

BESTCLIM

Buccin Espèce SenTinelle pour le CLIMat



BESTCLIM s'inscrit dans le cadre de l'Appel à Projets 2015-2016 :

**INITIATIVES ET SYNERGIES PARTENARIALES
POUR LE DEVELOPPEMENT DE PRATIQUES NOVATRICES
ET DURABLES EN REPONSE AUX BESOINS
DES PROFESSIONNELS DE LA MER
Région NORMANDIE**

La Région a accordé pour ce projet **BESTCLIM** une aide financière de 39 993 €.

Les partenaires du projet ont apporté leurs contributions techniques, scientifiques et rédactionnelles :

- **SMEL** (Chef de file et partenaire) : **Laurence HEGRON - MACE**
Axe 1 - Paramètres biologiques de l'espèce
Axe 2 - La ressource buccin

Avec la participation d'Olivier Richard, Alexandrine PHILIP, Vincent LEFEBVRE, Suzie MOAL, Jean Louis LESOIF, Jean Louis BLIN, Stéphanie PETINAY, Naïda LAISNEY, Sébastien PIEN et Olivier BASUYAUX.

- **Comité Régional des Pêches Maritimes de Normandie (partenaire) : Véronique LEGRAND**
Axe 2 - La ressource buccin
Axe 3 - Le bulot et ses activités économiques

Avec la participation de Xavier TETARD et Béatrice HARMEL,
L'appui technique de la Cellule Mer de l'Université de Nantes,
La participation des centres de gestion comptables (CER St Lô, CGPC Cherbourg, CGPM Granville, AEXO Granville).

- **Université Caen – BOREA (partenaire): Kristell KELLNER et Karine GRANGERE**
Axe 1 – Paramètres biologiques de l'espèce

Avec la participation de Béatrice ADELIN, Sandra SRITHARAN et François ROGER

- **Ifremer (partenaire): Marie Laure COCHARD et Joël VIGNEAU**
Axe 1 - Paramètres biologiques de l'espèce
Axe 2 - La ressource buccin
Axe 3 - Le bulot et ses activités économiques

Avec la participation de Kélig MAHE, Fabienne DAURES et Eric FOUCHER

Tous nos remerciements aux personnes associées à ces travaux, sans lesquelles BESTCLIM n'aurait pu se réaliser.

RESUME

La Baie de Granville représente la première région française et européenne de pêche du buccin. Même si cette ressource génère une activité économique importante à l'échelle de la Normandie avec un volume de 8 800 tonnes, 16.82 millions € en 2014 (source SIH), elle reste néanmoins vulnérable. BESTCLIM a pour objectif de 1) Développer la connaissance du cycle de vie du buccin, 2) Evaluer l'activité de la pêcherie et l'état du stock de buccin en Ouest Cotentin avec des méthodes appropriées, 3) Caractériser les aspects socio-économiques de la pêcherie.

L'élévation de la température de l'eau impacte la reproduction du buccin en retardant le déclenchement de la gamétogenèse des mâles. Elle a pour effet de réduire de manière importante l'émission de pontes par les femelles et l'éclosion de juvéniles.

L'effet de la température sur la saisonnalité des débarquements est avéré. En effet, une relation entre l'augmentation de la température estivale et la baisse récurrente de l'indice d'abondance est observée sur la période 2009-2015. Elle peut être reliée à la réaction d'enfouissement du buccin qui se traduit par une estivation plus ou moins longue selon les années.

D'après les méthodes d'évaluation testées, l'état du stock de bulot Ouest Cotentin semble se situer en limite inférieure au rendement maximal durable (RMD), notamment dans certaines zones. Cette pêcherie étant déjà encadrée par des mesures techniques et réglementaires, une évolution de ces mesures de gestion ou l'adoption de nouvelles règles sont à envisager.

Les aspects socio-économiques de la pêcherie de bulot approchés par plusieurs méthodes (d'après les échantillons de navires bulotiers étudiés) concluent que **46% des entreprises** dont l'activité au bulot est dominante **semblent avoir une assise suffisante pour faire face aux aléas de la pêche**. 54% des armements dont l'activité au bulot est exclusive, ont plus de difficultés et seront plus vulnérables pour s'adapter au changement du milieu. Un transfert de leur effort de pêche vers d'autres espèces comme les crustacés est possible mais ne doit pas impacter la stabilité de ces stocks, notamment homard et araignée.

BESTCLIM a apporté beaucoup de connaissances sur ces trois axes tant par la mise au point de nouvelles techniques que dans l'adaptation d'outils existants sur cette espèce. Le buccin est d'abord une espèce sentinelle sur la plan biologique, il est aussi une ressource de pêche d'importance économique mais qui reste vulnérable. Il est par conséquent nécessaire d'optimiser la gestion de cette pêcherie avec la mise en place de nouvelles mesures techniques et réglementaires adaptées à l'évolution climatique du milieu marin. Une meilleure compréhension des mécanismes de la reproduction et du comportement de l'animal en lien avec la température reste toutefois à approfondir afin de prendre des mesures de gestion efficaces.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
Axe 1 – Les paramètres biologiques de l’espèce	2
1- Ecologie trophique du buccin	2
1.1- Détermination des sources majeures d’alimentation au cours de l’année	2
1.2- Analyse microscopique des contenus stomacaux.....	3
1.3- Identification par barcoding moléculaire.....	5
1.4- Comparaison des signatures isotopiques.....	8
1.5- Conclusions.....	9
2- Impact de la température sur le cycle biologique du buccin	10
2.1- Impact des facteurs environnementaux sur la reproduction	11
2.2- Impact de la température sur la gamétogenèse.....	12
2.3- Impact de la température sur la ponte	15
2.3.1- Le nombre de pontes	15
2.3.2- Développement embryonnaire et taux d’éclosion des pontes.....	15
2.4- Impact de la température sur les mortalités	17
3- Age et croissance	18
3.1 Méthode d’ageage du buccin à partir des statolithes.....	18
3.2- Estimation de la croissance du buccin	18
3.3- Croissance des juvéniles en fonction de la température	21
3.3.1- En laboratoire : 3 lots de 0 à 18 mois (1 ^{ère} année)	21
3.3.2- En milieu naturel : lots de 12 -20 mois (2 ^{ème} année).....	22
4- Synthèse de l’axe 1	23
Axe 2 : la Ressource Buccin en Ouest Cotentin	25
1- La Pêcherie de bulot	25
1.1- Historique.....	25
1.2- La pratique de pêche.....	26
1.3- Les zones de pêche fréquentées	26
2- Les indices d’activité de la pêcherie bulotière	27
2.1- La flottille de l’Ouest Cotentin (source CRPBN)	27
2.2 - L’activité de pêche (source SIH)	28
2.2.1- L’activité de pêche traduite en temps passé (nombre de mois).....	29
2.2.2- L’activité de pêche en nombre annuel de marées	29
2.2.3- Les activités complémentaires (source SIH).....	30
2.3- La production de Bulot aux différentes échelles	31
2.3.1- A l’échelle européenne et en France	31

2.3.2- En Baie de Granville (Golfe Normand Breton).....	31
2.3.3- Saisonnalité des apports	34
2.3.4 – Lien entre température et débarquements 2009-2015	36
2.4- Conclusion Indice d’activités.....	37
3- Les indices d’état de stock	38
3.1- CPUE issues des campagnes d’observations en mer	38
3.1.1- Méthode et sources de données.....	39
3.1.2- Indicateur CPUE 2015.....	39
3.1.3- Evolution des CPUE mensuelles sur la période 2009 -2015	41
3.1.4- Evolution des CPUE mensuelles par zone sur la période 2009 -2015	42
3.1.5- Représentation cartographique des CPUE 2009-2011-2013-2015	43
3.2- DPUE issues des auto échantillonnages.....	44
3.2.1- Méthode et sources de données.....	44
3.2.2- Nombre de données recueillies par semestre et par année	44
3.2.3- DPUE 2015 et 2009 (année de lancement du suivi).....	45
3.3- Structure de taille des captures de bulots	46
3.3.1- Fréquence de taille 2015.....	46
3.3.2- Evolution de la structure de taille des captures 2009 à 2015	48
3.3.3- Taille moyenne des captures sous tailles et commerciales	48
4- Evaluation du stock de bulot de la baie de Granville par différentes méthodes DLS	50
4.1- Contexte.....	50
4.2- Modèle GLM pour l’analyse DPUE	51
4.2.1- Méthode.....	51
4.2.2- Résultats.....	53
4.3- Modèle WKLIFE pour l’analyse de la structure en taille et des traits de vie.....	54
4.3.1- Estimation des paramètres	54
4.3.2- Résultats	55
4.4 - Méthode CMSY pour l’analyse de débarquements à l’échelle de la Baie de Granville	57
4.4.1- Méthode.....	57
4.4.2- Résultats	58
4.5- Conclusions sur les méthodes d’évaluation d’état de stock.....	60
5- Synthèse de l’axe 2	61
Axe 3- Le Bulot et ses activités économiques	62
1- La pêche et son contexte	62
1.1- Le contexte géopolitique de l’Ouest Cotentin dans la baie de Granville.....	62
1.2- L’activité de pêche des bulotiers dans son ensemble.....	63

1.2.1- Le régime des licences bulot	63
1.2.2- L'activité de pêche.....	64
1.3 - Analyse de la flotte en 2015	64
1.3.1- Les licenciés.....	64
1.3.2- La population « navire socio-économique »	65
1.3.3- La longueur des navires / volume débarqué.....	65
1.3.4 - Puissance développée / port d'attache.....	65
1.3.5- L'âge des navires	66
1.3.6- Les hommes, l'équipage, l'armement	66
1.4- Analyse des stratégies de pêche	67
1.4.1- Navires polyvalents	67
1.4.2- Navires exclusifs	67
1.5 - Analyse des débarquements.....	67
1.5.1- Les pôles de débarquement.....	67
1.5.2- Les débarquements en fonction du type d'activité	69
1.6- Conclusions	69
2- Approches pour identifier les critères socio-économiques	70
2.1- Les informations issues des enquêtes du CRPM.....	70
2.1.1- Profils de l'économie familiale	70
2.1.2- Mode de vente et mode de gestion de l'entreprise	71
2.2- Les informations issues des enquêtes Ifremer.....	71
2.2.1- L'échantillon de navires.....	72
2.2.2- Les indicateurs économiques	72
2.2.3 – Les quatre groupes de navires retenus	73
2.2.4- Comparatif des indicateurs économiques pour les 4 groupes de navires identifiés	73
2.3- Modèles économiques de la pêche de bulotiers de l'ouest Cotentin	75
2.3.1- Segmentation de la population.....	75
2.3.2- Echantillonnage	76
2.3.3- Modèles économiques moyens par segment (années 2014-2015)	76
2.3.4 -Analyse comparée par segment de l'activité bulotière	79
3- Synthèse de l'axe 3.....	81
CONCLUSIONS GENERALES	83
BIBLIOGRAPHIE	

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Contenus stomacaux de buccin	4
Figure 2 : Vers parasites et algues dans l'estomac de buccin	4
Figure 3 : Amplification par PCR des amorces du gène COI	5
Figure 4 : Gel d'électrophorèse de l'ADN amplifié par PCR, test concentration $MgCl_2$	6
Figure 5 : Gel d'électrophorèse des produits de PCR, test amorce bloquante	6
Figure 6 : Signature isotopique du $\Delta^{15}N$ en fonction du $\Delta^{13}C$ pour les buccins et les proies	8
Figure 7 : Cycle biologique du buccin	10
Figure 8 : Taille des pontes en fonction de la taille des femelles	10
Figure 9 : Aspect histologique de la gamétogenèse mâle	12
Figure 10 : Schéma du protocole expérimental de conditionnement	12
Figure 11 : Schéma des unités de conditionnement des géniteurs	12
Figure 12 : Suivi histologique des mâles dans le milieu naturel et en conditionnement	13
Figure 13 : Sexe ratio des captures de buccins en fonction de la saison	14
Figure 14 : Sexe ratio des buccins dans les structures de conditionnement	14
Figure 15 : Bilan des pontes 2014-2016	15
Figure 16 : Temps de développement des pontes en fonction de la température	16
Figure 17 : Comparaison taux d'éclosion brut (TEB) et taux d'éclosion efficace (TEE)	16
Figure 18 : Mortalités cumulées des adultes en fonction de la température	17
Figure 19 : Statolithes de buccin de 1 à 5 ans	19
Figure 20 : Ajustement de la courbe de Von Bertalanffy et distribution des échantillons par taille et âge	20
Figure 21 : Relation entre le diamètre du statolithe et la taille et l'âge du buccin	20
Figure 22 : Croissance en conditions contrôlées des juvéniles nés en laboratoire	22
Figure 23 : Stabulation des buccins sur l'estran	22
Figure 24 : Points de prélèvement des juvéniles et de suivi de leur croissance	22
Figure 25 : Taux d'accroissement de buccins en mer	23
Figure 26 : Croissance des buccins en mer	23
Figure 27 : Couverture sédimentaire en Manche	25
Figure 28 : Cloche de casier à bulot perforée	26
Figure 29 : Zone d'exploitation du bulot dans l'Ouest	26
Figure 30 : Indicateur d'intensité de pêche en mois par navire et par maille	27
Figure 31 : Evolution du nombre de navires bulotiers 2008-2015	28
Figure 32 : Evolution des caractéristiques des bulotiers actifs 2008-2015	28
Figure 33 : Activité de la flottille bulotière en nombre de marées	29
Figure 34 : Comparaison des débarquements 2009 et 2012 de la flottille bulotière	30
Figure 35 : Principales espèces de Manche mer du Nord et production de buccin en Bretagne et Normandie	31
Figure 36 : Débarquements de buccin du Golfe normand bretons de 1975 à 2015	32
Figure 37 : Zones de pêche en Manche	32
Figure 38 : Débarquements et nombre de bulotiers 2009-2015 par catégorie de taille	33
Figure 39 : Evolution des débarquements et nombre de navires bulotiers de 2009 à 2015 en criée de Granville	34
Figure 40 : Débarquements et prix moyen du buccin 2009-2015 (criée de Granville)	34
Figure 41 : Saisonnalité des débarquements de 2009 à 2015	35
Figure 42 : Saisonnalité des débarquements 2015	36
Figure 43 : Evolution de la température mensuelle en 2009, 2013 et 2014	36
Figure 44 : Relation entre indice de débarquement et évolution des températures	37
Figure 45 : Secteur géographique couvert par les campagnes d'observations en mer	38
Figure 46 : Captures mensuelles de bulots en 2015 par unité d'effort de pêche en Ouest Cotentin	39

Figure 47 : Captures mensuelles de bulots commerciaux et de rejets en 2015 par unité d'effort de pêche en Ouest Cotentin	40
Figure 48 : Proportion moyenne de bulot et de nasse par casier (campagnes 2009-2015)	40
Figure 49 : Proportion de bulot et nasse par casier en fonction de la température et de la profondeur (campagnes 2009-2015)	40
Figure 50 : Proportion de bulot et nasse par casier en fonction du substrat	41
Figure 51 : Evolution des CPUE moyennes mensuelles 2009-2015 en Ouest Cotentin	41
Figure 52 : Evolution des CPUE moyennes mensuelles 2009-2015 par zone en Ouest Cotentin	42
Figure 53 : Cartographie des CPUE en Ouest Cotentin en 2009,2011, 2013 et 2015	43
Figure 54 : Localisation des points d'auto échantillonnage 2009-2015	44
Figure 55 : Débarquements mensuels 2015 et 2009 par unité d'effort de pêche en Ouest Cotentin	45
Figure 56 : DPUE moyenne annuelle	45
Figure 57 : DPUE moyenne annuelle par rapport à la moyenne 2009-2015	45
Figure 58 : DPUE moyenne mensuelle 2009-2015	45
Figure 59 : Structure de taille des bulots en 2015 dans les 3 zones	46
Figure 60 : Fréquence de taille des bulots en 2015 par zone	46
Figure 61 : Structure de taille des captures de bulots par zone	47
Figure 62 : Taille moyenne des captures totales comparaison 2015/2009	48
Figure 63 : Taille moyenne annuelle des captures sous tailles et commerciales sur les 3 zones et par zone	48
Figure 64 : Proportion de captures commerciales et sous tailles	49
Figure 65 : Part d'adultes reproducteurs par rapport aux captures totales	49
Figure 66 : Comparaison de la distribution de la variable DPUE, de la variable $\log(DPUE)$, et de la racine carrée de la variable DPUE avec la loi normale	51
Figure 67 : Densité de probabilité de la variable DPUE	52
Figure 68 : Modalités des variables explicatives potentielles sur la variable DPUE	52
Figure 69 : Effet mois sur la variable DPUE	52
Figure 70 : Résidus du modèle	53
Figure 71 : Intervalles de confiance des estimations du modèle	53
Figure 72 : Estimation des DPUE sur la période 2009-2015	53
Figure 73 : Graphe d'une structure en taille et positionnement des points Lmean et Lc	54
Figure 74 : Ogive de maturité du bulot de Manche-Ouest	55
Figure 75 : Structure en taille estimée des débarquements de bulots de Manche-Ouest, par année pour les 3 zones considérées	56
Figure 76 : Graphes de sortie de CMSY - Captures - Biomasse relative - taux d'exploitation et statut du stock	58
Figure 77 : Graphes de sortie de CMSY - Captures - Biomasse relative - taux d'exploitation et statut du stock	58
Figure 78 : Graphes de sortie de CMSY - Captures - Biomasse relative - taux d'exploitation et statut du stock	59
Figure 79 : Limites administratives et accords de pêche dans le Golfe normand-breton	63
Figure 80 : Longueur des navires en lien avec les volumes débarqués	65
Figure 81 : Zone d'exploitation du bulot dans l'Ouest	65
Figure 82 : Age moyen des navires	66
Figure 83 : Nombre d'hommes embarqués	66
Figure 84 : Age de l'armateur et profil du patron	66
Figure 85 : Volumes débarqués par type de navire	69
Figure 86 : Répartition des charges (hors salaires et charges sociales)	74
Figure 87 : Répartition des charges (hors salaires et charges sociales)	79
Figure 88 : Rentabilité des navires par segment	80

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des <i>B. undatum</i> du lot de Chausey	3
Tableau 2 : Caractéristiques des <i>B. undatum</i> du lot de Blainville	4
Tableau 3 : Etude de l'homologie entre les séquences obtenues et les séquences de la Banque de données BLAST	7
Tableau 4 : Distribution des âges par classe de taille	19
Tableau 5 : Proportion de navires pêchant le buccin 10 à 11 mois par an	29
Tableau 6 : Activité en nombre de marées des bulotiers Ouest-Cotentin	37
Tableau 7 : Part des débarquements de buccins (t) sur le volume toutes espèces débarquées par les bulotiers	30
Tableau 8 : Débarquements européens de bulot	31
Tableau 9 : Débarquements de Buccin par sous- rectangle statistique selon un gradient Côte Large	33
Tableau 10 : Méthode d'échantillonnage aléatoire systématique des casiers	39
Tableau 11 : Températures saisonnières 2009-2011-2013-2015 à la Catheue	41
Tableau 12 : Synthèse des données recueillies au cours des opérations de pêche	44
Tableau 13 : Indices DPUE annuels exprimés en kilos de bulot pour 100 casiers	53
Tableau 14 : Paramètres utilisés dans le modèle	55
Tableau 15 : Priors en entrée du modèle et résultats obtenus	58
Tableau 16 : Priors en entrée du modèle et résultats obtenus	58
Tableau 17 : Priors en entrée du modèle et résultats obtenus	59
Tableau 18 : Caractéristiques de la flottille de bulotiers	65
Tableau 19 : Pôles de débarquements de bulots sur la côte ouest Cotentin	68
Tableau 20 : Plan d'échantillonnage des navires bulotiers enquêtés	70
Tableau 21 : Population totale et échantillon économique des bulotiers de Manche ouest	72
Tableau 22 : Segmentation des groupes de navires bulotiers	73
Tableau 23 : Postes de charges selon les groupes de navires	73
Tableau 24 : Chiffre d'affaire et coût d'exploitation des navires	74
Tableau 25 : Effectif de navires par segment	76
Tableau 26 : Chiffres d'affaires et coût d'exploitation par marée	79
Tableau 27 : Rentabilité des armements par segment	80
Tableau 28 : Récapitulatif de l'activité bulotière en Ouest Cotentin 2014-2015	81

INTRODUCTION

La Baie de Granville représente la première région française et européenne de pêche du buccin. Même si cette ressource génère une activité économique importante en Normandie (8 800 tonnes, 16.82 millions € en 2014, source SIH), elle reste néanmoins vulnérable. Depuis 15 ans, la pêcherie de buccins fait l'objet d'investigations qui se sont mises en place au fur et à mesure des problématiques du moment (suivi du bulot sous taille à la débarque, suivi scientifique de la pêcherie, auto échantillonnages, travaux de recherche...). Ce travail collaboratif se fait avec les scientifiques mais aussi avec les professionnels qui s'impliquent dans une démarche de sciences participatives.

Ce déploiement de travaux sur cette espèce est encourageant mais les derniers scénarios climatiques publiés par le GIEC pourraient balayer ces efforts compte tenu de l'augmentation des températures à moyen terme. En effet, la zone locale de pêche du buccin représente la limite sud de forte répartition de l'espèce, ce qui suggère que cette pêcherie pourrait être fortement impactée par un réchauffement climatique. En ce sens, il constitue un bon support biologique (espèce sentinelle) pour étudier les effets de ce changement : effets directs (croissance, reproduction, âge à maturité sexuelle...) et/ou indirects (ressource trophique impactant la physiologie de l'animal). Si des modèles sont actuellement développés pour projeter les effets de ces changements climatiques sur la répartition de certains stocks de pêche, il est essentiel d'apporter des indices biologiques et halieutiques pour affiner les projections d'évolution du stock de buccins.

Pour la profession, il est important d'anticiper l'avenir pour cette pêcherie de première importance économique en Région Basse Normandie, notamment pour orienter la politique de gestion de cette ressource et valoriser certains aspects socio-économiques de cette activité.

Ce projet a donc pour objectif de:

- 1- Développer **la connaissance des paramètres biologiques de l'espèce** : caractériser l'écologie trophique du buccin et son impact sur son cycle de reproduction, estimer la relation âge/taille, et la taille à maturité.
- 2- **Définir un indicateur de l'état du stock** en intégrant les paramètres biologiques de l'espèce ainsi que des indicateurs halieutiques basés sur les méthodes existantes d'évaluation de stocks à données limitées (Data Limited Stock).
- 3- **Définir des indicateurs socio-économiques** pour suivre l'évolution de la pêcherie dans un but de gestion ainsi que le degré de dépendance au métier de bulotier. Ces indicateurs devront cerner l'activité de pêche au regard de l'évolution des mesures de gestion, identifier les hommes et leurs outils de production, mesurer l'attractivité du métier et l'économie de l'entreprise familiale.

Axe 1 – Les paramètres biologiques de l'espèce

1- Ecologie trophique du buccin

Cette partie de l'action vise à enrichir la connaissance sur la biologie et la physiologie de l'espèce *Buccinum undatum* dans la zone de pêche Ouest Cotentin. Il s'agit de déterminer plus précisément les sources majeures de son alimentation à différentes périodes de l'année en relation avec son cycle de reproduction et de préciser si la nature de l'alimentation peut avoir un impact sur le déroulement de sa reproduction. Parallèlement l'effet de la température sur son cycle de reproduction est suivi en laboratoire en conditions contrôlées.

1.1- Détermination des sources majeures d'alimentation au cours de l'année

L'étude des interactions trophiques entre individus passe souvent par une identification des restes de l'estomac ou bien des fèces. Cette analyse peut être effectuée par observation directe de structures identifiables, comme par exemple chez les élasmobranches par Churchill et *al.* (2015), ou chez des ostéichthyens comme le *Gobius paganellus* ou le *Zebrus zebrus* (Compaire et *al.* 2016). Cependant les contenus ne sont pas toujours identifiables particulièrement dans le cas d'organismes possédant une digestion rapide et consommant des proies de petite taille, comme c'est le cas du buccin. Ce type d'approche a toutefois été réalisé sur l'espèce *B. undatum* dans l'est du Canada (Himmelman et Hamel 1993), et quelques débris de contenus stomacaux ont pu être identifiés dans l'estomac d'individus de grande taille (supérieure à 7,8 cm de longueur de coquille). Cette technique sera la première testée lors de ce travail.

L'étude des isotopes stables du carbone et de l'azote est une technique de plus en plus courante en écologie trophique. Il est établi que les ratios isotopiques $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ et $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ sont enrichis dans les tissus des consommateurs en fonction de leur niveau trophique (DeNiro and Epstein 1981, Dehn et *al.* 2006). Cette méthode repose sur le principe d'accumulation des isotopes lourds des éléments dans les tissus des consommateurs, car les isotopes légers sont préférentiellement utilisés dans le métabolisme du prédateur (Site IFREMER). L'étude de ces isotopes en comparant les signatures isotopiques des proies et des prédateurs, est donc l'une des méthodes qui peut nous permettre de caractériser l'écologie trophique du buccin.

Une troisième technique est également développée, il s'agit du barcoding moléculaire, particulièrement adaptée pour les organismes où l'identification macroscopique de restes est difficile. Elle permet d'identifier les organismes ingérés d'après la séquence d'ADN d'un gène cible amplifié soit à partir du contenu stomacal (Dunn et *al.* 2010) soit à partir des fèces (Bohmann et *al.* 2011) et comparée à une base de données. Les séquences couramment utilisées lors de cette étude sont très souvent des fragments du gène mitochondrial Cytochrome Oxydase (COI). Pour cette enzyme, une séquence est amplifiée par les amorces dites universelles proposées par Folmer et *al.* (1994) qui peuvent fonctionner chez une très large gamme d'espèces cibles.

Les fragments du gène COI sont principalement utilisés lors de ce type d'étude car il s'agit d'un gène présent en nombreuses copies dans les cellules d'un organisme, de plus ce gène possède la plus grande

gamme de signaux phylogénétiques au sein du génome mitochondrial (Habeeb et *al.* 2011). Enfin l'évolution de ce gène est suffisamment rapide pour pouvoir non seulement différencier des espèces étroitement liées, mais aussi identifier des groupes phylo-géographiques comprenant différentes espèces.

L'analyse est facilitée par l'existence de banque de données du génome mitochondrial (Lupi et *al.* 2010) et cette technique s'est déjà révélée concluante pour différentes espèces d'invertébrés marins (Blankenship et Yayanos 2005). Une des limites majeures de cette approche par barcoding est l'amplification de l'ADN hôte, conjointement à celle de l'ADN cible.

Ce problème peut être normalement résolu en réalisant l'amplification en présence d'une amorce spécifique de l'hôte, bloquant l'hybridation d'une des amorces universelles et donc l'amplification de l'ADN de l'hôte.

La mise au point de ces approches techniques et les premiers points d'analyse ont été réalisés dans le cadre d'un stage de DUT (Stage de François Roger, 2^{ème} année DUT Caen- Option génie de l'environnement).

Les buccins ont été prélevés en février 2016 sur le site de Blainville-sur-Mer et le site de Chausey. Deux lots de cents individus ont été collectés dans des casiers de pêche, en utilisant des appâts inaccessibles pour assurer leur absence dans l'estomac des individus lors des analyses. Les contenus stomacaux sont obtenus en réalisant une incision au niveau de l'estomac et en pipetant le contenu à l'aide d'une micropipette de 1000 µL.

1.2- Analyse microscopique des contenus stomacaux

Les contenus stomacaux sont directement observés au microscope entre lame et lamelle (n = 110, n=60 Chausey, n=50 Blainville) pour l'identification directe des proies. La fréquence de l'occurrence de proies (FO) dans l'estomac des buccins est déterminée sur les 110 individus, le FO est le pourcentage d'estomac contenant de la chair (identifiable ou non), soit :

$$FO = (p_i / p_t) * 100$$

p_i : nombre d'estomacs contenant de la chair

p_t : nombre total d'estomacs

Le tableau 1, présente la moyenne et l'écart-type des caractéristiques des buccins du lot de Chausey qui contenait 103 individus, et la fréquence FO qui représente l'occurrence de chair dans l'estomac des individus (figure 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des *B. undatum* du lot de Chausey

	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Poids total (g)	Poids de chair (g)
Moyenne	60,42	27,45	25,34	13,97
Écart-type	5,42	2,77	6,44	3,72
FO (sur 60 individus)	72,22 %			

Sur les 60 buccins étudiés, les estomacs de 4 individus ont été abimés lors de la dissection de l'individu, et des fragments de chair ont été identifiés dans 40 des 56 estomacs observés entre lame et lamelle sans qu'aucune identification claire de proie n'ait été possible.

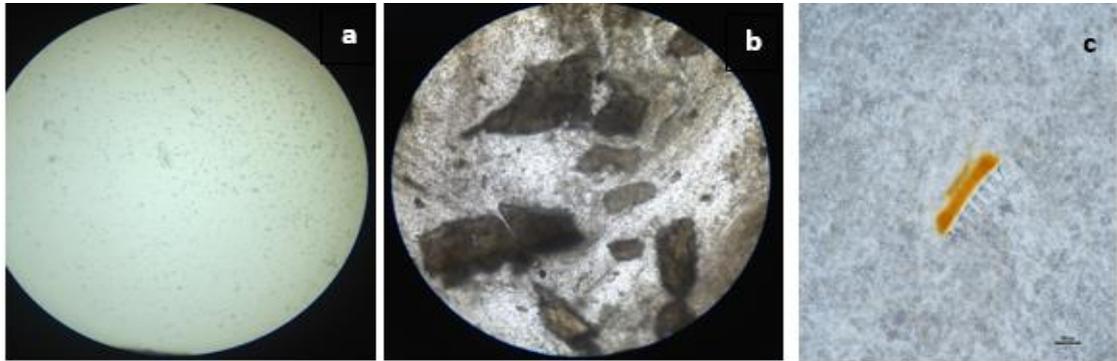


Figure 1 : Estomac considéré comme vide (a), contenant de la chair non identifiable (b) ou des fragments de structures non identifiables (c)

Le tableau 2, présente la moyenne et l'écart-type des caractéristiques des buccins du lot de Blainville et la fréquence FO des 50 buccins étudiés en approche directe. L'estomac d'un des individus a été détruit lors de la dissection, et de la chair a été identifiée dans 33 des 49 estomacs observés entre lame et lamelle.

Tableau 2 : Caractéristiques des *B. undatum* du lot de Blainville

	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Poids total (g)	Poids de chair (g)
Moyenne	57,99	27,57	25,65	13,18
Écart-type	5,90	3,21	7,94	3,89
FO (sur 50 individus)	67,35 %			

De même que pour le lot de Chausey aucun des morceaux de chair observés n'a pu être identifiés, les structures observables se présentant comme pour les individus du lot de Chausey. Cependant, des vers parasites ont été observés dans 3 individus et une algue *Paralia sp.* a pu être identifiée dans les restes stomacaux d'un individu (figure 2).

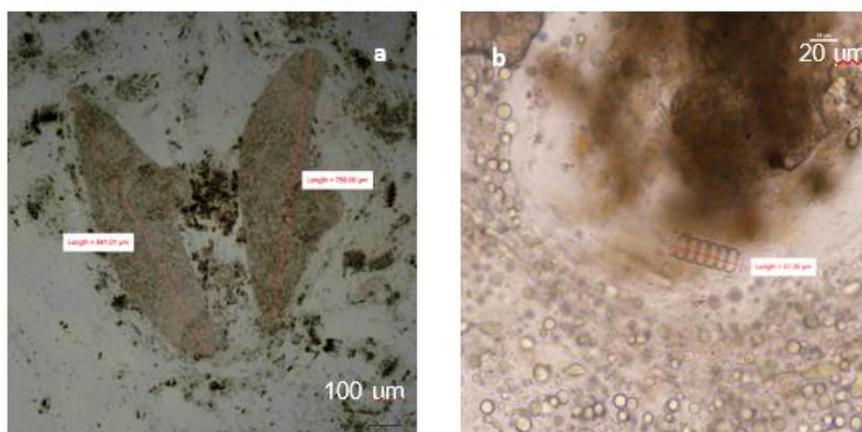


Figure 2 : Vers parasites (a) et algue *Paralia* (b) dans l'estomac de buccin

B. undatum est une espèce carnivore nécrophage (opportuniste), ce qui rend la détermination de son écologie trophique compliquée. L'analyse directe des contenus stomacaux des deux lots de buccins a permis grâce à la méthode des FO de mettre en avant la potentielle présence de chair dans la majorité des individus : 72,22% pour le lot de Chausey et 67,35% pour le lot de Blainville. Il faut cependant noter ici que la détermination du FO est basée sur la simple présence de chair non pas la présence de chair identifiable. En effet, après observation au microscope des contenus stomacaux de 110 individus, aucune des structures observées dans les contenus ne se sont révélées être clairement identifiables. Ceci pourrait s'expliquer par une digestion rapide des proies chez les buccins, conduisant à leur dégradation rapide empêchant leur identification. De plus, lors des prélèvements, les individus ont été pêchés par une technique mettant en jeu un appât inaccessible, il est donc possible que les buccins pêchés, attirés par la faim aient un estomac vide ou ne contenant plus que des structures dégradées. Les buccins n'étant pas herbivore, l'observation d'une algue dans les restes stomacaux d'un individu s'explique par une consommation passive (algue consommée préalablement par une proie ou ingérée involontairement).

Il apparaît après ces observations que l'approche directe est peu probante pour l'étude des interactions trophiques du buccin. Il sera en revanche pertinent de préciser le temps de digestion de *B. undatum*, dans l'objectif d'affiner les méthodes d'échantillonnage pour permettre une potentielle observation de composés identifiables dans les contenus stomacaux des individus. Il faut cependant rappeler que les buccins étudiés sont de petite taille (l'individu le plus grand individu échantillonné lors de notre étude mesurait 7,6 cm avec une moyenne pour les deux sites de 5,8 cm) et leur régime alimentaire rendent très difficile l'identification microscopique des éléments stomacaux. Aussi, au-delà de ce qui était envisagé dans ce projet mais pour tenter d'apporter des précisions à l'étude des contenus stomacaux, nous avons développé l'approche par barcoding d'identification des restes.

1.3- Identification par barcoding moléculaire

Pour l'analyse par barcoding, les contenus stomacaux sont soumis à amplification par PCR du gène COI en utilisant des amorces universelles HCO et LCO, mais également une amorce bloquante BBR spécifique de la séquence de Buccin (Figure 3).

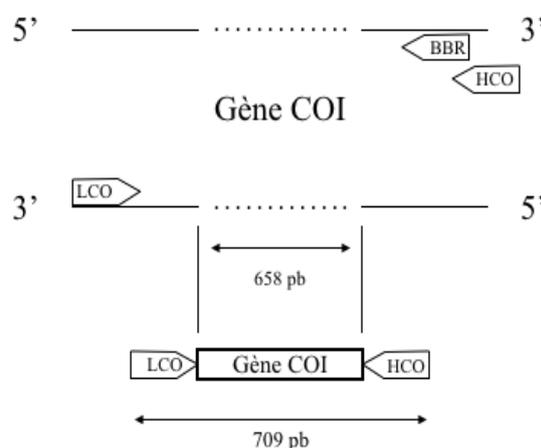


Figure 3 : Taille des produits de PCR attendus. LCO et HCO : 2 amorces universelles d'amplification du COI BBR: Amorce bloquante

Les bandes amplifiées sont ensuite sous clonées, séquencées et leur séquence est analysée par BLAST dans Genbank (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PAGE_TYPE=BlastSearch).

L'ADN a été extrait des contenus stomacaux de 43 individus du site de Chausey. Les échantillons contenant de l'ADN sont poolés et normalisés et ces pools d'ADN sont soumis à amplification par PCR. Le profil (figure 4) montre dans la plupart des puits une bande dont la taille est de l'ordre de 700 pb correspondant à la taille attendue. Les 3 concentrations de $MgCl_2$ donnent des intensités de bande légèrement différentes, la condition 2,5mM ayant fonctionné pour tous les échantillons, elle est retenue pour la suite des expérimentations.

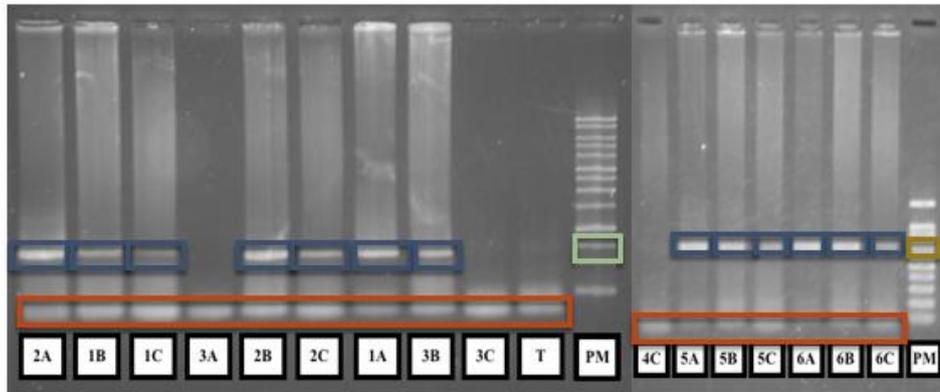


Figure 4 : Gel d'électrophorèse de l'ADN amplifié par PCR, test concentration $MgCl_2$

- | | |
|--|---|
| A: Concentration $MgCl_2$ 1,5 mM | C: Concentration $MgCl_2$ 4 mM |
| B: Concentration $MgCl_2$ 2,5 mM | PM: Marqueur de poids moléculaire |
| T: Témoin négatif | : Bandes amplifiées |
| : Bande 750 pb (marqueur 1kb) | : Bande 700 pb (marqueur 100pb) |
| : Amorces universelles | |

Après ajout d'amorce bloquante (figure 5), la bande amplifiée à 700 pb reste présente pour seulement 4 des 6 échantillons (pas de bande observable pour les échantillons 1B et 4B), avec une intensité moindre que celles sans amorces bloquantes.

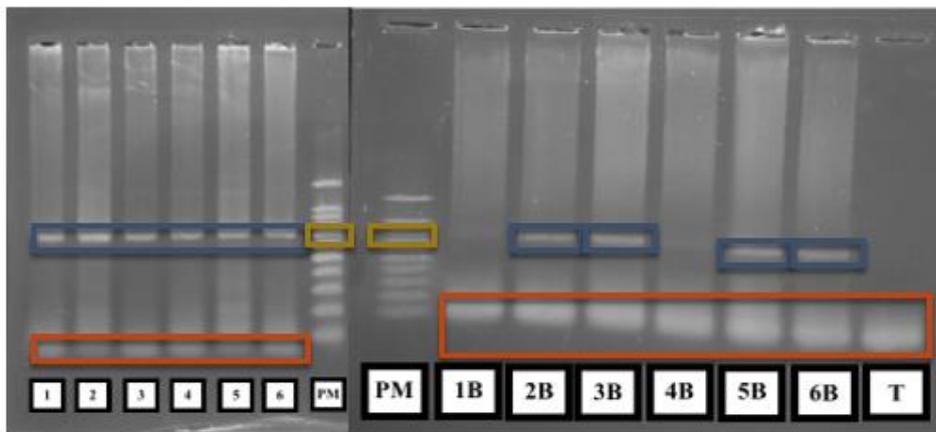


Figure 5 : Gel d'électrophorèse des produits de PCR, test amorce bloquante

- | | |
|---|---|
| B: Présence amorce bloquante | PM: Marqueur de poids moléculaire |
| T: Témoin négatif | : Bandes amplifiées |
| : Bande 700 pb (marqueur 100pb) | : Amorces universelles |

Après séquençage des fragments amplifiés et recherche des homologues entre les séquences obtenues et les séquences de la banque de données sont identifiées par BLAST sur la banque Genbank (tableau 3), un taux d'identification moyen de 99,5% avec la séquence du gène Cytochrome oxydase du buccin a été déterminé dans le pool 2, avec ou sans amorces bloquantes, dans le pool 3 avec amorces bloquantes et aucune homologie n'a pu être validée pour les clones du pool 5 avec amorces bloquantes.

Tableau 3 : Étude de l'homologie entre les séquences obtenues et les séquences de la banque de données BLAST®

	N° de séquence	Séquence homologue	% Identité
Pool 2 sans amorce bloquante	2-1	<i>Buccinum undatum</i> Cytochrome oxydase	100 %
	2-2	<i>Buccinum undatum</i> Cytochrome oxydase	100 %
	2-3	<i>Buccinum undatum</i> Cytochrome oxydase	99 %
Pool 2 avec amorce bloquantes	2B-2	<i>Buccinum undatum</i> Cytochrome oxydase	99 %
Pool 3 avec amorces bloquantes	3B-4	<i>Buccinum undatum</i> Cytochrome oxydase	99 %
	3B-10	<i>Buccinum undatum</i> Cytochrome oxydase	99 %
Pool 5 avec amorces bloquantes	5B-8	Aucune séquence validable	/
	5B-9	Aucune séquence validable	/

A l'issue de ces travaux il est donc apparu que l'approche en barcoding était fonctionnelle chez le buccin, puisqu'elle a permis de retrouver des séquences de COI dans les échantillons. Cette approche a d'ailleurs été en parallèle testée avec succès chez *Sepia officinalis* où elle a permis d'identifier les espèces de poissons constituant les proies.

