 1997, Schmalenbach 2011) :

$$\text{Var}(N) = ((n_t + 1) * (n_{t+1} + 1) * (n_t - m) * (n_{t+1} - m)) / ((m + 1)^2 * (m + 2))$$
$$[N - 1,96 * \sqrt{\text{Var}(N)} < \tilde{N} < N + 1,96 * \sqrt{\text{Var}(N)}]$$

Pour des raisons de continuité et de durée d'intervalles proche de 365 jours entre les campagnes, seules celles réalisées entre juin 2012 et octobre 2015 ont fait l'objet d'une estimation de la population de homards dans le cantonnement. Une coupure a été observée entre juin 2013 et juin 2014 car il n'y a pas eu de prospection en octobre 2013. La durée d'un an retenue entre les campagnes permet aussi de limiter le nombre de mues et par conséquent le risque de perte de marque à cette occasion. La perte de marque provoquerait une surestimation du nombre de homards marqués pour la première fois et aurait pour effet de surévaluer la densité de la population dans le cantonnement. Nous avons fait l'hypothèse que la densité de homards dans la zone est corrélée avec l'habitat dans lequel la nourriture et les abris disponibles sont limités et n'ont pas varié de façon significative entre deux campagnes. Les flux migratoires entre deux campagnes sont donc considérés comme nuls et la mortalité naturelle négligée car constante entre chaque campagne.

2.5. Test du système de marquage sur la population des juvéniles de homard

En 2012, en plus des marquages effectués lors des campagnes expérimentales, une étude particulière a été menée sur une fraction de la population de homards peu capturable par les casiers utilisés et présentant un taux de fréquence de mues plus important que les individus adultes. En effet la taille du maillage (42 mm) a une sélectivité qui permet aux petits individus de rentrer et ressortir facilement des engins de pêche. D'autre part, la fréquence des mues les rendant plus sensibles à la prédation, les jeunes individus ont tendance à rester à l'écart des prédateurs. Il est donc exceptionnel de pouvoir les i et d'étudier certains paramètres liés au marquage. L'objectif de cette expérimentation était donc de tester la viabilité du système individuel de marquage sur des homards maintenus en captivité dans le milieu naturel mais également de suivre le taux de perte de marque, de survie et d'accroissement à la mue.

Cette expérimentation a été réalisée à partir de 20 homards capturés du 18 au 21 juin 2012 sur différents sites de l'archipel de Chausey (en dehors du cantonnement) et dont les tailles Lc sont comprises entre 61 et 77 mm avec un sex-ratio équilibré entre les mâles et de femelles.

Les individus ont été maintenus en captivité dans 20 petites nasses numérotées et disposées dans un vivier à bouquet mouillé dans le Sound de Chausey (Fig.7).



Vivier dans le Sound



Nasses numérotées dans le vivier

Figure 7 : Dispositifs de maintien en captivité des homards

Les homards sont nourris toutes les semaines avec du grondin rouge et du crabe vert. Pendant la période de captivité qui a duré 6 mois les homards ont régulièrement fait l'objet de visites pendant lesquelles un certain nombre de données ont été relevées (annexe 2).

L'ensemble des individus a été relâché dans le cantonnement le 14 novembre 2012.

2.6. Traitement des données

Les données des campagnes sont saisies sur un gestionnaire de base de données puis traitées à la station de Port en Bessin grâce au logiciel de programmation R. Chacune des zones est étudiée séparément de façon à caractériser chacune d'elle, puis regroupées dans une analyse comparative entre le cantonnement et le reste de l'archipel. La combinaison des différents indicateurs permet de donner un état des populations suivies pendant ces campagnes et de mettre en évidence un éventuel « effet » réserve sur les paramètres biologiques des espèces étudiées.

2.7. Captures-test de juvéniles

En parallèle de cette étude, deux expérimentations ont été menées ciblant les juvéniles de homards.

2.7.1. Collecteurs de larves

Des collecteurs de larves (trois répliques) ont été immergés sur deux sites du cantonnement (Longue-Ile et la Crabière). Ces structures tridimensionnelles en acier galvanisé couvertes de blocs de granit étaient censées recréer un habitat favorable pour les larves et juvéniles de homards.



Figure 8 : Collecteurs de larves en immersion

Les six collecteurs ont été immergés en juillet 2014, trois d'entre eux relevés en octobre de la même année et trois autres en juin 2015. Aucun des dispositifs n'a révélé la présence de larves de homards parmi les nombreuses espèces ayant colonisé les structures.

2.7.2. Casiers juvéniles

Deux campagnes de capture de juvéniles de homards ont également été menées dans le Sound à l'été 2014. 10 casiers ont été immergés sur cinq sites du cantonnement et appâtés respectivement de grondins et crabes verts pour tester l'effet nourriture sur les deux campagnes.



Figure 9 : Casiers utilisés pour la capture des juvéniles.

Deux individus ont été capturés. Ces protocoles étant en phase de test, les résultats ne permettent pas de conclure pour l'instant quant à la présence/ absence de juvéniles dans la zone.

3. Résultats

Les campagnes du mois de juin se sont déroulées de 2010 à 2015 alors que celles d'octobre n'ont commencé qu'en 2012.

Que ce soit dans ou hors cantonnement le homard est l'espèce dominante sur l'ensemble de la zone étudiée (annexe 3) et ceci aussi bien en juin qu'en septembre. Elle représente jusqu'à 90% des captures aux niveaux de points 4 et 5 dans la zone protégée et 43% en dehors. Si les captures de tourteau sont semblables à celles des araignées dans l'archipel soit 22%, elles ne sont que de 3% dans le cantonnement.

3.1. Zone Cantonnement

3.1.1. Homard

3.1.1.1. Abondance

Les abondances en homards sont en moyenne des 147,7 individus pour 100 casiers. Ils varient de 130,5 en 2011 à 163,2 ind./100 casiers en 2014 (Fig.10a) lors de la campagne de juin.

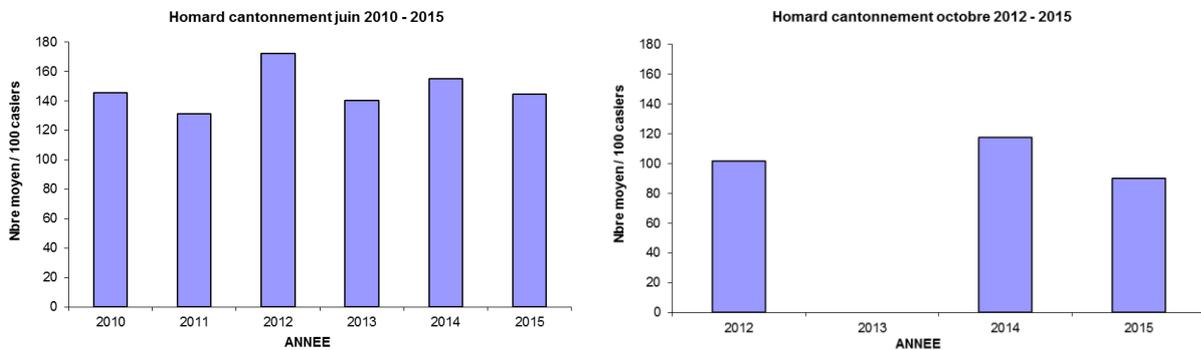


Figure 10a : Evolution de l'abondance du homard dans le cantonnement

Les fortes abondances de 2012 sont principalement dues aux très bonnes captures des individus dont la taille Lc est supérieure à 105 mm. Les abondances enregistrées pour cette catégorie ont été divisées par deux depuis cette date pour se stabiliser au niveau de ce qui est observé pour les classes de taille directement inférieures. Les individus dont la taille est inférieure à 87 mm (Fig. 10b) sont les moins bien capturés dans cette zone.

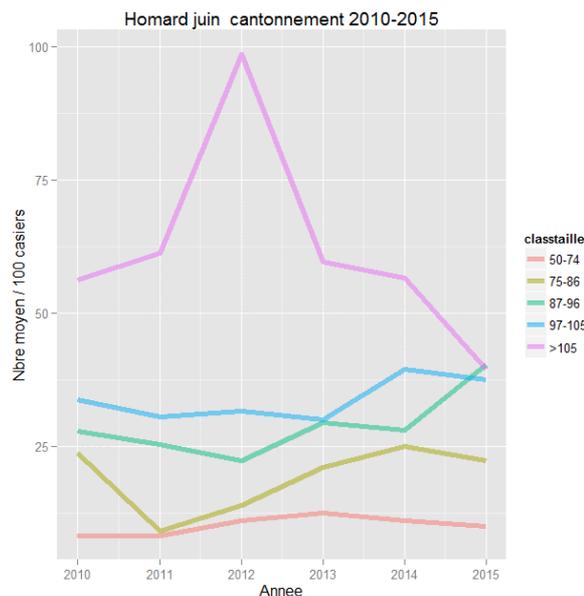


Figure 10b : Evolution de l'abondance du homard par classes de tailles dans le cantonnement

3.1.1.2. Répartition des tailles

La taille moyenne est de 102,2 mm et a peu varié depuis 2010 (Fig.11). Les plus grands individus ont été capturés en 2012, date à partir de laquelle la taille diminue légèrement.

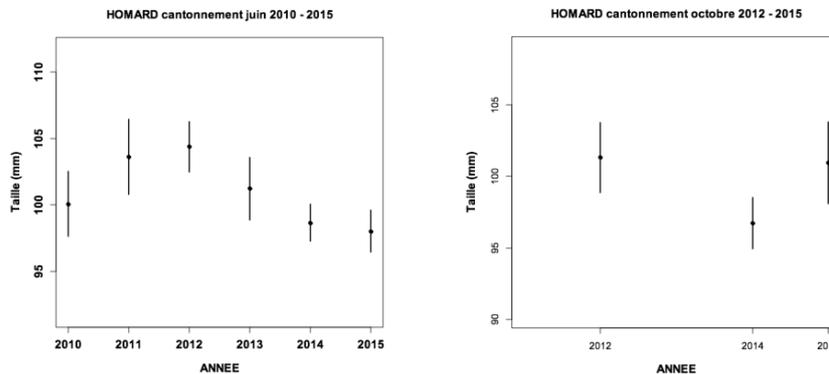


Figure 11 : Evolution de la taille moyenne du homard dans le cantonnement

3.1.1.3. Sex-ratio

Les individus capturés sont à 63,7% des mâles (annexe 2).

3.1.2. Araignée

3.1.2.1. Abondance

Les premières années de prospection dans le cantonnement réalisées avec des casiers individuels mettent en évidence une abondance particulièrement faible (Fig.12). A partir de 2013 l'abondance dépasse les 15 ind./ 100 casiers.

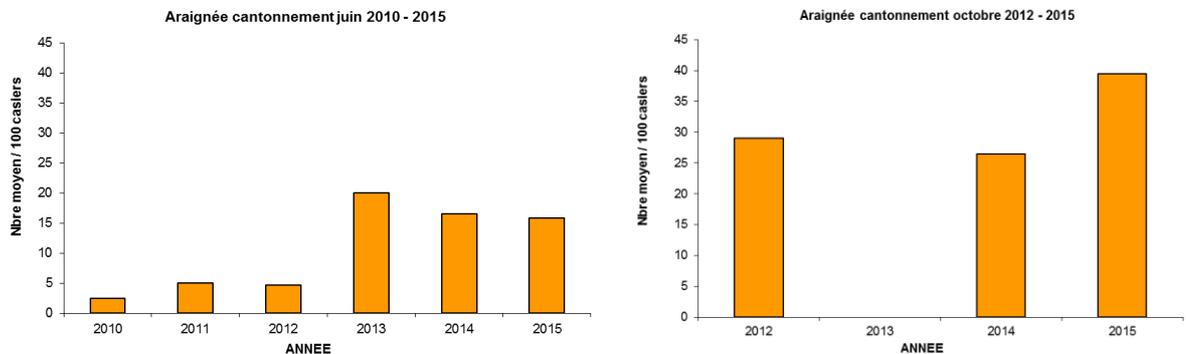


Figure 12 : Evolution de l'abondance de l'araignée dans le cantonnement

Sur les trois dernières campagnes de juin les abondances sont de 18 individus pour 100 casiers alors que sur l'ensemble des campagnes réalisées en octobre elles sont supérieures à 31 ind./ 100 casiers.

3.1.2.2. Répartition des tailles

La taille moyenne est très variable d'une année et d'une campagne à l'autre. Elle diminue lors des campagnes de juin pour passer de 117 mm en 2013 à 93 mm en 2015.

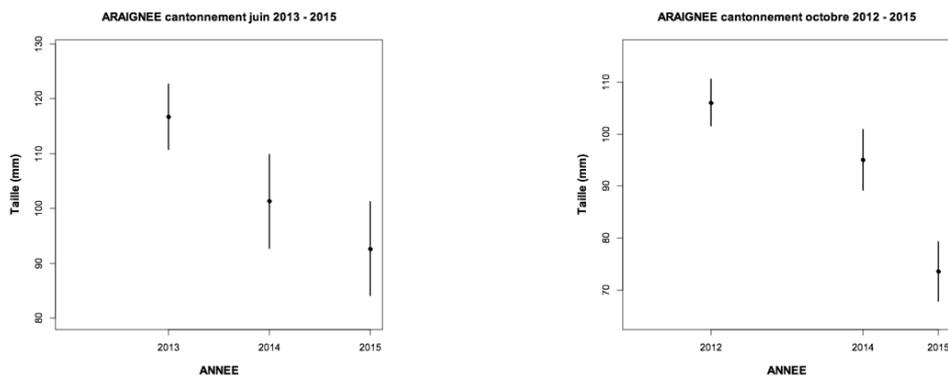


Figure 13 : Evolution de la taille moyenne de l'araignée dans le cantonnement

La diminution de la taille moyenne est aussi observée lors des campagnes d'octobre dans une proportion plus importante puisqu'elle passe de 106 mm en 2012 (Fig. 13) à 73 en 2015.

3.1.2.3. Sex-ratio

Le sex-ratio est déséquilibré au profit de mâles en juin (61%) alors qu'il est à l'équilibre en octobre (51%) (annexe 2).

3.1.3. Etrille

3.1.3.1. Abondances

Les abondances moyennes sont très fluctuantes lors des campagnes du mois de juin. Elles diminuent entre 2010 et 2012 (Fig.14) puis augmentent jusqu'en 2014 et diminuent à nouveau. Le plus bas historique est observé en 2012 avec 6,5 individus pour 100 casiers. Les captures enregistrées en octobre ne dépassent pas 10 ind./100 casiers.

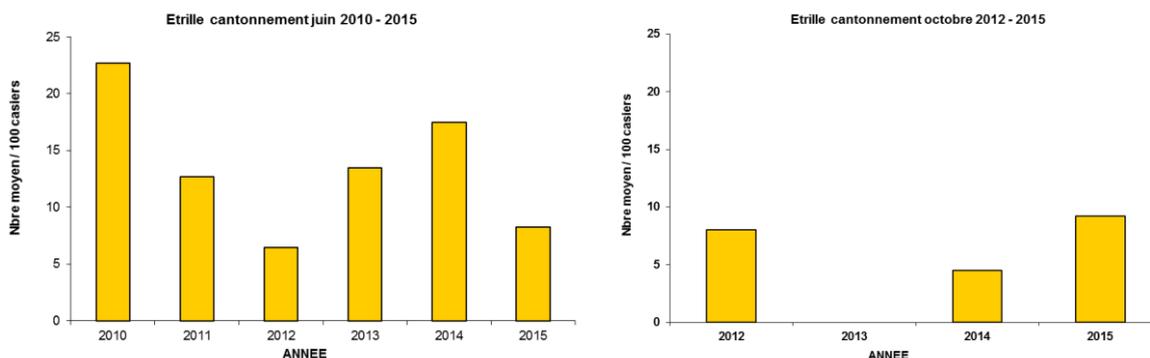


Figure 14 : Evolution de l'abondance de l'étrille dans le cantonnement

3.1.3.2. Répartition des tailles

Les tailles observées en juin sont très fluctuantes ce qui met en évidence l'absence de différence entre les années. Il existe par contre une différence significative de la taille lors des campagnes d'octobre (Fig.15) entre 2012 (55 mm) et 2014 (75 mm). Sur l'ensemble de la série historique la taille moyenne est de 70 mm.

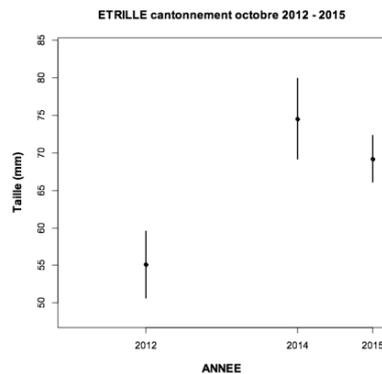
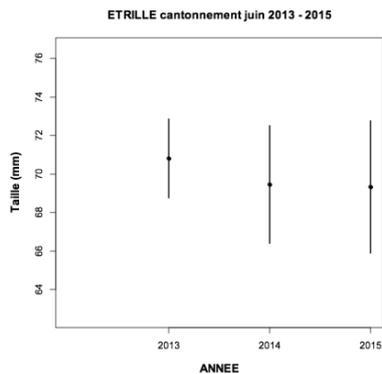


Figure 15 : Evolution de la taille moyenne de l'étrille dans le cantonnement

3.1.3.3. Sex-ratio

Les mâles représentent 88% des captures en juin et 85% en octobre.

