



Université du Québec
à Rimouski

**Écologie et dynamique de population de la crevette de roche
(*Sclerocrangon boreas*) sur la Côte-Nord (Québec)**

Mémoire présenté

dans le cadre du programme de maîtrise en océanographie

en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences

PAR

© WASSILA MERABTI

Mars 2018

Composition du jury :

Dominique Robert, président du jury, Université du Québec à Rimouski

Jean-Claude Brêthes, directeur de recherche, Université du Québec à Rimouski

Bernard Sainte-Marie, codirecteur de recherche, Institut Maurice-Lamontagne

Madeleine Nadeau, examinatrice externe, MERINOV, Centre des îles de la Madeleine

Dépôt initial le 14 août 2017

Dépôt final le 29 mars 2018

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI
Service de la bibliothèque

Avertissement

La diffusion de ce mémoire ou de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire « *Autorisation de reproduire et de diffuser un rapport, un mémoire ou une thèse* ». En signant ce formulaire, l'auteur concède à l'Université du Québec à Rimouski une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de son travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, l'auteur autorise l'Université du Québec à Rimouski à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de son travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits moraux ni à ses droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, l'auteur conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont il possède un exemplaire.

À la mémoire de mon papa.
L'étoile qui brille mes nuits les plus
sombres.

Entre ma mère et la mer, coule
le plus beau des sentiments. Donc, à
elles.

REMERCIEMENTS

Je ne cesserais de remercier mon directeur Jean-Claude Brêthes, sans qui le tout n'aurait été possible. Je le remercie de m'avoir permis de rencontrer *Sclerocrangon boreas* et de m'avoir permis de bénéficier de tous les comforts d'une vie d'étudiante. Je retiendrais beaucoup de choses qui m'ont permis de m'accrocher et surtout d'avancer dans mes travaux. Ses commentaires de qualité et ses encouragements me manqueront facilement. Je remercie également mon codirecteur Bernard Sainte-Marie, pour sa disponibilité au besoin et pour ses précieux commentaires. Je le remercie de m'avoir permis de bénéficier de son expérience sur le terrain et d'avoir répondu à mes nombreuses questions sur cette espèce, que je trouve juste fantastique ! Je tiens également à remercier le président de mon jury Dominique Robert ainsi que l'examinatrice externe Madeleine Nadeau pour leurs judicieux commentaires.

Un énorme merci à Hélène Dionne et à Patrice Goudreau de l'IML. Je les remercie de m'avoir livré les crevettes de la Minganie et d'avoir pris le temps de répondre à mes petits soucis du détail. Je suis également très reconnaissante envers mes collaborateurs de chez MERINOV à Sept-Îles. D'abord, à Mathieu Morin avec qui j'ai vraiment apprécié collaborer. Je le remercie de m'avoir facilité la tâche pas mal de fois, de m'avoir accompagné aux entrevues avec les pêcheurs et de m'avoir encouragé à plusieurs reprises. Je remercie également Mélanie Durand d'avoir entrepris les entrevues dans la Basse-Côte-Nord et Marie Lionard d'avoir tenu ce projet.

Ce travail a été réalisé grâce à une subvention du programme Innovamer du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec et grâce à une bourse de l'ISMER et au soutien financier de la Société Metro à la chaire de l'UNESCO en analyse intégrée des systèmes marins.

Je ne pourrais oublier l'équipage du NGCC LEIM. Je le remercie de m'avoir aidé, amusé et fait découvrir des baleines et des phoques de tribord comme de bâbord! Avec eux, j'ai passé les premières belles journées de mon projet de maîtrise, sur les eaux du golfe ! Un énorme merci aux pêcheurs sans qui une partie de cette étude n'aurait pas eu lieu. Je leur rends hommage pour le plus beau métier qu'ils entreprennent.

Un énorme merci à Alain Caron (UQAR) pour sa disponibilité, sa patience et pour son aide avec les statistiques et ArcGIS, lorsque ces deux-là et moi ne parlions pas le même langage. Je n'oublie sans doute pas de remercier David Beauchesne (ISMER) pour son petit cours d'initiation sur ArcGIS, Martine Belzile (ISMER) pour sa tendresse débordante et pour sa générosité si naturelle ou encore les locataires du labo d'halieutique (ISMER) pour les encouragements et pour les bons matins, le café chaud à la main.

Sur le plan personnel, la liste est longue. Par peur d'en oublier certains, j'exprime des remerciements forts et sincères à tous ceux avec qui j'ai pu rire, partager ou échanger et qui m'ont permis d'une manière ou d'une autre de franchir cette ligne d'arrivée, qui est le marathon de la maîtrise. À toute ma famille qui m'a porté un soutien et un amour infini. À tous les moments d'amitié passés ici et ailleurs. À Rimouski, ma ville d'adoption, je lui rends les plus beaux des hommages. Je la remercie pour ses levés et couchers de soleil totalement inoubliables et pour ses vents qui m'ont amené à rencontrer l'as de mon cœur.

Tanmirt.

AVANT-PROPOS

Femelle *Sclerocrangon boreas*. Baie Sainte-Marguerite (nord-ouest du golfe du Saint-Laurent). Mai 2014.

RÉSUMÉ

Au Québec, la crevette de roche (*Sclerocrangon boreas*) est une prise accessoire, régulièrement rencontrée lors de la pêche au pétoncle d'Islande (*Chlamys islandica*). Cette espèce non exploitée intéresse de plus en plus les pêcheurs dans le nord du golfe du Saint-Laurent en raison de sa grande taille. Ce travail entre dans le cadre d'une étude visant à vérifier les possibilités d'exploitation de *S. boreas*. Il avait pour objectifs d'identifier la distribution spatiale, les habitats potentiels et de décrire quelques aspects de la biologie et de la productivité de l'espèce. Deux approches ont été adoptées pour localiser et caractériser les habitats de cette espèce. La première consistait à identifier les zones de répartition de *S. boreas* à partir de données rapportées par 34 pêcheurs le long de la côte nord et dans l'estuaire du Saint-Laurent. La seconde consistait à utiliser les données de campagnes scientifiques effectuées dans deux régions du nord du golfe. Les zones observées ont été caractérisées au moyen de grilles environnementales. Les caractéristiques des différentes zones observées ont été déterminées par des analyses de classification (CAH) et d'ordination (ACP). Les caractéristiques de la reproduction, la croissance, la mortalité et le potentiel de production ont aussi été estimés.

S. boreas se retrouve sur des fonds côtiers et hétérogènes. Cette espèce à large répartition occupe un substrat avec une forte composante sableuse. On la retrouve sur des fonds grossiers dominés par des courants horizontaux forts et des températures froides, des fonds de sable turbides et des fonds à forte pente où le sable vaseux prédomine. Il existe des différences régionales dans la distribution spatiale des densités et dans les longueurs moyennes de la population. Sur un fond de sable turbide, les longueurs sont petites et la répartition spatiale des crevettes est localisée en agrégat sur une gamme bathymétrique très étroite tandis que sur un fonds grossier dominé par des courants, les longueurs sont plus importantes et la répartition est plus étendue et se produit sur un intervalle bathymétrique plus large. Les densités observées sont faibles et il existe un chevauchement spatial dans la répartition des femelles matures et immatures et des deux sexes.

La reproduction des femelles est estivale et se produit sur un cycle de deux ans. On retrouve ainsi simultanément des reproductrices (porteuses d'œufs) et des génitrices (récemment dégrainées) qui ont des caractéristiques de femelles immatures. La présence d'épibiontes sur les femelles des deux générations suggère que les milieux côtiers sont les abris de la reproduction. Les mâles ont une croissance plus rapide, atteignent des tailles maximales plus petites et ont une mortalité plus élevée que les femelles. Cette étude suggère que ses caractéristiques rendent *S. boreas* très vulnérable à l'exploitation.

Mots clés : *Sclerocrangon boreas*, savoir traditionnel des pêcheurs, distribution spatiale, habitat, reproduction, croissance, mortalité, productivité.

ABSTRACT

In Quebec, rock shrimp (*Sclerocrangon boreas*) is a bycatch, regularly encountered during the Icelandic scallop fishery (*Chlamys islandica*). This unharvested species is of increasing interest to fishers in the northern Gulf of St. Lawrence because of its large size. This work is part of a feasibility study to verify the potential for exploitation of *S. boreas*. Its objectives were to identify the spatial distribution, the potential habitats and to describe some aspects of biology and productivity of *S. boreas* population. Two approaches have been adopted to locate and characterize the habitats of this species. The first one was to identify the distribution areas of *S. boreas* from data reported by 34 fishers along the north coast and in the St. Lawrence estuary. The second was to use data from scientific surveys in two regions of the northern Gulf. Observed areas were characterized by environmental grids. The characteristics of the different observed areas were determined by classification (HAC) and ordination (PCA) analysis. Spawning, growth, mortality characteristics and production potential were also estimated.

S. boreas is found on coastal and heterogeneous grounds. This ubiquitous species occupies a substrate with a strong sand component. It is found on coarse bottoms dominated by strong horizontal currents and cold temperatures, turbid sandy bottoms, and steep slopes where muddy sand predominates. There are regional differences in the spatial distribution of densities and in the average lengths of this population. On a turbid sand bottom, the lengths are small and the spatial distribution of the shrimp is located in aggregates over a very narrow bathymetric range, while on a coarse ground dominated by currents, the lengths are larger and the distribution is more extensive and occurs over a wider bathymetric interval. The densities observed are low and there is spatial overlap in the distribution of mature and immature females and of both sexes.

Female reproduction takes place in summer and occurs over a two-year cycle. We thus find simultaneously reproductive (carrying eggs) and post-spawning (recently degraigned) females that have characteristics of immature females. The presence of epibionts on females of both generations suggests that coastal environments are spawning grounds. Males grow faster, reach smaller maximum sizes and have higher mortality than females. This study suggests that the biological characteristics make the species very vulnerable to exploitation.

Keywords : *Sclerocrangon boreas*, Fishers' Knowledge, spatial distribution, habitat, spawning, growth, mortality, productivity.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	ix
AVANT-PROPOS.....	xi
RÉSUMÉ.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
TABLE DES MATIÈRES.....	xv
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	xxix
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
CHAPITRE 1 . MÉthodologie.....	11
1.1 AIRE D’ETUDE.....	11
1.2 IDENTIFICATION DES HABITATS POTENTIELS DE LA CREVETTE DE ROCHE.....	12
1.2.1 Entretien auprès des pêcheurs.....	12
1.2.2 Analyse des données.....	14
1.3 BIOLOGIE ET ECOLOGIE DE LA CREVETTE DE ROCHE.....	19
1.3.1 Campagnes scientifiques.....	19
1.3.2 Traitements des échantillons.....	23
1.3.3 Analyse des données.....	25
1.3.4 Analyse statistique.....	32
CHAPITRE 2 . DISTRIBUTION SPATIALE ET HABITATS POTENTIELS DE LA CREVETTE DE ROCHE DANS L’ESTUAIRE ET LE GOLFE DU SAINT- LAURENT.....	33
2.1 RESULTATS DES ENQUETES AUPRES DES PECHEURS.....	33
2.1.1 Profil des activités des pêcheurs.....	34
2.1.2 Captures associées à la crevette de roche.....	38
2.2 REPARTITION SPATIALE DE LA CREVETTE DE ROCHE.....	41
2.2.1 Zones observées.....	41

2.2.2	Caractéristiques des zones observées	47
2.2.3	Variation bathymétrique des densités de la population	60
CHAPITRE 3 . CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES CHEZ LA POPULATION DE LA CREVETTE DE ROCHE DANS LE SECTEUR NORD-OUEST DU GOLFE SAINT-LAURENT		
		69
3.1	CARACTERISTIQUES GENERALES DES CREVETTES	69
3.1.1	Population BSM	69
3.1.2	Population HSP	79
3.2	REPRODUCTION	88
3.2.1	Sex-ratio	88
3.2.2	Maturité des femelles	90
CHAPITRE 4 . PRODUCTION ET DYNAMIQUE DE LA POPULATION DE LA CREVETTE DE ROCHE DANS LE SECTEUR NORD-OUEST DU GOLFE SAINT-LAURENT		
		107
4.1	ANALYSE DES FREQUENCES DE TAILLES	108
4.2	COEFFICIENT DE CROISSANCE	111
4.3	LOIS DE CROISSANCE	114
4.3.1	Croissance en longueur	114
4.3.2	Croissance en masse	116
4.4	MORTALITE	118
4.5	BIOMASSE ET PRODUCTION	121
4.6	CAPTURES PAR RECRUE	124
CHAPITRE 5 . DISCUSSION GÉNÉRALE.....		
		127
5.1.	DISTRIBUTION SPATIALE ET HABITATS POTENTIELS	127
Espèce à large répartition		133
5.2.	RELATIONS BIOMETRIQUES.....	137
5.3.	SEX-RATIO.....	139

5.4.	REPRODUCTION DES FEMELLES	141
5.4.1.	Femelles matures et immatures.....	141
5.4.2.	Croissance de l'abdomen chez les femelles matures	142
5.4.3.	Croissance de l'abdomen chez les femelles immatures	143
5.4.4.	Cycle de reproduction	144
5.5.	DYNAMIQUE DE LA POPULATION.....	147
5.5.1.	Croissance	147
5.5.2.	Mortalité.....	150
5.5.3.	Biomasse, production et productivité	153
5.5.4.	Captures par recrues.....	157
5.5.5.	Stratégie d'exploitation	158
	CONCLUSION.....	161
	ANNEXES.....	167
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	213

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les 23 variables quantitatives utilisées dans la caractérisation des habitats de <i>S. boreas</i> . Les valeurs maximales et minimales sont celles de la base de données (Dutil <i>et al.</i> , 2012). Min : minimum, Moy : moyenne, Max : maximum et STD : écart-type.	16
Tableau 2 : Nombre d’entrevues réalisées avec les participants à l’étude entre mars et septembre 2014 dans les différents secteurs visités.	33
Tableau 3 : Pourcentage des observations de présence annuelle de <i>S. boreas</i> selon 22 pêcheurs interrogés.	40
Tableau 4 : Valeurs quantitatives moyennes (\pm écart-type) des variables environnementales (minimales, maximales, moyennes) de chaque groupe discriminé par la CAH.	49
Tableau 5 : Contribution relative en pourcentage de la variance expliquée associée à chacun des axes de l’ACP.	53
Tableau 6 : Valeurs de probabilité (P) obtenues pour chaque variable environnementale dans la séparation des groupes. Du plus significatif au non significatif.	55
Tableau 7 : Valeurs quantitatives moyennes (\pm écart-type) des variables environnementales (minimales, maximales, moyennes) de chaque secteur de prélèvement de <i>S. boreas</i>	57
Tableau 8 : Coefficients de régressions des relations entre la longueur totale (LT) et la longueur céphalothoracique (LC) établies pour les crevettes mâles et femelles de <i>S. boreas</i> dans chacun des secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM). L’ordonnée à l’origine (a), la pente b (\pm écart-type), le coefficient de détermination (r^2), la valeur (F) et sa probabilité correspondante (P), la valeur du test de l’isométrie (t) et sa probabilité (P) sont présentées.	71
Tableau 9 : Longueurs moyennes céphalothoraciques (LC) et longueurs moyennes totales (LT) des crevettes mâles et femelles de chaque secteur de la baie Sainte-Marguerite (BSM). Les valeurs moyennes sont accompagnées de leurs écarts-types. n étant l’effectif.	72

Tableau 10 : Masses moyennes totales (Mt) des crevettes mâles et femelles de <i>S. boreas</i> dans chacun des secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM). Les valeurs moyennes sont accompagnées de leurs écarts-types ; n est l'effectif.	76
Tableau 11 : Coefficients de régressions des relations entre la masse totale (Mt) et la longueur céphalothoracique (LC) établies pour les crevettes mâles et femelles de <i>S. boreas</i> dans chacun des secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM). L'ordonnée à l'origine (a), la pente b (\pm écart-type), le coefficient de détermination (r^2), la valeur (F) et sa probabilité correspondante (P), la valeur du test de l'isométrie (t) et sa probabilité (P) sont présentées.	77
Tableau 12 : Coefficients de régressions des relations entre la longueur totale (LT) et la longueur céphalothoracique (LC) établies pour les crevettes mâles et femelles de <i>S. boreas</i> dans chacun des secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP). L'ordonnée à l'origine (a), la pente b (\pm écart-type), le coefficient de détermination (r^2), la valeur (F) et sa probabilité correspondante (P), la valeur du test de l'isométrie (t) et sa probabilité (P) sont présentées.	79
Tableau 13 : Longueurs moyennes céphalothoraciques (LC) et longueurs moyennes totales (LT) des crevettes mâles et femelles de chaque secteur de Havre-Saint-Pierre (HSP). Les valeurs moyennes sont accompagnées de leurs écarts-types ; n est l'effectif.	81
Tableau 14 : Masses moyennes totales (Mt) des crevettes mâles et femelles de <i>S. boreas</i> dans chacun des secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP). Les valeurs moyennes sont accompagnées de leurs écarts-types ; n est l'effectif.	85
Tableau 15 : Coefficients de régressions des relations entre la masse totale (Mt) et la longueur céphalothoracique (LC) établies pour les crevettes mâles et femelles de <i>S. boreas</i> dans chacun des secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP). L'ordonnée à l'origine (a), la pente b (\pm écart-type), le coefficient de détermination (r^2), la valeur (F) et sa probabilité correspondante (P), la valeur du test de l'isométrie (t) et sa probabilité (P) sont présentées.	87
Tableau 16 : Analyse du sex-ratio chez <i>S. boreas</i> dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et à Havre-Saint-Pierre (HSP) en mai et juin 2014. La valeur du test Z et sa probabilité (P) sont présentées.	88
Tableau 17 : Comparaison des pentes et des origines entre les droites de régression des femelles matures et immatures dans chaque secteur géographique. Le nombre de	

degrés de liberté (dl), les valeurs respectives du test (t) et les niveaux de probabilité (P) pour la comparaison des pentes et des positions sont présentés.....	90
Tableau 18 : Comparaison des longueurs moyennes (LC) et (LA) chez les femelles matures identifiées avec un ratio $LA : LC < 1$ et un ratio $LA : LC \geq 1$ dans chaque secteur géographique.	92
Tableau 19 : Coefficients de régressions des relations entre la largeur de l'abdomen (LA) et la longueur céphalothoracique (LC) établies pour l'ensemble des femelles immatures de <i>S. boreas</i> dans chaque secteur géographique et pour les femelles immatures de <i>S. boreas</i> ($LC < 21$ mm à BSM et $LC < 23$ mm à HSP).	93
Tableau 20 : Pourcentage des femelles ayant récemment mué (postmue) dans chaque secteur géographique, par rapport au nombre total (n) des femelles observées.	100
Tableau 21 : Pourcentage (%) des femelles matures et œuvées <i>S. boreas</i> identifiées avec des épibiontes sur le corps.	101
Tableau 22 : Pourcentage (%) des femelles œuvées <i>S. boreas</i> identifiées avec des épibiontes sur le corps.....	102
Tableau 23 : Groupes d'âge et longueurs moyennes correspondantes pour les mâles et les femelles <i>S. boreas</i> dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et le Havre-Saint-Pierre (HSP). Les longueurs moyennes (LC) sont accompagnées par \pm leurs intervalles de confiance (95%). n : effectif de la cohorte (%); r^2 : coefficient de corrélation; $S.D.$: écart type; $S.I.$: indice de séparation.	110
Tableau 24 : Valeurs du paramètre LC_{∞} (mm) obtenues pour les mâles et les femelles <i>S. boreas</i> dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et à Havre-Saint-Pierre (HSP). ()* étant le coefficient de détermination r^2 de la courbe de Powell-Wetherall.	111
Tableau 25 : Valeurs du paramètre K (an^{-1}) obtenues pour les mâles et les femelles <i>S. boreas</i> dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et à Havre-Saint-Pierre (HSP). ()* étant le score Rn donné par le programme FISAT II.	112
Tableau 26 : Résultats du modèle non linéaire assurant l'estimation des coefficients de croissance K et t_0 ; r^2 est le coefficient de l'ajustement.	113
Tableau 27 : Équation de croissance selon le modèle de population de von Bertalanffy pour les mâles et les femelles <i>S. boreas</i> dans chacune des régions.....	115

Tableau 28 : Estimation de la masse asymptotique (Mt_{∞}) chez les mâles et femelles <i>S. boreas</i> dans chaque région. L'ordonnée à l'origine (a) et la pente (b) des relations masse-taille servant au calcul sont également présentées.	116
Tableau 29 : Coefficients instantanés de mortalité naturelle (M) estimée selon la méthode de Pauly pour les groupes d'âge mâles et femelles identifiés par la décomposition modale. LC max : longueur maximale de la carapace (mm) ; LC $_{\infty}$: longueur asymptotique de la carapace (mm) et T : température du milieu, base 2012 (°C).	119
Tableau 30 : Coefficients instantanés de mortalité naturelle (M ; an $^{-1}$) obtenues chez les mâles et les femelles de <i>S. boreas</i> par différentes méthodes dans les deux régions, baie Sainte-Marguerite (BSM) et Havre-Saint-Pierre (HSP).	120
Tableau 31 : Maximums de production (g) et de biomasse (g) chez les mâles et femelles <i>S. boreas</i> dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et dans le Havre-Saint-Pierre (HSP). Le chiffre entre parenthèses est l'âge auquel la production et la biomasse sont maximales (ans).	121
Tableau 32 : Taux de production par biomasse obtenus pour chaque taux de mortalité naturelle M pour les crevettes mâles et femelles dans la BSM et le HSP. Recrutement fixé à 1000 individus.	124
Tableau 33 : Comparaison de données publiées de P/B pour deux espèces de Crangonidés dans différentes régions géographiques. Productivité (P/B) (an $^{-1}$),	154

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des lieux d’entrevues pour les prélèvements géographiques de présence de <i>S. boreas</i>	11
Figure 2 : Localisation des points d’échantillonnage ciblés pour le crabe des neiges et la crevette de roche dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et pour le pétoncle d’Islande dans le Havre-Saint-Pierre (HSP). Les sous-régions correspondantes sont identifiées A et B.	20
Figure 3 : <i>S. boreas</i> . Mesures morphométriques prises sur les différentes parties du corps. <i>LC</i> : Longueur du céphalothorax, <i>LT</i> : Longueur totale et <i>LA</i> : Largeur de l’abdomen.	23
Figure 4 : A. Espèces ciblées par l’ensemble des pêcheurs interrogés (n=34) et B. Espèces ciblées par les pêcheurs interrogés dans chaque secteur d’activité ; HCN (n=7), MCN (n=10) et BCN (n=17).	35
Figure 5 : A. Engins de pêche utilisés par l’ensemble des pêcheurs rencontrés (n=34) et B. Répartitions des engins utilisés par les pêcheurs dans chaque secteur d’activité ; HCN (n=7), MCN (n=10) et BCN (n=17).	37
Figure 6 : A. Espèces associées aux captures de <i>S. boreas</i> selon les pêcheurs interrogés (n=28). B. Espèces associées aux captures de <i>S. boreas</i> selon les pêcheurs interrogés dans chaque secteur (n=7 dans la HCN ; n=10 dans la MCN et n=11 dans la BCN).	39
Figure 7 : Nature du substrat (A) et du fond marin (B) associé à la présence de <i>S. boreas</i> . L’information (A) recueillie par 30 pêcheurs et (B) par 26 pêcheurs.....	40
Figure 8 : Représentation des zones de présence observées (par 27 pêcheurs) de <i>S. boreas</i> dans l’estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent. Les coordonnées géographiques de chaque zone (polygone) sont présentées à l’annexe 4.	42
Figure 9 : Analyse de groupement (CAH). L’étiquette verticale des données correspond aux numéros des zones observées (de 1 à 37 ; Annexe 4) auxquelles se joignent les zones des relevés biologiques de <i>S. boreas</i> , BSM (B), HSP (A) et HSP (B).	47

Figure 10 : Type de sédiments composant les différents groupes discriminés par la CAH et proportion (%) de présence des affleurements rocheux composant les différents groupes discriminés par la CAH.	50
Figure 11 : Analyse en composantes principales (ACP) basée sur la matrice de corrélation (Pearson) mettant en lien les 37 zones observées et les variables environnementales caractéristiques. Les flèches représentent chacune les 28 variables environnementales d'étude. Les zones observées sont identifiées par un numéro (Annexe 4) et les trois symboles colorés correspondent aux trois groupes des zones de pêches.	52
Figure 12 : Compositions moyennes des sédiments contenant dans les traits de pêche dans les deux sous-secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP).	58
Figure 13 : Représentation géographique des trois habitats potentiels de <i>S. boreas</i> discriminés par la classification ascendante hiérarchique (CAH).	59
Figures 14 : Répartition bathymétrique des densités totales de <i>S. boreas</i> (ind/1000m ²) dans les deux secteurs de la baie Sainte-Marguerite. La courbe de lissage Loess est présentée en linge pointillé.	61
Figure 15 : A. Répartition spatiale des densités totales (ind/1000 m ²) obtenues pour la population de <i>S. boreas</i> (sexes confondus) dans la région de la baie Sainte-Marguerite (BSM A et B). B. Localisation de la présence de <i>S. boreas</i> (sexes confondus) dans les relevés du crabe des neiges dans la région de la baie Sainte-Marguerite. Les présences de <i>S. boreas</i> dans les secteurs BSM (Secteurs A et B) sont également mentionnées à la figure 15.	63
Figures 16 : Répartition bathymétrique des densités totales de <i>S. boreas</i> (ind/1000 m ²) dans le secteur HSP (A). La courbe de lissage Loess est présentée en linge pointillé.	64
Figures 17 : Répartition bathymétrique des densités totales de <i>S. boreas</i> (ind/1000 m ²) dans le secteur HSP (B). La courbe de lissage Loess est présentée en linge pointillé.	65
Figure 18 : Répartition spatiale des densités totales de <i>S. boreas</i> (ind/1000 m ²) obtenues lors des campagnes scientifiques du pétoncle d'Islande dans la région de Havre-Saint-Pierre (HSP A et B).	67

Figures 19 : Relations entre la longueur totale (LT) et la longueur céphalothoracique (LC) chez la population mâle (a) et femelle (b) de <i>S. boreas</i> dans le secteur BSM (A) et chez la population mâle (c) et femelle (d) de <i>S. boreas</i> dans le secteur BSM (B).	70
Figures 20 : Répartition des fréquences de longueur (1 mm) chez les mâles et femelles <i>S. boreas</i> capturés dans les deux secteurs de la baie Sainte-Marguerite en mai 2014.	73
Figures 21 : Distribution des longueurs (LC) en fonction de la profondeur pour les crevettes mâles et femelles <i>S. boreas</i> dans A : le secteur de la BSM (A) et B : le secteur de la BSM (B). Les barres horizontales centrales sont les médianes entourées du premier et du troisième quartile. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les longueurs de chaque strate de profondeur.	75
Figures 22 : Relations entre la masse totale (Mt) et la longueur céphalothoracique (LC) chez la population mâle (a) et femelle (b) de <i>S. boreas</i> dans le secteur BSM (A) et chez la population mâle (c) et femelle (d) de <i>S. boreas</i> dans le secteur BSM (B).	78
Figures 23 : Relations entre la longueur totale (LT) et la longueur céphalothoracique (LC) chez la population mâle (a) et femelle (b) de <i>S. boreas</i> dans le secteur HSP (A) et chez la population mâle (c) et femelle (d) de <i>S. boreas</i> dans le secteur HSP (B).	80
Figures 24 : Répartition des fréquences de longueur (1 mm) chez les mâles et femelles <i>S. boreas</i> capturés dans les deux secteurs de Havre-Saint-Pierre en juin 2014.	82
Figure 25 : Distribution des longueurs (LC) en fonction de la profondeur pour les crevettes mâles et femelles <i>S. boreas</i> dans le secteur de HSP (A). Les barres horizontales centrales sont les médianes entourées du premier et du troisième quartile. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les longueurs de chaque strate de profondeur.	83
Figure 26 : Distribution des longueurs (LC) en fonction de la profondeur pour les crevettes mâles et femelles <i>S. boreas</i> dans le secteur de HSP (B). Les barres horizontales centrales sont les médianes entourées du premier et du troisième quartile. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les longueurs de chaque strate de profondeur.	84

- Figures 27 : Relations entre la masse totale (Mt) et la longueur céphalothoracique (LC) chez la population mâle (a) et femelle (b) de *S. boreas* dans le secteur HSP (A) et chez la population mâle (c) et femelle (d) de *S. boreas* dans le secteur HSP (B). 86
- Figures 28 : Analyse du sex-ratio en fonction des longueurs (LC) et en fonction de la profondeur chez la population de *S. boreas* dans chaque secteur d'étude. Le sex-ratio (SR) est le rapport du nombre des mâles à celui des mâles et des femelles. Les petites étoiles (*) indiquent que les valeurs du SR sont significativement différentes ($p < 0,05$) d'une population équilibrée ($SR = 0,5$). 89
- Figures 29 : Relations entre la largeur de l'abdomen (LA) et la longueur céphalothoracique (LC) chez les femelles *S. boreas* dans chaque secteur géographique. 91
- Figure 30 : Proportions des femelles matures *S. boreas* en fonction de la longueur (LC) dans les deux secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM) et dans les deux secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP). 94
- Figures 31 : Répartition des fréquences de tailles des femelles matures et immatures de *S. boreas* dans les deux secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM) en mai 2014, et dans les deux secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP) en juin 2014. 95
- Figures 32 : Distribution bathymétrique des femelles matures et immatures *S. boreas* dans les deux secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM) en mai 2014, et dans les deux secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP) en juin 2014. 96
- Figure 33 : Évolution du pourcentage de femelles œuvées relatif à toutes les femelles matures de *S. boreas* en fonction de la longueur du céphalothorax (LC) et par classe de taille de 1 mm dans les deux secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM) et dans les deux secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP). 98
- Figure 34 : Répartition des portées d'œufs chez les femelles œuvées de *S. boreas* dans chaque secteur d'étude. Les femelles identifiées avec des œufs « bruns » à HSP ne sont pas considérées. « Petite » portée : un nombre faible d'œufs ou de juvéniles ($n \leq 30$). « Moyenne » portée : les œufs ou juvéniles attachés aux pléopodes sont nombreux, mais contenus dans l'abdomen. « Grosse » portée : les œufs ou les juvéniles rattachés aux pléopodes débordent de l'abdomen de la femelle. 99
- Figures 35 : Relations entre la largeur de l'abdomen (LA) et la longueur céphalothoracique (LC) chez les femelles *S. boreas* identifiées avec des épibiontes sur

le corps dans chaque secteur d'étude. P : femelles grainées avec petites portées ; M : femelles grainées avec moyennes portées ; G : femelles avec grosses portées ; D : femelles dégrainées et NG : femelles non grainées.	103
Figure 36 : Proportion des femelles <i>S. boreas</i> en absence d'œufs (non grainées), des femelles œuvées (grainées) et des femelles identifiées avec des œufs et des juvéniles résiduels (dégrainées) dans chaque secteur d'étude. Les femelles en présence d'épibiontes sont également présentées.	104
Figures 37 : Décomposition des fréquences-longueurs chez la population mâle et femelle <i>S. boreas</i> (a et b) de la baie Sainte-Marguerite et chez la population mâle et femelle <i>S. boreas</i> (c et d) de Havre-Saint-Pierre. Les chiffres romains indiquent les âges des cohortes.	109
Figures 38 : Courbes de croissance en longueur chez la crevette de roche (mâle et femelle) des régions BSM et HSP (modèle de croissance de von Bertalanffy). Les points représentent les groupes d'âge-longueurs issus des décompositions FISAT II (Tableau 23).	114
Figure 39 : Représentation graphique de la croissance pondérale chez les mâles et les femelles <i>S. boreas</i> dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et à Havre-Saint-Pierre (HSP).	117
Figure 40 : Évolution théorique d'une cohorte mâle (A) et femelle (B) de <i>S. boreas</i> dans la baie Sainte-Marguerite (BSM). Les taux de mortalité naturelle sont ceux de la méthode de Taylor. L'abondance à un an étant fixée à 1000 individus.	122
Figure 41 : Évolution théorique d'une cohorte mâle (A) et femelle (B) de <i>S. boreas</i> dans le Havre-Saint-Pierre (HSP). Les taux de mortalité naturelle sont ceux de la méthode de Taylor. L'abondance à un an étant fixée à 1000 individus.	123
Figure 42 : Courbes d'égal rendement pour la population mâle (a) et femelle (b) de <i>S. boreas</i> dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et pour la population mâle (c) et femelle (d) de <i>S. boreas</i> dans la région de Havre-Saint-Pierre (HSP). Les rendements sont établis à partir du taux de mortalité naturelle de Taylor. Les lignes représentent les rendements Y/R (g) pour différentes combinaisons de F (mortalité par pêche théorique) et de t_c (âge à la première capture). Les symboles (●) représentent la prise maximale à l'équilibre (MSY).	125

Figure 43 : Schéma représentatif du cycle de reproduction bisannuel de *S. boreas* dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent. Les femelles « Immatures : LC > 23 mm » peuvent correspondre à des primipares ou à des multipares : des femelles qui ont perdu leurs caractères matures au moins une fois dans leur vie. 146

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

ACP	Analyse en composante principale.
ANCOVA	Analyse de covariance.
ANOVA	Analyse de variance.
BCN	Basse-Côte-Nord.
BSM	Baie Sainte-Marguerite.
CAH	Classification ascendante hiérarchique.
HCN	Haute-Côte-Nord.
HSP	Havre-Saint-Pierre.
IML	Institut Maurice Lamontagne, ministère des Pêches et Océans Canada.
ISMER	Institut des Sciences de la Mer de Rimouski.
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.
MERINOV	Centre d'innovation de l'aquaculture et des pêches du Québec.
MCN	Moyenne-Côte-Nord.
MPO	Ministère des Pêches et des Océans du Canada.
NGCC	Navire de la Garde Côtière Canadienne.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Au Québec, les crustacés sont devenus la composante principale des captures maritimes, à la suite de l'effondrement des stocks des pêcheries du poisson de fond (Morue franche, Plie canadienne, Merluche blanche, Sébaste) dans le golfe du Saint-Laurent (Québec). Au fil des ans, la part relative des principales pêches de crustacés (Crabe des neiges, Homard d'Amérique et Crevette nordique) a connu une profonde évolution et en l'espace de dix ans (1999 - 2009) elle représentait déjà 86% de la valeur des débarquements de tout le Québec maritime (MPO, 2010a). Pour pallier la chute des captures des espèces traditionnelles, des programmes de diversification des pêches ont été mis en œuvre par le ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) et le ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO). Ces programmes sont fondés sur le principe qu'il existe des espèces peu ou pas exploitées le long des côtes du Canada.

Dans de nombreuses pêches mondiales, les engins ne permettent pas de capturer une seule espèce. Il est donc impossible de cibler une espèce sans en capturer d'autres accidentellement, notamment les invertébrés (Eayrs, 2009 ; MPO, 2009). C'est ce qu'on entend par des prises accessoires. Celles-ci peuvent être conservées pour un intérêt commercial ou pour un usage personnel, sinon elles seront rejetées dans la mer en raison des exigences réglementaires ; elles sont appelées communément rejet ou « faux poissons » (trash fish) (Lobo *et al.*, 2010 ; Kelleher, 2005). D'une manière générale, les prises accessoires gardées sont commercialisées. Selon leur qualité, elles sont vendues pour la fabrication de farine de poisson ou pour la consommation humaine dans des marchés locaux. Lorsque les prises accessoires deviennent de plus en plus importantes dans les filets des pêcheurs et qu'elles atteignent un potentiel commercial élevé, elles peuvent représenter

une source de revenus complémentaire pour le pêcheur et peuvent même rénover le secteur des pêches. La commercialisation des espèces accessoires n'est pas pour autant nouvelle. Sur la côte de Coromandel en Inde, la pêche est devenue dépendante du revenu supplémentaire des prises accessoires pour rester économiquement rentable (Lobo *et al.*, 2010).

Dans le Saint-Laurent, la crevette de roche (*Sclerocrangon boreas*) est une des espèces retrouvées accidentellement dans les captures du pétoncle d'Islande (Bernier et Poirier, 1981 ; Boucher-Boisclair, 2012). Même si cette dernière est régulièrement présente dans les captures, elle reste non exploitée. Actuellement, cette crevette de roche intéresse des pêcheurs de la Minganie (Côte-Nord du golfe du Saint-Laurent) qui s'interrogent sur les possibilités d'une éventuelle exploitation dirigée.

PROBLÉMATIQUE

Possibilité d'exploitation limitée ?

Les possibilités d'exploitation de la crevette de roche ont déjà été testées dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent. Une seule étude réalisée en 1979 dans l'archipel de Mingan par Bernier et Poirier (1981) avait conclu que le stock de cette espèce était peu abondant et que ses possibilités d'exploitation seraient limitées en raison de sa faible densité et de sa répartition dispersée. Les techniques de pêche utilisées à l'époque pour évaluer l'abondance étaient le chalut et les casiers. Le chalut n'était pas approprié en raison de la nature accidentée du fond marin. Les casiers utilisés ne semblaient pas non plus adaptés au comportement de l'espèce. Entre autres, les déplacements et le comportement fousseur de l'espèce entre le jour et la nuit semblaient influencer les rendements. Même si

les rendements nocturnes des pêches au chalut étaient plus élevés que les rendements diurnes, ils ont été jugés insuffisants pour justifier une pêche commerciale.

Un produit gastronomique de haut de gamme ?

En 2012, l'intérêt du marché régional de la Minganie et de Sept-Îles pour la crevette de roche a été sondé par Boucher-Boisclair (2012) dans le but de vérifier les potentialités commerciales de cette espèce. Huit entreprises qui n'avaient aucun historique de la crevette de roche ont été rencontrées et ont eu une première occasion de déguster, d'évaluer la qualité du produit et d'estimer son potentiel de vente sur le marché local ainsi que le prix à fixer pour d'éventuels acheteurs. Les résultats de cette enquête étaient unanimes. Ce produit est différent de ce qui est offert sur le marché québécois. Des commentaires ont été positifs sur l'originalité, la texture ainsi que la qualité gustative de l'espèce. La crevette a été comparée au homard par sa chair et à la langoustine par sa grande taille. L'idée de commercialisation a donc été lancée et les entreprises étaient favorables à développer un marché pour la crevette de roche et de lui donner même une appellation du type « langoustine du Québec » ou « langoustine de la Côte-Nord » (Boucher-Boisclair, 2012).

Les pêcheurs et les entreprises de la province espèrent que les conditions de la pêche ont changé depuis la dernière étude de Bernier et Poirier (1981) et que de petits rendements pourraient être exploités. D'ailleurs, d'après Boucher-Boisclair (2012), la disponibilité de petits volumes ne semble pas être un obstacle pour les restaurateurs de Sept-Îles. Au contraire, ils sont ouverts à l'idée d'intégrer à leur carte un produit régional de qualité. Enfin, la diversification des ressources marines reste la meilleure solution face aux saisons de pêche jugées courtes et à l'épuisement de certains stocks. Les pêches complémentaires améliorent la rentabilité de certaines entreprises. Même si la crevette nordique (*Pandalus borealis*) est parmi les principales espèces commercialisées au Québec, la grande taille de la crevette de roche (jusqu'à 15 cm) pourrait au moins lui conférer un statut commercial similaire à celui de la langoustine.

L'ESPÈCE D'INTÉRÊT

Distribution et écologie alimentaire

La crevette de roche (*Sclerocrangon boreas*, Phipps, 1774) est un crustacé décapode de la famille des Crangonidés (Squires, 1990). Cette espèce benthique des fonds vaseux, sableux, graveleux et rocheux est typique des régions circumpolaires (Bernier et Poirier, 1981 ; Birkely et Gulliksen, 2003a). On la retrouve au large des côtes du Pacifique Nord, du continent nord-américain et de l'Atlantique Nord-est depuis la Norvège jusqu'au Groenland où elle couvre des profondeurs allant de 10 à 250 m et même bien au-delà (Butler, 1980 ; Bukin, 1992 ; Duris, 1992 ; Birkely et Gulliksen, 2003a). Sa répartition la plus méridionale s'étend jusqu'au long de la mer du Japon (Komai et Komatsu, 2009). Dans le Saint-Laurent, la répartition spatiale de *S. boreas* n'est pas précise. Elle a toutefois été localisée dans l'estuaire près de de l'île Rouge, dans la baie Sainte-Marguerite, dans le Havre-Saint-Pierre, dans le détroit de Jacques-Cartier, dans le détroit de Belle-Isle et jusqu'en Gaspésie (Couture et Turdel, 1968 ; Bernier et Poirier, 1981 ; Arseneau *et al.*, 2003 ; Sainte-Marie *et al.*, 2006 ; Chabot *et al.*, 2007).

Au Svalbard, *S. boreas* est considéré comme l'une des quinze espèces d'invertébrés macrobenthiques les plus souvent enregistrées dans les eaux côtières de cette région (Gulliksen *et al.*, 1999). Sa répartition s'étend de 9 jusqu'à 200 m de profondeur et couvre des fonds à substrat hétérogènes avec une forte charge de sédiments plus fins qui se dépose durant la fonte printanière et estivale des neiges et des glaces de mer dans cette région (Duris, 1992 ; Birkely et Gulliksen, 2003a ; Birkely et Gulliksen, 2003b). Les plus fortes densités (66 crevettes/1000 m²) se retrouvent entre 45 et 70 m de profondeur (Birkely et Gulliksen, 2003a et 2003b). Dans le nord-ouest de la mer de Béring, *S. boreas* couvre des profondeurs comprises entre 20 et 150 m et les densités maximales (72 crevettes/1000 m²) se retrouvent dans le détroit de Litke du golfe Karaginski, entre 30 et 50 m de profondeur (Bukin, 1992). Dans le nord du golfe du Saint-Laurent, les densités les plus importantes (430 crevettes/1000 m²) ont été enregistrées dans l'archipel de Mingan entre 35 et 45 m de profondeur (Bernier et Poirier, 1981).

Dans son milieu naturel, *S. boreas* a déjà été retrouvée à des températures aussi froides que $-1,8^{\circ}\text{C}$ et aussi chaudes que $14,3^{\circ}\text{C}$, mais cette espèce affectionne des températures très basses ($< 4^{\circ}\text{C}$) et des salinités très élevées (> 33 PSU) (MacGinitie, 1955 ; Butler, 1980 ; Klekowski et Węśławski, 1991; Birkely et Gulliksen, 2003a). Sa présence serait d'ailleurs sous l'influence des masses d'eau froide arctique et des courants froids de l'Atlantique (Węśławski, 1987 ; Birkely et Gulliksen, 2003b ; Zimina *et al.*, 2015).

Les femelles de *S. boreas* sont des consommatrices opportunistes et omnivores se nourrissant essentiellement d'organismes présents dans le sédiment, notamment des polychètes. Elles ont une grande capacité de sélection et de fouille dans les sédiments comparés aux mâles qui se contentent des organismes épibenthiques comme les amphipodes (Birkely et Gulliksen, 2003b). Au Svalbard, on retrouve parmi ses prédateurs le poisson *Careproctus reinhardti* (petite limace de mer) et les phoques barbus (*Erignathus barbatus*) (voir les références de Birkely et Gulliksen, 2003b). Les restes de cette espèce ont même été retrouvés dans les estomacs des eiders (Węśławski, 1987).