Si aucune espèce de proie n'a pu être identifiée chez le buccin, c'est probablement dû à la forte dégradation enzymatique du contenu stomacal, et à la difficulté de bloquer totalement l'expression du gène de buccin, même si l'utilisation BBR réduit largement le signal d'amplification des séquences amplifiées du contenu stomacal.

Ces observations sont à mettre en corrélation avec le mode de collecte des buccins, attirés dans des casiers avec des appâts inaccessibles. Cette pêche sélectionne potentiellement les buccins dont le contenu stomacal est potentiellement vide ou très dégradé. Une alternative aurait pu consister à collecter les buccins sur le fond en plongée. Toutefois, les premières observations de plongeurs du SMEL ont rapporté qu'il est difficile de repérer des buccins sur le terrain car ceux-ci s'enfouissent lorsqu'ils ne sont pas actifs.

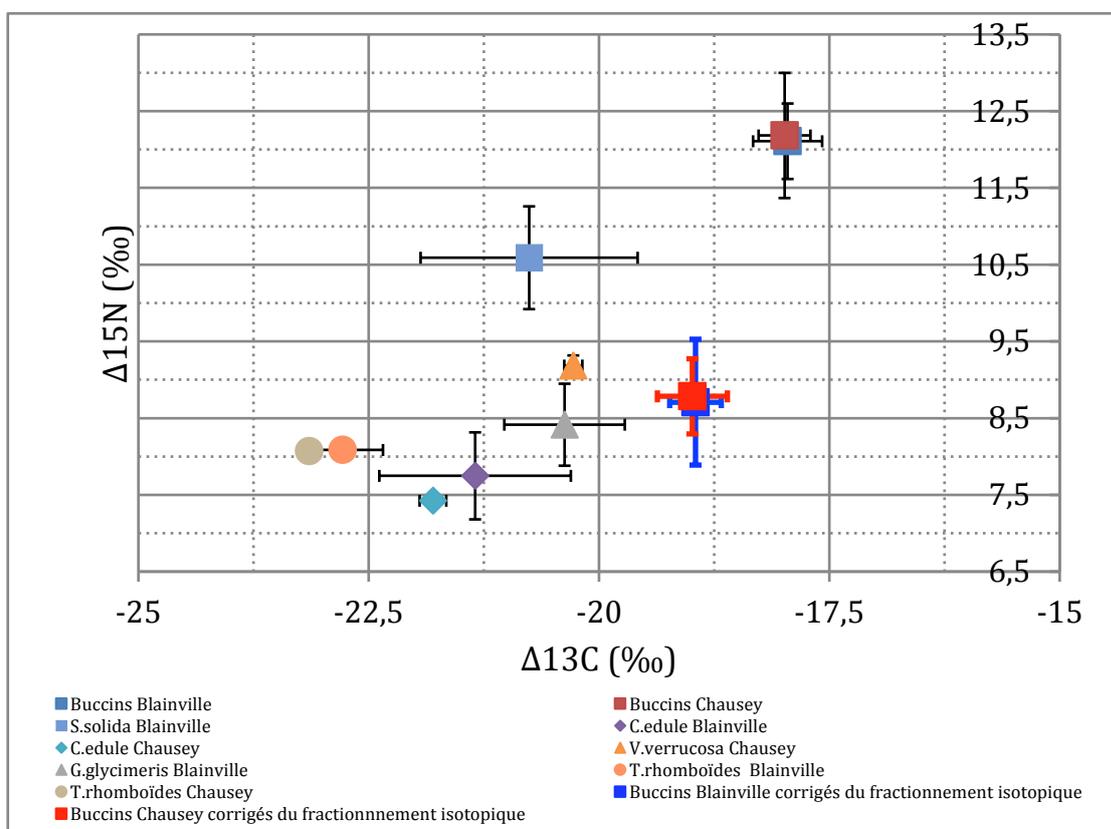
La nature des séquences étant validée, il pourrait être envisagé pour de futures études de passer par des techniques de séquençage NGS (Next-Generation Sequencing) permettant de séquencer de nombreuses séquences amplifiées simultanément, en s'affranchissant des étapes de sous-clonage, très lourdes à mettre en œuvre.

1.4- Comparaison des signatures isotopiques

Pour l'analyse isotopique, le ratio isotopique (isotope lourd / isotope léger) de l'azote et du carbone a été déterminé pour 10 buccins provenant de chacun des 2 sites ainsi que pour les proies qui ont pu être récupérées. Parmi les proies potentielles du buccin, seuls des mollusques bivalves ont pu être récupérés lors de l'échantillonnage.

Les pieds des buccins sélectionnés ainsi que les tissus des proies précédemment disséqués ont été lyophilisés puis broyés avant d'être analysés avec un spectromètre de masse.

Figure 6: Signature isotopique du $\Delta^{15}\text{N}$ en fonction du $\Delta^{13}\text{C}$ pour les buccins pêchés à Blainville et Chausey ainsi que les proies échantillonnées



Il n'existe pas de différence significative entre les signatures isotopiques des buccins des deux sites, les valeurs étant de $-18,95 \pm 0,38$ ‰ et $-17,99 \pm 0,28$ ‰ pour le $\Delta^{13}\text{C}$ et à $8,71 \pm 0,49$ ‰ et $8,78 \pm 0,82$ ‰ pour le $\Delta^{15}\text{N}$, respectivement pour les sites de Chausey et Blainville après correction du fractionnement isotopique. Les espèces de proies les plus proches de ces valeurs corrigées sont les *V. verrucosa* et les *G. glycymeris*, leurs ratios isotopiques étant respectivement de $-20,28 \pm 0,65$ ‰ et $-20,37 \pm 0,44$ ‰ pour le $\Delta^{13}\text{C}$ et de $9,18 \pm 0,53$ ‰ et $8,41 \pm 0,07$ ‰ pour le $\Delta^{15}\text{N}$. Il est donc valide d'en déduire la possible consommation de ces bivalves par *B. undatum*. Cependant l'absence de proies dans des gammes de valeurs plus enrichies en carbone que les buccins met en avant le faible nombre de proies échantillonnées ainsi le régime trophique du buccin n'est pas complet. La difficulté de l'identification des proies de cette espèce est due au régime alimentaire du buccin qui est une espèce opportuniste, son régime alimentaire n'étant donc pas clairement défini. Afin de compléter le régime alimentaire du buccin il serait nécessaire d'augmenter le prélèvement de proies en intégrant d'autres groupes taxonomiques tels que des crabes ou des espèces de poissons.

1.5- Conclusions

Cette étude a permis, à travers différentes approches, de caractériser une partie de l'écologie du buccin, mais également de mettre en avant différentes améliorations possibles des protocoles mis en place.

- L'étude préliminaire utilisant **l'approche par observation microscopique** du contenu stomacal ne s'est pas révélée probante, les morceaux observés n'étant pas identifiables au microscope. Ceci est explicable par la petite taille des individus et le moyen de pêche, qui consistait à appâter les buccins à l'aide d'un appât inaccessible.
- Le protocole de **l'approche moléculaire par barcoding** s'est révélé efficace en permettant la reconnaissance de gènes COI dans l'estomac des individus, cependant les séquences obtenues correspondaient à des gènes de buccins. L'absence de proies dans l'estomac observée lors de l'étude par approche directe a donc été confirmée par l'approche moléculaire.
- **L'approche isotopique** s'est révélée être, dans ce cas, l'approche la plus efficace permettant de déterminer la possible consommation de bivalves par *B. undatum*, cependant, afin de compléter le régime alimentaire de cette espèce il serait nécessaire d'échantillonner d'autres types de proies.

Des études complémentaires seraient intéressantes à réaliser pour déterminer le temps de digestion de *B. undatum*

La modification de la méthode de collecte des buccins, dans la mesure du possible, pourrait faciliter l'accès aux proies dans le contenu stomacal.

Pour le suivi isotopique d'autres prélèvements de buccins et de proies ont été réalisés au printemps et en automne 2016 (vers, crustacés) et vont permettre de compléter le régime alimentaire du buccin. Enfin il serait intéressant à moyen terme de vérifier l'existence ou non, d'une corrélation entre la signature isotopique et l'âge des individus.

2- Impact de la température sur le cycle biologique du buccin

Si de nombreuses espèces de coquillages se reproduisent pendant la période estivale, le buccin a la particularité de se reproduire en hiver par accouplement. Sa stratégie de reproduction est relativement aisée puisqu'il est capable de pondre sur tout type de support (supports naturels : algues, roches, ou supports artificiels : cordages, casiers...). La période de ponte s'effectue entre décembre et janvier avec de premières éclosions en février et qui pourront se dérouler jusqu'en mars-avril.

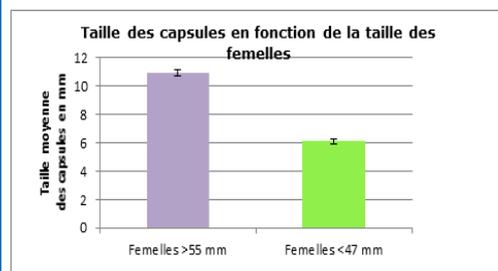
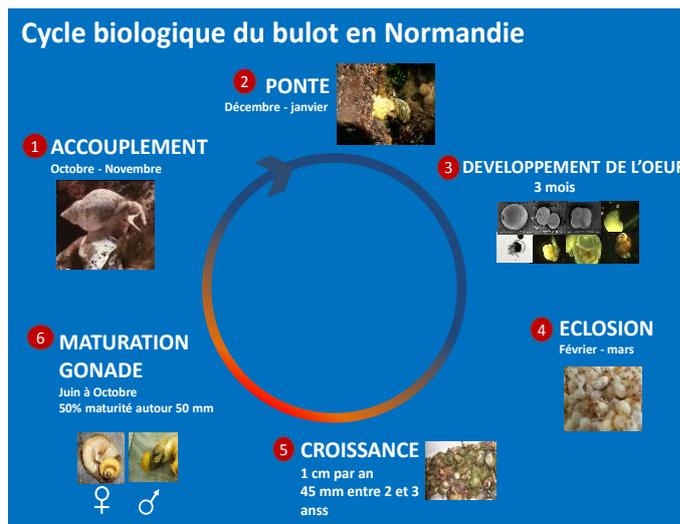


Figure 7 : Cycle biologique du buccin

Figure 8 : Taille des pontes en fonction de la taille des femelles

Les pontes à l'aspect d'éponges peuvent se propager facilement au gré des courants particulièrement importants dans l'ouest cotentin et l'absence de phase pélagique des jeunes buccins augmente leur capacité de survie.

La taille des pontes varie avec la taille des femelles. Une ponte issue d'une femelle de 55 mm ou plus, compte environ 100 à 150 capsules par ponte contre 30 à 40 capsules pour une femelle d'environ 45 mm. La taille moyenne des capsules issues d'individus de plus de 55 mm est de $10,94 \pm 0,19$ mm contre $6,12 \pm 0,18$ mm pour des buccins ne dépassant pas 47 mm. Moins de 10% des pontes sont issues de buccins de petite taille, la majorité des pontes provenant de plus grosses femelles.

Une capsule peut produire en moyenne 600 à 3000 œufs mais à terme 10 à 20 jeunes buccins éclosent de chacune d'elles, le reste constituant des œufs dits nourriciers pour les embryons.

Une femelle de taille moyenne (55 mm) produira environ entre 1500 et 2500 juvéniles viables en une ponte, et une jeune femelle (<47 mm) en produira 3 à 4 fois moins (600) du fait du plus petit volume de la ponte.

2.1- Impact des facteurs environnementaux sur la reproduction

Les facteurs environnementaux, notamment la température et l'alimentation sont des facteurs régulateurs clés du contrôle de la reproduction chez les mollusques. Ils agissent sur le déclenchement de la ponte, le développement embryonnaire, la vitesse de croissance des adultes mais également le développement de la gonade.

Chez le buccin, très peu d'informations sont disponibles sur l'impact de la température sur ces différents traits physiologiques, alors même que les données sont essentielles pour comprendre/projeter d'éventuels problèmes de recrutement. Les acquis de programmes soutenus depuis 2010 par la région Normandie confirment la possibilité de maintenir des géniteurs en structures d'élevage et d'obtenir des pontes et des éclosions de juvéniles. La température est un élément clé du déclenchement de la ponte (Philip-Brutel, 2013 ; 2015). Chaque capsule contient plusieurs centaines d'œufs. La plupart d'entre eux sont des œufs nourriciers : quelques œufs seulement (environ 1%) seront à l'origine de juvéniles. Le développement est direct, l'éclosion des juvéniles se produit après 3 à 8 mois de développement intra-capsulaire (Santarelli-Chaurand, 1985, Martel et al., 1986, Smyth et al., 2013 ; Philip-Brutel, 2013).

Le développement intra-capsulaire a été peu étudié. Nasution, 2003 a observé les principales étapes du développement en microscopie à balayage. Smyth et Thatje, 2013 ont largement précisé ces informations en détaillant le nombre d'œufs, de larves véligères, de juvéniles et la consommation des œufs nourriciers au cours du développement dans les conditions des côtes sud d'Angleterre. Ils ont montré que le nombre d'œufs et le nombre d'embryons dans les capsules sont proportionnels à la taille des capsules et ont également montré l'impact de la température sur les étapes du développement précoce. Ainsi, Smyth et al., 2013 ont montré récemment qu'une augmentation de température d'incubation des œufs provoque une accélération du développement mais également une diminution du nombre d'œufs en développement : le nombre de larves véligères observées par capsule diminue, mais leur poids moyen augmente et les auteurs suggèrent un stockage plus important de réserves par les embryons au cours de leur développement très précoce pour compenser les besoins énergétiques accrus en conditions de température supérieure à la température normale.

Il est donc clair qu'une augmentation de température aura un effet sur le recrutement. Mais à l'heure actuelle, le mécanisme de ce contrôle est totalement inconnu. Il s'agissait donc ici de préciser l'impact de la température sur la formation des gamètes. Nous avons antérieurement caractérisé le développement de la gonade chez le buccin au cours du cycle annuel (Heude Berthelin et al. 2011) mais actuellement aucune des étapes potentiellement impactées par la température n'est caractérisée. Un conditionnement de buccins à trois températures différentes a donc été réalisé, avec un suivi histologique de la formation des gamètes aux étapes clés du cycle de reproduction, en se basant sur la description des stades de gamétogenèse illustrés en Figure 9.

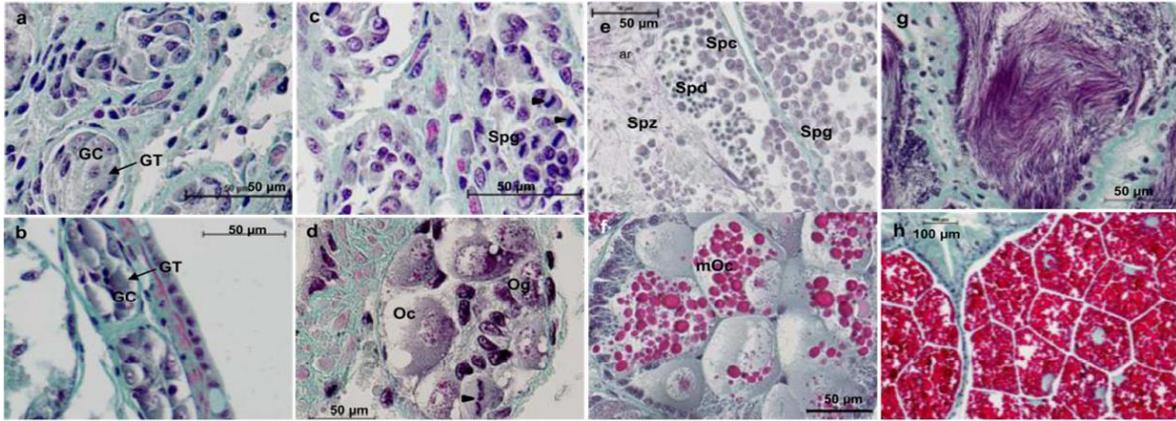


Figure 9 : Aspect histologique de la gamétogenèse mâle (a, c, e et g) et femelle (b, d, f et h) chez *Buccinum undatum*, a, b: phase de repos sexuel (stade 0) ; c, d: réinitiation de la gamétogenèse (stade I) ; e, f: maturation (stade II) g, h : maturité sexuelle : stade III

2.2- Impact de la température sur la gamétogenèse

La gamétogenèse a été comparée entre 3 températures de conditionnement mais aussi entre des animaux conditionnés et des animaux prélevés dans le milieu naturel (Figures 10 et 11).

En conditions contrôlées les géniteurs¹ ont été soumis à 3 scénarios climatiques : un scénario de référence (température référence du Cotentin notée T° Réf), un scénario chaud (+3°C au-dessus de la T° référence, notée T° réf+3°C), un scénario froid (-3°C au-dessous de la T° référence notée T° Réf-3°C). Les buccins ont été conditionnés dès le mois de novembre 2015. Chaque unité de conditionnement est composée d'un plateau de 250 litres et d'une réserve d'eau de mer thermo régulée. Une couche de sable grossier tapisse le fond de chaque plateau pour permettre aux bulots de s'ensabler.

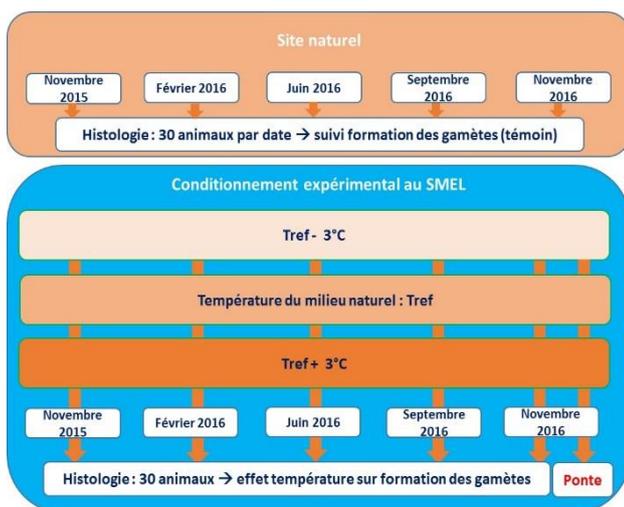


Figure 10 : Schéma du protocole expérimental de conditionnement en fonction de la température et de suivi histologique de la gamétogenèse

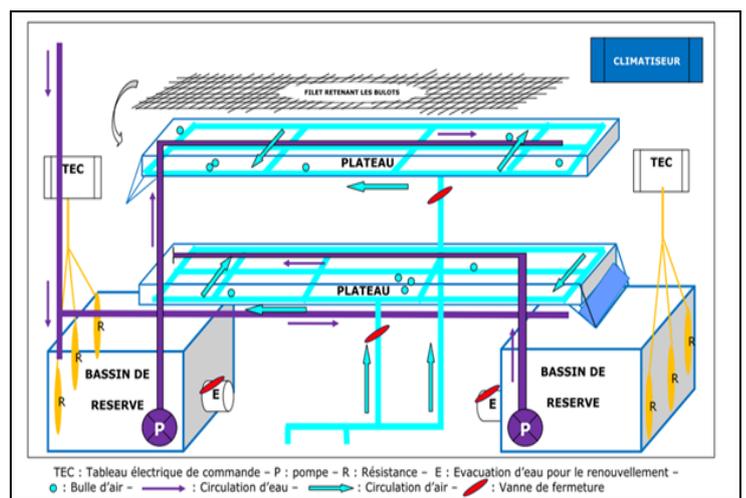


Figure 11 : Schéma des unités de conditionnement des géniteurs

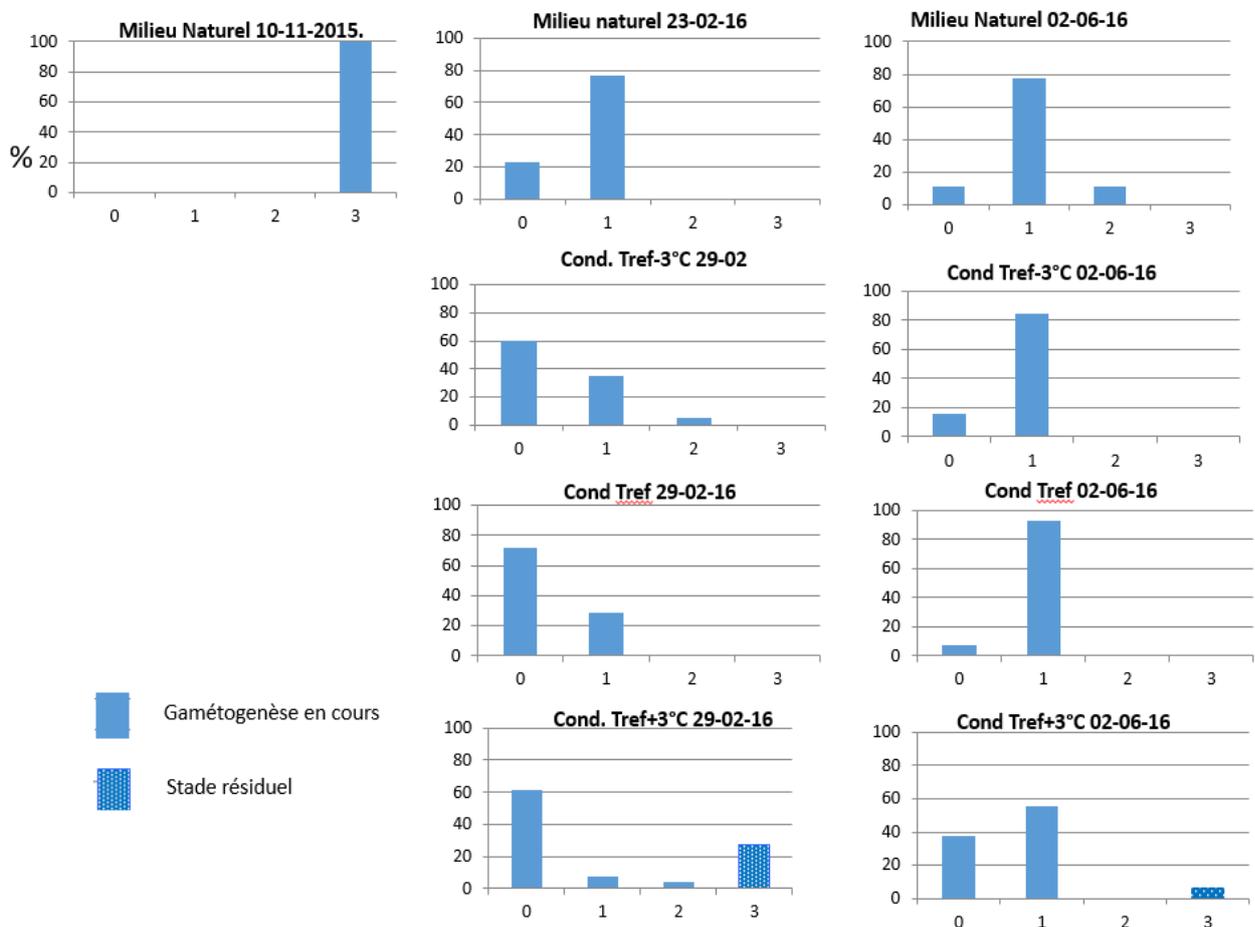
¹Les géniteurs (55 à 65 mm) ont été prélevés par un pêcheur local dans le secteur de la Catheue à une profondeur de 12 m. Une fois acclimatés dans les unités de conditionnement, une alimentation à base de crabes verts (*carinus maenas*) leur est apportée selon une fréquence hebdomadaire.

Il est très difficile, voire impossible, de sexer préalablement les animaux. De plus, le conditionnement des animaux en novembre a probablement entraîné un sexe ratio largement en faveur des mâles. A cette période de l'année, les femelles se préparent à la ponte et leur capturabilité est plus faible.

Ce biais n'a donc pas permis un suivi satisfaisant de la formation des gamètes femelles (nombre d'individus trop faible). Les données présentées ci-après concernent donc uniquement les mâles.

Pour chaque date de suivi du conditionnement, un témoin correspondant au milieu naturel est réalisé, afin de vérifier si le conditionnement à la température de référence permet un développement gonadique équivalent à celui du milieu naturel.

Les résultats sont présentés en **Figure 12** :



Données du suivi histologique des mâles dans le milieu naturel et en conditionnement à 3 températures différentes. La température de référence correspond à la température du milieu naturel en même période. Les barres indiquent les % d'animaux à chaque stade de gamétogenèse selon la classification indiquée en Figure 7. Les barres pointillées indiquent que le stade correspondant est un stade résiduel (gamètes du cycle précédent).

Ainsi, **dans le milieu naturel**, il est apparu que les mâles en novembre 2015 étaient matures et présentaient des vésicules séminales pleines. En février, tous les mâles ont copulé et la gamétogenèse est ré-initiée pour 80% d'entre eux (*présence de divisions cellulaires attestant de mitoses goniales dans les tubes séminifères*). En Juin, le profil est sensiblement le même, 80% des mâles sont en stade 1 et 10% ont atteint le stade 2.

Dans les structures de conditionnement, les scénarios référence et froid donnent des résultats sensiblement identiques : en février, les mâles ont généralement copulé, leur gamétogenèse est légèrement moins avancée que dans le milieu naturel puisque 60 à 70% des mâles sont en stade 0 (*pas de prolifération observée*) et 30% environ sont en stade 1. En juin, 80 à 90% des mâles ont atteint le stade 1, aucun stade 2 n'est observé.

Dans les structures de conditionnement, le scénario chaud donne des résultats différents : en février, la majorité des mâles est en stade 0 (60%), mais environ 30% d'entre eux n'ont pas copulé et présentent encore un stade 3 avec vésicule séminale pleine, et des gamètes résiduels. Il apparaît donc que les conditions de température plus élevée aient eu un impact négatif sur l'accouplement. La présence de stade résiduel 3 est encore visible en juin.

A cette période, 55% des mâles sont en stade 1 (*contre plus de 90% à la température de référence*) et près de 40% n'ont pas ré initié leur gamétogenèse. Il apparaît donc que ces conditions de température plus élevée entraînent un retard de ré-initiation de la gamétogenèse.

En l'état actuel d'avancement des expériences il n'est pas possible de préciser si ce retard est dû à la persistance de stades résiduels ou à un effet direct de la température sur la reprise des proliférations goniales. Des études complémentaires seront nécessaires pour le préciser. Pour cela, il est important de mieux caractériser cette phase de la gamétogenèse et de disposer de marqueurs de reprise des mitoses. Le marqueur de prolifération PCNA (Proliferating Cell Nuclear Antigen) a été validé chez différentes espèces de mollusques (Franco et al, 2010). En ce qui concerne les femelles, des essais complémentaires seront réalisés pour montrer l'effet d'une élévation de température sur le déroulement de leur gamétogenèse.

La difficulté à sexer les animaux, ajouté au choix de la période de conditionnement des géniteurs dans les structures, n'a pas permis d'avoir un sexe ratio équilibré. La figure 13 ci-dessous relève en novembre un sexe ratio déséquilibré en faveur des mâles. A cette période du cycle les femelles recherchent un substrat pour pondre et échappent en partie à la pêche. La présence de gamètes résiduels chez les mâles dans la structure la plus chaude est peut-être liée à la trop faible présence de femelles (8%) pour l'accouplement. Néanmoins, l'absence de gamètes résiduels est relevée dans la structure référente alors que le taux de femelles n'est que de 13%. Le paramètre température a probablement un impact négatif sur l'accouplement (figure 14).

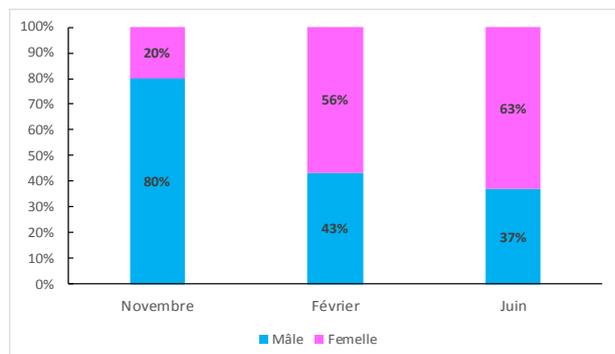


Figure 13 : Sexe ratio des captures de buccins en fonction de la saison

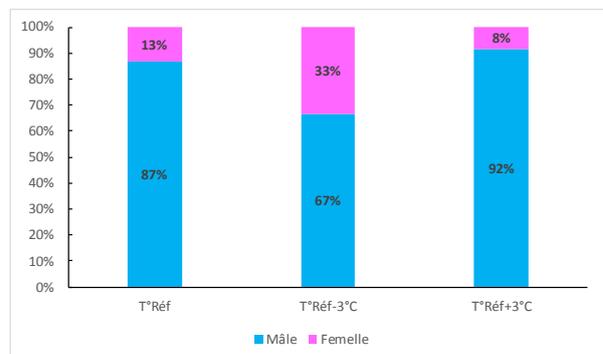


Figure 14 : Sexe ratio des buccins dans les structures de conditionnement

2.3- Impact de la température sur la ponte

2.3.1- Le nombre de pontes

L'essentiel de la ponte se déroule en décembre et janvier quel que soit le scénario de température appliqué. La température influe directement sur le nombre de pontes qui peut être jusqu'à trois fois plus important avec un scénario froid ($T^{\circ}\text{Réf}-3^{\circ}\text{C}$) comparé à un scénario chaud ($T^{\circ}\text{Réf}+3^{\circ}\text{C}$).

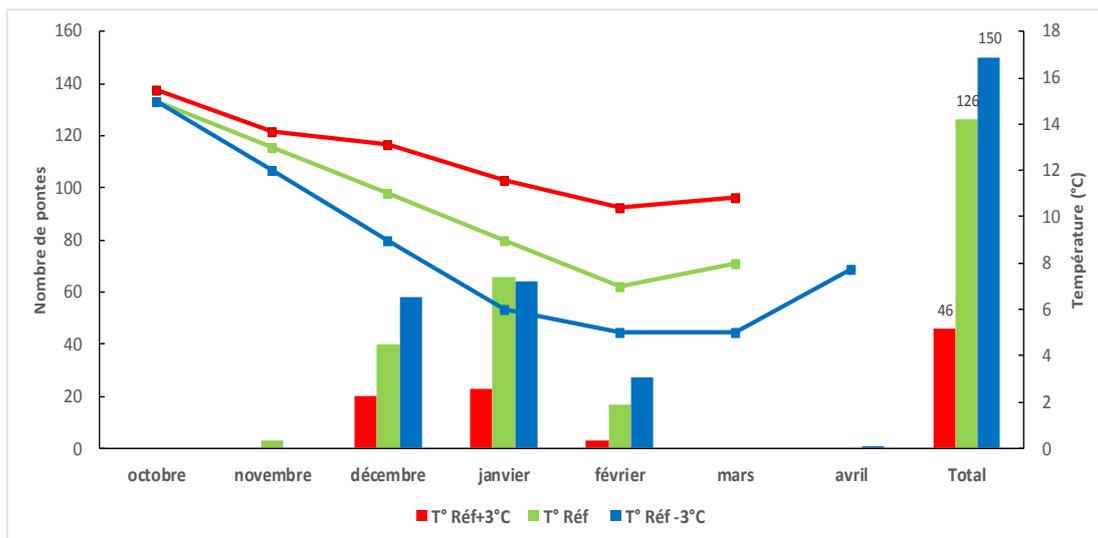


Figure 15 : Bilan des pontes 2014-2016

Nul ne sait si une femelle est capable de pondre plusieurs fois. Pour le savoir un marquage des animaux serait nécessaire, couplé à un enregistrement vidéo. Si l'on se focalise sur la structure la plus froide ayant produit le plus de pontes et en présence de 33% de femelles, on évalue le nombre de pontes à 1,3 par femelle; ceci en supposant que la totalité des femelles aient pondu.

2.3.2- Développement embryonnaire et taux d'éclosion des pontes

En 2015 et 2016, un suivi complet des pontes a été réalisé dans les unités de conditionnement exposées à différents scénarios de température ($T^{\circ}\text{Réf}$, $T^{\circ}\text{Réf}-3^{\circ}\text{C}$, $T^{\circ}\text{Réf}+1^{\circ}\text{C}$ et $T^{\circ}\text{Réf}+3^{\circ}\text{C}$). Dans chaque unité de conditionnement les pontes ont été répertoriées au fur et à mesure de leurs émissions pour établir un calendrier des pontes en fonction de la température. Le développement intra capsulaire a été mesuré par le temps d'incubation des pontes. Chaque ponte a été marquée et suivie individuellement de son émission jusqu'à son éclosion. Dès l'observation des premiers juvéniles, la ponte a été notée « éclos ».

L'efficacité des éclosions a été appréhendée par le taux d'éclosion des pontes. Les éclosions ont été notées « complète » ou « partielle ». Une ponte est considérée « complète » si la majorité des capsules a éclos (nombre de juvéniles normal par capsule), et notée « partielle » si le taux d'éclosion est faible, c'est-à-dire un nombre très limité de juvéniles par capsule, ou qu'un grand nombre de capsules sont dégradées ou dégénérées.

Les différents résultats ont été traités par le logiciel R (www.r-project.org) dans le but de rechercher une relation éventuelle entre la température et le temps de développement intra capsulaire du buccin ou le taux d'éclosion. L'hypothèse H0 stipule que le paramètre température n'influe ni sur le temps de développement intra capsulaire ni sur le taux d'éclosion efficace. En revanche, l'hypothèse H1 souligne qu'il existe des différences significatives entre les différentes structures et qu'il existe un lien établi entre les différents paramètres. La normalité des variances du jeu de données est testée à l'aide du test de Shapiro alors que l'homogénéité des variances est testée à l'aide du test de Bartlett. Lorsque les résultats suivent une loi normale, et sont homogènes, une Anova est réalisée.

Dans le cas de non normalité ou non homogénéité des données, un test non paramétrique de Turkey est alors nécessaire.

Dans le Cotentin, la période de pontes dure 3 mois entre les mois de décembre et février. Dans les conditions expérimentales, dans une eau plus froide (3°C inférieure à la température du Cotentin), cette période peut s'allonger de 30 jours mais 95 % des pontes sont regroupées sur les 2 premiers mois et sur près de 3 mois à la température du cotentin.

Le développement embryonnaire des pontes s'étale de 78 à 120 jours avec en moyenne :

- Dans Tréf + 3°C => **78 ± 2.2 jours**, structure la plus chaude,
- Dans Tréf +1°C => **82 ± 7.2 jours**, structure chaude,
- Dans Tréf => **87 ± 3.7 jours**, température de référence (T°C du Cotentin).
- Dans Tréf – 3°C => **120 ± 4.2 jours**, structure la plus froide,

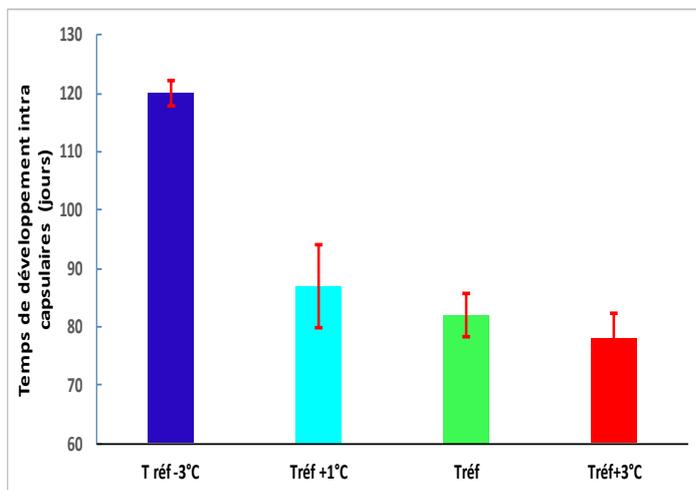


Figure 16 : Temps de développement des pontes en fonction de la température

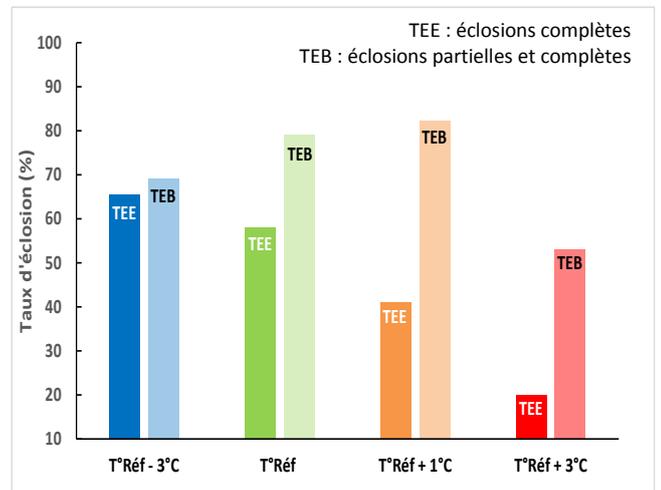


Figure 17 : Comparaison taux d'éclosion brut (TEB) et taux d'éclosion efficace (TEE)

Pour les structures dites « chaudes » (Tréf+3°C et +1°C), le temps de développement intra capsulaire n'a présenté aucune différence statistique significative par rapport à la durée du développement dans la température de référence. Cependant, le test de Turkey a soulevé un lien, entre la durée du développement intra capsulaire et la température, entre les 2 structures extrêmes T°Réf +3°C et T°Réf -3°C. Il varie de 78 ± 2.2 jours à 120 ± 4.2 jours de la température la plus chaude à la plus froide.

Cette durée de développement est conforme aux données retrouvées dans la bibliographie récente. Nasution, en 2003, évoque une durée de développement de 2,5 à 3 mois pour des températures de 8 à 11°C dans la mer d'Irlande et en 2010, une durée de 3 mois pour une température moyenne de 10°C toujours en mer d'Irlande. Cette durée de développement intra capsulaire augmente avec un abaissement des températures. Ce phénomène a été soulevé entre les 2 températures extrêmes de cette étude et se retrouve dans l'étude de Martel et al de 1986(a) réalisée au Canada où, dans le Golfe de Saint-Laurent, la durée de développement intra capsulaire est de 5 à 8 mois dans des eaux à 2 ou 3°C, alors que Valentinsson en 2002 fait état d'une durée de développement intra capsulaire de 3 à 4 mois pour une température de 4 à 8°C en Suède à Skagerrak.

L'étude de K. Smith évoque une durée de développement à 6°C de 4,5 à 5 mois dans les eaux froides de Southampton en Grande Bretagne. Une meilleure efficacité du taux d'éclosion des pontes dans les températures les plus froides est confirmée.

Elle se traduit par un nombre de juvéniles viables à l'éclosion proportionnel au nombre de capsules, de 10 à 20 juvéniles par capsule selon nos observations et différents ouvrages (Thèse K. Smith (2013), Hancock (1967) et Martel et al (1986). La dégradation importante des pontes dans les températures chaudes (T°Réf +3°C et T°Réf +1°C) entraîne des éclosions partielles voire l'absence d'éclosion.

Le taux d'éclosion efficace avoisine les 60% pour la température de référence et 65% pour la température la plus basse (T°Réf – 3°C). Il chute à 40% si la température s'élève de 1°C au-dessus de la température de référence et n'est plus que de 20% pour le scénario très chaud (T°Réf+3°C).

2.4- Impact de la température sur les mortalités

Espèce d'eau froide, le buccin est vulnérable à une élévation de température. En été il se protège de la chaleur en s'ensablant dans le sédiment et diminue nettement son activité. En conditions expérimentales, ce comportement a été observé chez les buccins à partir de 16°C.

Cette température de l'eau correspond à celle du mois de juin, période où les captures commencent à diminuer et que les pêcheurs appellent communément « la coupure biologique ».

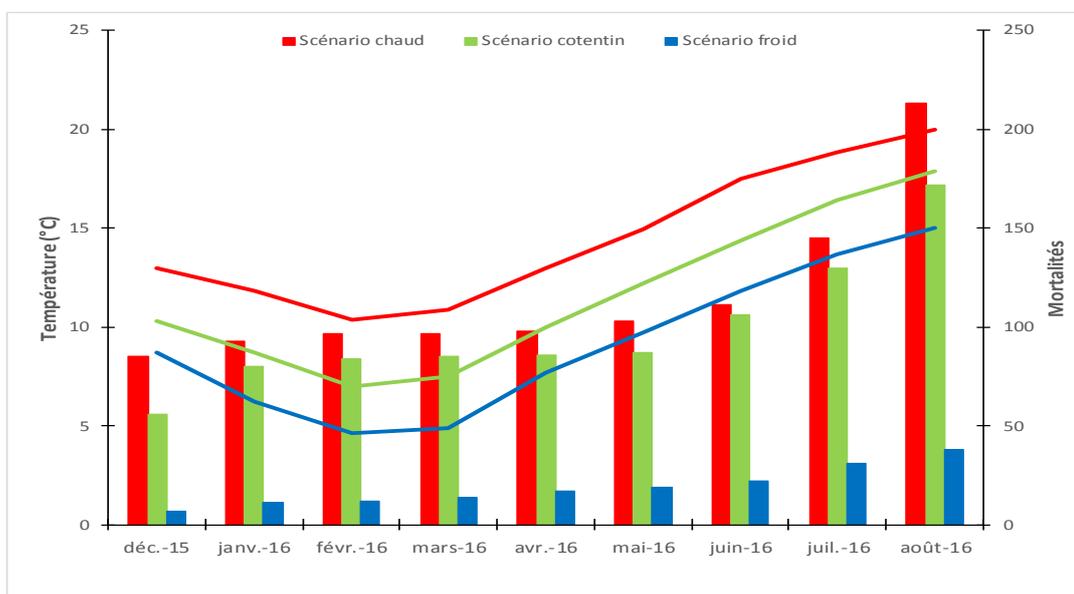


Figure 18 : Mortalités cumulées des adultes en fonction de la température

L'environnement reproduit en laboratoire n'est pas totalement fidèle à la réalité (faible couche de sable, profondeur d'eau réduite), ceci a probablement impacté la survie des buccins.