3.1.4. Tourteau

3.1.4.1. Abondances

Les abondances moyennes observées lors de la campagne de juin sont en augmentation depuis 2011 (Fig. 16) et passent ainsi de 1,5 à 6,5 ind./100 casiers. Les captures les plus importantes ont été réalisées en 2010.

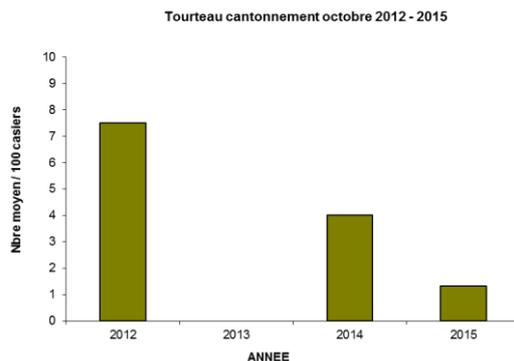
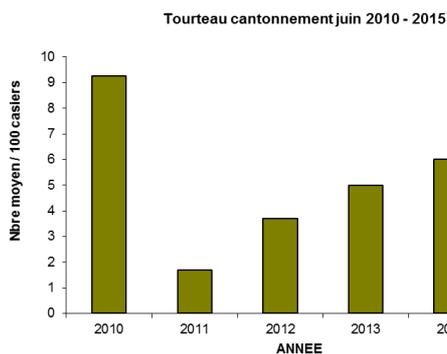


Figure 16 : Evolution de l'abondance du tourteau dans le cantonnement

3.1.4.2. Répartition des tailles

La taille moyenne est de 127 mm. Elle est commune aux deux dernières campagnes (Fig. 17). On remarque ici que l'effectif des individus capturés est particulièrement faible : 10 individus en 2013 et 12 en 2014 (annexe 2).

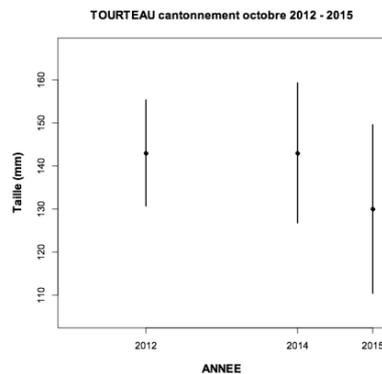
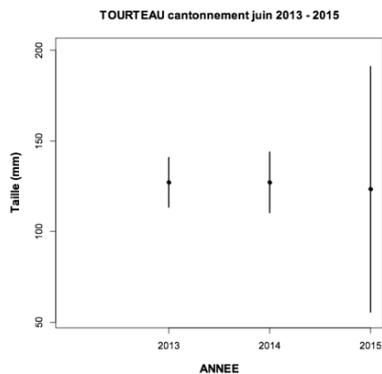


Figure 17 : Evolution de la taille moyenne du tourteau dans le cantonnement

3.1.4.3. Sex-ratio

La population capturée est composée à 88% par des mâles (annexe 2) lors de la campagne de juin et à 85% pendant celle d'octobre.

3.2. Zone Archipel : « hors cantonnement »

3.2.1. Homards

3.2.1.1. Abondance

L'abondance moyenne au mois de juin est de 106 individus pour 100 casiers alors qu'elle est de 80 en octobre. Les captures en octobre sont relativement stables d'une année à l'autre (Fig.18a) mais sont toujours inférieures à celles du mois de juin.

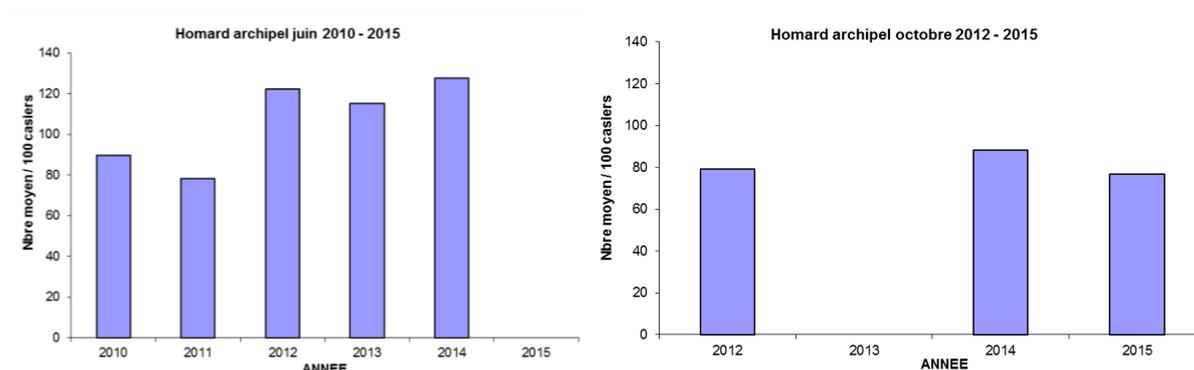


Figure 18a : Evolution de l'abondance du homard dans l'archipel

Ces variations sont toutefois différentes si l'on segmente le spectre de taille en 5 catégories (Fig. 18b). En effet les plus jeunes individus regroupés dans les classes 50-74 et 75-86 montrent des tendances similaires jusqu'en 2013, date à laquelle l'abondance des individus de la plus petite catégorie diminue pour la seconde année consécutive alors que la seconde semble augmenter depuis 2011. La classe de taille 87-96 directement recrutée par la pêche n'augmente plus depuis 2013. Les deux classes restantes sont en légère augmentation depuis 2010.

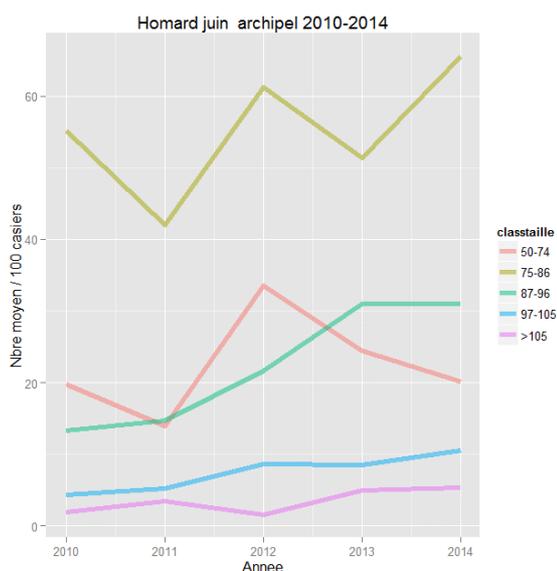


Figure 18b : Evolution de l'abondance du homard par classes de tailles dans l'archipel

3.2.1.2. Répartition des tailles

La taille moyenne observée lors des campagnes ne dépasse pas les 83 mm de longueur orbitaire (Fig.19). En 2010 et 2012 elle était même inférieure à 80 mm. Sur l'ensemble de la période étudiée, 57% des captures sont inférieures à la taille commerciale qui est de 87 mm.

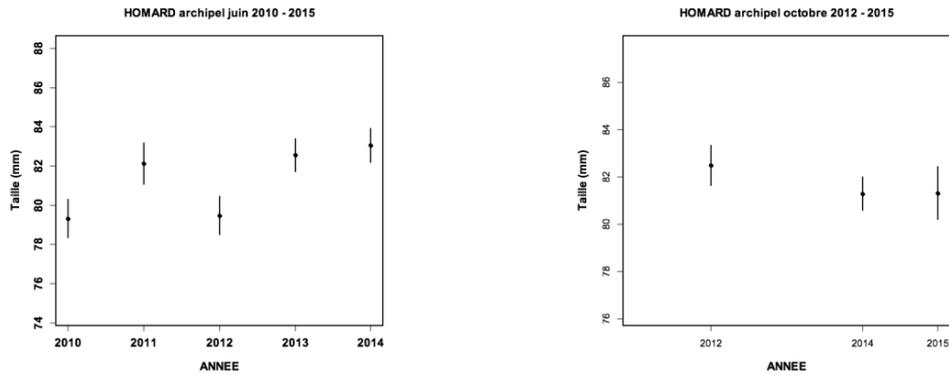


Figure 19 : Evolution de la taille moyenne du homard dans l'archipel

3.2.1.3. Sex-ratio

Le sex-ratio est assez équilibré. Il est composé à 53% par les mâles sur l'ensemble de la période étudiée et varie très peu dans le temps (annexe 2).

3.2.2. Araignée

3.2.2.1. Abondances

L'abondance moyenne au mois de juin est de 47 individus pour 100 casiers sur l'ensemble de la période étudiée. Le maximum est observé en juin 2011 avec 137 ind./100 casiers alors que les plus faibles captures sont enregistrées en juin 2012 (4,6 ind./100 casiers). En dehors de l'année 2011 les captures ne dépassent pas les 41 individus pour 100 casiers (Fig. 20).

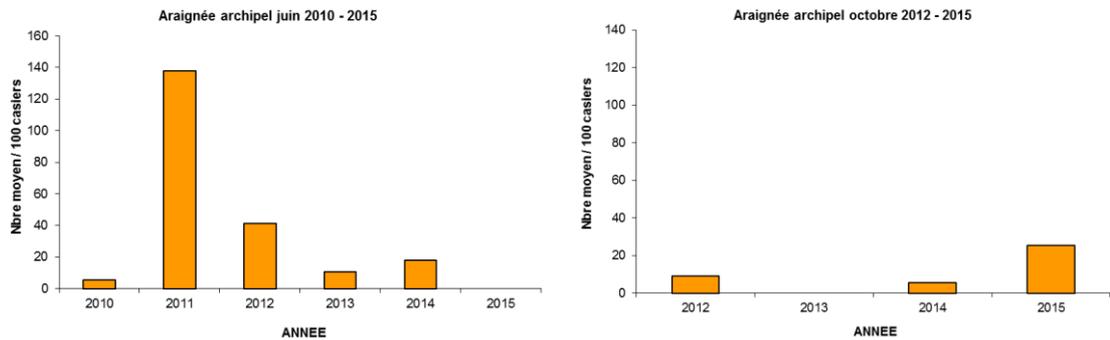


Figure 20 : Evolution de l'abondance de l'araignée dans l'archipel

Les captures réalisées lors de campagnes d'octobre sont généralement plus faibles qu'en juin et sont en dehors de 2015 inférieures à 10 individus pour 100 casiers

3.2.2.2. Répartition des tailles

La taille moyenne est de 119 mm au mois de juin et 102 mm lors des campagnes d'octobre (Fig.21).

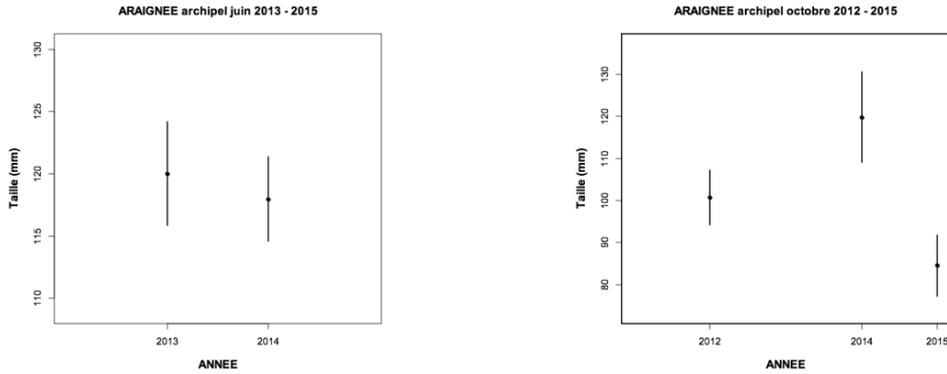


Figure 21 : Evolution de la taille moyenne de l'araignée dans l'archipel

3.2.2.3. Sex-ratio

Le sex-ratio montre un déséquilibre au profit des mâles dans les captures (annexe 2) lors des campagnes de juin alors qu'il est proche de l'équilibre en octobre. La proportion de mâles représente 67% des captures lors des campagnes estivales et 46% en automne.

Les mâles représentent 88% des captures en juin et 85% en octobre.

3.2.3. Etrille

3.2.3.1. Abondances

L'abondance moyenne en nombre d'individus pour 100 casiers est de 35,4 sur lors des campagnes de juin alors qu'elle est très faible en octobre avec un minima en 2014 de 2,2 ind./100 cas. Le maximum est observé en juin 2012 avec 83,2 ind./100 cas. En dehors des années 2010 et 2012 les captures ne dépassent pas les 20 individus pour 100 casiers (Fig.22).

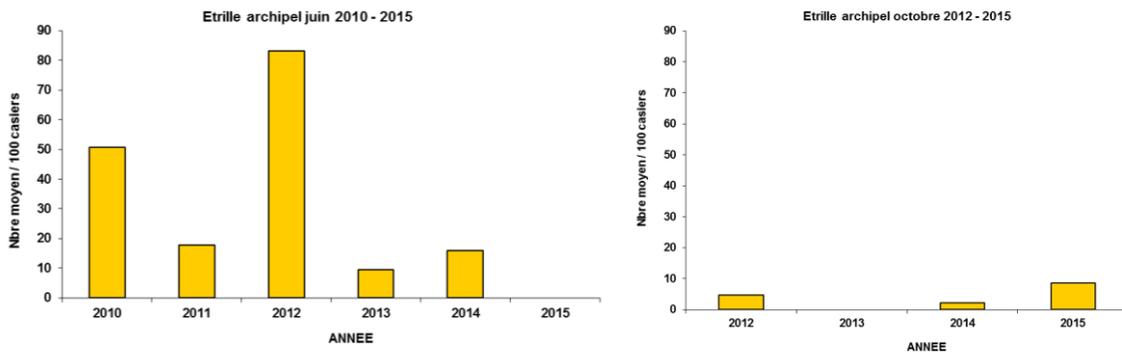


Figure 22 : Evolution de l'abondance de l'étrille dans l'archipel

3.2.3.2. Répartition des tailles

La taille moyenne des captures est plus importante en juin (71 mm) qu'en octobre (63 mm). Le plus bas historique est observé en octobre 2012 (Fig 23) avec une taille moyenne de 53 mm.

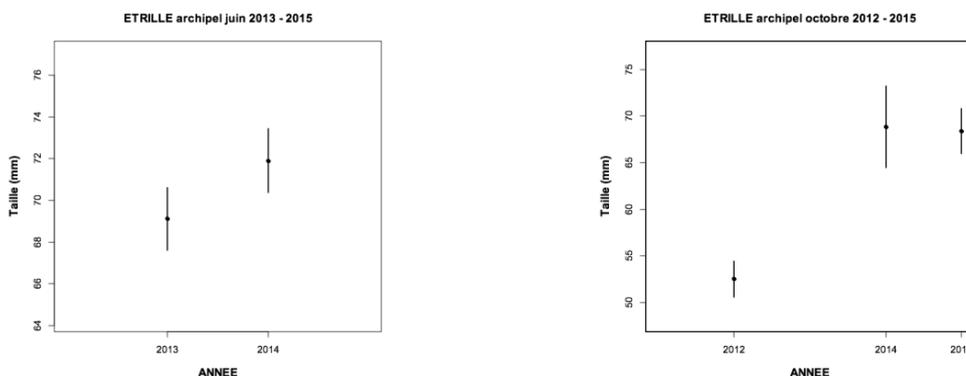


Figure 23 : Evolution de la taille moyenne de l'étrille dans l'archipel

3.2.3.3. Sex-ratio

Il existe une très importante différence au niveau du sex-ratio. La population capturée est en grande partie composée de mâles qui représentent 90% des captures réalisées lors des campagnes de juin (annexe 2). La capturabilité des mâles peut atteindre 12,5 ind./100 casiers alors que les femelles ne dépassent pas 2 ind./100 casiers. Le ratio est plus équilibré en octobre mais reste en faveur des mâles qui représentent 68% des captures à cette époque de l'année.

3.2.4. Tourteau

3.2.4.1. Abondances

L'abondance moyenne est de 51,2 individus pour 100 casiers lors de la campagne du mois de juin et de 38,2 au mois d'octobre. Le maximum est observé en juin 2011 avec 79,3 ind./100 casiers alors que les plus faibles captures sont enregistrées en octobre 2014 (26,8 ind./100 casiers). Les captures réalisées lors des campagnes estivales sont en augmentation depuis 2012 (Fig.24). Cela correspond au changement de méthode d'échantillonnage où l'on passe du casier individuel à la filière de casiers. Les abondances de 2011 confirment que les captures de tourteaux augmentent lorsque les casiers sont regroupés en filière.