Biologie

Chez *S. boreas*, les sexes sont séparés depuis la naissance et un dimorphisme sexuel de taille en faveur des femelles est très marqué (Birkely et Gulliksen, 2003a ; Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009). En effet, la croissance est asynchrone entre les deux sexes. Les femelles croissent plus rapidement, ont des tailles importantes et vivent plus longtemps que les mâles (Birkely et Gulliksen, 2003a ; Sainte-Marie *et al.*, 2006). On estime que vers un âge de 4 ans chez les mâles et 6 ans chez les femelles, les longueurs maximales sont atteintes (Sainte-Marie *et al.*, 2006).

Le système d'accouplement est bien documenté chez *S. boreas* (Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009 ; Guay, 2011). Le système dont elle est associée est la recherche de partenaire par quête pure. En effet, dans un tel système, les mâles recherchent activement les femelles, sont toujours réceptifs à l'accouplement et sont très peu compétitifs entre eux

pour les garder. Les femelles, polyandres, peuvent avoir plusieurs partenaires sexuels pendant leur cycle de reproduction. Les mâles de petite taille ne semblent pas avoir de la difficulté à s'accoupler avec les femelles de grande taille. En effet, le temps accordé à la quête et à l'accouplement est indépendant de la taille du partenaire que ce soit pour le mâle ou pour la femelle.

La mue de maturité est très étalée dans le temps et semble se produire du début février jusqu'à la fin d'avril (Guay, 2011). À la mue de maturité, l'abdomen des femelles s'élargit pour accueillir les œufs et les juvéniles et se munit de longues soies visibles sur les endopodes des pléopodes des femelles (Sainte-Marie *et al.*, 2006 ; Guay, 2011). À la mue suivante de croissance régulière, l'abdomen perd ses soies et se rétrécit au profit d'un céphalothorax plus grand (Sainte-Marie *et al.*, 2006 ; Guay, 2011). Les femelles ont donc le pouvoir d'alterner des phases en femelles matures et immatures (Sainte-Marie *et al.*, 2006).

Dans le nord du golfe du Saint-Laurent, la ponte est bisannuelle (Sainte-Marie *et al.*, 2006 ; Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009). Les femelles *S. boreas* sont des K-stratège et se distingue de tous les Crangonidés étudiés à ce jour (Ingram, 1979 ; Klekowski et Węśławski, 1991, Birkely et Gulliksen, 2003a). En effet, elles ont des pontes faibles, mais avec des œufs exceptionnellement gros et riches en lipides qui éclosent en des rejetons très gros (Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009 ; Guay *et al.*, 2011). L'investissement important dans chaque œuf se fait donc au détriment du nombre d'œufs. Le nombre d'œufs incubés par ponte ne dépasse pas les 480 et des pertes importantes d'œufs à la ponte ou en cours d'incubation peuvent même se produire, soulignant ainsi la faible fécondité de l'espèce (Guay *et al.*, 2011). Les portées des femelles sont extrudées au printemps-été et elles sont maintenues sous leur abdomen pendant environ 9-12 mois pour éclore entre avril et juillet (Ingram, 1979 ; Klekowski et Węśławski, 1991, Birkely et Gulliksen, 2003a ; Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009 ; Guay *et al.*, 2011).

La femelle *S. boreas* est une exception des Caridés par son développement direct et abrégé de ses larves et par son haut degré de soin parental (voir les références de Thatje, 2004 ; Guay *et al.*, 2011). Les larves n'ont pas de phase planctonique. En effet, les œufs

extrudés par la femelle passent par deux stades larvaires très courts (3 à 5 jours), s'accrochent aux pléopodes de leur mère avant de devenir des juvéniles parfaitement formés (Makarov, 1968). La mue de métamorphose de larve en juvénile survient sous l'abdomen de la femelle et l'association entre la mère et les juvéniles se poursuivrait même quelque temps après la métamorphose, ce qui implique des effets maternels très forts et prolongés qui sont probablement responsables d'une progéniture de grande taille (Makarov, 1968 ; Ingram, 1979 ; Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009 ; Guay *et al.*, 2011). À la métamorphose, le jeune *Sclerocrangon* aura une longueur moyenne de 2,0-3,2 mm de LC (Ingram, 1979 ; Sainte-Marie *et al.*, 2006 ; Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009).

Le nombre d'ovocytes secondaires et d'œufs récemment pondus est corrélé positivement à la taille de la femelle (Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009 ; Guay *et al.*, 2011). Il est de même pour la taille de la progéniture (œufs, larves et juvéniles). Le développement de la progéniture incubée par la femelle est hétérogène. Les larves et les juvéniles coexistent souvent avec des œufs (embryons) très peu développés (Guay *et al.*, 2011).

OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Le Centre d'innovation de l'aquaculture et des pêches du Québec (MERINOV), en collaboration avec le MPO, le MAPAQ et des pêcheurs nord-côtiers, a développé un projet de recherche pour répondre aux interrogations des pêcheurs et pour vérifier si l'exploitation de la crevette de roche au moyen de casiers est envisageable sur la Côte-Nord du Québec. Ce projet dont la stratégie vise le développement d'une activité durable est toujours en cours de réalisation. Initialement prévu pour une durée de trois ans (du printemps 2014 à l'hiver 2017), il a été construit autour de quatre activités (Annexe 1). Les activités portent sur (1) l'identification des zones potentielles d'intérêt pour la pêche à la crevette de roche sur la Côte-Nord du Saint-Laurent, (2) la conception de casiers adaptés à la capture de l'espèce, (3) la réalisation de pêches exploratoires avec les casiers sélectionnés et l'évaluation des rendements de la pêche, et (4) la rédaction d'un rapport final regroupant tous les résultats du projet.

Les connaissances sur la crevette de roche demeurent encore partielles dans tout le Saint-Laurent et ailleurs dans le monde où elle est distribuée. La contribution de cette étude à ce projet exploratoire consistait à réaliser l'étape 1, soit d'identifier les zones de pêche potentielles d'exploitation de la crevette de roche sur la Côte-Nord. Notre étude s'est également proposé de contribuer à étendre les connaissances sur la biologie de cette espèce.

APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

L'approche préconisée dans cette étude consistait à combiner deux formes de savoirs. La première relève de l'expérience des pêcheurs, communément référée dans la science comme le « savoir écologique local ». La seconde s'appuie sur des données issues de deux campagnes scientifiques. La participation des pêcheurs dans la gestion des pêches n'est pas nouvelle. Elle est, au contraire de plus en plus utilisée (p. ex. Haggan *et al.*, 2007 ; Hamilton *et al.*, 2012 ; Saldaña *et al.*, 2017). Dans le cas de la crevette de roche, une espèce non exploitée et prise accidentellement dans certaines pêcheries, l'expérience des marins pêcheurs peut s'avérer efficace. L'un des arguments de base est que les observations des pêcheurs évoluent dans le temps. Elles voyagent de génération en génération et sont de nature très variée. Ainsi, les deux formes de savoirs, une fois combinées, pourraient combler d'importantes lacunes en matière de connaissances sur le milieu de vie de la crevette de roche dans le Saint-Laurent.

L'étude s'est articulée en deux volets pour répondre aux objectifs. Le premier volet (chapitre 2) traite de la répartition spatiale et des habitats potentiels de la crevette de roche dans le Saint-Laurent. Les objectifs de ce volet consistent à (1) localiser les zones d'observation de *S. boreas* dans le Saint-Laurent à partir de connaissance des pêcheurs, (2) à combiner les données observées à une base de données environnementales de manière à caractériser les zones observées et à identifier les principaux paramètres environnementaux qui interviennent, et (3) à définir un habitat préférentiel en se basant sur des relevés scientifiques de *S. boreas* réalisés dans deux régions du golfe du Saint-Laurent. Le deuxième volet d'étude s'est consacré à l'étude de la biologie et de la dynamique de population de *S. boreas* dans deux régions du golfe du Saint-Laurent (Sept-Îles et Havre-Saint-Pierre). Une première partie (chapitre 3) consistait à décrire la population à l'intérieur de chacune des régions et à s'attarder sur la maturité des femelles et une deuxième partie (chapitre 4) s'est proposée à élaborer un modèle de croissance, à estimer des paramètres de mortalité et à déterminer le potentiel de production de la population de *S. boreas*.

CHAPITRE 1. MÉTHODOLOGIE

1.1 AIRE D'ETUDE

Une enquête de terrain a été organisée par Merinov pour collecter le maximum d'informations spatiales et qualitatives sur *S. boreas*. Neuf villes du Québec ont été visitées pour recueillir les observations des pêcheurs (Figure 1). Ces observations étaient susceptibles de couvrir le milieu marin du Saint-Laurent, soit l'estuaire maritime et la partie québécoise du nord du golfe Saint-Laurent.

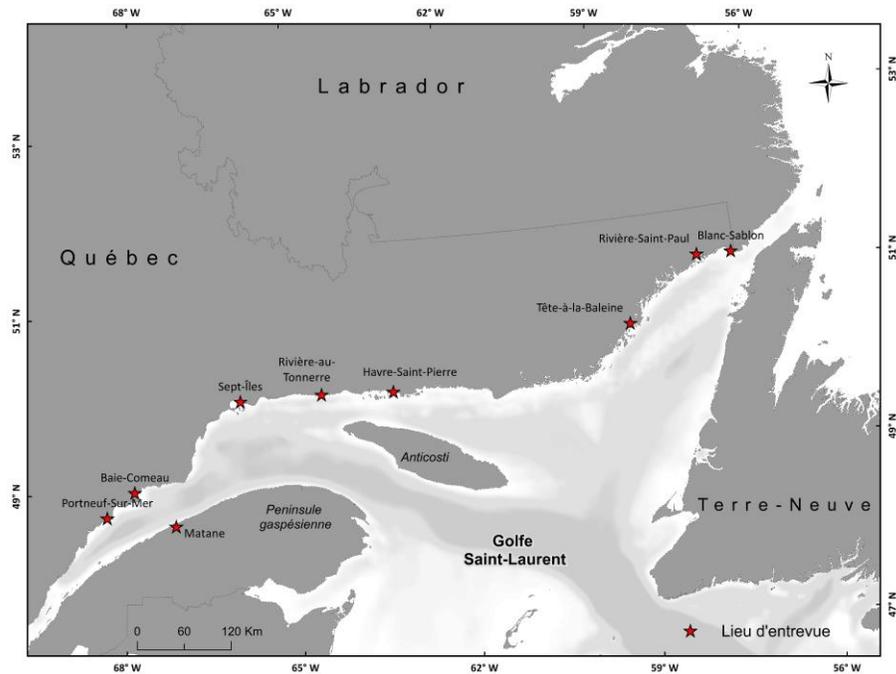


Figure 1 : Localisation des lieux d'entrevues pour les prélèvements géographiques de présence de *S. boreas*.

1.2 IDENTIFICATION DES HABITATS POTENTIELS DE LA CREVETTE DE ROCHE

1.2.1 Entretien auprès des pêcheurs

1.2.1.1 Méthodologie d'enquête

Échantillonnage et sélection des pêcheurs

Des rencontres initiales avec des pêcheurs avaient déjà été entamées par Merinov sur la Haute-Côte-Nord, où quelques premières approches avaient eu lieu. À l'issue de ces premières rencontres, les pêcheurs rencontrés ont bien voulu nous transmettre leurs contacts respectifs. Cette méthode de « boule de neige » très efficace a servi à élaborer un carnet d'adresses très rapidement. Le regroupement des pêcheurs professionnels de la Haute et de la Moyenne-Côte-Nord a également pris part à cette partie du projet. En effet, il nous a facilité l'orientation du sondage.

Deux critères ont été adoptés pour sélectionner les pêcheurs. Nous avons approché seulement ceux qui avaient déjà rencontré la crevette de roche et nous avons gardé les observations de « présence seulement ». De plus, l'échantillonnage géographique ne s'est pas limité à la Côte-Nord du Québec. Des entrevues supplémentaires ont été effectuées sur la rive sud de l'estuaire, afin d'obtenir un portrait global et représentatif de la répartition de cette espèce dans le Saint-Laurent. Les pêcheurs sélectionnés ont ensuite été contactés puis invités à une rencontre. Les pêcheurs ayant signifié leur accord ont été rencontrés et des entretiens individuels de type semi-dirigés ont été entrepris avec eux.

Rencontres et acquisition des données

La phase d'enquête s'est déroulée sur une période de 7 mois (de mars à septembre 2014). Lorsqu'il y avait lieu, les rencontres se déroulaient dans des endroits choisis par les pêcheurs où elles pouvaient durer plusieurs heures. Avant d'entamer chaque rencontre, une courte présentation du projet était faite et le rôle de chaque participant était rappelé. Les discussions ont alors été abordées par un questionnaire de forme (Annexe 2) susceptible de répondre à toutes les questions cohérentes avec nos objectifs. Afin de mieux saisir l'expérience telle que rapportée par les pêcheurs, les propos ont été dénués de toute approche scientifique, au préalable. Une revue de littérature sur la crevette de roche a permis d'établir un questionnaire pertinent. Toutes les activités liées à la pêche de cette espèce ont pu aussi être caractérisées. Dans les secteurs de la Haute et Moyenne-Côte-Nord, les enquêtes ont été réalisées par Mathieu Morin (MERINOV) et Wassila Merabti (UQAR-ISMER). Sur la Basse-Côte-Nord, ils ont été réalisés par Mélanie Durand (MERINOV).

1.2.1.2 Traitement des données d'enquête

Lors des entrevues, les observations de présence (coordonnées géographiques) étaient enregistrées avec un logiciel cartographique de type Nobeltec. Elles ont par la suite été converties sous le logiciel « ArcGIS 10.4.1 ». Lorsque les pêcheurs étaient indisponibles, des entrevues téléphoniques ont été réalisées avec le même questionnaire (Annexe 2) et les coordonnées géographiques étaient transmises par une voie électronique. Les limites des positions géographiques (Longitude/Latitude) fournies par les pêcheurs ont permis de réaliser des polygones qui, par la suite, ont été numérotés pour être projetés dans l'espace ArcMap (ArcGIS 10.4.1).

1.2.1.3 Analyse du questionnaire

Les questionnaires d'entrevues ont fait l'objet d'analyses approfondies et l'ensemble des informations qualitatives rapportées dans les questionnaires était compilé dans une base de données Access. Les observations des pêcheurs ont été traitées de deux manières. La première consistait à analyser les observations situées entre Tadoussac et Blanc-Sablon, soit sur tout le territoire couvert par les pêcheurs (échantillon global). La seconde consistait à analyser les observations par secteur selon, (1) la Haute-Côte-Nord (HCN) qui englobe les fonds de pêche situés entre Tadoussac et Pointe-des-Monts et ceux vis-à-vis de la rive sud de l'estuaire, (2) la Moyenne-Côte-Nord (MCN) qui englobe les fonds de pêche situés entre Pointe-des-Monts et Natashquan, et (3) la Basse-Côte-Nord (BCN) qui englobe les fonds de pêche répartis entre Natashquan et Blanc-Sablon. Et selon l'échantillon (total ou par secteur), les observations sont exprimées en pourcentage d'observation (nombre des pêcheurs).

1.2.2 Analyse des données

1.2.2.1 Données environnementales

Les données environnementales de cette étude proviennent des travaux de synthèse de Dutil *et al.* (2011, 2012). Ces auteurs avaient proposé en 2011 une classification complète des fonds marins de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Ils avaient à l'origine utilisé une grille composée de cellules dimensionnées de 10x10 km pour décrire 13 méga-habitats qui coexistent dans ce milieu. En 2012, une échelle plus fine est proposée et cette fois, l'espace marin est découpé en cellules de 2,5x2,5 km. Chaque cellule est caractérisée par une centaine de variables et par une coordonnée géographique. Ces deux travaux sont compilés dans une grande base de données géospatiales exploitable sous forme d'un fichier Access.

La base de données côtière et pélagique des habitats des eaux de surface a été utilisée pour notre étude (Habitat_descriptors, Base 2012). Le choix de cette base de données a été motivé par la finesse de l'échelle proposée. La principale limite méthodologique liée à cette échelle (Base 2012) est qu'elle procure des données n'allant que jusqu'à 30 m de profondeur. Cela signifie que l'on ne disposait pas d'information sur la nature des fonds en dessous de cette isobathe. Pour pallier à cette limite, les observations des pêcheurs ont été considérées.

1.2.2.2 Sélection des descripteurs

Les cellules benthiques que propose la compilation de Dutil *et al.* (2012) sont classées selon les marques de marées en trois types de cellules (marine, intertidale et terrestre). Nous avons utilisé deux filtres de manière à sélectionner l'espace benthique et pélagique simultanément : PELAGIC_CELL 1 et BENTHIC_CELL 1. À partir de ces filtres, nous avons sélectionné 28 variables (23 quantitatives et 5 qualitatives) d'étude parmi 130 descripteurs. Ces variables déterminantes pour l'écologie de *S. boreas*, elles ont été sélectionnées sur la base de la littérature.

Les 23 variables quantitatives sélectionnées (Tableau 1) sont des valeurs minimums (MIN), moyennes (MOY), maximums (MAX) et, lorsque disponibles, des valeurs écarts-types (STD) de sept facteurs écologiques : (1) la profondeur (quatre variables), (2) la température (trois variables), (3) la salinité de fond (trois variables), (4) la vitesse des courants horizontaux de fond (trois variables), (5) la vitesse des courants verticaux de fond (trois variables), (6) la turbidité (trois variables), et (7) la pente (quatre variables).

Tableau 1 : Les 23 variables quantitatives utilisées dans la caractérisation des habitats de *S. boreas*. Les valeurs maximales et minimales sont celles de la base de données (Dutil *et al.*, 2012). Min : minimum, Moy : moyenne, Max : maximum et STD : écart-type.

Facteurs	Variable indicative	Valeur minimum	Valeur maximum
Profondeur (m)	PROF_MIN	0,00	30,00
	PROF_MOY	1,24	30,00
	PROF_MAX	5,65	30,00
	PROF_STD	0,00	10,92
Température (°C)	TEMP_MIN	-1,67	2,26
	TEMP_MOY	1,24	9,60
	TEMP_MAX	4,23	22,86
Salinité (PSU)	SALIN_MIN	2,58	31,73
	SALIN_MOY	5,57	32,06
	SALIN_MAX	8,34	32,83
Vitesse du courant horizontal de fond (m.s⁻¹)	COUR_H_MIN	0,00	0,39
	COUR_H_MOY	0,00	0,92
	COUR_H_MAX	0,01	1,45
Vitesse du courant vertical de fond (m.s⁻¹)*	COUR_V_MIN	-1599,75	1521,29
	COUR_V_MOY	-3590,69	2653,97
	COUR_V_MAX	-5160,95	4061,10
Turbidité (m⁻¹)	TURB_MIN	0,05	0,66
	TURB_MOY	0,09	2,47
	TURB_MAX	0,10	6,40
Pente (°)	PENT_MIN	0,00	18,54
	PENT_MOY	0,00	27,59
	PENT_MAX	0,00	70,05
	PENT_STD	0,00	16,69

*Ces nombres apparaissent sous cette forme dans la base de données.

Pour décrire la nature et la composition du fond marin, cinq variables qualitatives ont été utilisées et classées en présence ou en absence. Il s'agit de l'affleurement rocheux et les sédiments de surface (débris de coquilles, graviers sableux, sable et sables vaseux). Les sédiments ont été regroupés en termes de grandeur de grain et de particule comme suit : (1) les graviers sableux regroupant les graviers sableux et les graviers avec des parcelles de sable occasionnelles, (2) le sable regroupant le sable à grains moyennement grossier et le sable graveleux mal trié, et (3) les sables vaseux regroupant le sable graveleux-pélique principalement retravaillé, le sable pélique mal trié et la pélique sableuse.

1.2.2.3 Traitement des données spatiales

Une fois sélectionnée, chaque variable est exportée dans un fichier forme (Shapefile) exploitable sur « ArcGIS 10.4.1 ». L'étape suivante consistait à croiser dans l'espace de l'analyse, le fichier forme correspondant à chaque variable environnementale avec chaque polygone observé par les pêcheurs. L'outil de superposition « Intersect » dans ArcMap (ArcGIS 10.4.1) a été utilisé pour obtenir la portion résultante des deux couches superposées. Le résultat de l'intersection est enregistré dans une classe d'entités en sortie. Cette nouvelle couche de sortie correspond à la moyenne de tous les points intersectés à l'intérieur de chaque polygone. L'opération est ainsi répétée pour chaque variable environnementale, soit pour l'ensemble des 28 variables d'étude. Les secteurs où les relevés biologiques de *S. boreas* avaient eu lieu ont également été caractérisés. Les coordonnées des traits de pêche scientifiques ont été ceinturées de manière à obtenir des surfaces dans lesquelles nous avons estimé les 28 variables d'étude. Une matrice finale regroupant les zones de pêche observées ainsi que les zones des relevés biologiques versus la moyenne de chaque variable est utilisée à des fins de corrélation. Les polygones ne contenant aucune variable, ou un nombre de variables insuffisant ont été éliminés de l'analyse. Aux fins des analyses statistiques, seulement 37 zones ont été retenues sur le total de 58 zones de pêche identifiées.

1.2.2.4 Analyses statistiques

Les relations entre la présence potentielle de *S. boreas* et les variables environnementales sélectionnées ont été établies à l'aide de méthodes d'analyses multivariées. D'abord, une classification hiérarchique ascendante (CAH) a été utilisée pour regrouper les zones observées ayant les mêmes variables environnementales. Cette classification a utilisé un lien complet et le coefficient de corrélation de Pearson comme indice de similarité (corrélation). La cohésion de chaque groupe identifié est ensuite mesurée par la variance intragroupe (F). La classification (CAH) a été suivie par une analyse d'ordination. Les zones regroupées ont ensuite été intégrées dans une analyse en composante principale (ACP) pour déterminer les variables caractéristiques. Les données d'ACP sont normalisées au préalable et le coefficient de corrélation de Pearson est utilisé. Une ANOVA a également été utilisée pour repérer les variables qui contribuent le plus à la similarité entre les zones de pêches observées.

1.3 BIOLOGIE ET ECOLOGIE DE LA CREVETTE DE ROCHE

1.3.1 Campagnes scientifiques

Deux campagnes régulières du MPO ont permis d'échantillonner les populations de *S. boreas*. Elles ont été réalisées dans le secteur nord-ouest du golfe du Saint-Laurent à bord du navire « NGCC LEIM » de La Garde Côtière Canadienne (GCC). La première s'est déroulée dans la baie Sainte-Marguerite (BSM), près de Sept-Îles, et la seconde au large de Havre-Saint-Pierre (HSP) en Minganie. Notre échantillonnage est opportuniste dans ces régions, et il a été utilisé pour comparer la population de *S. boreas* de deux environnements différents. En effet, les deux régions d'étude ont l'avantage d'avoir des contrastes géographiques surtout en ce qui concerne l'hétérogénéité de leur fond marin. À l'intérieur de chaque région, les échantillons de *S. boreas* sont récoltés dans deux secteurs différents, identifiés A et B (Figure 2).

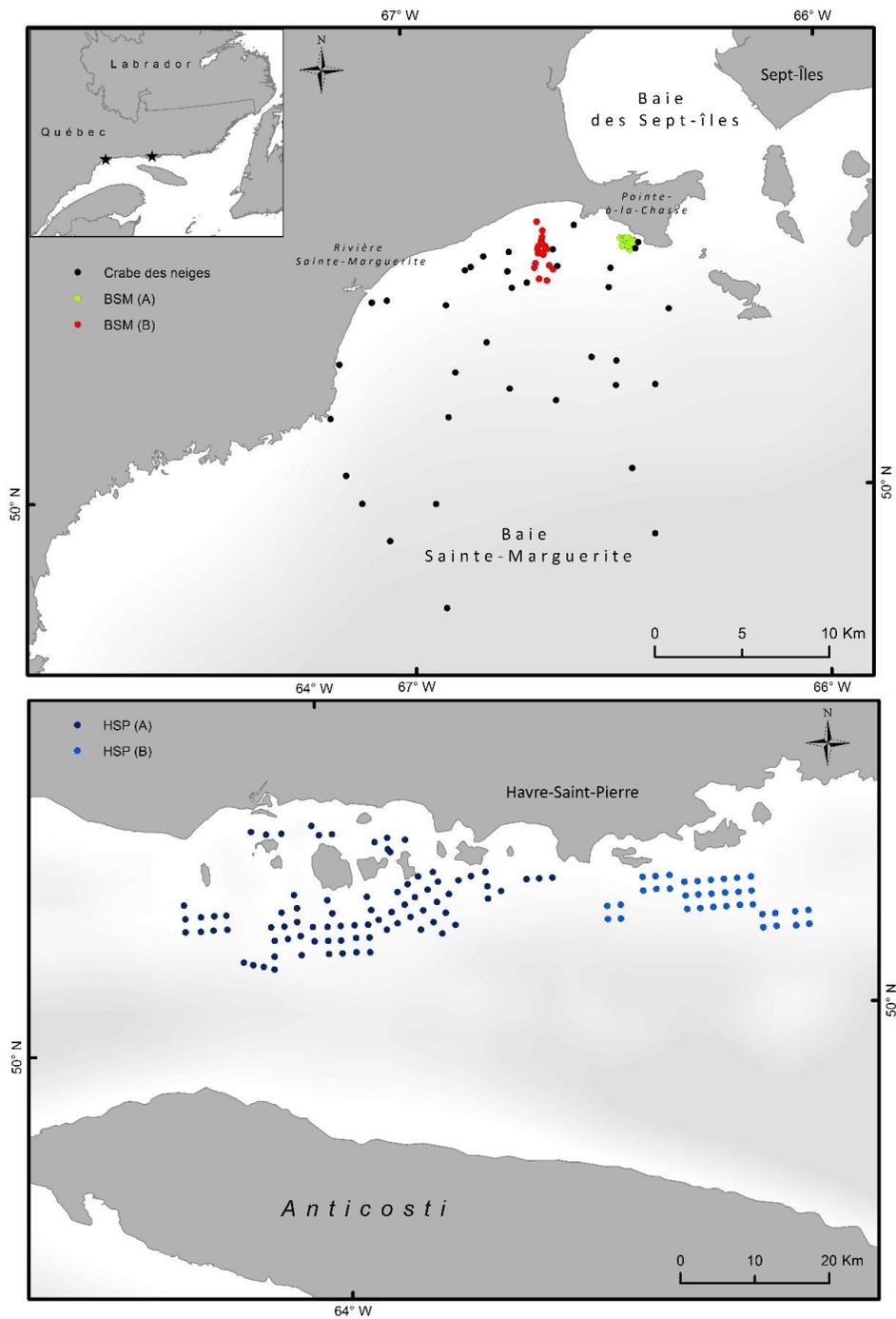


Figure 2 : Localisation des points d'échantillonnage ciblés pour le crabe des neiges et la crevette de roche dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et pour le pétoncle d'Islande dans le Havre-Saint-Pierre (HSP). Les sous-régions correspondantes sont identifiées A et B.

1.3.1.1 Relevés dans la baie Sainte-Marguerite

Les travaux effectués dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) se sont déroulés en deux phases et durant deux semaines. Une première phase (du 11 au 16 mai 2014) consistait à récolter un échantillon qualitatif de *S. boreas* lors du relevé du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*). Une seconde phase (du 17 au 24 mai 2014) a permis de réaliser des traits quantitatifs dédiés à la crevette de roche dans des secteurs identifiés A et B. Le secteur BSM (A) est situé à Pointe-à-la-Chasse et le secteur BSM (B) est le plus proche de l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite (Figure 2).

Les échantillons de la BSM ont été prélevés à l'aide d'un chalut à perche muni d'une ouverture horizontale de 2,54 m de large par 1 m de hauteur et était équipé d'un filet avec des mailles étirées de 15 mm. Ce chalut était remorqué à une vitesse moyenne de 2,2 nœuds. Durant la première phase de nos travaux pour la crevette de roche (qualitatif ; crabe des neiges), 36 traits de chalut d'une durée de 15 min étaient réalisés entre 10 et 102 m de profondeur.

Lors de la deuxième phase des travaux (quantitatif, crevette de roche), 42 traits de chalut étaient réalisés dont trois traits qualitatifs étaient récoltés pour apprécier les relations masse-longueur. Ces traits de chalut d'une durée variant entre 5 et 10 min ont tous été effectués parallèlement à la côte et à des profondeurs allant de 5 à 69 m. Les 19 traits quantitatifs du secteur BSM (A) étaient réalisés de 14 à 69 m de profondeur et les 20 traits quantitatifs du secteur BSM (B) étaient réalisés de 5 à 69 m de profondeur. Dans ces deux secteurs, le chalutage était effectué de jour et les profondeurs couvraient toute la gamme bathymétrique de *S. boreas*.

1.3.1.2 Relevés à Havre-Saint-Pierre

À Havre-Saint-Pierre (HSP), les travaux étaient réalisés du 31 mai au 11 juin 2014. Ils rentrent dans le cadre de la campagne scientifique du MPO qui assure le suivi des populations pêchées du pétoncle d'Islande (*Chlamys islandica*). Des échantillons quantitatifs de *S. boreas* ont donc été récoltés avec le pétoncle d'Islande. Les prélèvements étaient effectués dans deux secteurs identifiés HSP (A) et HSP (B) qui recouvrent les zones de gestion 16E et 16F (Trottier *et al.*, 2017) du pétoncle d'Islande (Figure 2).

Les échantillons de HSP étaient prélevés à l'aide d'une drague à pétoncles de type « Digby ». Celle-ci était munie de quatre paniers doublés et d'un filet avec une maille Vexar de 19 mm. Le Vexar est un matériau semi-rigide dont les mailles ne se serrent pas sous traction contrairement au chalut à perche dont la maille souple pouvait s'étirer et se colmater. L'ouverture de chaque panier était de 76 cm de largeur par 30 cm de hauteur. Dans cette région, 119 traits d'une durée variant entre 2 et 3 min, à une vitesse de 2,2 nœuds étaient réalisés à des profondeurs allant de 19 à 85 m. Les traits du secteur HSP (A) étaient effectués de 19 à 71 m de profondeur. Et les 36 traits du secteur HSP (B) étaient réalisés de 29 à 85 m de profondeur. Dans chacune des régions, les prises étaient effectuées pendant le jour et les profondeurs échantillonnées couvraient la gamme bathymétrique du pétoncle d'Islande. À HSP, les caractéristiques granulométriques du sédiment ont été décrites pour tous les traits de pêche.

Un thermographe (Vemco, modèle Minilog-TR) préalablement installé sur les deux engins (chalut et drague) a permis d'enregistrer la profondeur et la température en continu. Afin d'éviter les biais que peut causer l'effet de la marée sur l'estimation de la profondeur d'échantillonnage, le marnage a été considéré pour tous les traits de pêche, selon les journaux de marées d'Environnement Canada pour les périodes des relevés. Pour les deux relevés, les positions de début et de fin des traits ont été notées, permettant de calculer l'aire balayée par chaque engin pour le calcul subséquent des densités de crevettes.

1.3.2 Traitements des échantillons

Les échantillons du chalutage ont été triés rapidement sur le bateau où les mesures des individus ont été systématiquement effectuées. On a mesuré (1) la longueur de la carapace (*LC*) qui correspond à la distance entre le creux orbital et le point médian de la bordure dorsale du céphalothorax, (2) la longueur totale (*LT*), qui correspond à la distance entre le creux orbital et l'extrémité du telson, et (3) la largeur de l'abdomen des femelles (*LA*) qui correspond au deuxième segment abdominal le plus large. Toutes ces mensurations (Figure 3) ont été faites à l'aide d'un vernier au 0,01 mm de précision.

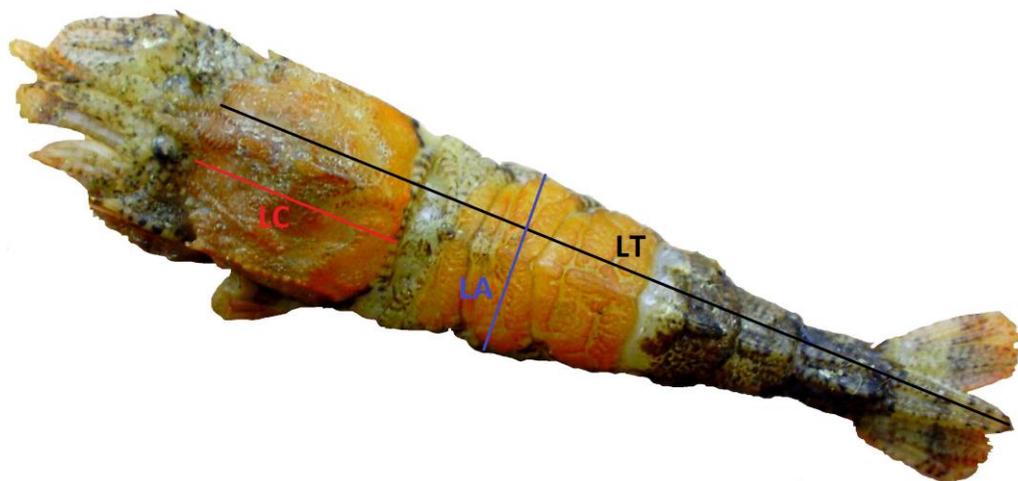


Figure 3 : *S. boreas*. Mesures morphométriques prises sur les différentes parties du corps. *LC* : Longueur du céphalothorax, *LT* : Longueur totale et *LA* : Largeur de l'abdomen.

Pour les relevées de chalut et afin de minimiser les erreurs dues à l'instabilité des balances sur le navire en mouvement, les pesées en masse humide (déterminées à 0,10 g près) ainsi que toutes les mesures sont réalisées à terre le jour même du prélèvement dans les laboratoires du MPO à Sept-Îles. Les échantillons de *S. boreas* provenant de la drague ont été conservés par congélation sur le bateau avant d'être livrés à Rimouski. Une fois au laboratoire de l'ISMER, les crevettes sont décongelées et épongées avant d'être mesurées et pesées selon la même procédure que ci-dessus. Les sexes de *S. boreas* ont été déterminés visuellement en observant la présence d'un appendice masculin sur l'endopode du deuxième pléopode chez les mâles et l'absence de celui-ci chez les femelles (Bernier et Poirier, 1981 ; Sainte-Marie *et al.*, 2006). Lorsqu'il était impossible de différencier le sexe à partir de ces critères, celui-ci était noté « indéterminé ».

Les femelles ont été considérées matures lorsque celles-ci portaient de longues soies sur leur pléopodes (Sainte-Marie *et al.*, 2006). Dans le cas contraire, les femelles étaient considérées comme étant des immatures. Les femelles matures ont toutes été regroupées selon les caractéristiques de leur abdomen, de manière à suivre certains événements liés à la reproduction. Les femelles matures présentant un abdomen vide (absence d'œufs et de juvéniles) ont été rapportées comme des « non grainées ». Les femelles matures avec un abdomen portant des œufs ont été rapportées comme des « grainées ». Enfin, les femelles dont l'abdomen portait quelques œufs et quelques juvéniles résiduels rattachés aux pléopodes libres ont été considérées comme des femelles qui viennent de libérer leurs progénitures : des « dégrainées ». Le nombre d'œufs ou de juvéniles résiduels chez les dégrainées variait entre 1 et 7.

Nous avons également identifié et noté la taille des portées des femelles grainées. Les portées étaient identifiées selon une échelle de grandeur : (i) grosse portée (les œufs rattachés aux pléopodes débordent de l'abdomen), (ii) moyenne portée (les œufs rattachés aux pléopodes sont nombreux, mais contenus dans l'abdomen), ou (iii) petite portée (un nombre faible d'œufs ≤ 30 œufs).

D'autres caractéristiques ont également été notées comme la couleur des œufs chez les femelles grainées, le nombre de femelles identifiées comme ayant récemment mué (elles ont été reconnues par une carapace propre et molle, non endommagée et bien maintenue) et enfin, celles pourvues d'épibiontes sur le corps (légers ou lourds). Un épibionte léger était associé à une couverture corporelle d'environ 30% à 50%. Un épibionte lourd était associé à une couverture de plus 70% du corps.

1.3.3 Analyse des données

1.3.3.1 Densités

L'abondance des crevettes a été évaluée dans les quatre secteurs d'étude et toutes les prises ont été rapportées en unité de surface standardisée (individus/1000 m²). La densité était obtenue comme étant le nombre de crevettes divisé par l'aire balayée par chaque engin de capture. À BSM, les densités ont été calculées pour les relevés quantitatifs effectués pendant la deuxième phase de nos travaux. L'aire balayée dans la BSM correspondait à la distance parcourue par le chalut multiplié par son ouverture. À HSP, l'aire balayée était le produit entre le nombre de paniers utilisés pour la pêche et leur largeur multiplié par la distance parcourue par la drague. Les densités totales des crevettes (mâles et femelles/1000 m²) par trait ont été cartographiées selon cinq catégories de densités en utilisant la méthode de classification « Natural breaks » proposée dans ArcGIS 10.4.1. Des cartes sont présentées pour localiser les abondances dans chaque région.

1.3.3.2 Reproduction

Le rapport des sexes (SR) a été calculé comme étant le nombre de mâles sur le nombre total d'individus (mâles et femelles). Nous avons examiné sa variation en fonction de la taille (par 1 mm de LC) et en fonction de la profondeur (tous les 5 mètres) et dans chaque secteur. La longueur à la maturité des femelles est celle pour laquelle 50% des individus sont matures. Celle-ci a été déterminée par la courbe logistique mettant en relation le pourcentage des femelles matures et leur longueur (LC).

1.3.3.3 Courbes de croissance

La structure en âge (groupe âges-longueurs) de la population de *S. boreas* a été obtenue après une décomposition des distributions de fréquence-longueurs. Selon un indicateur de qualité de l'ajustement (r^2), les deux méthodes, Bhattacharya et NORMSEP programmées dans FISAT II (Gayaniilo *et al.*, 2005) ont permis conjointement de détecter les différentes cohortes. Le modèle de croissance utilisé pour relier la longueur à l'âge des crevettes est celui attribué à von Bertalanffy (1) :

$$(1) \quad LC_t = LC_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Où LC_t est la longueur standard prévue à l'âge t ; LC_∞ est la longueur asymptotique du céphalothorax, c.-à-d. la longueur moyenne qu'atteindrait l'individu indéfiniment; K est le coefficient de croissance (ou paramètre de courbure) et t_0 (t zéro) est le paramètre de condition initiale. Il est défini comme étant l'âge théorique pour lequel l'individu a une longueur nulle et en général, sa valeur n'a pas de signification biologique.

La longueur asymptotique du céphalothorax (LC_{∞}) a été obtenue par les deux méthodes, Powell-Wetherall et ELEFAN I (Electronic Length Frequency Analysis), également programmées dans FISAT II. Selon la valeur de la LC_{∞} estimée, le coefficient K a pu être choisi dans un sous-programme appelé « surface d'égaux réponses » associé à une valeur de Rn (Indice de la qualité d'ajustement). Les meilleures valeurs de Rn permettent par la suite de sélectionner la meilleure combinaison de ces deux paramètres, soit le meilleur couple K et LC_{∞} . La formule (2) empirique de Taylor (1962) a permis d'obtenir une autre valeur de la LC_{∞} . Cette formule suppose que le plus grand individu mesuré dans l'échantillon ($LC \text{ max}$) a atteint 95% de sa longueur LC_{∞} .

Enfin, l'évaluation du paramètre t_0 a été obtenue à partir de l'équation (1) inversée de von Bertalanffy. Celle-ci prend la forme (3) :

$$(2) \quad LC_{\infty} \approx LC \text{ max} / 0,95$$

$$(3) \quad t_0 = t - [\ln (LC_{\infty}) + \ln (LC_{\infty} - LC_t)] / K$$

La masse totale asymptotique ($M_{t \infty}$) des crevettes a été obtenue à partir des relations masses-tailles et de la LC_{∞} ($M_{t \infty} = a LC_{\infty}^b$). Cette dernière a permis d'obtenir des matrices masses aux âges qui ont permis de développer les courbes de croissance pondérale de la population de chaque région.

1.3.3.4 Mortalité

Notre étude pose l'hypothèse d'une absence totale de mortalité par pêche (F). Le taux de mortalité totale (Z) qui agit sur la population d'étude correspond à la mortalité naturelle (M) et qui s'exprime sous différentes formes. Nous avons estimé ce paramètre de deux manières : à partir d'une mortalité (M) supposée constante tout au long de la vie de la cohorte et à partir d'une mortalité (M) supposée varier dans le temps.

Mortalité constante

Dans ce cas, la mortalité a été supposée constante pendant toute la vie de la cohorte. Nous avons utilisé deux formules pour son estimation. La formule (4) de Taylor (1962) qui fait intervenir les deux paramètres de croissance K et t_o et la formule (5) empirique de Pauly (1984) qui intègre dans son expression la température du milieu (T) et les paramètres de croissance K et LC_∞ .

$$(4) \quad M = (2,996 K) / (2,996 + K t_o)$$

$$(5) \quad \text{Log } M = - 0,0066 - 0,279 \text{ Log } LC_\infty + 0,6543 \text{ Log } K + 0,4634 \text{ Log } T$$

Où M est le coefficient instantané de mortalité naturelle et T étant la température moyenne annuelle de l'eau. Dans cette étude, la température est tirée de la base de données de Dutil *et al.* (2012).

Mortalité variable

Sparre et Venema (1996) pensent qu'il n'est pas nécessaire de supposer que la mortalité demeure constante durant toute l'existence de la vie d'une cohorte, puisqu'elle peut varier d'un âge à un autre. Partant du principe que le coefficient de croissance K est une constante quel que soit l'âge de l'individu et en connaissant la LC_{∞} pour chaque cohorte, estimée à partir de la formule (2), il a été possible de déterminer un coefficient de mortalité pour chaque groupe d'âge par la formule 5.

1.3.3.5 Biomasse et production

À partir des équations de croissance et de mortalité, il est possible de calculer un modèle théorique d'évolution d'une cohorte, en fixant à 1000 individus l'abondance de la cohorte à l'âge de 1 an. L'évolution en nombre est donnée par :

$$(6) \quad N_t / N_0 = e^{-Zt}$$

Où

N_0 est l'abondance de la cohorte au début de la période t .

N_t est l'abondance de la cohorte à la fin de la période t .

Z est le coefficient instantané de mortalité totale, dans notre cas, il correspond à M .

Notre modèle de production repose sur la variation individuelle de la masse et la variation en nombre de la cohorte. Selon le modèle de croissance, la mortalité totale peut être considérée comme une bonne approximation du rapport production/biomasse pour toute la durée de vie de la cohorte (Allen, 1971 ; cité par Brêthes *et al.*, 1986).