Sur la période étudiée on atteint 50% de mortalités dès le mois de juin pour la température la plus chaude et celle du Cotentin. A basse température, ce taux n'est jamais atteint, le cumul des mortalités s'élevant seulement à 17% sur la période étudiée.

3- Age et croissance

3.1 Méthode d'âgeage du buccin à partir des statolithes

Généralement, l'étude de la croissance des mollusques est basée sur l'observation de stries sur les pièces dures de l'animal. Pour le buccin, c'est l'opercule qui a souvent servi de support à l'estimation de l'âge. L'opercule est un disque de chitine adhérent au pied, et présentant des stries concentriques d'épaisseurs variables, identifiées comme stries de croissance (Santarelli L.,1985). Cependant, l'opercule étant une pièce externe plutôt souple, les stries ne sont pas toujours très distinctes car « parasitées » par des rayures dues aux aléas de vie de l'animal. Les dernières estimations d'âge du buccin du Golfe Normand-breton datent de 2011 (Heude-et al., 2011.) avec la méthode basée sur les opercules.

Depuis peu, des études (Lawler 2011, Holyman 2015) présentent l'utilisation des statolithes comme support alternatif pour la détermination de l'âge. Les statolithes se présentent sous la forme d'une bille opalescente et cassante d'environ 200 µm de diamètre, composées principalement de carbonates.

Les stries apparentes sont considérées comme annuelles en démontrant à la fois une bonne corrélation entre la température de l'eau, les isotopes stables de la coquille en relation avec le taux de magnésium et la position des stries dans le statolithe. L'âge peut ainsi être estimé en comptant les stries annuelles entre le nucleus et la bordure du statolithe.

Pour ce projet, il est proposé de tester l'utilisation des statolithes pour (1) développer un protocole de préparation des statolithes pour l'estimation de l'âge, et (2) mettre à jour les paramètres de croissance, nécessaires aux estimations de stock de type DLS (Axe 2).

3.2- Estimation de la croissance du buccin

Les prélèvements de buccin ont été réalisés au cours des sorties en mer de navires pratiquant la pêche au casier, dans le périmètre du golfe normand-breton tout au long de l'année 2015. Les buccins ont été prélevés sur l'ensemble de la gamme de taille des individus capturés dans quatre filières et trois casiers par filière (échantillonnage aléatoire). Les échantillons ont été conservés au congélateur. Après décongélation de 8 individus par classe de centimètre de hauteur et par trimestre, les buccins ont été débarrassés de leur coquille et disséqués, afin de prélever les deux statolithes situés au niveau des ganglions pédieux, logés dans les statocystes.

Les échantillons ont été préparés et analysés au pôle de sclérochronologie de l'Ifremer à Boulogne/Mer. Les statolithes ont été fixés sur une lame de verre par un point de colle, et poncés manuellement jusqu'au noyau (nucleus) avec beaucoup de précaution, compte tenu de leur fragilité.

Malgré les précautions prises, seulement 39 statolithes ont pu être observés, sur les 259 disponibles au départ. Cette préparation a permis la mise en œuvre du protocole de lecture d'âge de pièces calcifiées de type otolithes (Mahé et al., 2011), i.e. annotation des stries annuelles, mesure des rayons (radius) pour chaque individu, interprétation de l'âge et stockage de l'image annotée sur un serveur centralisé. Les résultats sont illustrés dans les figures ci-dessous.

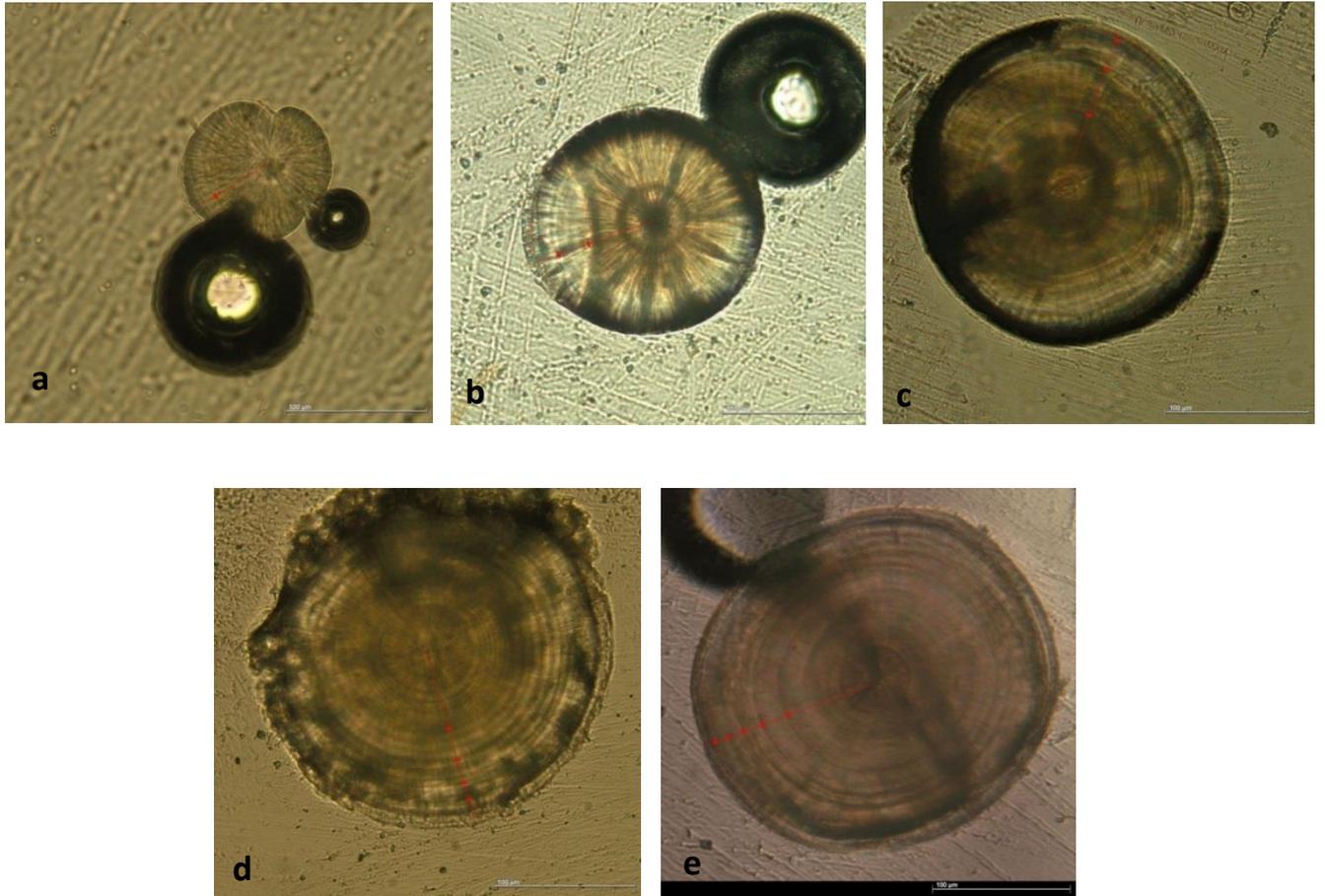


Figure 19 : Statolithes de buccin âgé de (a) 1 an, (b) 2 ans, (c) 3 ans, (d) 4 ans (e) 5 ans

La distribution des âges par classes de 5 mm de hauteur est présentée dans le tableau 4.

	1	2	3	4	5
25	1	2			
30		1	1		
35		3	1		
45		1			
50		2	3	2	
55			5		
60		1	5	3	
65				1	1
70			1	2	1
75				1	1

Tableau 4 : Distribution des âges par classe de taille (5 mm)

Les 39 couples taille – âge ont pu être utilisés pour estimer les paramètres de la courbe de Von Bertalanffy : $Taille = Linf * (1 - exp(-k * (Age - t0)))$

Le résultat du modèle est le suivant, et l'ajustement de la courbe de Von Bertalanffy est présenté figure 20:

	Estimate	Std. Error	t-value	Pr(> t)
Linf	87.54948	23.75436	3.686	0.000746 ***
k	0.34746	0.24837	1.399	0.170384
t0	0.09302	0.69345	0.134	0.894039

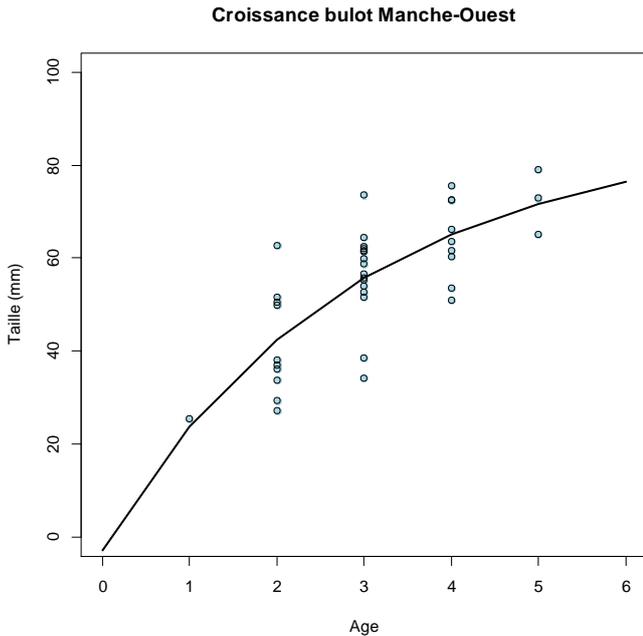


Figure 20 : Ajustement de la courbe de Von Bertalanffy et distribution des échantillons par taille et âge

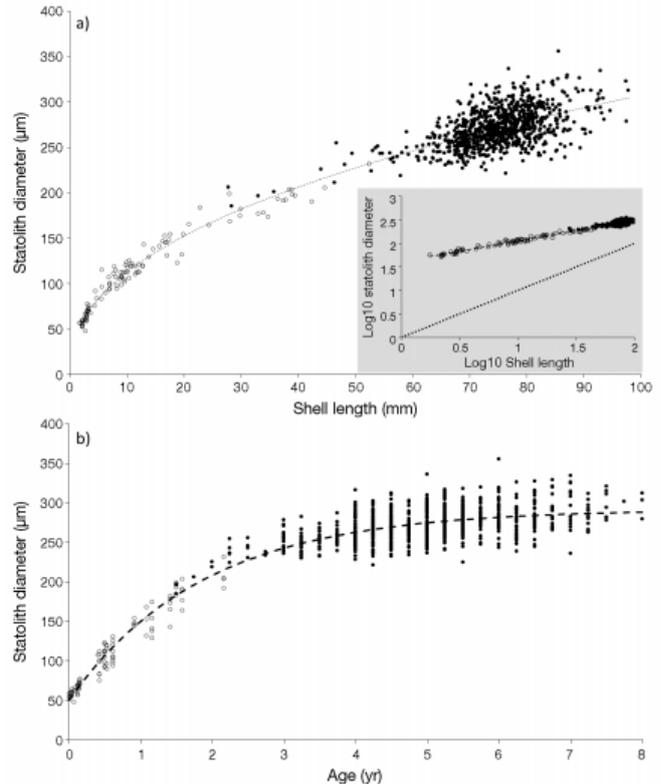


Figure 21 : (a) relation entre la taille du buccin et le diamètre du statolithe ; (b) relation entre le diamètre du statolithe et l'âge du buccin (Hollyman et al. 2017).

Les premiers résultats de la croissance du buccin en Manche Ouest (figure 20) corroborent ceux des travaux d'Hollyman et al. (2017) illustrés dans la figure 21 même si les intervalles de confiance autour des paramètres de Von Bertalanffy sont importants, dénotant un manque de robustesse de l'analyse statistique dû au faible échantillon (39 individus). La croissance du buccin est rapide jusqu'à l'âge de deux ans correspondant à une taille moyenne estimée de 40 mm puis commence à se ralentir à partir de 3 ans pour une taille estimée de 55 mm. Les travaux sur la maturité du buccin en fonction de l'âge ont montré que le buccin commence à se reproduire à partir de 45 mm avec un effort de reproduction très faible et que la taille à laquelle 50% des animaux sont matures commence à 50 mm. C'est à partir de cette taille que la croissance du buccin se ralentit, l'énergie étant en partie mobilisée pour la reproduction.

L'expérience acquise dans l'âgeage du buccin à partir du statolithe offre maintenant la possibilité de l'analyse d'un échantillon plus conséquent (2-300 individus) afin d'améliorer la qualité des ajustements de la courbe de croissance du buccin en Manche ouest, notamment pour une utilisation en gestion de stock. Les statolithes sont à manipuler avec beaucoup de précaution sans quoi la lecture de l'âge est impossible. Une adaptation du protocole pour une utilisation plus efficace du matériel biologique serait de :

1. Prélever les statolithes, sous une binoculaire avec grossissement (x50 – x100) et équipée d'une source de lumière froide (3000 W)
2. Nettoyer et fixer le statolithe sur une lame de verre dans la continuité du prélèvement, afin de limiter les manipulations, lié à leur petite taille et leur extrême fragilité
3. Poncer les lames manuellement en deux phases (1) avec un disque abrasif type 800/2400 (2) avec un disque abrasif type 1200/4000
4. Estimer l'âge en décomptant les stries à l'aide d'un microscope à lumière transmise, selon le protocole décrit par Hollyman (2014) i.e. en tenant compte de la strie d'éclosion.
5. Acquérir les images des coupes par une caméra couplée au microscope d'observation, l'ensemble étant relié à un logiciel de traitement d'image T.N.P.C (Traitement Numérique des Pièces Calcifiées) afin de les stocker dans une base de données pour une analyse plus détaillée,

et constituerait une méthode d'âgeage du buccin efficace mais qui reste très chronophage. Ces premiers résultats ont fait l'objet d'une publication scientifique par Ifremer (cf annexe I).

3.3- Croissance des juvéniles en fonction de la température

La croissance du buccin a fait l'objet d'un suivi sur des juvéniles évoluant en conditions contrôlées et dans leur milieu naturel pour étudier l'impact de la température sur leur croissance.

3.3.1- En laboratoire : 3 lots de 0 à 18 mois (1^{ère} année)

Un suivi de croissance de juvéniles issus des pontes de 2014, 2015 et 2016 a été réalisé en conditions contrôlées en scénario froid (2 à 3 degrés inférieurs à la température de l'eau du Cotentin). Au bout d'un an la taille moyenne des juvéniles est de 20.1 mm en 2014/2015, 18.5 mm en 2015/2016 et 17.05 mm en 2016/2017. Sur 12 mois de suivi, l'accroissement mensuel moyen est de 1.5 mm en 2014, 1.37 mm en 2015 et 1.25 mm en 2016. Pour les suivis de croissance 2015 et 2016, les juvéniles ont été exposés à des conditions de température un peu plus froides comparé à 2014 (de -0,6 à -1.1°C inférieur) ce qui peut expliquer cette tendance à la baisse. Sur cette base, un scénario froid aurait pour effet de ralentir la croissance des jeunes buccins (15 à 28% par rapport au modèle de croissance, figure 20 page 20).

Dans les conditions expérimentales du suivi et par projection on estime à 36 mm, 33 mm et 30 mm la taille des buccins à l'âge de 2 ans. Les données actuelles n'ont pas permis de poursuivre au-delà de 1 an pour les lots de juvéniles 2014 et 2015. Par contre le nombre de juvéniles 2016 est suffisamment important pour poursuivre ce suivi et apporter des données complémentaires sur des individus de 2 ans et plus.

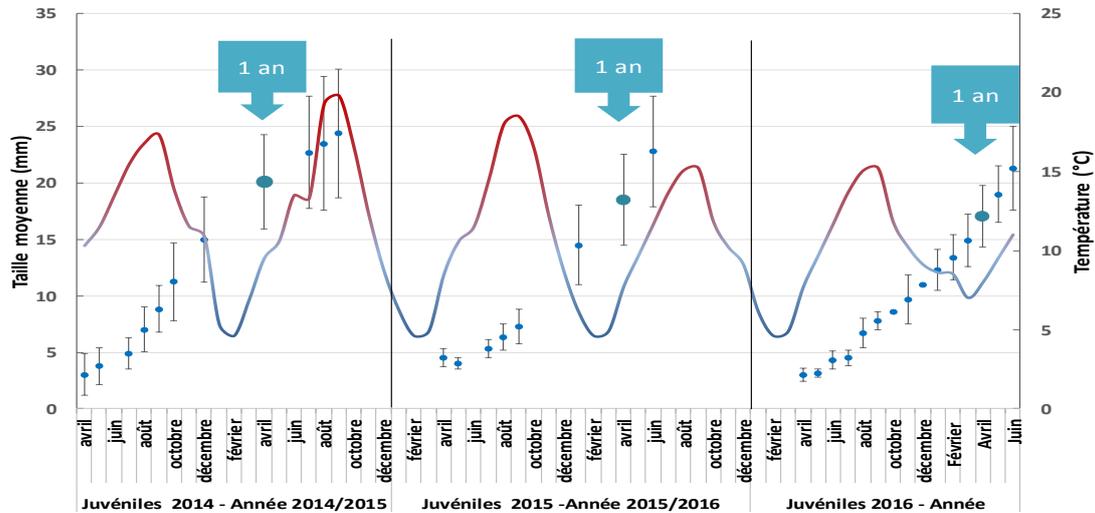


Figure 22 : Croissance en conditions contrôlées des juvéniles nés en laboratoire

3.3.2- En milieu naturel : lots de 12 -20 mois (2^{ème} année)

Les juvéniles de buccin ont été répartis dans 3 cages implantées en juin 2015 en bas d'estran (GPS : 49° 03' 994 et 1° 37' 927) accessibles uniquement par grandes marées. Ces cages, d'une emprise au sol de moins d'1m², ont été déposées après une demande d'autorisation d'occupation temporaire dans le secteur de Blainville sur mer auprès de la DDTM². Ces jeunes bulots ont été récupérés lors de pêches scientifiques dans les secteurs des 3 Grunes et au sud des Anquettes. La taille moyenne des juvéniles était de 24 mm et correspondait à des animaux âgés de 1 à 1 an ½. Les juvéniles ont été nourri naturellement par les petits organismes capables de passer au travers du maillage ou contenus dans le sédiment et artificiellement une fois par mois en moyenne par un apport de poissons et de crustacés. Le suivi de la croissance a été réalisé une fois par mois sur un échantillon de 30 individus par casier.



Figure 23 : Stabulation des buccins sur l'estran

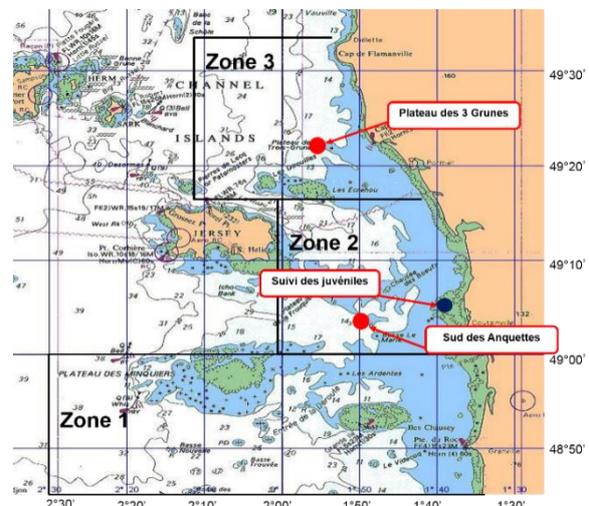


Figure 24 : Points de prélèvement des juvéniles et de suivi de leur croissance

² Direction Départementale des Territoires de la Mer

Aucune différence statistiquement significative n'a été constatée sur la croissance des jeunes buccins entre les différents casiers. En 20 mois, leur taille moyenne est passée de 24,1 à 41 mm (juin 2015-février 2017), soit une croissance moyenne de 0,8 mm par mois avec une croissance de 1 mm par mois au cours de la deuxième année et de 0,6 mm au cours des huit premiers mois de la troisième année.

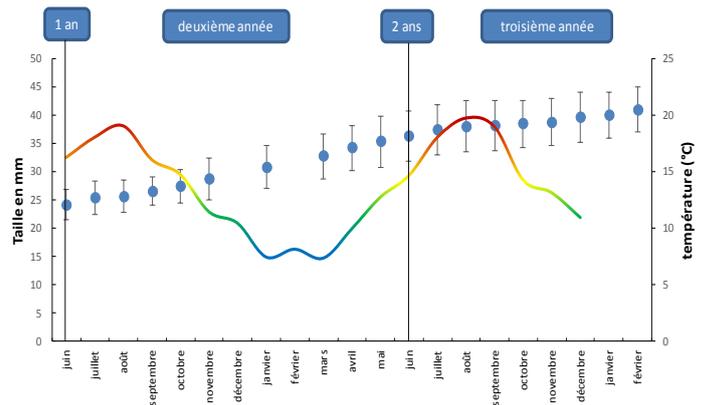


Figure 25 : Taux d'accroissement de buccins en mer

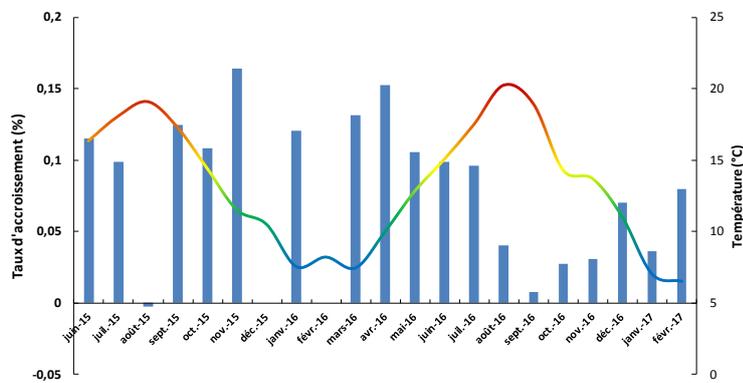


Figure 26 : Croissance des buccins en mer

Cette croissance globalement plus faible comparée au modèle de croissance sur l'ensemble du cycle du buccin est probablement liée aux conditions expérimentales qui n'étaient pas optimales pour l'apport de nourriture (fréquence mensuelle) car contrainte par les coefficients de marées. Comme d'ailleurs les pêcheurs se plaisent à le dire ils « élèvent » des bulots en les nourrissant 11 mois de l'année, 5 jours par semaine... *via* des casiers

appâtés, dont les petits nourris sont relâchés en mer. On remarque que la croissance n'est pas régulière tout au long de l'année et marquée par un ralentissement en période estivale. L'accroissement maximum est relevé à la température de 10-12°C (avril et novembre).

4- Synthèse de l'axe 1

Les connaissances acquises au cours de ce projet ont permis de mettre au point et valider les techniques les plus appropriées pour identifier les proies du contenu stomacal du buccin et ainsi être en mesure de caractériser son régime alimentaire. Des travaux complémentaires seront à mener pour le définir complètement.

Les expérimentations menées en conditions contrôlées ont démontré qu'un réchauffement des masses d'eau perturbe le cycle biologique de l'espèce.

Il retarde le déclenchement de la gamétogenèse chez les mâles et la formation des spermatozoïdes. En raison d'un sexe ratio très déséquilibré en faveur des mâles, ce suivi n'a pas pu être réalisé sur les femelles. Des analyses complémentaires devront être menées pour mesurer l'effet de la température sur leur gamétogenèse. Une élévation de la température de l'eau de mer de +1 à +3°C réduit le nombre de pontes émises par les femelles et leur taux d'éclosion ce qui impacte directement le recrutement.

A contrario, la reproduction est plus performante dans une température plus froide que celle du Cotentin. Les conditions actuelles du Cotentin ne sont pas optimales pour la reproduction des buccins. Une transposition de ces résultats dans le Cotentin ne peut être exclue et une élévation conséquente de la température des masses d'eau océaniques évoquée par le G.I.E.C³ pourrait être nuisible pour les buccins en impactant leur performance de reproduction.

Les expérimentations ont permis de mesurer l'impact potentiel d'un réchauffement de l'eau sur la mortalité des adultes. Même si le buccin est une espèce d'eau froide, les conditions expérimentales ne reflètent pas exactement les conditions du milieu naturel (faible hauteur d'eau et de substrat meuble) et ont pu apporter un biais en surestimant les mortalités.

Ce projet confirme que l'utilisation du statolithe est appropriée comme support de l'estimation de l'âge du buccin. Il a également permis d'obtenir un premier modèle de croissance pour le buccin du golfe normano-breton. Ces premiers résultats corroborent ceux issus des travaux d'Hollyman et al. (2017) témoignant d'une performance de croissance importante du buccin. Les suivis réalisés en mer donnent une croissance comparable au modèle pour les premières classes d'âge (1 et 2 ans). Dans des conditions de température plus froides (suivi en laboratoire), la croissance des juvéniles est légèrement ralentie. Des analyses complémentaires à partir d'échantillons plus conséquents par classe d'âge permettront d'affiner la courbe de croissance du buccin de l'ouest Cotentin.

³ G.I.E.C : Groupe Intergouvernemental de l'Evolution du Climat

Axe 2 : la Ressource Buccin en Ouest Cotentin

1- La Pêcherie de bulot

1.1- Historique

Le bulot est une espèce ubiquiste, qui affectionne les fonds propices à l'enfouissement (sables, (sablo-vaseux, sables coquilliers, cailloutis...), le bulot ayant un comportement fouisseur s'épanouit dans ce type de sédiments. La pêcherie de bulot de l'Ouest Cotentin s'est développée peu à peu depuis les années 50, d'abord à Pirou puis à Granville (années 60). Les pêcheurs alternaient la pêche du bulot de la seiche, des crustacés et du poisson au fil des saisons de pêche. La pêche s'est propagée à la fin des années 70 et les premières mesures commerciales sont mises en place au début des années 80 pour limiter les apports et optimiser ainsi les conditions de marché : les premières ventes en criée de Granville se déroulent en 1976.

A cette époque, seuls les navires de moins de 10 mètres pouvaient exercer cette pêche à l'aide de casiers uniquement. Les années 1990-2000 ont été très prospères et c'est à partir de 1994, qu'un encadrement de la pêcherie plus rigoureux est mis en place à une échelle plus large : 82 navires étaient licenciés et pouvaient exercer cette pêche entre Granville et Carteret. Les efforts de gestion se sont poursuivis chaque année jusqu'à adopter en 2005, un plan de gestion « ressource », visant à diminuer progressivement la pression de pêche sur cette ressource en bulot. La pêcherie de Manche Ouest est assez ancienne (plus de 50 ans), et fait vivre en 2015, 71 bulotiers (navires pratiquant la pêche du bulot) entre Granville et Dielette.

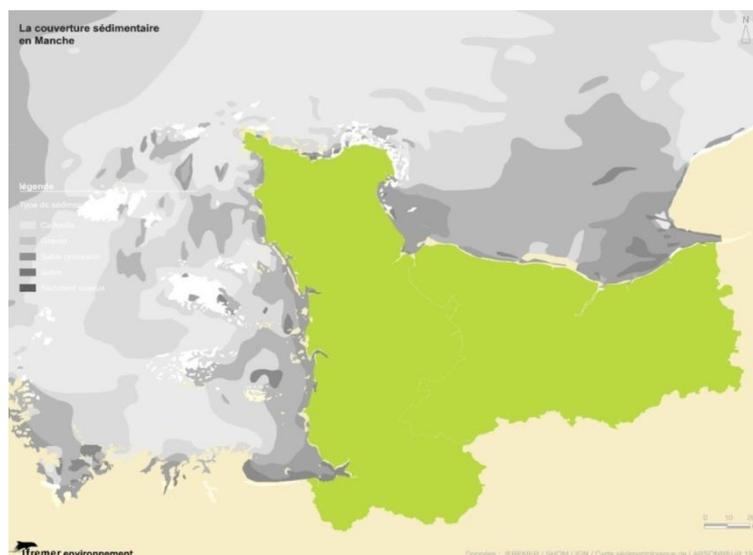


Figure 27 : Couverture sédimentaire en Manche

Ce n'est qu'à partir des années 2000 que l'exploitation du bulot en Manche Est a démarrée, avec une petite dizaine de navires de moins de 10 m. Elle s'est développée à partir de 2007 et concerne en 2015, 50 navires entre St Vaast la Hougue et Courseulles. En 2016, 120 licences bulot étaient délivrées par le CRPM Basse Normandie.

1.2- La pratique de pêche



Figure 28 : cloche de casier à bulot perforée sur 1 ou 2 lignes (diamètre : 21 mm)

La pêche s'effectue uniquement à l'aide de casiers à raison de 240 à 720 casiers rassemblés en filière de 30, 40, 50 ou 60 unités en fonction de la longueur du navire. Les sorties se font à la journée durant 6 à 12 heures de mer, elles varient selon le lieu d'embarquement et les contraintes de la marée plus importantes à Carteret et à Granville que sur les cales de la côte Ouest. L'appât est constitué de poisson (roussette, grondin, ...) et de crustacés (crabe vert, tourteau, araignée déclassés pour la vente et la consommation humaine). Chaque jour, les casiers sont relevés, les bulots triés et l'appât remplacé.

Le tri s'effectue à bord dès la capture sur une grille ou un cylindre rotatif avec un écartement de 22 mm, afin de remettre immédiatement en mer les bulots de petites tailles et de taille intermédiaire.

1.3- Les zones de pêche fréquentées

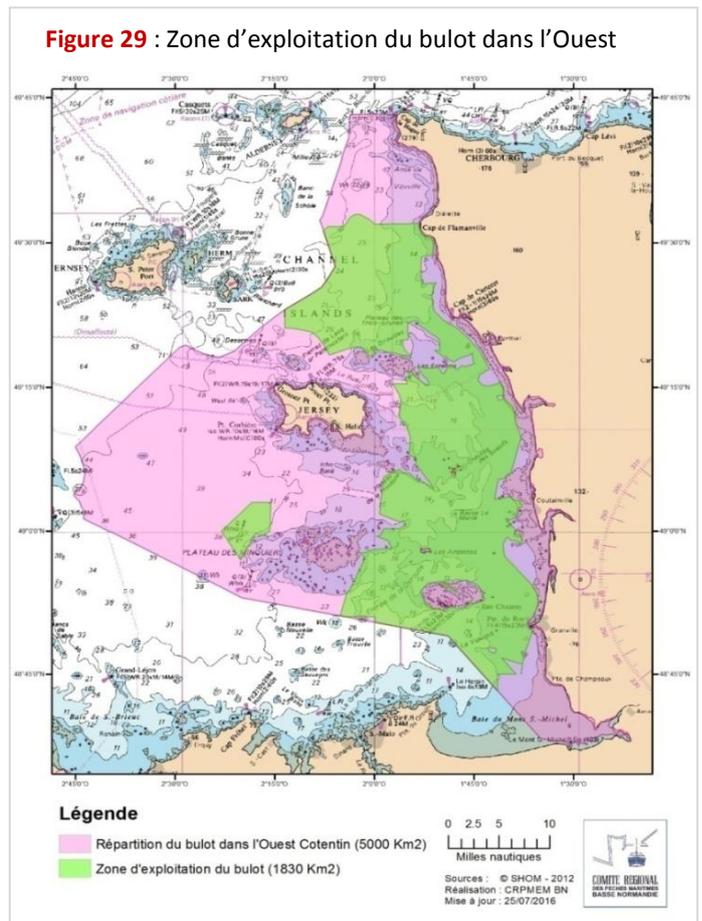
Les zones de présence du bulot et les zones de pêche fréquentées ont pu être établies en 2014 d'après les enquêtes d'activités Valpena (représentation cartographique géolocalisée par un carroyage de 3 milles sur 3) et des enquêtes spécifiques.

Le bulot n'est exploité par la flottille que dans les zones autorisées pour celle-ci et où la densité est la plus importante.

La zone d'exploitation de la flottille de Basse Normandie est centrée sur les fonds les plus accessibles, et les plus propices à ce type de pêche

La surface exploitée (zone verte) représente globalement 36,6% de la zone de répartition du bulot. Toutefois, l'activité de pêche est marquée par une composante saisonnière. La flottille se déploie sur cette surface maximale en été, et un petit nombre de navires gagnent les zones plus au large en automne, alors qu'en début de saison elle se rassemble sur 2 secteurs plus réduits (ci-dessous, l'indice d'intensité de pêche en mois/navire, source Valpena – CRPM BN).

Figure 29 : Zone d'exploitation du bulot dans l'Ouest



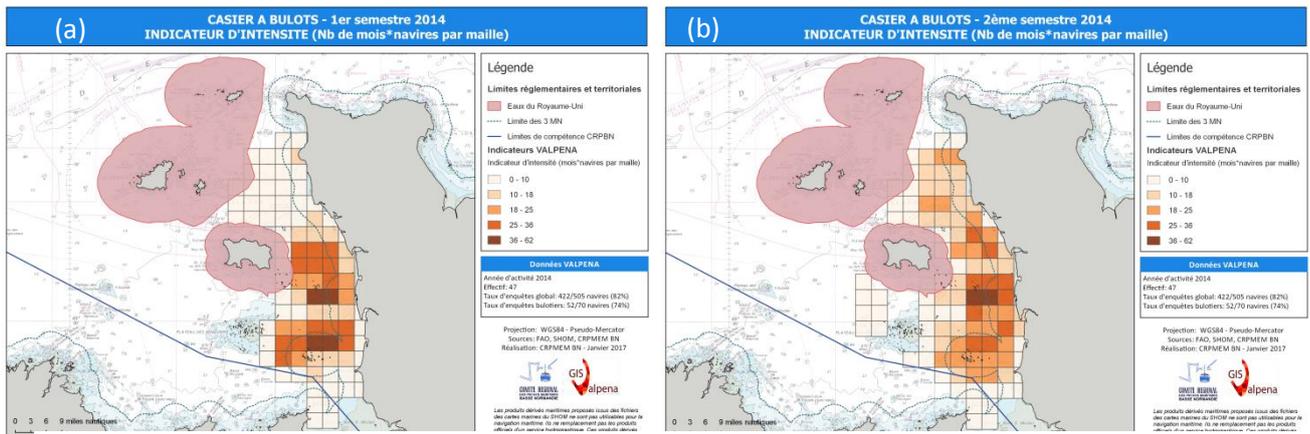


Figure 30 : Indicateur d'intensité de pêche en mois par navire et par maille ; (a) au cours du semestre 1, (b) au cours du semestre 2 Valpema

Le bulot est pêché à l'aide de casiers et sa capture est proportionnelle à la capacité de l'animal à être attiré par l'appât. Cette attractivité peut dépendre de plusieurs facteurs, selon son état physiologique (nécessité de s'alimenter et/ou de se reproduire). L'effet de la pêche sur un stock capturé au casier sera donc plus difficile à appréhender du fait que les captures ne révèlent qu'une part de la ressource disponible.

Dans ce type de pêcherie, les buccins étant capturés au casier, l'effet de la pêche peut se mesurer selon plusieurs indicateurs de pression de pêche (nombre de navires, puissance globale développée, nombre de casiers, nombre de marées, nombre de marins ...) et de plusieurs indicateurs d'état de stock (indices d'abondance, distribution en taille et sa dispersion...). L'analyse de leur évolution sur plusieurs années, permet d'observer les tendances positives ou négatives de ces indicateurs par rapport un point de référence.

2- Les indices d'activité de la pêcherie bulotière

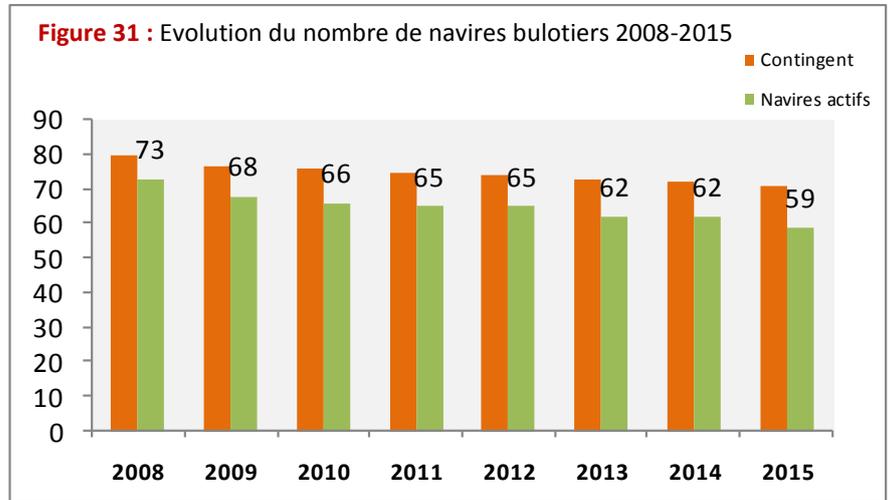
2.1- La flottille de l'Ouest Cotentin (source CRPBN)

La flottille de pêche exerçant le métier de bulotier concerne la pêche au casier. Selon les informations recueillies par les licences de pêche du CRPM, les bulotiers ciblent le bulot durant 11 mois de l'année en activité exclusive ou, de manière plus modérée, en complément des activités saisonnières (crustacés, seiches ou poissons capturés aux filets). Le descriptif de cette flottille bulotière, finalement peu homogène est développé dans le chapitre activités socioéconomiques de l'axe 3.

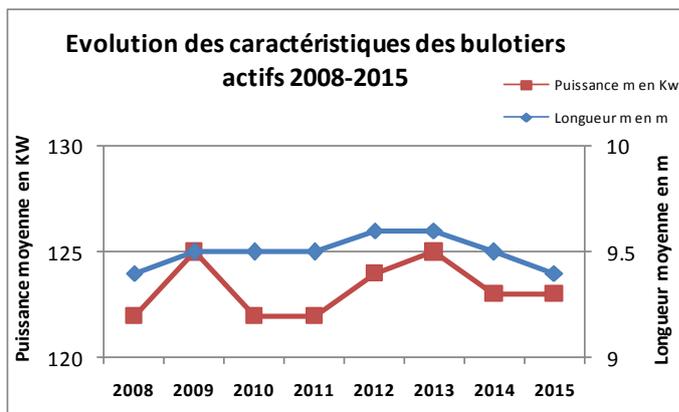
Les principaux indicateurs de l'effort de pêche sont recensés ici par l'évolution du nombre de licences (effort théorique), du nombre de navires effectivement actifs (effort effectif), de leur longueur et puissance moyenne, et puissance effective développée. Le nombre de mois d'activité et le nombre moyen de jours de mer sont également abordés dans le paragraphe suivant (source SIH).

- **Evolution du nombre de licences et caractéristiques des navires bulotiers entre 2008 et 2015**

Le nombre de licences fixe un maximum théorique de navires en activité chaque année, cependant, une partie de ces navires n'exerce pas toujours le métier toute l'année, pour des raisons d'achat, de vente de navire, de pannes etc... D'autre part, une partie des pêcheurs sont polyvalents et ne pratiquent la pêche du bulot que durant 6-8 mois de l'année. Suite à l'adoption d'un plan de gestion à partir de 2007, le nombre de licences a diminué de 11% entre 2008 et 2015, et le nombre de navires actifs de 19% (13% depuis 2009).



- **Evolution de l'effort effectif**



Il correspond aux navires ayant réellement pratiqué cette activité au cours d'une année. Leur longueur et puissance moyennes restent relativement stables sur cette période (9.4 m et 123 Kw), alors que la puissance cumulée chute de 18% (14% depuis 2009). Le nombre de marins bulotiers accuse la forte baisse avec 22% des hommes en moins depuis 2008 (17% depuis 2009).

Figure 32 : Evolution des caractéristiques des bulotiers actifs 2008-2015

2.2 - L'activité de pêche (source SIH)

Les navires pratiquant la pêche du buccin au casier sont sélectionnés dans la Base de données SIH (Ifremer) à partir de la liste des navires titulaires d'une licence de pêche. Cette approche permet une extraction de données plus fiable, correspondant bien à l'activité de pêche du bulot aux casiers et à la zone de travail Ouest Cotentin.

2.2.1- L'activité de pêche traduite en temps passé (nombre de mois)

L'activité de pêche au cours d'une année qu'en moyenne 78% des navires de plus de 10 m et 64% des navires de moins de 10 m ciblent le bulot sur une durée de 10 à 11 mois de l'année durant la période 2009-2015.