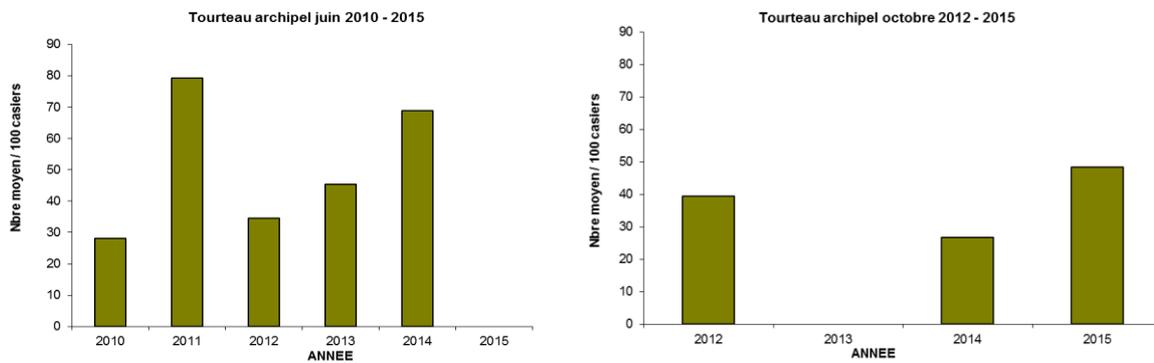


Figure 24 : Evolution de l'abondance du tourteau dans l'archipel

3.2.4.2. Répartition des tailles

Les individus capturés ont une taille moyenne supérieure à 130 mm. Ils sont généralement plus grands en octobre.

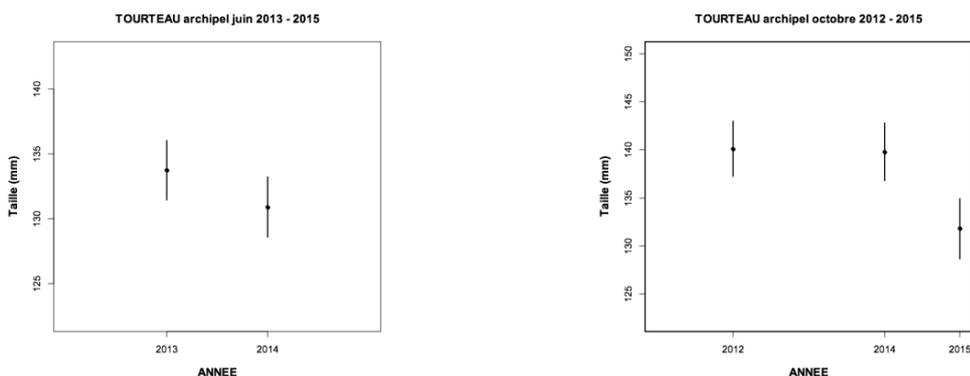


Figure 25 : Evolution de la taille moyenne du tourteau dans l'archipel

3.2.4.3. Sex-ratio

Les captures sont composées à 67% (annexe 2) par les mâles en juin et 79% en octobre.

3.3. Comparaison dans /hors cantonnement

Le tableau 3 ci-dessous représente la série de points de prélèvements réalisés à chaque campagne. L'absence de suivi de certains d'entre eux nous a obligé à adopter des méthodes analytiques différentes en fonction des espèces et des variables testées.

Points

	an	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Juin	2010	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	
	2011	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	
	2012	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1
	2013	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2014	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2015	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octobre	2012	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	
	2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2014	1	1	1	1	1	-	-	-	-	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2015	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	

Tableau 3 : Liste des points de prélèvement réalisés lors des campagnes

Tous les homards capturés lors de la campagne de juin ont été dénombrés, mesurés et sexés depuis 2010. Les traitements concernant l'abondance (la probabilité de capture), la taille et le sex-ratio ont donc été réalisés sur l'ensemble des données collectées. Pour ce qui concerne la probabilité de capture des autres espèces, c'est la même série qui a fait l'objet du traitement (Tab.4). En l'absence de données antérieures concernant la taille et le sex-ratio du tourteau, de l'araignée et de l'étrille, seules les années 2013 et 2014 ont été retenues. L'absence de prospection sur l'ensemble de l'archipel en juin 2015 ne permet pas de conserver cette dernière année pour la comparaison des secteurs cantonnement et hors cantonnement (Tab. 4).

Pour des raisons de suivis temporels réalisés à des périodes différentes, avec des techniques de pêche plus ou moins proches (casiers individuels ou filières), du faible nombre de points communs échantillonnés d'une année sur l'autre (Tab. 3), ou du fait de l'absence d'une des deux zones lors d'une campagne nous avons fait le choix de séparer des analyses entre la campagne de juin et celle d'octobre selon les périodes renseignées dans le tableau 4.

Espèce	Variables	Campagne	Période
Homard	Effectif, taille, sex-ratio	Juin Octobre	2010 - 2014 2012 - 2014 - 2015
Autres crustacés	Effectif	Juin Octobre	2010 - 2014 2012 - 2014 - 2015
	Taille, sex-ratio	Juin Octobre	2013 - 2014 2012 - 2014 - 2015

Tableau 4 : Variables testées en fonction de la campagne et de la période considérée

3.3.1. Abondance

3.3.1.1. Homard

Les analyses mettent en évidence de très fortes variations du nombre de captures par casier entre les années, mais également entre les points au sein d'une même zone (intra- ou extra-cantonement) (Figure 26 et Tableau 5). Outre ces effets temporel et spatial, un effet cantonnement significatif est détecté sur l'abondance du homard en juin comme en octobre (Tab. 5 ; $\text{Chi}^2 < 0.001$). Les abondances sont beaucoup plus importantes dans le cantonnement (Fig. 26). Lors des campagnes estivales, le nombre de captures est 1.4 fois supérieur dans le cantonnement. En octobre, la variabilité inter-points du nombre de captures semble augmenter dans le cantonnement (comparativement au mois de juin) (Figure 26). Les captures restent toutefois plus fréquentes dans le cantonnement, et la différence entre les deux zones est proche de ce qui est observé au mois de juin.

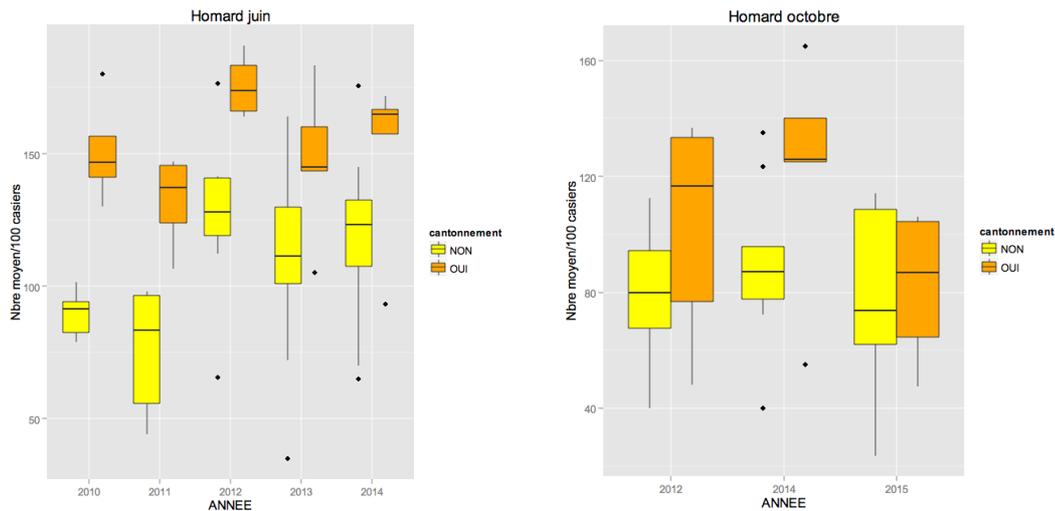


Figure 26 : Boxplot de l'abondance de homard, dans (oui) et hors (non) cantonnement

Campagne	Effet	Df	Test	P value
Juin	Zone	1/60	Chi ²	***
	Point	17/43	Chi ²	***
	Année	4/39	Chi ²	***
	Zone : Année	4/35	Chi ²	NS
Octobre	Zone	1/45	Chi ²	***
	Point	18/27	Chi ²	***
	Année	2/25	Chi ²	***
	Zone : Année	2/23	Chi ²	NS

$p_value < 0.05 = *$, $p_value < 0.01 = **$, $p_value < 0.001 = ***$, NS = non significatif

Tableau 5 : Test de l'effet cantonnement sur l'abondance du homard

3.3.1.2. Araignée

En ce qui concerne les araignées, le nombre de captures par engin subit également une très forte variation inter-annuelle. Au sein d'une même zone (intra- ou extra-cantonnement), le nombre d'araignées capturé montre également une très forte variation (Figure 27 et Tableau 6). En été, les probabilités de captures d'araignées sont légèrement supérieures à l'extérieur du cantonnement, quoique ce résultat soit notamment dû à quelques points pour lesquels le nombre de capture a été exceptionnel en 2011 (Tableau 6, Figure 27). A l'inverse, le nombre de captures d'araignées est presque trois fois plus important dans le cantonnement (Fig. 27) lors de la campagne automnale.

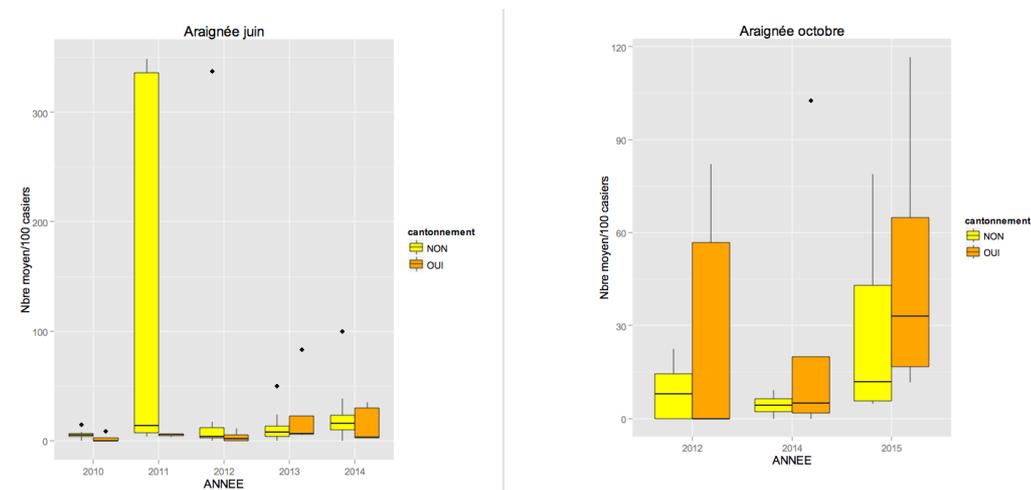


Figure 27 : Boxplot de l'abondance d'araignée, dans (oui) et hors (non) cantonnement

Campagne	Effet	Df	Test	Pvalue
Juin	Zone	1/60	Chi ²	***
	Point	17/43	Chi ²	***
	Année	4/39	Chi ²	***
	Zone : Année	4/35	Chi ²	***
Octobre	Zone	1/45	Chi ²	***
	Point	18/27	Chi ²	***
	Année	2/25	Chi ²	***
	Zone : Année	2/23	Chi ²	***

$p_value < 0.05 = *$, $p_value < 0.01 = **$, $p_value < 0.001 = ***$

Tableau 6 : Test de l'effet cantonnement sur l'abondance de l'araignée

3.3.1.3. Etrille

Comme pour les homards et les araignées, le nombre de captures d'étrilles montre de très fortes variations entre les points au sein d'une même zone, et entre les années (Tableau 7). Comme pour les araignées, l'effet du cantonnement sur le nombre de captures semble très limité, montrant des tendances contradictoires entre les campagnes estivales et automnales. Sur l'ensemble de la série historique, le nombre d'étrille par casier en juin apparaît 1.9 fois plus important à l'extérieur du cantonnement qu'à l'intérieur alors qu'il est une fois et demie plus importantes dans le cantonnement (Fig. 28) lors de la campagne automnale. De plus il existe une grande hétérogénéité entre les points échantillonnés principalement lors des campagnes d'octobre.

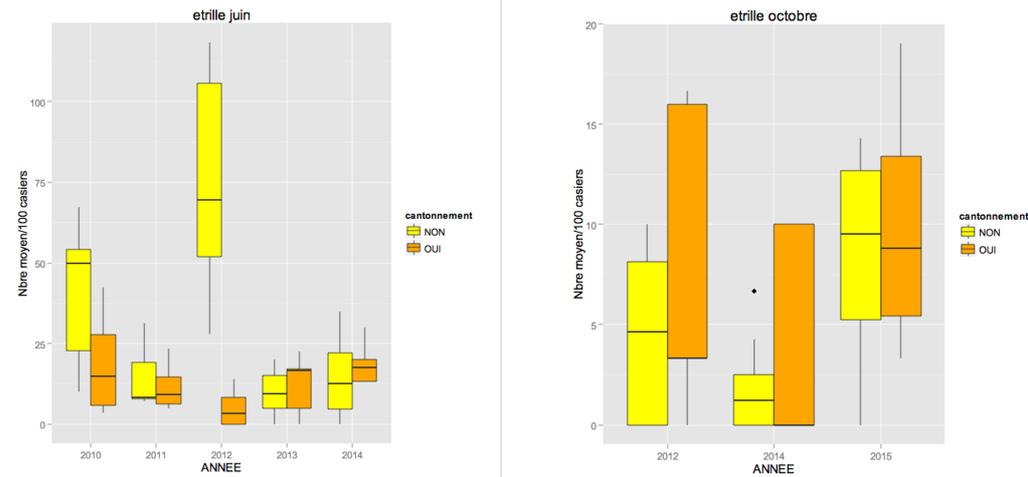


Figure 28 : Boxplot de l'abondance de l'étrille, dans (oui) et hors (non) cantonnement

Campagne	Effet	Df	Test	Pvalue
Juin	Zone	1/60	Chi ²	***
	Point	17/43	Chi ²	***
	Année	4/39	Chi ²	***
	Zone : Année	4/35	Chi ²	***
Octobre	Zone	1/45	Chi ²	*
	Point	18/27	Chi ²	***
	Année	2/25	Chi ²	***
	Zone : Année	2/23	Chi ²	NS

$p_value < 0.05 = *$, $p_value < 0.01 = **$, $p_value < 0.001 = ***$

Tableau 7 : Test de l'effet cantonnement sur l'abondance de l'étrille

3.3.1.4. Tourteau

Le nombre de captures de tourteau est significativement influencé par le point échantillonné, par l'année considérée, mais également, et surtout par l'effet du cantonnement (Tab. 8). Les

abondances sont beaucoup plus importantes à l'extérieur de ce dernier (Fig. 29). Lors des campagnes estivales le nombre de captures à l'extérieur du cantonnement est 10 fois supérieur. En octobre, le nombre de tourteau par casier est également significativement plus fort à l'extérieur du cantonnement (Fig. 29).

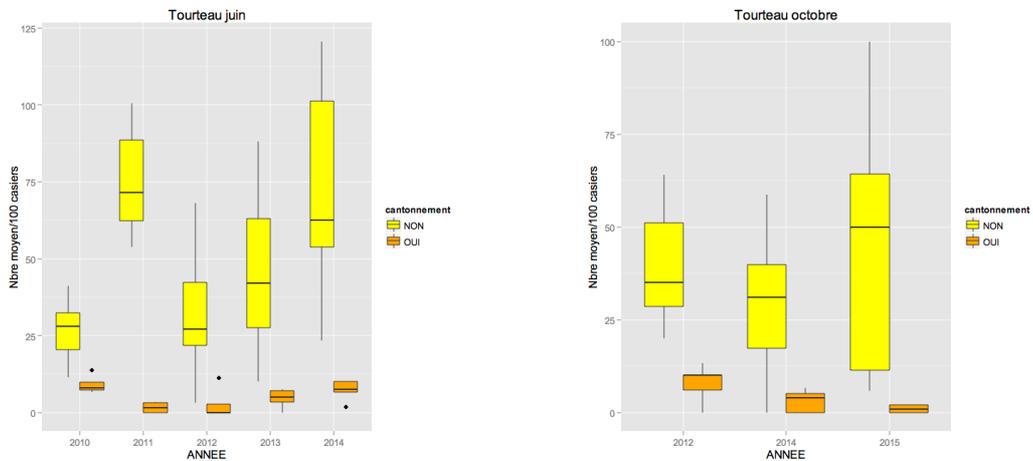


Figure 29: Boxplot de l'abondance de tourteau, dans (oui) et hors (non) cantonnement

A cette période de l'année et sur l'ensemble de la série historique, les captures dans l'archipel sont en effet 8.8 fois plus importantes que dans le cantonnement.