La production somatique (P) correspondant à l'augmentation en masse de la cohorte et les pertes annuelles (élimination) (E) correspondant à la diminution en nombre de la cohorte (cédé au milieu par la mortalité) ont pu être obtenues par les équations (7) et (8). L'évolution en nombre de la cohorte peut être obtenue de l'équation (6) de mortalité. La masse individuelle à l'âge peut être obtenue à partir de l'équation (1) de v. B. et de la relation taille-masse ($M_t = a LC^b$). La productivité correspond au rapport de la production sur la biomasse (P/B).

$$(7) \quad P = 1/2 (N_t + N_{t+\Delta_t}) (M_{t+\Delta_t} - M_t)$$

$$(8) \quad E = 1/2 (N_t - N_{t+\Delta_t}) (M_{t+\Delta_t} + M_t)$$

Où

M_t est la masse individuelle à l'instant t

N_t est l'abondance des individus de la cohorte à l'instant t

$N_{t+\Delta_t}$ est le nombre d'individus survivant après la période Δ_t

$M_{t+\Delta_t}$ est la masse individuelle résultante après la période Δ_t

1.3.3.6 Captures par recrue

On a utilisé le modèle de Beverton et Holt pour calculer les captures par recrue (Y/R) (Pauly, 1997). Ce modèle, à paramètres constants fait intervenir la courbe de croissance de v. B. et la mortalité. Son expression (9) intègre les coefficients de croissance (K et t_0) ; la masse asymptotique ($M_{t\infty}$) ; l'âge à la première capture (t_c), l'âge au recrutement (t_r) et les taux instantanés de mortalité naturelle (M), de mortalité par la pêche (F) et de mortalité totale ($Z = M+F$).

$$(9) \quad Y/R = F \cdot e^{-M(t_c - t_r)} \cdot M_{t\infty} (1/Z - 3S/Z+K + 3S^2/Z+2K - S^3/Z+3K)$$

$$\text{Où } S = e^{-K(t_c - t_r)}$$

Le but de cette modélisation est de tracer des isoplèthes de rendements (Y/R) en faisant varier d'une part F et d'autre part le t_r . Celles-ci permettent de visualiser la capacité de production de la population *S. boreas* en fonction d'une mortalité par pêche théorique. Dans le cas de notre étude, les simulations ont posé que l'âge au recrutement (t_r) est égal à l'âge à la première capture (t_c). Deux scénarios ont été testés selon un taux instantané de mortalité naturelle (M) donné.

1.3.4 Analyse statistique

La normalité et l'homogénéité de toutes les séries de données ont été vérifiées. Pour comparer les données à l'intérieur d'une même région, la moyenne a été utilisée. Pour comparer les données entre les deux régions, la médiane a été utilisée du fait que deux engins de capture différents étaient utilisés. Le test t a permis la comparaison des moyennes et le test non paramétrique Mood a permis la comparaison des médianes. Le test Z a permis de comparer les différentes proportions du sex-ratio par rapport à une population équilibrée ($SR = 0,5$) selon la taille (1 mm) et selon la profondeur (5 m) de chaque secteur.

Des régressions linéaires ont été utilisées pour établir des relations biométriques, après une transformation logarithmique (\ln) des données. Pour chacun des sexes et à chaque longueur (LC), la longueur totale (LT) et la masse totale (M_t) ont été associées. Chez les femelles de chaque secteur et à chaque longueur (LC), la largeur de l'abdomen (LA) a été associée. Pour les relations entre les longueurs, la pente de la droite de régression (b) a été comparée par un test t pour vérifier l'isométrie ($b = 1$) ou l'allométrie (b différent de 1). L'allométrie est négative lorsque $b < 1$ et positive lorsque $b > 1$. Pour les relations tailles-masses, le même test a été utilisé pour vérifier si le coefficient de pente (b) n'était pas différent significativement de 3 (isométrie). L'allométrie est négative lorsque $b < 3$ et positive lorsque $b > 3$ (Ricker, 1980). Une analyse de covariance (ANCOVA) a permis de tester les différences entre les droites de régression des deux sexes (mâles et femelles). La démarche consistait à comparer en premier la pente et ensuite l'ordonnée à l'origine. Pour analyser les variations des densités en fonction de la profondeur, une régression locale (LOESS robuste avec un degré de polynôme) a été utilisée sur les densités totales de *S. boreas* (sexes confondus).

Les résultats de cette étude ont été considérés significatifs lorsque la probabilité (P) associée aux tests est $< 0,05$. Les traitements statistiques ont tous été réalisés avec XLSTAT (2014.5.03), un logiciel conçu pour MS Excel.

CHAPITRE 2.
DISTRIBUTION SPATIALE ET HABITATS POTENTIELS DE LA CREVETTE
DE ROCHE DANS L’ESTUAIRE ET LE GOLFE DU SAINT-LAURENT

2.1 RESULTATS DES ENQUETES AUPRES DES PECHEURS

Dans cette étude, 34 pêcheurs ont accepté de participer à notre sondage (Annexe 3). Nous avons rencontré personnellement 25 pêcheurs et communiqué par téléphone avec les autres (Tableau 2). Les pêcheurs possédaient en moyenne 31 ans d’expérience et certains avaient même atteint 65 ans de pratique. Même si les pêcheurs sollicités avaient déjà capturé la crevette de roche durant plusieurs activités, seulement 27 d’entre eux (80%) ont pu fournir des endroits assez précis de répartition.

Tableau 2 : Nombre d’entrevues réalisées avec les participants à l’étude entre mars et septembre 2014 dans les différents secteurs visités.

Port d'attache	Nombre de rencontres	Nombre d'entrevues téléphoniques
Matane	1	-
Portneuf-sur-Mer	2	-
Baie-Comeau	-	1
Sept-Îles	10	-
Rivière-au-Tonnerre	1	-
Havre-St-Pierre	3	-
Tête-à-la-Baleine	-	1
Rivière-Saint-Paul	1	-
Blanc-Sablon	7	7

2.1.1 Profil des activités des pêcheurs

Captures totales

Les pêcheurs rencontrés ciblent principalement quatre groupes d'espèces (Figure 4. A). Les captures des mollusques et des crustacés sont représentées essentiellement par le buccin (*Buccinum undatum*), le pétoncle d'Islande (*Chlamys islandica*) et le crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*). Le troisième groupe d'espèces est représenté par les poissons de fond, le flétan atlantique (*Hippoglossus hippoglossus*) et les poissons-appât comme le hareng (*Clupea harengus*), le maquereau (*Scomber scombrus*) et le capelan (*Mallotus villosus*). Enfin, les espèces émergentes comme le concombre de mer (*Cucumaria frondosa*) et l'oursin vert (*Strongylocentrotus droebachiensis*) constituent le quatrième groupe d'espèces.

La répartition des captures des pêcheurs rencontrés (Figure 4. B) montre que le buccin est récolté sur l'ensemble des secteurs et seulement 12% des pêcheurs sur la BCN déclarent cibler cette espèce. Dans ce dernier secteur, on retrouve la pêche exclusive du capelan. La pêche à la crevette nordique (*Pandalus borealis*) et celle de l'oursin vert se retrouve seulement sur la MCN et c'est dans ce secteur que les pêches sont les plus diversifiées. Le homard d'Amérique (*Homarus americanus*) et la mactre de Stimpson (*Mactromeris polynyma*) sont capturés dans la MCN et dans la BCN. L'exploitation des espèces émergentes comme le crabe commun (*Cancer irroratus*) et le concombre de mer est limitée seulement à la HCN et à la MCN. Enfin, la pêche des poissons de fond est faiblement représentée dans la MCN comparée aux autres secteurs. Cette description de la répartition spatiale des pêcheries est représentative des pêcheurs interrogés.

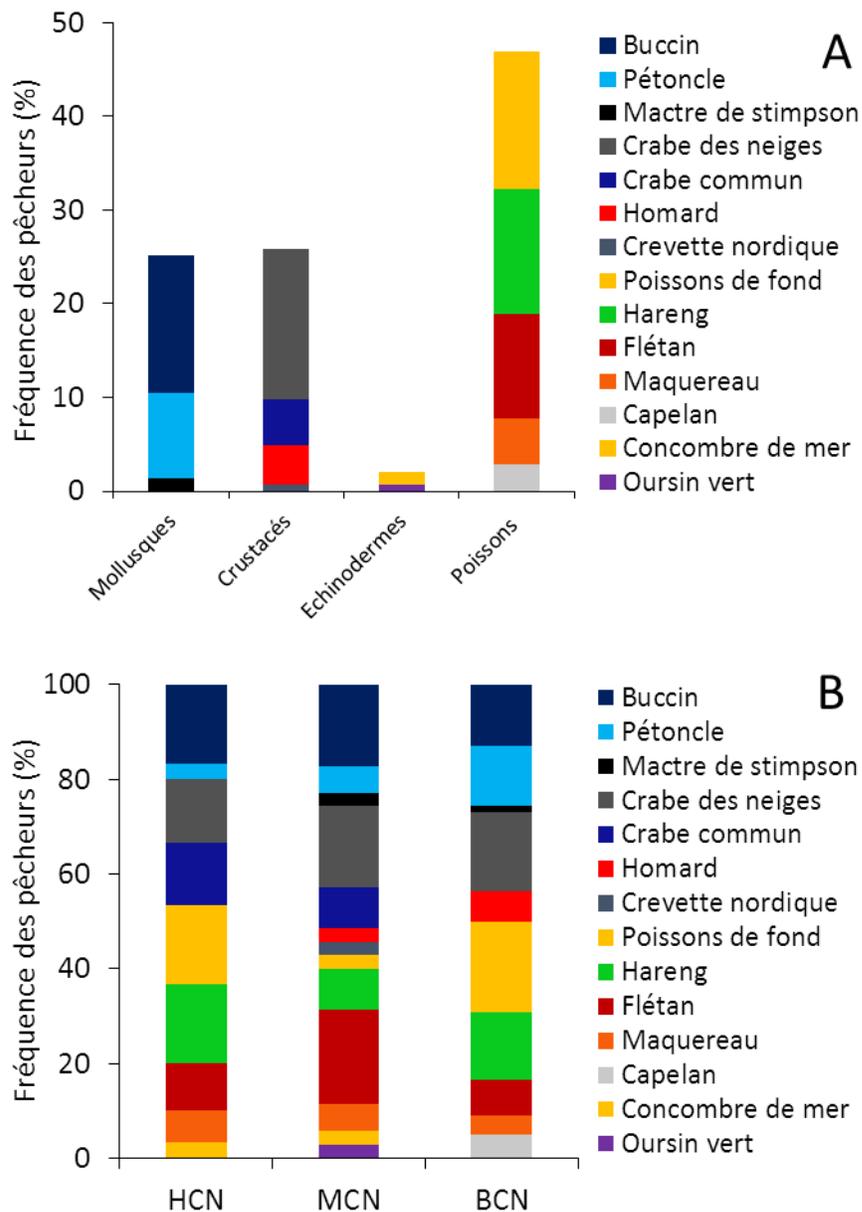


Figure 4 : A. Espèces ciblées par l'ensemble des pêcheurs interrogés (n=34) et B. Espèces ciblées par les pêcheurs interrogés dans chaque secteur d'activité ; HCN (n=7), MCN (n=10) et BCN (n=17).

Méthodes de pêche

En ce qui concerne les engins de pêche déployés, 48% des pêcheurs interrogés déclarent utiliser des casiers (Figure 5. A). Puisque les crustacés et les mollusques étaient des espèces qualitativement et quantitativement importantes, quatre types de casiers étaient utilisés, soit : (1) des casiers à buccin (utilisés par 38% des pêcheurs), (2) des casiers à crabes des neiges (utilisés par 44% des pêcheurs), (3) des casiers à homard (utilisés par 10% des pêcheurs) et (4) des casiers à crabe commun (utilisés par 8% des pêcheurs). On retrouve également les dragues, employées pour les captures du pétoncle et celle des espèces émergentes comme le concombre de mer et la mactre de Stimpson. Les filets maillants, les palangres, les sennes et les chaluts étaient utilisés par seulement 1 à 2% des pêcheurs interrogés (Figure 5. B).

En général, le buccin était capturé entre 10 et 30 m de profondeur avec des casiers dont les mailles variaient entre 1,9 et 7,6 cm. Le pétoncle était capturé entre 29 et 62 m de profondeur. Le crabe des neiges était capturé entre 73 et 192 m de profondeur avec des casiers dont le maillage était d'environ 8,8 à 13,9 cm. Et enfin, le crabe commun était capturé entre 5 et 7 m de profondeur avec des casiers à mailles de 5,1 cm.

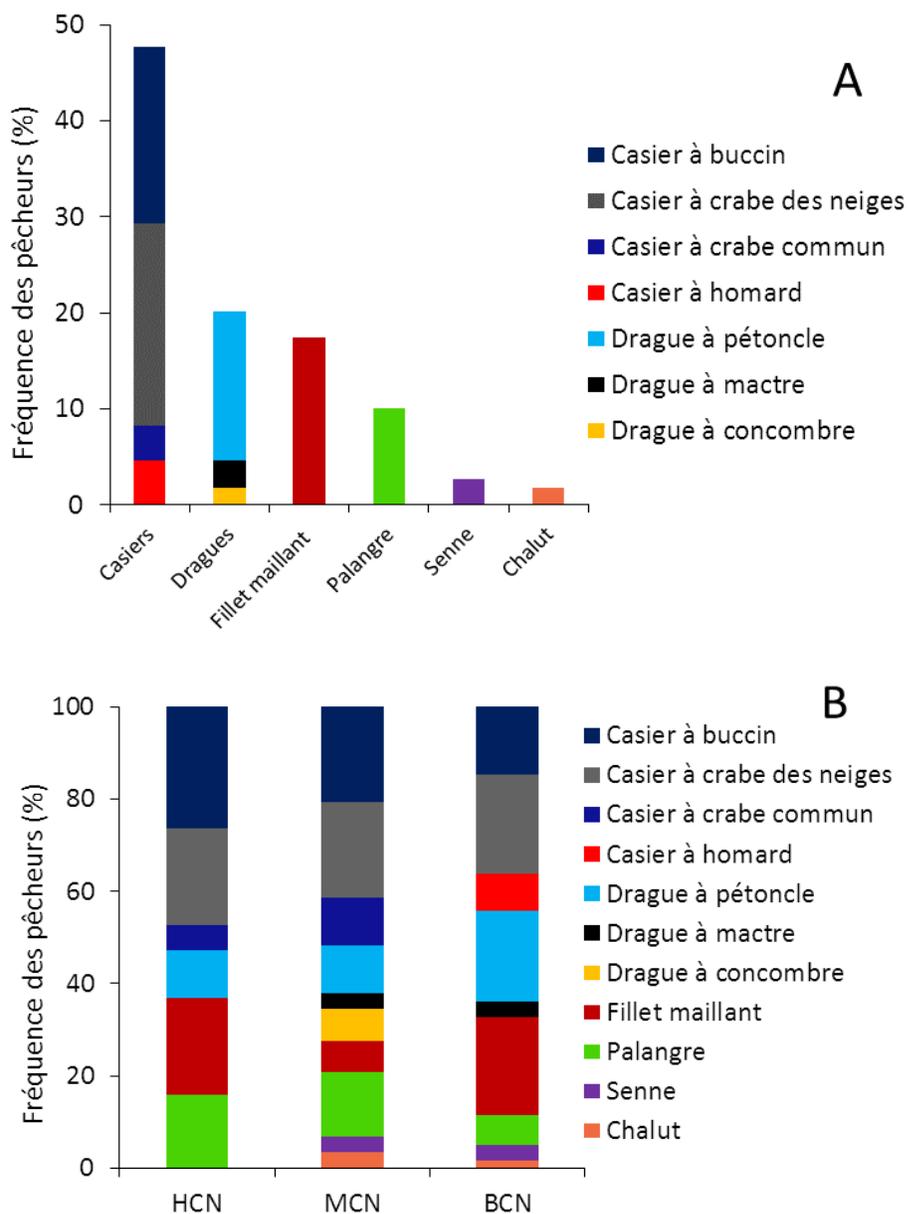


Figure 5 : A. Engins de pêche utilisés par l'ensemble des pêcheurs rencontrés (n=34) et B. Répartitions des engins utilisés par les pêcheurs dans chaque secteur d'activité ; HCN (n=7), MCN (n=10) et BCN (n=17).

Appâts utilisés

La totalité des pêcheurs rencontrés utilisait principalement le hareng comme appât. Cependant, 35% d'entre eux préféraient le mélanger avec d'autres espèces. En effet, 14% des pêcheurs utilisaient la combinaison « hareng-maquereau » et d'autres (21%) utilisaient le mélange « hareng-maquereau-capelan-crabe commun » comme appât. Ces appâts sont souvent utilisés en une seule pièce, « en entier », ou coupés en morceaux, ou même broyés, ce qui est rare.

2.1.2 Captures associées à la crevette de roche

69% des pêcheurs ont déclaré que les premières mentions de *S. boreas* dans leurs captures remontaient aux années 2000. Selon les secteurs, *S. boreas* a déjà été observée à partir de l'année 1990 dans les eaux de la MCN, à partir de l'année 2003 dans les eaux de la HCN et à partir de l'année 2007 dans les eaux de la BCN. Certains pêcheurs pensent qu'elle avait déjà été capturée même bien avant, soit dans les années 1980. Certains pêcheurs ont également fait mention de la présence annuelle de *S. boreas* dans les captures (Tableau 3). Les résultats montrent que les maximums d'observation sont situés durant la saison estivale.

Les pêcheurs interrogés considèrent que cette espèce est une prise accessoire associée en majorité à la pêche du pétoncle d'Islande, à la pêche au buccin commun, à la pêche au concombre de mer et à celle de la mactre de Stimpson (Figure 6. A). Il était également possible de la retrouver en proportion non négligeable dans les pêches au homard d'Amérique, à la morue et à celles du flétan, mais principalement dans le secteur de la BCN (Figure 6. B). Dans la HCN, la crevette de roche rentre majoritairement dans les activités du buccin (75%) et du pétoncle (25%). Dans le secteur de la MCN, l'espèce est associée au buccin, au pétoncle, au concombre de mer et à la mactre. Sur la BCN, l'espèce est une prise accessoire associée majoritairement aux pêches du pétoncle.

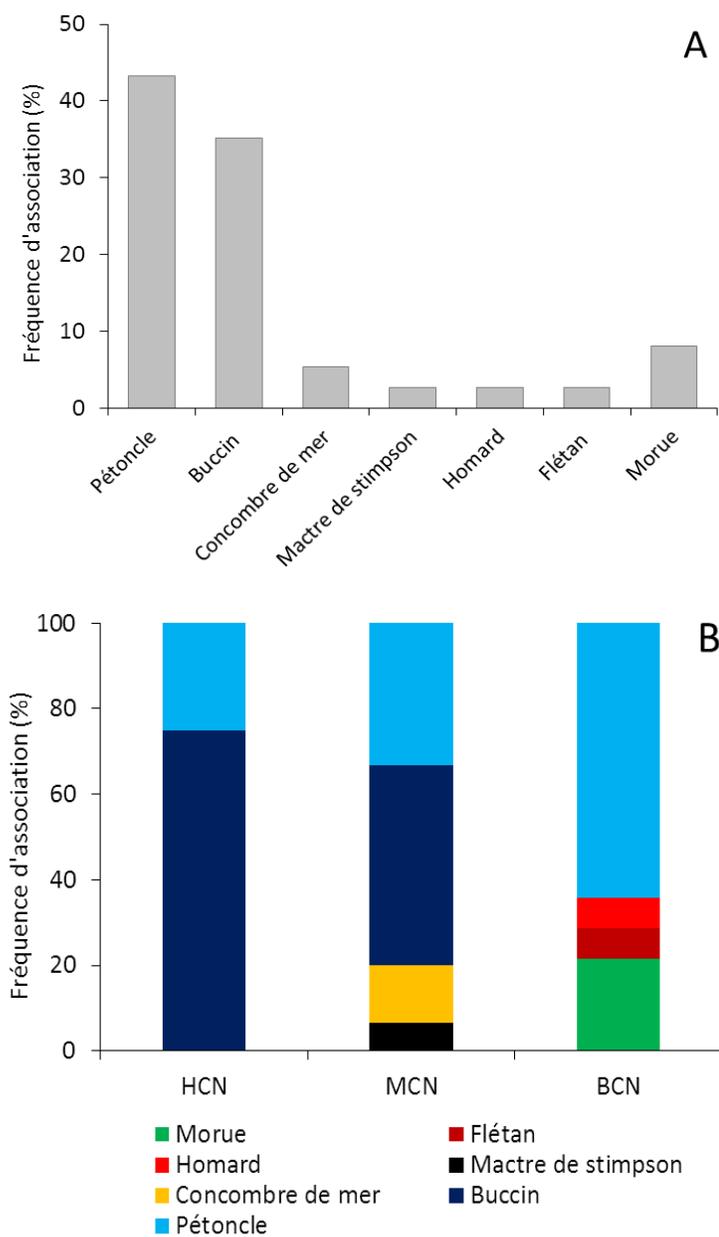


Figure 6 : A. Espèces associées aux captures de *S. boreas* selon les pêcheurs interrogés (n=28). B. Espèces associées aux captures de *S. boreas* selon les pêcheurs interrogés dans chaque secteur (n=7 dans la HCN ; n=10 dans la MCN et n=11 dans la BCN).

Tableau 3 : Pourcentage des observations de présence annuelle de *S. boreas* selon 22 pêcheurs interrogés.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
% Observation de présence	4	4	4	32	59	77	82	100	86	54	36	23

Selon les pêcheurs, le fonds de pêche le plus associée à la présence de *S. boreas* est composé de gravier et de roche (Figure 7. A). On a également associé sa présence à des fonds mélangés grossiers et à des fonds constitués de sable seulement (Figure 7. A). Les pêcheurs ont également révélé que sa répartition se localise sur un fond régulier plat, c'est-à-dire, où les pentes se font le moins ressentir (Figure 7. B).

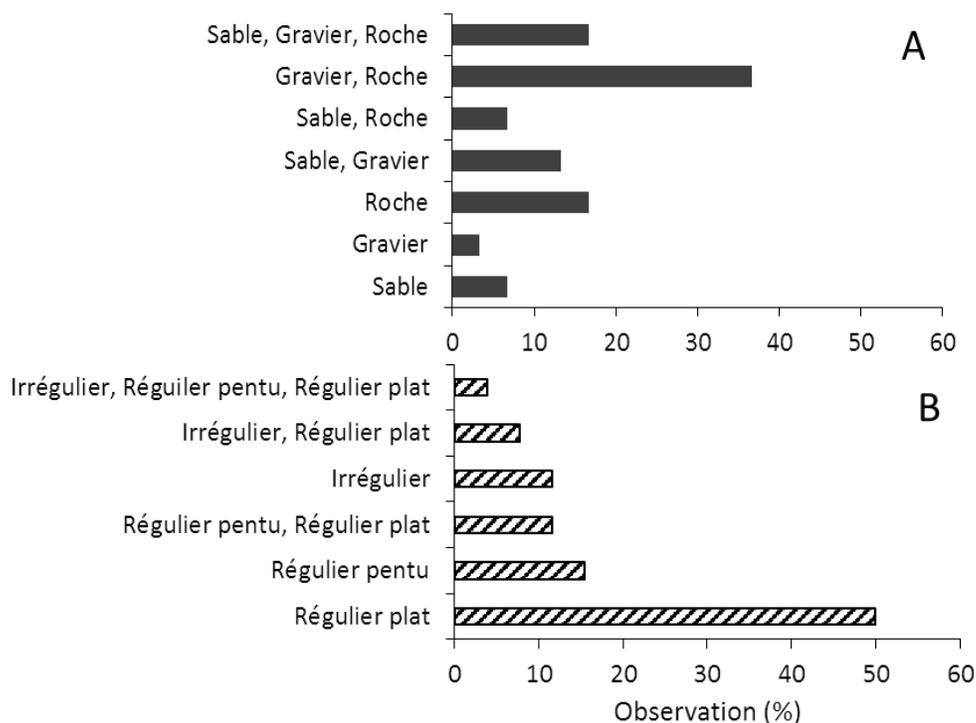


Figure 7 : Nature du substrat (A) et du fond marin (B) associé à la présence de *S. boreas*. L'information (A) recueillie par 30 pêcheurs et (B) par 26 pêcheurs.

2.2 REPARTITION SPATIALE DE LA CREVETTE DE ROCHE

2.2.1 Zones observées

Au total, 58 zones d'observation pour la crevette de roche ont été répertoriées par 80% des pêcheurs rencontrés (Figure 8). Les zones mentionnées sont situées principalement le long de la Côte-Nord, laissant croire que la crevette de roche est une espèce côtière dans le Saint-Laurent. Les zones observées s'étendent de Tadoussac jusqu'à Blanc-Sablon et l'étendue la plus marquée est située au nord-est du golfe, près du détroit de Belle-Isle. Une autre zone dans l'estuaire est également citée située près de l'île du Bic.

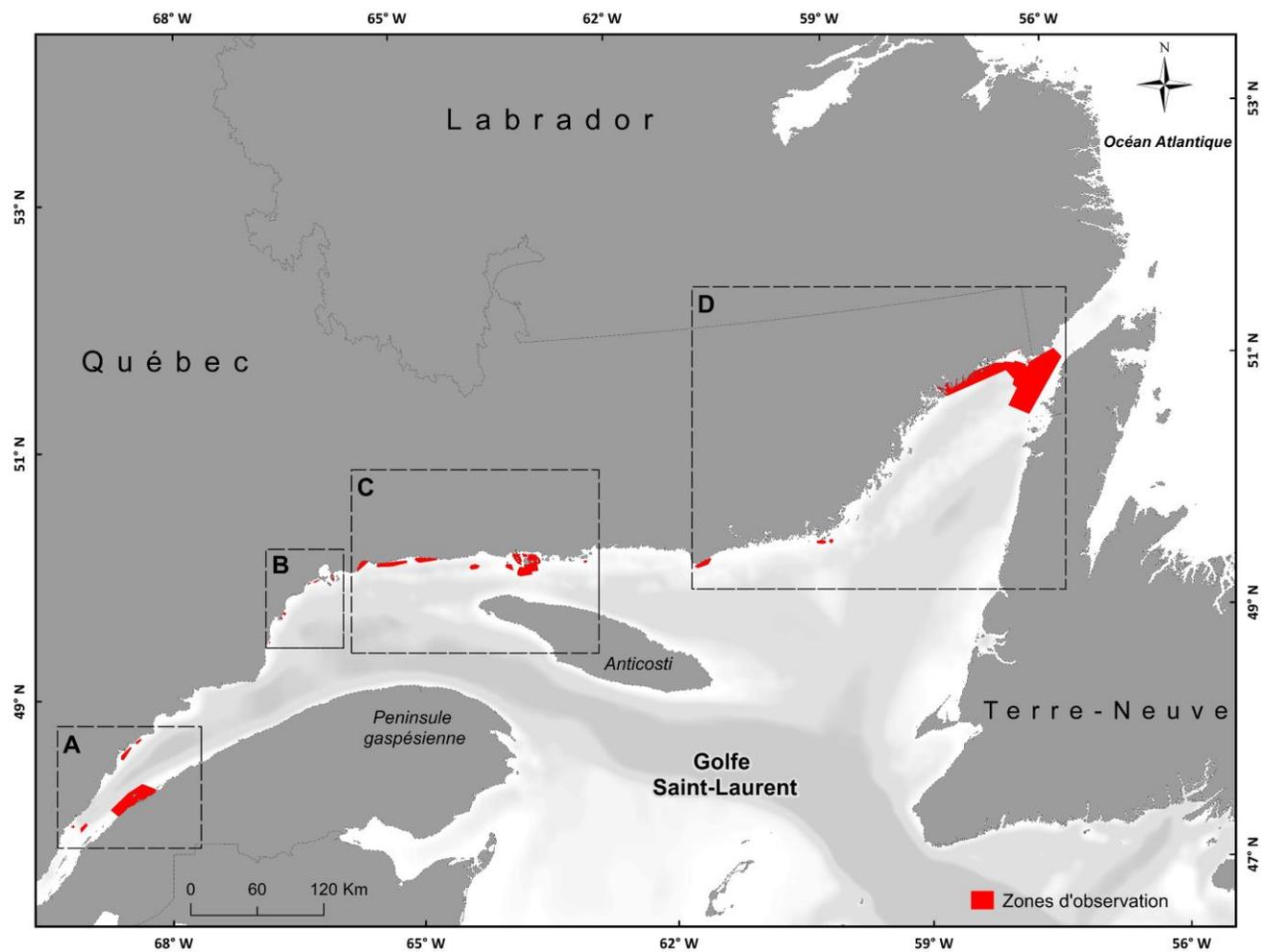


Figure 8 : Représentation des zones de présence observées (par 27 pêcheurs) de *S. boreas* dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent. Les coordonnées géographiques de chaque zone (polygone) sont présentées à l'annexe 4.

Selon les témoignages des pêcheurs, les zones situées dans l'estuaire (Figure 8. A) entre la rive nord et l'île Verte sont associées aux captures du pétoncle (ancien gisement de pétoncle de l'île Rouge). Les prises accessoires observées dans cette région étaient fréquentes (selon 10 pêcheurs) puisque la pêche au pétoncle a déjà été intensive dans ce secteur. Non loin de l'île aux Basques et à proximité de l'île Saint-Barnabé, il est possible de localiser la seule zone identifiée dans la partie sud de l'estuaire. Cette zone délimitée (50km x 8km) couvre les îles du Bic. Les abondances fournies par les pêcheurs interrogés dans cette zone sont considérées de moyennes à très faibles. Dans la région de Portneuf-sur-Mer et à Forestville, la répartition spatiale des crevettes s'étend à partir de la baie Laval jusqu'au Havre Colombier (îles du Cap Colombier). On la retrouve à l'extérieur de l'île Pinel et de la baie des Plongeurs. On la retrouve également en avant de Baie-Comeau, non loin de la Pointe-aux-Outardes.

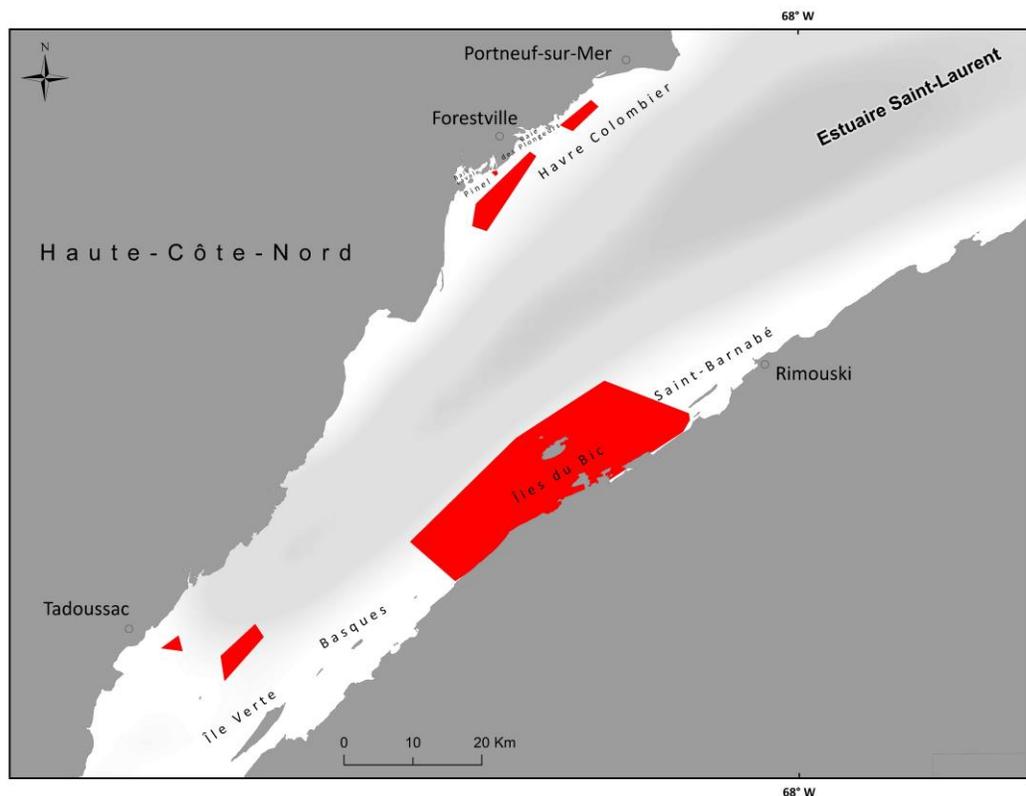


Figure 8. A : Représentation des zones d'observation de *S. boreas* dans la partie supérieure de l'estuaire du Saint-Laurent (HCN).

La crevette de roche est également retrouvée non loin de la baie Trinité, proche des îles de Mai, des îles aux Œufs et de Cayes à Olivier où elle partagerait les fonds du concombre de mer (Figure 8. B). Aux îles Caoui, elle a déjà été retrouvée en plus grande quantité avec le pétoncle. Rarement observée dans le secteur de Sept-Îles, la crevette de roche est toutefois retrouvée le long de la côte de la baie Sainte-Marguerite ainsi que les îles de la baie de Sept-Îles.

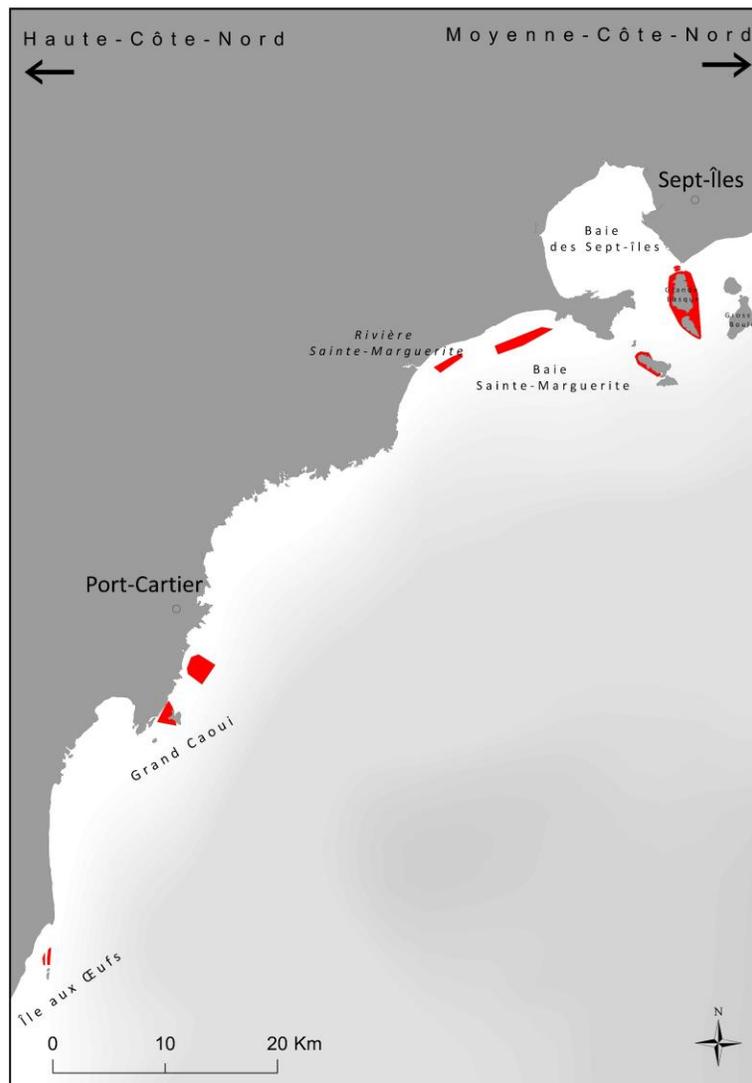


Figure 8. B : Représentation des zones d'observation de *S. boreas* dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent (HCN).

En Moyenne-Côte-Nord (Figure 8. C), à l'est, l'espèce est retrouvée à l'embouchure de la rivière Moisie, de la rivière au Tonnerre et de la rivière Manitou. Selon les propos des pêcheurs, les abondances de *S. boreas* sont faibles et lorsqu'il y a eu captures, celles-ci variaient de 4 à 5 crevettes pour une série de 10 casiers à buccin. Les pêcheurs pensent que les casiers à buccins ne sont pas adaptés aux crevettes dans ces régions. Dans les îles de Mingan (Figure 8. C), la crevette de roche est fréquemment mentionnée par les pêcheurs interrogés et les perceptions variaient d'un pêcheur à un autre. Les pêcheurs de pétoncles affirment qu'il existerait de la crevette de roche sur tous les fonds de pétoncle à l'intérieur comme à l'extérieur des îles de Mingan. Ils estiment que dans le passé, cette espèce était une capture accidentelle régulière et en quantité constante dans la drague à pétoncle. Les pêcheurs de buccin pensent que l'espèce serait présente dans tout le secteur des îles de Mingan, mais son abondance serait variable (3 à 15 spécimens capturés par jour) et certains mêmes n'en trouvaient pas.

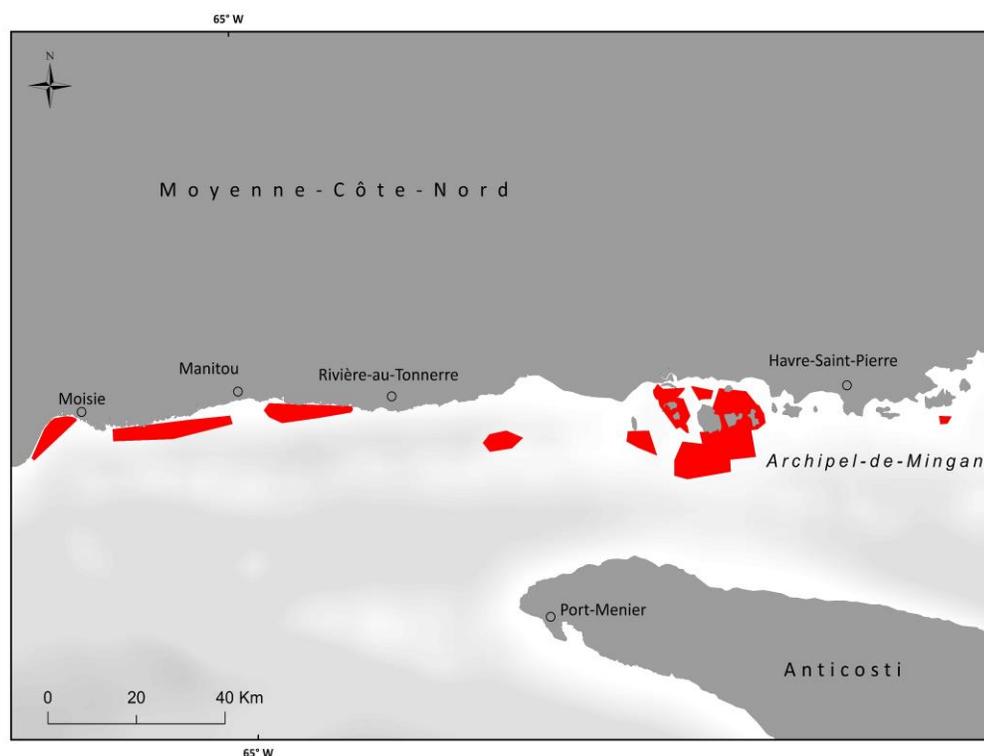


Figure 8. C : Représentation des zones d'observation de *S. boreas* dans le secteur de la Moyenne-Côte-Nord (MCN).

En Basse-Côte-Nord (Figure 8. D), la crevette de roche est observée à Pointe-Parent soit dans les secteurs non loin de Kegaska. Dans ce secteur, l'espèce a souvent été repérée dans les captures du pétoncle, mais avec de faibles abondances. Les pêcheurs pensent que la crevette de roche fréquente certains secteurs de la BCN, soit ceux situés plus à l'est.

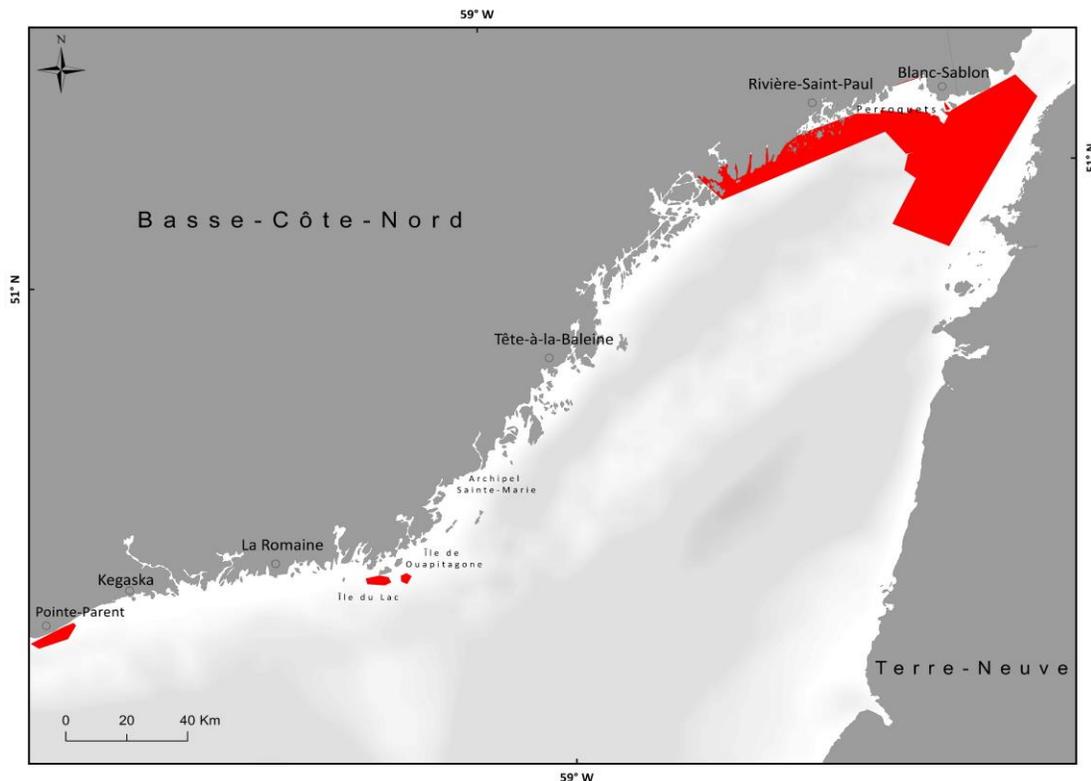


Figure 8. D : Représentation des zones d'observation *S. boreas* dans le secteur de la Basse-Côte-Nord (BCN).

Les crevettes sont également retrouvées le long des côtes de Blanc-Sablon et de Cap-Whittle et dans le secteur de l'île aux Perroquets. Les quantités de crevettes les plus importantes sont retrouvées dans les dragues à pétoncles au large des côtes de Blanc-Sablon. Lors de chaque sortie avec la drague, les pêcheurs estiment qu'environ 9 à 10 individus par trait de pêche étaient capturés dans ce secteur. Certains pêcheurs avaient observé la crevette de roche dans l'estomac de quelques morues pêchées entre le mois de juillet et septembre.

2.2.2 Caractéristiques des zones observées

Les affinités environnementales qui existent entre les zones retenues pour analyse ont été mises en évidence par la classification ascendante hiérarchique (CAH). Deux groupes se séparent au seuil de similarité de -0,74 et un des deux ensembles se subdivise au seuil de -0,57, ce qui représente trois grands groupes de zones de pêche (Figure 9).