% Navires pêchant 10 à 11 mois/an	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Moyenne
Navires <10 m	41%	68%	69%	67%	68%	68%	68%	64%
Navires ≥ 10 m	80%	83%	60%	75%	83%	83%	83%	78%

Tableau 5 : Proportion de navires pêchant le bulcin 10 à 11 mois par an (par catégorie de longueur)

Les opérations de pêche se déroulent sur une marée journalière dont la durée varie de 10 à 12 heures pour les navires de plus de 10 m débarquent dans les ports (Granville Carteret, Dielette) et de 6 à 8 heures pour les navires de plus petite taille ne débarquant pas dans les ports.

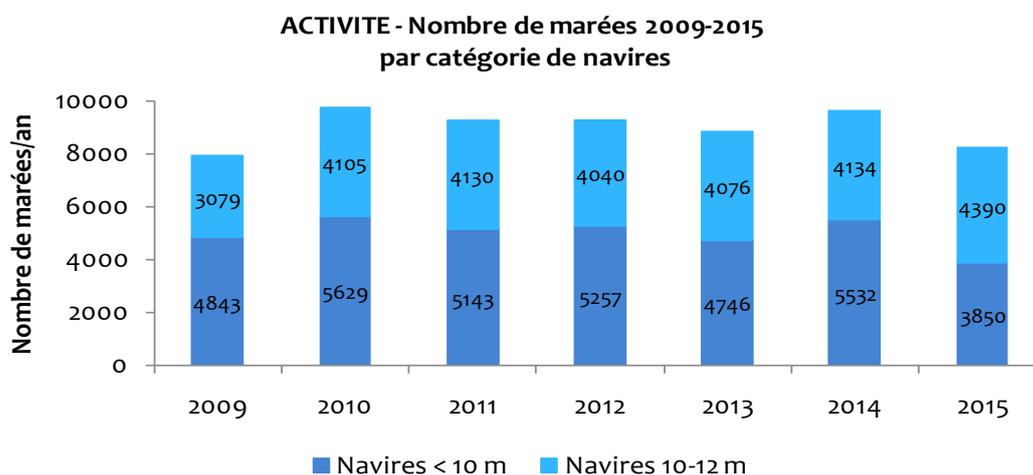


Figure 33 : Activité de la flottille bulotière en nombre de marées

2.2.2- L'activité de pêche en nombre annuel de marées

L'activité de pêche en nombre annuel de marée effectuées en 2009 par l'ensemble des navires de moins de 10 m est plus importante que celle des navires de 10-12 m qui cumulent 39 % des marées mais sont moins nombreux). Ces derniers effectuent des sorties de durée plus longue car dépendants des horaires d'accès des ports à marée, et ils ont un rayon d'action plus important, à certaines périodes pour atteindre des zones de pêche plus lointaines. En 2015 cette répartition est inversée avec une majorité des sorties effectuées par les navires de plus de 10 m (53%).

Quantité de marées par an	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Navires <10 m	61%	58%	55%	57%	54%	57%	47%
Navires ≥ 10 m	39%	42%	45%	43%	46%	43%	53%

Tableau 6 : Activité en nombre de marées des bulotiers Ouest-Cotentin.

2.2.3- Les activités complémentaires (source SIH)

Les navires détenant une licence « Bulot Ouest-Cotentin » sont inféodés à cette espèce, quelle que soit la longueur du navire, mais certains navires polyvalents par choix, pêchent également d'autres espèces comme la seiche de printemps, l'araignée ou le homard :

Poids Bulot débarqué / Poids total année	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Navires <10 m	96%	93%	91%	93%	93%	92%	92%
Navires ≥ 10 m	91%	91%	92%	91%	93%	90%	90%

Tableau 7: Part des débarquements de buccins (t) sur le volume toutes espèces débarquées par les bulotiers

Sur la période 2009 à 2015, le bulot représente 96 à 92% du tonnage débarqué annuellement par les navires de moins de 10 m ; il est de 91% pour les navires de 10 m et plus.

Pourtant, la majorité des pêcheurs détiennent d'autres licences de pêche comme la licence crustacés, la licence seiche ou l'AEP filet, ou, pour un nombre très restreint de navires, les licences coquilles-St-Jacques, praire ou huître plate. Ce portefeuille de licences permet aux bulotiers de diversifier très facilement leur activité, mais en réalité, le volume débarqué reste en majorité du bulot. Qu'en est-il de la valeur au débarquement ? Ce thème est développé dans l'axe 3.

Exemple de la seiche :

La comparaison des années 2009 et 2012 montre un volume de débarquement en bulot plus important en 2012.

De la même manière, bien qu'en 2012, les apports en céphalopodes (composés exclusivement de seiche), soient les plus importants de la série 2009-2015, les débarquements de buccins restent proportionnellement équivalents à 92 %-93% du tonnage annuel débarqués par l'ensemble des bulotiers.

D'autre part, quelques armements, anciennement pêcheurs de crustacés restent fidèles à ces espèces (homard et tourteau). Pour d'autres, la seiche, le bouquet, les poissons nobles et la coquille saint jacques, constituent les autres espèces complémentaires de l'activité bulot.

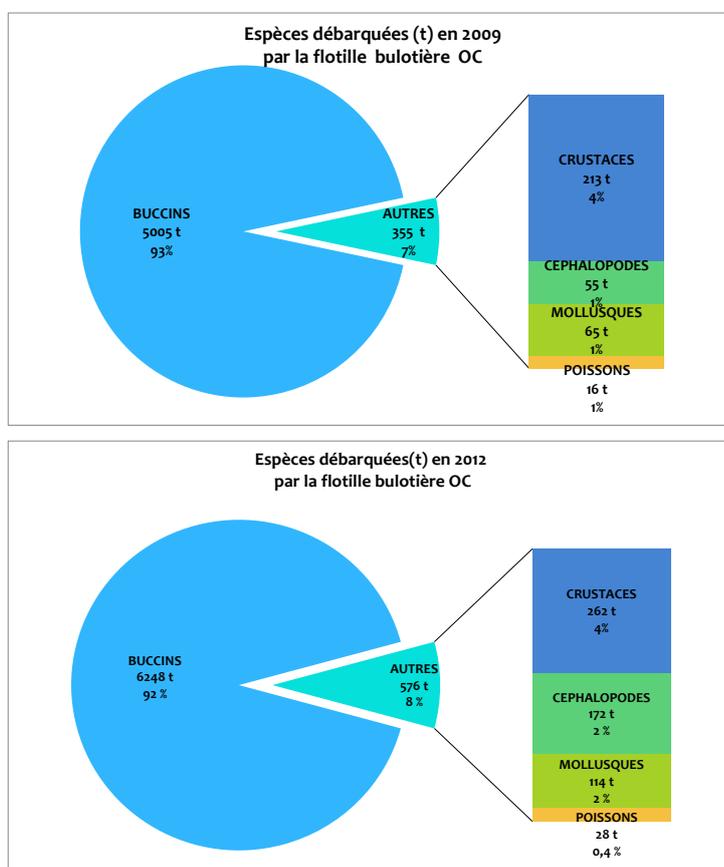


Figure 34 : Comparaison des débarquements 2009 et 2012 (apports élevés en seiches) de la flottille bulotière.

2.3- La production de Bulot aux différentes échelles

2.3.1- A l'échelle européenne et en France (source Eurostat)

Les débarquements européens de bulot sont disponibles depuis 2007, ils dépassent les 12000 tonnes depuis 2013, pour lesquels la France est le seul pays déclarant avec des volumes conséquents. Le Royaume Uni affiche des quantités infinitésimales et l'Irlande pourtant producteur de bulot (Whelk en anglais) n'apparaît pas dans les statistiques Eurostat.

En Tonnes	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
France	5620	9147	6679	8465	13820	11635	12382	12491	12897
UK	117	59.5			9.8	3.2	1.2	.7	1.6

Tableau 8 : Débarquements européens de bulot (Source : Eurostat)

D'après cette même source, la production française de buccin affiche 12 897 tonnes en 2015, elle aurait plus que doublé depuis 2007.

Selon le rapport d'activité des flottilles du SIH de 2014 (Ifremer), les débarquements de buccin proviennent exclusivement de la façade Manche. Cette espèce occupe le 5^e rang des espèces de Manche Mer du Nord avec 12 239 tonnes pour une valeur avoisinant les 20 Millions d'euros.

Selon cette même source, Basse Normandie, Bretagne et Haute Normandie représentent les 3 régions productrices de Buccin et la Normandie nouvelle débarquerait 72% des apports français et 84% de sa valeur avec un tonnage de 8800 tonnes et 16.8 Millions d'euros.

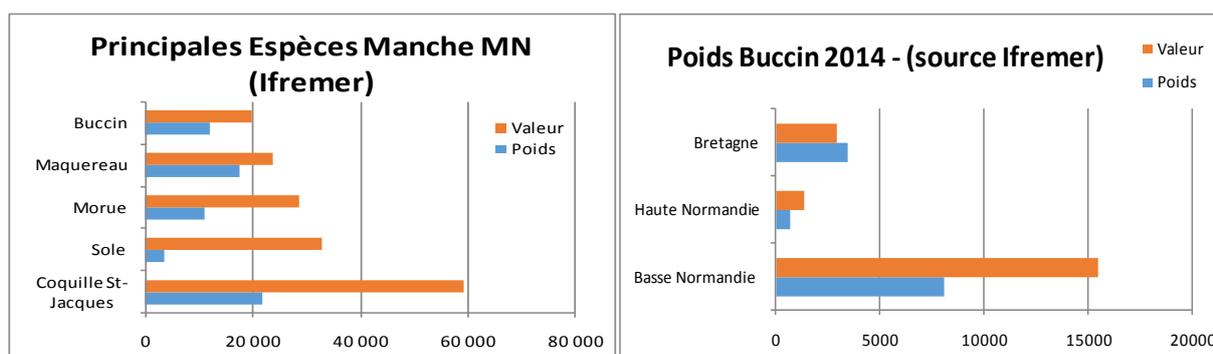


Figure 35 : Principales espèces de Manche mer du Nord et production de buccin en Bretagne et Normandie

2.3.2- En Baie de Granville (Golfe Normand Breton) et Ouest Cotentin

* un descriptif est développé au paragraphe 1.2 de l'Axe 3

Différentes sources de données de production sont disponibles selon les périodes, les sources et les niveaux de précision. Une reconstitution a pu être effectuée dans un premier temps à partir des statistiques anciennes.

- Débarquements du Golfe normand breton reconstitué (sources diverses)

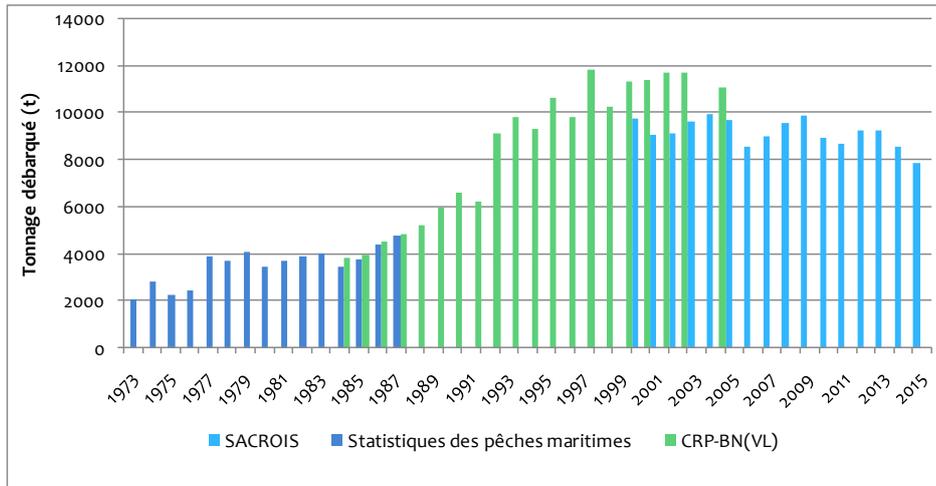


Figure 36: Débarquements de buccin du Golfe normand bretons de 1975 à 2015. (Sources diverses et source SACROIS corrigée en 2011)

Afin de reconstituer une série historique à l'échelle du Golfe normand-breton, différentes sources de données ont dû être croisées : les données déclaratives fournies par les professionnels (fiches de pêche et logbook déposés au CRPM), les données SIH Ifremer, les données issues des licences de pêche (CRPM), et les ventes en criée. Ce travail a permis de valider une partie de l'information excepté en 2015.

Après une nette augmentation des débarquements de buccin dans le Golfe normand breton entre 1993 et 2000, ceux-ci se stabilisent autour de 8000 tonnes depuis 2005. Si la part de la pêche du buccin en Ouest Cotentin représente entre 1973 et 1998, 100% des débarquements de ce secteur, elle diminue progressivement à partir de 2005 avec seulement 80% des apports du Golfe normand breton. Cette diminution est, pour partie, la conséquence de l'adoption de mesures techniques telles que la baisse des quotas journaliers, la modification du matériel de tri permettant une sélection de spécimens plus gros, mais la diminution du stock peut également expliquer cette diminution.

Les débarquements de Bretagne semblent en progression depuis 2002 (1800 tonnes) et atteignent les 3400 tonnes en 2014 (SIH Global). Les débarquements de Jersey dans le Golfe normand breton sont relativement limités, les maxima ayant plafonné à 545 tonnes en 2007, alors que la pêche était volontairement débarquée à Granville. Les dernières informations disponibles sont de 253 tonnes pour l'année 2013.

- Débarquements Ouest Cotentin par secteur

Les zones de pêche européennes sont divisées en zones, sous-zones, divisions et rectangles statistiques établis par le CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer). Chaque rectangle statistique représente 1 degré de longitude et 0,5 degré de latitude. Cette configuration est utilisée pour la répartition spatiale des zones de pêche du buccin, la Manche étant divisée en Manche Ouest (VIIe) et Manche Est (VII d).

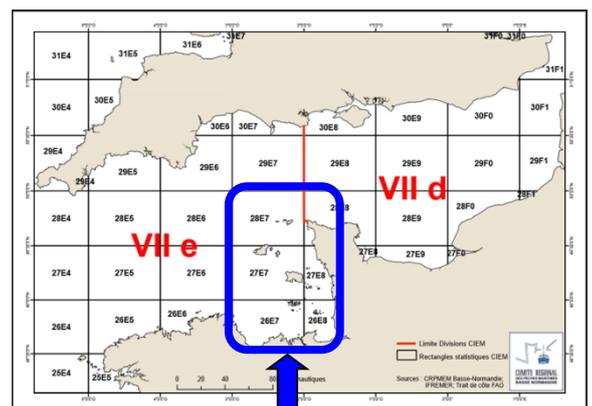


Figure 37 : Zones de pêche en Manche

Une première sélection est effectuée d'après les 6 sous rectangles statistiques de la zone d'étude du Golfe Normand breton, une seconde sélection concerne uniquement les navires normands titulaires de la licence bulot Manche Ouest au cours des années 2009 à 2015 et leur volume des débarquements.

Tableau 9 : Débarquements de Buccin par sous- rectangle statistique selon un gradient Côte-Large

Poids buccin (t) sous rectangles	Côte			Large		Total	% activité cotière
	26E8	27E8	28E8	26E7	27E7		
2009	1531	2487	38	251	699	5005	81%
2010	2240	3258	15	13	517	6044	91%
2011	2294	2788			603	5685	89%
2012	2813	2716	1	14	699	6243	89%
2013	2422	2584	72	52	573	5702	88%
2014	2395	2718	26	76	395	5611	92%
2015	1862	2307	1	210	600	4979	84%

Après un travail de validation des séries de données entre 2009 et 2014, une moyenne de 60 navires déclarants (56 en 2015 et 65 en 2011), débarquent un volume de buccin entre 5000 et 6000 t, avec une valeur maximale de 6243 tonnes en 2012. La valeur minimale observée en 2015 de 4979 tonnes ne reflète qu'une partie des données (une sous-estimation de 20% des débarquements a été identifiée après vérification, un certain nombre de saisies n'avaient pas été réalisées).

Les plus importantes quantités débarquées proviennent des 2 rectangles statistiques les plus proches de la côte Ouest-Cotentin, c'est-à-dire **26E8 (Granville-Agon) et 27E8 (Agon-Dielette)**.

• Débarquements Ouest Cotentin par taille du navire

Sur la période 2009-2015, le nombre de navires <10 m (33 à 41 navires) représente en moyenne 2/3 de la flottille de bulotiers déclarants et leur volume de bulot débarqué est en moyenne plutôt supérieur ou équivalent au volume débarqué par les 10-12 m. L'écart entre les 2 catégories de navires pour la seule année 2015 s'explique par les données partiellement disponibles pour la catégorie de navire des moins de 10 mètres.

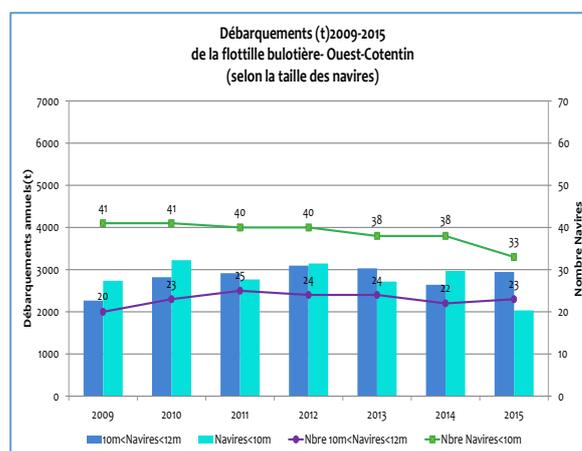


Figure 38: Débarquements et nombre de bulotiers 2009-2015 par catégorie de taille

• Volumes débarqués à la criée de Granville et prix moyen

Jusqu'en 2011, la part des ventes de buccin en criée de Granville représentait 50% des débarquements totaux des buccins capturés par les pêcheurs de la côte Ouest-Cotentin. Aussi, le volume diminue chaque année proportionnellement au nombre de pêcheurs qui y vendent leur pêche.

Mais en 2015, la baisse est plus accusée sur le nombre de navires (-27%) que sur les apports (-16% par rapport à 2009) ; le volume vendu sous criée ne représente alors en 2015 que 39% des volumes totaux débarqués, laissant la part hors criée majoritaire avec 61% des débarquements annuels (Blainville, Pirou et Carteret étant les points principaux).

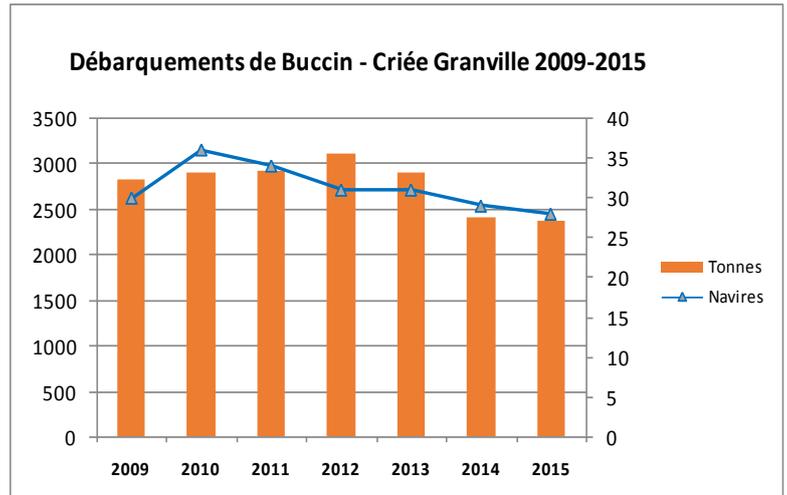


Figure 39 : Evolution des débarquements et nombre de navires bulotiers de 2009 à 2015 en criée de Granville

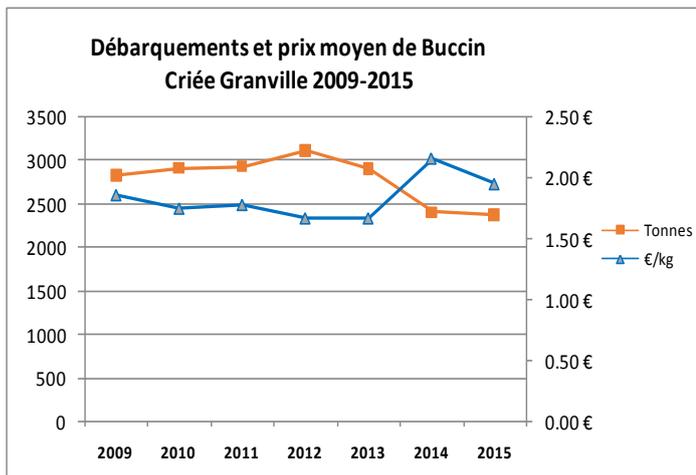


Figure 40 : Débarquements et prix moyen du buccin 2009-2015 (criée de Granville)

Le prix moyen de vente en criée est assez fluctuant, avec un maxi de 2,16 € en 2014. Ce prix en criée sert en général de référence pour évaluer le prix moyen en dehors des circuits de la halle à marée. Le prix de vente du bulot (pêcheurs) varie suivant le grossiste (acheteur), de 5 à 10% en dessous de ce prix de référence. Les informations de la criée restent importantes pour suivre l'évolution des apports mensuels et des prix moyens, d'autant que l'information est disponible immédiatement, cependant pour le buccin, elle ne concerne aujourd'hui qu'une part minoritaire des débarquements.

2.3.3- Saisonnalité des apports (SIH Ifremer)

Si les apports en buccins présentent des variations interannuelles, il est constaté aussi des variations saisonnières. La saisonnalité est marquée par des apports moins conséquents au 2^{ème} semestre durant lequel un mois de pêche moyen contribue à moins de 8% des débarquements annuels contre 11 à 12 % pour un mois moyen du 1^{er} semestre.

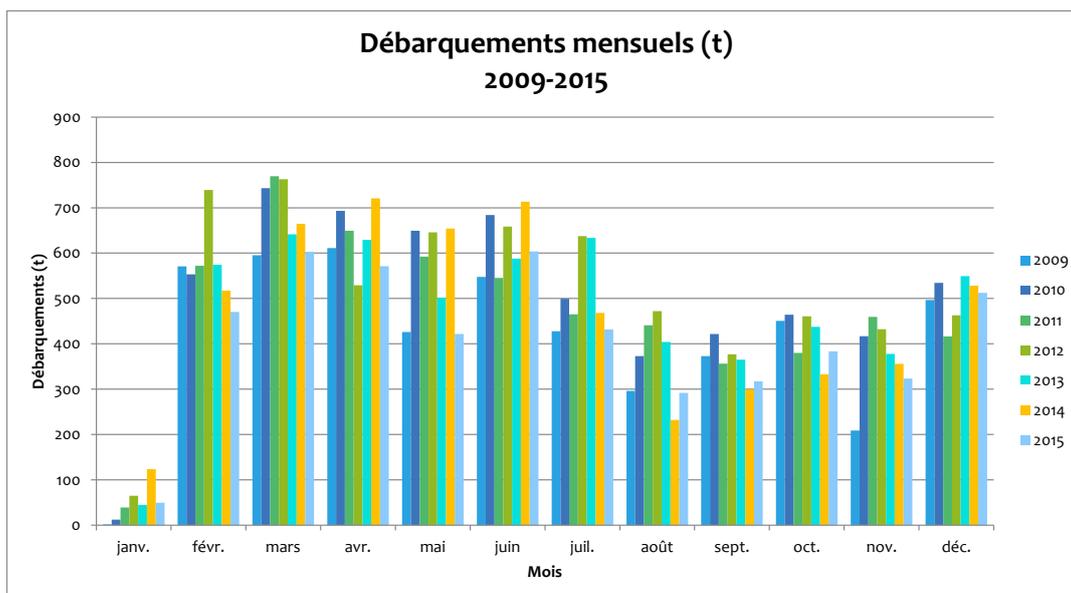


Figure 41 : Saisonnalité des débarquements de 2009 à 2015

L'origine de ces variations provient de raisons différentes :

- Réglementaires : en janvier, un arrêt de la pêche est programmé chaque année pendant quatre semaines.
- Stratégiques : en avril- mai, une partie des navires côtiers (majoritairement les moins de 10m) se tournent vers la pêche de la seiche et/ou des crustacés.
- Biologiques : en été, généralement en août- septembre, une «coupure» de la pêche est enregistrée chaque année et l'année 2014 est particulièrement marquée. Ces observations s'expliquent selon les professionnels, par l'élévation de la température de l'eau de mer. Pour la partie scientifique, il s'agirait d'une estivation qui induit une modification du comportement trophique et accentue ainsi le réflexe d'enfouissement de ce coquillage.

L'analyse de l'évolution des températures de l'eau de mer et des débarquements est possible grâce à la disponibilité des séries historiques mensuelles de relevés de température entre 2009 et 2015 (source SMEL) et des données mensuelles de débarquements (SIH).

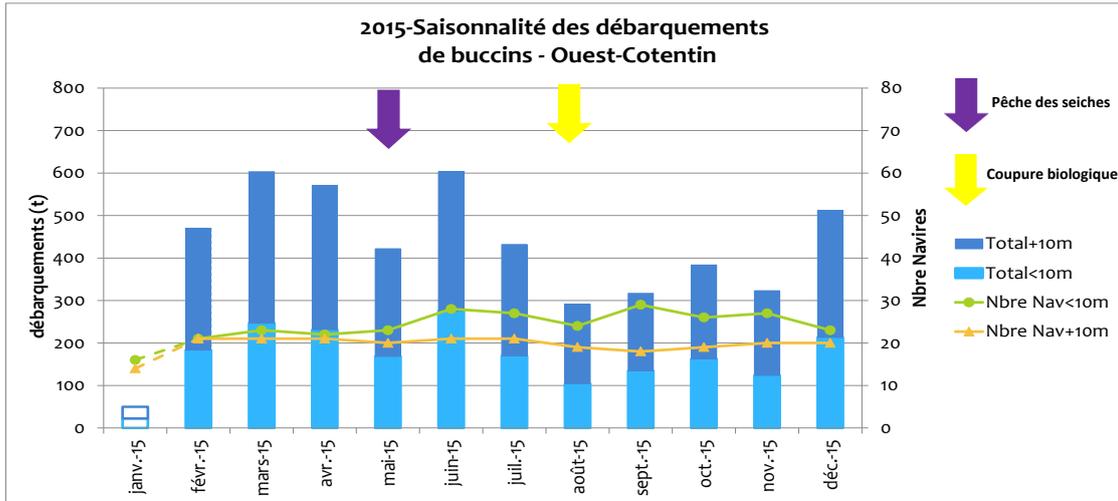


Figure 42 : Saisonnalité des débarquements 2015

Pour l'année 2015, les maxima sont enregistrés en mars avec plus de 600 tonnes, ils dépassaient 700 tonnes entre 2010 et 2012. Toute la flottille est à cette période en pleine activité, alors qu'en avril et mai, quelques armements polyvalents se tournent vers la pêche de la seiche. Les minima apparaissent en août et septembre, pour un nombre de navires déclarants plus faible en août uniquement.

2.3.4 – Lien entre température et débarquements 2009-2015 (source SMEL)

- La température

L'observation des températures de l'eau de mer en Ouest Cotentin 2009 à 2015, montre une année 2009 très proche de la température moyenne sur cette période (minima et maxima semblables également). Sur l'ensemble de la période, l'évolution des minima et maxima est contrastée entre le premier et le deuxième semestre : au 1^{er} semestre, l'année 2013 (turquoise) est plus froide de 1°C par rapport à la moyenne et dans les valeurs hautes au second semestre (+0.5°C par rapport à la moyenne). L'écart 2014/2013 est particulièrement marqué au premier semestre, avec + 2 à 3°C en 2014.

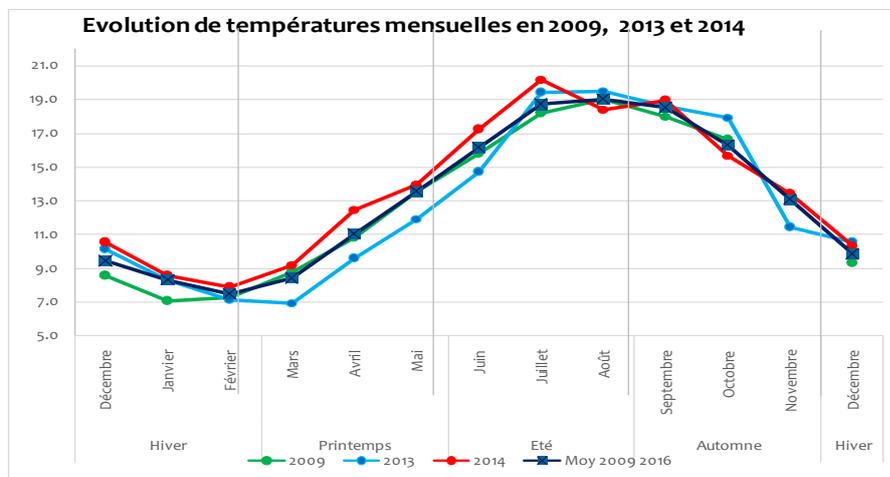


Figure 43 : Evolution de la température mensuelle en 2009, 2013 et 2014

- **Saisonnalité des débarquements et évolution des températures**

L'indice de débarquement le plus pertinent à mettre en lien avec l'évolution des températures, est le rapport entre les quantités débarquées et le nombre de marées effectuées. Ce poids moyen débarqué par marée ou par mois reflète correctement l'activité de la flottille : la saisonnalité des apports est clairement observée entre le premier et le second semestre depuis 2009.

Afin de tester si les débarquements sont directement liés à la température du milieu, avec pour conséquence une réduction de la capturabilité des bulots, les données de poids moyen et de températures mensuelles figurent ci-dessous pour la période 2009- 2015.

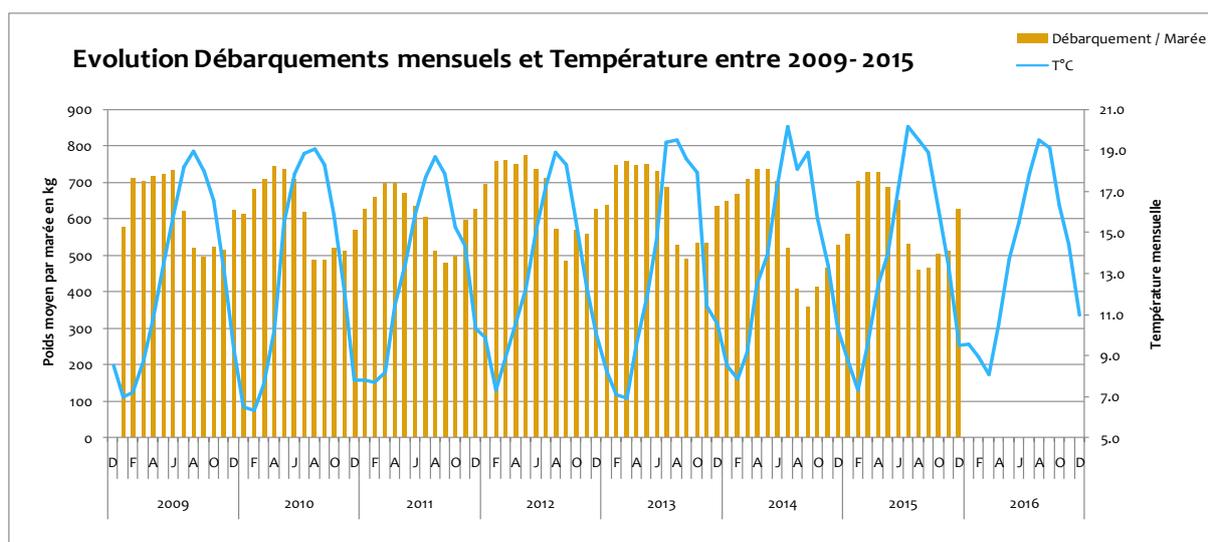


Figure 44 : Relation entre indice de débarquement et évolution des températures

L'année 2014 est marquée par des températures moyennes bien supérieures aux moyennes des années précédentes, notamment entre avril et septembre, la coupure de l'été 2014 fut plus longue que celle des autres années : elle est de fait, plus brutale et plus intense, avec un mois de décembre à un niveau particulièrement bas. En 2015, la remontée des débarquements moyens au premier trimestre est lente, la coupure d'été s'avère de moindre intensité et les résultats du mois de décembre sont semblables à ceux des années 2009, 2011 et 2012.

2.4- Conclusion Indice d'activités

L'évolution de l'activité 2009-2015 montre un nombre de navires à la baisse, une activité ciblée à plus de 90% des débarquements sur le bulot, une augmentation de la taille des navires vers des unités de plus de 10 mètres, une stabilité générale du nombre de sorties, une saisonnalité marquée, une baisse des débarquements annuels depuis 2009. Si l'effet de la pêche sur cette diminution est incontestable, les conditions naturelles peuvent y participer également.

L'effet température sur la saisonnalité des débarquements est avéré, le ressenti des pêcheurs sur la diminution brutale des débarquements corroborent avec les observations scientifiques pour expliquer le phénomène de l'estivation par le réflexe d'enfouissement. D'autre part, quelques observations partielles, ont montré un déséquilibre du sexe ratio en faveur des mâles durant la période de reproduction (accouplement en octobre - novembre). Il est probable que l'effet température agisse également sur l'état de maturité et sur l'aptitude ou non de l'animal à « monter au casier ».

3- Les indices d'état de stock

Les indices d'état de stock font appel à différentes sources de données : les campagnes d'observations et les suivis par auto échantillonnage. Ce sont deux méthodes complémentaires qui permettent de fournir les différentes informations sur l'état d'un stock et d'en mesurer l'évolution positive ou négative: les indices d'abondance (CPUE), les indices de débarquement (DPUE), la distribution en taille, la part commerciale, la part de juvéniles et la dispersion de la distribution de taille. Les CPUE et DPUE sont exprimés en kg de buccins pour 100 casiers.

D'autres informations d'ordre biologique sont également nécessaires pour mesurer l'impact de la pêche sur le stock (le taux de croissance, l'âge et la taille de maturité) ; ces données sont développées dans l'axe 1 du projet.

La variété des sources de données pour produire différents indices d'état de stock (CPUE, DPUE en poids et en nombre, ainsi que la structure de taille par zone, la localisation de la pêche...) permet d'objectiver plusieurs indicateurs d'évolution du stock. Plus que les valeurs absolues, c'est bien la tendance qui est recherchée pour mesurer l'évolution positive ou négative du stock.

3.1- CPUE issues des campagnes d'observations en mer

Les campagnes d'observation en mer sont réalisées à bord de navires professionnels pouvant embarquer des observateurs. Le choix de la méthode d'échantillonnage tient compte de plusieurs éléments :

- Répondre aux préoccupations des professionnels soucieux de la pérennité de la ressource
- Effectuer des prélèvements en mer qui soient à la fois représentatifs de la caractérisation du gisement (nombre bulots, taille, poids) et de l'activité de pêche (nombre et localisation des casiers...) pour suivre l'évolution spatio-temporelle du stock et de la pêche
- Intégrer l'effet saisonnier qui a toute son importance dans cette évolution
- Être représentatif de l'ensemble des zones de pêche fréquentées avec trois zones « historiques »
- S'inspirer et tenir compte des connaissances empiriques des pêcheurs de bulots

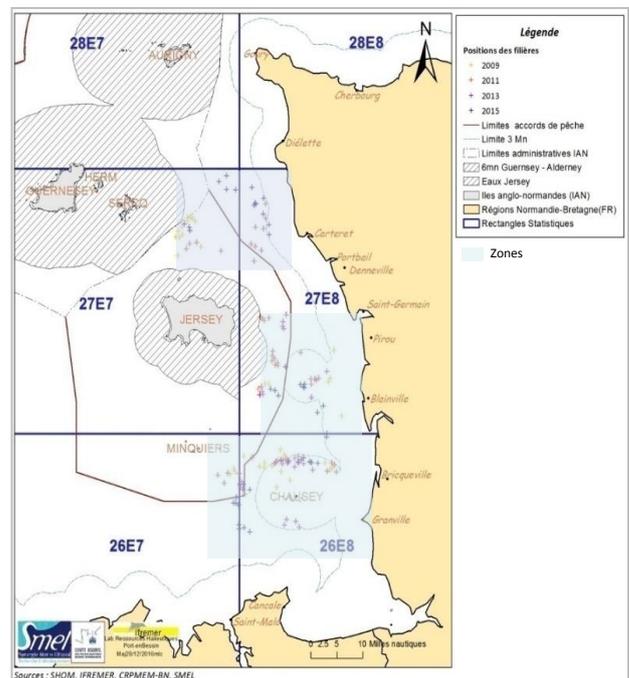


Figure 45 : Secteur géographique couvert par les campagnes d'observations en mer

3.1.1- Méthode et sources de données

Les campagnes d'observations en mer sur le bulot existent depuis 2009. Elles sont programmées tous les 2 ans sur l'ensemble de la côte ouest et avec la participation d'un panel de navires référents compris entre 7 et 10 unités de pêche selon les années.

La période d'observation se situe entre mai et juillet. Mais à partir de 2015 et à la demande des pêcheurs cette période a été redéfinie entre février et novembre pour suivre l'évolution des captures sur l'année.

Le plan d'échantillonnage est aléatoire et systématique et consiste à faire douze prélèvements géolocalisés par navire de pêche, la population mère étant le contenu d'une filière et l'unité d'échantillonnage, le casier. Un ensemble de 4 filières et de 3 casiers par filière est tiré au hasard parmi le nombre total de filières mises à l'eau. Le tirage au sort des casiers suit la stratégie d'échantillonnage décrite dans le tableau 11. Les 2 casiers situés aux extrémités de chaque filière sont exclus, leurs contenus étant généralement inférieurs aux autres casiers.

Les observations effectuées à l'échelle de la filière correspondent à une longueur observée de 750 à 900 mètres. L'ensemble du contenu du casier est pesé et les bulots sont individuellement mesurés et pesés.

Typologie Navire	Nombre de casiers par filière	Nombre de casiers retenus A	Taille échantillon B	K=A/B	Casier 1	Casier 2	Casier 3
Navire 1	60	56	3	18	n	n+18	n+(2x18)
Navire 2	50	46	3	15	n	n+15	n+(2x15)
Navire 3	40	36	3	12	n	n+12	n+(2x12)

Tableau 10 : Méthode d'échantillonnage aléatoire systématique des casiers

Cette méthode d'échantillonnage intègre bien les objectifs de départ, où sont renseignés : l'aire géographique de la pêche, la période, les CPUE en poids et en effectif et les distributions de taille. Il est important de souligner que cet échantillonnage ne reflète pas exactement la biomasse présente sur le fond mais seulement les individus qui « montent au casier ».

3.1.2- Indicateur CPUE 2015

En 2015, les campagnes d'observations en mer ont été réalisées sur une période plus longue (février-décembre) permettant de suivre les variations de CPUE sur une année.

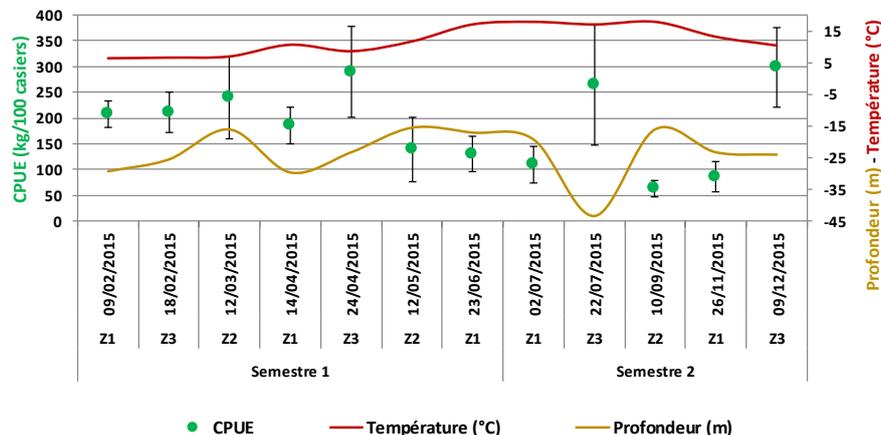


Figure 46 : Captures mensuelles de bulots en 2015 par unité d'effort de pêche en Ouest Cotentin

Les nombreux points de prélèvements dans l'espace et dans le temps reflètent l'ensemble de l'activité de pêche. Au cours du premier semestre, la CPUE mensuelle diminue continuellement avec l'augmentation de la température pour atteindre 131 kg pour 100 casiers fin juin.

Au second semestre, cette baisse se poursuit pour atteindre en septembre un seuil inférieur à 100 kg pour 100 casiers. Cette tendance n'est pas relevée pour la zone 3 correspondant au secteur nord de la côte ouest (Portbail-Carteret-Dielette) que ce soit au 1^{er} ou au second semestre. La zone 3 est caractérisée par des secteurs de pêche plus profonds, l'isobathe des 30 m étant plus proche de la côte. Il faut également souligner que les pêcheurs utilisent dans ce secteur (ce qui n'est pas vrai dans les zones 1 et 2) des casiers dont les cloches ne sont pas perforées et limitent ainsi la possibilité d'échappement des bulots.