Campagne	Effet	Df	Test	P _{value}
Juin	Zone	1/60	Chi ²	***
	Point	17/43	Chi ²	***
	Année	4/39	Chi ²	***
	Zone : Année	4/35	Chi ²	**
Octobre	Zone	1/45	Chi ²	***
	Point	18/27	Chi ²	***
	Année	2/25	Chi ²	***
	Zone : Année	2/23	Chi ²	*

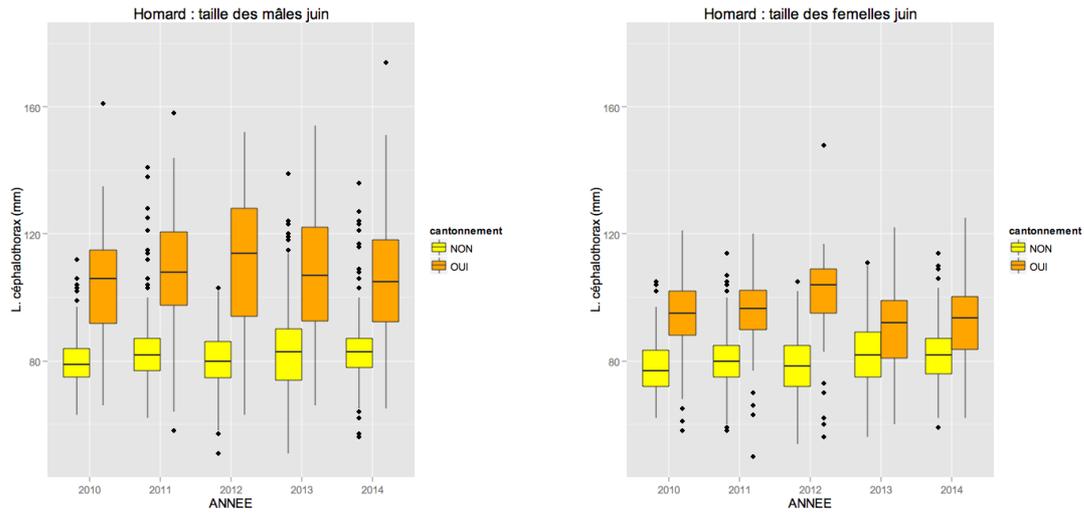
$p_value < 0.05 = *$, $p_value < 0.01 = **$, $p_value < 0.001 = ***$

Tableau 8 : Test de l'effet cantonnement sur l'abondance du tourteau

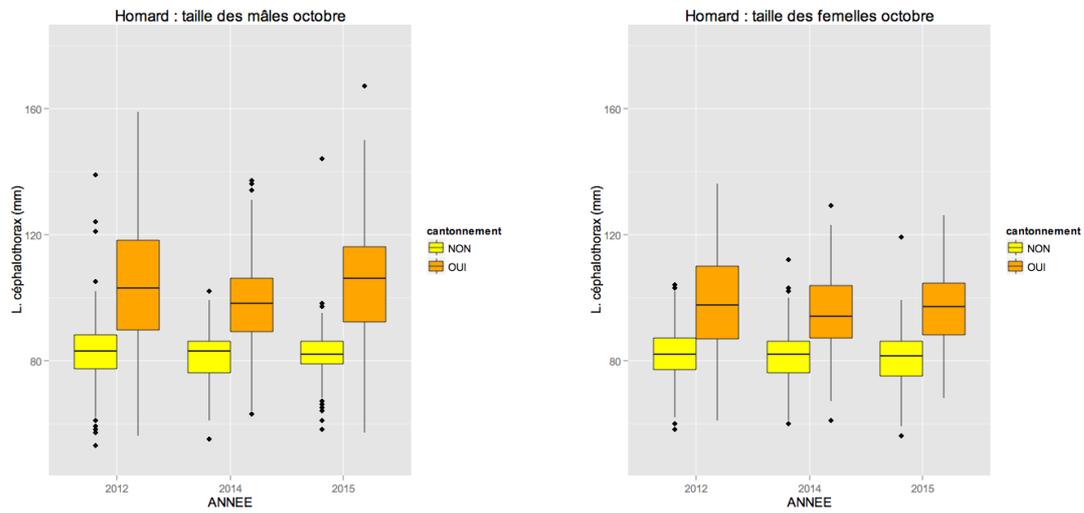
3.3.2. Taille

3.3.2.1. Homard

Un effet cantonnement significatif est détecté pour la taille du homard, quel que soit le sexe, en juin comme en octobre (Fig. 30 ; Tab.9). Les individus pêchés dans le cantonnement sont, en général, plus grands que les individus pêchés à l'extérieur mais la différence de taille entre les individus pêchés hors et dans le cantonnement est plus importante pour les mâles que pour les femelles. Lors des campagnes de juin, la différence de taille au profit des individus capturés dans le cantonnement est en moyenne de 23 mm pour les mâles et 13 mm pour les femelles.



A : juin



B : octobre

Figure 30 : Boxplot de la taille du homard par sexe, dans et hors cantonnement en juin (A) et octobre (B)

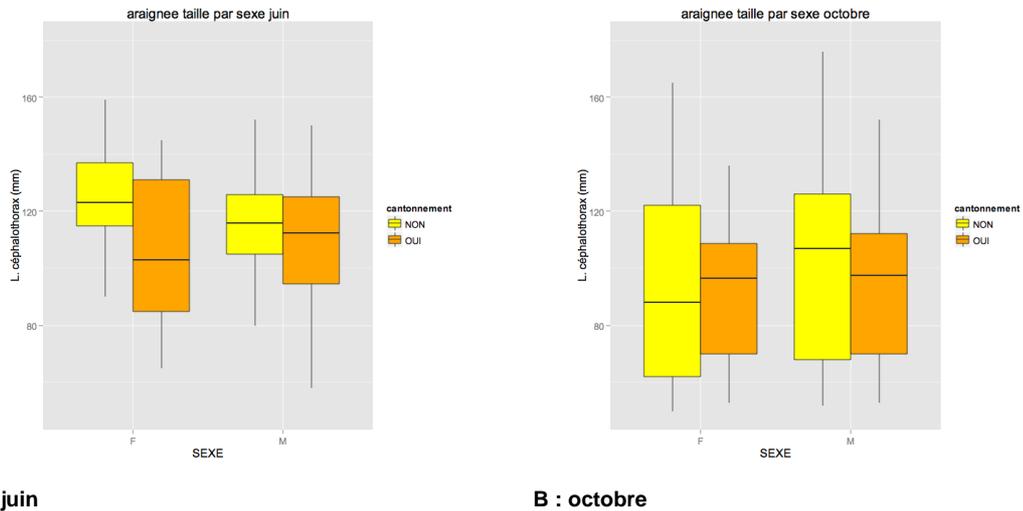
	JUN					OCTOBRE				
	Df	Somme des Carrés moyens	Proportion variance expliquée	F	Pr(>F)	Df	Somme Des Carrés moyens	Proportion variance expliquée	F	Pr(>F)
Point	22	305379	33.5%	85.5	***	19	128087	34.4%	51	***
Sexe	1	22524	2.4%	130.7	***	2	2366	0.6%	8.9	***
An	4	2718	0.3%	3.96	**	2	1752	0.5%	6.6	**
Sexe x Cant.	1	25251	2.8%	151.6	***	1	1631	0.4%	12.3	***
Cant. x An	4	7237	0.78%	10.6	***	2	1238	0.3%	4.7	**
Résidus	3635	547735	60.1%			179	236890	63.7%		
Total		910844					371964			

p_value<0.05=, p_value<0.01=**, p_value<0.001=****

Tableau 9 : Test de l'effet cantonnement sur la taille des homards mâles et femelles en juin et octobre

3.3.2.2. Araignée

L'effet du cantonnement sur la taille des araignées capturées est non-significatif. Les interactions significatives détectées entre le cantonnement, le sexe, et l'année traduisent de faibles différences des tailles de captures entre mâles et femelles, à l'extérieur et à l'intérieur de la zone et selon les campagnes de prospection (Tab.10). La taille des araignées est légèrement plus faible dans le cantonnement lors de la campagne du mois de juin (Fig. 31) alors qu'au mois d'octobre les mâles y sont légèrement (mais significativement) plus petits et les femelles plus grandes.



A : juin

B : octobre

Figure 31 : Boxplot de la taille de l'araignée par sexe, dans et hors cantonnement en juin (A) et octobre (B)

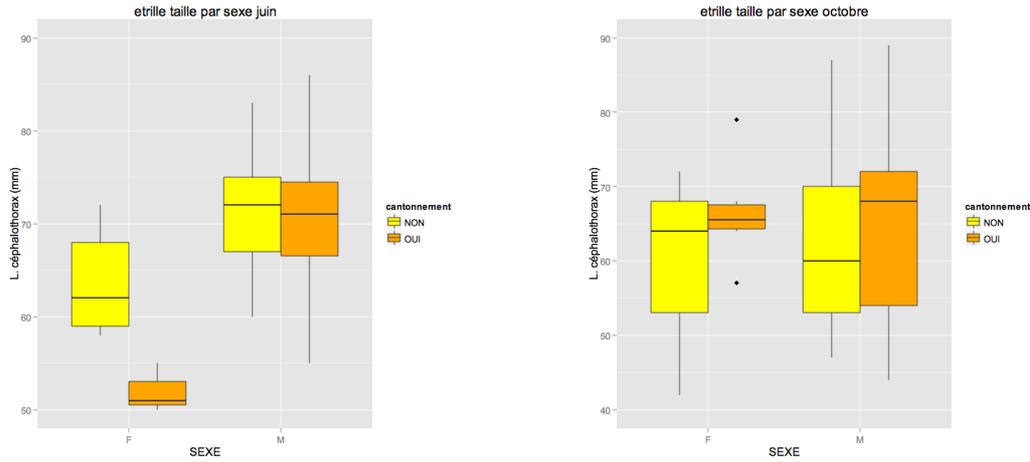
	JUN					OCTOBRE				
	Df	Somme Des Carrés moyens	Proportion variance expliquée	F	Pr(>F)	Df	Somme Des Carrés moyens	Proportion variance expliquée	F	Pr(>F)
Point	17	17950	22.8%	2.4	***	17	20776	19.1%	3.8	***
Sexe	1	613	0.8%	21.4	NS	2	1268	1.2%	2	NS
An	1	1354	1.7%	0.11	*	3	11639	10.7%	12.1	***
Sexe x	1	1453	1.8%	3.16	*	1	3063	2.8%	9.5	**
Cant. x An	1	401	0.5%	0.45	NS	2	1225	1.1%	1.9	NS
Résidus	192	56786	72.3%			222	70987	65.1%		
Total		78557					108958			

$p_value < 0.05 = *$, $p_value < 0.01 = **$, $p_value < 0.001 = ***$, NS=non significatif

Tableau 10 : Test de l'effet cantonnement sur la taille des araignées mâles et femelles en juin et octobre

3.3.2.3. Etrille

Les analyses montrent un effet du cantonnement sur la taille des étrilles capturées uniquement au mois de juin (Tab.11). Cet effet est majoritairement dû à la faible taille des femelles pêchées dans le cantonnement à cette époque, largement inférieure à la taille des femelles pêchées en dehors de la zone (Fig. 32). Les données récoltées lors de la campagne d'octobre ne montrent pas d'effet significatif du cantonnement sur le dimorphisme sexuel de l'étrille.



A : juin

B : octobre

Figure 32 : Boxplot de la taille de l'étrilles par sexe, dans et hors cantonnement en juin (A) et octobre (B)

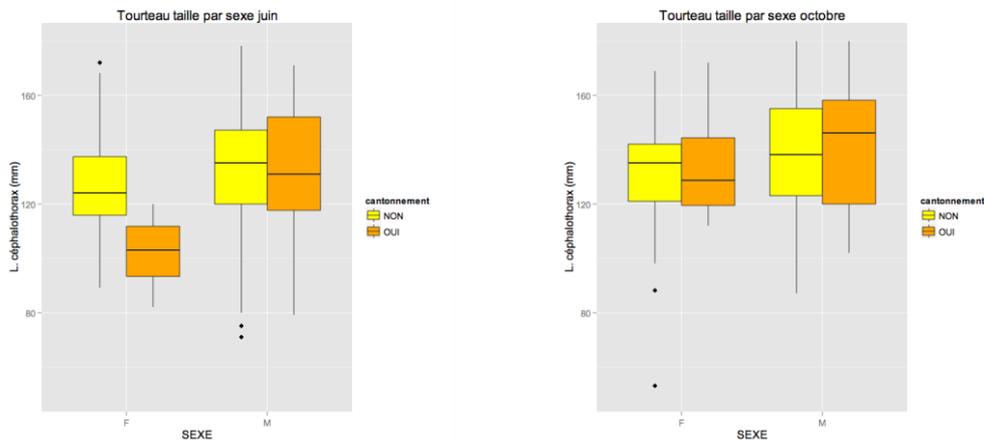
	JUN					OCTOBRE				
	Df	Somme Des Carrés moyens	Proportion variance expliquée	F	Pr(>F)	Df	Somme Des Carrés moyens	Proportion variance expliquée	F	Pr(>F)
Point	17	1236.8	14.1%	2.1	**	19	6203.7	51.2%	7.9	***
Sexe	1	1457.6	16.7%	42.5	***	1	111.6	0.9%	2.7	NS
An	1	60.5	0.7%	1.8	NS	2	2337.4	19.3%	28.2	***
Sexe x Cant.	1	197.4	2.3%	5.8	*	1	5.3	0.0%	0.1	NS
Cant. x An	1	70.1	0.8%	2.0	NS	2	12.9	0.1%	0.2	NS
Résidus	192	5726.5	65.5%			83	3437.8	28.4%		
Total		8748.9					12108.7			

$p_value < 0.05 = *$, $p_value < 0.01 = **$, $p_value < 0.001 = ***$, NS = non significatif

Tableau 11 : Test de l'effet cantonnement sur la taille des étrilles mâles et femelles en juin et octobre

3.3.2.4. Tourteau

Il n'existe pas d'effet significatif du cantonnement pour la taille du tourteau et ceci quel que soit le sexe (Tab. 12).



A : juin

B : octobre

Figure 33 : Boxplot de la taille des tourteaux par sexe, dans et hors cantonnement

Par contre, dans les deux zones, les mâles capturés sont généralement plus grands que les femelles (Fig. 33), tout particulièrement lors des campagnes de juin où la différence de taille dans le cantonnement entre les femelles et les mâles est plus importante que dans le reste de la zone.

	JUIN					OCTOBRE				
	Df	Somme des Carrés moyens	Proportion variance expliquée	F	Pr(>F)	Df	Somme Des Carrés moyens	Proportion variance expliquée	F	Pr(>F)
Point	18	16606	6.8%	2.4	***	18	14200.0	5.5%	1.8	*
Sexe	1	8137	3.34%	21.4	***	1	3403.0	1.3%	7.9	**
An	1	45	0.8%	0.1	NS	2	5459.0	2.1%	6.4	**
Sexe x Cant.	1	1200	2.4%	3.2	NS	1	18.0	0.0%	0.0	NS
Cant. x An	1	174	0.7 %	0.4	NS	2	21.0	0.0%	0.0	NS
Résidus	573	217115	89.2%			522	236776.0	91.1%		
Total		243277					259877			

$p_value < 0.05 = *$, $p_value < 0.01 = **$, $p_value < 0.001 = ***$, NS=non significatif

Tableau 12 : Test de l'effet cantonnement sur la taille des tourteaux mâles et femelles en juin et octobre

3.3.3. Sex-ratio

3.3.3.1. Homard

La proportion de homards mâles semble supérieure à l'intérieur du cantonnement en juin comme en octobre (Tab.13). Le sex-ratio (nb. mâles / nb. total) augmente d'un facteur 1.2 lorsque l'on passe de la zone de l'archipel au cantonnement (Fig. 34).

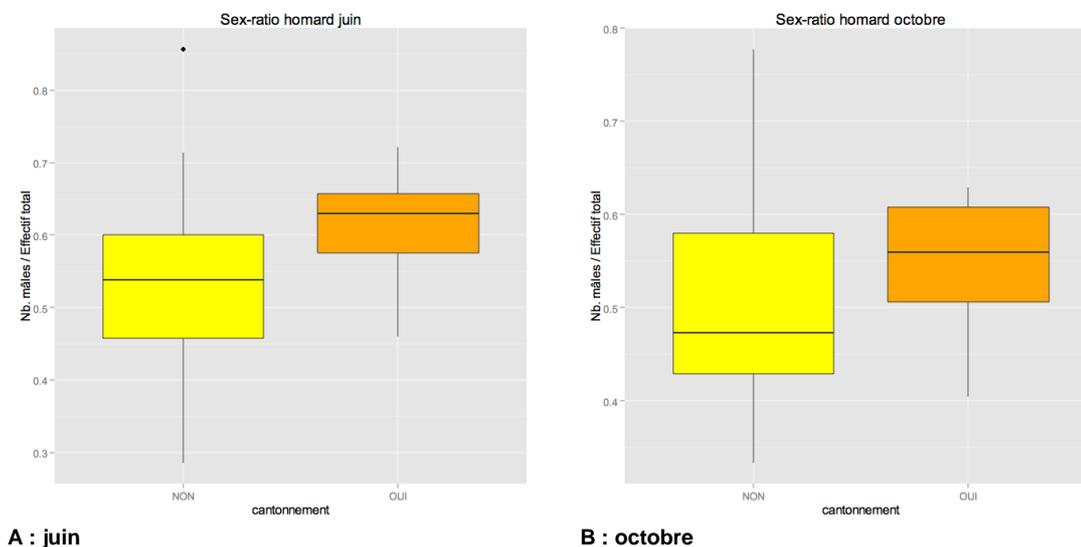


Figure 34 : Boxplot de la taille des homards par sexe, dans et hors cantonnement

Campagne	Effet	Df	Test	P _{value}
Juin	Cantonnement	1/70	Chi ²	***
Octobre	Cantonnement	1/45	Chi ²	*

$p_value < 0.05 = *$, $p_value < 0.01 = **$, $p_value < 0.001 = ***$

Tableau 13 : Test de l'effet cantonnement sur la proportion de homards mâles en juin et octobre

En octobre, la proportion de femelles œuvées (Fw) est plus importante dans le cantonnement et représente presque 50% des captures de femelles (annexe 2). A contrario, au mois de juin les femelles sans œuf représentent plus de 90% des captures de ce sexe et ceci quelle que soit la zone étudiée.