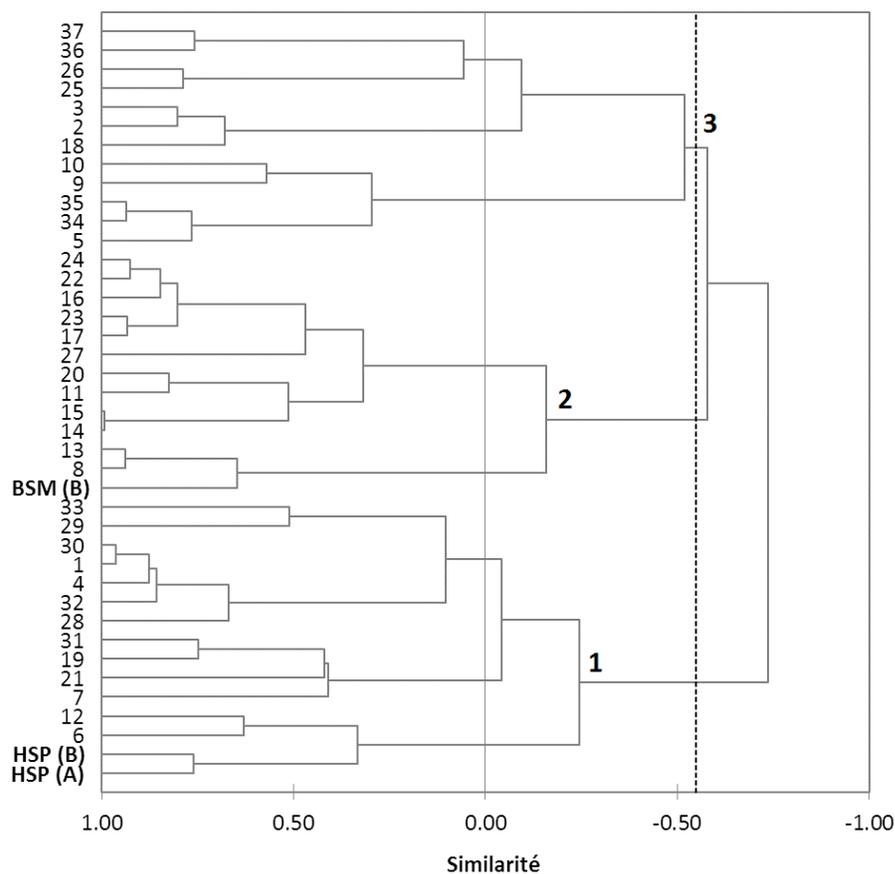


Figure 9 : Analyse de groupement (CAH). L'étiquette verticale des données correspond aux numéros des zones observées (de 1 à 37 ; Annexe 4) auxquelles se joignent les zones des relevées biologiques de *S. boreas*, BSM (B), HSP (A) et HSP (B).

Les groupes 1 et 3 montrent une plus grande variabilité par rapport au groupe 2, qui apparaît plus homogène (F Groupe 1 = 370889 ; F Groupe 2 = 116311 ; F Groupe 3 = 309202). Les zones situées à l'intérieur du groupe 1 sont caractérisées par les températures les plus froides (moyenne $3,2 \pm 0,27^{\circ}\text{C}$), par les courants horizontaux de fond les plus forts (vitesse moyenne $0,24 \pm 0,04$ m/s), par les eaux les moins turbides (moyenne $0,25 \pm 0,02$) et enfin par les pentes les plus douces (inclinaison moyenne $1,69^{\circ} \pm 0,18$). Ces zones sont également profondes du moins selon la base de données de Dutil *et al.* (2012) qui est restreinte à 30 m de profondeur. Les fonds identifiés à l'intérieur du groupe 2 sont les plus turbides (moyenne $0,78 \pm 0,09$) et les moins influencés par les courants horizontaux de fond (vitesse moyenne $0,04 \pm 0,00$ m/s). Les zones du dernier groupe (groupe 3) sont les plus inclinées (inclinaison moyenne $3,29^{\circ} \pm 0,90$) et également très turbides (moyenne $0,68 \pm 0,08$). Enfin, la salinité de fond ne semble pas varier entre les trois groupes puisque les valeurs de ce paramètre semblent très proches. Les caractéristiques des trois groupes distingués par la CAH sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Valeurs quantitatives moyennes (\pm écart-type) des variables environnementales (minimales, maximales, moyennes) de chaque groupe discriminé par la CAH.

Variables quantitatives	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
Profondeur (m)			
PROF_MIN	21,54 \pm 2,45	5,52 \pm 2,29	8,07 \pm 2,05
PROF_MAX	29,97 \pm 0,01	30 \pm 0,00	30 \pm 0,00
PROF_MOY	26,59 \pm 1,08	19,55 \pm 1,38	18,80 \pm 1,52
PROF_STD	2,15 \pm 0,66	6,16 \pm 0,62	5,28 \pm 0,64
Température (°C)			
TEMP_MIN	-1,2 \pm 0,09	-0,91 \pm 0,08	0,31 \pm 0,38
TEMP_MAX	8,63 \pm 0,41	10,6 \pm 0,33	9,19 \pm 0,78
TEMP_MOY	3,2 \pm 0,27	4,75 \pm 0,12	4,56 \pm 0,25
Salinité (PSU)			
SALIN_MIN	30,97 \pm 0,03	30,25 \pm 0,13	29,12 \pm 0,51
SALIN_MAX	32,30 \pm 0,08	31,89 \pm 0,04	30,83 \pm 0,39
SALIN_MOY	31,62 \pm 0,04	31,07 \pm 0,05	30,11 \pm 0,41
Vitesse du courant horizontal de fond (m.s⁻¹)			
COUR_H_MIN	0,09 \pm 0,02	0,006 \pm 0,00	0,02 \pm 0,00
COUR_H_MAX	0,38 \pm 0,05	0,09 \pm 0,01	0,15 \pm 0,02
COUR_H_MOY	0,24 \pm 0,04	0,04 \pm 0,00	0,09 \pm 0,01
Vitesse du courant vertical de fond (m.s⁻¹)*			
COUR_V_MIN	01,35 \pm 15,040	23,78 \pm 15,56	-95,58 \pm 79,59
COUR_V_MAX	-140,28 \pm 140,18	22,54 \pm 85,51	-136,34 \pm 105,65
COUR_V_MOY	-53,90 \pm 69,55	20,21 \pm 37,08	-115,32 \pm 90,81
Turbidité (m⁻¹)			
TURB_MIN	0,09 \pm 0,00	0,13 \pm 0,01	0,14 \pm 0,01
TURB_MAX	0,56 \pm 0,07	2,42 \pm 0,42	1,71 \pm 0,24
TURB_MOY	0,25 \pm 0,02	0,78 \pm 0,09	0,68 \pm 0,08
Pente (°)			
PENT_MIN	0,10 \pm 0,02	0,09 \pm 0,03	0,03 \pm 0,01
	4,74 \pm 1,22	15,66 \pm 3,04	17,92 \pm 3,21
	1,16 \pm 0,28	2,22 \pm 0,25	3,29 \pm 0,90
PENT_STD	0,69 \pm 0,18	1,93 \pm 0,34	2,66 \pm 0,61

*Ces nombres apparaissent sous cette forme dans la base de données.

La granulométrie du fond marin permet également de distinguer les trois groupes entre eux (Figure 10). En effet, chaque groupe présente sa propre configuration en matière de substrat. Les zones du groupe 1 sont représentées par une importante proportion de gravier sableux. Dans ce groupe, on retrouve également de faibles proportions de sable, de sable vaseux et de débris de coquille. Les fonds des zones du groupe 2 sont de nature homogène, constitués à 100% de sable. Et enfin, les zones du dernier groupe sont constituées en majorité de sables envasés. On retrouve également dans ce groupe de faibles proportions de sable et de gravier sableux. En ce qui concerne les affleurements rocheux, les zones du groupe 2 détiennent le pourcentage le plus élevé de présence (70%).

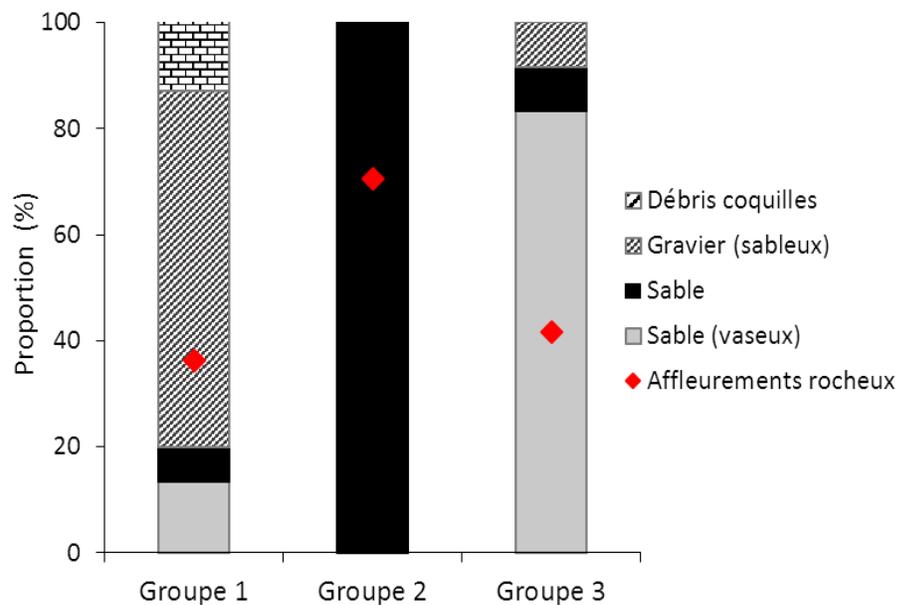


Figure 10 : Type de sédiments composant les différents groupes discriminés par la CAH et proportion (%) de présence des affleurements rocheux composant les différents groupes discriminés par la CAH.

L'analyse en composantes principales (ACP) a permis de définir les caractéristiques des trois groupes distingués par la CAH. Les deux principaux axes de l'ACP expliquent respectivement 36,0% et 18,9% de la variabilité de la matrice de données (Figure 11). Le premier axe (Tableau 5) est influencé par la profondeur (minimale et moyenne) et les courants horizontaux du fond du côté positif et par l'écart-type de la profondeur (STD), la température moyenne et la turbidité moyenne, du côté négatif. Le deuxième axe (Tableau 5) dépend de la température (minimale et maximale), de la salinité du fond, des courants verticaux du fond et de l'affleurement rocheux.

La représentation graphique des trois groupes de zones inclus dans l'ACP est présentée dans la figure 11. Elle montre que les zones du groupe 1 sont situées du côté droit de l'espace de l'analyse. À l'opposé, les zones du groupe 2 et 3 sont disposées en majorité du côté gauche. L'influence du substrat sur les groupements est perceptible. Les sédiments grossiers (gravier sableux) sont associés au côté positif tandis que le sable est relié au côté négatif de l'axe 1. Les sédiments les plus fins (sables vaseux) sont reliés au côté positif de l'axe 2.

Tableau 5 : Contribution relative en pourcentage de la variance expliquée associée à chacun des axes de l'ACP.

Variables environnementales	Axe 1 (%)	Axe 2 (%)
PROF_MIN	6,55	1,76
PROF_MAX	3,38	0,00
PROF_MOY	6,33	0,26
PROF_STD	5,83	2,15
TEMP_MIN	1,70	13,38
TEMP_MAX	2,28	6,31
TEMP_MOY	6,74	0,14
SALIN_MIN	3,32	7,78
SALIN_MAX	2,34	11,98
SALIN_MOY	2,98	10,60
COUR_H_MIN	6,56	0,15
COUR_H_MAX	6,83	0,08
COUR_H_MOY	6,75	0,00
COUR_V_MIN	0,00	9,33
COUR_V_MAX	0,96	4,99
COUR_V_MOY	0,37	7,70
TURB_MIN	3,74	5,67
TURB_MAX	4,69	0,12
TURB_MOY	5,81	0,12
PENT_MIN	2,74	0,18
PENT_MAX	4,92	0,97
PENT_MOY	2,12	1,11
PENT_STD	4,06	0,33
Affleurement rocheux	1,04	6,21
Sable (vaseux)	0,89	3,31
Sable	2,02	3,73
Gravier (sableux)	4,49	0,53
Débris coquilles	0,42	0,96

Contribution des variables environnementales

Les variables qui contribuent de façon significative à l'individualisation des groupes de la CAH ont pu être distinguées par une ANOVA (Tableau 6). La granulométrie du fond marin, notamment la présence du sable, a été la variable qui a expliqué la majeure partie de la variance (80% ; $p < 0,0001$). Les résultats sont également significatifs pour d'autres variables comme la température (MIN, MOY et MAX), le courant horizontal de fond (MIN, MOY et MAX), la pente (MOY, MAX et STD), la profondeur (MIN, MOY et STD), la salinité (MIN, MOY et MAX), la turbidité (MIN, MOY et MAX), l'affleurement rocheux et les sédiments (sable_vaseux et gravier_sableux).

Les courants verticaux de fond (MIN, MOY et MAX), la pente (MIN), la profondeur (MAX) et les débris de coquilles semblent ne pas avoir un effet significatif sur la séparation des groupes ($p > 0,05$).

Tableau 6 : Valeurs de probabilité (P) obtenues pour chaque variable environnementale dans la séparation des groupes. Du plus significatif au non significatif.

Variables environnementales	r²	F	P
Sable	0,803	75,25	< 0,0001
Sable (vaseux)	0,595	27,20	< 0,0001
COUR_H_MAX	0,482	17,18	< 0,0001
COUR_H_MOY	0,461	15,80	< 0,0001
TURB_MOY	0,454	15,37	< 0,0001
PROF_MIN	0,441	14,61	< 0,0001
COUR_H_MIN	0,432	14,06	< 0,0001
TEMP_MOY	0,431	14,00	< 0,0001
Affleurement rocheux	0,431	14,01	< 0,0001
TEMP_MIN	0,422	13,52	< 0,0001
TURB_MAX	0,399	12,29	< 0,0001
Gravier (sableux)	0,398	12,22	< 0,0001
SALIN_MAX	0,397	12,17	< 0,0001
SALIN_MOY	0,395	12,07	< 0,0001
SALIN_MIN	0,380	11,33	0,000
PROF_MOY	0,378	11,24	0,000
PROF_STD	0,372	10,94	0,000
PENT_MAX	0,306	8,16	0,001
TURB_MIN	0,270	6,84	0,003
PENT_STD	0,263	6,59	0,004
PENT_MOY	0,182	4,11	0,024
TEMP_MAX	0,171	3,81	0,031
PROF_MAX	0,144	3,10	0,057
COUR_V_MIN	0,098	2,01	0,148
Coquille	0,088	1,77	0,183
PENT_MIN	0,082	1,65	0,205
COUR_V_MOY	0,047	0,92	0,407
COUR_V_MAX	0,033	0,62	0,541

Zones des relevées biologiques

Les zones où les prélèvements scientifiques de *S. boreas* avaient eu lieu ont également été caractérisées et les résultats de la CAH révèlent que les deux régions d'étude sont bien discriminées. En effet, la CAH a associé les secteurs de HSP (A) et HSP (B) au groupe 1 et le secteur BSM (B) au groupe 2 (Figure 11). En raison d'une faible superficie échantillonnée, le secteur BSM (A) n'a pas pu être caractérisé et aucune variable environnementale n'a pu être quantifiée. Les caractéristiques quantitatives de ces régions sont mentionnées dans le tableau 7.

Les fonds du secteur BSM (B) sont sableux et pentus (moyenne de $1,69^\circ$) avec une présence d'affleurement rocheux. Dans ce secteur, la température et la turbidité moyennes sont relativement élevées par rapport à HSP ($4,77^\circ\text{C}$; $0,94 \text{ m}^{-1}$). Les fonds des deux secteurs de HSP sont composés de graviers sableux et une absence d'affleurement rocheux. Le HSP (A) est caractérisé par les pentes les plus raides (moyenne de $1,88^\circ$) et le HSP (B) par les pentes les plus douces (moyenne de $0,44^\circ$). Ce dernier secteur est le plus influencé par les courants horizontaux de fond et détient les valeurs les plus faibles de température et de turbidité ($3,77^\circ\text{C}$; $0,32 \text{ m}^{-1}$).

La granulométrie de la région de HSP est confirmée par les données de campagnes scientifiques. Dans cette région, les contenus en substrat de la drague ont tous été décrits (Figure 12). Les graviers et les galets sont le plus prélevés et les pourcentages les plus importants s'observent dans le secteur HSP (B). Dans ce secteur, le sable était absent dans tous les fonds échantillonnés et à tous les niveaux de profondeur (entre 29 et 85 m). Lorsqu'il a été rencontré à HSP (A), le sable était mélangé avec des coquilles (sable coquillé). À HSP (B), le sable était remplacé par le petit gravier. Le HSP (B) regroupe les stations les plus à l'est de notre échantillonnage pour la crevette de roche.

Tableau 7 : Valeurs quantitatives moyennes (\pm écart-type) des variables environnementales (minimales, maximales, moyennes) de chaque secteur de prélèvement de *S. boreas*.

Variables quantitatives	BSM (B)	HSP (A)	HSP (B)
Profondeur (m)			
PROF_MIN	13,75 \pm 3,01	16,62 \pm 3,26	27,42 \pm 5,75
PROF_MAX	30,00 \pm 0,01	29,99 \pm 0,05	30,00 \pm 0,00
PROF_MOY	23,40 \pm 1,25	23,82 \pm 7,15	29,17 \pm 1,91
PROF_STD	4,85 \pm 0,78	3,52 \pm 1,45	0,61 \pm 3,67
Température (°C)			
TEMP_MIN	-0,34 \pm 0,07	-0,98 \pm 0,09	-0,89 \pm 0,45
TEMP_MAX	10,20 \pm 0,58	9,69 \pm 0,29	8,78 \pm 0,77
TEMP_MOY	4,77 \pm 0,36	4,27 \pm 0,08	3,77 \pm 0,23
Salinité (PSU)			
SALIN_MIN	30,25 \pm 0,01	30,65 \pm 0,18	30,96 \pm 0,50
SALIN_MAX	31,64 \pm 0,11	31,99 \pm 0,02	32,05 \pm 0,34
SALIN_MOY	31,02 \pm 0,06	31,28 \pm 0,06	31,51 \pm 0,44
Vitesse du courant horizontal de fond (m.s⁻¹)			
COUR_H_MIN	0,01 \pm 0,00	0,01 \pm 0,00	0,03 \pm 0,00
COUR_H_MAX	0,10 \pm 0,01	0,13 \pm 0,01	0,20 \pm 0,04
COUR_H_MOY	0,05 \pm 0,00	0,06 \pm 0,00	0,11 \pm 0,01
Vitesse du courant vertical de fond (m.s⁻¹)*			
COUR_V_MIN	-16,81 \pm 13,23	11,37 \pm 9,12	-11,27 \pm 6,78
COUR_V_MAX	-166,45 \pm -165,98	30,28 \pm 35,21	-112,53 \pm 98,48
COUR_V_MOY	-54,73 \pm 71,59	10,78 \pm 23,42	-26,35 \pm 13,68
Turbidité (m⁻¹)			
TURB_MIN	0,11 \pm 0,00	0,12 \pm 0,01	0,10 \pm 0,00
TURB_MAX	2,26 \pm 0,67	1,13 \pm 0,27	0,76 \pm 0,09
TURB_MOY	0,94 \pm 0,12	0,43 \pm 0,03	0,32 \pm 0,02
Pente (°)			
PENT_MIN	0,21 \pm 0,05	0,13 \pm 0,07	0,07 \pm 0,03
PENT_MAX	3,22 \pm 1,08	10,66 \pm 2,93	1,50 \pm 0,36
PENT_MOY	1,69 \pm 0,23	1,88 \pm 0,17	0,40 \pm 0,09
PENT_STD	0,51 \pm 0,13	1,38 \pm 0,32	0,22 \pm 0,05

*Ces nombres apparaissent sous cette forme dans la base de données.

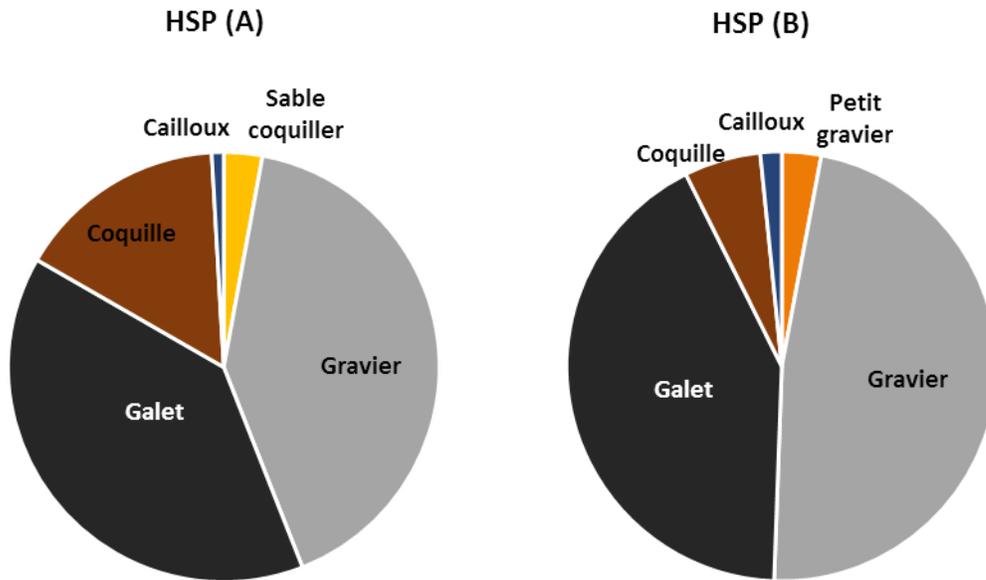


Figure 12 : Compositions moyennes des sédiments contenant dans les traits de pêche dans les deux sous-secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP).

La répartition spatiale des trois groupes distingués par les CAH est présentée à la figure 13. Les zones du premier groupe sont localisées à l'est du golfe, à l'ouverture du détroit de Belle-Île et dans le secteur nord-ouest du golfe entre la Côte-Nord et l'île d'Anticosti (détroit de Jacques-Cartier). C'est dans ce secteur où sont localisées toutes les zones du deuxième groupe. Ces zones diffèrent des autres assemblages (Groupes 1 et 3), et ceci est probablement dû au fait qu'elles sont réduites spatialement. Enfin, le dernier groupe (Groupe 3) est formé de zones situées dans l'estuaire et dans certains domaines de la BCN.

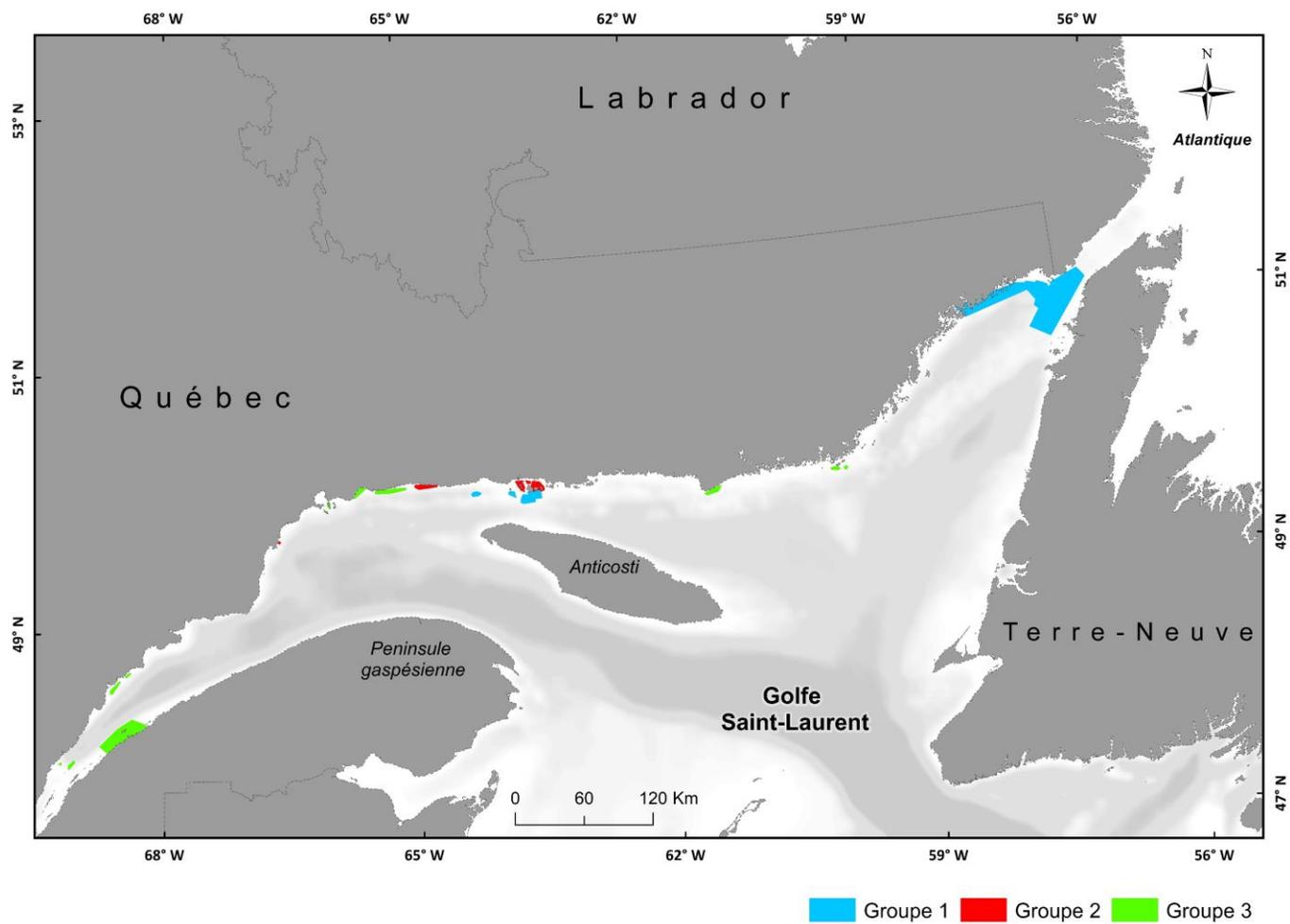


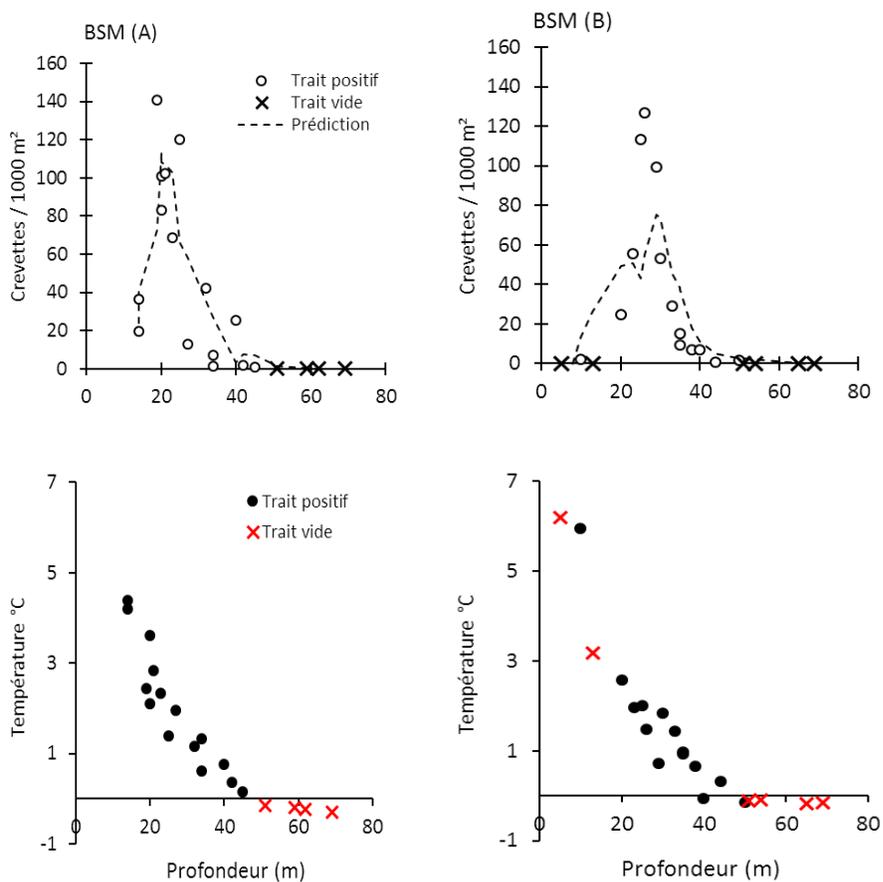
Figure 13 : Représentation géographique des trois habitats potentiels de *S. boreas* discriminés par la classification ascendante hiérarchique (CAH).

2.2.3 Variation bathymétrique des densités de la population

Population de la baie Sainte-Marguerite

Dans la BSM (A), les crevettes sont retrouvées dans 79% des 19 traits de chalut et 40 crevettes (mâles et femelles) sont récoltées en moyenne par 1000 m². Dans la BSM (B), 70% des 20 traits ont permis de récupérer l'espèce avec une capture moyenne de 27 crevettes (mâles et femelles) par 1000 m². À BSM (A), le maximum de densité (141 crevettes/1000 m²) est prélevé à 19 m de profondeur et à BSM (B) le maximum (127 crevettes/1000 m²) est prélevé à 26 m de profondeur (Figures 14). La fonction de lissage réalisée sur l'ensemble des traits de capture dans le secteur BSM (A) prédit une densité maximale de 113 crevettes par 1000 m² à 20 m de profondeur ($r^2 = 0,65$). Dans la BSM (B), la densité maximale prédite est de 73 crevettes par 1000 m² à 29 m ($r^2 = 0,54$).

Les répartitions des densités sont comparables entre les deux secteurs de la BSM puisqu'il existe très peu de différences dans la répartition des abondances en fonction de la profondeur. En effet, les maximums de densités sont bien localisés et dans les deux cas, ils sont situés autour de 20-30 m de profondeur. L'abondance diminue façon rapide avec la profondeur et à 50 m, les densités sont nulles. Les données de températures de fond (Figures 14) révèlent que les densités nulles coïncident avec des températures négatives. À BSM (B), la densité nulle dans les eaux peu profondes (< 15 m) coïncide avec des températures de l'ordre de 3-6°C.



Figures 14 : Répartition bathymétrique des densités totales de *S. boreas* (ind/1000m²) dans les deux secteurs de la baie Sainte-Marguerite. La courbe de lissage Loess est présentée en ligne pointillée.

Représentation spatiale des densités à BSM

La répartition spatiale des densités semble dépendante de la profondeur. Sur la figure (Figure 15. A), les densités les plus importantes se localisent le long de l'isobathe 18 m dans la zone BSM (A) et à l'intérieur des isobathes 18 et 36 m dans la zone BSM (B). Au-delà de l'isobathe 50 m, on ne note plus d'indices de présence de *S. boreas* dans les deux zones. Parmi les 36 traits de chalut effectués pour le crabe des neiges, seulement six ont pu récupérer de la crevette de roche (Figure 15. B). Ils sont tous localisés le long de l'isobathe 18 m. L'absence de *S. boreas* est également constatée à plus de 50 m de profondeur avec le crabe des neiges. Elle s'expliquerait probablement par des effets de substrat et de température liés à la profondeur.

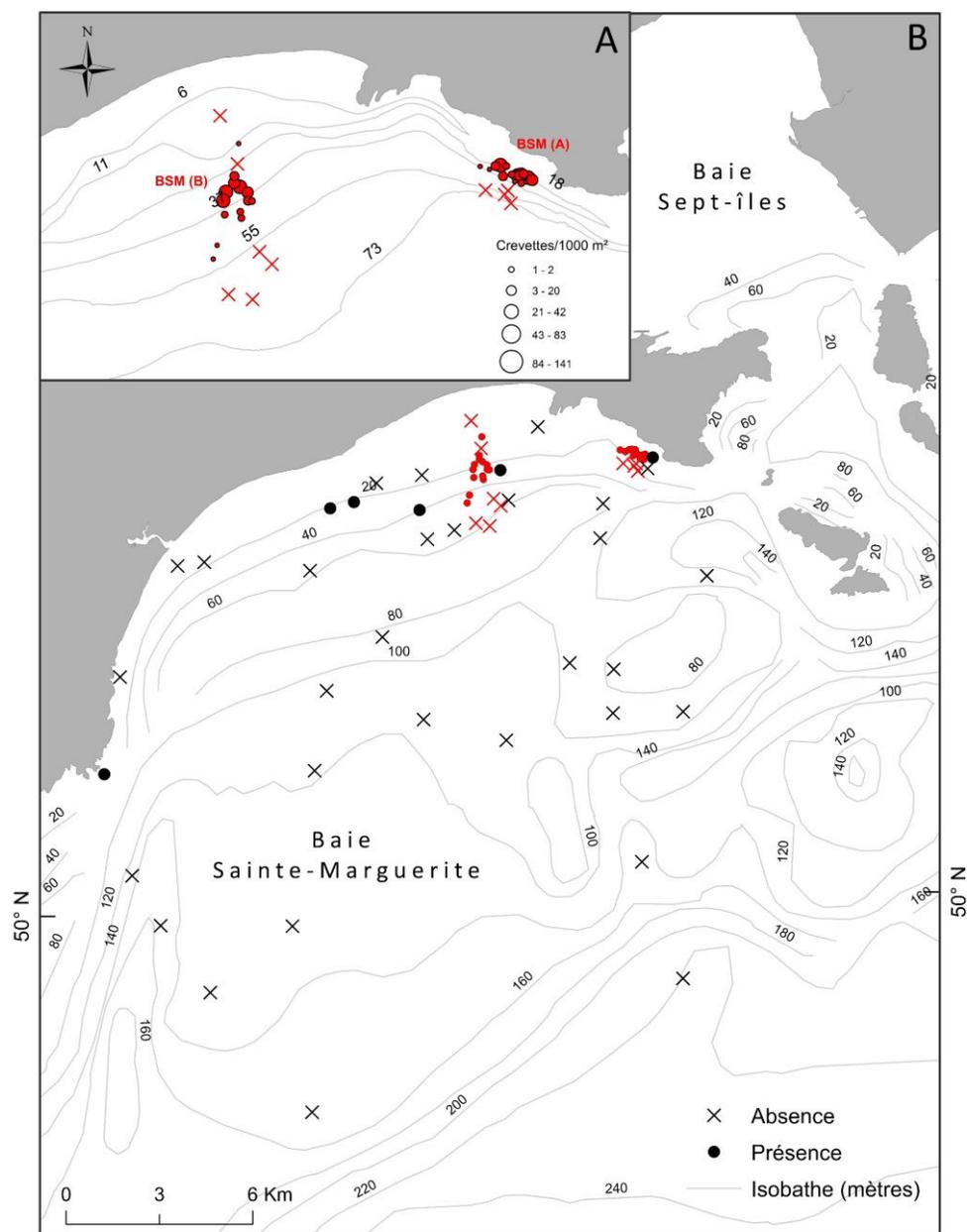
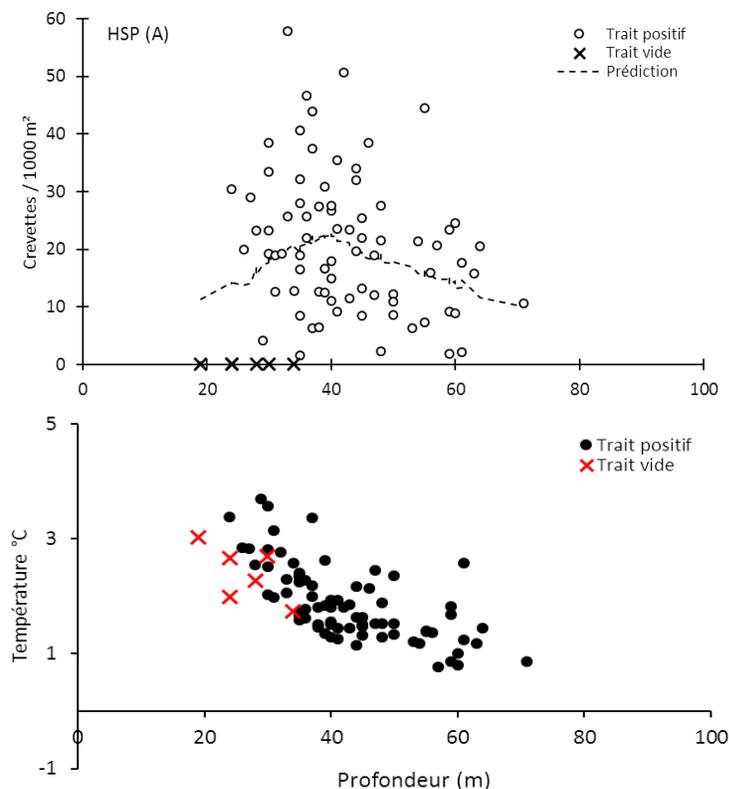


Figure 15 : A. Répartition spatiale des densités totales (ind/1000 m²) obtenues pour la population de *S. boreas* (sexes confondus) dans la région de la baie Sainte-Marguerite (BSM A et B). B. Localisation de la présence de *S. boreas* (sexes confondus) dans les relevés du crabe des neiges dans la région de la baie Sainte-Marguerite. Les présences de *S. boreas* dans les secteurs BSM (Secteurs A et B) sont également mentionnées à la figure 15.

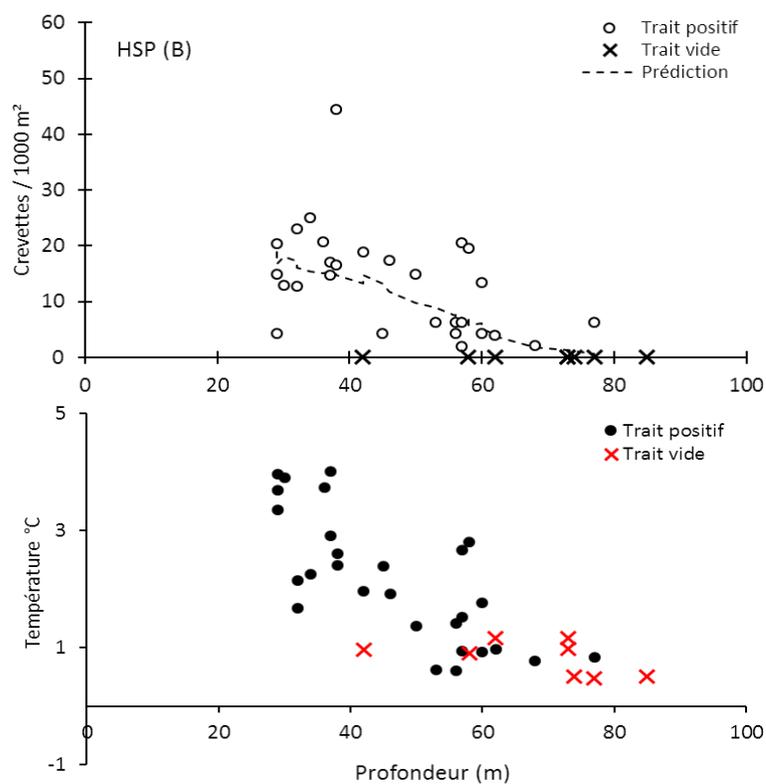
Population de Havre-Saint-Pierre

À HSP (A), 92% de l'ensemble des coups de drague ont permis de récolter les crevettes. Le trait maximum (58 crevettes/1000 m²) est atteint à 33 m de profondeur. Dans ce secteur (Figure 16), *S. boreas* peut atteindre des profondeurs élevées, jusqu'à 70 m de profondeur. Le lissage de l'ensemble des traits (trait pointillé) indique que le maximum de prédiction (23 crevettes/1000 m²) est situé à 40 m de profondeur ($r^2 = 0,017$). Comparativement à BSM, on n'a pas noté des températures négatives dans ce secteur (Figures 16). Les densités nulles sont situées dans les eaux peu profondes où la température variait entre 1,73 et 3,02°C.



Figures 16 : Répartition bathymétrique des densités totales de *S. boreas* (ind/1000 m²) dans le secteur HSP (A). La courbe de lissage Loess est présentée en ligne pointillée.

À HSP (B), 71% des 28 traits de drague ont permis de récolter l'espèce. Dans ce secteur, le rendement maximum (44 crevettes/1000 m²) a été atteint à 38 m de profondeur (Figures 17). Le lissage de l'ensemble des traits montre que le maximum de prédiction (19 crevettes/1000 m²) est situé à 29 m de profondeur ($r^2 = 0,323$). Les densités nulles dans ce secteur coïncident avec de faibles températures (0,48°C) dans les eaux profondes (Figures 17).



Figures 17 : Répartition bathymétrique des densités totales de *S. boreas* (ind/1000 m²) dans le secteur HSP (B). La courbe de lissage Loess est présentée en ligne pointillée.

En comparaison à la BSM, il n'existe pas une tendance marquée de la densité avec la profondeur à HSP. En effet une grande dispersion des densités est observée dans les deux secteurs de cette région, et qui est bien illustré par le coefficient de détermination du modèle Loess.

La régression locale montre une tendance à la diminution de la densité avec la profondeur croissante, à partir de 40 m à HSP (A) et dès 30 m dans HSP (B). Cependant, il y a des différences notables dans les profondeurs minimum et maximum échantillonnées entre les deux régions. L'échantillonnage n'a pas visé des fonds de moins de 28 m de profondeur dans le HSP (B).

Représentation spatiale des densités à HSP

À HSP, la répartition de *S. boreas* est très étendue, elle couvre toute la répartition du pétoncle d'Islande (Figure 18). Les densités les plus importantes ne sont pas très localisées comme observées à BSM. En effet, elles sont sous l'influence de la structure bathymétrique très complexe de cette région. L'augmentation de la profondeur de la côte vers le large n'est pas parallèle.

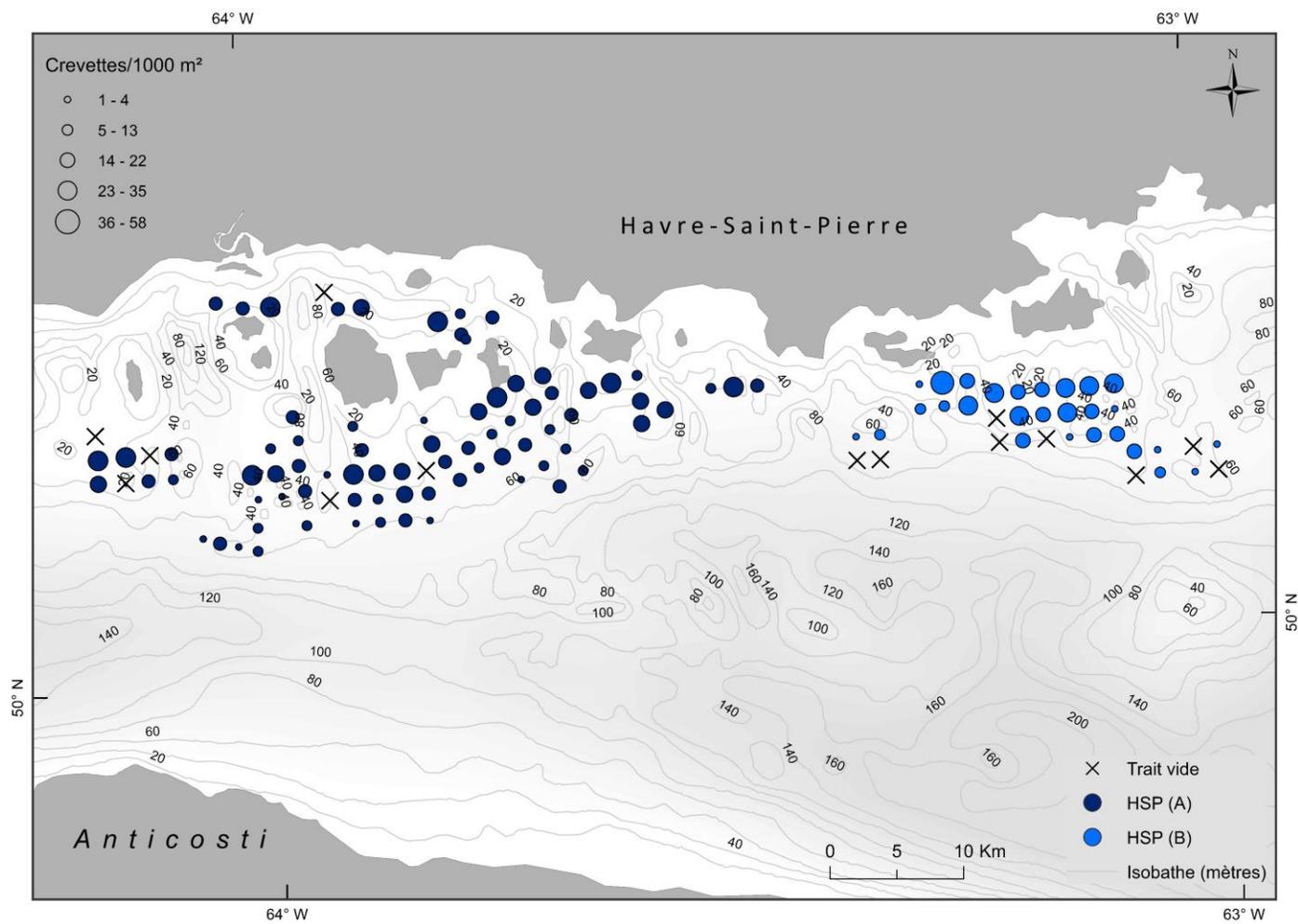


Figure 18 : Répartition spatiale des densités totales de *S. boreas* (ind/1000 m²) obtenues lors des campagnes scientifiques du pétoncle d'Islande dans la région de Havre-Saint-Pierre (HSP A et B).