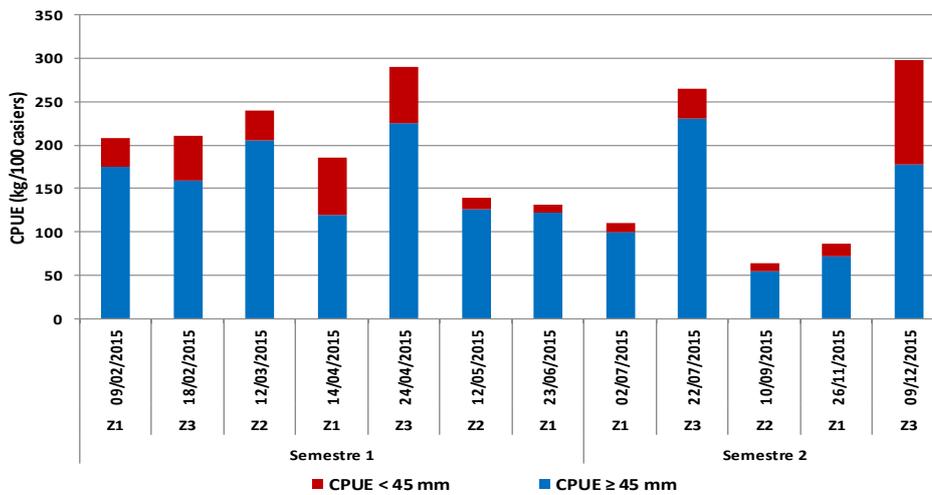


Figure 47 : Captures mensuelles de bulots commerciaux et de rejets en 2015 par unité d'effort de pêche en Ouest Cotentin

Les campagnes d'observation en mer permettent aussi de recueillir des données sur d'autres espèces comme la nasse, principale espèce associée aux captures de bulots. Comme le bulot, c'est une espèce carnivore nécrophage et son habitat est comparable à celui du bulot. Son abondance dans les captures est liée à la nature du substrat, la profondeur et la température de l'eau (figures 48, 49 et 50).

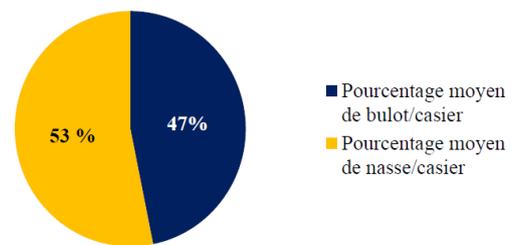


Figure 48: Proportion moyenne de bulot et de nasse par casier (campagnes 2009-2015)

En compétition avec le bulot, la présence de nasse peut avoir une incidence sur les rendements de pêche du bulot. Au-dessus de 12°C et pour une profondeur inférieure à 25 mètres la présence de nasse dans les casiers est majoritaire.

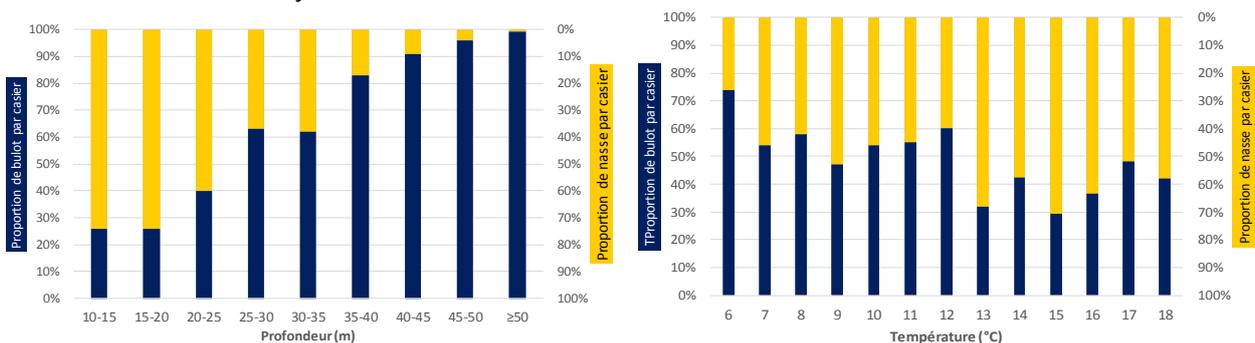
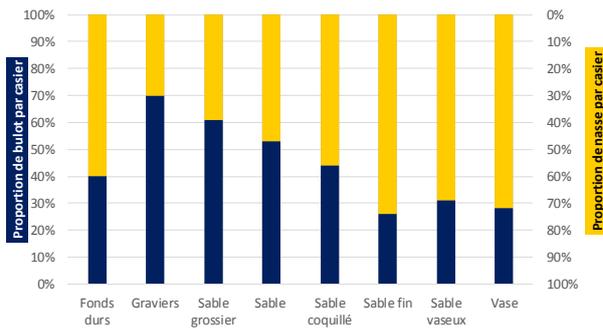


Figure 49 : Proportion de bulot et nasse par casier en fonction de la température et de la profondeur (campagnes 2009-2015)



Ainsi pour des sédiments fins (sable, vase) et sur des fonds durs, la proportion de nasse dans les casiers est supérieure à celle du bulot.

Figure 50 : Proportion de bulot et nasse par casier en fonction du substrat (campagnes 2009-2015)

3.1.3- Evolution des CPUE mensuelles sur la période 2009 -2015

Les indices CPUE varient suivant les mois quelques soient les zones et les catégories de taille. Sur la période 2009-2015, les CPUE commerciales moyennes mensuelles sont comprises entre 70 kg et 202 kg pour 100 casiers. Les rejets varient de 8 à 121 kg pour 100 casiers. La part des rejets est très variable et minorée en raison de l'utilisation de plus en plus fréquente par les pêcheurs de casiers perforés pour favoriser l'échappement des nasses. Ces perforations (diamètre 21 mm) permettent également la fuite des jeunes buccins voire même les premières tailles commerciales jusqu'à 47 mm.

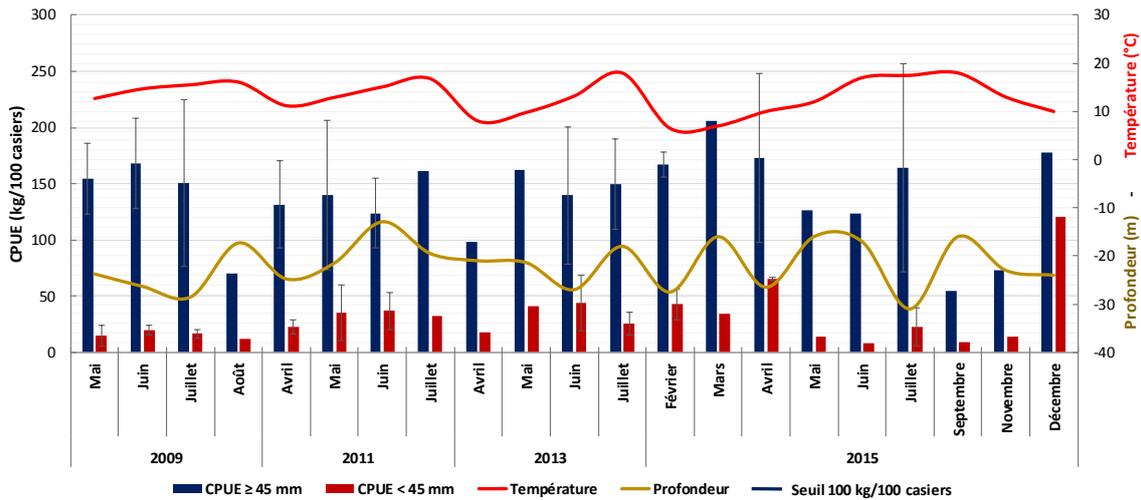


Figure 51 : Evolution des CPUE moyennes mensuelles 2009-2015 en Ouest Cotentin

Saisons	Hiver	Printemps	Été	Automne
2009	7,9	13,3	18,4	13,8
2011	8,7	13,1	18,2	13,0
2013	7,3	12,7	19,1	13,3
2015	8,1	12,9	18,4	12,7
Moyenne 2009-2015	8,0	13,0	18,5	13,2
Ecart type	0,7	0,5	0,5	0,6

	H	P	E	A
Doux				
Frais				
Froid				
Chaud				

Campagnes en mer

Tableau 11 : Températures saisonnières 2009-2011-2013-2015 à la Catheue (Source SMEL)

D'un point de vue saisonnier, l'année 2013 est singulière et caractérisée par un hiver froid, un printemps frais et un été particulièrement chaud. Les années 2011 et 2015 sont plutôt proches des températures de saison à l'exception d'un hiver doux en 2011 et d'un automne plutôt frais en 2015. Le seuil de 100 kg pour 100 casiers est atteint, voire en deçà, en août 2009, avril 2013, septembre et novembre 2015.

3.1.4- Evolution des CPUE mensuelles par zone sur la période 2009 -2015

Les CPUE varient en fonction des zones, de la température de l'eau de mer et de la bathymétrie.

En 2009, les CPUE sont relativement stables de mai à juillet dans la zone 1, alors que dans la zone 2 les captures diminuent continuellement jusqu'en août avec une CPUE très inférieure au seuil de 100 kg/100 casiers ; dans la zone 3, au contraire, la CPUE augmente de mai à juillet pour atteindre en été des captures de bulots de plus de 200 kg/100 casiers.

En 2011, la coupure biologique se fait sentir dès le mois de juin dans la zone 1 ; dans la zone 2, le niveau des captures reste élevé en juillet. Dans la zone 3, on relève une coupure biologique au mois de mai, période où la température de l'eau de mer était élevée (13,7°C).

En 2013, il n'y a pas eu de suivi dans la zone 3. Les zones 1 et 2 suivent une tendance opposée avec une élévation des captures en mai-juin puis une diminution en juillet dans la zone 1 tandis que dans la zone 2 le niveau des captures est stable mais faible dès le printemps puis augmente en juillet pour atteindre une valeur moyenne de 178 kg/100 casiers.

En 2015, les zones 1 et 2 suivent la même tendance, avec des captures élevées en début d'année (février-mars) puis une diminution à partir d'avril-mai. La zone 3 voit ses captures augmenter sur une plus longue période de temps (février à juin) puis diminuer en décembre mais en gardant un niveau très élevé (187 kg/100 casiers).

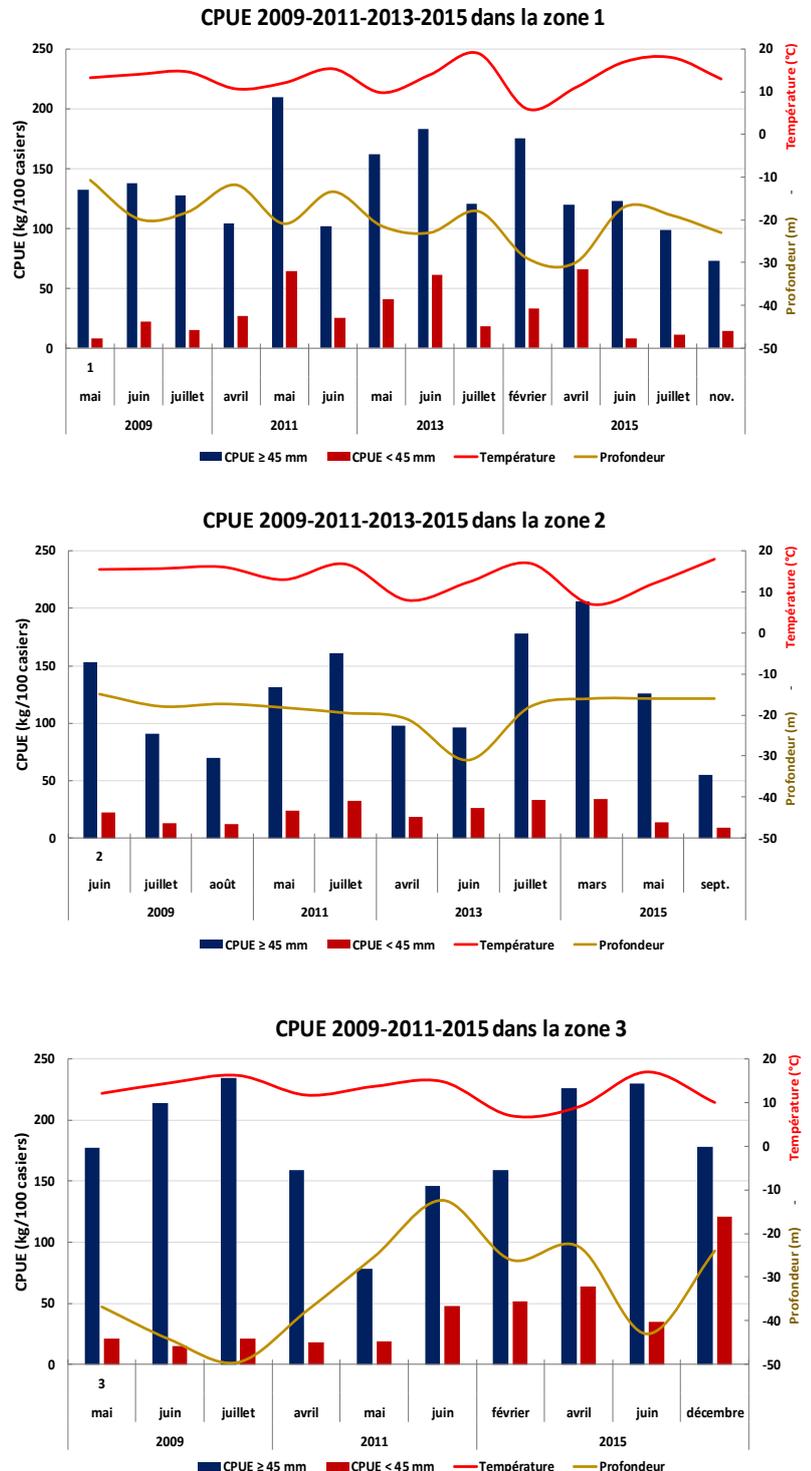


Figure 52: Evolution des CPUE moyennes mensuelles 2009-2015 par zone en Ouest Cotentin

Les méthodes d'évaluation statistique décrites au chapitre 4.1 page 50 compléteront les résultats des indices d'état de stock.

3.1.5- Représentation cartographique des CPUE 2009-2011-2013-2015

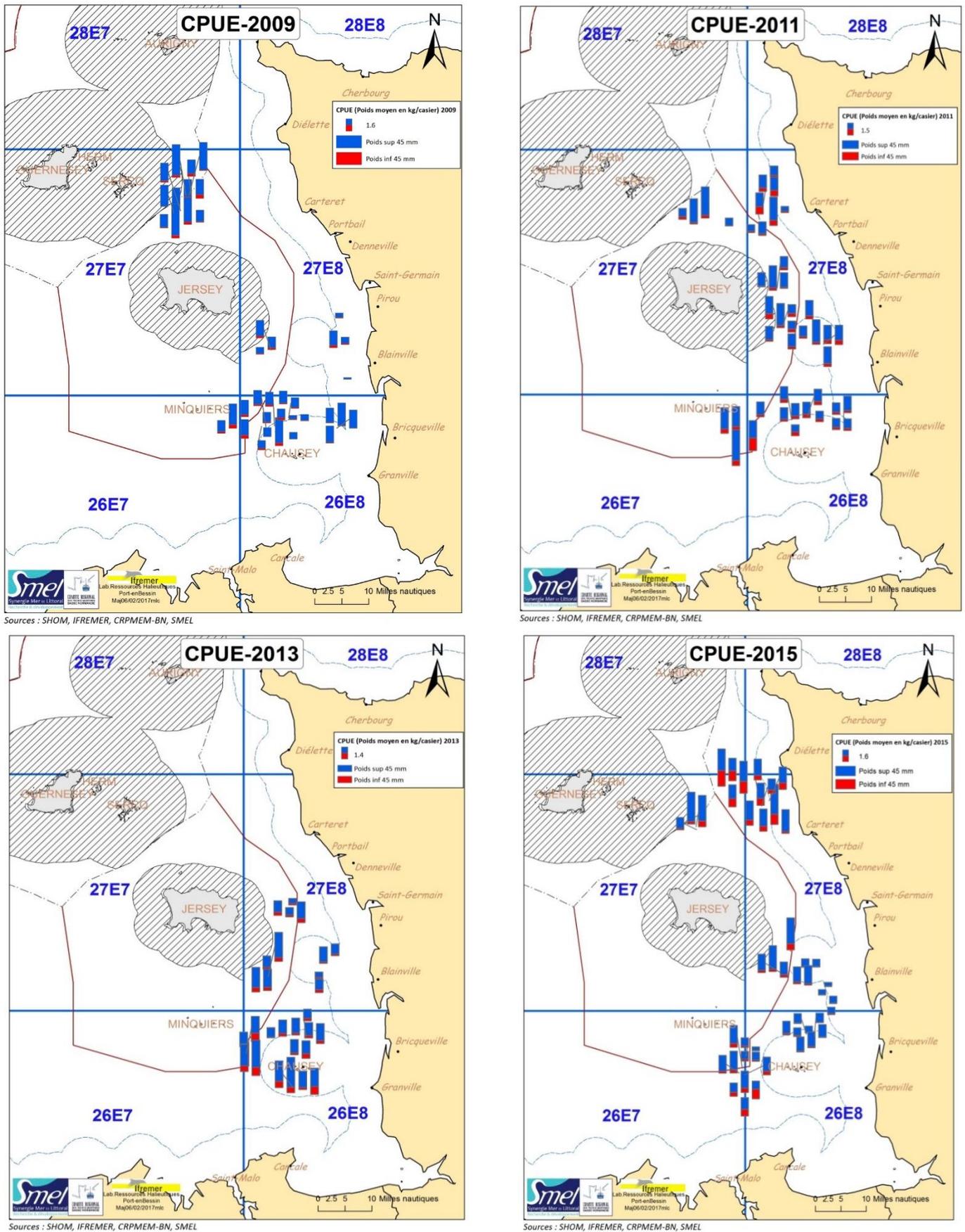


Figure 53: Cartographie des CPUE en Ouest Cotentin en 2009,2011, 2013 et 2015

3.2- DPUE issues des auto échantillonnages

3.2.1- Méthode et sources de données

Depuis 2009, le suivi des captures commerciales de bulot ou des débarques par unité d'effort (DPUE) est réalisé chaque année par les pêcheurs sur la base du volontariat et selon une fréquence journalière. Les données proviennent, de deux sources d'informations :

- Des données d'auto échantillonnages recueillies chaque jour sur deux filières au choix géolocalisées, du premier au dernier casier, avec le poids total de la filière et le nombre de casiers dans la filière. Le poids est estimé en grêle mais non pesé précisément (une grêle pleine étant estimée à 30 kg).
- Des données « pêche » fournies quotidiennement sur la totalité de la pêche. Le poids total de la pêche est estimé, toujours en nombre de grêle, avec le nombre de filières mises à l'eau, le nombre de filières relevées et de casiers relevés.

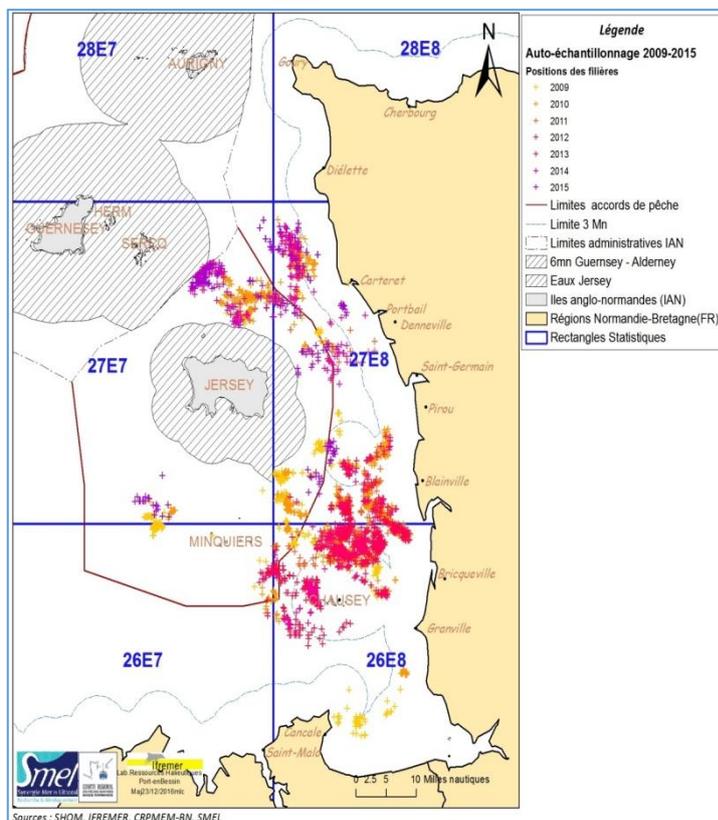


Figure 54: Localisation des points d'auto échantillonnage 2009-2015

Ce suivi annuel géolocalisé permet d'intégrer la stratégie de pêche de chaque pêcheur et d'appréhender les surfaces exploitées.

3.2.2- Nombre de données recueillies par semestre et par année

Année	Nombre de navires	Nombre de données pêche par semestre		Nb données par an	200 jours de pêche / an
		Semestre 1	Semestre 2		
2009	5	288	213	501	50%
2010	7	391	485	876	62%
2011	3	190	173	363	60%
2012	5	350	223	573	57%
2013	5	283	156	439	44%
2014	3	176	194	370	62%
2015	3	198	200	398	66%

Tableau 12 : Synthèse des données recueillies au cours des opérations de pêche

Le suivi par auto échantillonnage permet de recueillir une quantité importante de données de pêche. Sur une base de 200 jours de pêche par an, le suivi annuel par les pêcheurs volontaires a permis de couvrir selon les années entre 44% et 66% des opérations de pêche.

3.2.3- DPUE 2015 et 2009 (année de lancement du suivi)

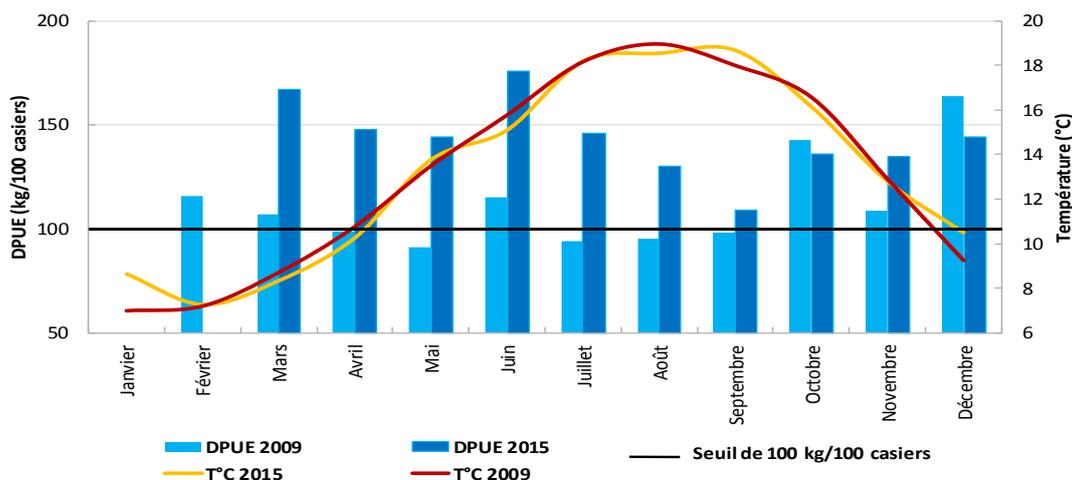


Figure 55: Débarquements mensuels 2015 et 2009 par unité d'effort de pêche en Ouest Cotentin

Le suivi des débarquements par auto échantillonnage a permis de recueillir de nombreuses données de pêche sur une série historique de 7 années. Depuis 2009, la tendance des débarquements annuels a sensiblement progressé jusqu'en 2011 puis s'est stabilisé en 2012 et 2013 pour repartir à la hausse depuis 2014. Entre 2009 et 2015, les débarquements annuels ont augmenté de 31%.

La DPUE moyenne 2009-2015 est de 122 kg/100 casiers. Les années 2009 à 2013 se situent en dessous de la moyenne 2009-2015, les années 2014 et 2015, au-dessus.

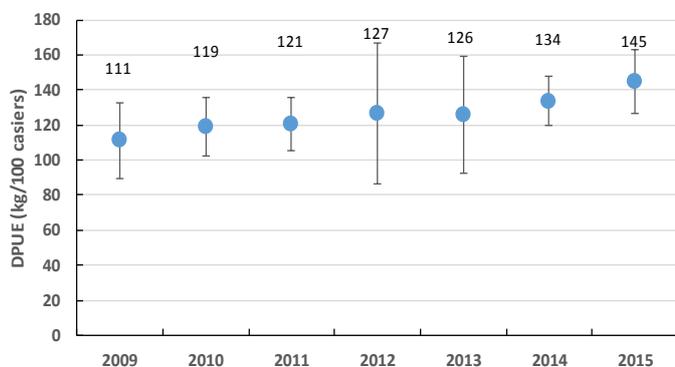


Figure 56 : DPUE moyenne annuelle

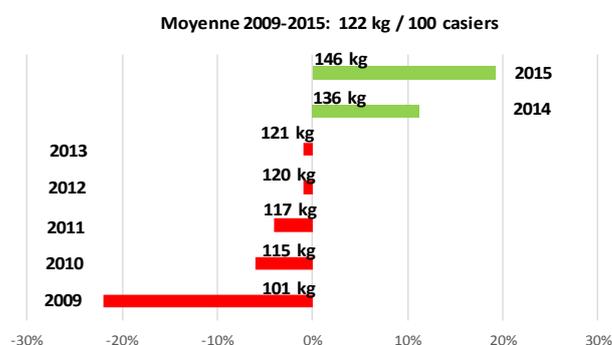


Figure 57 : DPUE moyenne annuelle par rapport à la moyenne 2009-2015

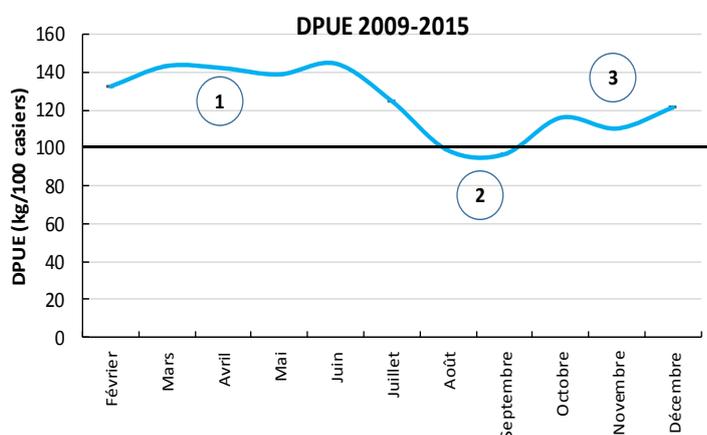


Figure 58 : DPUE moyenne mensuelle 2009-2015

La figure 58 présente la moyenne des débarquements mensuels sur la période 2009 à 2015. On observe trois périodes sur l'année : la période 1 de février à juin avec un niveau de captures élevé autour de 140 kg de bulots pour 100 casiers, la période 2 de juillet à septembre en dessous du seuil de 100 kg/100 casiers période de coupure biologique et la période 3 d'octobre à décembre avec une légère reprise de la pêche mais qui reste inférieure à la production de début d'année.

3.3- Structure de taille des captures de bulots

Les structures en taille issues des campagnes d'observations en mer effectuées sur la période de pêche (février-décembre) permettent d'avoir une bonne représentativité des classes de taille exploitées. En 2015, la fréquence de taille des bulots sur l'ensemble des zones prospectées présente un pic modal à 48 mm et pour les juvéniles, un recrutement et un pré recrutement abondant. La part d'adultes et de juvéniles est équivalente avec 50% des effectifs.

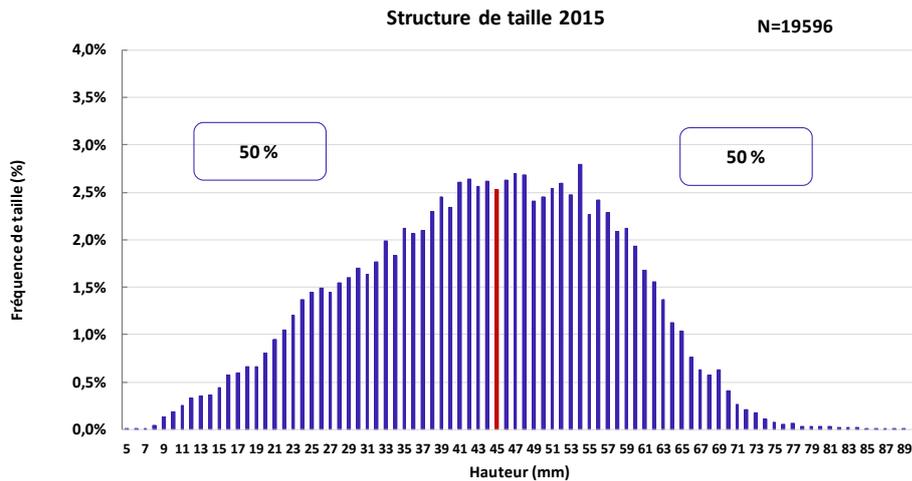


Figure 59 : Structure de taille des bulots en 2015 dans les 3 zones

3.3.1- Fréquence de taille 2015

La fréquence de taille est bien différente entre les 3 zones. Les zones 1 et 2 présentent des tailles de bulots plus grandes et l'effet des casiers à trous est déterminant sur la faible importance des juvéniles, particulièrement pour la zone 2. La zone 3 est réellement riche en juvéniles, mais au détriment des plus gros. La zone 1 est intermédiaire.

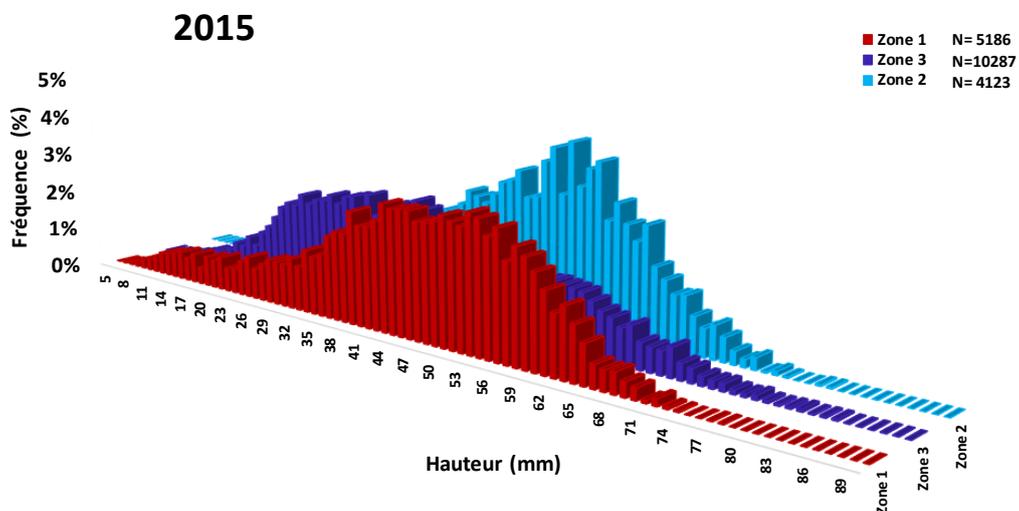


Figure 60 : Fréquence de taille des bulots en 2015 par zone

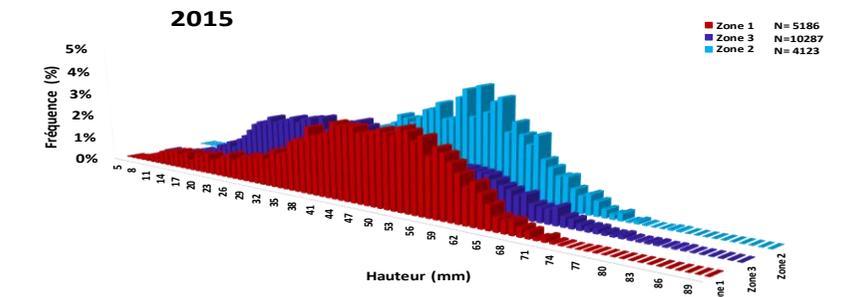
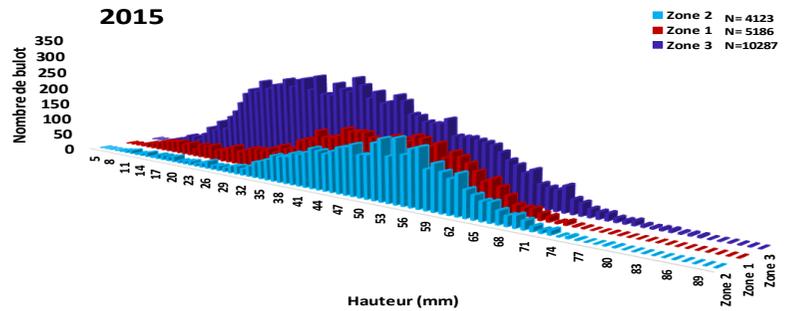
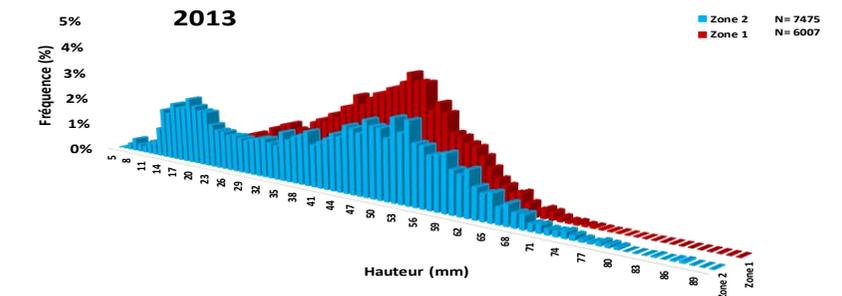
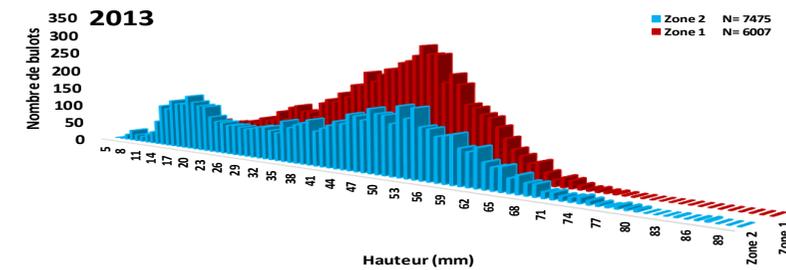
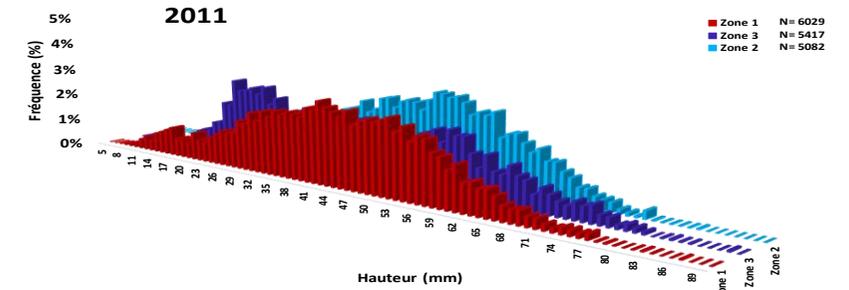
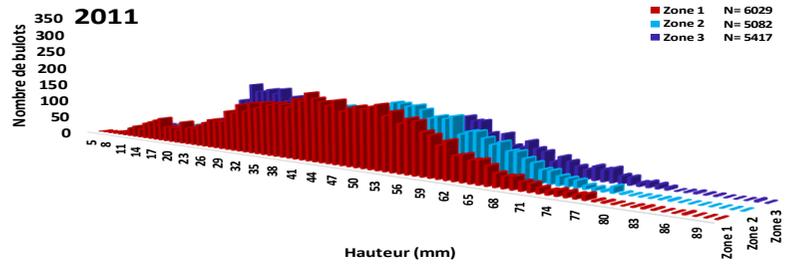
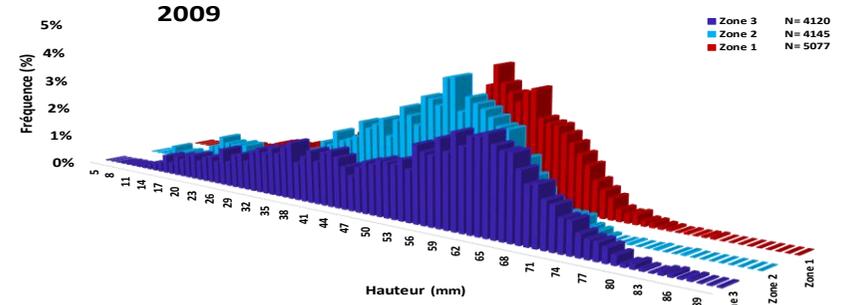
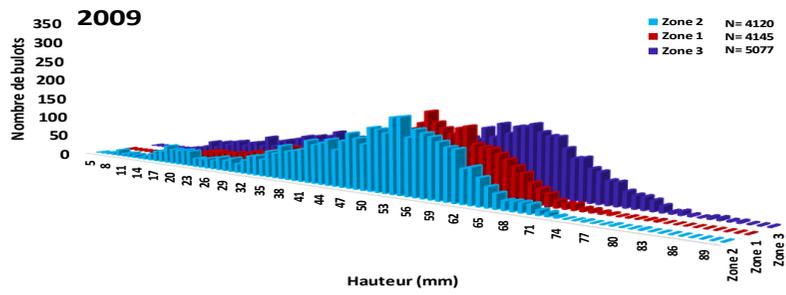


Figure 61 : Structure de taille des captures de bulots par zone

3.3.2- Evolution de la structure de taille des captures 2009 à 2015

Sur 4 années de suivi, l'évolution de la structure en taille des captures de bulots se déplace vers les petites tailles au détriment des plus grandes (Figure 63). En 2009, le pic modal de la taille se situait autour de 53 mm pour les zones 1 et 2 et à 62 mm pour la zone 3. En 2015, il est inférieur à la taille réglementaire dans la zone 3 et les zones 1 et 2 se stabilisent autour de 50 mm.

3.3.3- Taille moyenne des captures sous tailles et commerciales

- Les captures totales : évolution 2015/2009

La taille moyenne des captures de bulots est stable dans la zone 2 voire en légère augmentation. Dans la zone 1 elle évolue vers une baisse et dans la zone 3, elle chute de manière importante.

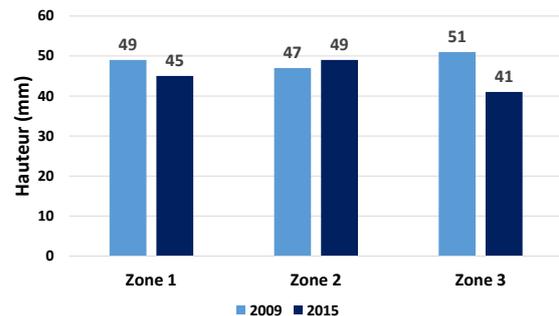


Figure 62 : Taille moyenne des captures totales comparaison 2015/2009

- Les captures sous tailles et commerciales

Sur la période 2009-2015 et sur l'ensemble des 3 zones, la taille moyenne des captures commerciales est de 56 mm. Elle est stable chaque année à l'exception de l'année 2013 où on observe une diminution de la taille de 4 mm par rapport à 2009. Cette tendance se retrouve dans la zone 1. La zone 2 est stable alors que la zone 3 enregistre depuis 2009 une diminution constante de la taille de ses captures commerciales évaluée à 5 mm.