3.3.3.2. Araignée

Il n'existe pas d'effet cantonnement (Fig. 35 ; Tab. 14) sur le sex-ratio de l'araignée, en effet il n'y a pas de différence significative (NS) entre cette zone et le reste de l'archipel.

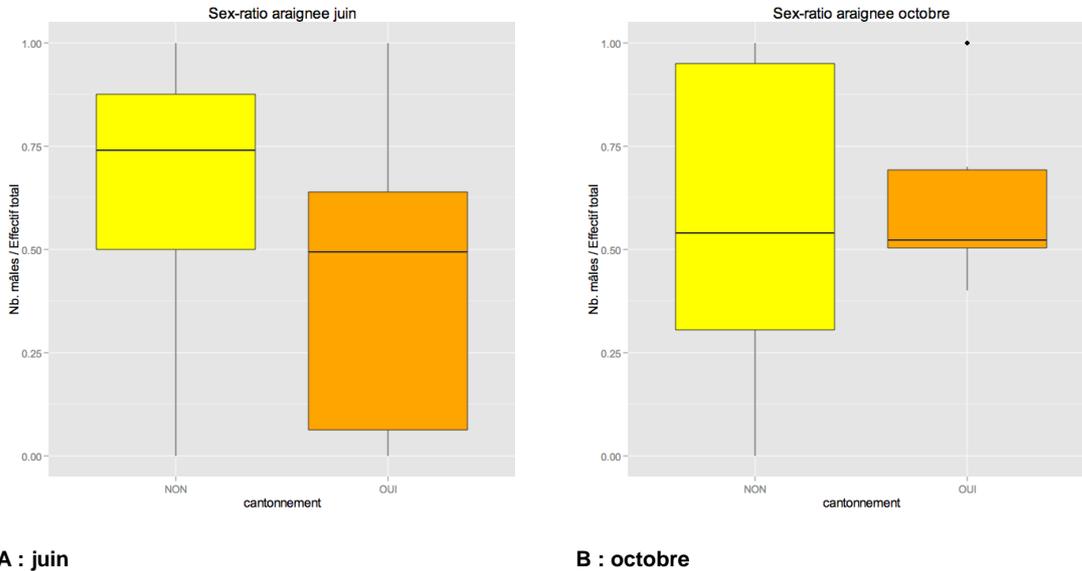


Figure 35: Boxplot de la taille des araignées par sexe, dans et hors cantonnement

Campagne	Effet	Df	Test	P value
Juin	Cantonnement	1/32	Chi ²	NS
Octobre	Cantonnement	1/34	Chi ²	NS

Tableau 14 : Test de l'effet cantonnement sur la proportion d'araignées mâles en juin et octobre

3.3.3.3. Etrille

Il n'existe pas d'effet cantonnement (Fig. 36 ; Tab. 15) sur le sex-ratio de l'étrille, en effet il n'y a pas de différence significative entre cette zone et l'archipel.

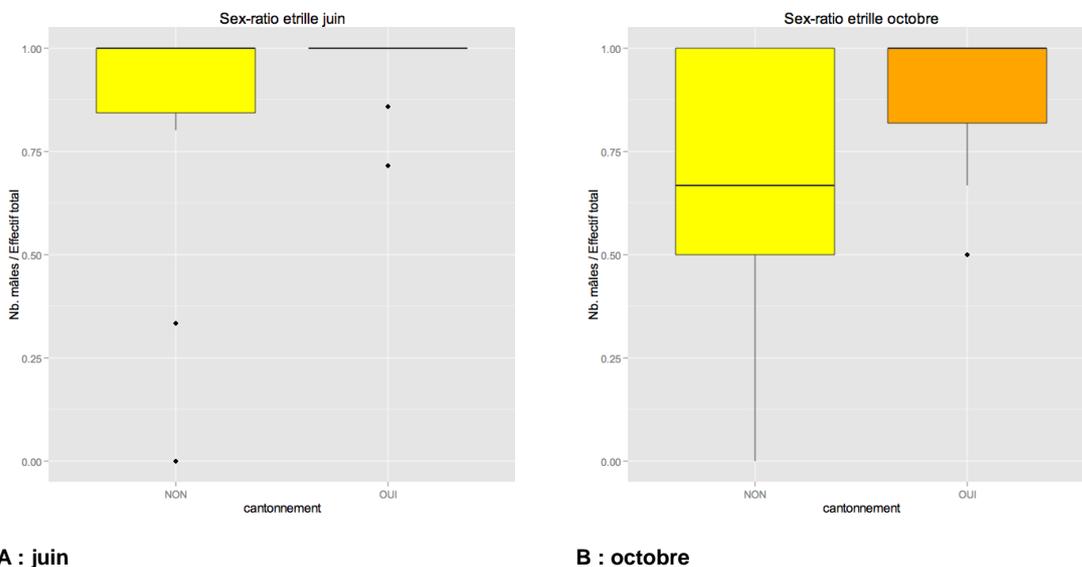


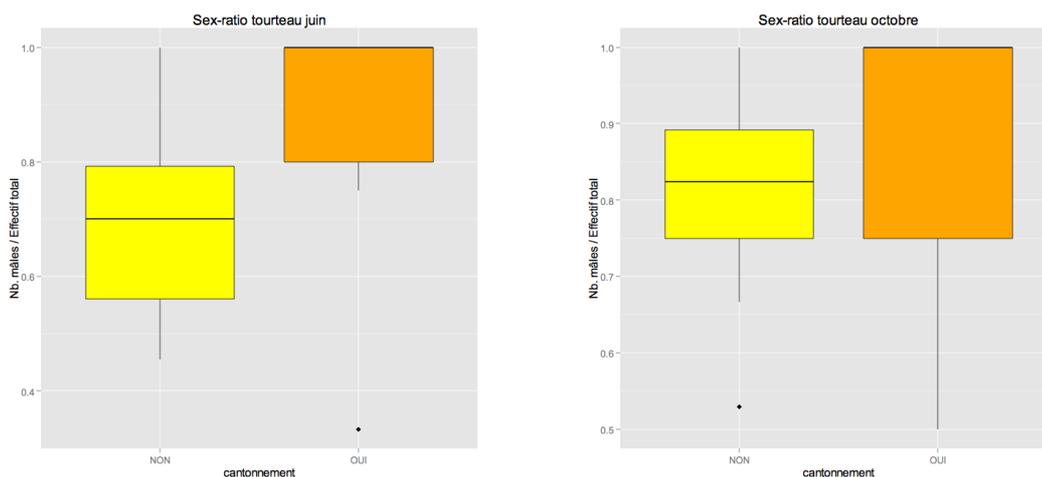
Figure 36: Boxplot de la taille des étrilles par sexe, dans et hors cantonnement

Campagne	Effet	Df	Test	P _{value}
Juin	Cantonnement	1/32	Chi ²	NS
Octobre	Cantonnement	1/31	Chi ²	NS

Tableau 15 : Test de l'effet cantonnement (zone) sur la proportion d'étrilles mâles en juin et octobre

3.3.3.4. Tourteau

Il n'existe pas d'effet cantonnement (Fig. 37 ; Tab. 16) sur le sex-ratio du tourteau, en effet il n'y a pas de différence significative entre cette zone et l'archipel.



A : juin

B : octobre

Figure 37: Boxplot de la taille des tourteaux par sexe, dans et hors cantonnement

Campagne	Effet	Df	Test	P _{value}
Juin	Cantonnement	1/33	Chi ²	NS
Octobre	Cantonnement	1/39	Chi ²	NS

Tableau 16 : Test de l'effet cantonnement sur la proportion de tourteaux mâles en juin et octobre

3.4. Marquage

Les premiers marquages avec la méthode des spaghettis ont été réalisés en octobre 2012 (196 individus marqués). Ils ont été poursuivis jusqu'en octobre 2015 ce qui représente un total de 1301 individus marqués.

3.5. Recapture

L'absence de campagne en 2013 n'a pas permis de faire une estimation annuelle de la population de homards dans le cantonnement depuis octobre 2012. Etant donné que la perte de marque est plus importante au-delà d'un an de liberté après marquage, nous avons préféré ne commencer l'étude des recaptures qu'à partir de juin 2014, ceci afin de ne pas risquer de faire une surestimation de la population.

Le nombre d'individus estimé en octobre 2014 est certainement surévalué dû au marquage d'un grand nombre d'individus pour la première fois. Si on ne retient que les deux dernières périodes, la taille moyenne de la population dans le cantonnement est comprise entre 908 et 2439 individus (Tab. 17).

Estimateur \ Période	Période		
	Juin 2014 Octobre 2014	Octobre 2014 Juin 2015	Juin 2015 Octobre 2015
n_t	303	168	191
N_{t+1}	230	220	136
m	13	20	16
N	5360	1848	1623
Intervalle de confiance	[2612, 7418]	[1116, 2439]	[908, 2185]

Tableau 17 : Estimation de l'abondance selon la méthode de Lincoln-Petersen

3.6. Croissance inter-mue

Sur les 1301 homards marqués depuis octobre 2012, il y a 45 individus pour lesquels il existe des données de croissance et 32 recaptures sans changement de taille. Certains individus pouvant être recapturés jusqu'à 3 fois, il est difficile de faire une estimation précise du pourcentage de recaptures. Toutefois en tenant compte de ces éléments et en ajoutant les recaptures réalisées par les professionnels ou les plaisanciers, il y a eu 75 homards différents recapturés sur 1189 individus marqués entre octobre 2012 et juin 2015 ce qui correspond à un taux de recapture d'environ 6.3%.

La croissance du homard s'effectue par mues successives dont la fréquence dépend de la taille de l'animal. La première année qui suit la métamorphose en post-larve, les individus vont muer jusqu'à 16 fois. L'année suivante les mues seront moins fréquentes (2 à 3) et la troisième année, il n'y aura plus qu'une ou deux mue(s) par an généralement pendant la période estivale.

Campagne	Effectif marqué	Effectif recapturé							
		Avec croissance				Sans croissance			
		Nombre				Nombre			
		2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
Octobre 2012	196								
Juin 2013	269	5			3				
Juin 2014	303				1	2			
Octobre 2014	230	1		6			7		
Juin 2015	191	1		18		1	3	5	
Octobre 2015	112			6	8			10	
TOTAL	1301	7		30	8	4	3	10	15

Tableau 18 : Recaptures en fonction de la campagne de marquage

A partir de quatre ans, l'individu ne va muer qu'une fois dans l'année et au-delà de 6 ans, il est difficile de suivre la croissance car le nombre de mues est plus rare et peut varier de 18 mois à 3 ans en fonction de la taille et du sexe.

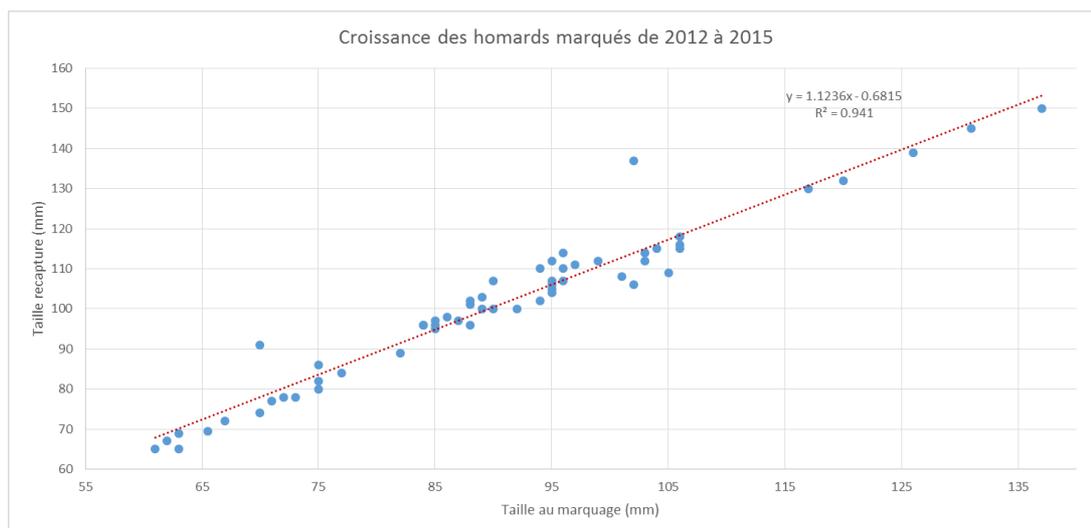


Figure 34 : Longueur des homards (Lc) à la recapture en fonction de la taille de marquage (Lc)

Pour éviter les confusions qui pourraient être engendrées par des durées de liberté trop longues entre le marquage et la recapture (risque de plusieurs mues) d'individus dont la taille Lc est inférieure à 100 mm, nous n'avons retenu que les individus dont le nombre de jours de liberté ne dépasse pas 385 jours. Ainsi les données concernant la croissance sont généralement observées entre les campagnes de juin et octobre. Pour ceux dont la taille Lc dépasse 100 mm, le pas de temps va jusqu'à 3 ans. Ceci permet d'avoir une information entre la campagne du mois de juin et celle d'octobre mais aussi entre deux campagnes réalisées à environ un an d'intervalle et plusieurs années pour les grandes tailles aux mues peu fréquentes.

La comparaison des longueurs céphalothoraciques (Lc) montre deux groupes dont la croissance varie légèrement :

- Les individus dont la longueur est inférieure ou égale à 70 mm ont une croissance d'environ 7 mm avec un nombre de jours de liberté compris entre 25 et 145 jours
- Les individus de plus de 70 mm ont une croissance moyenne annuelle de 11 mm.

Pendant cette même période d'octobre 2014 à octobre 2015, une trentaine d'individus a été recapturée sans qu'il soit observé un accroissement de taille. Il s'agit de homards dont la longueur moyenne est égale à 111 mm pour un nombre de jours de liberté proche de 205 jours.

3.7. Mobilité

En dehors de sept individus pêchés par des professionnels et dont l'information a été relayée par le SyMEL, l'ensemble des recaptures est réalisé dans le cantonnement lors des campagnes annuelles.

Les individus repris par les pêcheurs ont été capturés dans les environs du cantonnement ou pour l'un d'entre eux, dans la partie extrême ouest de l'archipel.

4. Discussion

4.1. Caractérisation du peuplement de crustacés de Chausey

Dans le cantonnement ou en dehors, le homard est l'espèce dominante dans les captures réalisées au casier. Elle représente 85% des captures dans la zone protégée et 43% en dehors. L'abondance est relativement importante depuis plusieurs années avec des rendements supérieurs lors des campagnes de juin. Les années 2010, 2012 et 2014 mettent en évidence de bonnes abondances d'individus dont la taille est comprise entre 75 et 86 mm ce qui a un effet direct sur l'augmentation de l'abondance dans l'archipel. Cette tendance observée parallèlement à une augmentation faible mais régulière des grands individus entraîne une diminution de la taille moyenne de la population de homards (hors cantonnement) qui est nettement inférieure à la taille commerciale. On peut ainsi affirmer que cette taille relativement faible associée à des rendements élevés permet de penser que les recrutements de jeunes homards ont été bons les années précédentes.

Il faut toutefois porter une attention particulière à deux classes de taille qui ont une tendance différente de ce qui est observé pour les autres. La première observation montre une stabilité de la classe 87-96 mm depuis 2013 après plusieurs années de hausse alors que la seconde montre une diminution de la classe 50-70 mm depuis deux ans. L'absence de données en juin 2015 obère toute analyse prospective mais il serait bon de pouvoir constituer une série historique longue et continue si l'on souhaite connaître les tendances des prochaines années et intégrer une variabilité d'ordre naturelle. Il y a en effet au moins 5 ans entre la plus petite et la plus grande classe de taille ce qui est supérieur au protocole de suivi stabilisé depuis 2012.

La diminution des rendements entre juin et octobre peut avoir plusieurs origines parmi lesquelles on peut avancer une moins bonne capturabilité du homard pendant la saison automnale mais aussi une activité de pêche dirigée vers cette espèce qui aurait pour effet de soustraire de la population de Chausey une fraction importante d'individus les plus grands au cours de la saison de pêche. La diminution de l'abondance entre les campagnes estivales et automnales dans le cantonnement montre en effet qu'il existe une baisse des captures entre ces deux périodes. Malgré tout, un autre élément à prendre en compte est la diminution des rendements de la fraction située au-dessus de 87 mm depuis 2013, lors de la campagne de juin (aucune donnée en 2015) ainsi que, les deux dernières années d'octobre. D'autre part, la fraction supérieure située au-delà de 97 mm est aussi affectée par une diminution des rendements depuis deux ans. Un effort de pêche supplémentaire pourrait être à l'origine de cette troncature prononcée de la partie supérieure du spectre de taille qu'il serait intéressant d'évaluer.