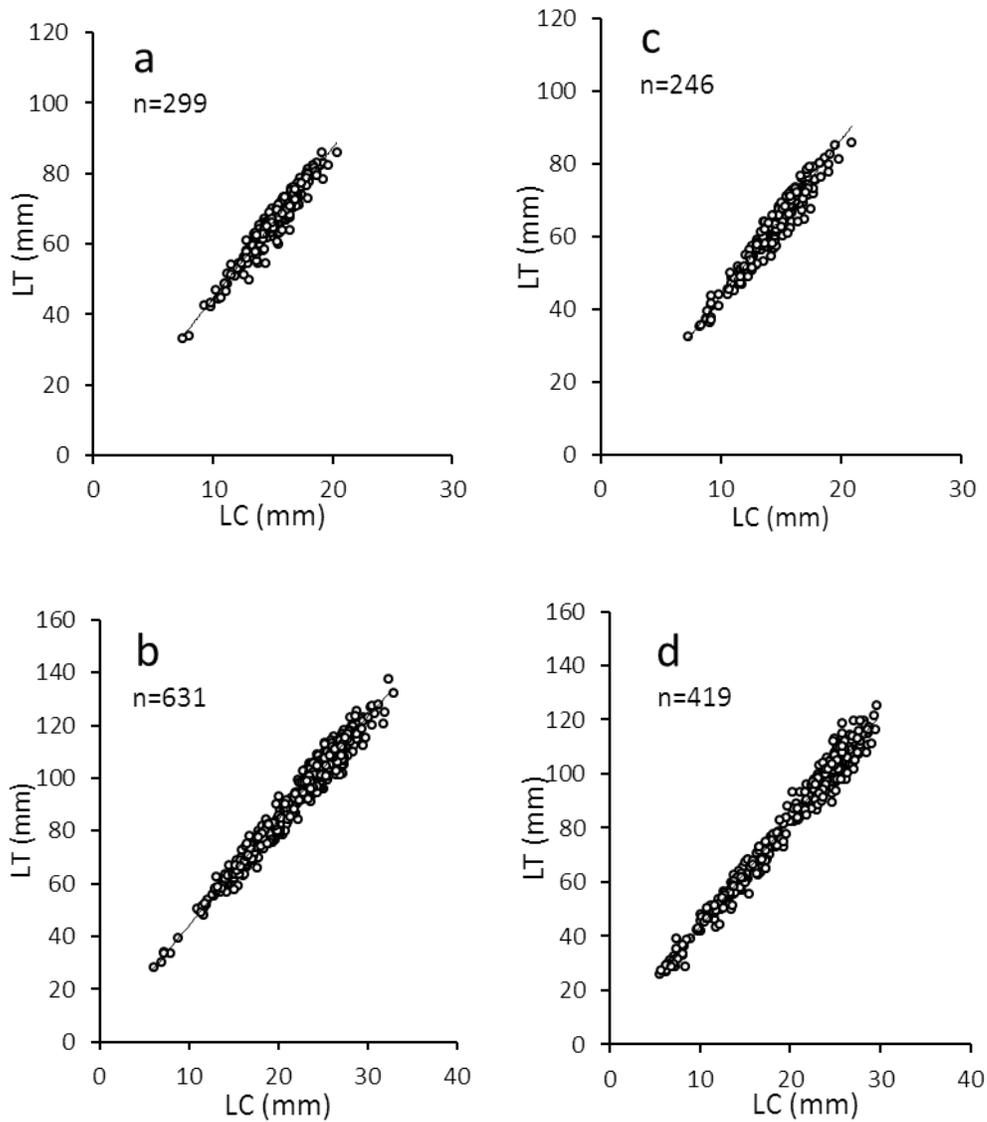
CHAPITRE 3.
CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES CHEZ LA POPULATION DE LA
CREVETTE DE ROCHE DANS LE SECTEUR NORD-OUEST DU GOLFE
SAINT-LAURENT

3.1 CARACTERISTIQUES GENERALES DES CREVETTES

3.1.1 Population BSM

3.1.1.1 Relation longueur totale – longueur céphalothorax

Chez *S. boreas*, les relations entre la longueur (*LT*) et la longueur (*LC*) (Figures 19) sont hautement significatives pour les deux sexes, après une transformation des données ($p < 0,0001$) (Tableau 8). Chez les femelles, une allométrie négative ($b < 1$) est constatée (Tableau 8). En effet, dans les deux secteurs de la BSM, les valeurs de la pente observées sont significativement différentes de la valeur attendue pour l'isométrie ($b = 1$). Chez les mâles, les valeurs de la pente sont plus élevées que les femelles et la différence est marginalement significative à BSM (A) ($p = 0,03$) et non-significative à BSM (B) ($p = 0,50$). La comparaison des relations entre les deux sexes révèle que les pentes diffèrent significativement entre mâles et femelles à BSM (A) : $t = 2,94$; $p = 0,003$ et à BSM (B) : $t = 3,22$; $p = 0,001$.



Figures 19 : Relations entre la longueur totale (LT) et la longueur céphalothoracique (LC) chez la population mâle (a) et femelle (b) de *S. boreas* dans le secteur BSM (A) et chez la population mâle (c) et femelle (d) de *S. boreas* dans le secteur BSM (B).

Tableau 8 : Coefficients de régressions des relations entre la longueur totale (*LT*) et la longueur céphalothoracique (*LC*) établies pour les crevettes mâles et femelles de *S. boreas* dans chacun des secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM). L'ordonnée à l'origine (*a*), la pente *b* (\pm écart-type), le coefficient de détermination (r^2), la valeur (*F*) et sa probabilité correspondante (*P*), la valeur du test de l'isométrie (*t*) et sa probabilité (*P*) sont présentées.

Secteurs	Groupes	Coefficients de régression			Test de régression		Test de l'isométrie ($b \neq 1$)	
		a	b	r^2	F	P	t	P
BSM (A)	Mâles (a)	4,797	0,968 \pm 0,014	0,93	4258,8	< 0,0001	-2,13	0,03
	Femelles (b)	5,157	0,933 \pm 0,005	0,97	24743,4	< 0,0001	-11,35	< 0,0001
BSM (B)	Mâles (c)	4,473	0,990 \pm 0,015	0,95	4331,8	< 0,0001	-0,69	0,50
	Femelles (d)	4,994	0,938 \pm 0,006	0,98	24936,5	< 0,0001	-10,40	< 0,0001

3.1.1.2 Composition en longueur

C'est dans la baie Sainte-Marguerite qu'ont été récupérés les plus petits individus sexés ou non sexés de *S. boreas*. Dans la BSM (A), les mâles capturés mesuraient entre 7,5 et 20,4 mm (LC), les femelles immatures mesuraient entre 6,0 et 32,9 mm (LC) et les femelles matures mesuraient entre 21,1 et 31,8 mm de LC.

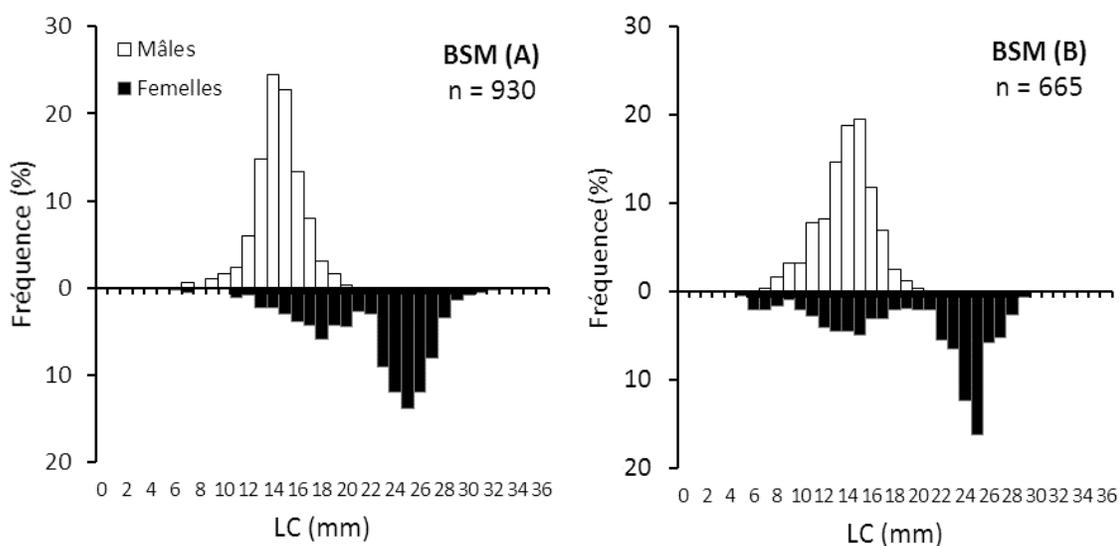
Dans la BSM (B), les mâles mesuraient entre 7,2 et 20,9 mm (LC), les femelles immatures mesuraient entre 5,5 et 29,3 mm (LC) et les femelles matures mesuraient entre 21,0 et 29,6 mm de (LC). Dans cette région, le sexe n'a pas pu être déterminé chez 12 individus dont la taille varie entre 6,0 et 13,1 mm (LC).

Les mâles sont en moyenne nettement plus petits que les femelles (Tableau 9) et la différence des longueurs entre les sexes est confirmée. Elle est hautement significative à BSM (A) ($dl = 912$; $t = 35,53$; $p < 0,0001$) et à BSM (B) ($dl = 581$; $t = 17,22$; $p < 0,0001$). D'après le tableau 9, les tailles des femelles diffèrent également entre les deux secteurs de la BSM et nos résultats montrent que la différence est significative aussi bien chez les femelles ($dl = 719$; $t = 6,809$; $p < 0,0001$) que chez les mâles ($dl = 473$; $t = 3,316$; $p = 0,001$).

Tableau 9 : Longueurs moyennes céphalothoraciques (LC) et longueurs moyennes totales (LT) des crevettes mâles et femelles de chaque secteur de la baie Sainte-Marguerite (BSM). Les valeurs moyennes sont accompagnées de leurs écarts-types. n étant l'effectif.

Secteurs	Groupes	n	LC (mm)	LT (mm)
BSM (A)	Mâles	299	14,97 ± 0,11	65,93 ± 0,48
	Femelles	631	22,68 ± 0,18	94,74 ± 0,74
BSM (B)	Mâles	246	14,35 ± 0,15	62,51 ± 0,65
	Femelles	419	20,23 ± 0,30	83,76 ± 1,22

Les distributions des fréquences de taille ont été compilées par sexe et pour l'ensemble des captures (Figures 20). Elles montrent dans chacun des secteurs de cette région, la présence d'un seul mode pour les mâles située autour de 14-15 mm de longueur (*LC*). Chez les femelles, deux modes (18 et 25 mm, *LC*) peuvent être identifiées à BSM (A) et trois modes (7, 14 et 25 mm, *LC*) à BSM (B). Dans les deux secteurs, les tailles réduites des mâles par rapport à celles des femelles sont confirmées. En effet, les mâles ne dépassent pas les 20 mm de longueur (*LC*).

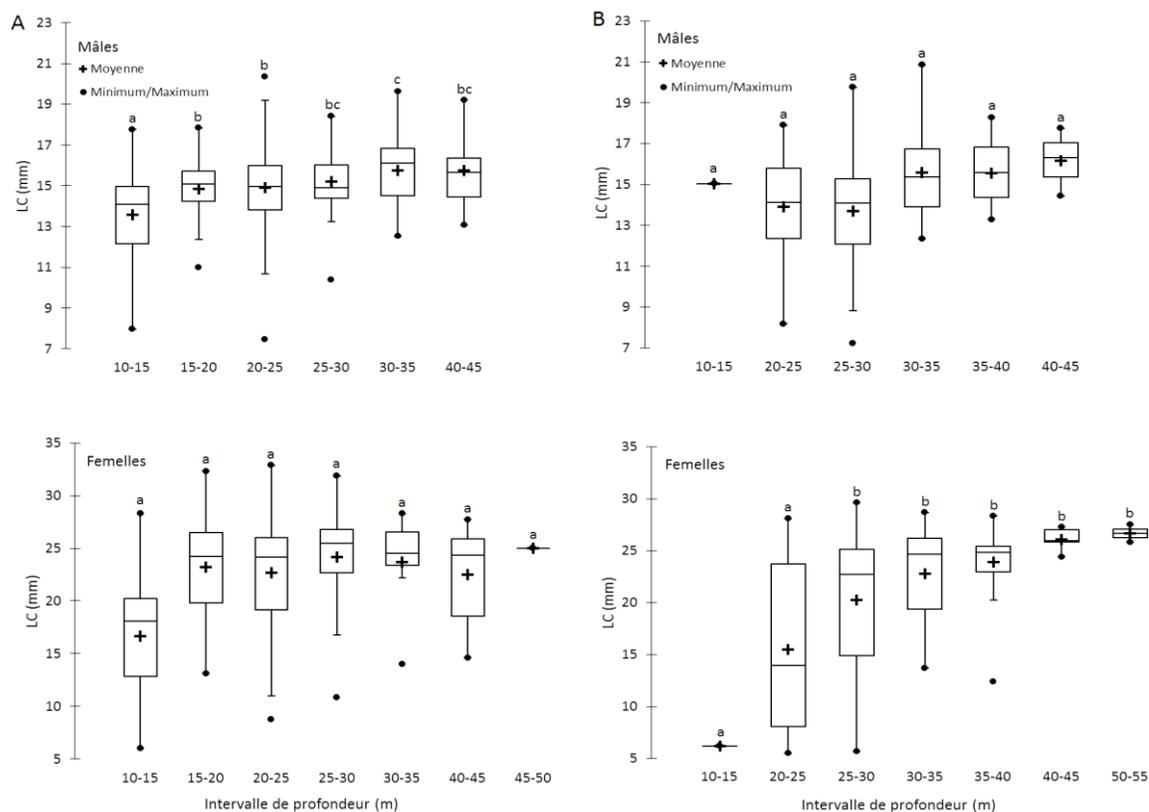


Figures 20 : Répartition des fréquences de longueur (1 mm) chez les mâles et femelles *S. boreas* capturés dans les deux secteurs de la baie Sainte-Marguerite en mai 2014.

3.1.1.3 Répartition bathymétrique des longueurs

La répartition bathymétrique des longueurs mâles et femelles de *S. boreas* présente des variations entre les secteurs de la BSM (Figures 21). En effet, les résultats ne permettent pas d'identifier une tendance claire de la distribution de la taille en fonction de la profondeur. Dans chaque strate échantillonnée, les intervalles de longueurs sont larges et particulièrement pour la population mâle et femelle de la BSM (A) (Figure 21. A). Chez les mâles de ce secteur, bien qu'il n'existe pas de structure de taille liée à la profondeur, une augmentation significative est constatée à partir de 30 m de profondeur.

L'augmentation de la taille moyenne avec la profondeur croissante la plus nette est observée chez les femelles de la BSM (B) et cette augmentation est significative (Figure 21. B). Chez les mâles de ce secteur, on peut toutefois identifier une augmentation de la taille moyenne, mais elle est non significative.



Figures 21 : Distribution des longueurs (LC) en fonction de la profondeur pour les crevettes mâles et femelles *S. boreas* dans A : le secteur de la BSM (A) et B : le secteur de la BSM (B). Les barres horizontales centrales sont les médianes entourées du premier et du troisième quartile. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les longueurs de chaque strate de profondeur.

3.1.1.4 Composition en masse

Sur l'ensemble de nos captures et pour tenir compte des biais liés à l'état de la femelle, la masse n'a été considérée que chez des individus dépourvus d'œufs et de juvéniles et, avec une absence d'épibiontes. Pour les individus provenant de la BSM (A), la masse maximale humide prélevée était de 9,4 g chez les mâles et de 41,4 g chez les femelles. Les masses maximales prélevées pour les mâles et les femelles de la BSM (B) sont respectivement de 9,9 g et de 31,7 g (Tableau 10).

Tableau 10 : Masses moyennes totales (Mt) des crevettes mâles et femelles de *S. boreas* dans chacun des secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM). Les valeurs moyennes sont accompagnées de leurs écarts-types ; n est l'effectif.

Secteurs	Groupes	n	Mt (g)
BSM (A)	Mâles	126	4,36 ± 0,13
	Femelles	198	14,00 ± 0,59
BSM (B)	Mâles	114	4,30 ± 0,18
	Femelles	117	12,51 ± 0,79

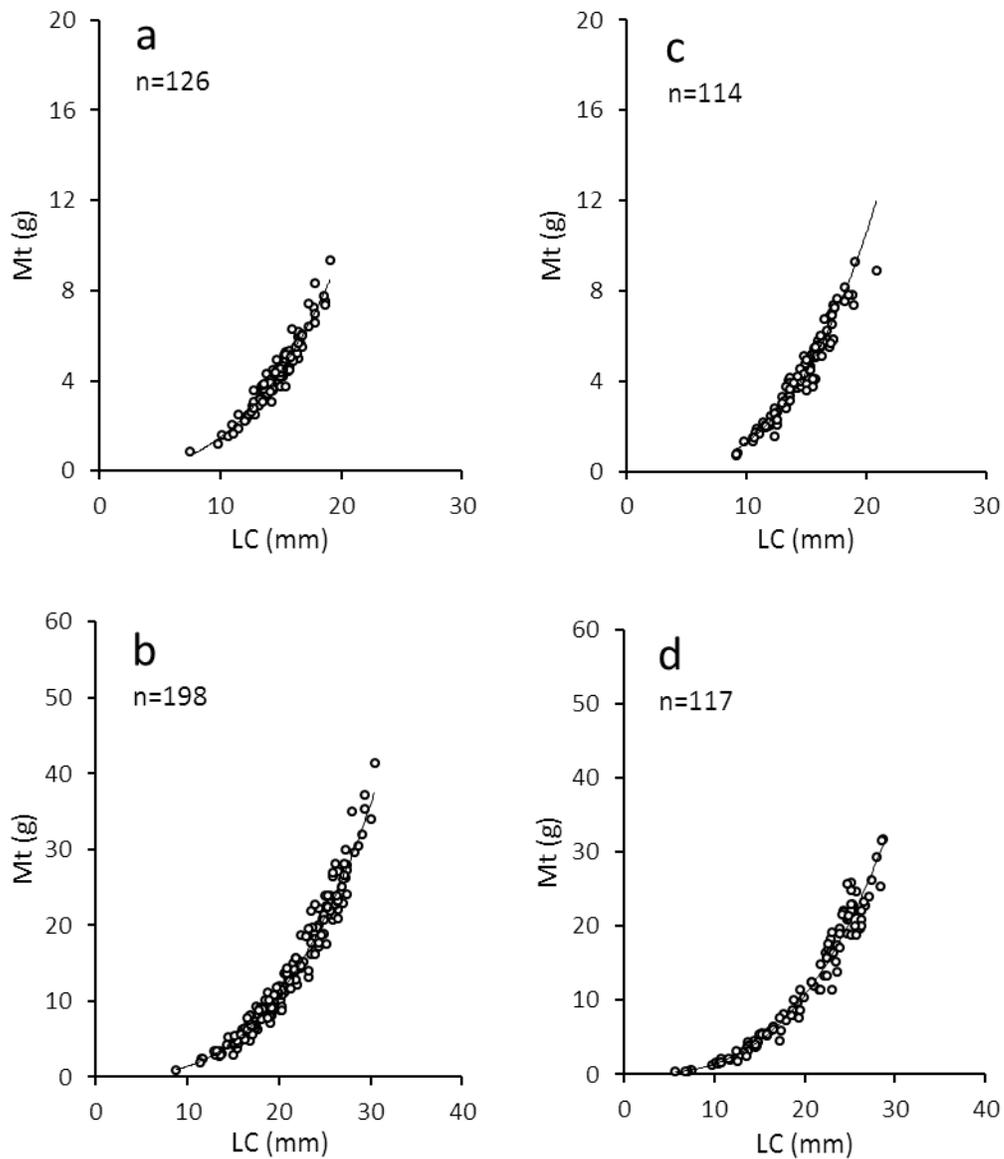
3.1.1.5 Relation masse totale – longueur céphalothorax

Les relations entre la masse totale (Mt) et la longueur (LC) (Figures 22) sont hautement significatives (Tableau 11) pour les deux sexes de *S. boreas* et dans les deux secteurs de la BSM, après une transformation des données. Une allométrie négative significative est observée et chez les mâles de BSM (A) seulement (Tableau 11). Une isométrie est constatée chez les femelles de la BSM (A) ainsi que chez la population mâle et femelle de la BSM (B).

Ces résultats démontrent que l'augmentation en masse est proportionnelle à l'augmentation en LC chez la population de cette région, à l'exception des mâles de la BSM (B) chez qui l'augmentation semble moins importante. Les relations sont toutefois différentes entre les sexes. La comparaison des droites de régression montre une différence significative au niveau des pentes à BSM (A) : $t = 3,42$; $p = 0,001$ et à BSM (B) : $t = 3,22$; $p = 0,001$.

Tableau 11 : Coefficients de régressions des relations entre la masse totale (Mt) et la longueur céphalothoracique (LC) établies pour les crevettes mâles et femelles de *S. boreas* dans chacun des secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM). L'ordonnée à l'origine (a), la pente b (\pm écart-type), le coefficient de détermination (r^2), la valeur (F) et sa probabilité correspondante (P), la valeur du test de l'isométrie (t) et sa probabilité (P) sont présentées.

Secteurs	Groupes	Coefficients de régression			Test de régression		Test de l'isométrie ($b \neq 3$)	
		a	b	r^2	F	P	t	P
BSM (A)	Mâles (a)	0,003	$2,697 \pm 0,056$	0,94	2318,77	< 0,0001	-5,40	< 0,0001
	Femelles (b)	0,001	$2,958 \pm 0,037$	0,97	6431,38	< 0,0001	-1,14	0,20
BSM (B)	Mâles (c)	0,001	$3,026 \pm 0,066$	0,94	2116,94	< 0,0001	0,40	0,60
	Femelles (d)	0,001	$2,967 \pm 0,035$	0,98	7086,57	< 0,0001	-0,92	0,35



Figures 22 : Relations entre la masse totale (Mt) et la longueur céphalothoracique (LC) chez la population mâle (a) et femelle (b) de *S. boreas* dans le secteur BSM (A) et chez la population mâle (c) et femelle (d) de *S. boreas* dans le secteur BSM (B).

3.1.2 Population HSP

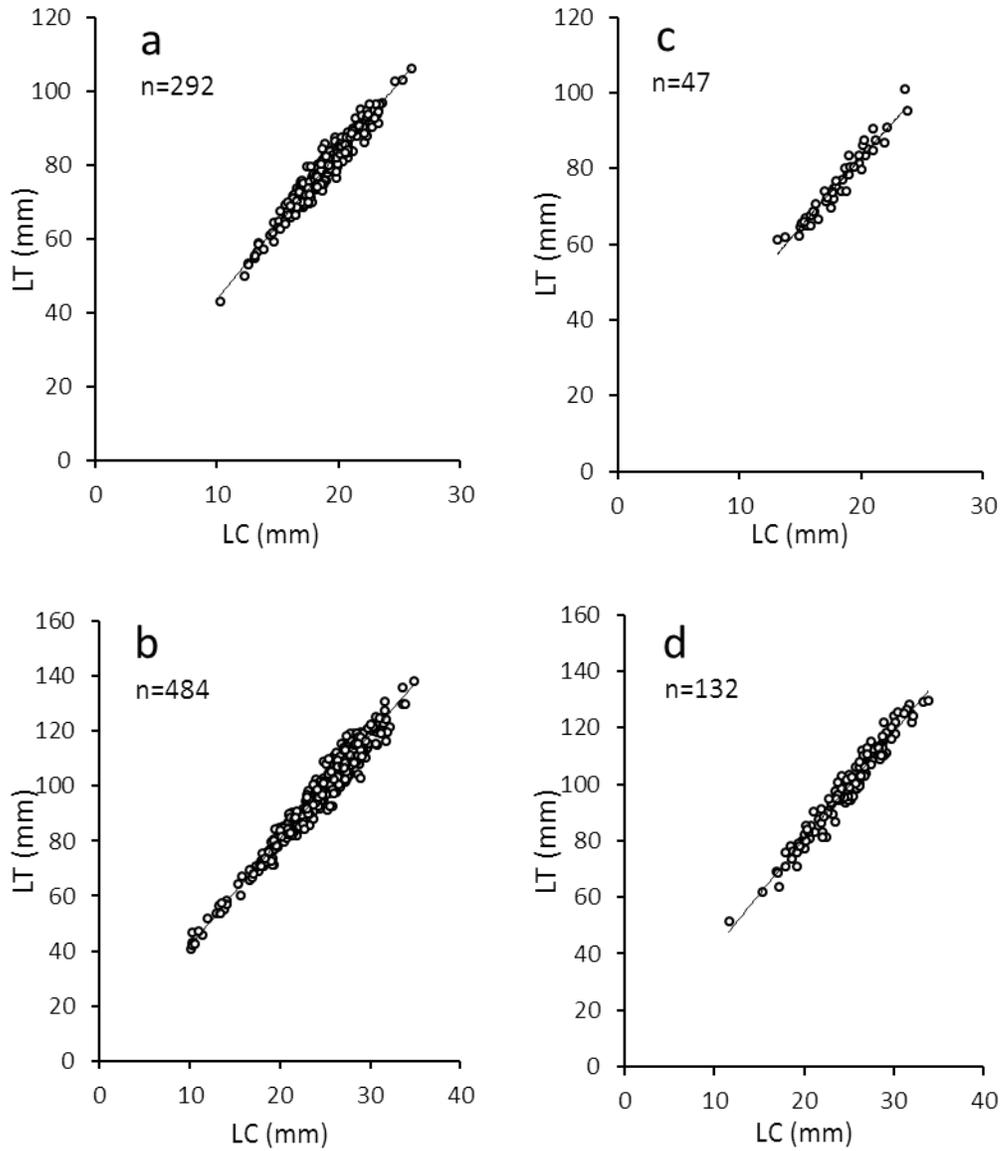
3.1.2.1 Relation longueur totale – longueur céphalothorax

Dans les deux secteurs de HSP, les relations entre la longueur totale (LT) et la longueur (LC) (Figures 23) sont également très significatives (après une transformation de données) (Tableau 12). Dans cette région, les valeurs de la pente décrivent une allométrie négative ($b < 1$) pour l'ensemble des crevettes (Tableau 12). Cependant, les pentes des relations sont moindres chez les mâles comparés à celles des femelles ce qui nous permet de considérer que la LT augmente moins rapidement que la LC chez les mâles et que cette augmentation est plus marquée chez les mâles de HSP (B).

La différence entre les relations des deux sexes est confirmée par l'ANCOVA. À HSP (A), les pentes sont homogènes, mais les ordonnées à l'origine sont significativement différentes ($t = 4,78$; $p < 0,0001$). À HSP (B), les pentes sont significativement différentes ($t = 2,21$; $p = 0,029$).

Tableau 12 : Coefficients de régressions des relations entre la longueur totale (LT) et la longueur céphalothoracique (LC) établies pour les crevettes mâles et femelles de *S. boreas* dans chacun des secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP). L'ordonnée à l'origine (a), la pente b (\pm écart-type), le coefficient de détermination (r^2), la valeur (F) et sa probabilité correspondante (P), la valeur du test de l'isométrie (t) et sa probabilité (P) sont présentées.

Secteurs	Groupes	Coefficients de régression			Test de régression		Test de l'isométrie ($b \neq 1$)	
		a	b	r^2	F	P	t	P
HSP (A)	Mâles (a)	5,123	$0,931 \pm 0,008$	0,94	5036,6	< 0,0001	- 5,27	< 0,0001
	Femelles (b)	4,646	$0,952 \pm 0,013$	0,97	15727,5	< 0,0001	- 6,28	< 0,0001
HSP (B)	Mâles (c)	6,078	$0,872 \pm 0,017$	0,95	790,8	< 0,0001	- 4,13	< 0,0001
	Femelles (d)	4,566	$0,957 \pm 0,031$	0,96	3131,7	< 0,0001	- 2,48	0,01



Figures 23 : Relations entre la longueur totale (LT) et la longueur céphalothoracique (LC) chez la population mâle (a) et femelle (b) de *S. boreas* dans le secteur HSP (A) et chez la population mâle (c) et femelle (d) de *S. boreas* dans le secteur HSP (B).

3.1.2.2 Composition en longueur

Chez la population de Havre-Saint-Pierre, la taille des mâles variait de 10,2 à 25,9 mm (*LC*) dans le HSP (A) et de 13,1 à 23,8 mm (*LC*) dans le HSP (B). Dans le HSP (A), la taille des femelles variait de 10,1 à 34,9 mm (*LC*) chez les immatures et de 23,2 à 31,8 mm (*LC*) chez les matures. Dans le HSP (B), elle variait de 11,6 à 33,8 mm (*LC*) chez les immatures et de 23,5 à 31,7 mm (*LC*) chez les matures. Les deux individus dont le sexe n'a pas été déterminé dans le HSP (A) mesuraient 11,6 mm et 24,5 mm (*LC*) respectivement. Dans cette région, quel que soit le secteur considéré, les petits individus sont rares, voire absents du fait que la drague ne permettait pas la sélection des plus jeunes individus. Les longueurs moyennes des mâles et des femelles ainsi que leurs longueurs totales respectives sont présentées par secteur dans le tableau 13.

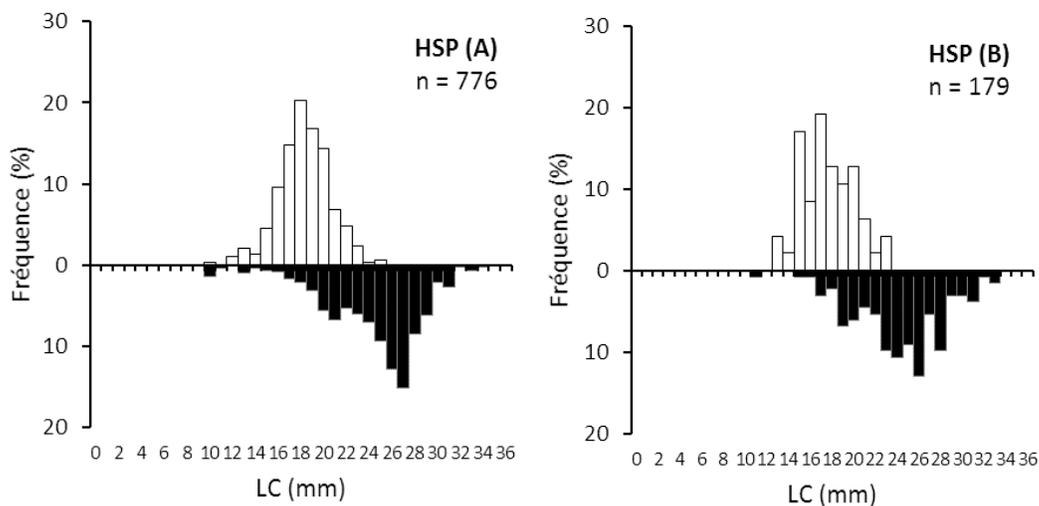
Tableau 13 : Longueurs moyennes céphalothoraciques (*LC*) et longueurs moyennes totales (*LT*) des crevettes mâles et femelles de chaque secteur de Havre-Saint-Pierre (HSP). Les valeurs moyennes sont accompagnées de leurs écarts-types ; *n* est l'effectif.

Secteurs	Groupes	n	LC (mm)	LT (mm)
HSP (A)	Mâles	292	18,81 ± 0,13	78,66 ± 0,53
	Femelles	484	24,81 ± 0,19	98,90 ± 0,75
HSP (B)	Mâles	47	18,14 ± 0,36	76,04 ± 1,38
	Femelles	132	24,70 ± 0,35	98,44 ± 1,37

Les mâles sont également plus petits que les femelles. Les tailles moyennes (*LC*) comparées révèlent des différences significatives entre les deux sexes à HSP (A) ($dl = 768$; $t = 25,48$; $p < 0,0001$) et à HSP (B) ($dl = 132$; $t = 12,99$; $p < 0,0001$). Dans la région de HSP, les crevettes formaient un échantillon homogène. En effet, les tailles moyennes comparées entre les secteurs n'ont pas montré de différence significative, ni chez les mâles ($dl = 337$; $t = 1,804$; $p = 0,072$) ni chez les femelles ($dl = 614$; $t = 0,264$; $p = 0,792$).

Cependant, la comparaison régionale des longueurs (LC) montre que la population de HSP atteint des longueurs plus grandes que la population de la BSM. Les longueurs médianes régionales comparées sont significativement différentes pour les mâles ($U = 337,95$; $p < 0,0001$) et pour les femelles ($U = 42,20$; $p < 0,0001$).

En ce qui concerne les fréquences de taille de chaque secteur, deux modes caractéristiques et abondants peuvent également être identifiés (Figures 24). Le premier mode est situé à 18 mm (LC) et correspond à celui des mâles. Le second, situé à 27 mm (LC) à HSP (A) et à 26 mm (LC) à HSP (B) est celui des femelles.



Figures 24 : Répartition des fréquences de longueur (1 mm) chez les mâles et femelles *S. boreas* capturés dans les deux secteurs de Havre-Saint-Pierre en juin 2014.

3.1.2.3 Répartition bathymétrique des longueurs

La répartition bathymétrique des structures de taille varie considérablement dans le HSP et sans aucune tendance géographique claire. En comparaison à la BSM, les intervalles de longueur sont plus larges et plus profonds (Figures 25 et 26). Des augmentations significatives de la taille moyenne sont même décelées pour la population mâle et femelle de HSP (A) et pour la population femelle de HSP (B). Bien que ce dernier secteur puisse montrer une faible représentativité par son faible échantillon ($n = 132$), les variations bathymétriques de la taille observées sont le reflet de la configuration bathymétrique très complexe de la région de HSP.

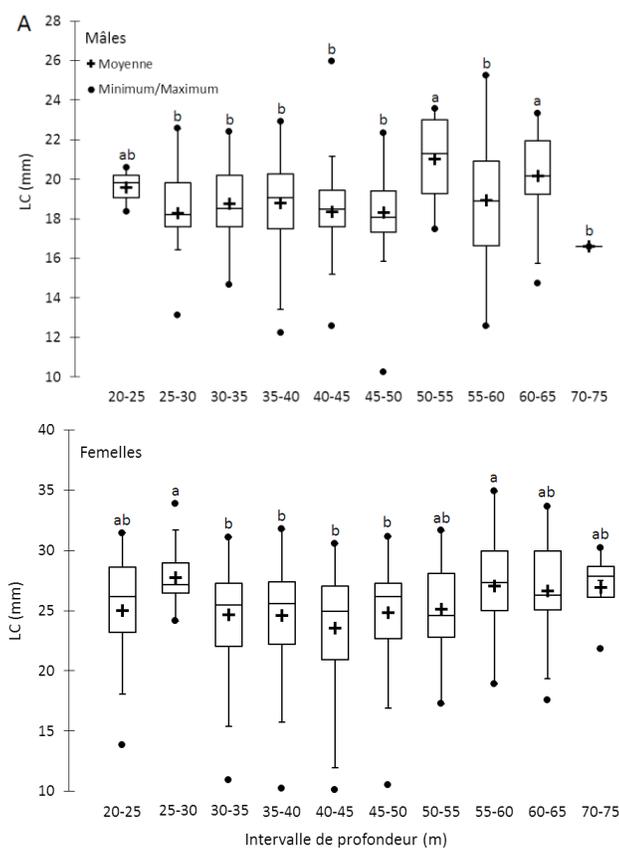


Figure 25 : Distribution des longueurs (LC) en fonction de la profondeur pour les crevettes mâles et femelles *S. boreas* dans le secteur de HSP (A). Les barres horizontales centrales sont les médianes entourées du premier et du troisième quartile. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les longueurs de chaque strate de profondeur.

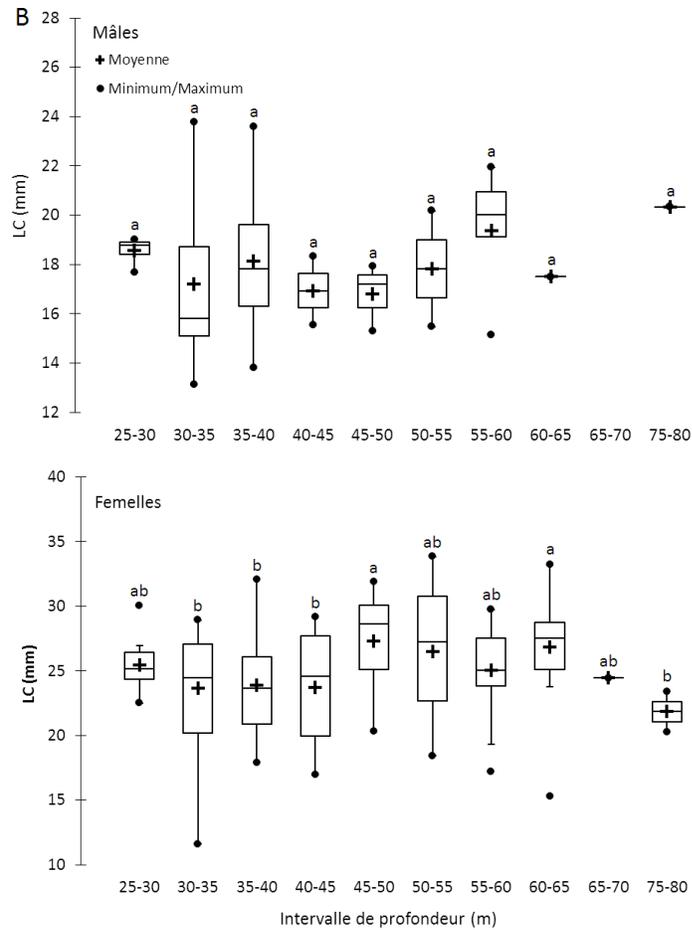


Figure 26 : Distribution des longueurs (LC) en fonction de la profondeur pour les crevettes mâles et femelles *S. boreas* dans le secteur de HSP (B). Les barres horizontales centrales sont les médianes entourées du premier et du troisième quartile. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les longueurs de chaque strate de profondeur.

3.1.2.4 Composition en masse

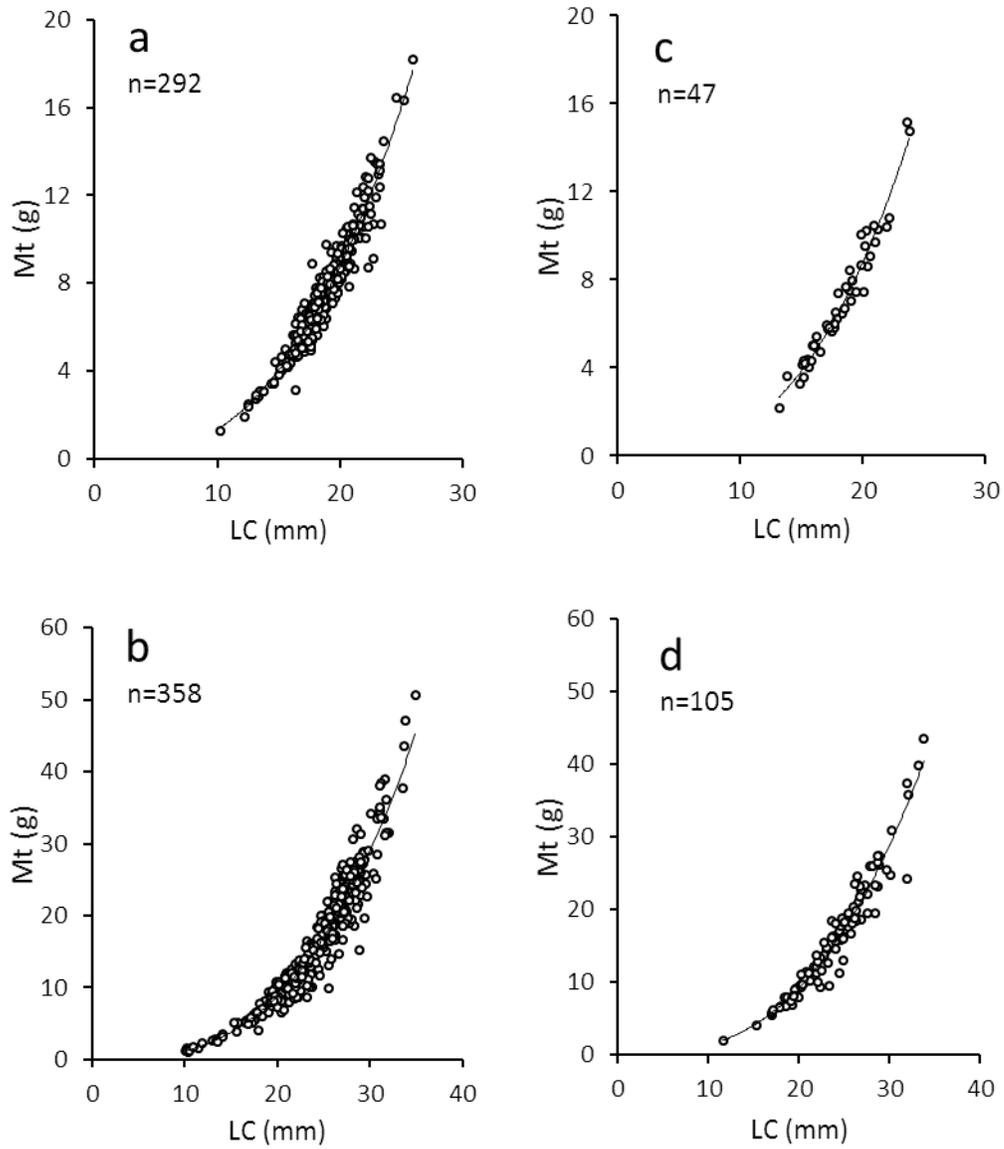
À HSP (A), la masse maximale prélevée après décongélation était estimée à 18,2 g chez les mâles et à 50,8 g chez les femelles. Dans le HSP (B), celle-ci était de 15,2 g chez les mâles et de 43,6 g chez les femelles. Les femelles sont en moyennes plus lourdes que les mâles (Tableau 14).