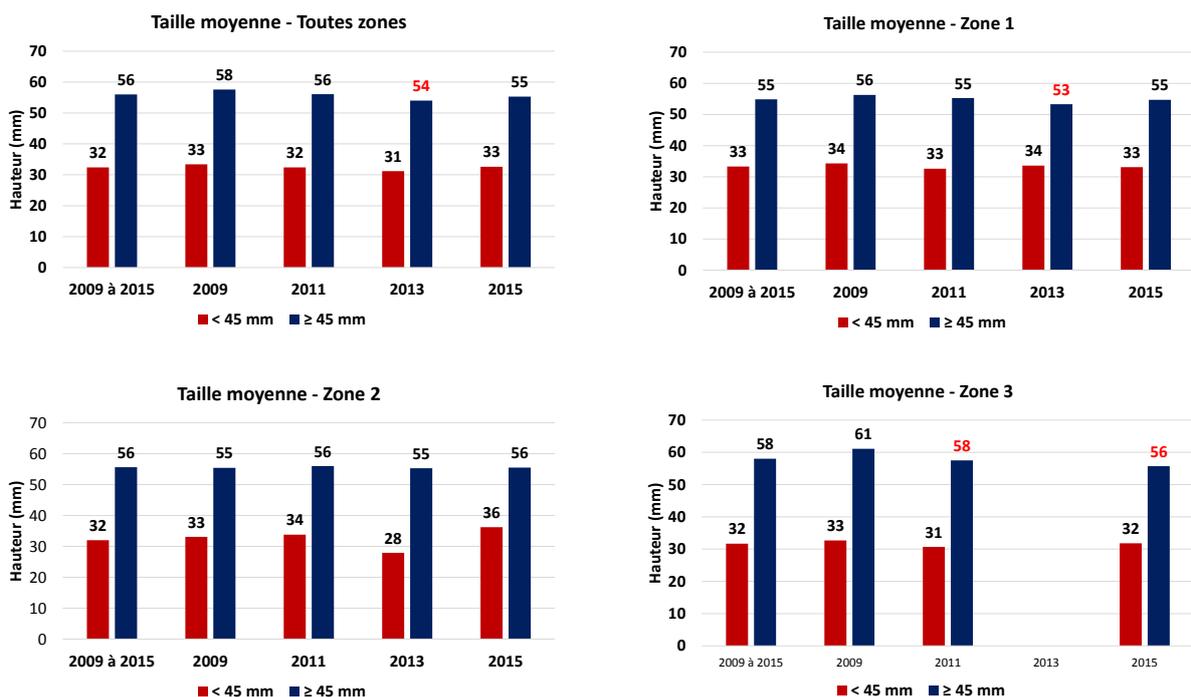


Figure 63 : Taille moyenne annuelle des captures sous tailles et commerciales sur les 3 zones et par zone

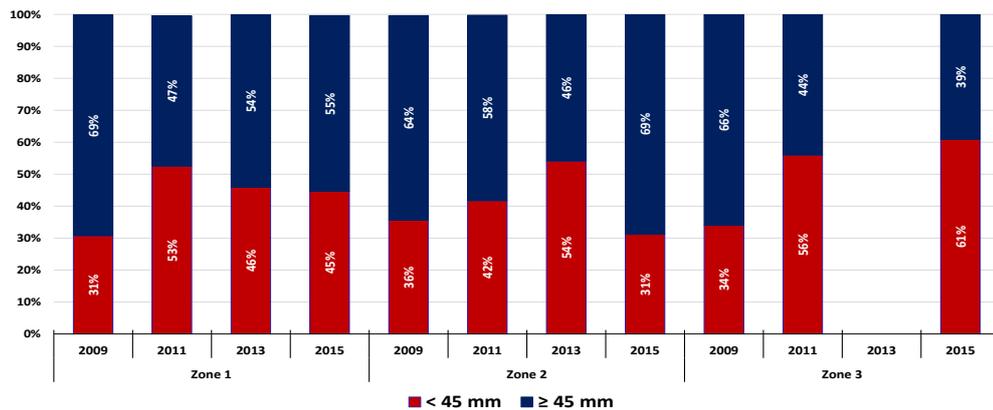


Figure 64 : Proportion de captures commerciales et sous tailles

L'utilisation de casiers sélectifs ciblés sur les nasses et donc sur les juvéniles est une pratique courante dans la zone 2 et plus accessoirement dans la zone 1. Par conséquent la proportion de bulot sous taille et commerciale est biaisée, principalement dans la zone 2. Néanmoins, on peut y relever les tendances. Dans la zone 1, la part de bulot commercial diminue fortement en 2011 (47%) puis augmente continuellement jusqu'en 2015 (55%) sans retrouver le niveau de 2009 (69%). La zone 2 voit ses captures commerciales diminuer de 2009 (64%) à 2013 (46%) ; en 2015 la tendance s'inverse avec une augmentation de la part commerciale (69%). La zone 3 voit la part de juvéniles augmenter considérablement au fur et à mesure des années au détriment des adultes (39% en 2015 contre 66% en 2009).

- **Les adultes reproducteurs**

Selon le modèle GLM, la taille du bulot correspondant à 50% de probabilité d'être mature est de **53 mm** (cf chapitre 4.3.1 p 55). Les travaux de Heude et al en 2011 ont déterminé cette taille de maturité à 50 mm. A partir de cette classe de taille, les adultes participent pleinement à l'effort de reproduction. La figure ci-dessous représente sur la période 2009 – 2015 la proportion de bulots dans les captures totales dont la taille est supérieure ou égale à 50 mm. Si l'on prend comme année de référence l'année 2009, on observe, sur l'ensemble des 3 zones, une tendance à la baisse de ces classes de taille. Les zones 1 et 3 sont les plus marquées par cette diminution. La zone 2 connaît sur la période 2009-2013 une baisse régulière d'adultes reproducteurs puis le taux augmente en 2015 pour dépasser le niveau de 2009.

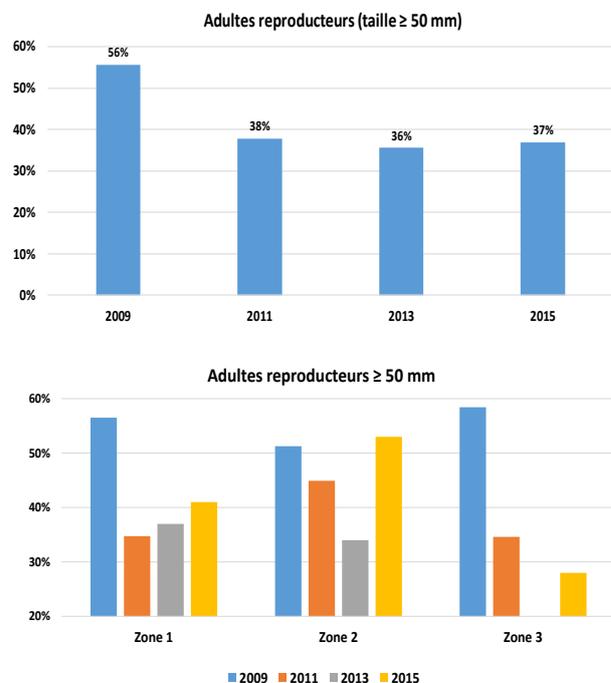


Figure 65 : Part d'adultes reproducteurs par rapport aux captures totales

Les résultats actuels méritent d'être pondérés par des analyses GLM et autres méthodes statistiques.

4- Evaluation du stock de bulot de la baie de Granville par différentes méthodes DLS

4.1- Contexte

L'évaluation des stocks de poissons à données limitées (DLS)⁴ est une question de plus en plus importante dans les sciences halieutiques. Les stocks sont considérés comme étant limités ou pauvres en données lorsque la quantité ou la qualité des données est jugée insuffisante pour réaliser une évaluation quantitative standard des évolutions historiques de biomasse de la population (Smith et al., 2009; 2010). Plus de 80% des captures mondiales proviennent de pêcheries non officiellement évaluées (Costello et al., 2012). Il est demandé aux scientifiques des pêches de fournir des conseils sur un nombre croissant de stocks, y compris les DLS. Pour ces stocks, les outils habituels d'évaluation des stocks sont souvent inappropriés, il est alors nécessaire de développer de nouvelles méthodes d'évaluation fiables (Rosenberg et al. 2014). Les situations à données limitées requièrent davantage d'hypothèses et une attention encore plus grande doit être accordée à l'incertitude des résultats (Hilborn, 1997).

L'objectif de l'évaluation des stocks est de fournir des avis de gestion permettant d'atteindre des taux de captures durables. En cas d'évaluation incertaine, un principe de précaution est généralement appliqué. Un moyen d'améliorer l'évaluation des stocks à données limitées est de recueillir davantage de données, mais il y a un compromis entre la collecte de données qui consomme beaucoup de temps et d'argent et l'utilisation de modèles plus simples et souvent moins précis. L'alternative est donc de rechercher des méthodes statistiques, robustes et aussi fiables que possible, qui pourraient fournir une meilleure information et moins d'incertitude dans l'évaluation.

En Europe, le groupe de travail WKLIFE du CIEM s'occupe spécifiquement des DLS et cherche à améliorer les méthodes statistiques d'évaluation de ces stocks, ainsi que des règles de contrôle des captures permettant d'assurer la durabilité des stocks. Pour de nombreux DLS, toutes les informations disponibles ne sont pas utilisées et certaines méthodes n'ont pas encore été testées. L'évaluation des stocks ainsi que les règles de gestion appliquées au stock doivent être adaptées à l'histoire de vie de l'espèce.

Pour ce projet, et compte-tenu des données disponibles, il a été convenu d'utiliser trois approches : (1) l'analyse des débarquements par unité d'effort (DPUE) filtrés des effets temporels intra-année et des variations géographiques, (2) l'analyse comparée des structures en taille des débarquements aux paramètres de traits de vie du bulot, et (3) un modèle analytique plus complet développé très récemment, le Catch at Maximum Sustainable Yield Model (CMSY).

⁴ DLS : Stocks à données limitées (Data Limited Stocks)

4.2- Modèle GLM pour l'analyse DPUE

4.2.1- Méthode

Les rendements de capture (CPUE) ou de débarquement (DPUE) sont des indicateurs très connus en évaluation de stocks, à même de représenter les évolutions historiques **sous l'hypothèse que les indices CPUE soient proportionnels à la taille du stock** (Hilborn and Walters, 1992, Maunder and Punt, 2004). De nombreux facteurs, incluant les caractéristiques changeantes des navires, les lieux et méthodes de pêche, la taille du stock et sa distribution, mettent à mal cette hypothèse et compliquent l'interprétation de CPUE empiriques (Walter et al, 2007). La plupart des impacts des modifications spatiotemporelles affectant la capturabilité relative à l'abondance, peuvent être filtrés de manière statistique en standardisant les CPUE.

Pour cela, la variable réponse (i.e. CPUE, DPUE) est modélisée en utilisant des variables explicatives comme la zone de pêche, la saison, l'engin de pêche, et l'année dans un modèle statistique. Les indices standardisés peuvent être estimés à partir de l'effet année, après élimination statistique des impacts des autres prédicteurs (Ichinokawa and Brodziak, 2010). **Les modèles statistiques les plus utilisés pour standardiser les CPUE sont les modèles linéaires généralisés (GLM, Gavaris, 1980).**

Les données utilisées sont celles de l'auto-échantillonnage mis en place depuis 2009, dont le nombre de navires participant par mois et par an est donné ci-dessous :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2009	2	2	1	2	4	4	3	3	3	2	2
2010	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5
2011	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2
2012	3	3	3	5	5	5	4	4	3	3	2
2013	2	1	1	2	5	5	4	4	3	2	2
2014	2	1	2	1	3	3	3	3	3	3	2
2015	2	2	2	0	3	3	3	3	2	2	2

La distribution de la variable DPUE n'est ni véritablement normale (figure 66 A) ni lognormale (figure 66 B). Par contre, la racine carrée de la variable DPUE, comme recommandé par Hinton and Maunder (2003) est très proche de la loi normale (figure 66 C), et comme on peut le voir en figure 67. On utilisera donc le GLM sur la racine carrée de la variable DPUE, avec la distribution de loi normale et la fonction de lien

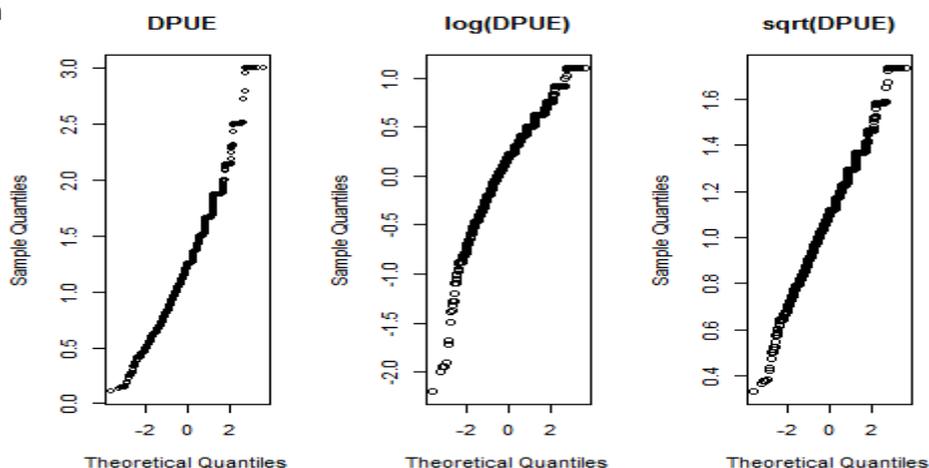


Figure 66 : Comparaison de la distribution de la variable DPUE (figure A, gauche), de la variable $\log(DPUE)$ (figure B, milieu) et de la racine carrée de la variable DPUE (figure C, droite) avec la loi normale.

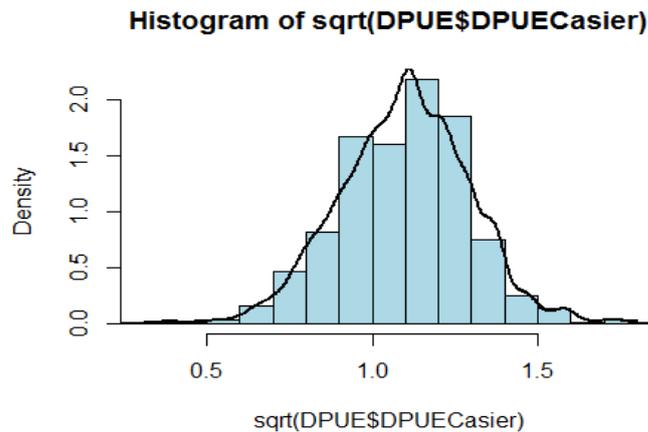


Figure 67 : Densité de probabilité de la variable DPUE.

Dans le cadre d'une standardisation des DPUE, l'objectif principal est de quantifier l'effet année, utilisé pour représenter les abondances relatives annuelles, et utilisé comme indice relatif d'abondance en évaluation de stock. La variable année est incluse dans le modèle GLM comme variable facteur, et sans interaction avec une autre variable, au risque d'invalider l'interprétation de la propre contribution de la variable Année (Hinton and Maunder, 2003). Les covariables potentielles sont le mois, le semestre, le secteur et la classe de taille des navires. Les racines carrées de DPUE moyennes pour chaque modalité de ces variables sont présentées en figure 68. On constate un effet semestre, bien mis en évidence par la variable 'Mois' avec deux groupes bien distincts (mois 2 à 6 d'un côté et 7 à 12 de l'autre, voir aussi figure 69). Les 3 secteurs sont également bien différenciés, ainsi que la distinction des navires inférieurs et supérieurs à 10m. On notera également à ce stade la progression constante de DPUE chaque année de la série.

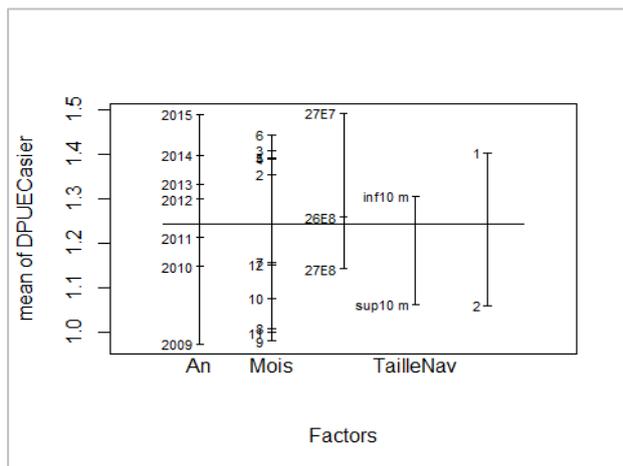


Figure 68 : Modalités des variables explicatives potentielles sur la variable DPUE

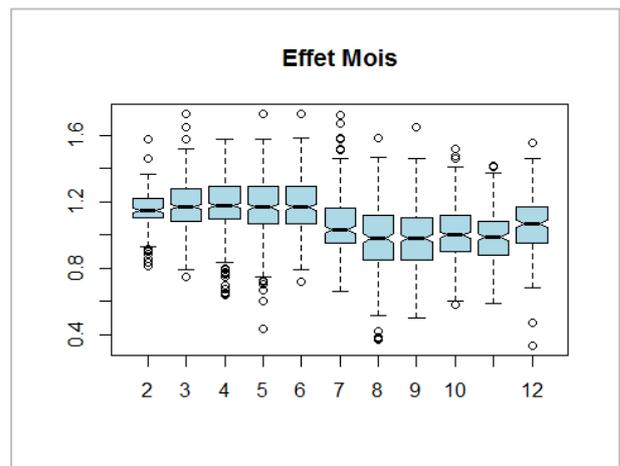


Figure 69: Effet mois sur la variable DPUE

4.2.2- Résultats

Les résultats du modèle GLM sont présentés ci-dessous. En premier lieu, les variables utilisées expliquent 39% de la déviance totale, ce qui est très significatif, avec seulement 10 degrés de liberté sur un total de 3377. Les résidus (figure 70) ne montrent pas de tendances ou formes particulières, et sont bien contenus dans un range [-0.5 - 0.5]. La figure 71 montre les intervalles de confiance des estimations du modèle.

Analysis of Deviance Table

Model: gaussian, link: identity
 Response: sqrt(DPUECasier)
 Terms added sequentially (first to last)
 Df Deviance Resid. DfResid. Dev
 NULL 3377 127.903
 SEM1 21.8307 3376 106.073
 SECTCOD 2 14.0110 3374 92.062
 TailleNav1 8.1531 3373 83.908
 An 6 5.4624 3367 78.446

GLM (formula = sqrt(DPUECasier) ~ SEM + SECTCOD + TailleNav + An, family = gaussian, data = DPDat)

Deviance Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-0.89060	-0.09524	-0.01246	0.09140	0.68225

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.087917	0.010527	103.347	< 2e-16 ***
SEM2	-0.180710	0.005490	-32.914	< 2e-16 ***
SECTCOD27E7	0.154932	0.009775	15.849	< 2e-16 ***
SECTCOD27E8	-0.016670	0.006742	-2.473	0.0135 *
TailleNavsup10 m	-0.058060	0.007820	-7.424	1.43e-13 ***
An2010	0.070935	0.009288	7.637	2.88e-14 ***
An2011	0.078663	0.012808	6.142	9.13e-10 ***
An2012	0.107669	0.011908	9.042	< 2e-16 ***
An2013	0.127910	0.011772	10.865	< 2e-16 ***
An2014	0.136443	0.012573	10.852	< 2e-16 ***
An2015	0.161793	0.011977	13.509	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 0.0232985)
 Null deviance: 127.903 on 3377 degrees of freedom
 Residual deviance: 78.446 on 3367 degrees of freedom - AIC: -3099.8 - Number of Fisher Scoring iterations: 2

Les DPUE annuelles, filtrées des effets saisonniers, taille de navire et zone de pêche augmentent de manière très régulières sur la période 2009-2015 (figure 72 et tableau 13).

	IC-	Indice	IC+
2009	94.48	101.46	108.45
2010	102.68	108.56	114.43
2011	101.22	109.33	117.44
2012	104.73	112.23	119.73
2013	106.73	114.25	121.78
2014	107.37	115.11	122.84
2015	110.31	117.64	124.97

Tableau 13 : Indices DPUE annuels exprimés en kilos de bulot pour 100 casiers

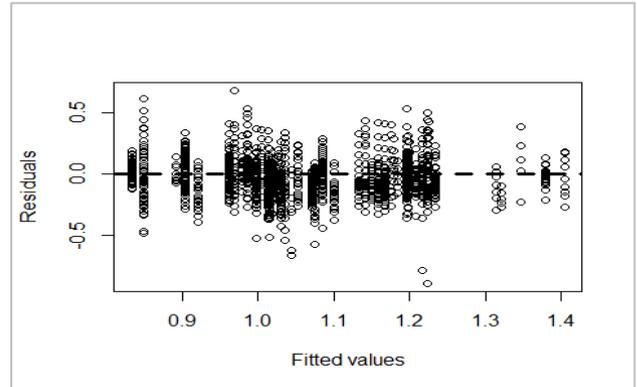


Figure 70 : Résidus du modèle

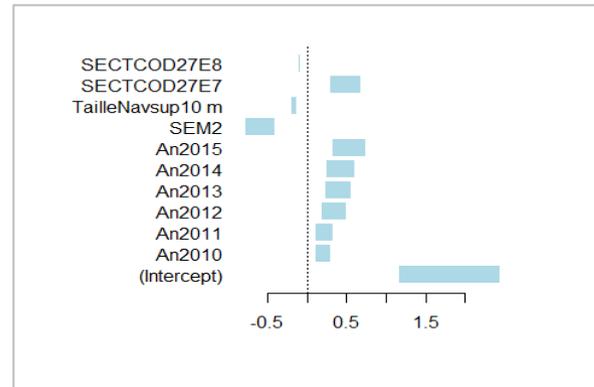


Figure 71 : Intervalles de confiance des estimations du modèle

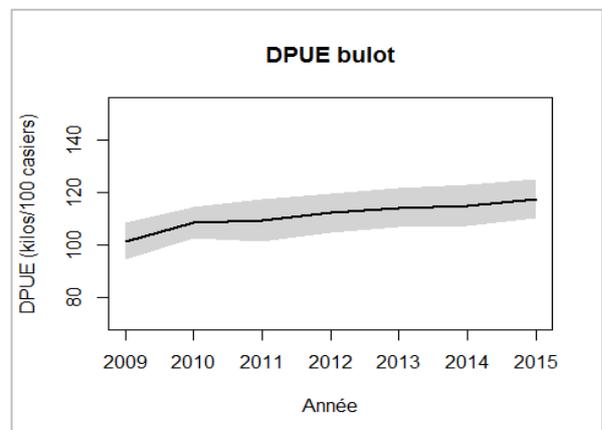


Figure 72 : Estimation des DPUE sur la période 2009 - 2015

L'analyse DPUE effectuée ici est une première tentative, qui mériterait un approfondissement. En effet, les raisons qui impactent la proportionnalité des CPUE à l'abondance incluent la possible non linéarité entre l'indice CPUE et l'abondance, dû au caractère ciblé de la pêche (Harley et al, 2001); et l'amélioration de la technologie de pêche, l'accumulation d'information et de connaissances sur la distribution de l'espèce et la façon de la capturer ont pour résultat une hyperstabilité des CPUE (Bishop et al., 2014). De plus, le bulot (*Buccinum undatum*), objet de l'étude est une espèce capturée majoritairement par casiers. Le traitement statistique de CPUE d'engins passifs comme le casier pose certains problèmes spécifiques. Ye and Dennis (2008) ont montré qu'il était nécessaire d'incorporer de manière explicite les variables responsables des changements de l'efficacité de pêche. Ici, une telle variable serait le type d'appâts utilisé, par exemple, si des évolutions ont eu lieu sur la période considérée et la capacité des bulots à accéder aux casiers en fonction de l'évolution de leurs paramètres physiologiques tout au long de l'année.

4.3- Modèle WKLIFE pour l'analyse de la structure en taille et des traits de vie

Lors du meeting du CIEMWKLIFE II (Anon. 2012), le modèle générique a été appliqué à un grand nombre de stocks sur la base des paramètres liés à l'histoire de vie comparés à des paramètres de la capture. Ces informations, ainsi que les traits de l'histoire de vie peuvent servir à établir les caractéristiques de population suivantes: âge (t mat) et longueur (L mat) à 50% de maturité, rapport longueur-poids, paramètres de croissance de von Bertalanffy (Linf), longueur moyenne à la première capture (Lc), longueur où le taux de croissance en poids est maximal (Lopt) et la longueur théorique résultant de la pêche avec $F = M$ ($L(F = M)$). Avec la taille moyenne dans la capture (moyenne L) comme indicateur, plusieurs de ces caractéristiques de la population peuvent être utilisées comme points de référence pour déduire l'exploitation relative et l'état relatif du stock. En d'autres termes, ces points de référence basés sur la longueur peuvent être utilisés comme variables indirectes lorsque la mortalité par pêche et la biomasse sont inconnues. Cf. rapport CIEMWKLIFE 2 (Anon. 2012) pour tout détail sur la méthode.

4.3.1- Estimation des paramètres

Le paramètre Lmat correspondant à la taille où 50% de la population est mature peut être estimé en utilisant la base de données du SMEL contenant plus de 435 observations entre 2008 et 2015. Un modèle linéaire généralisé (GLM) avec fonction binomiale a été utilisé pour modéliser l'ogive de maturité, avec l'équation : Maturité \sim Taille. Le résultat du modèle est donné ci-après, et la fonction sigmoïde modélisant la maturité aux tailles montrée en figure 73.

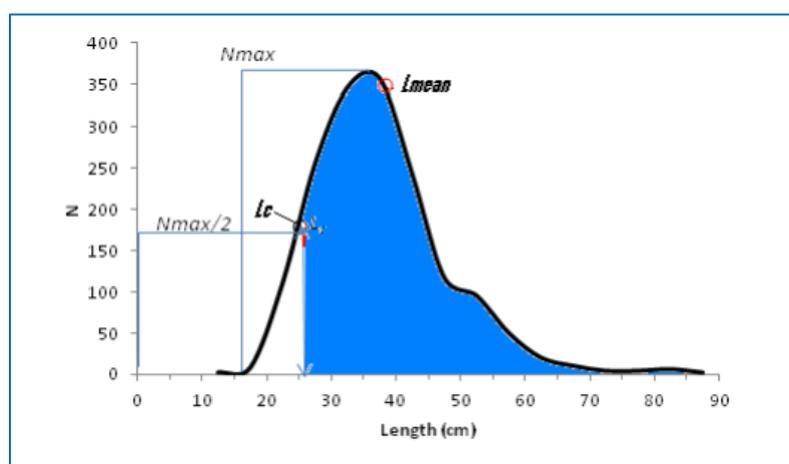


Figure 73 : Graphe d'une structure en taille et positionnement des points Lmean et Lc (in WKLIFE2, 2012)

Paramètres	Méthode	Estimation
Lmat	Estimation GLM (ci-dessus)	53
Linf	Estimation GLM (Cf. section 1)	87.549
Lopt	$= 2 * Linf / 3$	58.366
Paramètres liés à la capture		
Lc	Taille à laquelle l'ordonnée est égale à la moitié de l'ordonnée de la taille modale (figure 2.2.9)	
L(F=M)	$= (3 * Lc + Linf) / 4$	
Lmean	Taille moyenne de la population échantillonnée	

Tableau 14 : Paramètres utilisés dans le modèle

A partir du modèle, la taille correspondant à 50% de probabilité d'être mature est de **53 mm** comme montré figure 74.

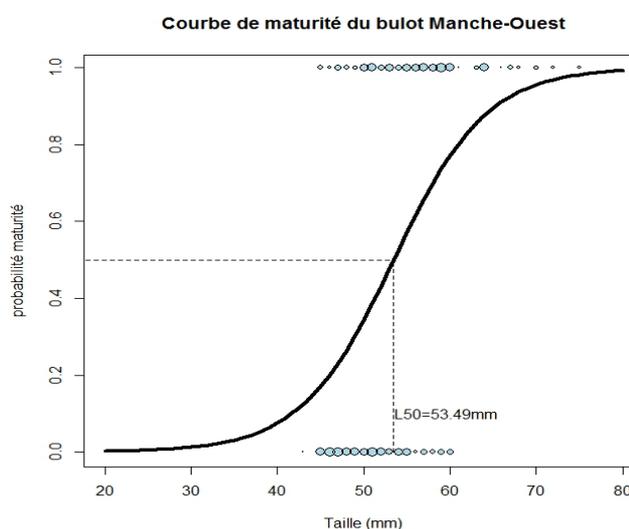


Figure 74 : Ogive de maturité du bulot de Manche-Ouest

4.3.2- Résultats

Pour le projet, 3 zones sont définies pour les DPUE et 4 années pour évaluer la stabilité des résultats dans le temps et comparer les zones entre elles. Les résultats sont présentés en figure 75. Il est à noter que les données d'auto-échantillonnage utilisées pour estimer la structure en taille sont des données de captures et non de débarquement. Une correction des structures en taille a dû être effectuée pour tenir compte de la fraction rejetée par classe de taille, pour estimer une structure en taille des débarquements. Pour rappel également la grande incertitude autour des paramètres liés à la croissance dû au faible nombre d'individus âgés (39).

Dans tous les cas, $L_c > L_{mat}$, ce qui indique potentiellement une biomasse de reproducteurs (SSB) supérieure à la biomasse de référence pour le rendement maximum durable (SSB_{msy}). Lorsque $L_{mean} > L_{mat}$ et $> L_{(F=M)}$, cela suggère une mortalité par pêche (F) probablement inférieure à la mortalité de référence pour le RMD (F_{msy}). Selon cette lecture, la zone 3 subissait en 2009 une mortalité par pêche raisonnable et autour de F_{msy} ensuite.

Les autres zones sont soit au F_{msy} , soit légèrement au-dessus. Lorsque $L_{mean} \geq L_{opt}$ cela suggère une mortalité par pêche raisonnable, ce qui est vrai dans la plupart des cas ici, en notant toutefois que L_{mean} est souvent égal ou légèrement inférieur à L_{opt} , donc qu'il n'y a pas de marge pour augmenter cette mortalité par pêche.

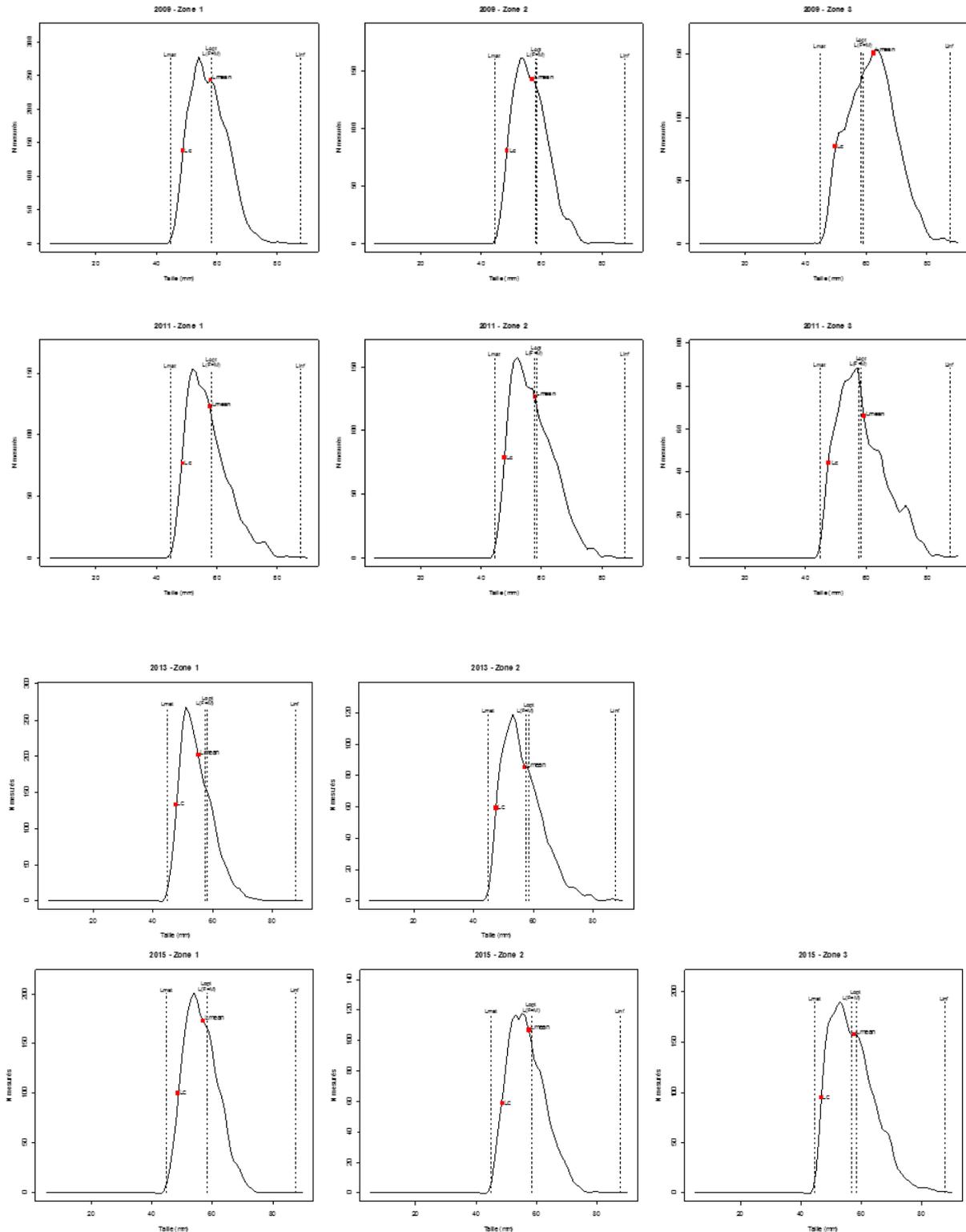


Figure 75 : Structure en taille estimée des débarquements de bulots de Manche-Ouest, par année pour les 3 zones considérées.

4.4 - Méthode CMSY pour l'analyse de débarquements à l'échelle de la Baie de Granville

Pour le stock de bulot de la baie de Granville, une série historique a été reconstituée à partir des débarquements de bulot de Ouest Cotentin et Bretagne de 1973 à 2015 (figure 36 p 32, chapitre 2.3.2). Les efforts de pêche associés ne sont pas disponibles. Afin d'évaluer l'état du stock, un modèle récemment développé dédié à l'étude des stocks à données limitées peut être testé, le modèle CMSY (Martell and Froese, 2013).

4.4.1- Méthode

CMSY permet d'obtenir une estimation du MSY (Maximum Sustainable Yield) et des points de référence à partir d'une série de données de captures. CMSY est un modèle de type bayésien, c'est-à-dire qu'il se base sur une série d'indicateurs (« priors ») fixés a priori qui permettent de renseigner l'état potentiel de la biomasse exploitée. Pour cela, 2 types de priors sont renseignés en entrée dans le modèle, le taux maximum intrinsèque de croissance de la population (r) et l'état de la biomasse exploitée. Cet état est fixé sous la forme d'un rapport B/k , « B » représentant la biomasse et « k » le niveau de biomasse vierge, ou « carrying capacity ». 2 valeurs (basse et haute) sont fixées pour « r » (on fixe ici pour le bulot des valeurs de 0.2 et 0.8 correspondant à des taux de résilience médians). Pour le prior « B/k », 3 couples de valeurs sont fixées respectivement pour le début et la fin de la série historique, ainsi que pour un point intermédiaire en milieu de série historique (qui correspond ici à l'année 1996 située au milieu de la période de captures maximales).

Le modèle donne en sortie une estimation de MSY, ainsi qu'un niveau relatif de biomasse pour la dernière année de la série chronologique, sous la forme d'un rapport entre cette biomasse et la biomasse au MSY (B_{MSY}). La position relative de la biomasse qui génère le MSY dépend du modèle de production choisi, ici 0.5 B/k pour le modèle de surplus de production de Schaefer (1968) (0.37 B/k pour un modèle de Fox, 1970). Pour cela, l'ajustement du modèle est réalisé par des itérations selon une approche Monte-Carlo pour mettre en évidence des paires $r-k$ viables. Une paire $r-k$ est supposée viable si la trajectoire de biomasse correspondante calculée avec le modèle de Schaefer est compatible avec les captures observées (c'est-à-dire ne dépasse pas le niveau de biomasse vierge k ni ne fait écrouler le stock). La biomasse estimée doit par ailleurs être compatible avec les priors de biomasse relative fixés pour les débuts et fin de la série chronologique. Le modèle CMSY a été testé par les auteurs sur plus d'une centaine de stocks mondiaux évalués selon des approches classiques de dynamique des populations, et semble montrer une certaine robustesse dans les résultats obtenus. Dans le cas présent du bulot de la baie de Granville, 3 cas de figure différents sont testés avec CMSY : un stock considéré comme faiblement exploité (du début à la fin de la série chronologique), un stock fortement exploité (du début à la fin de la série chronologique) et un stock faiblement exploité au début et fortement exploité à la fin (cas qui s'approcherait de la situation réelle actuellement).

4.4.2- Résultats

- **Hypothèse 1 : Stock faiblement exploité**

Species: *Buccinum undatum*, stock: Bulot Baie de Granville

Name and region: Whelk , Granville_Bay
 Catch data used from years 1973 - 2015 , biomass = None
 Prior initial relative biomass = 0.5 - 0.9
 Prior intermediate rel. biomass= 0.3 - 0.9 in year 1996
 Prior final relative biomass = 0.4 - 0.8
 If current catches continue, is the stock likely to crash within 3 years? No
 Prior range for $r = 0.2 - 0.8$, prior range for $k = 29.4 - 235$
 Results of CMSY analysis with altogether 28260 viable trajectories for 2921 r-k pairs
 1488 r-k pairs above $r = 0.395$ and 12947 trajectories within r-k CLs were analyzed
 $r = 0.563$, 95% CL = 0.404 - 0.785 , $k = 87.7$, 95% CL = 52.7 - 146
 MSY = 12.3 , 95% CL = 8.74 - 17.4
 Relative biomass last year= 0.719 , 2.5th = 0.435 , 25th = 0.633 , 97.5th = 0.798
 Relative biomass next year= 0.733 , 2.5th = 0.447 , 25th = 0.65 , 97.5th = 0.816
 Relative exploitation rate in last year= 0.446

Tableau 15 : Priors en entrée du modèle, et résultats obtenus. La biomasse relative représente B/k .

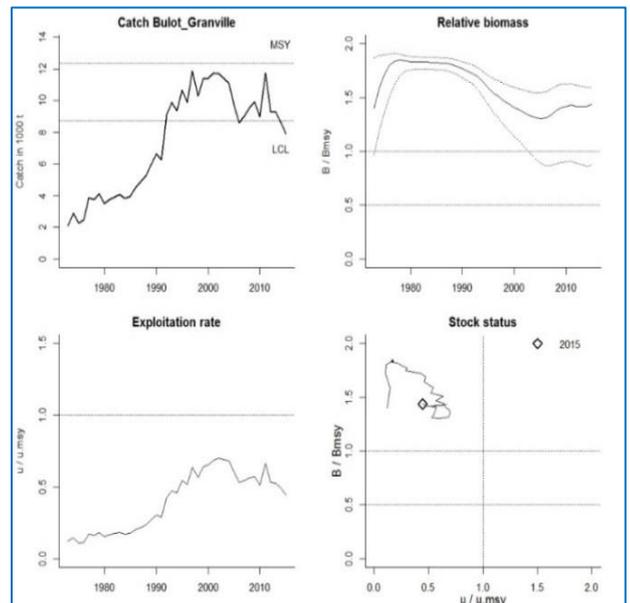


Figure 76 : Graphes de sortie de CMSY : Captures (haut à gauche), Biomasse relative (haut à droite), taux d'exploitation (bas à gauche) et statut du stock (bas à droite).

Dans ce cas de figure, le taux d'exploitation (effort de pêche relatif) est durant toute la série chronologique inférieur au F_{MSY} , les captures toujours inférieures au MSY (estimé à 12 300 tonnes), et la biomasse supérieure à B_{MSY} . Le stock est ici dans un très bon état. **Cette hypothèse reflète une situation peu réaliste.**

- **Hypothèse 2 : Stock fortement exploité**

Species: *Buccinum undatum*, stock: Bulot Baie de Granville

Name and region: Whelk , Granville_Bay
 Catch data used from years 1973 - 2015 , biomass = None
 Prior initial relative biomass = 0.1 - 0.5
 Prior intermediate rel. biomass= 0.01 - 0.4 in year 1996
 Prior final relative biomass = 0.01 - 0.4
 If current catches continue, is the stock likely to crash within 3 years? No
 Prior range for $r = 0.2 - 0.8$, prior range for $k = 14.7 - 176$
 Results of CMSY analysis with altogether 99 viable trajectories for 99 r-k pairs
 48 r-k pairs above $r = 0.244$ and 38 trajectories within r-k CLs were analyzed
 $r = 0.256$, 95% CL = 0.245 - 0.276 , $k = 159$, 95% CL = 143 - 172
 MSY = 10.2 , 95% CL = 9.6 - 10.8
 Relative biomass last year= 0.226 , 2.5th = 0.124 , 25th = 0.15 , 97.5th = 0.382
 Relative biomass next year= 0.213 , 2.5th = 0.0931 , 25th = 0.126 , 97.5th = 0.393
 Relative exploitation rate in last year= 1.72 , 25th = 2.582

Tableau 16 : Priors en entrée du modèle et résultats obtenus. La Biomasse relative représente B/k

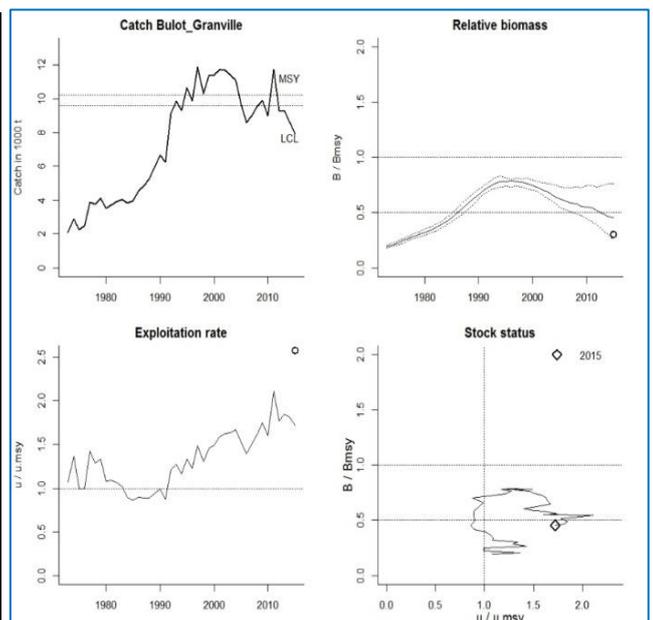


Figure 77 : Graphes de sortie de CMSY : Captures (haut à gauche), Biomasse relative (haut à droite), taux d'exploitation (bas à gauche) et statut du stock (bas à droite).