La capturabilité de l'araignée semble moins bonne lorsque les pêches expérimentales sont réalisées avec des casiers individuels. Les captures diminuent entre juin et octobre ce qui correspond effectivement à un déplacement des araignées en période automnale vers des fonds plus importants. Lors des campagnes estivales les abondances sont relativement proches entre le cantonnement et l'archipel mais elles montrent une plus grande hétérogénéité des captures dans ce dernier en lien avec l'hétérogénéité des substrats sur lesquels sont placées les filières. En effet, les araignées se concentrent davantage dans les zones de sable ou en bordure des enrochements que sur les zones rocheuses.

L'étrille est l'espèce la moins abondante dans les captures des crustacés commerciaux à Chausey. Sa capturabilité semble toutefois plus importante lorsqu'elle est pêchée, comme c'est le cas en juin 2010 et 2012, avec des casiers individuels.

En dehors de fluctuations inter annuelles, l'abondance du tourteau augmente depuis 2010 sur l'ensemble de l'archipel. Les captures dans le cantonnement sont toutefois particulièrement faibles et ne représentent que 3% des captures de crustacés dans cette zone.

4.2. Evaluation de l'effet du cantonnement

De manière générale, le protocole le plus efficace pour démontrer l'effet d'un cantonnement consiste à comparer l'évolution de la variable d'intérêt (ici : le nombre de capture, la taille, ou un autre descripteur biologique) à l'extérieur et à l'intérieur de la zone interdite à la pêche, avant et après la mise en place de la mesure de gestion (réf : BACI). Le début de l'étude étant très postérieur à la mise en œuvre du cantonnement à Chausey, il faut constater qu'il n'existe pas de données permettant de documenter les effets de sa mise en place sur les ressources halieutiques. Dans cette étude, nous avons donc opté pour des approches complémentaires visant à caractériser la communauté des crustacés qui est capturée dans le cantonnement et comparer celle-ci au reste de l'archipel, mais également à estimer l'effet par échappement des individus vers l'extérieur ainsi qu'évaluer l'intérêt qu'il peut avoir à plus grande échelle concernant la dispersion larvaire du homard.

Pour ce qui concerne les données récoltées au cours des campagnes, les données de captures sont caractérisées par une très forte variabilité, qui s'exprime également entre les points au sein d'une même zone (intra- ou extra-cantonnement). Par exemple, si pour le homard, le nombre de captures par casier est globalement supérieur à l'intérieur du cantonnement, certains points situés en dehors de la zone présentent également un bon rendement de pêche. Dans cette étude, de nombreux points n'ont malheureusement pas pu être échantillonnés d'une année sur l'autre, bien souvent à cause des conditions climatiques difficiles. Cela rend toutefois les comparaisons très malaisées : l'effet du cantonnement étant souvent confondu avec la variabilité spatiale à petite échelle (inter-points) et la variabilité annuelle. Enfin, l'absence de données en juin 2015 à l'extérieur du cantonnement, et en octobre 2013 à l'intérieur et à l'extérieur, nous a conduit à éliminer l'ensemble des données récoltées lors de ces campagnes, faute de point de comparaison. L'ensemble de ces éléments fait que l'analyse réalisée ici ne permet de mettre en évidence que les différences les plus flagrantes entre les communautés de crustacés à l'intérieur, et à l'extérieur de la zone de gestion. Le

protocole devrait être reconduit à l'identique plusieurs années pour que les analyses des données de campagne puissent se montrer réellement conclusives.

Pour les variables biométriques et la sex-ratio des araignées, étrilles, et des tourteaux, les mesures et le sexage n'ont été réalisés qu'à partir de 2013. Le nombre d'individus considéré dans cette étude, et pour ces espèces, est donc largement inférieur à celui des homards ayant fait l'objet de mesures, et la puissance des tests (la pertinence des analyses) s'en est trouvée d'autant diminuée.

4.2.1. Communauté dans le cantonnement vs archipel

Notre analyse, suggère un impact du cantonnement sur l'abondance (nombre de captures par casiers) du homard et du tourteau. L'abondance du homard semble globalement plus importante en zone protégée alors que celle du tourteau apparaît plus faible. L'absence de différence de capturabilité entre l'extérieur et l'intérieur de la zone de protection, pour ce qui concerne les étrilles et les araignées, suggère que l'abondance de ces espèces n'est pas affectée par un « effet » cantonnement.

L'affirmation d'un fort « effet » du cantonnement sur les communautés de tourteau et de homard doit toutefois être tempérée. Il faut ainsi remarquer une forte variation inter-annuelle du nombre de captures par casier qui semble notamment liée à la position des points échantillonnés à l'intérieur, ou à l'extérieur de la zone. Dans la mesure où, d'une année sur l'autre, les points échantillonnés sont rarement les mêmes, l'estimation précise des effets du cantonnement sur l'abondance de ces 2 espèces reste difficile à estimer.

Par ailleurs, la variation du nombre de captures par engin de pêche constitue un indicateur relativement dégradé de l'abondance des stocks ou d'une communauté car la différence d'abondance dans les captures peut aussi bien être liée au comportement des individus (ex. les tourteaux restent cachés ou ne sont pas attirés par l'appât des casiers) qu'à une variation réelle de leur abondance dans la zone échantillonnée.

Il a été aussi possible de mettre en évidence des différences de taille entre le cantonnement et l'archipel qui affectent aussi bien les homards mâles que les femelles. La taille plus importante du homard dans le cantonnement peut être liée à plusieurs phénomènes : une densité plus importante du nombre de gros individus (vraisemblablement due à une structure en taille de la population non tronquée par la pêche) ici plutôt les mâles ou une densité plus faible de petits individus. L'effet du cantonnement sur la taille des individus peut également être lié aux variations d'effectifs observés au fil du temps. En effet, les homards de grande taille ne connaissent presque aucun prédateur et sont particulièrement dominants territorialement. Un effet positif est que les femelles de grande taille produisent généralement un plus grand nombre de descendants du fait d'une plus grande fécondité et d'une meilleure qualité des œufs. La concentration importante de femelles de homard de grande taille représente donc a priori une augmentation du potentiel reproducteur de la population amplifiée par l'augmentation probable d'abondance au cours du temps. Il semble toutefois que la capturabilité des femelles ne soit pas constante et dépende de la maturation des œufs qu'elles portent sous l'abdomen jusqu'à l'éclosion de ceux-ci. Après une incubation d'environ dix mois, les œufs vont éclore de juin à août (Martin 1980) et libérer les larves dans le milieu. Avant l'éclosion, la femelle va maximiser la survie des larves en agitant les quatre paires de pléopodes ce qui va oxygéner les œufs. Pendant quelques jours précédant l'éclosion, il est donc possible que les femelles soient moins capturables du fait de cette oxygénation et du risque que les œufs se détachent avant d'éclore lorsqu'elles vont pénétrer dans les casiers. La proportion de femelles œuvées plus faible en juin qu'en octobre pourrait donc en partie expliquer cela en plus du fait qu'une partie des larves a déjà été libérée avant le pic d'éclosion qui a lieu en juillet. Malgré tout le sex-ratio déséquilibré au profit des mâles aussi bien en juin qu'en octobre ne semble pas donner toute l'efficacité de production de larves à partir du cantonnement. Il se peut toutefois que la mise en place de casiers dans le cantonnement entraîne une compétition intra spécifique (vis à vis de l'appât) au profit des plus gros mâles et ne permet d'estimer de façon fiable la véritable proportion de femelles qui s'y trouvent.

En ce qui concerne l'araignée, nous avons observé une différence d'abondance entre les deux zones aux mois d'octobre sans qu'il soit possible d'en établir l'origine. De manière générale, l'araignée est une espèce plus mobile que le homard, qui effectue des migrations orientées chaque année depuis des zones plus profondes situées dans le centre de la manche ouest vs le golfe normand breton.

Pour l'étrille, le nombre d'individus capturés dans le cantonnement est très faible. L'étrille ne semble pas trouver dans le secteur protégé un habitat qui lui permette de s'y développer.

4.2.2. Exclusion compétitive

Les aires marines protégées (AMP) ont été proposées comme un moyen de conservation de la diversité biologique (Murray et al. 1999), mais leur efficacité dépend en partie des interactions

interspécifiques au sein des communautés qui sont encore mal connues. Elles peuvent s'avérer compliquées à évaluer et produisent souvent des résultats ambigus ou compromettent l'efficacité de méthodes statistiques approximatives basées sur des plans d'échantillonnages mal adaptés. Ce défi est rendu plus complexe encore par différents types d'incertitudes liées aux comportements agressifs de certaines espèces et à leur impact sur la composition des communautés dans les AMP (Fraschetti et al. 2005). Les espèces qui profitent le plus rapidement de la protection des AMP sont plutôt sédentaires, spatialement conquérantes ou territoriales et passent une bonne partie de leur vie dans ces zones protégées (Murawski et al. 2000), ce qui semble être le cas du homard.

Il est bien connu que chaque espèce, ou communauté, a besoin de conditions biotiques et abiotiques propices, notamment concernant l'espace et les ressources trophiques, à sa croissance, son développement, sa survie et sa reproduction : c'est le concept de niche écologique (Pickering & Whitmarsh 1997). En ce qui concerne cette étude, le homard et le tourteau semblent posséder des niches écologiques similaires mais, alors qu'ils sont tous les deux dans une zone protégée, leurs abondances sont opposées et seul le homard est présent en quantité importante. On pourrait s'attendre à des abondances plus importantes que dans le reste de l'archipel pour ces deux espèces puisque les zones interdites à la pêche conduisent généralement à une augmentation des abondances et des tailles (Halpern 2003).

Selon Gausse (1935), les populations de deux espèces ne peuvent présenter de fortes densités simultanément dans une zone géographique donnée dans le cas où elles ne possèdent pas certaines différences écologiques, notamment dans leur utilisation du milieu ou leur niche écologique. En l'absence de telles différences, une espèce tendra toujours à dominer l'autre en termes d'abondance, voire à conduire à son extinction dans la zone considérée, du fait d'un avantage compétitif, un phénomène connu sous le nom d'exclusion compétitive. Le facteur limitant peut par exemple être la nourriture ou l'espace nécessaire au développement d'une des deux espèces.

On peut noter également que, les individus de grande taille étant généralement dominants, une densité importante de homards de grande taille peut entraîner une intensification de la compétition intra spécifique au sein de la population et de la pression de compétition interspécifique qu'elle exerce sur les autres espèces.

Les homards sont des animaux carnivores, opportunistes et très territoriaux (Karnofsky et al. 1989). Ils mangent des bivalves, des gastéropodes, des polychètes, des échinodermes et, s'ils sont en manque d'autres proies, peuvent également se nourrir de leurs propres juvéniles (Van der Meeren 1983, Linnane et al. 2000, Schmalenbach et al. 2009). C'est certainement une des raisons pour laquelle il est très difficile de capturer avec des casiers de jeunes individus dans une zone où la concentration d'adultes est importante. Les professionnels remarquent en effet que les petits homards ne rentrent dans les casiers que lorsqu'il ne reste plus beaucoup d'adultes dans un secteur donné.

Le tourteau a un régime alimentaire similaire mais la littérature ne semble pas faire état d'actes de cannibalisme avérés ni d'actes d'agressivité pour la protection de leur territoire aussi prononcés que ceux du homard. Le tourteau semble donc être une espèce moins opportuniste en termes de relations trophiques et moins agressive, ayant donc de ce fait un désavantage compétitif face au homard. La quasi absence du tourteau, parallèlement à l'abondance importante du homard, pourrait donc découler d'une exclusion compétitive du tourteau par le homard.

Nous avons vu ici l'exemple d'une exclusion compétitive interspécifique qui affecte la distribution du tourteau dans la zone du cantonnement. De la même manière, il n'est pas rare de trouver, au sein d'une même espèce, des comportements analogues entre différents stades de vie ou groupes d'individus, *i.e.* des phénomènes d'exclusion compétitive intra spécifique. Ceux-ci sont alors basés sur la compétition intra spécifique, qui dans le cas d'une compétition par interférence, pourrait être basée sur une forme d'avantage physique des individus plus âgés, de plus grande taille ou dominants. Les captures de homards réalisées dans la zone protégée en sont un parfait exemple. En effet, il est rare de capturer, dans un même casier, des classes de tailles très différentes. Les gros homards sont en général fortement territoriaux et plus particulièrement ils rentrent les premiers dans les casiers. Les femelles, particulièrement agressives, n'hésitent pas à tuer les juvéniles qui se trouvent piégés en même temps qu'elles. Ce comportement est particulièrement vrai lorsque les femelles portent des œufs. D'autre part, il est connu que les homards adultes sont carnivores et mangent aussi les juvéniles de l'année, dont les mues sont fréquentes, si ceux-ci empiètent sur leur territoire ou passent à proximité de leur refuge. Cette compétition par interférence intra spécifique, voire ce cannibalisme, rendent difficile l'interprétation du nombre plus important d'individus de grande taille dans le cantonnement (cf. partie précédente) qu'à l'extérieur et ne permet pas d'avancer des conclusions sur l'absence ou la présence de jeunes individus dans la zone protégée. La solution serait de retirer une partie de la population située dans le haut du spectre de taille, les stocker dans un vivier le temps de la manipulation, de façon à voir si des individus

de plus petite taille seraient à nouveau capturables. Selon certaines études empiriques, les juvéniles des homards préfèrent rester dans leurs abris, dans les fissures entre les pierres et les galets pour éviter la prédation (Mehrtens et al. 2005) surtout lorsque la densité de grands individus dans le même secteur est importante. De plus, les mues étant très fréquentes à ce stade et relativement longues (20 minutes), les jeunes individus cessent de se nourrir quelques semaines avant chacune d'elles. Ils ne sont donc pas attirés par l'appât disposé dans le casier pendant cette période.

4.2.3. Impact plus large échelle du cantonnement : effet diffusif, aspect larvaire

Un autre intérêt connu et démontré des réserves marines est qu'elles permettent d'améliorer les abondances à l'extérieur grâce à l'échappement des individus des zones protégées vers les eaux ouvertes. Cet échappement bénéficie en premier lieu à la pêche adjacente par deux mécanismes : émigration nette des adultes et des juvéniles du cantonnement vers l'extérieur (Goñi et al. 2010) et exportation des œufs et des larves pélagiques qui contribuent au recrutement d'autres populations non protégées (Abesamis & Russ 2005). Cette dispersion larvaire est considérée comme étant à la base de la connectivité entre les populations et les différents stocks organisés alors en méta-population. Les études réalisées en 1983 (Martin 1990) montrent que le Golfe Normano-Breton représente une zone très diversifiée en larves des différentes espèces de crustacés dont certaines présentent les densités larvaires les plus fortes des côtes françaises (homard, araignées).

Concernant l'émigration nette des adultes et des juvéniles vers l'extérieur de la réserve, celle-ci n'est pas automatique lorsqu'un effet sur l'abondance est détecté comme c'est le cas pour le homard dans cette étude. Comme nous l'avons vu précédemment, les réserves, petites ou grandes, abritent souvent des peuplements plus riches que les zones environnantes. Elles protègent les individus et favorisent l'augmentation de l'abondance et des individus de plus grandes tailles souvent dominants. Toutefois, si l'augmentation de l'abondance des populations dans les zones protégées est avérée (Rowley 1994), il n'en est pas toujours de même à l'extérieur principalement à cause de l'effort de pêche constant qui prélève les plus gros individus. Il est en effet bien souvent difficile d'estimer les phénomènes d'échappement liés à la mise en place d'une réserve alors que l'on connaît pour certaines espèces des déplacements ontogéniques et migratoires qui viennent perturber les effets d'une réserve. En fait, une question importante dans ce contexte est de savoir si la niche écologique des espèces protégées couvre au niveau géographique à la fois la réserve mais également l'extérieur. Cette continuité constitue un lien entre les deux zones qui peut faciliter l'émigration des individus vers l'extérieur. La qualité de l'habitat et de l'environnement dans lequel se développe une communauté est très importante pour les déplacements des animaux et la dynamique des populations locales (Geraldi 2009). En dehors des techniques de marquage, il est difficile d'estimer les déplacements des individus d'autant plus que, dans certains cas, seules les femelles se déplacent pour rejoindre les lieux à partir desquels les larves pourront, portées par les courants et les vents dominants, revenir vers les zones favorables à leur développement.