Tableau 14 : Masses moyennes totales (Mt) des crevettes mâles et femelles de *S. boreas* dans chacun des secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP). Les valeurs moyennes sont accompagnées de leurs écarts-types ; n est l'effectif.

Secteurs	Groupes	n	Mt (g)
HSP (A)	Mâles	292	7,69 ± 0,15
	Femelles	358	16,50 ± 0,45
HSP (B)	Mâles	47	7,02 ± 0,41
	Femelles	105	16,37 ± 0,75

3.2.1.5 Relation masse totale – longueur céphalothorax

À HSP, les relations entre la masse totale (Mt) et la longueur (LC) (Figures 27) sont également très significatives pour les deux sexes de *S. boreas* (après une transformation des données) (Tableau 15). Une allométrie négative est identifiée chez la population mâle et femelle de HSP (A) et chez la population femelle de HSP (B) (Tableau 15). Les droites de régression des mâles et des femelles ont été comparées et les résultats révèlent que les pentes sont significativement différentes pour chacun des secteurs (HSP (A) : $t = 3,80$; $p = 0,0001$; HSP (B) : $t = 2,20$; $p = 0,029$). Ces résultats suggèrent qu'à une longueur égale de la LC , les mâles sont moins lourds que les femelles. En comparaison à la population de la BSM, la population de HSP serait légèrement moins lourde, probablement en raison de la congélation des individus.



Figures 27 : Relations entre la masse totale (Mt) et la longueur céphalothoracique (LC) chez la population mâle (a) et femelle (b) de *S. boreas* dans le secteur HSP (A) et chez la population mâle (c) et femelle (d) de *S. boreas* dans le secteur HSP (B).

Tableau 15 : Coefficients de régressions des relations entre la masse totale (Mt) et la longueur céphalothoracique (LC) établies pour les crevettes mâles et femelles de *S. boreas* dans chacun des secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP). L'ordonnée à l'origine (a), la pente b (\pm écart-type), le coefficient de détermination (r^2), la valeur (F) et sa probabilité correspondante (P), la valeur du test de l'isométrie (t) et sa probabilité (P) sont présentées.

Secteurs	Groupes	Coefficients de régression			Test de régression		Test de l'isométrie ($b \neq 3$)	
		a	b	r^2	F	P	t	P
HSP (A)	Mâles (a)	0,003	2,707 \pm 0,043	0,93	3941,1	< 0,0001	- 6,80	< 0,0001
	Femelles (b)	0,001	2,943 \pm 0,034	0,96	7665,2	< 0,0001	-1,70	0,08
HSP (B)	Mâles (c)	0,002	2,856 \pm 0,092	0,95	3941,1	< 0,0001	-1,56	0,10
	Femelles (d)	0,002	2,835 \pm 0,064	0,95	1953,5	< 0,0001	- 2,56	0,01

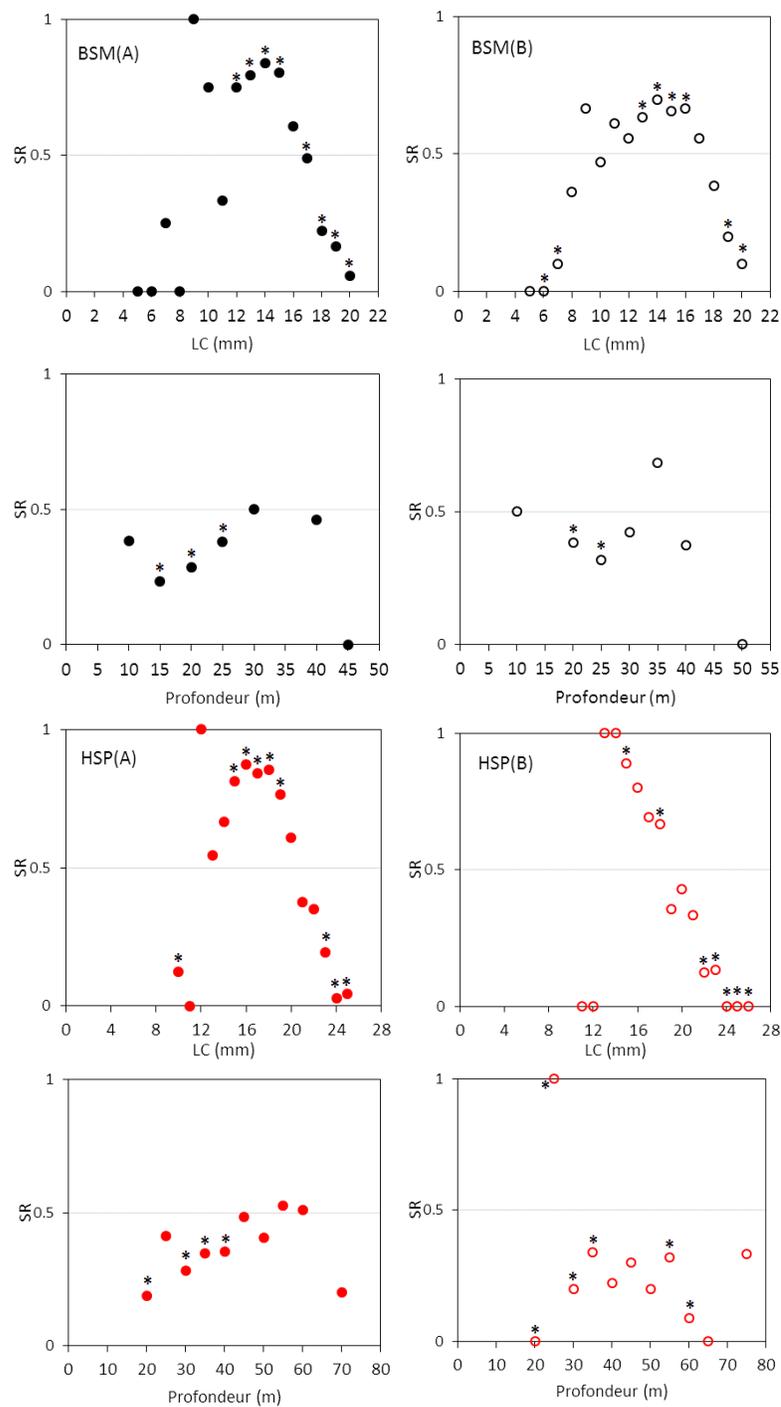
3.2 REPRODUCTION

3.2.1 Sex-ratio

Que ce soit à l'échelle des secteurs ou à celle des régions et pour l'ensemble des captures, le sex-ratio de *S. boreas* est en faveur des femelles. Comparé à une population équilibrée ($SR = 0,5$), il révèle une différence significative ($p < 0,0001$) (Tableau 16). Chez les petites tailles, le sex-ratio est en faveur des mâles dans les gammes de taille (LC) comprises entre 12 et 16 mm à BSM (A), entre 14 et 17 mm à BSM (B), entre 15 et 20 mm à HSP (A) et entre 15 et 19 mm à HSP (B) (Figures 28). Toutefois, de très petites femelles dominant de façon significative les échantillons de la BSM (B) et du HSP (A). Chez les grandes tailles, le sex-ratio est tronqué en faveur des femelles du fait des différences importantes observées entre les structures de taille des mâles et des femelles. La répartition bathymétrique des mâles et des femelles est similaire (Annexes 5 et 6), mais les femelles dominant significativement en nombre dans les profondeurs moyennes d'échantillonnage (Figures 28).

Tableau 16 : Analyse du sex-ratio chez *S. boreas* dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et à Havre-Saint-Pierre (HSP) en mai et juin 2014. La valeur du test Z et sa probabilité (P) sont présentées.

Population	Sex-ratio (M / M+F)	Test Z	P
BSM (A)	0,32	-9,49	< 0,0001
BSM (B)	0,36	-6,74	< 0,0001
BSM (secteurs confondus)	0,34	-11,55	< 0,0001
HSP (A)	0,37	-6,85	< 0,0001
HSP (B)	0,26	-6,27	< 0,0001
HSP (secteurs confondus)	0,35	-8,93	< 0,0001
Total	0,34	-9,40	< 0,0001



Figures 28 : Analyse du sex-ratio en fonction des longueurs (LC) et en fonction de la profondeur chez la population de *S. boreas* dans chaque secteur d'étude. Le sex-ratio (SR) est le rapport du nombre des mâles à celui des mâles et des femelles. Les petites étoiles (*) indiquent que les valeurs du SR sont significativement différentes ($p < 0,05$) d'une population équilibrée ($SR = 0,5$).

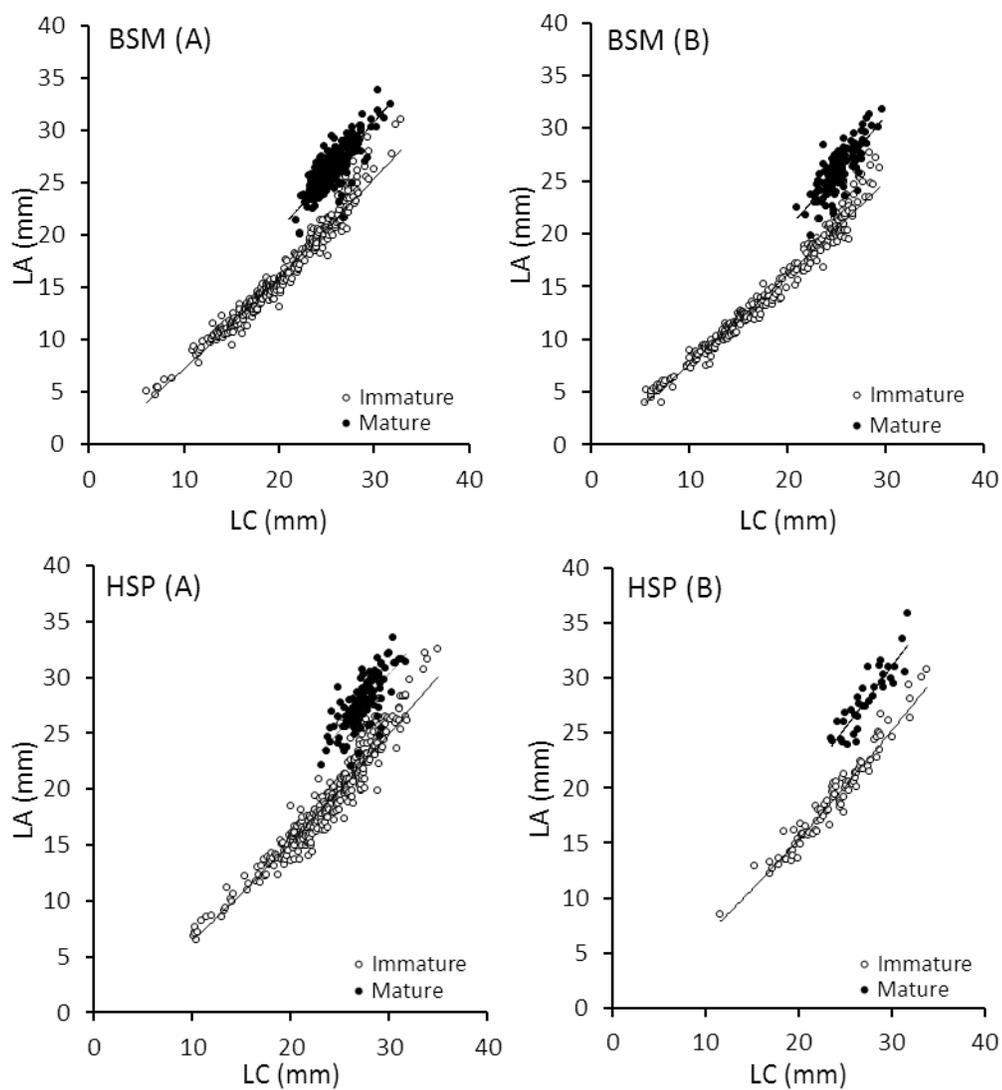
3.2.2 Maturité des femelles

3.2.2.1 Relation largeur d'abdomen – longueur céphalothorax

Des relations significatives sont établies entre les longueurs LA et LC de l'ensemble des femelles et dans chaque secteur d'étude. À partir de 21 mm (BSM) et 23 mm (HSP) de longueur, les relations sont caractérisées par un nuage de points supérieur et très distinct correspondant aux femelles matures (Figures 29). Pour une longueur (LC) identique, les femelles matures présentent une largeur d'abdomen (LA) beaucoup plus importante que celles des femelles immatures. Une analyse de covariance a permis de confirmer cette différence entre les relations des droites de régression des femelles matures et immatures. Cette analyse a révélé une différence significative entre les pentes pour BSM (A), BSM (B) et HSP (A) et au niveau des ordonnées à l'origine pour HSP (B) (Tableau 17).

Tableau 17 : Comparaison des pentes et des origines entre les droites de régression des femelles matures et immatures dans chaque secteur géographique. Le nombre de degrés de liberté (dl), les valeurs respectives du test (t) et les niveaux de probabilité (P) pour la comparaison des pentes et des positions sont présentés.

Secteurs	dl	Comparaison des pentes (mature vs immature)		Comparaison des origines (mature vs immature)	
		t	P	t	P
BSM (A)	627	2,37	0,018	-	-
BSM (B)	416	3,18	0,001	-	-
HSP (A)	480	2,55	0,011	-	-
HSP (B)	128	1,23	0,221	2,80	< 0,0001



Figures 29 : Relations entre la largeur de l'abdomen (LA) et la longueur céphalothoracique (LC) chez les femelles *S. boreas* dans chaque secteur géographique.

Les rapports $LA : LC$ chez les femelles matures et immatures ont été examinés (Tableau 18). Chez les femelles matures, on a enregistré 24% à BSM (secteurs confondus), 31% à HSP (A) et 26% à HSP de ces femelles avec un rapport $LA : LC < 1$, c'est-à-dire des femelles avec un abdomen étroit par rapport au céphalothorax (Tableau 18). Les proportions restantes et élevées correspondent à des femelles dont l'abdomen est plus large par rapport au céphalothorax ($LA : LC \geq 1$).

Le fait qu'il n'existait pas de différence significative entre les longueurs (LC), mais plutôt une différence au niveau des largeurs d'abdomen (LA) chez ces deux groupes de femelles matures (Tableau 18) laisse penser que ce groupe de femelles ($LA : LC < 1$) peut être attribuable à des femelles qui viennent de muer à maturité pour la première fois et chez qui, la croissance de l'abdomen n'a probablement pas encore été privilégiée.

Tableau 18 : Comparaison des longueurs moyennes (LC) et (LA) chez les femelles matures identifiées avec un ratio $LA : LC < 1$ et un ratio $LA : LC \geq 1$ dans chaque secteur géographique.

Secteurs	Ratios	% (n)	LC (mm)	t	P	LA (mm)	t	P
BSM (A)	$LA : LC < 1$	24,0 (67)	$25,70 \pm 0,233$	-0,09	0,923	$24,82 \pm 0,270$	-6,60	< 0,0001
	$LA : LC \geq 1$	75,9 (212)	$25,72 \pm 0,111$			$26,78 \pm 0,125$		
BSM (B)	$LA : LC < 1$	24,0 (31)	$25,22 \pm 0,268$	-0,44	0,656	$24,15 \pm 0,336$	-6,60	< 0,0001
	$LA : LC \geq 1$	76,0 (98)	$25,36 \pm 0,159$			$26,69 \pm 0,188$		
HSP (A)	$LA : LC < 1$	31,3 (41)	$27,22 \pm 0,265$	-0,37	0,712	$26,00 \pm 0,300$	-6,86	< 0,0001
	$LA : LC \geq 1$	68,7 (90)	$27,34 \pm 0,166$			$28,41 \pm 0,194$		
HSP (B)	$LA : LC < 1$	25,7 (9)	$27,22 \pm 0,867$	-0,22	0,823	$24,96 \pm 1,041$	-3,45	0,002
	$LA : LC \geq 1$	74,3 (26)	$27,42 \pm 0,429$			$28,72 \pm 0,531$		

Nos résultats montrent que les rapports $LA : LC < 1$ sont respectés chez 100% des femelles immatures et dans chaque secteur d'étude, suggérant que l'abdomen chez ces femelles est plus réduit que le céphalothorax. Toutefois, des régressions linéaires entre la longueur (LA) et la longueur (LC) réalisés pour ces femelles ont révélé une allométrie positive significative entre ces deux longueurs lorsque l'ensemble des femelles immatures sont considérées (Tableau 19) et une isométrie entre ces deux longueurs lorsque les femelles immatures de grandes tailles ($LC >$ taille de première maturité) sont exclues des régressions (Tableau 19). Ces observations suggèrent que la croissance de l'abdomen chez les femelles est plutôt identique à celle du céphalothorax avant la première mue de maturité. La croissance favorisée de l'abdomen chez les femelles immatures tient du fait que les régressions de ces femelles sont biaisées par la présence de femelles matures ayant perdu leur caractère de maturité.

Tableau 19 : Coefficients de régressions des relations entre la largeur de l'abdomen (LA) et la longueur céphalothoracique (LC) établies pour l'ensemble des femelles immatures de *S. boreas* dans chaque secteur géographique et pour les femelles immatures de *S. boreas* ($LC < 21$ mm à BSM et $LC < 23$ mm à HSP).

Femelles immatures	Secteurs	Coefficients de régression			Test de régression		Test de l'isométrie ($b \neq 1$)	
		a	b	r^2	F	P	t	P
Total	BSM (A)	0,518	1,143 ± 0,013	0,96	7852,49	< 0,0001	11,11	< 0,0001
	BSM (B)	0,628	1,083 ± 0,010	0,98	12873,52	< 0,0001	8,65	< 0,0001
	HSP (A)	0,386	1,225 ± 0,016	0,94	5812,57	< 0,0001	14,01	< 0,0001
	HSP (B)	0,391	1,225 ± 0,029	0,95	1737,61	< 0,0001	7,64	< 0,0001
LC < 21 mm	BSM (A)	0,753	1,007 ± 0,016	0,95	3725,7	< 0,0001	0,41	0,721
	BSM (B)	0,750	1,010 ± 0,014	0,97	5353,7	< 0,0001	0,72	0,577
LC < 23 mm	HSP (A)	0,546	1,107 ± 0,027	0,92	1703,3	< 0,0001	3,97	0,0001
	HSP (B)	0,635	1,061 ± 0,070	0,86	231,7	< 0,0001	0,87	0,495

3.2.2.2 Longueur à maturité

Il n'a pas été possible de déterminer avec certitude la longueur à laquelle 100% des individus *S. boreas* étaient matures. En effet, les femelles qui venaient de libérer leur descendance ont le pouvoir de perdre systématiquement leur caractère de maturité lors des mues. Cependant, une augmentation progressive des pourcentages de femelles matures en fonction des longueurs (*LC*) est décelée jusqu'à atteindre des maximums identifiables (Figure 30). Dans la BSM, les pourcentages augmentent à partir de 19 et 21 mm pour atteindre 70,1% dans la BSM (A) et 60,4% dans la BSM (B) à des tailles respectives égales à 23 et 23,5 mm (*LC*). À HSP, les pourcentages augmentent à partir de 21 mm pour atteindre 49,4% dans le HSP (A) et 62,8% dans le HSP (B) et à des tailles respectives situées à 27 et 27,5 mm (*LC*). Les longueurs auquel 50% de la population femelle est mature sont de 23 mm (*LC*) à BSM et à 27 mm (*LC*) à HSP, secteurs confondus.

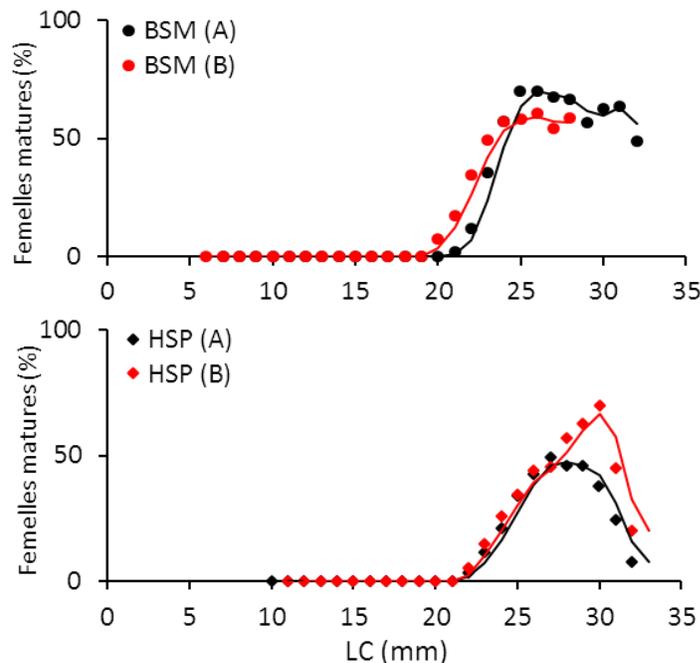
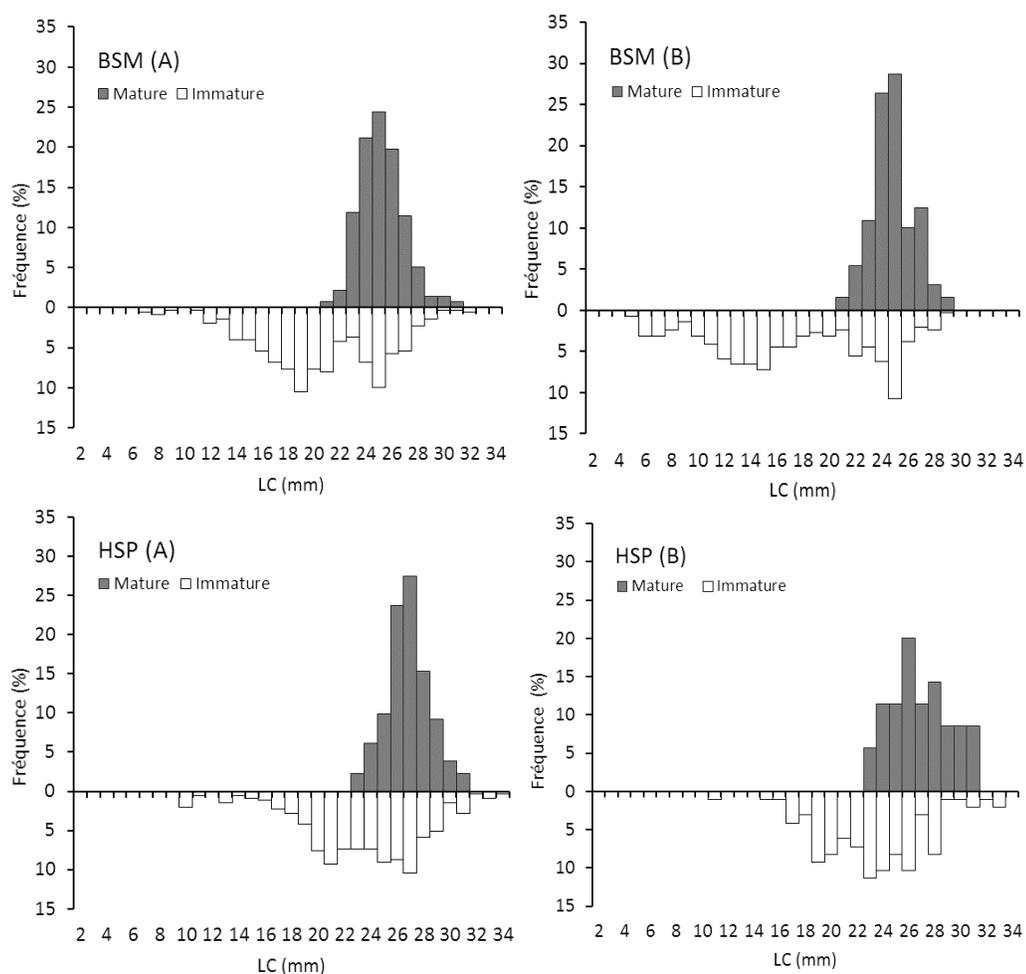


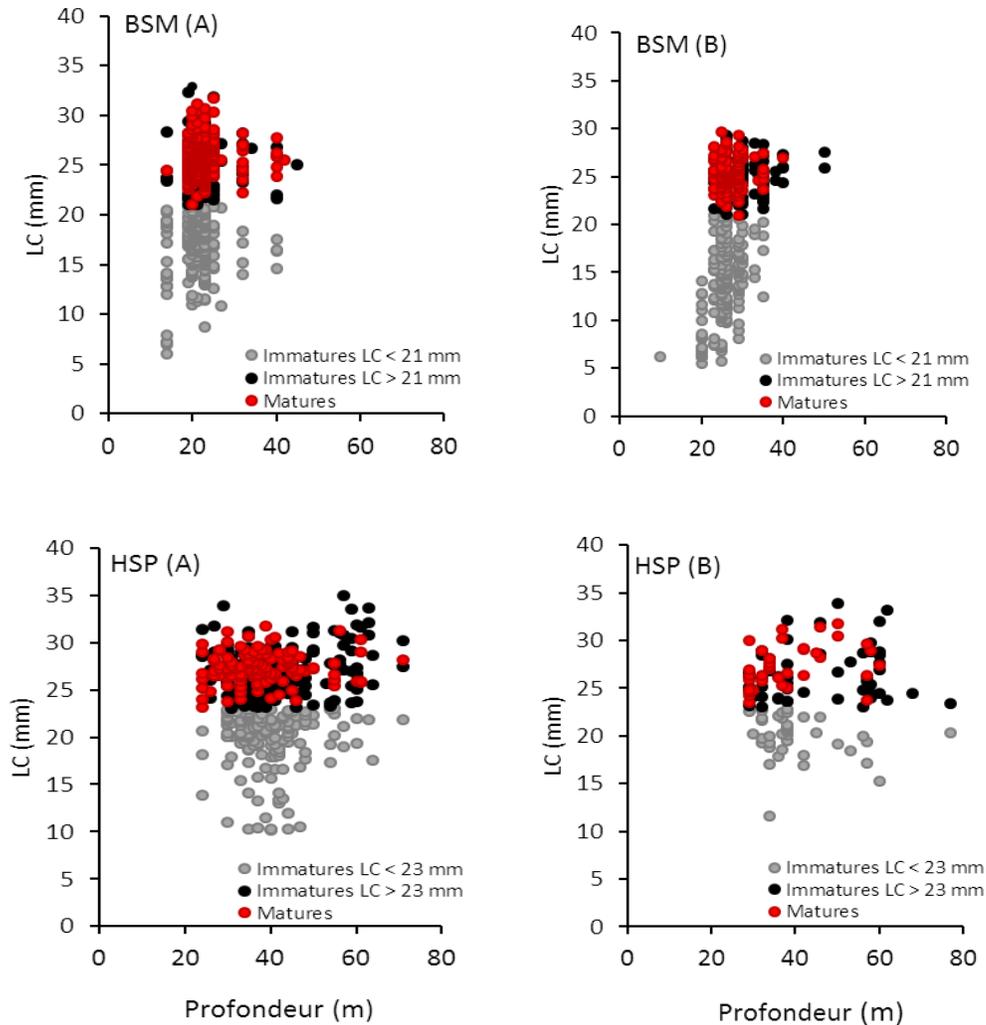
Figure 30 : Proportions des femelles matures *S. boreas* en fonction de la longueur (*LC*) dans les deux secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM) et dans les deux secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP).

Les structures de taille des femelles de chaque région (Figures 31) mettent en évidence que les grandes tailles sont constituées de femelles matures et immatures. Elles montrent par ailleurs la distribution unimodale des femelles matures. Les longueurs modales des grandes femelles immatures sont situées à 25 mm (*LC*) à BSM et à 26 et 27 mm (*LC*) à HSP. Ils correspondent vraisemblablement à des femelles qui se sont déjà reproduites et qui ont perdu leur caractère de femelles matures.



Figures 31 : Répartition des fréquences de tailles des femelles matures et immatures de *S. boreas* dans les deux secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM) en mai 2014, et dans les deux secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP) en juin 2014.

Également, la répartition bathymétrique de toutes les femelles : matures, immatures ($LC <$ taille de première maturité) et immatures ($LC >$ taille de première maturité) est identique pour chaque région (Figures 32). Cependant, le passage de la femelle d'un état mature à un état immature semble se produire dans des eaux peu profondes.



Figures 32 : Distribution bathymétrique des femelles matures et immatures *S. boreas* dans les deux secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM) en mai 2014, et dans les deux secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP) en juin 2014.

3.2.2.3 Femelles œuvées

Les femelles œuvées mesuraient plus de 21 mm (*LC*) dans la BSM (secteurs confondus) et plus de 23 mm (*LC*) à HSP. Les proportions les plus faibles de ces femelles sont trouvées à BSM. En effet, environ 44,4% (n=124) des femelles matures portaient des œufs à BSM (A) contre 39,5% (n=51) à BSM (B), 51,1% (n=67) à HSP (A) et 54,3% (n=19) à HSP (B). Ces différences régionales dans les proportions peuvent être attribuables à la nature des œufs identifiés chez les femelles.

En effet, les femelles de la région de la BSM (secteurs confondus) se caractérisent par des portées d'œufs de couleur vert vif alors que certaines femelles de HSP ont été identifiées avec des portées où tous les œufs étaient de couleur brun orangé, que l'on considère comme des œufs proches de l'éclosion, ou comme des œufs détériorés (Annexe 7). Nous avons identifié 24 femelles à HSP (A) et 8 femelles à HSP (B) avec ces portées, soit des proportions d'environ 36% et 42% du total des femelles œuvées respectivement. Au cours de nos traitements, aucune portée d'œufs de couleur blanche n'a été observée. Cependant, des œufs blancs résiduels ont pu être identifiés chez les femelles dégrainées seulement, c'est-à-dire celles qui venaient de relâcher leurs juvéniles. Lorsqu'il y en avait, leurs nombres étaient faibles et variables (de 1 à 5 œufs). Ces œufs blancs sont considérés comme des œufs dégradés qui n'ont jamais été fécondés ou comme des œufs morts au début de leur développement (Bukin, 1992 ; Guay *et al.*, 2011).

Les femelles dégrainées portaient souvent des descendants à deux stades de développement ou plus. En effet, on a pu identifier des œufs de stades B, des œufs blancs, des œufs brun orangé, des larves de stade D et enfin des juvéniles (Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009). Le juvénile avait une armature de carapace semblable à celle d'un adulte. Certaines femelles de HSP avaient une sorte de cocons sur leurs pléopodes (Annexe 8). Nous avons observé cette caractéristique sur les femelles matures ou œuvées y compris celles qui portaient des œufs détériorés. Selon Bjørdalsbakke (2011), il s'agirait de cocons d'hirudinées marines (*Crangonobdella spitzbergensis*), des parasites. À BSM, les pléopodes de l'ensemble des femelles n'avaient pas cette caractéristique.

Les proportions de femelles œuvées sont élevées à l'atteinte de la première longueur de maturité, en particulier dans les deux secteurs BSM (B) et HSP (B) (Figure 33). Cependant, les pourcentages de ces femelles se stabilisent de façon approximative autour de 50%, entre 23-28 mm (*LC*) dans la BSM et entre 25-30 mm (*LC*) dans le HSP. Dans ces gammes de longueurs, il est probable que 50% des femelles matures aient relâché leurs œufs. Au-dessus de 28 mm de *LC* (BSM) et de 29 mm de *LC* (HSP), la totalité des femelles portaient des œufs.

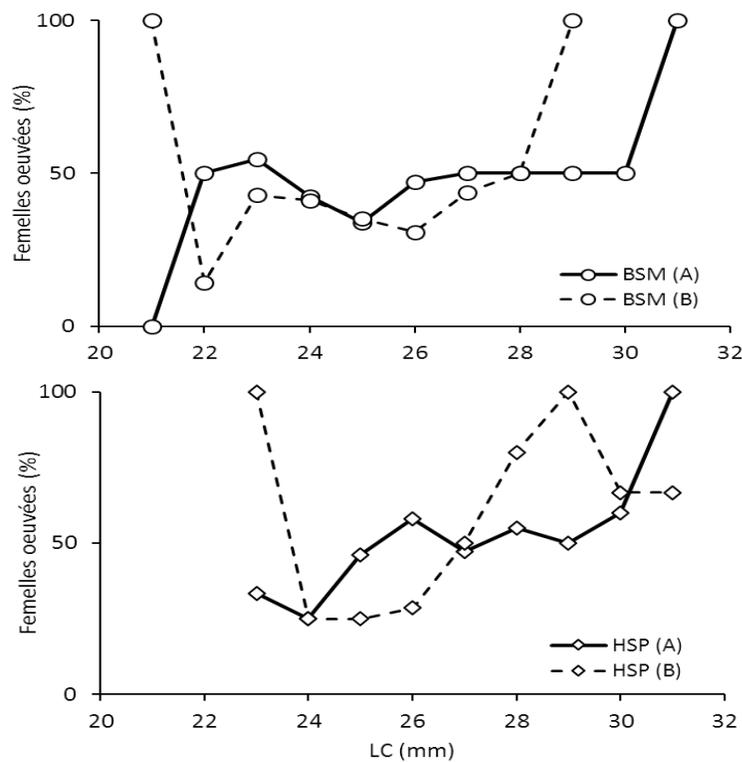


Figure 33 : Évolution du pourcentage de femelles œuvées relatif à toutes les femelles matures de *S. boreas* en fonction de la longueur du céphalothorax (*LC*) et par classe de taille de 1 mm dans les deux secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM) et dans les deux secteurs de Havre-Saint-Pierre (HSP).

3.2.2.4 Volume des portées

Nous avons identifié trois types de portées chez la femelle *S. boreas* (Figure 34). Si on ne considère pas le faible échantillon (n=11) du secteur HSP (B), les femelles identifiées avec des portées « moyennes » et « grosses » constituaient la majorité des femelles œuvées. La figure montre également qu'environ 50% des femelles œuvées avaient de grosses portées. Les stades de développement de la progéniture chez les femelles œuvées n'ont pas été identifiés. D'après quelques observations (Annexe 9), des yeux sont visibles sur les œufs et ils correspondent au stade B défini par Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie (2009), et qui correspond à des œufs en présence de petites taches oculaires et une structure embryologique rudimentaire.

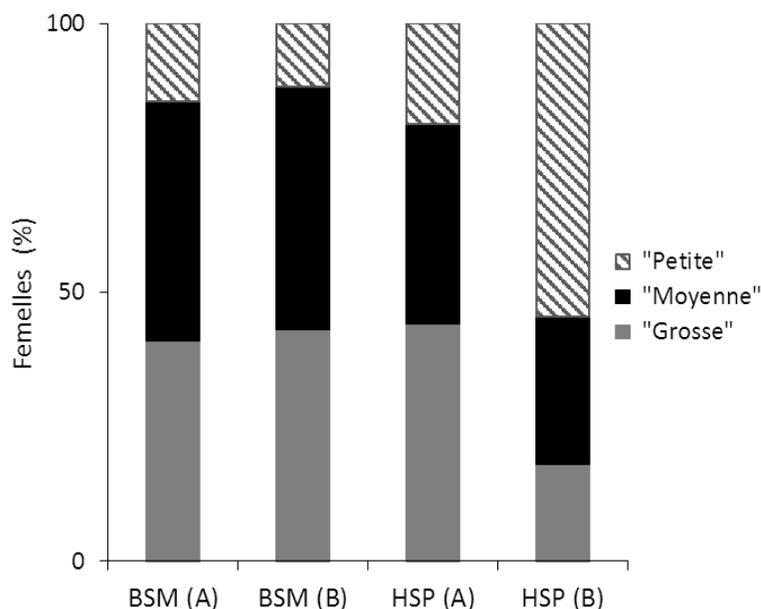


Figure 34 : Répartition des portées d'œufs chez les femelles œuvées de *S. boreas* dans chaque secteur d'étude. Les femelles identifiées avec des œufs « bruns » à HSP ne sont pas considérées. « Petite » portée : un nombre faible d'œufs ou de juvéniles ($n \leq 30$). « Moyenne » portée : les œufs ou juvéniles attachés aux pléopodes sont nombreux, mais contenus dans l'abdomen. « Grosse » portée : les œufs ou les juvéniles rattachés aux pléopodes débordent de l'abdomen de la femelle.

3.2.2.5 Fréquence des mues

Dans nos captures, la plus petite femelle *S. boreas* qui avait récemment mué, à en juger par l'état de sa carapace, mesurait 15 mm (LC) dans la BSM (A) et 6 mm (LC) dans la BSM (B). À HSP (secteurs confondus), celle-ci mesurait 23 mm de (LC). Les mues récentes observées chez les femelles sont identifiées en majorité chez des immatures et les proportions les plus élevées se trouvaient dans le secteur BSM (B) (Tableau 20). C'est d'ailleurs dans ce secteur où des femelles matures ayant récemment mué ont été identifiées.

Tableau 20 : Pourcentage des femelles ayant récemment mué (postmue) dans chaque secteur géographique, par rapport au nombre total (n) des femelles observées.

Secteurs	% (n) matures récemment muées	% (n) immatures récemment muées (immature à immature ou immature à mature)
BSM (A)	0,0 (279)	5,4 (352)
BSM (B)	2,3 (129)	14,5 (290)
HSP (A)	0,0 (131)	4,2 (353)
HSP (B)	0,0 (35)	3,1 (97)

3.2.2.6 Épibiontes

La présence des épibiontes chez la crevette de roche était assez fréquente et affectait seulement les femelles. Nous avons pu identifier trois types d'épizoïtes : des balanes, des hydrozoaires et des ophiures. Les épibiontes étaient un bon moyen de connaître si les crevettes avaient mué récemment (des mues régulières ou des mues de maturité). D'après nos observations, les femelles matures sont les plus sensibles à ce phénomène puisqu'aucun épibionte n'a été observé chez les mâles ou même chez les femelles immatures. Environ la moitié des femelles matures avaient des épibiontes sur le corps (Tableau 21). Les proportions les plus élevées de ces femelles sont observées à BSM (B) et les plus faibles à HSP (B). Le faible nombre d'individus dans ce dernier secteur n'a pas permis de considérer une tendance similaire aux autres secteurs. En général, les femelles avaient de faibles couvertures d'épibiontes sauf dans la BSM (B) où 44% des femelles avaient de lourdes couvertures. Chez les femelles œuvées, les épibiontes étaient présents chez environ 25% à 30% d'entre elles et ils étaient de faibles couvertures (légères) (Tableau 21). En ce qui concerne les femelles de HSP identifiées avec des portées d'œufs détériorés, celles-ci ne présentaient aucun épibionte sur leur carapace.

Tableau 21 : Pourcentage (%) des femelles matures et œuvées *S. boreas* identifiées avec des épibiontes sur le corps.

Secteurs	Femelles matures		Femelles œuvées *		Femelles Œuvées **	
	%	n	%	n	%	n
BSM (A)	49,1 (89,0)	279	29,8 (100)	124	-	-
BSM (B)	58,9 (56,6)	129	25,5 (76,9)	51	-	-
HSP (A)	49,5 (62,3)	131	30,2 (76,9)	43	0	24
HSP (B)	14,8 (75)	35	0	11	0	8

* Portées avec œufs non détériorés

** Portées avec œufs détériorés

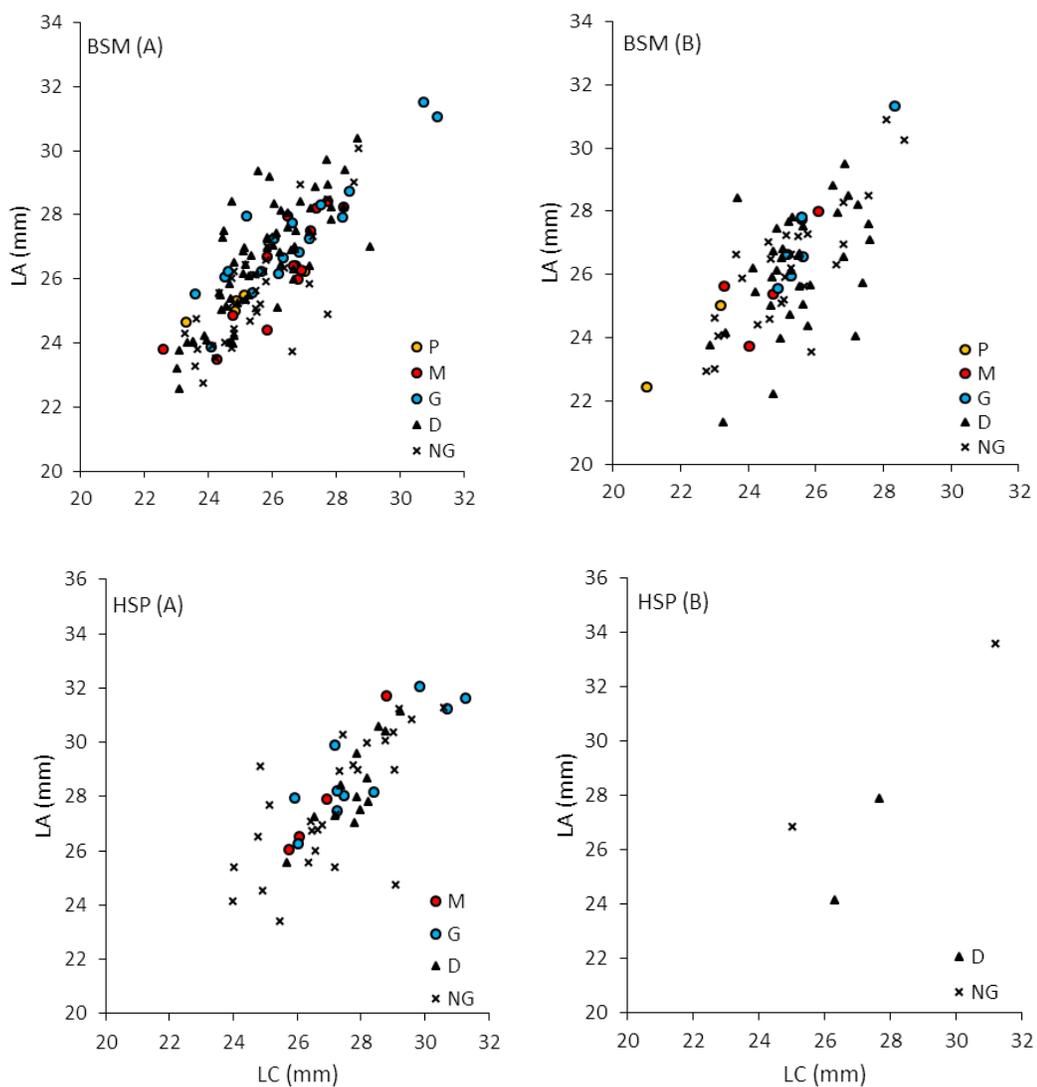
() Pourcentage des femelles identifiées avec des épibiontes de faible couverture (légers)

Les épibiontes ont été localisés en majorité sur des femelles pleinement œuvées (grosses portées) (Tableau 22). En effet, les proportions de présence d'épibionte semblent augmenter de petite portée à grosse portée. Mais cette augmentation est significative à BSM (A) seulement ($P < 0,0001$) du fait que ce secteur détient le plus grand nombre de femelles œuvées en présence d'épibiontes ($n=37$).