Ce cas de figure est l'opposé du précédent. Le taux d'exploitation (effort de pêche relatif) est durant toute la série chronologique (ou presque) supérieur au F_{MSY} , les captures toujours inférieures au MSY (estimé à 10 200 tonnes), et la biomasse très largement inférieure à B_{MSY} . Le stock est ici dans une situation de forte surexploitation. **Cette hypothèse, basée sur une forte exploitation du stock dès les premières années de pêche est peu probable.**

- **Hypothèse 3 : Stock faiblement exploité dans les premières années, et plus fortement aujourd'hui**

Species: *Buccinum undatum*, stock: Bulot Baie de Granville

Name and region: Whelk , Granville_Bay

Catch data used from years 1973 - 2015 , biomass = None

Prior initial relative biomass = 0.5 - 0.9

Prior intermediate rel. biomass= 0.1 - 0.8 in year 1996

Prior final relative biomass = 0.05 - 0.4

If current catches continue, is the stock likely to crash within 3 years? No

Prior range for $r = 0.2 - 0.8$, prior range for $k = 14.7 - 176$

Results of CMSY analysis with altogether 4010 viable trajectories for 630 r-k pairs

338 r-k pairs above $r = 0.339$ and 1618 trajectories within r-k CLs were analyzed

$r = 0.522$, 95% CL = 0.349 - 0.782 , $k = 72.2$, 95% CL = 45.6 - 115

MSY = 9.43 , 95% CL = 8.43 - 10.5

Relative biomass last year= 0.317 , 2.5th = 0.188 , 25th = 0.259 , 97.5th = 0.396

Relative biomass next year= 0.31 , 2.5th = 0.152 , 25th = 0.238 , 97.5th = 0.411

Relative exploitation rate in last year= 1.32 , 25th = 1.623

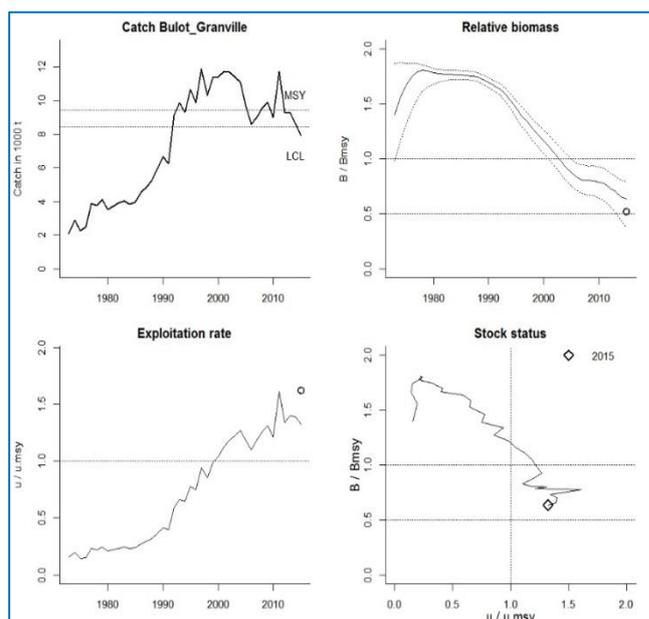


Figure 78 : Graphes de sortie de CMSY : Captures (haut à gauche), Biomasse relative (haut à droite), taux d'exploitation (bas à gauche) et statut du stock (bas à droite).

Tableau 17 : Priors en entrée du modèle, et résultats obtenus. La biomasse relative représente B/k .

Le taux d'exploitation (effort de pêche relatif) est en augmentation constante de l'origine de la pêcherie jusqu'à la fin des années 2000, et stable à un niveau élevé depuis plus de 10 ans. Les captures ont été supérieures au **MSY (estimé à 9 430 tonnes)** du milieu des années 90 à 2010, et se situent sous le MSY pour les années récentes, bien que l'effort de pêche demeure élevé. La biomasse se situe à un niveau inférieur à B_{MSY} depuis les années 2000. Le stock semble être en situation de légère surexploitation. La biomasse relative (B/k) est estimée à 0.37 (soit inférieur à $B_{MSY}/k = 0.5$). **Cette hypothèse semble vraisemblablement proche de la réalité.**

4.5- Conclusions sur les méthodes d'évaluation d'état de stock

Les objectifs du projet BESTCLIM, pour la partie évaluation de la ressource, étaient de tester un certain nombre de méthodes adaptées aux espèces à données limitées pour en évaluer la faisabilité et essayer de dresser un premier état du stock et de son exploitation.

L'utilisation d'approches variées et la comparaison des résultats obtenus est une étape essentielle à une meilleure estimation de l'état d'un stock. Les méthodes testées ont permis de mettre en évidence le besoin de progresser sur les paramètres de croissance liés à l'âge. En effet, les estimations des paramètres de croissance basées sur seulement 39 individus ont conduit à des estimations très peu robustes.

Les données collectées en routine, au travers de l'auto-échantillonnage permettent d'avoir une représentation très fine des structures en taille des captures, moins de la partie débarquée. Ce point est important à noter, car les buccins rejetés à la mer reviennent dans le stock avec une mortalité minimale, alors que pour les besoins de l'évaluation de stock, il convient de quantifier ce qui est enlevé au stock. Il conviendra de réfléchir à une méthode simple pour acquérir l'information sur la structure en taille des buccins effectivement débarqués.

Les signaux des différentes méthodes sont complémentaires mais pas divergents. Toutefois, le stock se trouve à proximité des points de référence liés au rendement maximum durable, aussi bien pour la biomasse que pour la mortalité par pêche. L'indice DPUE, filtré des variations saisonnières et géographiques augmente avec une remarquable progressivité sur les 6 dernières années, indiquant, avec toutes les réserves liées aux hypothèses de travail, que la biomasse serait potentiellement en augmentation. Les analyses trait de vie et CMSY convergent dans l'appréciation de la biomasse en deça du RMD et la mortalité par pêche au-dessus du RMD. Ils montrent les progrès récents dans le tri des buccins, ce qui a eu pour effet de freiner le débarquement d'animaux sous taille. Si la taille réglementaire est de 45 mm, elle reste inférieure à la taille biologique qui mérite d'être affinée. Au final, tous ces éléments indiquent que le stock est en phase de pleine exploitation, et que des gains de productivité seraient attendus en réduisant la mortalité par pêche. Ce, d'autant plus qu'une approche de précaution est souvent recommandé pour les stocks à données limitées, du fait des incertitudes accompagnant l'évaluation de ces stocks.

Une approche d'évaluation de stocks à données limitées quelque peu différente est en plein développement aux Etats-Unis. Il s'agit d'appliquer un modèle de type Stock Synthesis (Method and Wetzel, 2013) avec les données disponibles. Ces modèles d'analyse intégrée prennent en compte les incertitudes de chaque étape (calcul de CPUE, calcul des paramètres de maturité) en plus des incertitudes liées aux étapes d'ajustement du modèle. Une première possibilité est d'appliquer des modèles type « Simple Stock Synthesis » qui vont fonctionner avec une estimation a priori de la déplétion du stock et pour lesquels aucune donnée de taille n'est nécessaire (Cope, 2013). Mais des données de taille sont disponibles pour le bulot. Il serait donc possible de construire un modèle incluant les données de taille, de capture, de CPUE, et les paramètres biologiques du stock. Cependant, une étape préalable serait une mise à jour des paramètres biologiques afin de réduire l'incertitude associée.

5- Synthèse de l'axe 2

La part de l'Ouest Cotentin dans les débarquements de Manche et du Golfe Normand Breton reste importante avec une moyenne annuelle estimée proche de 6000 tonnes en provenance du secteur de Granville et de Dielette. Les travaux d'Ifremer croisés avec ceux du CRPM sur l'activité et les débarquements ont permis de travailler plus précisément sur ces aspects en actualisant et en validant les données inscrites dans les bases de données SIH.

Le suivi de la ressource en buccin a été effectué par plusieurs techniques d'échantillonnage (observations en mer SMEL-CRPM) et auto échantillonnages par les pêcheurs eux-mêmes (au titre des sciences participatives), qui ont apporté un nombre considérable de données nouvelles et complémentaires pour produire trois types d'indicateurs d'état de stock : indice CPUE (capture totale par unité d'effort), indice DPUE (débarquement de la part commerciale) et distribution de taille des captures. Ce dernier indice signale une part commerciale composée de plusieurs classes d'âge, bien que le mode soit très proche de la taille réglementaire de 45 mm.

L'analyse a priori de ces trois indicateurs permet de conclure à un stock plus ou moins bien exploité en fonction des zones de pêche. Les zones sud (Granville) et nord (Carteret) semblent les plus fragiles, avec des distributions en taille plus petites que dans la zone centrale qui paraît équilibrée.

Le recours aux méthodes de modélisation statistiques (IFREMER) apporte des conclusions plus précises qui complètent le diagnostic avec 2 indicateurs complémentaires : l'indice de biomasse (B) et l'indice de mortalité par pêche (F). Quel que soit le modèle utilisé, les conclusions convergent vers un état de stock peu éloigné du rendement maximum durable (prélèvement par la pêche un peu trop important et une Biomasse reproductrice insuffisante).

Les progrès sur les méthodes de tri à bord ont eu pour effet de freiner le débarquement d'animaux sous taille, ils restent à poursuivre sur du long terme pour augmenter d'une manière effective la taille moyenne de débarquement au-delà de 45 mm ainsi que la biomasse de reproducteurs.

Axe 3- Le Bulot et ses activités économiques

1- La pêche et son contexte

Le bulot espèce support dépendante de l'évolution climatique ?

La gestion de la pêcherie de bulot en Ouest Cotentin impose depuis plusieurs années un régime de mesures de gestion conséquentes, alors que l'effet de la température semble prépondérant, certains pêcheurs ne cachent pas leur inquiétude devant l'avenir incertain de cette ressource et considèrent que de nouvelles mesures de gestion sont indispensables pour pérenniser cette ressource. La pêcherie est-elle en capacité de supporter de nouvelles mesures sans trop affecter les autres activités de pêche aux casiers (crustacés seiche) par transfert de l'effort de pêche vers celles-ci ? Après un descriptif de la flottille et de ses composantes, l'analyse de la stratégie de pêche et des profils de gestion des entreprises, un certain nombre d'indicateurs relatifs à l'activité pourront être proposés pour tenir compte des aspects économiques en complément des aspects environnementaux.

Les sources de données sont : les bases de données flottille et licences du CRPM, les fiches de pêches et Logbook disponibles au CRPM, les enquêtes économiques menées par l'Ifremer en 2013 et 2014, les enquêtes du CRPM réalisées sur l'année 2015, les bilans comptables des volontaires recueillis en 2014 2015 par la Cellule Mer (Université de Nantes).

1.1- Le contexte géopolitique de l'Ouest Cotentin dans la baie de Granville

Les accords de la Baie de Granville signés en 2000 entre la France et le Baillage de Jersey (représenté par le Royaume-Uni), et mis en application en 2004 visent notamment la gestion des ressources marines de la Baie de Granville et la facilité des contrôles frontaliers (Figure 79, ligne rose). Cet accord de pêche et de délimitation frontalière remplace les différents niveaux de réglementations de Jersey et de la France remontant au 19^{ème} siècle (comme le Traité de la Mer Commune de 1839, Les Minquiers et les Ecrehou 1951 et 1953, ...). Trois régions maritimes sont concernées par cet accord de pêche: la Normandie, Jersey et la Bretagne.

Chaque Etat comprend une délégation composée de professionnels, scientifiques et administration. L'ensemble des participants constitue le Comité Conjoint de Gestion de la baie de Granville avec 26 membres dont 15 professionnels, 8 administratifs et 3 scientifiques (2/3 français 1/3 Jersey).

Le Comité Conjoint Mixte de la baie de Granville se réunit 3 fois par an, les résultats scientifiques relatifs à la Baie de Granville ou la Manche y sont présentés et les mesures de gestion des ressources halieutiques discutées et proposées par consensus ou vote. Une commission Administrative, composée uniquement de l'administration et de scientifiques, se réunit deux fois par an et adopte les mesures proposées par le Comité Conjoint de Gestion. En final, chaque Etat peut traduire juridiquement les nouvelles mesures adoptées.

La pêche et la gestion des crustacés et des poissons sont très régulièrement abordée dans les rencontres du Comité Conjoint, les problématiques liées à la pêche du bulot le sont beaucoup moins, puisque la flottille de Jersey est peu dépendante de cette espèce.

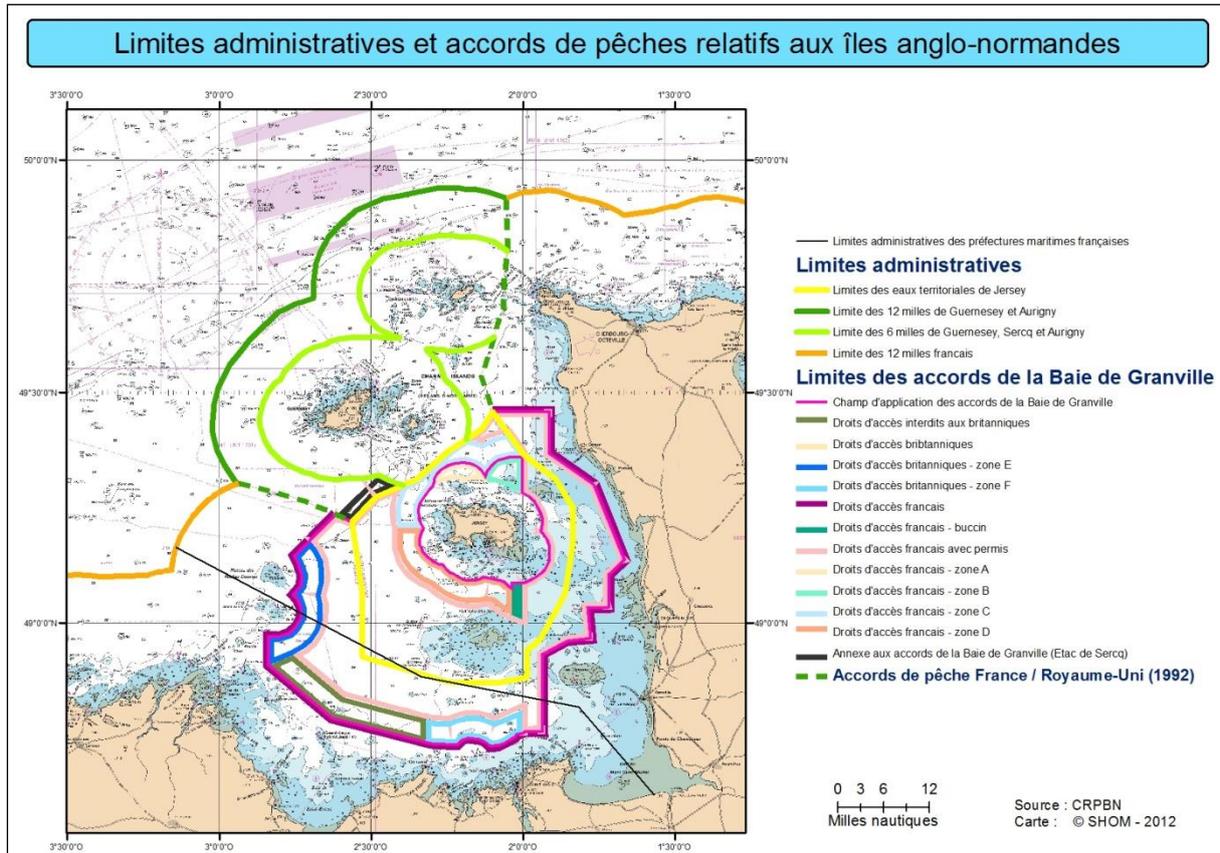


Figure 79: Limites administratives et accords de pêche dans le Golfe normand-breton.

1.2- L'activité de pêche des bulotiers dans son ensemble

Si les bulotiers représentent 25% de la flottille de Basse Normandie, la ressource de pêche en bulot se positionne en 2^e espèce régionale après la Coquille St Jacques, et génère plus de 15 000 K€ de valeur au débarquement. La pêcherie de bulot concerne 121 navires de moins de 12 m en 2015, 71 licenciés en Manche Ouest et 50 en Manche Est, et 120 en 2016. L'analyse socio-économique s'effectue uniquement sur la flottille de l'Ouest Cotentin qui exerce la pêche entre Dielette et la Baie de Granville. L'activité de pêche du bulot est encadrée depuis nombreuses années par un régime de licences, qui impose un cadre réglementaire précis.

1.2.1- Le régime des licences bulot

Le régime de licences institué par le Comité Régional des Pêches de Basse Normandie prévoit 2 types de conditions pour pouvoir pêcher le bulot en vue d'une gestion équilibrée des ressources régionales et des aspects socio-économiques : a) des conditions d'accès à cette pêcherie sont établies en fonction de l'expérience et de la formation du nouveau candidat à l'installation, au regard du contingent de licence disponible chaque année. Une partie des licences rendues disponibles permettra l'année suivante, l'installation de nouveaux pêcheurs ou la diversification de pêcheurs en place. b) des conditions d'exploitation évolutives chaque année, à savoir :

- La pêche du bulot ne peut se pratiquer qu'à l'aide de casiers, par des navires de moins de 12 mètres qui opèrent de manière saisonnière ou annuelle sur une période de 11 mois de l'année, entre février et décembre, le mois de janvier étant fermé pour repos biologique.
- Le nombre d'hommes à bord varie de 1 à 3 par navire, le quota de pêche est fixé à 300 kg par homme embarqué, ce qui implique que la débarque maximale journalière ne peut dépasser 900 kg pour 3 hommes ou plus. Le nombre de casiers est limité à 720 par navires au maximum soit 240 par homme d'équipage.
- Les jours ouverts sont limités à 5 jours de mer par semaine entre le lundi et le vendredi,
- 135 jours sont fermés à la pêche chaque année (interdiction totale), c'est-à-dire fermés les samedis, dimanches, jours fériés et 20 jours en janvier.

1.2.2- L'activité de pêche

L'activité de la flottille bulotière, bien qu'en apparence homogène (caseyeurs de moins de 12 mètres), se caractérise par différents composantes :

- La saison : une partie des navires ne pratiquent le bulot que de manière saisonnière, d'autres exercent à l'année mais très à petite échelle. Ce sont de polyvalents casiers car ils suivent les espèces en fonction de leur saison, crustacés, seiche et éventuellement poisson composent les activités complémentaires.
- L'intensité de l'activité : les navires exclusivement bulotiers (ou quasi exclusifs) exercent la pêche du bulot durant 11 mois de l'année et ne pêchent que cette espèce ou une part infime d'autres espèces (crustacés ou seiche) inférieure à 5% du Chiffre d'affaire.
- La situation géographique : il n'existe que 4 ports à marée sur la façade ouest Cotentin, Granville Portbail, Carteret et Dielette, ils abritent les navires de plus de 10 mètres pour l'embarquement et le débarquement direct du quai. Toutefois, une grande partie de la flottille débarque sur les cales de la côte Ouest à l'aide d'un tracteur, soit directement avec le navire de pêche, soit à l'aide d'une annexe si le navire reste au mouillage à l'année.
- Enfin, la stratégie de l'armement qui peut dépendre de la situation géographique ou tout simplement du choix personnel de l'armateur incluant souvent son savoir-faire.

1.3 - Analyse de la flottille en 2015

1.3.1- Les licenciés

Les informations recueillies sur les demandes de licences de pêche (71 en 2015) renseignent sur les caractéristiques des navires, le poids annuel débarqué, le nombre de mois bulot, le nombre d'hommes d'équipage, et parfois le nombre de casiers possédés. D'autres informations souvent partielles, concernant les aspects économiques (mode de commercialisation, prix moyen, stratégie de pêche) sont issues de sources diverses (hall à marée, enquêtes ponctuelles...).

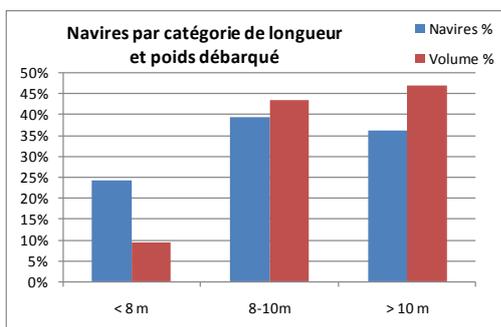
8 navires n'ont pas pêché de bulot en 2015 pour différentes raisons : les pêcheurs concernés ont orienté leur pêche sur d'autres espèces, certains sont en recherche d'un navire pour s'installer ou en recherche d'un autre navire. 4 pêcheurs ont pris leur retraite au cours de l'année 2015 et n'ont pas pratiqué puisque leurs navires étaient en vente. Aussi, ces 12 navires ne pêchant pas ou très peu en 2015, sont exclus de la population des navires de référence.

1.3.2- La population « navire socio-économique »

59 navires forment la population navires actifs à étudier, l'analyse descriptive de leurs caractéristiques permet de comprendre la dynamique de cette flottille de bulotiers.

Tableau 18 : Caractéristiques de la flottille de bulotiers

Longueur	Navires	Longueur m	Puiss moy KW	Année	Nb hommes	Poids en T
< 8 m	13	7.4	99	2004	28	564
8-10m	24	8.9	124	1998	69	2544
10-12 m	22	11.3	140	1997	79	2841
2015	59	9.5	124	1999	176	5959



1.3.3- La longueur des navires / volume débarqué

La catégorie des 8-10 m représente 41% des navires et débarquent 43% du volume annuel de bulot, alors que la majorité du tonnage débarqué est réalisé par les navires plus de 10 mètres (47%). Les navires de moins de 8 m pêchent peu avec 9% de tonnage de bulot.

Figure 80 : Longueur des navires en lien avec les volumes débarqués

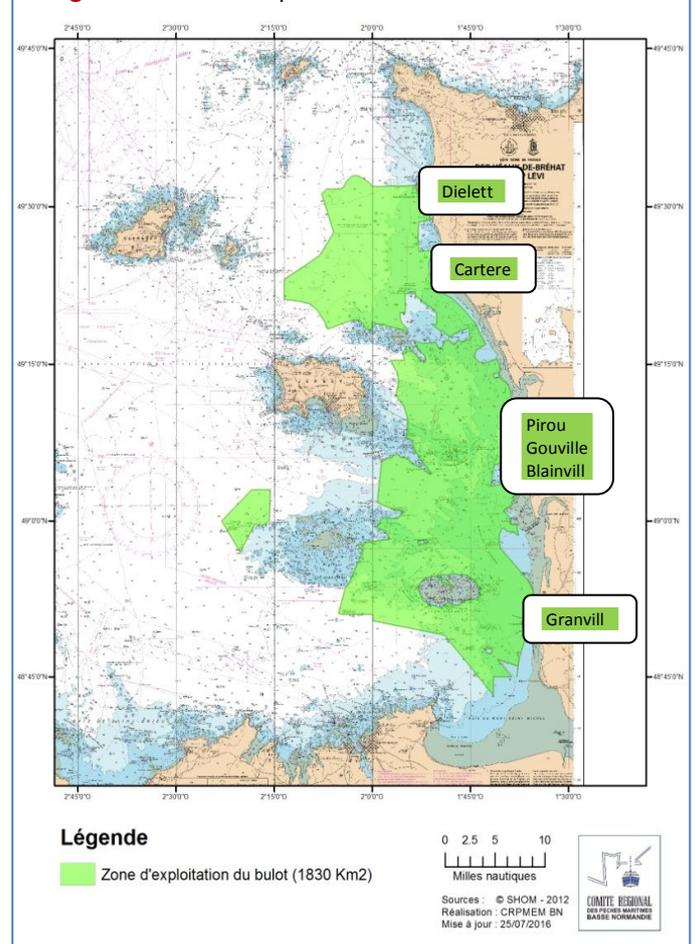
1.3.4 - Puissance développée / port d'attache

La puissance varie de 100 et 140 Kw selon le navire, et cumule 7342kw en 2015 (population socio-économique).

Les navires de plus de 10 mètres (140 kw en moyenne) développent la majorité de la puissance (42%), pour pouvoir accéder aux lieux de pêche plus éloignés de leurs ports d'attache (Granville, Carteret, Dielette et Pirou).

Toutefois les navires « de la côte », bien que plus petits en taille, sont dotés de moteur relativement puissants pour assurer les embarquements et débarquements sur les cales entre Agon et St Germain dans de bonnes conditions. Les plus puissants d'entre eux n'hésitent pas à se déplacer vers le nord (Carteret) ou l'Ouest des Minquiers durant la période estivale, leur zone de pêche étant limitée par l'île de Jersey (limites exclusives de 3 milles nautiques).

Figure 81 : Zone d'exploitation du bulot dans l'Ouest



1.3.5- L'âge des navires

L'âge moyen d'un navire bulotier en 2015 est de 16 ans, âge relativement récent par rapport à l'ensemble de la flotte normande. Il s'agit essentiellement de vedettes rapides de moins de 8 m, le plus souvent en aluminium, dont la durée de vie reste limitée par rapport aux navires de plus de 12 m. Les plus petites unités sont relativement récentes (11 ans en moyenne pour 13 navires) alors que les plus de 10 m sont de 7 ans plus anciens (18 ans pour 22 navires).

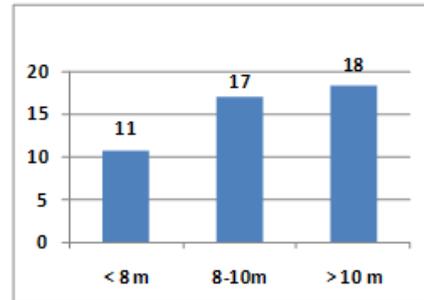


Figure 82 : Age moyen des navires

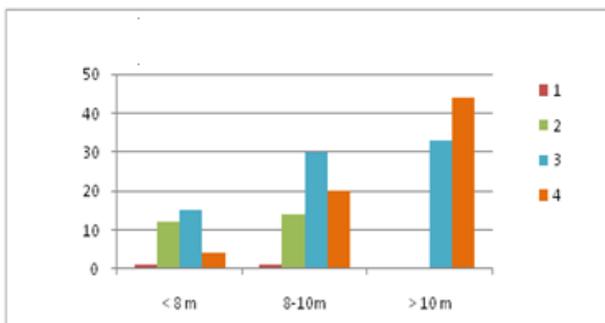


Figure 83 : Nombre d'hommes embarqués

1.3.6- Les hommes, l'équipage, l'armement

D'une manière générale, un caseyeur bulotier navigue avec 3 hommes à bord. Si les moins de 8 m travaillent le plus souvent avec 2-3 hommes à bord, les effectifs de 4 hommes concernent surtout les navires de plus de 9 mètres.

L'armateur est le patron embarqué dans 63% des cas et emploie 1 ou 2 matelots. Dans 37 % des cas, l'armateur n'est pas à bord mais emploie un patron salarié et 1 ou 2 matelots. L'ensemble des marins qui travaillent à bord forment un total de 176 hommes. Quelques armements emploient 1 homme supplémentaire qui intervient pour l'avitaillement et le transport vers les lieux de vente, mais le quota de pêche autorisé reste plafonné à la pêche de 3 hommes (900 kg).

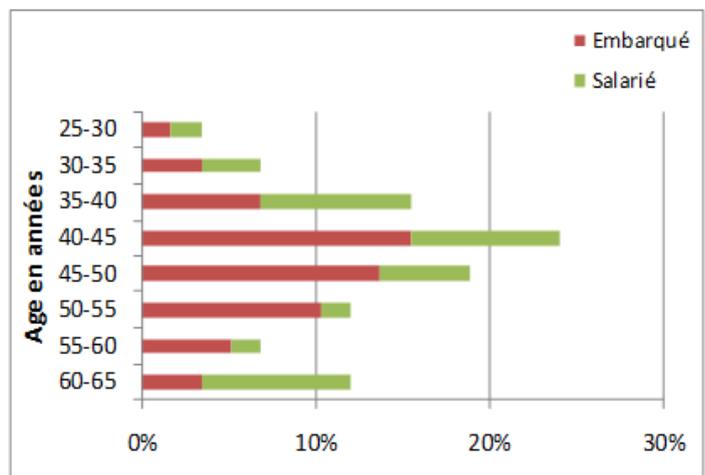


Figure 84 : Age de l'armateur et profil du patron

L'âge moyen d'un armateur est de 47 ans en 2015, le plus jeune armateur étant âgé de 29 ans et le plus vieux de 65 ans. Les 40-55 ans sont les mieux représentés, alors que les moins de 40 ans ne représentent que 13% des armateurs.

Sur les 23 patrons salariés, 13% d'entre eux appartient à la tranche d'âge des 25-35 ans. Avec la formation adaptée et l'expérience acquise au cours de plusieurs années, ils sont prêts à prendre la relève dès l'obtention de leur licence bulot avec un recul suffisant pour appréhender l'avenir.

1.4- Analyse des stratégies de pêche

Plusieurs groupes d'activité sont identifiés, selon la stratégie de pêche adoptée par l'armateur. La notion de dépendance est basée sur la proportion du volume de débarquements en bulot, le nombre de mois passés à pêcher le bulot, le nombre de sorties annuelles et la proportion du chiffre d'affaire bulot dans le chiffre d'affaire annuel (réelle ou approximative* sur un échantillon plus réduit).

Si le bulot est très majoritairement ciblé dans la pêche (> 95% des débarquements annuels), le nombre de mois à pêcher le bulot est supérieur à 9, et/ou le chiffre d'affaire en bulot est supérieur à 95% de la valeur débarquée (lorsque l'information est disponible), les navires sont considérés très dépendants de cette espèce et sont baptisés «bulotiers exclusifs».

Les « bulotiers polyvalents » sont identifiés selon l'importance des activités complémentaires connues en tenant compte des quantités débarquées et le cas échéant, du chiffre d'affaire généré par ces activités complémentaires (notamment la pêche de la seiche et/ou des crustacés au printemps).

En 2015, 33 caseyeurs polyvalents et 26 bulotiers exclusifs sont identifiés et la durée de l'activité bulot en nombre de mois par an est en moyenne de 9.7 mois (49 navires pêchent le bulot durant plus de 9 mois).

1.4.1- Navires polyvalents

Les 33 navires polyvalents représentent 56% de la flotte bulotière, débarquent 50% du volume de bulot et développent 53% du nombre de mois d'activité bulot annuel. De taille modeste (9.2 m - 118 kw) et plutôt récents (15 ans). Il s'agit surtout de vedettes en aluminium sur lesquelles 94 hommes effectuent des sorties de 6 à 8 heures durant 179 jours. Leur chiffre d'affaire bulot représente en moyenne 82%* du CA annuel. Ils utilisent moins de casiers à bulot que les navires exclusifs. (*sur un échantillon réduit)

1.4.2- Navires exclusifs

Les 26 navires Exclusifs débarquent annuellement la même quantité de bulot, pour une intensité de pêche moindre (47% de l'intensité globale). Les caractéristiques des navires en longueur et puissance sont un peu plus élevées (9.8 m - 133kw), avec un âge moyen plus vieux (20 ans). 84 hommes y sont attachés et font des sorties de 8 à 10 heures de pêche durant 194 jours de mer en moyenne par an, le bulot représente plus de 90%* de CA annuel. (*sur un échantillon réduit)

1.5 - Analyse des débarquements

Un volume de 5955 tonnes de bulot a été estimé pêché en Ouest Cotentin en 2015 (Sources CRPM, d'après données DML50, Licences CRPM, Fiches pêche et Logbook...) pour la flotte de référence des 59 navires.

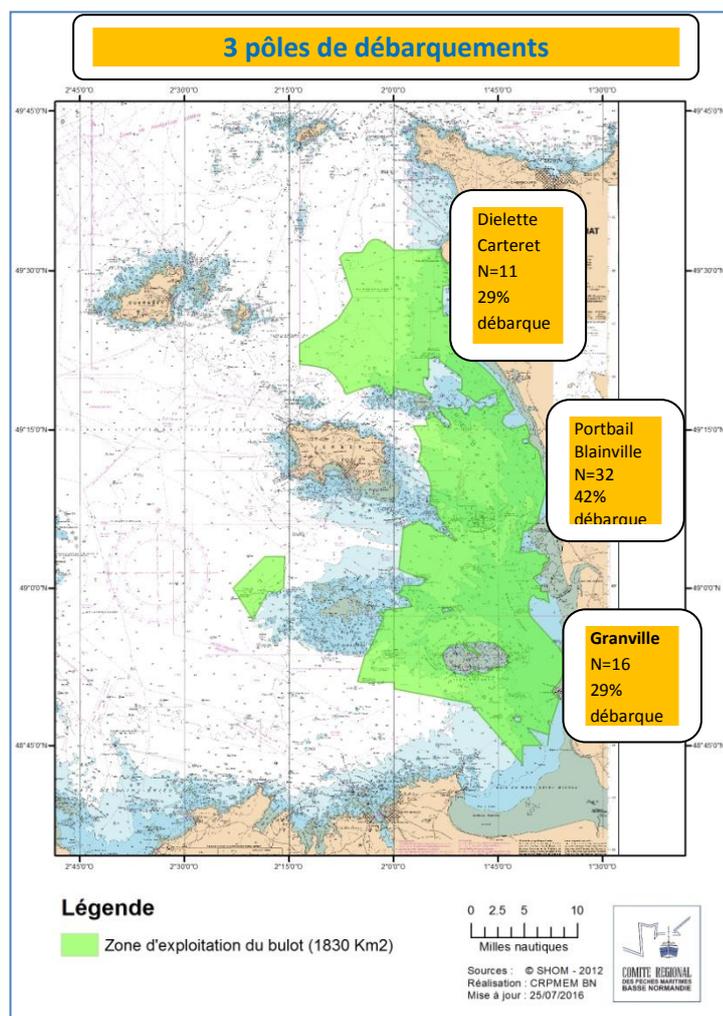
1.5.1- Les pôles de débarquement

Trois pôles de débarquement sont identifiés. Granville au sud avec 28% des débarquements de 2015, au centre Agon-Blainville-Gouville-Pirou-St-Germain pour 42% des volumes débarqués, et au nord Carteret-Dielette avec 29% des débarquements.

Lieux débarque	Long	KW	N	Année	Equipage	Poids
Granville	10.3	133	16	1994	50	29%
Carteret Dielette	10.6	117	11	1998	37	29%
Agon Portbail	8.5	123	32	2002	89	42%
2015	9.3	121	59	16	176	5955

Tableau 19 : Pôles de débarquements de bulots sur la côte ouest Cotentin

- Granville** : le port le plus important avec 16 navires Bulotiers (10.3 m en moyenne), relativement anciens (21 ans) avec un équipage de 3 ou 4 hommes à bord. 50 marins embarqués sont les plus jeunes armateurs de la flottille avec ceux de Blainville (45 et 44 ans). Leur activité est polyvalente (filets et crustacés) et exclusive, elle représente 23% de l'intensité de pêche en mois navires. Leur mode de vente se déroule essentiellement sous la halle à marée.
- Carteret–Dielette** : 11 navires de longueur plus grande (10.6 m), moins puissants, et plus récents (18 ans), avec 3 ou 4 hommes à bord. Leur activité est essentiellement polyvalente (bulot, crustacés), elle représente le même niveau d'intensité de pêche qu'à Granville et le mode de vente s'organise vers les mareyeurs locaux (Cherbourg, Pirou, Blainville ...).
- «Côte»** : avec 32 navires de petite taille (8.5 m) mais puissants (123 Kw en moyenne, les plus puissants sont à Pirou), se répartissent sur 6 cales de débarquements (Agon, Blainville, Gouville, Pirou, Bretteville et Portbail). Ce sont aussi les plus récents de la flottille (14 ans), mobilisant 88 hommes à bord à raison de 2 ou 3 hommes par navire. Leur activité est en majorité polyvalente et représente plus de la moitié de l'intensité de pêche de la flottille en mois navire (54%). Le mode de vente est majoritairement vers les mareyeurs locaux de Blainville et Pirou. Cependant 7 navires livrent tout ou partie de leur pêche à la criée de Granville.



1.5.2- Les débarquements en fonction du type d'activité

Quel que soit le type d'activité (exclusive bulot ou polyvalente), les débarquements sont de volumes équivalents, bien qu'un navire exclusif débarque en moyenne plus de bulot qu'un navire polyvalent. En effet, le profil des volumes débarqués par classe de 50 tonnes est bien différent dans les deux cas : la majorité de navires exclusifs débarquent 100 à 150 tonnes en 2015 (13 navires/26), alors que la majorité des débarquements effectués par les polyvalents se situe à 150-200 tonnes (par une minorité de navires 8/33).

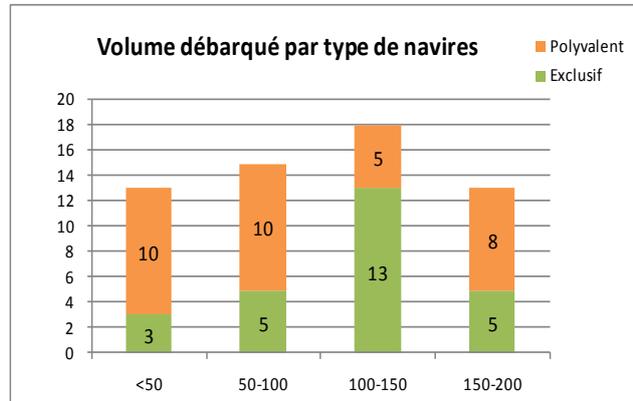


Figure 85 : Volumes débarqués par type de navire

En 2015, 2 153 tonnes sont débarquées sous la criée de Granville par 24 navires normands (16 navires de Granville et 8 navires de la côte Ouest), ce qui représente **38% du volume débarqué en Ouest Cotentin**. 15 autres navires de Bretagne y débarquent également (235 tonnes) surtout en janvier quand les gisements Ouest Cotentin sont fermés.

1.6- Conclusions

Les critères de segmentation les plus représentatifs, retenus pour l'analyse socio-économique de la flottille bulotière sont : le nombre d'hommes à bord qui détermine la quantité de bulot pêchée et donc le chiffre d'affaire, la stratégie de pêche (navires exclusifs bulot ou polyvalents) et le lieu de débarquement (ports ou cales).

Ainsi, trois approches complémentaires vont permettre de préciser quels indicateurs socio-économiques importent pour le suivi de l'activité de cette flottille et sa pérennité.

2- Approches pour identifier les critères socio-économiques

Afin d'identifier les principaux postes de charges d'exploitations et de pouvoir les analyser, 3 approches complémentaires sont mobilisées afin de recenser la maximum d'information :

- 1) une approche descriptive des différents types de pêche et d'entreprises par les enquêtes réalisées par le CRPM sur l'année 2015,
- 2) les modèles économiques selon 4 segments identifiés et les indicateurs de performance à partir des résultats comptables des centres de gestion (Cellule Mer),
- 3) Les résultats d'enquêtes économiques réalisées par Ifremer en 2014.

2.1- Les informations issues des enquêtes du CRPM

17 enquêtes ont été conduites auprès des pêcheurs volontaires par le CRPM pour l'année 2015, elles complètent les informations déjà disponibles. D'après ces informations, les pêcheurs enquêtés représentent 24% des navires polyvalents et 35% des navires exclusifs.

Les indications sur la stratégie de pêche, l'économie familiale, le type d'armement, la hiérarchie des charges d'exploitation et la perception du métier ont été recueillies.

Stratégie de pêche	Population	Navires enquêtés	%
Navires exclusifs	26	9	35%
Navires polyvalents	33	8	24%

Tableau 20 : Plan d'échantillonnage des navires bulotiers enquêtés

2.1.1- Profils de l'économie familiale

Toutes les entreprises pêchant le bulot sont de type familial, artisanale et se présentent sous plusieurs formats, le nombre d'emplois directs associé à cette pêcherie est proche de 200 personnes :

- les entreprises de pêche pour lesquelles tout le personnel est mobilisé uniquement pour l'activité de pêche du navire (sorties en mer, débarquement, entretien du matériel, avitaillement). Le capitaine du navire est l'armateur embarqué pour 63% des armements, il emploie 1 ou 2 matelots salariés payés à la part (65%/45%) à Granville et Carteret ou mensuellement à la côte.
- les entreprises qui ont recours à des personnes supplémentaires salariées, elles font en général partie de la famille (dans 80 % des cas), pour assurer les fonctions de patron salarié, de gestion secrétariat, comptabilité, vente sur les marchés locaux.... Certains armements emploient ponctuellement des personnes extérieures à la profession pour des tâches liées surtout au transport vers les lieux de ventes et/ou l'avitaillement.