En ce qui concerne les déplacements des crustacés du cantonnement de Chausey, il n'est pas possible pour l'instant de quantifier l'échappement des individus à partir des données utilisées dans cette étude. La population de homard y fait l'objet d'une étude de capture-marquage-recapture depuis 2012. Sans développer une étude réelle de ces données, il est intéressant de noter qu'il y a quelques retours de marques de homards capturés par les professionnels mais qu'ils sont sans commune mesure avec le nombre d'individus marqués dans le cantonnement environ 6 %. La plupart d'entre eux ont été capturés en limite immédiate de la zone protégée, ce qui suggère un échappement par émigration relativement faible (Reveche 1978). D'un autre côté, un cantonnement de 2 km² tel que celui de Chausey ne peut pas continuer à fournir le territoire nécessaire à une population de homard toujours grandissante et encore moins aux autres crustacés puisqu'à marée basse, sa superficie diminue de moitié et que l'ensemble des individus se concentre dans le sud de la zone. En effet, selon la configuration actuelle du cantonnement, les homards mâles adultes de grande taille sont dominants. En dehors de 2012, où il y avait eu une forte abondance de grands individus, les captures de homards réalisées lors des campagnes estivales dans le cantonnement sont stables. Certaines espèces probablement peu nombreuses en sortiront presque naturellement lors de migrations saisonnières ou bien à cause de la concurrence territoriale, le homard occupant de façon définitive leur niche écologique. Les déplacements des juvéniles de homards découlant d'une exclusion compétitive peuvent être considérés comme des phénomènes d'échappement bénéfique pour la pêche aux alentours du cantonnement si ces déplacements ne s'accompagnent pas d'une baisse de leur abondance du fait de conditions environnementales moins adaptées. Toutefois selon la carte des sédiments réalisée en 2013 (Fig. 5b), il semble que le cantonnement soit isolé par rapport aux secteurs dont

les enrochements pourraient favoriser le développement du homard. Ces zones principalement situées à l'ouest et au nord-ouest de Chausey ne sont accessibles qu'en traversant des hauts fonds constitués de plaines de sable ou de vase dans lesquels les homards pourraient avoir des difficultés à progresser et trouver un rapidement un abri. Un autre secteur situé au nord est de Longue Ile serait plus facilement accessible du fait du continuum sédimentaire mais certainement limité en ce qui concerne l'habitat.

Concernant l'exportation d'œufs et de larves vers l'extérieur, l'augmentation du potentiel reproducteur d'une population favorise à priori le recrutement que ce soit d'elle-même ou d'autres populations de la même espèce auxquelles elle est reliée au sein d'une méta-population. Une augmentation de la reproduction peut en effet alimenter les zones avoisinantes, par exportation de recrues, dans lesquelles l'abondance augmentera alors parallèlement à celle de la réserve (Barrett, Buxton, & Gardner 2009). Le protocole utilisé pour estimer la population dans le cantonnement de Chausey ne met malheureusement pas en avant une abondance importante de femelles en âge de se reproduire et qui pourrait participer par dispersion larvaire au recrutement de jeunes homards dans les zones proches. Sur les côtes de Terre Neuve (Rowe 2001), la densité de femelles ovigères est beaucoup plus abondante pour le homard (*Homarus americanus*) dans une réserve qu'à l'extérieur. A Chausey, leurs tailles sont légèrement supérieures à celles des femelles qui sont capturées à l'extérieur de la zone dans laquelle la majorité des individus est immature. Il existe toutefois plus de femelles œuvées dans le cantonnement que dans le reste de l'archipel lors des campagnes d'octobre mais seule la moitié d'entre elles ont une taille supérieure à 96 mm. Leur contribution au recrutement de juvéniles sur l'archipel est certainement minime par rapport au nombre de larves des méta-populations de homards en âge de se reproduire dans le Golfe Normano-Breton dont la plus proche pourrait être celle des Minquiers. La population de homards du cantonnement de Chausey participe cependant par la dispersion larvaire aux échanges entre les populations.

4.2.4. Croissance

Le nombre de recaptures d'individus marqués est encore faible pour permettre d'estimer de façon précise l'accroissement à la mue. Celui-ci est proche de ce qui est observé dans le cantonnement de Flamanville et correspond aux travaux d'autres auteurs (Revêche 1982, Bertrand 1982) qui permettent de considérer que l'accroissement à la mue peut être compris entre 5 et 14 mm en fonction de la taille des individus. Il semble toutefois important de conserver les deux campagnes annuelles qui permettent de créer deux intervalles suffisants pendant lesquels une augmentation de la taille entre le marquage et la recapture peut être détectée. En effet, plus de 89% des accroissements sont observés pendant ces périodes. La probabilité de perte de marque augmente avec le nombre de mues et rend difficile une interprétation de la croissance pour les individus de petite taille. D'autre part, les captures réalisées dans le cantonnement sont essentiellement composées d'individus de grandes tailles dont les mues sont espacées et ne peuvent montrer de croissance en deçà de 18 à 24 mois. Ceci explique l'absence de données de croissance dans cette série historique courte, pour les individus matures dont la taille est supérieure à 105mm. Le marquage peut aussi avoir un effet sur l'accroissement à la mue et sur l'intervalle qui peut exister entre chacune d'elles (Comeau et Savoie 2001). D'autres paramètres tels que la température de l'eau (Conan 1985), la nourriture disponible, les compétitions inter et intra spécifiques peuvent aussi influencer la fréquence des mues.

4.2.5. Mobilité

Sur les 1301 individus marqués depuis octobre 2012 dans le cantonnement de Chausey, seuls sept homards ont été recapturés par des professionnels dans le proche extérieur et environ 80 lors des campagnes expérimentales. Cela confirme que le homard est sédentaire et qu'il trouve dans le cantonnement l'habitat et la nourriture utiles à sa croissance. Toutefois, un certain nombre d'interrogations restent en suspens par rapport à l'efficacité du marquage (nombreux homards présentant des phénomènes de nécrose au niveau des tissus à priori marqués) et le manque probable de retour de la part des plaisanciers lors des grandes marées montrent que le taux de perte de marque doit être important. Les balises sont en effet souvent perdues lors des mues successives (Comeau et Savoie 2001). D'autre part, le marquage peut entraîner des risques de mortalité plus importants pour les petits individus, quelques jours après la manipulation des crustacés (Uglen 1995), mais aussi lors de la phase de mue (Moriyasu 1986). Il sera donc difficile d'estimer les déplacements des individus vers l'extérieur sans la création d'une série historique longue basée sur un double marquage. Un implant en élastomère biocompatible (VIE) sous-cutané

permettrait d'estimer plus précisément les taux de recapture et de perte de marque. Ce type de marquage particulièrement bien adapté pour le marquage de juvéniles (Uglem 1995) ne disparaît pas après la mue et n'entraîne pas de mortalité particulière (Mazlum 2007).

5. Conclusion

Les résultats de cette étude sont basés sur une série temporelle courte (maximum cinq ans). Un bon nombre de variables indispensables à une bonne connaissance de la communauté des crustacés n'a pas été collecté de façon continue et exhaustive lors de toutes les campagnes. Par contre, depuis octobre 2012, un plan d'échantillonnage a été mis en place sur l'ensemble de la zone et permet aujourd'hui de recueillir toutes les informations nécessaires au suivi de la communauté des crustacés sur l'ensemble de l'archipel de Chausey.

Les premiers résultats montrent que les îles et rochers de Chausey forment un habitat favorable au développement du homard. En effet, que ce soit dans le cantonnement ou en dehors, le homard est l'espèce dominante. Elle représente 85% des captures dans la zone protégée et 43% en dehors. Si les captures de tourteau sont semblables à celles des araignées dans l'archipel soit 22%, elles ne sont que de 3% dans le cantonnement.

Dans l'archipel de Chausey, la population de homard est généralement de petite taille et d'âge moyen situé entre 3 et 4 ans. Cette taille relativement faible associée à une abondance soutenue des classes de taille inférieures à 87 mm ces dernières années montre qu'il existe un recrutement annuel important de juvéniles. Ceci favorise la recrudescence de homards dans tout l'archipel de Chausey et permet de conserver une fraction de la population commerciale, en légère augmentation depuis 2010, accessible à la pêche professionnelle sans qu'un effet cantonnement puisse être détecté. Les homards capturés constituent une population qui domine en nombre les autres espèces de la communauté des crustacés.

En dehors des étrilles, les individus capturés sur le plateau de Chausey ont une taille moyenne inférieure à la taille de commercialisation.

L'étude du cantonnement met en évidence une colonisation de l'espace protégé par le homard.

Ce phénomène d'exclusion compétitive entraîne l'appropriation d'une niche écologique probablement commune à plusieurs espèces de crustacés par une seule, en l'occurrence le homard. Ceci est certainement dû à un avantage compétitif de cette espèce, lorsque son abondance et sa taille augmentent, mais aussi lié à son caractère dominant et agressif lors d'interférences avec d'autres individus. Il serait intéressant de savoir comment était structurée la communauté des crustacés à l'intérieur du cantonnement avant l'instauration de celui-ci en 1961. En effet, la création d'un cantonnement devant le cap de Flamanville en 2000 a changé la structure de la communauté des crustacés capturés au casier trois ans après sa mise en place au profit du homard (Schlaich 2014). Cette structuration de la communauté du cantonnement est indéniablement un atout important pour conserver le tissu socio-économique de la pêche professionnelle et plaisancière du secteur de Chausey qui cible le homard. En effet, l'échappement potentiel du cantonnement de larves, de juvéniles ou d'individus adultes de homard peut alimenter directement la pêcherie, et augmenter les échanges larvaires entre différentes zones interconnectées d'habitats favorables du Golfe normand breton. L'archipel de Chausey constitue également une importante zone de rétention locale qui est aussi alimentée par d'autres secteurs de ponte dont la connectivité et les échanges génétiques sont avérées au moment de l'éclosion des larves.

Les données de marquage ont permis de faire une première estimation de la densité de homard dans le cantonnement, de mettre en avant la faible diffusion des homards vers l'extérieur de la zone et d'estimer le taux d'accroissement à la mue des individus sur le secteur de Chausey. En ce qui concerne le faible retour des homards marqués, il serait certainement intéressant de procéder à un double marquage en complément de la marque spaghetti par un implant élastomère fluorescent (Ulgem 1996, Neenan 2015) ou une entaille au niveau du telson. Ce marquage particulièrement visible, de type V notching (Fig.38), permet de conserver une trace après une à deux mues. L'entaille sera d'autant plus efficace sur les grands individus dont les mues sont plus espacées dans le temps.



Figure 38: Marquage de type V notching

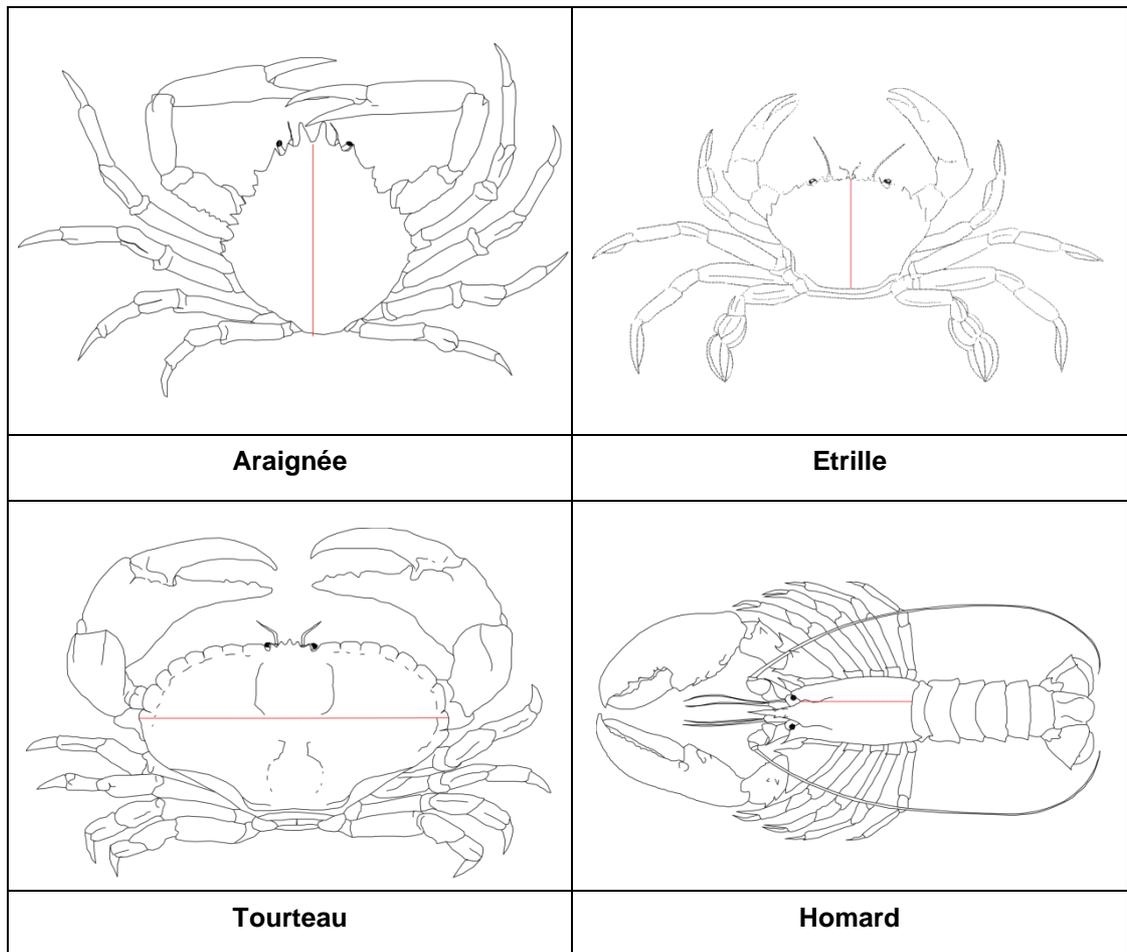
Par la suite il serait intéressant de recréer un équilibre du sex-ratio voire un déséquilibre au profit des femelles dans le cantonnement de manière à optimiser le potentiel reproducteur de ce dernier. Sur les côtes de Terre Neuve (Rowe 2001), la densité de femelles ovigères est beaucoup plus abondante pour le homard (*Homarus americanus*) dans une réserve qu'à l'extérieur. De la même manière, l'augmentation du nombre et de la taille des femelles améliorera la production de larves dans l'archipel. En complément, une campagne de captures de larves en fin de printemps pourrait confirmer l'intérêt du cantonnement de Chausey vis-à-vis du recrutement de juvéniles de homards dans le secteur. En ce qui concerne la pêche commerciale et dans la configuration actuelle de la population de homards sur l'archipel, il est important de ne pas augmenter l'effort de pêche dirigé vers cette espèce dont la population de Chausey semble de plus en plus tributaire du recrutement.

Cette étude, basée sur une série historique courte, a permis de mettre en avant certains éléments qui n'avaient pas jusqu'à présent été validés comme étant significatifs. Ainsi la population de homard domine largement en abondance les autres espèces, les mâles sont plus nombreux que les femelles et les individus plus grands dans le cantonnement alors qu'ils sont petits à l'extérieur. Quant au tourteau, il est absent des captures réalisées dans le cantonnement alors qu'il représente en nombre la seconde espèce pêchée dans le reste de l'archipel. D'autre part certains résultats significatifs limitent la portée de l'effet de cette zone protégée. En ce qui concerne l'abondance par exemple les effets significatifs liés à l'hétérogénéité des captures en fonction des points de prélèvement et/ou du temps montrent que des zones dans l'archipel sont presque aussi productives que celle du cantonnement (annexe 3). Cela est certainement dû aux faibles séries historiques étudiées mais aussi à l'absence de suivis annuels réguliers de certains points en dehors du cantonnement. Le programme de marquage n'a pas permis de mettre en évidence une migration caractérisée des homards marqués vers l'extérieur du cantonnement mais apporte des informations nouvelles concernant la croissance inter-mue dans ce secteur. Il confirme aussi que le homard est sédentaire et que le cantonnement de Chausey constitue un habitat adapté à cette espèce.

6. Annexes

Annexe 1 : Liste des espèces retenues pour les campagnes et type de mensuration.