Comparativement aux femelles qui venaient de délivrer leurs progénitures (récemment dégrainées et non grainées), la présence des épibiontes semble se corrélérer à la taille de la femelle œuvée et au volume de sa portée (Figures 35).

Tableau 22 : Pourcentage (%) des femelles œuvées *S. boreas* identifiées avec des épibiontes sur le corps.

Secteurs	Portées d'œufs		
	« Petite »	« Moyenne »	« Grosse »
BSM (A)	16,2	35,1	48,6
BSM (B)	15,3	38,5	46,1
HSP (A)	0	28,6	71,4
HSP (B)	0	0	0



Figures 35 : Relations entre la largeur de l'abdomen (LA) et la longueur céphalothoracique (LC) chez les femelles *S. boreas* identifiées avec des épibiontes sur le corps dans chaque secteur d'étude. P : femelles grainées avec petites portées ; M : femelles grainées avec moyennes portées ; G : femelles avec grosses portées ; D : femelles dégrainées et NG : femelles non grainées.

3.2.2.7 Cycle de reproduction

Chez les femelles matures, nous avons pu distinguer trois groupes de femelles (Figure 36). En effet, on retrouve des femelles avec un abdomen vide dépourvu d'œufs ou de juvéniles (non grainées), des femelles représentant l'ensemble des femelles œuvées (grainées) et des femelles ayant récemment libéré leurs juvéniles, celles-ci étaient identifiées par un faible nombre d'œufs et/ou de juvéniles résiduels accrochés à leur abdomen ou à leur pléopodes (dégrainées).

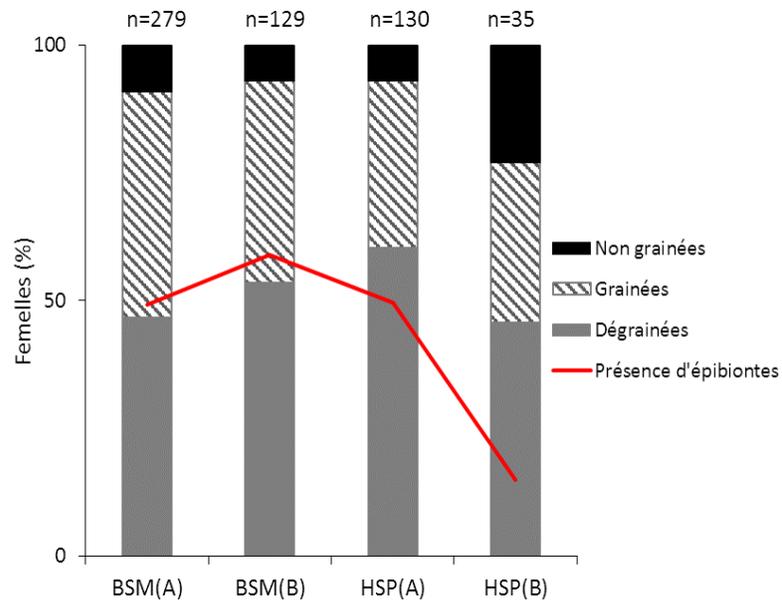


Figure 36 : Proportion des femelles *S. boreas* en absence d'œufs (non grainées), des femelles œuvées (grainées) et des femelles identifiées avec des œufs et des juvéniles résiduels (dégrainées) dans chaque secteur d'étude. Les femelles en présence d'épibiontes sont également présentées.

Les femelles dégrainées représentent environ 45 à 60% de l'ensemble des femelles matures suggérant qu'environ la moitié de ces femelles avaient relâché leurs progénitures (50%). Ces observations se confirment lorsqu'on retrace les proportions des femelles en présence d'épibiontes, c.-à-d. celles qui n'avaient pas encore mué. Ces dernières composaient environ la moitié des échantillons de femelles matures de chaque région. Les

femelles qui viennent de muer pour la reproduction (non grainée ; abdomen vide) et celles qui portent les œufs (grainées), représentent le reste de la population. Comme cité précédemment, la population de HSP (B) ne permettait pas de considérer cette même tendance en raison d'un faible échantillon.

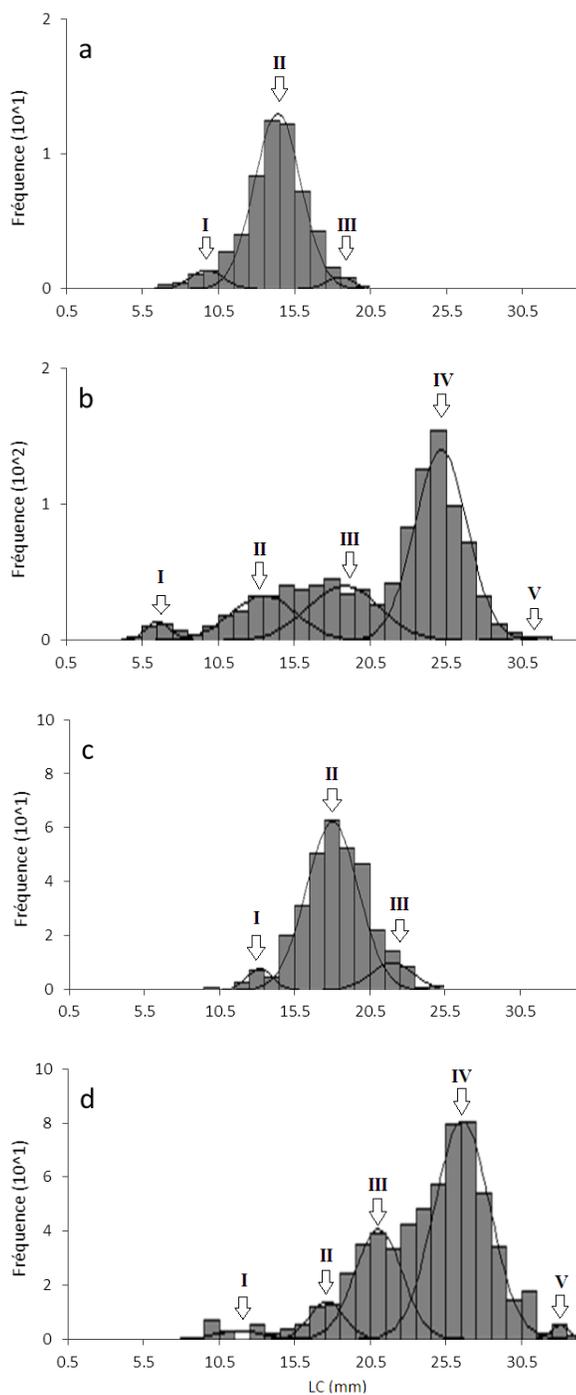
CHAPITRE 4.
PRODUCTION ET DYNAMIQUE DE LA POPULATION DE LA CREVETTE
DE ROCHE DANS LE SECTEUR NORD-OUEST DU GOLFE SAINT-
LAURENT

Pour les études de la croissance, de la mortalité et de la production, nous avons tenu compte de l'ensemble des crevettes capturées dans chacune des deux régions d'étude. Les échantillons provenant de chaque secteur à l'intérieur de chaque région ont été regroupés pour construire un seul échantillon par région. Les échantillons combinés comprennent 1595 crevettes dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) (545 mâles et 1050 femelles) et 955 crevettes à Havre-Saint-Pierre (HSP) (339 mâles et 616 femelles). La longueur de la carapace (*LC*) a été retenue comme paramètre de base plutôt que la longueur (*LT*) puisque les corrélations entre ces deux longueurs ont été démontrées dans le chapitre 3. Tous les calculs et les analyses sont effectués séparément pour les mâles et les femelles.

4.1 ANALYSE DES FREQUENCES DE TAILLES

Nos décompositions des distributions de fréquence des longueurs ont permis d'isoler trois composantes pour les mâles et cinq pour les femelles dans chacune des régions (Figures 37). Ces composantes peuvent être assimilées à des cohortes, c'est-à-dire des groupes de naissance annuels.

La séparation des premiers groupes d'âge ne permettait pas d'obtenir des concordances entre les longueurs mâles et femelles. En effet, la rareté des jeunes individus dans nos données semblait influencer l'efficacité des deux modèles de décomposition (Bhattacharya et NORMSEP) et particulièrement à HSP. Pour résoudre ce problème, nous avons repositionné toutes les longueurs moyennes de façon à faire correspondre les groupes d'âge entre eux (Tableau 23). Bien que ces dernières semblent cohérentes entre les sexes, de légères différences régionales sont observées. En effet, les femelles du groupe d'âge 5 ans de la BSM présentent des longueurs moyennes plus importantes que celles de HSP. C'est d'ailleurs dans cette région (BSM) qu'on a pu isoler le premier groupe d'âge (1 an) identifié pour les femelles. Les longueurs moyennes des mâles semblent cohérentes entre les régions, jusqu'à l'âge de 4 ans.



Figures 37 : Décomposition des fréquences-longueurs chez la population mâle et femelle *S. boreas* (a et b) de la baie Sainte-Marguerite et chez la population mâle et femelle *S. boreas* (c et d) de Havre-Saint-Pierre. Les chiffres romains indiquent les âges des cohortes.

Tableau 23 : Groupes d'âge et longueurs moyennes correspondantes pour les mâles et les femelles *S. boreas* dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et le Havre-Saint-Pierre (HSP). Les longueurs moyennes (LC) sont accompagnées par \pm leurs intervalles de confiance (95%). *n* : effectif de la cohorte (%); r^2 : coefficient de corrélation; *S.D.* : écart type; *S.I.* : indice de séparation.

	Groupe d'âge (années)						
	1	2	3	4	5	6	7
BSM							
Mâles (n=545)							
LC moyenne	-	10,88	14,43	17,31	-	-	-
\pm écart type	-	$\pm 0,40$	$\pm 0,13$	$\pm 0,35$	-	-	-
n	-	14	77	9	-	-	-
r^2	-	0,991	0,997	0,991	-	-	-
S.D.	-	1,806	1,393	1,267	-	-	-
S.I.	-	0	2,220	2,168	-	-	-
Femelles (n=1050)							
LC moyenne	6,73	-	14,43	18,67	24,75	26,84	-
\pm écart type	$\pm 0,32$	-	$\pm 0,13$	$\pm 0,29$	$\pm 0,14$	$\pm 0,50$	-
n	3	-	20	16	53	8	-
r^2	0,859	-	0,611	0,545	0,932	0,941	-
S.D.	0,889	-	2,504	1,929	1,633	2,260	-
S.I.	0	-	4,274	2,115	3,412	1,070	-
HSP							
Mâles (n=339)							
LC moyenne	-	-	13,15	17,93	20,63	-	-
\pm écart type	-	-	$\pm 0,31$	$\pm 0,22$	$\pm 0,46$	-	-
n	-	-	4	77	19	-	-
r^2	-	-	0,992	0,985	0,997	-	-
S.D.	-	-	1,378	1,795	1,872	-	-
S.I.	-	-	0	3,013	1,475	-	-
Femelles (n=616)							
LC moyenne	-	10,30	13,38	-	21,83	26,68	30,59
\pm écart type	-	$\pm 0,31$	$\pm 0,42$	-	$\pm 0,35$	$\pm 0,18$	$\pm 0,47$
n	-	2	1	-	46	44	7
r^2	-	0,750	0,989	-	0,983	0,970	0,980
S.D.	-	0,500	0,500	-	2,986	1,558	1,516
S.I.	-	0	5,763	-	4,963	2,137	2,542

4.2 COEFFICIENT DE CROISSANCE

Les estimations de LC_{∞} par les trois méthodes sont relativement proches pour chaque population (Tableau 24). Entre les régions, les longueurs LC_{∞} semblent plutôt proches chez les femelles, mais elles sont différentes chez les mâles. En effet, la région de HSP détient les longueurs les plus importantes.

Les valeurs de LC_{∞} obtenues par la méthode de Powell-Wetherall ont été retenues puisqu'elles permettaient de mieux représenter la population de *S. boreas* (BSM : 22,56 mm chez les mâles et 35,80 mm chez les femelles ; HSP : 26,12 mm chez les mâles et 36,53 mm chez les femelles). Selon le sexe et la région, cette méthode a considéré les longueurs maximales et a fourni un coefficient de détermination (r^2) élevé (Tableau 24 ; Annexe 10).

Tableau 24 : Valeurs du paramètre LC_{∞} (mm) obtenues pour les mâles et les femelles *S. boreas* dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et à Havre-Saint-Pierre (HSP). ()* étant le coefficient de détermination r^2 de la courbe de Powell-Wetherall.

Régions	Groupes	Méthodes		
		Powell-Wetherall	ELEFAN 1	Taylor
BSM	Mâles	22,56 (0,994)*	22,20	21,94
	Femelles	35,80 (0,931)	35,40	34,60
HSP	Mâles	26,12 (0,976)	26,30	27,32
	Femelles	36,53 (0,961)	36,25	36,76

Les valeurs des coefficients K sont également très comparables entre les méthodes (Powell-Wetherall et ELEFAN 1), mais des divergences régionales sont observées chez les femelles (Tableau 25). En effet, les taux de croissance chez les femelles de BSM sont deux fois plus importants qu'à HSP. La qualité de l'ajustement (Rn) a également été vérifiée par chacune des méthodes et elle semblait meilleure avec la méthode de Powell-Wetherall.

Tableau 25 : Valeurs du paramètre K (an^{-1}) obtenues pour les mâles et les femelles *S. boreas* dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et à Havre-Saint-Pierre (HSP). ()* étant le score Rn donné par le programme FISAT II.

Régions	Groupes	Méthodes	
		Powell-Wetherall	ELEFAN 1
BSM	Mâles	0,510 (0,941)*	0,510 (0,635)
	Femelles	0,950 (0,682)	1,010 (0,410)
HSP	Mâles	0,520 (0,620)	0,510 (0,490)
	Femelles	0,490 (0,511)	0,510 (0,511)

Toutefois, les valeurs de K fournies par les deux méthodes paraissent surestimées. En effet, lorsqu'elles sont substituées dans l'équation de von Bertalanffy, elles ne permettaient pas d'obtenir des courbes de croissance qui reflètent la dispersion des observations. L'âge t_o , dépendant du couple LC et K , ne semblait pas cohérent non plus. Pour contourner ce problème, une régression non linéaire basée sur les distributions de fréquence-longueur par sexe et par région a été utilisée en fixant LC_∞ donné par la méthode de Powell-Wetherall. Cette méthode a permis d'estimer de nouveaux coefficients K et leurs t_o respectifs. Dans cette régression, la taille des crevettes à l'émergence a été considérée. En effet, les K ont été surestimés probablement du fait que les petites crevettes étaient rarement représentées dans nos échantillons, principalement à HSP. Selon Guay *et al.* (2011), une crevette juvénile (taille à l'émergence) mesurait 9,93 mm de longueur totale (LT) et à cette taille, il était

impossible d'identifier le sexe. Cette longueur a donc été substituée dans les relations longueurs $LT-LC$ de Sainte-Marie *et al.* (2006) établies pour les crevettes mâles et femelles du même échantillon prélevé dans la même région (baie Sainte-Marguerite) pour déduire une longueur du céphalothorax (LC).

Une longueur standard à l'émergence (2,51 mm) a été calculée comme la moyenne des longueurs des deux sexes (2,56 mm pour les mâles et 2,47 mm pour les femelles). Les résultats des régressions et les valeurs finales des coefficients K et t_0 associés à la population *S. boreas* dans chacune des deux régions d'étude sont présentés dans le tableau 26. Ces nouvelles valeurs de K sont très comparables entre les régions pour les mâles et les femelles alors qu'elles sont différentes entre les deux sexes. Les mâles présentent un K plus élevé que celui des femelles. Ces valeurs plutôt élevées de K démontrent *a priori* que les longueurs asymptotiques sont atteintes plus rapidement chez les mâles, qui présentent moins de classes d'âge.

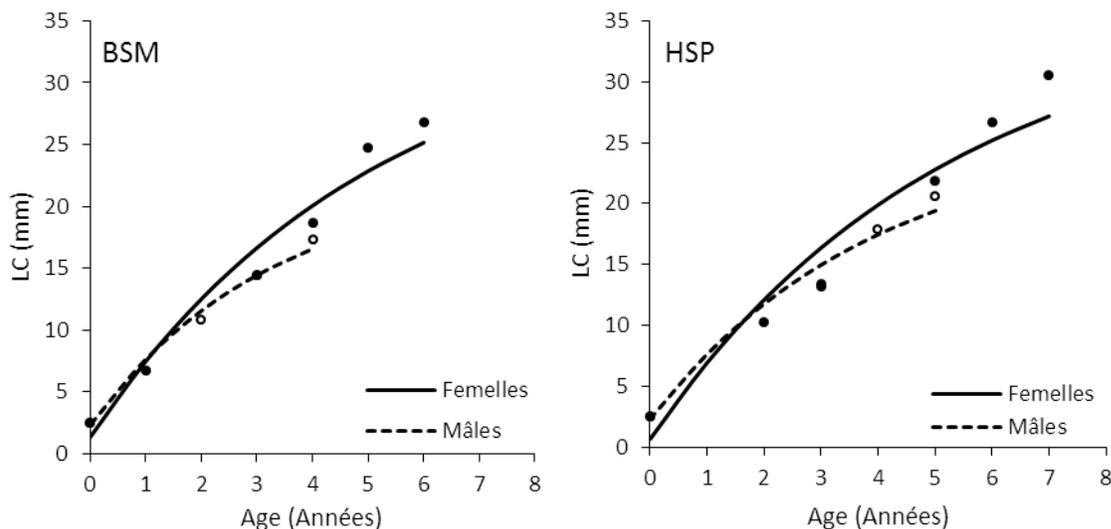
Tableau 26 : Résultats du modèle non linéaire assurant l'estimation des coefficients de croissance K et t_0 ; r^2 est le coefficient de l'ajustement.

Régions	Groupes	Méthodes		
		r^2	K (an ⁻¹)	t_0 (an)
BSM	Mâles	0,992	0,306	-0,354
	Femelles	0,968	0,196	-0,192
HSP	Mâles	0,974	0,253	-0,350
	Femelles	0,949	0,192	-0,095

4.3 LOIS DE CROISSANCE

4.3.1 Croissance en longueur

Les valeurs des paramètres de croissance ont été substituées dans l'équation (1) de v. B. et les longueurs en fonction de l'âge ont ainsi pu être calculées (Figures 38, Tableau 27). Dans la population de chaque région, un écart de croissance entre les sexes est perceptible vers l'âge de deux ans, où les femelles deviennent plus grandes que les mâles. Les femelles atteignent les longueurs maximales à 6 ans dans la BSM et à 7 ans à HSP, tandis que les mâles atteignent des longueurs maximales à des âges plus réduits que les femelles, soit à 4 ans à la BSM et à 5 ans à HSP. Les courbes de croissance mâles et femelles sont significativement différentes selon une ANCOVA dans la BSM ($t = 5,14$; $P < 0,0001$) et à HSP ($t = 3,80$; $P = 0,001$).



Figures 38 : Courbes de croissance en longueur chez la crevette de roche (mâle et femelle) des régions BSM et HSP (modèle de croissance de von Bertalanffy). Les points représentent les groupes d'âge-longueurs issus des décompositions FISAT II (Tableau 23).

Tableau 27 : Équation de croissance selon le modèle de population de von Bertalanffy pour les mâles et les femelles *S. boreas* dans chacune des régions.

Régions	Groupes	Équations de croissance
BSM	Mâles	$LC_t = 22,56 (1 - e^{-0,306 (t+0,354)})$
	Femelles	$LC_t = 35,80 (1 - e^{-0,196 (t+0,192)})$
HSP	Mâles	$LC_t = 26,12 (1 - e^{-0,253 (t+0,350)})$
	Femelles	$LC_t = 36,53 (1 - e^{-0,192 (t+0,095)})$

4.3.2 Croissance en masse

Afin d'illustrer les courbes de croissance pondérale, de nouvelles relations entre la masse totale (Mt) et la longueur céphalothoracique (LC) ont été calculées en combinant les secteurs dans chacune des régions (Tableau 28 ; Annexes 11 et 12). Les résultats sont comparables à ceux obtenus en considérant les secteurs séparément (Chapitre 3).

À BSM, la masse asymptotique (Mt_{∞}) est située autour de 14,66 g pour les mâles et autour de 61,46 g pour les femelles. À HSP, les masses respectives des mâles et des femelles sont de l'ordre de 17,79 g et 52,21 g.

Tableau 28 : Estimation de la masse asymptotique (Mt_{∞}) chez les mâles et femelles *S. boreas* dans chaque région. L'ordonnée à l'origine (a) et la pente (b) des relations masse-taille servant au calcul sont également présentées.

Régions	Groupes	Méthodes		
		a	b	Mt_{∞} (g)
BSM	Mâles	0,002	2,889	14,66
	Femelles	0,001	2,968	61,46
HSP	Mâles	0,002	2,731	17,79
	Femelles	0,001	2,926	52,21

Les courbes de croissance pondérales déduites du modèle de croissance de v. B. sont présentées à la figure 39. Il existe une différence de croissance entre les sexes (ANCOVA : BSM, $t = 14,3$; $P < 0,0001$; HSP, $t = 11,4$; $P < 0,0001$). À partir de deux ans, les femelles sont beaucoup plus lourdes que les mâles et c'est à HSP que les plus gros mâles sont retrouvés.

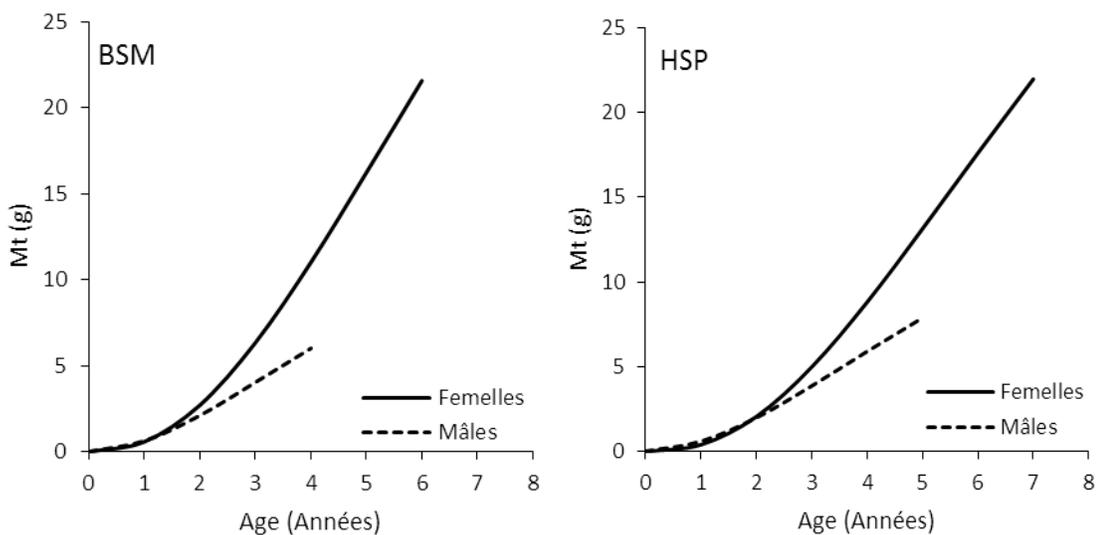


Figure 39 : Représentation graphique de la croissance pondérale chez les mâles et les femelles *S. boreas* dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et à Havre-Saint-Pierre (HSP).

4.4 MORTALITE

Les taux de mortalité naturelle (M) ont été estimés pour chaque groupe d'âge et dans chaque région d'étude (Tableau 29). Les valeurs les plus fortes de M se situent chez les premiers groupes d'âge et les plus faibles, chez les individus plus âgés. Une diminution nette de la mortalité est observée chez les trois premiers groupes d'âge. Sa variation est moins importante chez les individus les plus âgés.

Dans un état stable de population, les deux méthodes utilisées donnent des résultats comparables, mais la méthode de Pauly indique des valeurs plus élevées (Tableau 30). Les valeurs les plus fortes correspondent à la mortalité moyenne des cohortes. Les taux les plus forts de M sont observés chez les mâles (Tableau 30). La population de BSM possède les taux les plus élevés, chez les mâles comme chez les femelles. Ces résultats présentent un intervalle de taux de mortalité chez la population de *S. boreas*.

Tableau 29 : Coefficients instantanés de mortalité naturelle (M) estimée selon la méthode de Pauly pour les groupes d'âge mâles et femelles identifiés par la décomposition modale. LC max : longueur maximale de la carapace (mm) ; LC_{∞} : longueur asymptotique de la carapace (mm) et T : température du milieu, base 2012 (°C).

	Groupe d'âge (années)						
	1	2	3	4	5	6	7
BSM (T=4,77°C)							
Mâles							
LC max	-	10,00	16,5	18,43	-	-	-
LC_{∞}	-	10,53	17,37	19,40	-	-	-
M (an⁻¹)	-	0,485	0,422	0,409	-	-	-
Femelles							
LC max	8,50	-	16,50	21,50	28,50	32,50	-
LC_{∞}	8,95	-	17,37	22,63	30,00	34,21	-
M (an⁻¹)	0,379	-	0,315	0,292	0,270	0,261	-
HSP (T=4,02°C)							
Mâles							
LC max	-	-	14,00	19,50	23,50	-	-
LC_{∞}	-	-	14,74	20,53	24,74	-	-
M (an⁻¹)	-	-	0,360	0,328	0,312	-	-
Femelles							
LC max	-	14,00	18,50	-	22,50	30,50	34,50
LC_{∞}	-	14,74	19,47	-	23,68	32,11	36,32
M (an⁻¹)	-	0,301	0,278	-	0,264	0,242	0,234

Tableau 30 : Coefficients instantanés de mortalité naturelle (M ; an^{-1}) obtenues chez les mâles et les femelles de *S. boreas* par différentes méthodes dans les deux régions, baie Sainte-Marguerite (BSM) et Havre-Saint-Pierre (HSP).

Régions	Groupes	Méthodes		
		Taylor	Pauly	Pauly (M moyenne)
BSM	Mâles	0,317	0,392	0,438
	Femelles	0,198	0,258	0,303
HSP	Mâles	0,261	0,307	0,334
	Femelles	0,193	0,234	0,264

4.5 BIOMASSE ET PRODUCTION

Selon les taux de mortalité naturelle considérés, l'évolution de la biomasse et de la production comparée entre les sexes montre que le maximum de biomasse (âge critique) est atteint à 3-4 ans chez les mâles et à 6-7 ans chez les femelles dans la région de la BSM (Tableau 31 ; Figures 40). À HSP, les maximums sont atteints à 4,5-5 ans et à 6,5-7 ans chez les mâles et les femelles respectivement (Tableau 31 ; Figures 41). Les maximums de production somatique sont obtenus à 1,5 an chez les mâles et à 3 ans chez les femelles et ces âges ne différaient pas entre les deux régions. Quelle que soit la région, les femelles montrent les plus grandes biomasses et productions, soit trois fois plus importantes que celles des mâles. En utilisant l'équation inversée de v. B., les paramètres de croissance ainsi que les longueurs à la maturité (Chapitre 3), il a été possible de déterminer les âges de première maturité des femelles. Ces derniers sont de 4 ans à BSM et de 6 ans à HSP. Les ratios P/B sont plus importants chez les mâles que chez les femelles (Tableau 32).

Tableau 31 : Maximums de production (g) et de biomasse (g) chez les mâles et femelles *S. boreas* dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et dans le Havre-Saint-Pierre (HSP). Le chiffre entre parenthèses est l'âge auquel la production et la biomasse sont maximales (ans).

Sexe / Région	M (Taylor)		M (Pauly)	
	Production maximale (g)	Biomasse maximale (g)	Production maximale (g)	Biomasse maximale (g)
Mâles BSM	478,29 (1,5)	1702,10 (4)	406,60 (1,5)	1203,01 (3)
Femelles BSM	1178,16 (3)	6693,70 (7)	943,04 (2,5)	4589,80 (6)
Mâles HSP	500,28 (2)	2132,75 (5)	455,30 (1,5)	1732,42 (4,5)
Femelles HSP	978,03 (3)	5690,46 (7)	856,49 (3)	4329,77 (6,5)

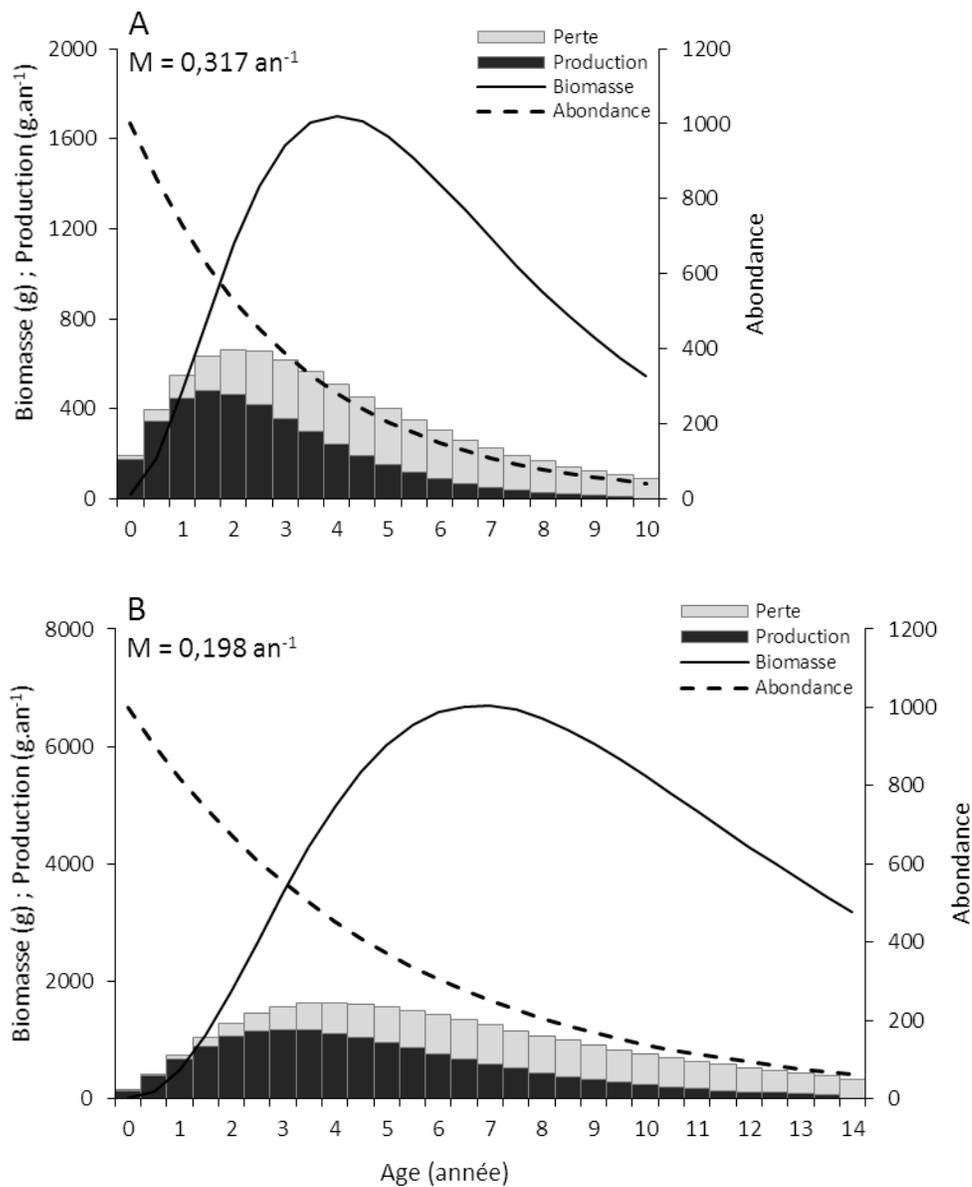


Figure 40 : Évolution théorique d'une cohorte mâle (A) et femelle (B) de *S. boreas* dans la baie Sainte-Marguerite (BSM). Les taux de mortalité naturelle sont ceux de la méthode de Taylor. L'abondance à un an étant fixée à 1000 individus.

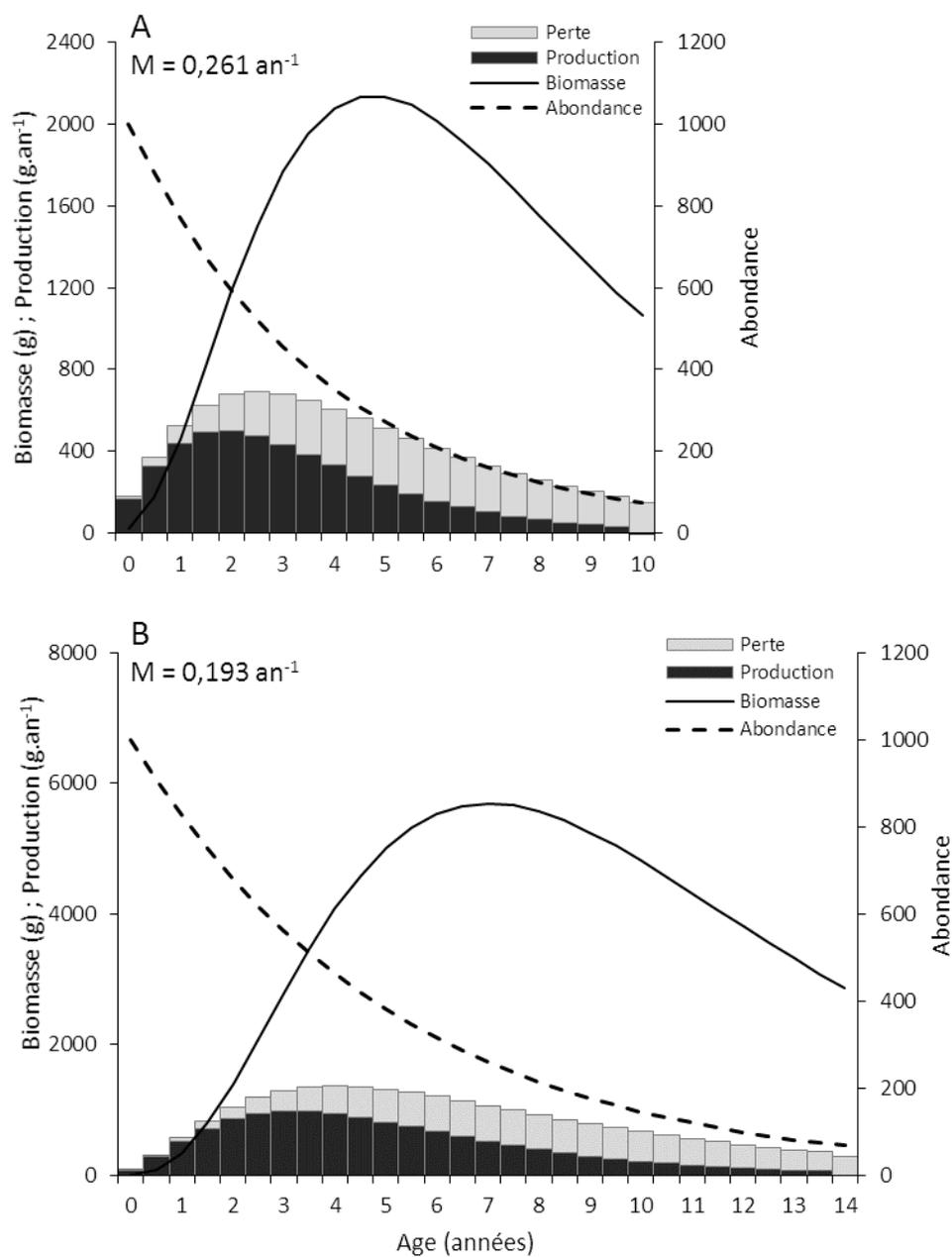


Figure 41 : Évolution théorique d'une cohorte mâle (A) et femelle (B) de *S. boreas* dans le Havre-Saint-Pierre (HSP). Les taux de mortalité naturelle sont ceux de la méthode de Taylor. L'abondance à un an étant fixée à 1000 individus.

Tableau 32 : Taux de production par biomasse obtenus pour chaque taux de mortalité naturelle M pour les crevettes mâles et femelles dans la BSM et le HSP. Recrutement fixé à 1000 individus.

Sexe / Région	P/B	
	M (Taylor)	M (Pauly)
Mâles BSM	0,185	0,215
Femelles BSM	0,126	0,147
Mâles HSP	0,169	0,184
Femelles HSP	0,125	0,139

4.6 CAPTURES PAR RECRUE

Des scénarios d'exploitation ont été établis pour les mâles et les femelles *S. boreas* avec des variations de rendements pour différentes valeurs d'effort de pêche F et de t_c en utilisant la mortalité naturelle de Taylor (Figures 42). D'après nos résultats, il n'existait pas de différences régionales dans les captures par recrue. Les meilleurs rendements (4 à 6 g par recrue) sont atteints à des âges de 6-7 ans pour les femelles. Pour les mâles, les meilleurs rendements (1,8 g par recrue) sont atteints à 4,5 ans. Quel que soit le sexe, les meilleurs rendements sont obtenus à des âges où les individus sont considérés matures.

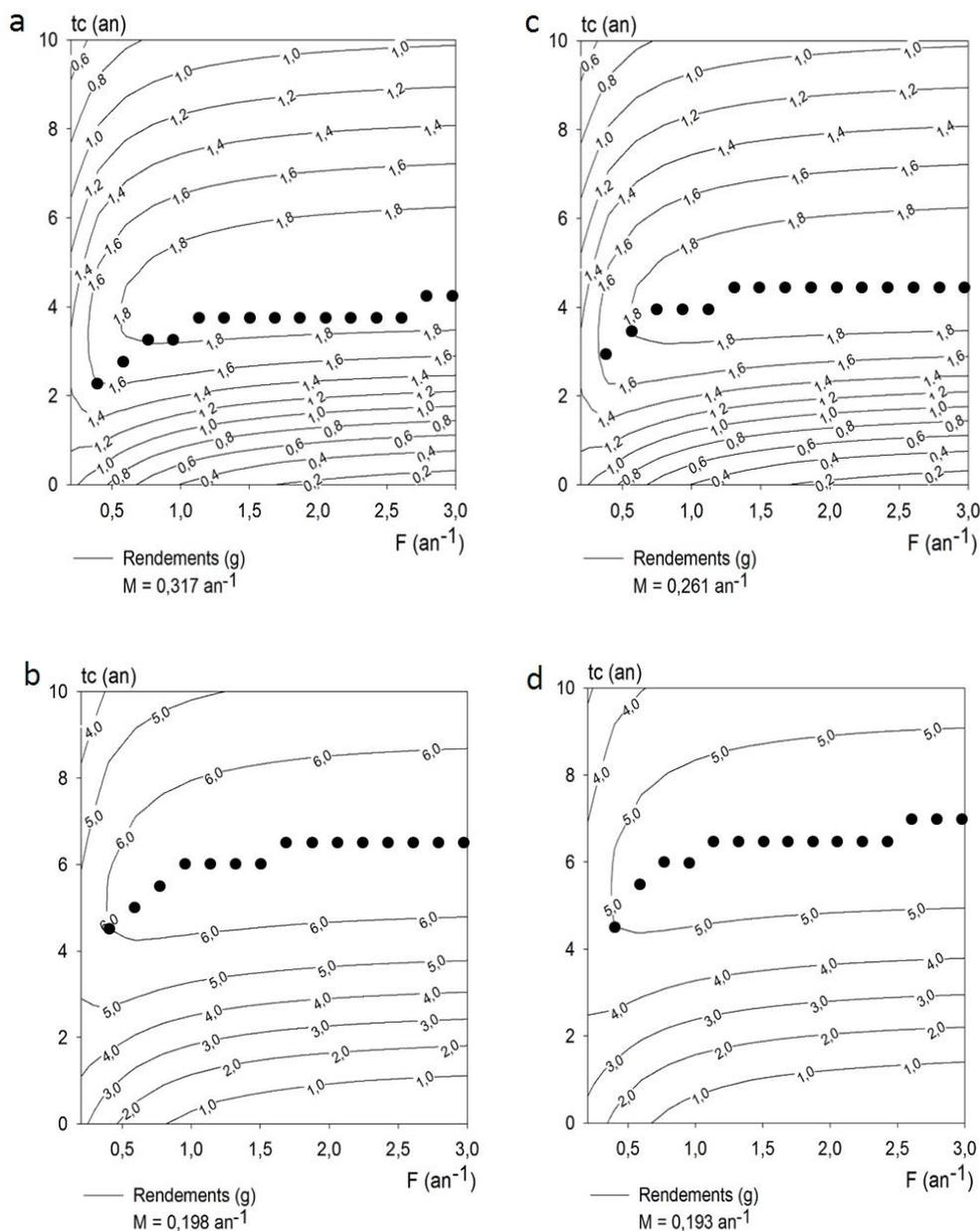


Figure 42 : Courbes d'égal rendement pour la population mâle (a) et femelle (b) de *S. boreas* dans la baie Sainte-Marguerite (BSM) et pour la population mâle (c) et femelle (d) de *S. boreas* dans la région de Havre-Saint-Pierre (HSP). Les rendements sont établis à partir du taux de mortalité naturelle de Taylor. Les lignes représentent les rendements Y/R (g) pour différentes combinaisons de F (mortalité par pêche théorique) et de t_c (âge à la première capture). Les symboles (●) représentent la prise maximale à l'équilibre (MSY).

CHAPITRE 5.

DISCUSSION GÉNÉRALE

5.1. DISTRIBUTION SPATIALE ET HABITATS POTENTIELS

L'approche adoptée dans cette étude consistait à combiner des observations de marins pêcheurs à des données de campagnes scientifiques. Elle a permis l'identification, la cartographie et la caractérisation des principaux fonds de répartition de *S. boreas* sur la côte nord et l'estuaire du Saint-Laurent.

Malgré le relativement petit nombre de pêcheurs interrogés, les données recueillies apparaissent donner une bonne représentation de la présence *S. boreas*. En effet, les secteurs identifiés (Chapitre 1) correspondent aux études antérieures et les principaux secteurs nord-côtiers situés à Havre-Saint-Pierre, dans le détroit de Jacques-Cartier ainsi que dans le détroit de Belle-Île (Brunel *et al.*, 1998 ; Chabot *et al.*, 2007 ; Savard et Nozères, 2012) ont tous été fidèlement représentés. Comme les objectifs de cette étude étaient limités uniquement à la Côte-Nord, en raison des besoins du projet de Merinov, aucune information n'était disponible pour l'ensemble du golfe du Saint-Laurent. La crevette de roche est toutefois retrouvée dans de nombreuses zones géographiques. Chabot *et al.* (2007) ont localisé la présence de *S. boreas* aux îles de la Madeleine, dans la vallée de Shediac et dans la baie des Chaleurs, mais leur étude ne donne aucune information pour l'estuaire. Le secteur de l'île Rouge et celui du Bic, décrits ici, ont déjà été rapportés par Brunel *et al.* (1998) et Arseneau *et al.* (2003).

Les informations qualitatives montrent que la répartition de *S. boreas* se situait principalement dans les zones côtières du Saint-Laurent (<100 m de profondeur), c'est-à-dire, celles associées aux domaines de l'infralittoral et du circalittoral, tel que l'indiquait précisément Brunel *et al.* (1998). C'est d'ailleurs dans ces mêmes milieux qu'on retrouve les cinq principaux Crangonidés côtiers répertoriés par Brunel *et al.* (1998) et Savard et Nozères (2012) dans le Saint-Laurent (*Argis. dentata* ; *Crangon septemspinosa* ; *Sabinea septemcarinata* ; *Sabinea sarsi* ; *Sclerocrangon ferox*).