2.1.2- Mode de vente et mode de gestion de l'entreprise

- **Le mode de vente** sous criée concerne 26 navires en 2015, dont 24 réguliers pour plus de 50% de leur production (4 vendent une faible quantité en criée, la majorité de leur production étant destinée aux mareyeurs locaux). 16 navires vendent exclusivement leur bulot par l'intermédiaire de la halle à marée.

Pour 34 navires, les mareyeurs locaux (Blainville, Pirou, Cherbourg) représentent le principal système de vente, complétés pour 5 d'entre eux par des ventes sur marchés locaux et 2 vers les poissonniers.

- **Le mode de gestion d'entreprise**

La gestion des entreprises reste entièrement artisanale et familiale, en effet, sur les 33 entreprises ayant renseigné leur centre de gestion, 58% ont recours à un centre de gestion coopératif spécifique à la pêche ou la conchyliculture, les autres ont recours à différents cabinets privés.

- **La confiance en l'avenir** est plutôt contrastée avec 45% des pêcheurs qui expriment être confiants en l'avenir, 27% étant sceptiques et 27% pessimistes.
- **Les postes de charges les plus importants** apparaissent unanimement comme étant les coûts des appâts puis celui du carburant. Les deux autres approches complémentaires vont permettre de chiffrer plus précisément la part de ces charges dans le compte d'exploitation annuel des navires.

La totalité des enquêtés sont inscrits à un centre de gestion comptable, soit spécifique à la pêche ou la conchyliculture, comme les centres de gestion de la pêche de Cherbourg (CGPC) et de Granville (CGPM) ou le CER de St LO, soit dans des cabinets comptables privés.

2.2- Les informations issues des enquêtes Ifremer

(Décembre 2016 - Daurès Fabienne – Ifremer, UEM, UMR Amure)

Dans le cadre de l'axe 3 « Pêche » du projet BESTCLIM, l'Ifremer a été sollicité pour produire des indicateurs socio-économiques sur la flottille des bulotiers de Manche Ouest, à partir des données collectées dans le cadre de « l'enquête sur la production des données économiques dans le secteur des pêches maritimes »⁵ en réponse au règlement européen de collecte des données halieutiques pour la PCP et coordonné en France par la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture (DPMA).

La population de référence de cette étude, 59 navires « bulotiers de Manche ouest », a été identifiée par le CRPM Basse Normandie qui a également renseigné, pour chaque navire, sa pratique exclusive (ou non) du casier à bulots, le nombre d'hommes à bord (corrélé avec le quota attribué) et le lieu de pêche. L'Ifremer a ensuite identifié au sein de cette liste les navires pour lesquels des données économiques ont été collectées dans le cadre de l'enquête présentée ci-dessus.

⁵ Il est rappelé que cette enquête est reconnue d'intérêt général et de qualité statistique par le Conseil national de l'information statistique (CNIS) et a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme d'investissement d'avenir portant la référence ANR-10-EQPX-17 (centre d'accès sécurisé aux données – CASD).

Le protocole de collecte mis en place par la DPMA se base sur un tirage aléatoire annuel, et donc un renouvellement systématique de l'échantillon économique chaque année. A l'issue du programme de collecte de 2015, des données économiques pour l'année 2014 sont disponibles pour 14 navires de la population de référence des bulotiers de Manche Ouest identifiée par le CRPM BN (soit 24% de la population).

2.2.1- L'échantillon de navires

Les 14 navires Manche Ouest constituent l'échantillon qui servira de base à la construction des indicateurs socioéconomiques sur la flottille des bulotiers normands de Manche Ouest.

Sur la base des informations individuelles fournies par le CRPM BN sur la population des navires étudiée, il a été décidé de structurer la flotte totale de bulotiers de Manche Ouest en groupes de navires compte tenu la localisation de leurs zones de pêche (Côte, Hors Côte) et du caractère exclusif ou non du métier de « casier à bulots » (exclusifs, polyvalents). Sur la base de ces critères de regroupement, la population totale et l'échantillon économique des bulotiers de Manche Ouest se répartit comme suit :

Tableau 21 : Population totale et échantillon économique des bulotiers de Manche ouest

Navires	Population Totale			Echantillon économique (2014)		
	Côte	Port CA DI, ou GR	Total	Côte	Port CA DI, ou GR	Total
Exclusifs	16	10	26	6	1	7
Polyvalents ou NA	17	16	33	5	2	7
Total	33	26	59	11	3	14

(Source : d'après CRPM BN)

2.2.2- Les indicateurs économiques

Ils sont présentés dans des fiches de synthèses IFREMER dédiées et génériques et regroupent des informations sur :

- 1/ le navire de pêche** (capital) notamment ses caractéristiques techniques, d'acquisition, les différentes valeurs qui lui sont associées (valeur d'assurance, valeur sur le marché de l'occasion...) et son financement ;
- 2/ le patron de pêche et sa stratégie d'exploitation** (exploitation d'autres navires, diversification vers d'autres activités...), les conflits auxquels il fait face, l'implication de son entourage dans l'activité ;
- 3/ l'activité du navire notamment les jours de mer**, la durée des marées (en général et sur les principaux métiers pratiqués...), les licences de pêche liées à cette activité ;
- 4/ les revenus tirés de la pêche** avec quelques éléments sur les stratégies de valorisation (mode de commercialisation, labels...) ;
- 5/ les coûts d'exploitation**, en différenciant très précisément les coûts variables (liés directement à l'activité de pêche c'est-à-dire coûts de débarquements, énergétiques, appâts...), les coûts non variables (entretien, réparation, prime d'assurance etc...) et les coûts du personnel ;
- 6/ les performances économiques**, évaluées à partir du taux de valeur ajoutée (VAB/CA) et du ratio EBE (Excédent brut d'exploitation) / CA (Chiffre d'affaires).

NB : le questionnaire économique sur lequel repose la collecte de ces données est directement consultable sous <http://sih.ifremer.fr/Description-des-donnees/Donnees-collectees/Enquete-economique/Documentation>

Pour chaque indicateur restitué dans la fiche de synthèse, sont systématiquement calculées les statistiques suivantes : taille de l'échantillon concernée (exclusion des non réponses), moyenne, minimum, maximum, médiane et coefficient de variation (CV). Lorsque la taille de l'échantillon est inférieure à 3 individus et afin de respecter les règles de confidentialité des informations collectées, aucune statistique n'est calculée.

Par ailleurs, la fiche de synthèse présente dans sa première partie des éléments permettant d'évaluer la qualité de l'échantillon économique en termes de couverture et de représentativité par rapport à la population totale de navires concernés. Sont ainsi restituées dans la première partie de la fiche, à la fois au niveau de la population totale étudiée et l'échantillon économique, des informations sur les caractéristiques des navires (âge, longueur, puissance, effectif embarqué..), leur distribution en flottilles (regroupement des navires en fonction des combinaisons d'engins utilisés au cours de l'année), leur localisation géographique, leur activité (jours de mer, métiers pratiqués) et leur production. Ces données sont issues de la base de données Harmonie du Système d'Informations Halieutiques (SIH) de l'Ifremer (source : Ifremer DPMA) et regroupent des données du Fichier Flotte, des Données Activité, des Données des typologies des flottilles, des Données d'effort ou de production extrapolées.

2.2.3 – Les quatre groupes de navires retenus

Etant donné la taille de l'échantillon, il a été convenu de restituer des indicateurs économiques pour les groupes suivants sous forme de fiche de synthèse dédiée à chaque groupe : 1/ Bulotiers Manche Ouest (Flotte Totale), 2/ Bulotiers «Côte » Polyvalents, 3/bulotiers Manche Ouest de moins de 10m 4/bulotiers Manche Ouest de 10-12 m.

4 Groupes de navires	Population navires	Echantillon économique	%
< 10 m	32	10	31%
10-12 m	27	4	15%
dont Polyvalents côte	17	10	59%
Navires Manche Ouest	59	14	24%

Tableau 22 : Segmentation des groupes de navires bulotiers
(Source : d'après CRPM BN et données Ifremer SIH – DPMA)

Les fiches sont disponibles en annexe de ce rapport et s'appuient sur les données de l'année 2014. L'utilisation et l'interprétation des informations et indicateurs contenus dans ces fiches doit obéir à des règles de précaution rappelées dans la partie « Contexte » en première page de chaque fiche.

2.2.4- Comparatif des indicateurs économiques pour les 4 groupes de navires identifiés

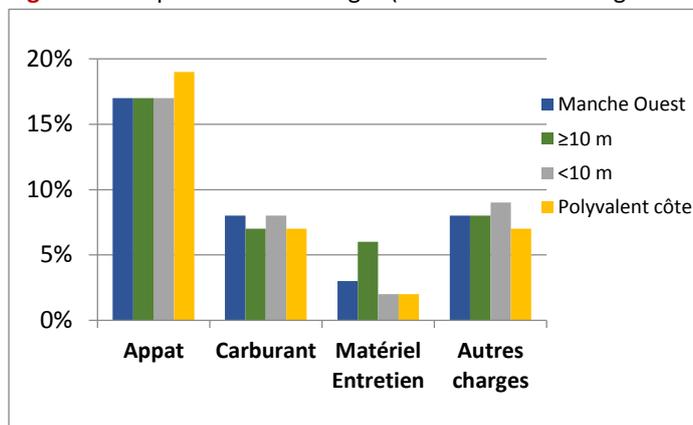
2014 IFREMER	Appât	Carburant	Personnel + CS	Jours de mer	Sensibilité de l'échantillon	Fiabilité
Manche Ouest	17%	8%	39%	202	+	faible
≥10 m	17%	7%	40%	200	+	faible
<10 m	17%	8%	38%	203	+++	correcte
Polyvalent côte	19%	7%	38%	191	++	correcte

Tableau 23 : Postes de charges selon les groupes de navires

Les premiers résultats permettent de confirmer des dépenses en appâts importantes, correspondant au 2^{ème} poste de charges (17%-19%) des dépenses totales. Les frais de personnel et charges sociales représentent les plus grosses dépenses (38-40%), mais leur niveau reste approximatif puisqu'il s'agit d'une estimation collectée lors des enquêtes et non le montant réel des dépenses.

- Le poste de carburant est limité à 7-8% quel que soit le groupe, la période étant plutôt favorable puisque les restes de prix sont relativement bas.
- Le nombre de jours de mer annuel (autour de 200 jours par an) est identique pour les navires de moins de 10 mètres ou les plus gros.

Figure 86 : Répartition des charges (hors salaires et charges sociales)



- Le chiffre d'affaire CA et le coût d'exploitation CE sont exprimés en milliers d'euros soit K€ par jour de mer réellement effectué.

- Deux indicateurs de performance économique, l'excédent brut d'exploitation (EBE exprimé en milliers d'euros, K€) et le taux de rentabilité (Valeur ajoutée / Chiffre d'Affaire), apportent des précisions sur la rentabilité des entreprises. Pour chaque groupe, elle est supérieure à 20%, maximale pour les navires de moins de 10 m (fortement représentés par les polyvalents de la côte) et minimale pour les navires de plus de 10 m.

2014 IFREMER	EBE en K€	Rentabilité	Fiabilité
Manche Ouest	51.4	24%	+
≥10 m	61.8	21%	+
<10 m	47.4	26%	+++
Polyvalent côte	45.2	27%	++

2014 IFREMER	CA/j	CE/j	Fiabilité
Manche Ouest	1.1	0.8	+
≥10 m	1.5	1.2	+
<10 m	0.9	0.7	+++
Polyvalent côte	0.9	0.6	++

Tableaux 24 : Chiffre d'affaire et coût d'exploitation des navires

Les navires Manche Ouest et « polyvalent côte » semble dégager un CA suffisant pour pallier les charges d'exploitation avec un différentiel de 0.3 K€ par jour de mer. Pour les navires de moins de 10 m, le différentiel est moindre, alors qu'il est négatif pour les navires de 10 m et plus. Cependant ce groupe n'est constitué que 4 navires avec un fort coefficient de variation, la fiabilité du résultat est donc faible.

2.3- Modèles économiques de la pêche de bulotiers de l'ouest Cotentin

Comme précisé plus haut, les modèles économiques des entreprises de pêche ciblant le bulot dans l'ouest Cotentin diffèrent selon un certain nombre de caractéristiques. Il existe donc plusieurs modèles d'activité pour cette pêche. L'objet de cette partie est donc d'en décrire les spécificités et d'évaluer la rentabilité économique selon les différents profils d'activité identifiés.

2.3.1- Segmentation de la population

La segmentation de la flottille des bulotiers de l'Ouest Cotentin tient compte de plusieurs caractéristiques discriminantes au sein de ce groupe de navire:

- Le premier critère retenu est **l'effectif embarqué**, puisqu'il induit un potentiel de capture par navire (quota de pêche par marin embarqué). Ce quota potentiel par navire conditionne donc directement le niveau d'activité de pêche bulotière et par conséquent le niveau de CA potentiel de l'entreprise. Globalement, deux modalités ont été retenues : 1 à 2 hommes et 3 à 4 hommes ;
- Le second critère retenu est **l'activité globale du navire** au cours de l'année. En effet, le modèle économique de l'entreprise sera différent si le navire cible exclusivement ou non le bulot au cours de l'année. Trois modalités ont été retenues : exclusif (CA bulot >85%), dominant (polyvalent mais CA bulot compris entre 50% et 85%), non dominant ;
- Le dernier critère est la **localisation géographique du navire**, à savoir un port à marée ou non. Cette localisation va en effet influencer directement sur la durée moyenne de la marée et donc naturellement sur le niveau d'activité de pêche du navire. Deux modalités ont été retenues : « port » et « côte » ;

Enfin, la petite taille de la population a conduit à limiter le nombre de segments de métier de manière à éviter toute difficulté de confidentialité statistique. Au final, compte tenu de ces critères, cinq segments de métiers ont été constitués :

Segment de métier 1 : Activité avec 3-4 hommes d'équipage - bulot dominante- PORT

Segment de métier 2 : Activité avec 3-4 hommes d'équipage - bulot exclusive - PORT

Segment de métier 3 : Activité avec 3-4 hommes d'équipage - bulot exclusive - COTE

Segment de métier 4 : Activité avec 1-2 hommes d'équipage - COTE

Segment de métier 5 : Activité bulot non dominante, toutes zones

Compte tenu du caractère très accessoire de l'activité bulotière pour le segment 5, seuls les 4 premiers segments de métier font l'objet d'une analyse détaillée du modèle économique associé à cette pêche bulotière.

2.3.2- Echantillonnage

Les navires ont été échantillonnés selon la méthode des quotas de manière à respecter les proportions de chaque critère de segmentation dans la population. Après consultation des organismes de gestion ayant participé à cette étude⁶ et identification des armements dont ils assuraient la tenue de comptabilité, une liste de navire à collecter a été établie par organisme de gestion. Au final, ce sont 23 armateurs qui ont autorisé leur organisme de gestion à transmettre les données de comptabilité de leur entreprise. Cette transmission a été opérée sur la base d'une comptabilité anonymisée, de manière à ne pas pouvoir identifier l'entreprise mais uniquement son segment de métier d'appartenance.

Le tableau suivant présente les effectifs de navire par segment (en moyenne sur 2014 et 2015) et l'échantillon constitué à partir des données détenues par les organismes de gestion assurant la tenue de comptabilité des entreprises.

Tableau 25 : Effectif de navires par segment

Segments de métier	Population navires 2014-2015	Echantillon navires 2014-2015	En % de la population
Segment 1 Activité 3-4 hommes- bulot dominante - PORT	11	5	45%
Segment 2 Activité 3-4 hommes - bulot exclusive - PORT	14	9	64%
Segment 3 Activité 3-4 hommes - bulot exclusive - COTE	14	4	29%
Segment 4 Activité 1-2 hommes - bulot COTE	13	4	31%
Segment 5 Activité bulot non dominante PORT ou COTE	7	1	ns
	59	23	39%

2.3.3- Modèles économiques moyens par segment (années 2014-2015)

Les informations économiques collectées auprès d'un échantillon de navires permettent de présenter les résultats agrégés observés sur les années 2014 et 2015. Les résultats du « bateau-type » pour chacun des quatre segments étudiés.

La taille réduite de la population, et par là-même des échantillons de navires dont l'information est exploitable, nous obligent toutefois à être prudents quant à l'interprétation ou l'extrapolation des résultats obtenus.

* **Le Chiffre d'affaire Bulot est estimé** : la part que représente le bulot dans le chiffre d'affaires total des navires a été estimée en utilisant deux sources de données : les données comptables fournies par les Organismes de Gestion (quand l'information était disponible), et les données de production en volume fournies par le Comité Régional des Pêches.

** **Le résultat opérationnel** correspond à l'excédent brut d'exploitation (EBE), retraité de certains éléments inhabituels et significatifs intervenus durant l'exercice comptable, et dont la non prise en compte pourrait fausser la lecture de la performance de l'entreprise. Une évaluation de la masse salariale a notamment été effectuée dans les cas où l'exploitation des données comptables ne permettait pas de le faire pour l'ensemble de l'équipage embarqué (cas de l'exploitant non salarié).

⁶ Cinq organismes de gestion ont fourni les éléments comptables des entreprises suite à l'accord de chacun des armateurs concernés : le CGPC de Cherbourg, le CGPM de Granville, le CER de Coutances, le cabinet AEXO – DUPONT de Bretteville sur Odon et le cabinet KPMG de Saint Lô.

- **Activité bulot 3-4 hommes d'équipage - dominante - PORT (segment 1)**

Données moyennes d'exploitation 2014-2015	
Chiffre d'affaires pêche (K€)	439,8
<i>Dont chiffre d'affaires Bulots estimé* (K€)</i>	358,1
Appâts (K€)	33,2
%/CA	8%
Carburant (K€)	30,2
%/CA	7%
Engins de pêche (K€)	12,4
%/CA	3%
Entretien-réparations (K€)	23,0
%/CA	5%
Salaires et charges sociales (K€)	201,6
%/CA	46%
Autres charges d'exploitation (K€)	43,9
%/CA	10%
Excédent Brut d'Exploitation (K€)	95,5
Résultat Opérationnel ** (K€)	108,7
<i>Nombre de jours de mer moyen</i>	207

Indicateurs de performance 2014-2015			
	Moyenne	Min	Max
taux de marge brute d'exploitation	21,7%	15,1%	26,4%
CA / Nombre de jours de mer (K€)	2,1	1,7	2,5
Coûts d'exploitation par jour de mer (K€)	1,7	1,4	1,8

- Le caractère « non exclusif » des navires du segment 1 entraîne une dépendance moindre aux appâts, qui ne représentent que 8% du chiffre d'affaires sur la période observée.

- La rentabilité d'exploitation atteint 21,7% sur la période, représentant un niveau satisfaisant.

- Homogénéité entre les navires, la représentativité de l'échantillon est satisfaisante

- **Activité bulot 3-4 hommes d'équipage - exclusive - PORT (segment 2)**

Données moyennes d'exploitation 2014-2015	
Chiffre d'affaires pêche (K€)	301,5
<i>Dont chiffre d'affaires Bulots estimé* (K€)</i>	283,3
Appâts (K€)	38,0
%/CA	13%
Carburant (K€)	20,4
%/CA	7%
Engins de pêche (K€)	7,1
%/CA	2%
Entretien-réparations (K€)	20,7
%/CA	7%
Salaires et charges sociales (K€)	141,7
%/CA	47%
Autres charges d'exploitation (K€)	38,2
%/CA	13%
Excédent Brut d'Exploitation (K€)	35,4
Résultat Opérationnel ** (K€)	39,6
<i>Nombre de jours de mer moyen</i>	210

Indicateurs de performance			
	Moyenne	Min	Max
taux de marge brute d'exploitation	11,7%	-7,4%	21,5%
CA / Nombre de jours de mer (K€)	1,4	1,1	1,7
Coûts d'exploitation par jour de mer (K€)	1,3	1,1	1,4

- Les achats d'appâts constituent une part importante des coûts d'exploitation, et représentent 13% du chiffre d'affaires moyen des navires du segment.

- La rentabilité d'exploitation atteint 11,7% sur la période

- Des **disparités très importantes existent entre les bateaux**, la représentativité de l'échantillon n'est pas optimisée.

- **Activité bulot 3-4 hommes d'équipage – COTE (segment 3)**

Données moyennes d'exploitation 2014-2015	
Chiffre d'affaires pêche (K€)	250,5
<i>Dont chiffre d'affaires Bulots estimé* (K€)</i>	241,0
Appâts (K€)	43,7
%/CA	17%
Carburant (K€)	19,6
%/CA	8%
Engins de pêche (K€)	13,6
%/CA	5%
Entretien-réparations (K€)	13,8
%/CA	6%
Salaires et charges sociales (K€)	103,3
%/CA	41%
Autres charges d'exploitation (K€)	32,4
%/CA	13%
Excédent Brut d'Exploitation (K€)	24,0
Résultat Opérationnel ** (K€)	25,4
<i>Nombre de jours de mer moyen</i>	195

➤ Les achats d'appâts représentent une part importante des coûts d'exploitation, **spécifiquement pour ce segment de métier (17% du CA)**.

➤ La rentabilité d'exploitation moyenne de 9.6 % demeure fragile sur la période observée.

- **Des disparités sont observées entre les navires.** La représentativité de l'échantillon ne semble pas optimisée.

Indicateurs de performance			
	Moyenne	Min	Max
taux de marge brute d'exploitation	9,6%	6,2%	17,4%
CA / Nombre de jours de mer (K€)	1,3	1,1	1,5
Coûts d'exploitation par jour de mer (K€)	1,2	1,1	1,3

- **Activité bulot 1-2 hommes d'équipage- COTE (segment 4)**

Données moyennes d'exploitation 2014-2015	
Chiffre d'affaires pêche (K€)	203,9
<i>Dont chiffre d'affaires Bulots estimé* (K€)</i>	175,6
Appâts (K€)	25,2
%/CA	12%
Carburant (K€)	12,6
%/CA	6%
Engins de pêche (K€)	3,8
%/CA	2%
Entretien-réparations (K€)	10,8
%/CA	5%
Salaires et charges sociales (K€)	83,6
%/CA	41%
Autres charges d'exploitation (K€)	24,2
%/CA	12%
Excédent Brut d'Exploitation (K€)	43,8
Résultat Opérationnel ** (K€)	44,7
<i>Nombre de jours de mer moyen</i>	190

➤ Les achats d'appâts représentent près de 12% de l'ensemble des charges d'exploitation des navires du segment.

➤ La rentabilité d'exploitation atteint néanmoins 21,5% sur la période observée, représentant un niveau satisfaisant.

➤ Peu de disparité entre les navires, l'échantillon est représentatif.

Indicateurs de performance			
	Moyenne	Min	Max
taux de marge brute d'exploitation	21,5%	15,2%	29,7%
CA / Nombre de jours de mer (K€)	1,1	0,9	1,3
Coûts d'exploitation par jour de mer (K€)	0,8	0,7	0,9

2.3.4 -Analyse comparée par segment de l'activité bulotière

Les segments 1 et 4 (bulot dominante avec 3-4 hommes ou 1-2 hommes) sont bien représentés par l'échantillon de navires constituant ces segments, ce n'est pas le cas du segment 2 dont la fiabilité est moyenne et du segment 3 pour lequel les résultats restent incertains.

- **Les charges : coût de l'appât dominant**

En dehors des salaires et charges sociales, le poste appâts reste important, c'est une des caractéristiques de l'activité bulotière, qui correspond dans la plupart des segments au 2^{ème} poste de dépenses après les salaires et les charges.

Les appâts représentent entre 8 à 17% des charges, alors que la part de carburant reste relativement stable avec 7% en moyenne de dépenses.

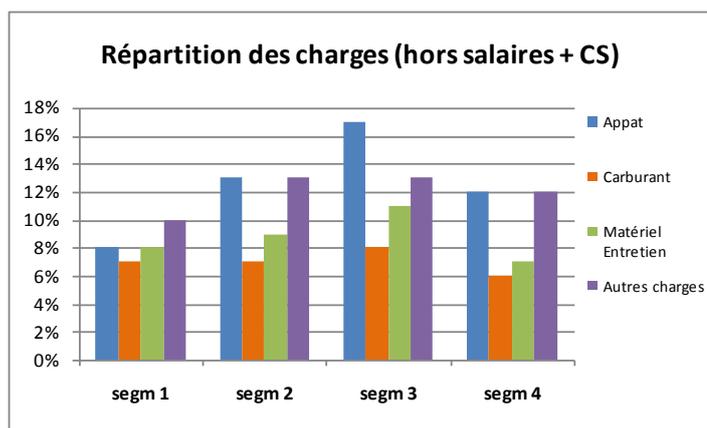


Figure 87 : Répartition des charges (hors salaires et charges sociales)

Dans la mesure où de nombreux armements pêchent eux-mêmes leurs appâts, il est possible que les navires du segment 1 pêchent plus d'appâts que les autres navires, alors que ceux du segment 3 sont a contrario, très dépensiers en appâts. Il est possible également que les autres charges d'exploitation restent importantes pour les segments 2 et 3 avec 13% des dépenses alors qu'elles sont minimisées dans le segment 1.

- **Les Chiffres d'affaires et coûts d'exploitation par marée**

Le chiffre d'affaire CA et le coût d'exploitation CE sont exprimés en milliers d'euros soit K€ par jour de mer réellement effectué.

Les navires des segments 1 et 2 armés avec 3 hommes ou plus, dépassent 200 jours de mer par an, alors que les armements de la côte (segments 3 et 4) ne sortent que 190-195 jours de mer par an. Seuls les segments 1 et 4 dégagent un CA suffisant pour pallier les charges d'exploitation.

2014-2015	CA/j	CE/j	Sensibilité de l'échantillon	Fiabilité
segment 1	2.1	1.7	Représentativité bonne +++ homogène	satisfaisante
segment 2	1.4	1.3	Représentativité bonne +++ Mais forte disparité	faible
segment 3	1.3	1.2	Représentativité moyenne ++ disparité	moyenne
segment 4	1.2	0.8	Représentativité moyenne +++ homogène +++	satisfaisante

Tableau 26 : Chiffres d'affaires et coût d'exploitation par marée

- **La rentabilité**

L'excédent brut d'exploitation (EBE) représente le résultat comptable et le résultat opérationnel (RO), le résultat économique en réintégrant des apports financiers autres. La rentabilité des armements se traduit par le ratio EBE/CA.

Le degré de fiabilité est issu de la représentativité de l'échantillon et de la disparité des résultats à l'intérieur du groupe constituant le segment de la population.

2014-2015	EBE	RO	Rentabilité	Fiabilité
segment 1	95.5	108.7	22%	satisfaisante
segment 2	35.4	39.4	12%	faible
segment 3	24	25.4	10%	moyenne
segment 4	43.8	44.7	22%	satisfaisante

Tableau 27 : Rentabilité des armements par segment

Pour les segments 1 et 4, la rentabilité des navires est satisfaisante avec un ratio de 22%, les plus faibles niveaux de charges en matériel, entretien et carburant leur permettent de dégager un EBE satisfaisant. Pour le segment 2, bien que l'échantillon soit bien représenté, une disparité importante est observée entre les armements, avec des navires déficitaires et d'autres très performants. Les navires du segment 3 sont plus homogènes, mais il est difficile d'avoir une bonne image moyenne des navires affectés à ce segment. Avec un EBE de 9.6%, ce segment demeure fragile.

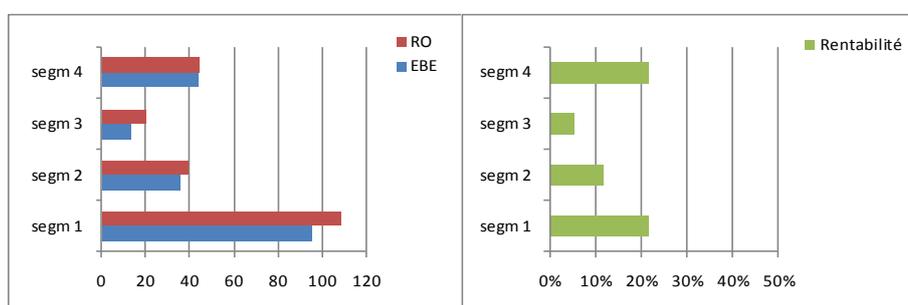


Figure 88 : Rentabilité des navires par segment

La rentabilité des bulotiers avec 1-2 hommes ou 3-4 hommes, dont l'activité est dominante en bulot, se situent au-dessus des navires français de moins de 12 mètres exerçant en Atlantique-Manche, pour lesquels le ratio de référence en 2014 est de 15,4% (Source : rapport économique des flottes de pêche européennes 2015). En France, les navires de moins de 12 mètres représentent 85% de la flotte et regroupent une diversité de métiers tels que fileyeurs, dragueurs et caseyeurs.

- **L'évaluation de la valeur et du volume débarqués (moyenne 2014-2015)**

A partir des extrapolations des données moyennes par segment (sources comptable et CRPM), l'activité bulotière génère 15.5 millions d'euros, la valeur des débarquements de bulot s'élève à 13.9 millions d'euros (89% de la valeur totale débarqués par les bulotiers). Le volume représenterait 6566 tonnes, soit 10% de plus que les données actuelles recueillies par le CRPM.

Tableau 28 : Récapitulatif de l'activité bulotière en Ouest Cotentin 2014-2015

Activité Bulot et espèces associées - moyenne 2014 2015		
CA total estimé (4 segments)	15.52	Millions euros
Dont CA bulot	13.85	89%
Prix moyen bulot	2.11	€/Kg
Déduction Volume Bulot	6 566	Tonnes
Volume par navire	126	Tonnes

- **Le Prix moyen**

Il est variable entre 2014 et 2015, avec un niveau plus bas en 2015 de 2.02€ (1.83 à 2.24) contre 2.24€ (1.92 à 2.28) en 2014.

3- Synthèse de l'axe 3

Ces 3 approches complémentaires ont permis de montrer :

- Des charges d'exploitation resserrées, évoluant de 10 à 13% suivant les stratégies de pêche
- Un poste de charges appât + matériel particulièrement important avec **11 à 15 % des charges totales en moyenne, mais qui peut atteindre un maximum de 22% pour les armements à 3 hommes et plus de « la côte ».**
- Une dispersion des résultats assez importante pour les navires côtiers à 3 ou 4 hommes, liés souvent aux charges de réparation du navire, au coût d'appât plus important ou au type d'armement (certains patrons salariés peuvent être moins économes que les patrons embarqués).
- **Une stabilité économique des bulotiers toute relative**, avec 2 groupes de navires distincts :
 - Les bulotiers dont l'activité est dominante en bulot, avec une rentabilité satisfaisante pour les navires polyvalents, et pour lesquels le ratio de référence EBE est supérieur à la moyenne française. Ces armements semblent avoir une assise suffisante pour absorber les aléas de la pêche. Ils représentent 46% des pêcheurs bulotiers étudiés.
 - Les armements dont l'EBE se situe en dessous des 15% (segment activité bulot exclusive), auront plus de mal à absorber les éventuelles modifications du milieu, ce sont 54% de pêcheurs bulotiers échantillonnés de la côte Ouest. Si certaines petites unités ont la possibilité de développer leur activité de pêche vers d'autres espèces comme les crustacés (puisqu'ils détiennent également cette licence), ce transfert d'activité à plus grande échelle n'est pas souhaitable pour assurer la stabilité du stock de crustacés.

L'activité bulotière qui était spécifique au golfe normand breton, tend aujourd'hui à se propager vers la Manche Est, avec des flottilles installées surtout en bande côtière (navires de moins de 12 m) et quelques unités au large de la Normandie (navires de plus de 12 m).

Les professionnels de Manche Ouest sont très attentifs à l'évolution de leur activité et à la gestion de cette ressource dont ils présument la fragilité au regard de l'évolution climatique. 20 à 25% des pêcheurs bulotiers sont membres actifs de la commission bulot Manche Ouest, qui proposent des mesures de gestion pour évoluer vers une pêche durable. Certaines mesures peuvent être encore envisagées pour compléter, si nécessaire, le dispositif existant.

CONCLUSIONS GENERALES

Concernant l'axe 1, de nouvelles connaissances ont été acquises sur la ressource Buccin, notamment sur son alimentation et son cycle de vie. Les effets d'un réchauffement des masses d'eau a pu être démontré sur la ponte, son développement embryonnaire et son taux d'éclosion. Ces données sont importantes à prendre en considération pour la dynamique du stock bulot.

La relation âge et croissance a pu être précisée mais sur une taille d'échantillon insuffisante. Des analyses complémentaires devront être menées pour affiner cette connaissance principalement sur les plus grandes classes de taille.

La taille de première maturité des buccins (L50) a été déterminée. L'impact d'une augmentation trop importante de la température de l'eau de mer sur la gamétogenèse a pu être mesuré sur les mâles avec un retard de ré initiation du cycle de reproduction. Des travaux de recherche sur le cycle des femelles en lien avec la température restent à développer.

Cependant, une étape préalable serait une mise à jour des paramètres biologiques afin de réduire l'incertitude associée.

L'axe 2 portait sur l'état du stock de bulot Ouest Cotentin qui reste fragile sur 2 zones. Cependant, parmi les mesures de gestion en place, la diminution de l'effort de pêche par la baisse du nombre de licences chaque année va dans le sens d'une diminution progressive du volume des débarquements. D'autre part, le lien effectif entre les débarquements et l'élévation de la température estivale, peut amplifier la réponse du stock vers la baisse, en conséquence, **de nouvelles mesures devront être proposées ou inventées afin d'améliorer le volume de la biomasse reproductrice.**

Les suivis scientifiques devront être optimisés en termes de cout-efficacité tout en restant adaptés aux modèles d'évaluation de stock. Les séries historiques seront compilées et pérennisées. **Les méthodes de diagnostic méritent d'être affinées selon les échelles de travail et les unités de gestion,** dans la mesure où les pêcheries de bulot se développent en Bretagne et en Manche Est. **Un groupe d'expert** pour les espèces à données limitées **devrait se mettre en place à l'échelle française** et permettre aux spécialistes du climat d'alimenter leur modèle spécifique.

Concernant l'axe 3, la flottille Ouest Cotentin reste dynamique avec une activité économique axée sur le bulot (exclusive) ou diversifiée avec d'autres espèces (crustacés, seiche ou coquille St Jacques). Trois pôles de débarquements restent importants (Granville, Blainville- Pirou et Carteret), mais la fréquentation des zones de pêche tend à évoluer vers des zones plus profondes. Une amélioration des suivis et des critères socio-économiques mériterait d'être mise en place dans le cadre d'un **observatoire économique** et les données biologiques disponibles pourraient être intégrées à un modèle bio économique des stocks pour en caractériser les meilleurs indicateurs.

Le programme BESTCLIM a permis de regrouper les compétences pluridisciplinaires présentes en région Normandie (recherche histologique et moléculaire, recherche halieutique et socio-économique) pour répondre à une problématique très large de pérennité de la ressource, des entreprises au regard de l'effet du changement climatique sur une espèce d'eau froide. Le buccin restant une ressource primordiale pour 120 entreprises de pêche normandes, mérite une attention toute particulière à l'échelle de la Manche.

BIBLIOGRAPHIE

Axe1

Hancock D (1967) Whelks. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Laboratory Leaflet N°15. Fisheries Laboratory, Burnham on Crouch, Essex, UK pp21

Martel et al 1986(a) Behaviour and timing of copulation and egg-laying in the neogasteropod *Buccinum undatum* L. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 96:27-42

Nasution S (2003) Intra capsular development in marine gasteropod *Buccinum undatum* (Linnaeus 1758). Jurnal Natur Indonesia 5:124-128

Nasution and al (2010) Maternal effects on offspring size and packaging constraints in the whelk. Journal of Zoology 281:112-117

Smith K.E. (2013) Physiological thresholds through early ontogeny: the effects of temperature and hydrostatic pressure on the common whelk *Buccinum undatum* (Linnaeus 1758) University of Southampton, Faculty of Natural and Environmental Sciences 79-103

Valentinsson D (2002) Reproductive cycle and maternal effects on offspring size and number in the neogasteropod *Buccinum undatum* (L). Marine Biology 140:1139-1147

Axe 2

Anonymous, 2012. Report of The Workshop to Finalize the ICES Data-limited Stock (DLS) Methodologies Documentation in an Operational Form for the 2013 Advice Season and to make Recommendations on Target Categories for Data-limited Stocks (WKLIFE II). ICES CM 2012/ACOM:79. 46 pp.

Cope, J. M. 2013. Implementing a statistical catch-at-age model (Stock Synthesis) as a tool for deriving overfishing limits in data-limited situations. Fisheries Research, 142: 3–14.

Costello, C., Ovando, D., Hilborn, R., Gaines, S. D., Deschenes, O., and Lester, S. E. 2012. Status and Solutions for the World's Unassessed Fisheries. Science, 338: 517–520.

Fox W.W. Jr, 1970. An exponential surplus yield model for optimizing exploited fish populations. Trans. Am. Fish Soc., 99(1), 80-88.

Gavaris, S., 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. Can. J. Fish Aquat. Sci. 37, 2272-2275.

Harley, S.J., Myers, R.A., and Dunn, A. 2001. Is catch-per-unit-effort proportional to abundance? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58(9): 1760-1772. [doi:10.1139/cjfas-58-9-1760](https://doi.org/10.1139/cjfas-58-9-1760).

Heude-Berthelin, C., Hégron-Macé, L., Legrand, V., Jouaux, A., Adeline, B., Mathieu, M., and Kellner, K., 2011. Growth and reproduction of the common whelk *Buccinum undatum* in west Cotentin (Channel), France. Aquat. Living Resour. 24, 317-327

Hilborn, R. 1997. Uncertainty, Risk, and the Precautionary Principle. In Global trends: fisheries management, E. Pikitch, D. Hupert, and M. Sissenwine, pp. 100–106. Bethesda, Maryland.

- Hilborn, R., and Walters, C.J. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, New York.
- Hinton, M.G., and Maunder, M.N. 2003. Methods for standardizing CPUE and how to select among them. Inter-American Tropical Tuna Commission. SCTB16 Working Paper.
- Hollyman, P., Chenery, S.R., Righton, D., Richardson, C.A. Timing of growth line formation in accreted structures of the whelk *Buccinum undatum*. Conference Paper. September 2014
- Hollyman, P., Chenery, S.R., Righton, D, Leng, M., Richardson, C.A. Seasonal growth of carbonate structures from the common whelk using stable isotopes and trace elements. Conference Paper. June 2015.
- Honey, K. T., Moxley, J. H., and Fujita, R. M. 2010. From rags to fishes: data-poor methods for fishery managers. *Managing Data-Poor Fisheries: Case Studies, Models & Solutions*, 1: 159–184.
- Ichinokawa, M. and Brodziak, J. 2010. Using adaptative area stratification to standardise catch rates with application to North Pacific swordfish (*Xiphias gladius*). *Fisheries Research* 106 (2010) 249-260. doi:10.1016/j.fishres.2010.08.001.
- Lawler A., Determination of the Size of Maturity of the Whelk *Buccinum undatum* in English Waters- CEFAS (2011) DEFRA Science and Research Projects MF0231.
- Mahe Kelig, Fave Sébastien, Couteau Jean (2011). TNPC User guide
- Martell S. and R. Froese, 2013. A simple method for estimating MSY from catch and resilience. *Fish and fisheries* 14: 504-514, doi:10.1111/j.1467-2979.2012.00485.x
- Maunder, M.N., and Punt, A.E. 2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fish. Res.* 70(2-3): 141-159. [doi:10.1016/j.fishres.2004.08.002](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.08.002).
- Maunder, M.N., Sibert, J.R., Fonteneau, A., Hampton, J., Kleiber, P., Harley, S.J., 2006. Interpreting catch per unit effort data to assess the status of individual stocks and communities. *ICES J. Mar. Sci.* 63, 1373-1385.
- Methot, R. D., and Wetzel, C. R. 2013. Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fisheries Research*, 142: 86–99.
- R-Development-Core-Team, 2008. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Australia.
- Rosenberg, A.A., Fogarty, M.J., Cooper, A.B., Dickey-Collas, M., Fulton, E.A., Gutiérrez, N.L., Hyde, K.J.W., Kleisner, K.M., Kristiansen, T., Longo, C., Minte-Vera, C., Minto, C., Mosqueira, I., Chato Osio, G., Ovando, D., Selig, E.R., Thorson, J.T. & Ye, Y. 2014. Developing new approaches to global stock status assessment and fishery production potential of the seas. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular* No. 1086. Rome, FAO. 175 pp.
- Schaefer M.B., 1968. Methods of estimating effects of fishing on fish populations. *Trans. Am. Fish Soc.*, 97(3), 231-241.
- Smith, D., Punt, A., Dowling, N., Smith, A., Tuck, G., and Knuckey, I. 2009. Reconciling Approaches to the Assessment and Management of Data-Poor Species and Fisheries with Australia’s Harvest Strategy Policy. *Marine and Coastal Fisheries*, 1: 244–254.

Walter, J., Ortiz, M. and Brown, C. 2008. Standardized catch rates for bigeye tuna (*Thunnus obsesus*) from the pelagic longline fishery in the NorthWest Atlantci and the Gulf of Mexico. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62(2): 445-468 (2008).

Ye Y. and Dennis, D. 2008. How reliable are the abundance indices derived from commercial catch-effort standardisation Can. J. Fish. Aquat. Sci. 66: 1169-1178 (2009).