Nom Commun	Code Rubbin	Nom Scientifiques	Taille (mm)
Araignée	MAJA BRA	<i>Maja brachydactyla</i>	céphalothoracique
Etrille	NECO PUB	<i>Necora puber</i>	céphalothoracique
Homard	HOMA GAM	<i>Homarus gammarus</i>	orbitaire
Tourteau	CANG PAG	<i>Cancer pagurus</i>	plus grande largeur



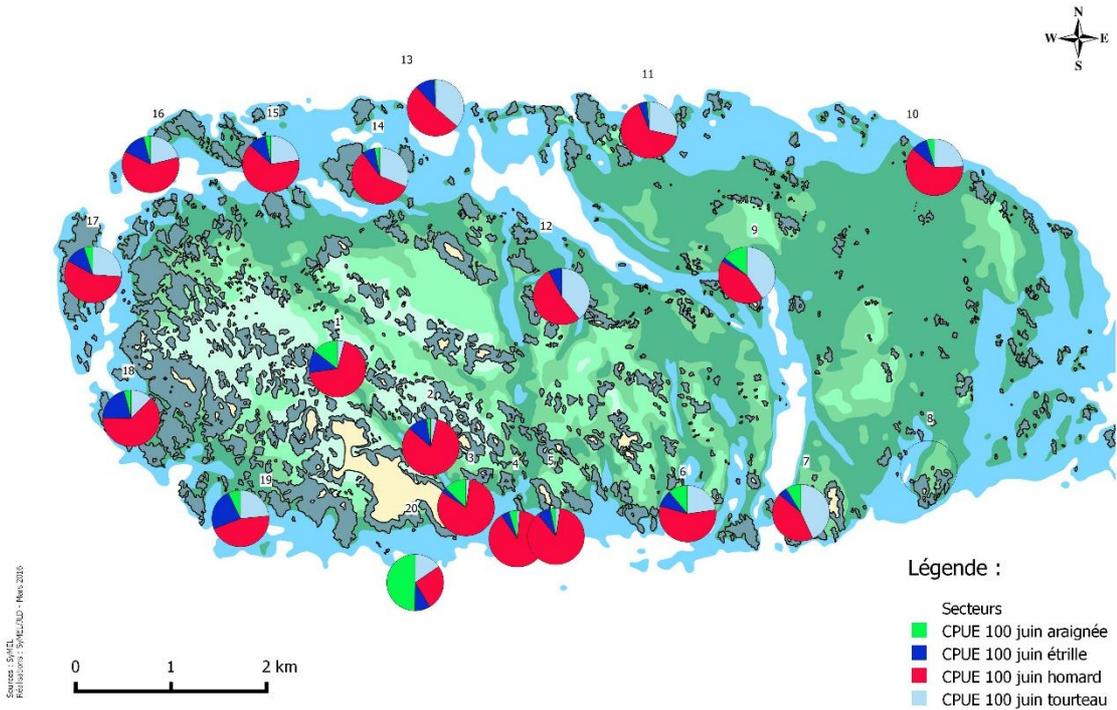
Dessins d'après Dorel D., Y. Cadiou & P. Porché, 2000. Poissons, crustacés et mollusques des mers communautaires. Paramètres biologiques et représentations graphiques des différentes mensurations. Ifremer, <http://w3.ifremer.fr/intranet/etc/animer/>.

Annexe 2 : Résultats des pêches expérimentales réalisées depuis 2010

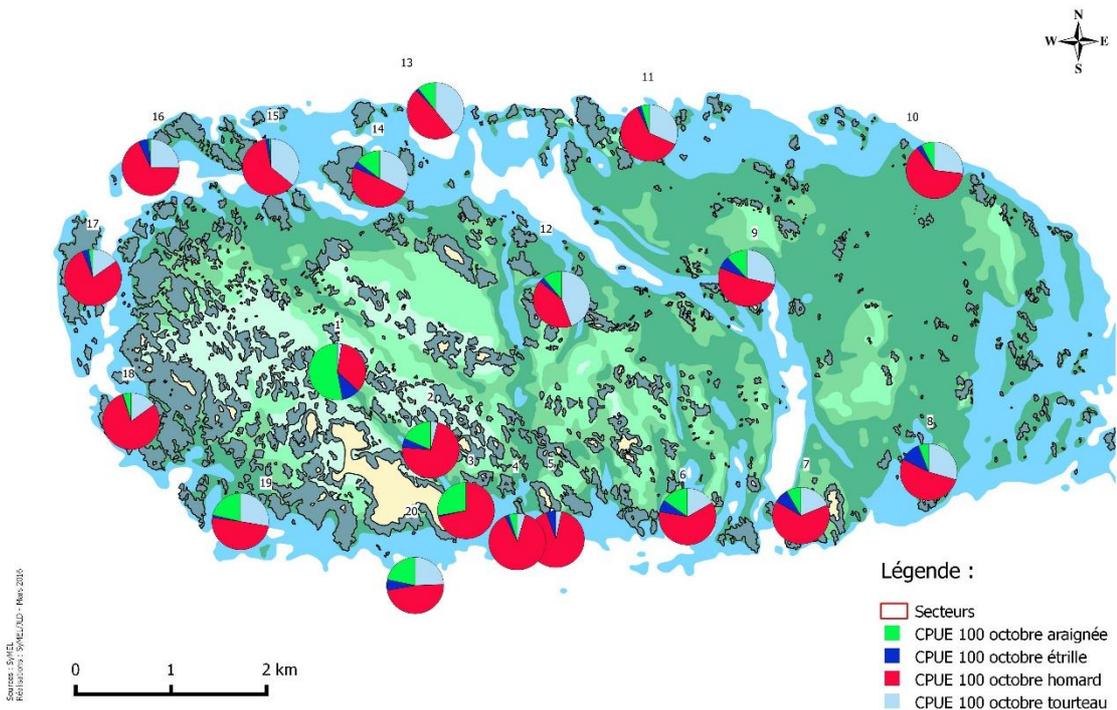
Cantonnement		Homard				Araignée				Tourteau				Etrille				
		Nombre		Sex-ratio % mâle		Nombre		Taille moyenne		Sex-ratio % mâle		Nombre		Taille moyenne		Sex-ratio % mâle		
ANNEE	Mode pêche	F	M	Fw	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	
2010	119 individuel	68	1	104	173	100	60	3	11	27	11	0	27	71	100	71	100	
2011	118 individuel	56	0	99	155	104	64	6	2	15	7	0	27	69	91	69	71	
2012	108 individuel	60	1	125	186	108	67	5	4	7	10	3	7	27	71	69	71	
2013	200 Filière 10 casters	84	9	187	280	101	67	18	22	40	117	55	3	27	71	69	71	
2014	200 Filière 10 casters	108	16	186	310	100	60	15	18	33	101	55	1	11	12	127	92	
2015	170 Filière 10 casters	105	9	132	246	96	54	7	20	27	93	74	0	2	2	123	100	
TOTAL 1	915	481	36	833	1350	102	62	40	60	114	104	61	4	20	41	126	87	
Hors cantonnement : Archipel																		
ANNEE	Mode pêche	Nombre		Sex-ratio % mâle		Nombre		Taille moyenne		Sex-ratio % mâle		Nombre		Taille moyenne		Sex-ratio % mâle		
2010	320 individuel	131	0	156	287	79	54	18	90	162	162	0	162	162	162	162	162	
2011	547 Filière 7 casters	181	1	235	417	82	56	754	434	98	98	0	98	98	98	98	98	
2012	309 individuel	167	1	210	378	79	56	127	107	257	257	0	257	257	257	257	257	
2013	600 Filière 10 casters	324	6	362	692	83	52	16	47	63	119	75	87	185	272	134	68	
2014	439 Filière 10 casters	283	7	270	560	83	48	31	47	78	118	60	101	201	302	131	67	
2015	*																	
TOTAL 2	2215	1086	15	1233	2334	81	53	47	94	1040	119	67	188	386	1205	132.5	67	
JUN	3130	1567	2066	3654	92	58	87	154	1754	114	61	192	406	1246	130	74	20	
Campagnes d'octobre																		
ANNEE	Mode pêche	Nombre		Sex-ratio % mâle		Nombre		Taille moyenne		Sex-ratio % mâle		Nombre		Taille moyenne		Sex-ratio % mâle		
2012	200 Filière 10 casters	40	48	115	203	101	57	28	30	58	106	52	2	13	15	143	87	
2013	-	58	48	129	187	97	69	27	26	53	95	49	2	6	8	143	75	
2014	200 Filière 10 casters	37	30	70	107	101	65	29	31	60	73	52	0	2	2	130	100	
2015	152 Filière 7 casters	135	126	314	487	100	64	84	87	171	91	51	4	21	25	139	87	
TOTAL 1	552	135	126	314	487	100	64	84	87	171	91	51	4	21	25	139	87	
Hors cantonnement : Archipel																		
ANNEE	Mode pêche	Nombre		Sex-ratio % mâle		Nombre		Taille moyenne		Sex-ratio % mâle		Nombre		Taille moyenne		Sex-ratio % mâle		
2012	600 Filière 10 casters	228	17	230	475	82	48	32	23	55	101	42	39	198	237	140	84	
2013	-	240	15	286	506	81	53	17	15	32	120	47	37	121	158	140	77	
2014	590 Filière 10 casters	123	5	121	244	81	50	42	40	82	84	49	38	119	157	132	76	
2015	324 Filière 7 casters	591	37	617	1225	81	50	91	78	169	102	46	114	438	552	137	79	
TOTAL 2	1190	726	76	931	1722	80	57	175	165	340	106	47	118	459	577	142	80	
OCTOBRE	1742	726	76	931	1722	80	57	175	165	340	106	47	118	459	577	142	80	

(* pas de campagne)

Annexe 3 : Captures expérimentales pour 100 casiers réalisées depuis 2012



A : Juin



B : Octobre

Bibliographie

- Abesamis RA., Russ GR., (2005) Density-dependent spillover from a marine reserve: long-term evidence. *Ecol Appl* 15:1798-1812
- Barrett N., Buxton C., Gardner C., (2009) Rock lobster movement patterns and population structure within a Tasmanian Marine Protected Area inform fishery and conservation management. *Marine and Freshwater Research*, 60, 417
- Cojan M., (2008) Suivi de la population de homard dans l'archipel de Chausey : Contribution à la définition d'un protocole de suivi de la ressource et du cantonnement. Rapport de stage Master 1 Expertise et Gestion de l'Environnement Littora. 45pp
- Fraschetti S., Terlizzi A., Bussotti S., Guarneri G., D'Ambrosio P., Boero F., (2005) Conservation of Mediterranean seascapes: analyses of existing protection schemes. *Marine Environmental Research*, 59, 309-332
- Gause GF (1935) *The struggle for existence*, Vol. Williams & Wilkins, Baltimore
- Geraldi N.R., Walhe R.A., Dunnington M., (2009) Habitat effects on American lobster (*Homarus americanus*) movement and density: insights from georeferenced trap arrays, seabed mapping, and tagging. *Canadian Journal of fisheries and Aquatic Sciences*, 66, 460-470
- Goñi, R., Hilborn, R., Díaz D., Mallol S., Adlerstein S., (2010) Net contribution of spillover from a marine reserve to fishery catches. *Marine Ecology Progress Series*, 400, 233-243
- Halpern, B.S., (2003) The Impact of Marine Reserves: Do Reserves Work and Does Reserve Size Matter? *Ecological Applications*, 13, S117-S137
- Hart A.M., Gorfine H.K., (1997) Abundance estimation of blacklip abalone (*Haliotis rubra*) II. A comparative evaluation of catch-effort, change-in-ratio, mark-recapture and diver-survey methods, *Fish. Res.*29, 171-183.
- Johns, P.M., Mann, K.H., (1987) An experimental investigation of juvenile lobster habitat preference and mortality among habitats of varying structural complexity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 109, 275-285
- Karnofsky EB., Atema J., Elgin EH., (1989) Field observations of social behavior, shelter use, and foraging in the Lobster, *Homarus americanus*. *Biological Bulletin* 176:239-246
- Latrouite D., Morizur Y., Raguene G., (1984). Fécondités individuelle et par recrue du homard européen *Homarus gammarus* (L.) des côtes françaises. ICES. Comité des Mollusques et Crustacés. 15pp.
- Le Foll A., (1982). La pêcherie du tourteau *Cancer pagurus* sur les côtes de Bretagne Sud : déplacements, croissance, reproduction. PhD Thesis, Université de Bretagne occidentale. 189pp.
- Le Foll D.,(1993). Biologie et exploitation de l'araignée de mer (*Maja squinado*) en Manche Ouest, Thèse 518pp.
- Le Foll, D., Briche L., Reyss E., Lalou J.L., Latrouite D., (1989) Age Determination of the Spider Crab (*Maja squinado*) and the European Lobster (*Homarus gammarus*) by ²²⁸Th/²²⁸Ra Chronology: Possible Extension to Other Crustaceans. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46, 720-724
- Linnane A., Mazzoni D., Mercer JP., (2000) A long-term mesocosm study on the settlement and survival of juvenile European lobster *Homarus gammarus* L. in four natural substrata. *J Exp Mar Biol Ecol* 249:51-64
- Mazlum Y., (2005) Influence of Visible Implant Fluorescent Elastomer (VIE) Tagging on Growth, Molting and Survival of the Eastern White River Crayfish, *Procambarus acutus cutus* (Girard, 1852). *Turk J Zool*, 31, 209-212
- Martin J., Halgand., (1990) Contribution à l'étude de faisabilité d'une usine marémotrice dans le Golfe normano-breton. *Zooplanktonologie halieutique (mars-octobre 1983)*. 436pp.
- Mehrtens F, Strilpmann M, Buchholz F, Wikhelm H, Saborowski R (2005) Locomotory activity and exploration behaviour of juvenile European lobsters (*Homarus gammarus*) in the laboratory. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology* 38:105-116
- Moriyasu M., (1986) Tag loss and mortality of the American lobster (*Homarus americanus*) in relation to molt stage at tagging. ICES. Shellfish Committee 12pp.

- Murawski SA, Brown R, Lai HL, Rago PJ, Hendrickson L (2000) Large-scale closed areas as a fisheries management tool in temperate marine systems: the Georges Bank experience. . Bull Mar Sci 66:775-798
- Murray SN, Ambrose RF, Bohnsack JA, Botsford LW, Carr MH, Davis GE, Dayton PK, Gotshall D, Gunderson DR, Hixon MA, Lubchenco J, Mangel M, MacCall A, McArdle DA, Ogden JC, Roughgarden J, Starr RM, Tegner MJ, Yoklavich MM (1999) No-take reserve networks: sustaining fishery populations and marine ecosystems. Fisheries 24:11-25
- Neenan S, Hodgson D. J., Tregenza T., Boothroyd D., Ellis C.D., (2015) The suitability of VIE tags to assess stock enhancement success in juvenile European lobsters (*Homarus gammarus*). Aquaculture Research, 46, pp. 2913-2923
- Paille, N., Sainte-Marie, B., Brêthes J., (2002) Behavior, Growth and Survival of Stage V Lobsters (*Homarus Americanus*) in Relation to Shelter Availability and Lobster Density. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology, 35, 203-219
- Pickering H., Whitmarsh D., (1997) Artificial reefs and fisheries exploitation: a review of the "attraction versus production" debate, the influence of design and its significance for policy. Fish Res 31:39-59
- Quéro J.C. et al., (1998) Les fruits de la mer et des plantes marines de pêches françaises. Delachaux et Nieslé. 256pp
- Reveche C. (1978) Gestion rationnelle des fonds à homard de la Côte Ouest du Cotentin, Etude de la croissance du homard par la méthode "recapture", Rapp. Scient., Nov. 1978.
- Rowe, S. (2001) Movement and harvesting mortality of American lobsters (*Homarus americanus*) tagged inside and outside no-take reserves in Bonavista Bay, Newfoundland. Article, 1336-1346
- Rowley A, et al. (1994) Recent developments in the initiation of chromosomal DNA replication: a complex picture emerges. *Biochim Biophys Acta* 1217(3):239-56
- Schlaich I., (2014) Le domaine halieutique in Abernot-Le Gac C., (coordinatrice), Antajan E., Courtay G., Drévès L., Lamort L., Martin J., Pierre-Duplessis O., Schlaich I.,(2015) Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2014 - Ifremer ST.ODE/LITTORAL/LER / BO / 15.002, mars 2015, 228 p
- Schmalenbach I., Buchholz F., Franke H-D., Saborowski R., (2009) Improvement of rearing conditions for juvenile lobsters (*Homarus gammarus*) by co-culturing with juvenile isopods (*Idotea emarginata*). Aquaculture 289:297–303
- Schmalenbach I., Mehtens F., Janke M., Buchholz F., (2011) A mark-recapture study of hatchery-reared juvenile European lobsters, *Homarus gammarus*, released at the rocky island of Helgoland (German Bight, North Sea) from 2000 to 2009. FisheriesResearch 108, 22–30.
- Stewart-Oaten. A., (1986) Environmental impact assessment pseudoreplication in time Ecology 67 : 929
- Tallack S.M., (2007) Size–fecundity relationships for *Cancer pagurus* and *Necora puber* in the Shetland Islands, Scotland: how is reproductive capacity facilitated? Journal of the Marine Biological Association of the UK, 87, 507
- Uglem I., Grimsen S., (1995). Tag retention and survival of juvenile lobsters, *Homarus gammarus* (L.), marked with coded wire tags. Aquacult. Res., 26: 837–841.
- Uglem I., Noess H., Farestveit E., Jørstad K.E., (1996) Short communication tagging of juvenile lobsters (*Homarus gammarus* (L.)) with visible implant fluorescent elastomer tags. Aqua cultural Engineering 15, 499–501.
- Ungfors A., Hallbäck H., Nilsson P.G., (2007) Movement of adult edible crab (*Cancer pagurus* L.) at the Swedish West Coast by mark-recapture and acoustic tracking. Fisheries Research, 84, 345-357
- Van der Meeren G.I., (1983) Initial response to physical and biological conditions in naive juvenile lobsters *Homarus gammarus* L. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology 24:79 - 92
- Wilhelm G., (1995) Contribution à l'étude de l'étrille *Necora puber* dans le Mor-Braz : données halieutiques, biologiques et pathologiques. 244pp.