S. boreas occupe également des fonds côtiers dans la mer de Béring (Déroit de Litke et les golfes Karaginski et Anadyr), dans le Svalbard (Fjord du Spitsberg) ainsi que dans sa limite sud de sa répartition (Nord-est de Honshu, Japon) (Butler, 1980 ; Węśławski, 1987 ; Bukin, 1992 ; Birkely et Gulliksen, 2003b ; Komai et Komatsu, 2009 ; Zimina *et al.*, 2015), bien que des zones plus profondes puissent être atteintes par cette espèce (Butler, 1980 ; Klekowski et Węśławski, 1991 ; Komai et Komatsu, 2009). Mêmes si les Crangonidés sont des espèces caractéristiques des eaux peu profondes (Hendrickx, 2011), certaines espèces des eaux polaires et tempérées peuvent atteindre des répartitions bathymétriques beaucoup plus larges que notre espèce, comme *Notocrangon antarcticus*, *Argis toyamaensis* ou *Argis ochotensis*, par exemple (Komai, 1997 ; Bluhm et Brey, 2001).

Dans le Saint-Laurent et à l'exception du chenal laurentien, Brunel *et al.* (1998) avaient associé cette espèce à une grande variété d'habitats. Nos résultats basés sur l'ACP corroborent leurs observations et révèlent trois types de milieux potentiels de répartition pour l'espèce : 1) des milieux très froids dominés par de forts courants horizontaux de fond, des pentes douces et des sédiments grossiers (gravier sableux) qu'on retrouve à l'ouverture du détroit de Belle-Île et en Moyenne-Côte-Nord (secteur Anticosti) ; 2) des milieux froids, moins turbides, à pentes raides et sableux qu'on retrouve dans le secteur du détroit de Jacques-Cartier; et 3) des milieux très froids, très turbides à pente très raide et à sable fin envasé qui se localisent dans l'estuaire et dans certains domaines côtiers de la Côte-Nord.

La nature du substrat explique donc ce patron de répartition. En effet, la présence du sable explique la plus grande partie de la variabilité observée dans la matrice de nos

données (80%), bien que d'autres variables liées à la nature de fond expliquent également des parts non négligeables de la variabilité, parmi lesquels le sable vaseux et le gravier sableux (59% et 40% respectivement). Certains pêcheurs avaient également associé la répartition de *S. boreas* à des fonds composés de gravier, de roche, de sable ou à des fonds mélangés (gravier/roche), mais aucune observation de présence n'a été associée à un fond constitué principalement ou occasionnellement de vase. Ces résultats montrent que, quel que soit le milieu de répartition, une composante de sable est nécessaire pour la présence des crevettes. Ils témoignent également de la large répartition de cette espèce, qui tolère des conditions environnementales très variées. Les caridés dont fait partie la crevette de roche se caractérisent par une plus grande variété de formes, d'habitats et de niche que les pénéidés, un groupe de crevettes d'eaux tempérées et tropicales (Crossland, 1980 ; Bauer, 2004 ; Caverivière *et al.*, 2008). À l'image de nombreuses espèces nordiques, les stratégies d'adaptation des caridés à des conditions environnementales contraignantes et variées, notamment les conditions de nourriture et de température, sont remarquables (Thatje, 2004).

La topographie du fond et le type de substrat sont reconnus pour façonner les communautés benthiques (Pearson, 1980 ; Archambault et Bourget, 1996 ; Sahade *et al.*, 2004 ; Kaczmarek *et al.*, 2005 ; Sswat *et al.*, 2015). Les Crangonidés *Crangon crangon*, *C. franciscorum* et *C. septemspinosa* sont des espèces bien adaptées aux habitats benthiques dans les sédiments sableux et fins comme en témoignent leur capacité à se nicher, à se reproduire et à creuser dans le substrat pour se nourrir (Price, 1962 ; Haefner, 1979 ; Siegfried, 1989 ; Lapinska et Szaniawska, 2006 ; Campos, *et al.*, 2012). Les crevettes benthiques des hautes latitudes peuvent adopter des comportements selon le fond et le biotope. *N. antarcticus* a tendance à être partiellement enfoui dans les sédiments vaseux et *Chorismus antarcticus* est plus associé à des épifaunes sessiles comme des éponges et des bryozoaires (voir les références de Basher et Costello, 2014). Ces caractéristiques les associent à un large éventail d'habitat, comme pour la crevette de roche.

Les observations des pêcheurs révélèrent que la crevette de roche est associée avec le pétoncle d'Islande et le buccin. Ces mêmes observations ont été rapportées par Bernier et Poirier (1981) dans l'archipel de Mingan. Nos relevés scientifiques pour le pétoncle ont également remonté de la crevette de roche dans 71 et 92% des prises. Bien que ces observations soient liées à une sélectivité d'engins et à des secteurs où les pêches commerciales s'exercent, elles reflètent une large répartition de *S. boreas*. De façon générale, les préférences écologiques de nature variée qu'elles soient biotiques (alimentation) ou abiotiques (nature du fond, température) permettent à des espèces de coexister (Lapinska et Szaniawska, 2006).

Dans le Saint-Laurent, le pétoncle et le buccin sont récoltés dans des eaux froides et sur des fonds côtiers (20 - 60 m) (Himmelman, 1991 ; Giguère *et al.*, 1995). La répartition de ces deux espèces n'est pas similaire. En effet, le pétoncle est retrouvé principalement sur des fonds de graviers, de coquillages ou de roche, influencé par de courants forts tandis que le buccin adulte exploitable est rencontré sur des substrats meubles (Himmelman et Dutil, 1991 ; Lapointe et Sainte-Marie, 1992 ; Himmelman et Hamel, 1993 ; Giguère *et al.*, 1995 ; MPO, 2010b ; MPO, 2013 ; MPO, 2015a). C'est d'ailleurs ce qui expliquerait l'hétérogénéité du fond dont l'espèce est associée. Le buccin est un prédateur actif d'une grande mobilité et sa répartition sur les fonds sableux est liée à la disponibilité alimentaire, notamment des ressources proies communes avec la crevette de roche, comme les polychètes (Lapointe et Sainte-Marie, 1992 ; Himmelman et Hamel, 1993). D'ailleurs, le comportement de fouisseuse endobenthique a déjà été attribué à la crevette de roche (Bernier et Poirier, 1981 ; Birkely et Gulliksen, 2003b) et à la mactre de Stimpson, également une espèce associée aux captures accidentelles de *S. boreas*. La mactre est le plus souvent retrouvée dans des milieux sablonneux où sa distribution est étroitement liée à l'embouchure des grandes rivières où des sédiments fins prédominent (MPO, 2015b). La répartition limitée de *S. boreas* observée à proximité de rivières expliquerait probablement les faibles associations liées à cette espèce. Le concombre de mer, une autre espèce côtière associée à *S. boreas* présente une large répartition sur le substrat, mais ses préférences sont

les substrats grossiers et les courants intenses (Feindel, 2002 ; Campagna *et al.*, 2005 ; MPO, 2012).

La nature physique du milieu décrite par Dutil *et al.* (2012) n'a pas permis de caractériser les fonds situés au-delà de 30 m de profondeur. Toutefois, le croisement des relevés scientifiques avec différentes informations fournies par les pêcheurs a permis de mieux définir le milieu de vie de cette espèce. En effet, les campagnes scientifiques réalisées dans le nord du golfe du Saint-Laurent montrent que la répartition verticale et spatiale de *S. boreas* n'était pas uniforme.

À la baie Sainte-Marguerite (BSM), elle était très localisée et se présentait en agrégat sur un intervalle bathymétrique limité. Les densités maximales des crevettes (113-141 individus/1000 m²) se situaient sur un intervalle de profondeur très étroit (19-20 m). Il est à noter que ces valeurs sont deux fois moins importantes que les estimations maximales (220 et 231 ind/1000 m²) de Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie (2009) dans la même région et à des profondeurs comparables (16 et 23 m). Les crevettes n'ont jamais été enregistrées au-delà de 50 m de profondeur. Et bien que les données du fond ne soient pas disponibles dans cette région, les profondeurs supérieures à cette isobathe (50 m) sont dominées par des sédiments très fins (vase) (Bourque et Malouin, 2009 ; B. Sainte-Marie, ministère des Pêches et des Océans, comm. pers.). C'est probablement une des raisons qui expliquerait l'absence de crevette à ces profondeurs.

Dans le secteur de Havre-Saint-Pierre (HSP), la répartition spatiale était étendue et se produisait sur un intervalle bathymétrique plus large, puisque l'on a retrouvé des crevettes jusqu'à 85 m de profondeur. Les densités maximales étaient quatre fois moins importantes qu'à BSM (44 et 58 ind/1000 m²) et elles ont été observées à des profondeurs relativement plus importantes (33-38 m). Cette répartition contrastée est vraisemblablement liée à la composition en substrat puisque les deux régions d'étude ont pu être distinguées par l'ACP. En effet, cette analyse a associé les fonds de BSM aux substrats sableux et ceux de HSP (secteurs confondus) aux substrats grossiers. De plus, nos relevés à HSP ont pu montrer que

les fonds dragués étaient couverts en moyenne essentiellement par des graviers et des galets.

La température a également le potentiel d'agir seule ou associée pour modifier la distribution et l'abondance des communautés benthiques. Bien que la répartition bathymétrique des fortes concentrations de *S. boreas* soit comparable avec d'autres travaux dans le Saint-Laurent (Bernier et Poirier, 1981) ou ailleurs (Bukin, 1992), elle montre également une influence de la température, liée notamment à la profondeur. Notre étude montre qu'un effet de température semblait se corrélérer avec la profondeur de répartition des densités de la population. En effet, quel que soit l'environnement de notre étude ou l'engin de capture utilisé, les concentrations les plus fortes de l'espèce étaient enregistrées à des températures avoisinant les 2-3°C soit, 2,44°C à BSM (A), 2,00°C à BSM (B), 2,29°C à HSP (A) et 2,61°C à HSP (B). Ces valeurs de températures, bien que ponctuelles, se rapprochent de ce qui a été rapporté dans la littérature (3-4°C) comme la température optimale pour les crevettes (voir les références de Bukin, 1992). Bukin (1992) considère que les températures situées entre 1,5 et 3,0°C sont des valeurs optimales pour la maturation des œufs externes chez les femelles de *S. boreas*. Dans le Saint-Laurent, Chabot *et al.* (2007) ont situé l'espèce dans et au-dessus de la couche intermédiaire froide et Savard et Nozères (2012) ont associé son occurrence à une température moyenne de 1,82°C.

Des températures trop froides semblent limiter la répartition de la crevette de roche. La température relevée à 50 m de profondeur à BSM était située entre -0,16 et -0,14°C tandis qu'à HSP et pour la même profondeur, elle atteint 1,34 et 1,37°C. Dans ce secteur, il fallait atteindre des profondeurs de 70 à 85 m pour enregistrer les plus faibles températures (0,86 et 0,51°C).

Espèce à large répartition

La profondeur, la température, la salinité, la concentration en chlorophylle sont toutes des variables essentielles à la répartition de plusieurs crevettes de caridés (p. ex. *C. crangon*, *C. septemspinosa*, *C. franciscorum*, *P. borealis* et *N. antarcticus*) (Price, 1962 ; Siegfried, 1980 ; Shumway *et al.*, 1985 ; Siegfried, 1989 ; Szaniawska, 1992 ; Wehrtmann, 1994 ; Basher *et al.*, 2014). Ces variables déterminent également l'environnement physique de la crevette de roche, mais la répartition générale de cette espèce semble surtout être fonction du substrat.

Nos résultats montrent que la répartition est très étendue sur les fonds grossiers, elle est localisée sur les fonds de sable et elle est très improbable sur des fonds de vase suggérant qu'une diminution importante dans la taille des particules sédimentaires influe la dynamique de répartition. En effet, les fonds de l'estuaire maritime sont généralement abrupts avec une zone intertidale étroite (Gagnon, 1996). Ils sont sous l'influence d'une turbidité importante contrôlée par les courants. La granulométrie du fond est déterminée par la profondeur. On retrouve ainsi les sédiments grossiers dans les fonds côtiers (graviers sableux et sable vaseux) et de la vase dans les fonds plus profonds (Gagnon, 1996 ; Grant et Provencher, 2007 ; Mark *et al.*, 2010).

Les deux secteurs de l'île Rouge et du Bic ont montré une répartition assez étendue sur la rive sud de l'estuaire. Ces fonds à pente douce sont caractérisés par des graviers sableux (Gagnon, 1996). Ils sont probablement soumis à des zones de remontées d'eaux profondes caractérisées par des eaux plus froides et salées, moins turbides et plus riches en éléments nutritifs (Gagnon, 1997) suggérant que les besoins alimentaires pourraient être responsable d'un établissement estuarien.

La MCN est caractérisée par l'abondance de côtes sableuses associées aux deltas des grandes rivières, alors que la BCN est caractérisée par une côte rocheuse et extrêmement échancrée (Gagnon, 1997). Dans le nord-ouest du golfe, les estuaires de la rivière Sainte-Marguerite et de la rivière Moisie ont les caractéristiques d'un estuaire à flèche littorale sableuse dont la forme est sous l'influence continue des vagues de tempête (Savard et Messier, 1998 ; Bourque et Malouin, 2009). La répartition de *S. boreas* est très localisée dans ces régions, elle se produit dans les fonds rocheux abrités par les laminaires qui caractérisent la limite de son habitat (Gagnon, 1996 ; Brunel *et al.*, 1998). Dans les zostères sur les fonds à pentes douces bien abritées où les sédiments fins se déposent, la répartition de la crevette est probablement très limitée.

À HSP, la répartition spatiale de *S. boreas* marque un changement spatial net. Dans cette région, la topographie est complexe. Elle offre des fonds à relief accidenté composé d'un gradient de différents types de substrats. Les fonds sont caractérisés par la présence de roche et de sédiments grossiers avec une dominance de graviers et de galets. Les fonds sont à pentes faibles et dans certains endroits, elles peuvent être plus prononcées.

Dans le Saint-Laurent, des pêcheurs révélaient que la répartition de *S. boreas* se localisait sur un fond plat régulier. Les pentes moins prononcées facilitent probablement les déplacements des crevettes (Bukin, 1992). Dans cette région du golfe, les eaux sont froides et bien oxygénées. Elles sont sous l'influence du courant du Labrador provenant de l'est. Les upwellings provenant du chenal d'Anticosti et du détroit de Belle-Isle procurent une disponibilité riche en nutriment (Bourque et Kelly, 1995). La crevette de roche est une indicatrice de la forte influence du courant Ouest Spitsbergen dans la région du Svalbard (cité dans Węślawski, 1987 ; Duris, 1992 ; Birkely et Gulliksen, 2003b) et des eaux froides qui proviennent du courant arctique dans la mer de Barents (Zimina *et al.*, 2015). Les valeurs de salinité dans les trois milieux sont élevées et se rapprochent de la valeur optimale de salinité citée dans la littérature (33 PSU) (Klekowski et Weslawski, 1991). Ils suggèrent que ce facteur a son importance aussi bien que la température et le substrat.

Les habitats côtiers semblent être idéaux pour le frai et la reproduction, comme le témoigne la présence des épibiontes sur le corps des femelles. La balane (*Balanus balanus*) était la plus fréquente sur une femelle mature grainée ou dégrainée. Cette espèce commune des rives du Saint-Laurent couvre les étages médiolittoraux où elle se développe sur des parois rocheuses et abritées (Gagnon, 1997 ; Brunel *et al.*, 1998). L'établissement des larves s'effectue sur des fonds rocheux et probablement au printemps, au moment où des femelles *S. boreas* incubent de nouvelles portées. Même si la répartition bathymétrique des femelles selon leur taille était très difficile à analyser, elle a toutefois permis de détecter une présence simultanée de petites et de grandes femelles dans les eaux peu profondes, ce qui porte à croire que les habitats côtiers sont les abris de la reproduction.

Les soins maternels des femelles prodigués à leurs progénitures tout au long de l'incubation (Guay *et al.*, 2011) peuvent durer jusqu'environ une année (Sainte-Marie *et al.*, 2006). La femelle est probablement peu mobile pendant cette longue période d'incubation et elle bénéficierait probablement des balanes ainsi que d'autres organismes recrutés sur son exosquelette pour être faiblement exposé aux prédateurs.

Nous avons utilisé le phénomène d'épibiose chez cette espèce, déjà rapporté par Sainte-Marie *et al.* (2006) comme indicateur d'absence de mue, mais la nature de l'association entre les épibiontes et la crvette n'a pas été documentée. Des observations sur d'autres espèces de Crangonidés révèlent que ce phénomène peut correspondre à des stratégies vitales liées aussi bien à la prédation qu'à la reproduction. En effet, les femelles *Paracrangon echinata* sont capables de remplir des fonctions vitales sans montrer aucun mouvement susceptible d'attirer l'attention des prédateurs ou des proies potentielles (Jensen, 2011). Pour se cacher des prédateurs, ces femelles préfèrent laisser des hôtes s'abriter sur leurs carapaces, alors qu'elles ont un mécanisme évolué de toilettage («grooming behavior»). Chez *Sabinea sarsi* en période d'incubation, Fontaine (1977) a observé des pontes d'un gastéropode (Turridé : Lora) sur l'abdomen de quelques femelles. Le mollusque semblait s'adapter au cycle reproduction des femelles puisque les embryons du mollusque ont terminé leur développement au moment de l'éclosion des œufs des

femelles. Aucune association n'a été rapportée sur quelques espèces du genre *Sclerocangon* faisant partie de ses échantillons dont *S. boreas*. Bien que la répartition bathymétrique des genres *Sabinea* et *Sclerocangon* ne soit pas similaire, ces observations tiennent compte que la symbiose peut être préférentielle et qu'elle peut être reliée uniquement au milieu et donc à la profondeur de répartition.

Les rives rocheuses ou sableuses, qui abritent les structures sessiles benthiques dans les milieux côtiers (zostères marines, laminaires, algues rouges incrustantes, algues brunes, hydrozoaires, bryozoaire) sont connues pour fournir aux crevettes des habitats complexes qui leur permettent d'augmenter leur situation de survie face aux prédateurs (Lalumière, 1991 ; Gagnon, 1996 ; Gagnon, 1997 ; Collie *et al.*, 1997 ; Martel *et al.*, 2009), d'une manière similaire à celle des herbiers qui fournissent un abri à la crevette de sable *C. septemspinosa*, ainsi qu'à d'autres espèces de crevettes (Bruce, 1976 ; Coen *et al.*, 1981 ; Lewis, 1984 ; Christian *et al.*, 2010). Elles peuvent même servir de cachettes appropriées ainsi que des pouponnières pour les plus jeunes stades de vie de ces espèces (Birkely et Gulliksen, 2003b). Dans l'archipel du Svalbard, *S. boreas* est typique des eaux peu profondes associées aux prairies de varech, des algues brunes (Birkely et Gulliksen, 2003a ; Kaczmarek *et al.*, 2005). La sélection des fonds grossiers et rocheux par les femelles réduit le risque de perte de leurs couvées (Li *et al.*, 2011).

Les grandes variations de colorations observées sur la carapace des femelles de grande taille (Annexe 13) peuvent témoigner de cette adaptation dans les milieux côtiers (Butler, 1980 ; Komai et Komatsu, 2009). Probablement lié à l'alimentation et à la condition reproductive des femelles, le changement de la coloration indique que les femelles ont la capacité de s'intégrer à l'habitat côtier de manière à fondre dans le décor (Bauer, 2004).

5.2. RELATIONS BIOMETRIQUES

Chez *S. boreas*, il existe une différence marquée dans la taille des deux sexes. En effet, les mâles sont significativement plus petits que les femelles et contrairement à d'autres espèces de Crangonidés (p. ex. *C. crangon* ; *Crangon franciscorum*), les sexes sont bien séparés chez *S. boreas* (Birkely et Gulliksen, 2003a ; Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009). L'étude menée par Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie (2009) avait démontré que cette espèce est gonochorique et qu'elle est soumise à un dimorphisme sexuel qui affecte la taille des mâles. Dans leur étude et la nôtre, de très petites femelles (5 mm de *LC*) dominent de manière significative les spécimens de petite taille. Des modèles similaires de dimorphisme sont également observés chez *C. septemspinosa* (Price, 1962) et *Argis crassa* (Komai, 1994), deux Crangonidés gonochoriques.

Le dimorphisme sexuel est considéré comme une caractéristique distinctive des espèces de Crangonidés. Il peut survenir d'une manifestation de différents facteurs et le plus souvent d'une mortalité naturelle couplée à une durée de vie plus courte chez les mâles (Price, 1962 ; Sainte-Marie *et al.*, 2006).

Chez les femelles, on observe une croissance plus lente de l'abdomen que celle du céphalothorax, comme le montrent les relations allométriques. Chez les mâles, l'évolution de ces longueurs est plutôt isométrique. Les relations ont également établi que les mâles sont beaucoup plus légers que les femelles non ovigères à croissance égale du céphalothorax. Les résultats biométriques obtenus pour la population de BSM (B) sont très similaires à ceux obtenus par Sainte-Marie *et al.* (2006). La croissance marquée du céphalothorax chez les femelles peut être associée à la reproduction. Les tailles et les masses élevées chez les femelles sont perçues comme une différence fonctionnelle liée à la nécessité d'accommoder les ovaires ainsi que d'autres organes reproducteurs (Hartnoll, 1982 ; Yamada *et al.*, 2007). Cette augmentation est le reflet d'une capacité à produire plus d'œufs qui est associée à une augmentation de la fécondité.

Des différences dans les relations biométriques ont été observées entre les régions. À HSP, les estimations des pentes à partir des relations de la taille ont probablement été influencées par une sous-représentation des jeunes individus ($LC < 13$ mm) tandis que les estimations des pentes à partir des relations de la masse ont pu être influencées par des effets de post-congélation. Toutefois, des différences significatives dans les tailles des mâles et des femelles ont été constatées entre les régions. Les plus grands spécimens *S. boreas* prélevés dans le cadre de cette étude sont localisés à HSP et dans cette région, Bernier et Poirier (1981), utilisant un chalut à crevette, ont obtenu des longueurs (LC) semblables à notre étude, ce qui porte à croire que ces variations de taille ne semblent pas être liées aux engins de capture. De plus, des variations dans les tailles moyennes des femelles sont également enregistrées à l'intérieur des deux secteurs de la BSM. Des effets de température instantanée ou d'alimentation sont les plus susceptibles d'expliquer ces variations interrégionales dans les longueurs des crevettes. Elles peuvent également être reliées à des caractéristiques propres à l'espèce, comme le recrutement dont les variations sont parfois en relation avec le milieu. Bukin (1992) a observé des différences dans les longueurs moyennes des crevettes *S. boreas* entre trois golfes de la mer de Béring (Koryak, Karaginski et Anadyr). Selon cet auteur, le recrutement annuel n'était sans doute pas uniforme entre les régions alors qu'il pouvait l'être au sein d'une même région. En effet, aucune variation dans les longueurs annuelles des crevettes n'apparaît dans la région de Koryak où la majorité de ses travaux s'est déroulée.

5.3. SEX-RATIO

Le sex-ratio de la population *S. boreas* est significativement biaisé en faveur des femelles et ce cas est plutôt général avec toutes les études antérieures réalisées pour cette espèce (Bernier et Poirier, 1981 ; Bukin, 1992 ; Sainte-Marie *et al.*, 2006 ; Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009). Une exception se trouvait chez la population du Svalbard, chez qui les femelles semblaient être moins représentées dans les échantillons de Birkely et Gulliksen (2003a). Le sex-ratio de la population est également variable selon la taille et selon la profondeur. En effet, il est en faveur des mâles chez les individus de petite taille et il se déplace en faveur des femelles, qui sont les principaux individus de grandes tailles. Le sex-ratio est biaisé pour les femelles dans les strates moyennes d'échantillonnage seulement. Entre 15 et 30 m de profondeur à Baie Sainte-Marguerite et entre 30 et 45 m de profondeur à Havre-Saint-Pierre. Ces observations sont différentes de celles de Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie (2009) dans la BSM. Cependant, elles peuvent être attribuées à la différence dans la profondeur d'échantillonnage, puisque les travaux de ces auteurs incluaient des sites moins profonds (jusqu'à 35 m) que les nôtres.

Selon certains auteurs, le déclin observé dans les proportions des mâles vers les classes d'âge supérieurs est le résultat d'une faible croissance et d'une forte mortalité (Birkely et Gulliksen, 2003a, Sainte-Marie *et al.*, 2006 ; Siegel *et al.*, 2008). Le sex-ratio est probablement équilibrée chez cette espèce, mais les femelles étant plus grandes que les mâles, ce rapport est balancé en leur faveur (Bukin, 1992). Les connaissances sur les mécanismes de migrations saisonnières ne sont pas développées pour cette espèce, bien qu'elles aient été suggérées (Bukin, 1992 ; Birkely et Gulliksen, 2003a). Chez *C. franciscorum* auquel les mâles sont confrontés à une faible croissance, les femelles prédominent pendant le pic de la saison de reproduction alors que les mâles sont dominants pendant la saison qui précède la reproduction (voir les références de Siegfried, 1989).

Les données temporelles couvrant la répartition de *S. boreas* dans le Saint-Laurent sont limitées à la saison (printemps-automne) aussi bien dans notre étude que dans d'autres (Bernier et Poirier, 1981 ; Sainte-Marie *et al.*, 2006 ; Chabot *et al.*, 2007 ; Lacoursière-

Roussel et Sainte-Marie, 2009 ; Savard et Nozères, 2012). Ces dernières ne permettent pas d'établir des patrons saisonniers d'abondance ni de détecter des migrations à certaines périodes de l'année. Cependant, on peut confirmer que les femelles *S. boreas* dominent pendant le pic de reproduction dans les strates peu profondes.

5.4. REPRODUCTION DES FEMELLES

5.4.1. Femelles matures et immatures

L'étude de la maturité entreprise pour les femelles seulement (Chapitre 3) a pu explorer leurs caractéristiques de reproduction rares et intéressantes parmi des crevettes caridés.

Tandis que les mâles ne présentent aucune caractéristique externe qui indique leur statut de maturation, le passage à l'état mature d'une femelle *S. boreas* se fait de façon très observable. En effet, la femelle porte une « robe nuptiale » visible par un abdomen élargi et bordé de longues soies sur les pléopodes des endopodes (Sainte-Marie *et al.*, 2006). Les observations de quelques femelles en captivité par Guay (2011) ont bien démontré qu'à la suite d'une mue de puberté, cet élargissement marqué de l'abdomen se fait détrimement d'un céphalothorax plus réduit. Cet élargissement caractéristique permettrait d'accueillir les œufs et les longues soies sur les pléopodes, permettrait de bien soutenir les portées des femelles (Sainte-Marie *et al.*, 2006 ; Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009). Après la reproduction (délivrances des juvéniles), la femelle adulte a le pouvoir de revenir à un état de femelle immature et de façon très visible également. En effet, elle perd sa robe nuptiale et donc toutes ses caractéristiques de femelle mature (Sainte-Marie *et al.*, 2006). Une mue de croissance régulière marque ce passage d'un abdomen élargi à un abdomen relativement étroit qui se fait au profit d'un céphalothorax plus grand (Guay, 2011). En, conséquence, un abdomen relativement étroit par rapport au céphalothorax de la femelle est doté de courtes soies (Sainte-Marie *et al.*, 2006).

C'est la raison pour laquelle de grandes femelles immatures dont la taille LC excède la taille de maturité ont pu être observées dans chaque région de notre étude. Ces femelles se sont certainement reproduites une fois dans leur vie. Toutefois, une femelle primipare peut muer à nouveau et porter une deuxième robe nuptiale pour devenir une multipare. Il s'agira, probablement, de sa dernière reproduction. Étant donné la disparité régionale de la

taille de la première maturité, les femelles de BSM sont matures à des tailles plus réduites qu'à HSP (23 contre 27 mm de LC, respectivement).

Certains travaux sur la reproduction relient l'acquisition de la taille de première maturité à la température de l'eau et à ses variations (Hansen et Aschan, 2000). La maturité atteinte à des âges élevés offre un avantage de plus grande fécondité (Angilletta *et al.*, 2004). Chez un bon nombre d'espèces dont *S. boreas*, la fécondité est proportionnelle à la taille de la femelle (Li *et al.*, 2011 ; Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009 ; Guay *et al.*, 2011). On suspecte, toutefois, que l'espacement entre les prélèvements des deux régions (deux semaines) d'avoir conduit aux divergences locales observées dans la maturité.

5.4.2. Croissance de l'abdomen chez les femelles matures

Selon l'échelle d'observation de Sainte-Marie *et al.* (2006), le ratio $LA : LC \geq 1$ a été vérifié pour chaque femelle mature et le résultat montre que la croissance de l'abdomen est importante pour seulement 70% des femelles, soit une proportion beaucoup plus faible que ce qui a été observé (98%) par Sainte-Marie *et al.* (2006). Les proportions des femelles matures avec un abdomen étroit ($LA : LC < 1$) ne semblaient pas non plus correspondre avec leur étude. En effet, nos proportions sont plus importantes de ce qui a été observé (4,5%) par Sainte-Marie *et al.* (2006). La période d'échantillonnage entre les deux études est similaire, mais les observations de Sainte-Marie *et al.* (2006) correspondent à un effectif plus réduit que le nôtre.

Ces observations montrent qu'à la mue de maturité, la croissance de l'abdomen ne se fait pas simultanément, mais probablement lors d'une succession de mues, alors que le développement des soies sur les pléopodes est privilégié lors de chaque mue de maturité. Les femelles matures et dont l'abdomen n'a pas été développé peuvent correspondre à des femelles qui ont mué à maturité pour la première fois. En effet, le ralentissement de la

croissance de l'abdomen peut être lié à la maturation et au frai, et elle peut refléter des coûts métaboliques associés aux activités reproductives (maturation ovarienne et soins des œufs). Si l'on tient compte que l'énergie allouée pour la croissance diminue avec l'âge de l'espèce, ces femelles matures et dont l'abdomen n'a pas été développé peuvent aussi bien correspondre à des femelles qui ont mué à maturité pour la deuxième fois.

5.4.3. Croissance de l'abdomen chez les femelles immatures

Chez l'ensemble de femelles immatures (absence de longues soies), le ratio ($LA : LC < 1$) était respecté pour toutes les femelles de chaque région. Ces observations se rapprochent beaucoup des 95,5% rapportés par Sainte-Marie *et al.* (2006), du moins pour les femelles de grande taille sélectionnées dans leur étude ($LC > 23$ mm : taille de maturité). Ces observations nous conduisent à penser que lors d'une mue régulière d'immature à immature, la croissance du céphalothorax chez une femelle *S. boreas* se fait aux dépens d'un abdomen plus étroit et le développement des longues soies n'est pas privilégié tandis qu'à la suite d'une mue régulière de mature à immature, les caractéristiques de maturité (robe nuptiale) se perdent systématiquement.

D'un autre côté, chez les femelles immatures ($LC <$ taille de première maturité), on a pu établir une croissance constante et quasi isométrique entre LA et LC dans chaque région ($b = 1,007-1,061$). Les coefficients de la régression sont similaires à ce qui a été rapporté par Sainte-Marie *et al.* (2006) dans la baie Sainte-Marguerite ($b = 1,007$). Cependant, en considérant l'ensemble des femelles immatures, dont les individus de grande taille ($LC >$ taille de première maturité), une allométrie positive et significative est démontrée. Elle explique que chez les femelles, la croissance est constante entre LA et LC jusqu'à la maturité où l'abdomen bénéficie des caractéristiques de reproduction (Sainte-Marie *et al.*, 2006). Ainsi, il ne convient pas de se référer au ratio $LA : LC$ pour séparer une femelle mature d'une autre immature et inversement.

5.4.4. Cycle de reproduction

Il a déjà été démontré que *S. boreas* produisait une génération tous les deux ans suivant un cycle de reproduction bisannuel (Sainte-Marie *et al.*, 2006 ; Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009) et ce résultat est confirmé par nos observations de terrain. En effet, au moment où des femelles pondent leurs œufs, d'autres libèrent leurs juvéniles et ces deux générations de femelles peuvent se rencontrer dans la même année et dans la même période, soit au printemps.

La première génération de femelles matures est constituée de deux groupes de femelles. Les femelles du premier groupe semblent avoir mué récemment (immature vers mature), elles ont été distinguées par l'absence d'œufs (non grainées) et d'épibiontes et par la présence de longues soies sur leurs pléopodes, « la robe nuptiale ». Les femelles du deuxième groupe sont celles qui portent des œufs (grainées). Les stades de développement des œufs chez ces femelles n'ont pas été déterminés. On peut toutefois déduire l'avancement de la ponte à partir de l'état des femelles grainées. Celles qui ont de petites portées n'ont que peu, ou pas d'épibiontes, ce qui peut indiquer que la ponte n'est probablement pas complétée. Les femelles qui ont de grosses portées montrent une couverture importante d'épibiontes, ce qui laisse penser qu'elles commencent la période d'incubation. La présence de ces deux groupes de femelles (non grainées et grainées) suggère toutefois que la période qui sépare la mue à maturité (robe nuptiale) et l'extrusion des œufs (ou la ponte) est probablement très courte et se produit également au printemps. La seconde génération de femelles matures est celle des dégrainées. Cette dernière comprend des femelles qui viennent de libérer leurs juvéniles (portée incubée depuis 2013) et celles qui viennent de perdre leurs « robes nuptiales » (femelles immatures). Les deux générations de femelles reproductrices rencontrées en 2014 sont présentées dans un schéma de synthèse (Figure 43), où il est également possible de voir le cycle de reproduction bisannuel alternant la croissance de reproduction-incubation en robe mature et la croissance en robe immature (inter-mue).

Ce mode de reproduction qualifié de rare parmi les caridés, a déjà été observé pour une espèce subantarctique dans la mer de Weddell, en Antarctique (Gorny *et al.*, 1992 ; Gorny *et al.*, 1993). En effet, il diffère de tous les autres Crangonidés qui libèrent des œufs chaque année, voire deux fois par année (p.ex. *C. septemspinosa* ; *C. crangon* ; *Argis lar* ; Price, 1962 ; Oh et Hartnoll, 2004 ; Seok Seo *et al.*, 2012). La reproduction alternée a été attribuée à l'incapacité des caridés à entretenir simultanément une croissance somatique et gonadique dans des environnements polaires où la période de production primaire et secondaire est très brève (Clarke, 1982). La possibilité d'adapter le cycle de reproduction à un schéma de productivité saisonnière peut maximiser les chances de distribution et d'extension chez cette espèce (Gorny *et al.*, 1993).

En une année, environ 50% de toutes les femelles étaient matures et parmi elles 40% (BSM) et 33% (HSP) étaient grainées. Il existe ainsi un chevauchement temporel d'une année entre la génération de femelles qui viennent de pondre et celles qui viennent de libérer les juvéniles. De ce fait, il n'y avait pas eu d'augmentation de la proportion de femelles œuvées avec la taille. Toutefois, on observe qu'à 21 mm et à 30 mm (*LC*), une totalité de femelles matures portaient des œufs (Figure 33). Cela pourrait correspondre à la première mue de maturité (femelles primipares) et probablement à la deuxième mue de maturité (femelles multipares). Les femelles multipares auront ainsi une longueur égale ou supérieure à 30 mm (*LC*) qui coïncident avec les longueurs asymptotiques estimées dans notre étude (Tableau 24). Si ces observations s'avèrent justes, la crevette de roche se reproduit deux fois au cours de toute sa vie, tel que le suggéraient Sainte-Marie *et al.* (2006). C'est probablement plus faible à ce qui a été observé pour *P. borealis* (trois fois au cours de sa vie) et dont les paramètres de croissance sont comparables (Yamaguchi *et al.*, 2014). Cette reproduction bisannuelle associée à un faible taux de fécondité chez cette espèce (nombre d'œufs incubés < 480 ; Guay *et al.*, 2011) est un indicateur clé de la vulnérabilité liée à son exploitation.

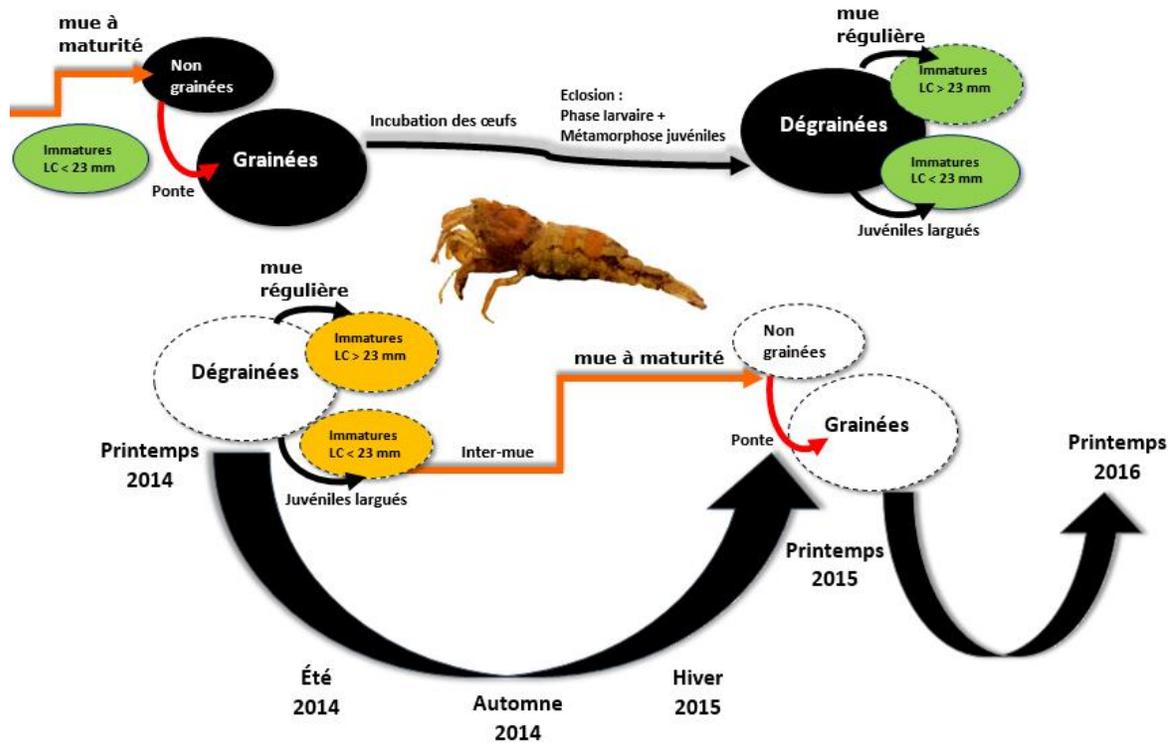


Figure 43 : Schéma représentatif du cycle de reproduction bisannuel de *S. boreas* dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent. Les femelles « Immatures : LC > 23 mm » peuvent correspondre à des primipares ou à des multipares : des femelles qui ont perdu leurs caractères matures au moins une fois dans leur vie.

5.5. DYNAMIQUE DE LA POPULATION

5.5.1. Croissance

Des éléments de la croissance de *S. boreas*, dans des conditions sauvages ou en captivité ont déjà été rapportés par Ingram (1979), Birkely et Gulliksen (2003a), Sainte-Marie *et al.* (2006) et Kilada *et al.* (2012). Dans la présente étude, le modèle de von Bertalanffy a servi pour la première fois à modéliser la croissance chez cette espèce. Ce modèle a permis d'établir des taux de croissance nettement plus élevés chez les mâles que chez les femelles. En effet, les mâles atteignent des longueurs maximales plus rapidement que les femelles et, à âge égal, ils sont beaucoup plus petits que celles-ci. La croissance différentielle est commune chez les Crangonidés et ces résultats se comparent avec ceux d'études antérieures sur *S. boreas* et sur *C. septemspinosa* (Price, 1962 ; Haefner, 1972 ; Ingram, 1979 ; Sainte-Marie *et al.*, 2006). L'écart de croissance entre mâles et femelles *C. septemspinosa* est sensible à partir de un an seulement tandis que chez *S. boreas*, il ne devient sensible qu'à partir de deux ans. Cependant, les coefficients du modèle, couvrant une seule période d'échantillonnage, ne doivent pas être considérés comme des valeurs absolues, mais plutôt comme une tendance de la croissance chez cette espèce dans le nord du golfe du Saint-Laurent.

Les raisons des divergences de croissance observées entre les sexes ne sont pas encore établies. Certains auteurs pensent qu'elles sont reliées à la disparition des mâles par un effet marqué de prédation (Birkely et Gulliksen, 2003a ; Bluhm et Brey, 2001 ; Sainte-Marie *et al.*, 2006). Dans notre étude, et si on tient compte de la fiabilité des paramètres de croissance, les mâles sont les plus confrontés à la mortalité naturelle (voir ci-dessous). D'autres auteurs ont suggéré que ces divergences peuvent provenir d'une instabilité dans les coûts énergétiques ou dans la qualité de l'environnement. Birkely et Gulliksen (2003a) ont suggéré que les mâles *S. boreas* sont probablement matures à des tailles plus petites que les femelles et le fait que les femelles ont besoin de plus de temps pour accumuler l'énergie

requis pour la reproduction, elles atteignent de plus grandes tailles et des âges plus élevés que les mâles. Chez *C. franciscorum*, on pense également que la maturité des mâles est acquise à des tailles plus petites que les femelles et après l'accouplement, les mâles doivent émigrer ou mourir tandis que les femelles accouplées ont davantage d'énergie pour poursuivre la croissance et la reproduction pour atteindre des tailles plus marquées que les mâles (voir les références dans Gavio et al., 2006). La température et l'approvisionnement alimentaires ont également leur importance sur la croissance (Hartnoll, 1982). Sainte-Marie et al. (2006) ont trouvé que les crevettes mâles et femelles *S. boreas* élevées en laboratoire sont plus petites et plus âgées que des crevettes naturelles. Les conditions d'alimentation sous-optimales en laboratoire ont été attribuées pour expliquer une telle divergence dans la croissance. En effet, un approvisionnement alimentaire peut perturber le cycle de mues chez plusieurs espèces. Il réduit nettement l'accroissement de la mue tandis que la période d'inter-mue est prolongée (Hufnagl et Temming, 2011 ; Hartnoll, 2001). Birkely et Gulliksen (2003b) ont également suggéré que la longévité des mâles peut être corrélée à la profondeur de l'eau qui est le reflet de la disponibilité en nourriture.

Selon les régions de notre étude, les mâles *S. boreas* peuvent vivre jusqu'à 4-5 ans et les femelles jusqu'à 6-7 ans. Cette espérance de vie est très similaire à celle observée par Sainte-Marie et al. (2006) dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent. Les crevettes profondes *N. antarcticus* et *Pandalus borealis* peuvent vivre jusqu'à 8-10 ans (Shumway et al., 1985 ; Savard et Parsons, 1990 ; Blhum et Brey, 2001 ; Yamaguchi et al., 2014). Comparée à des Crangonidés vivant dans les eaux peu profondes, *S. boreas* semble atteindre une grande longévité ce qui fait d'elle probablement une exception. En effet, l'âge maximum atteint par *C. crangon* et *C. septemspinosa* est estimé à 2-3 ans (Price, 1962 ; Schumacher et Tiew, 1979 ; Oh et al., 1999 ; Savard et Nozères, 2012).

Il est admis que de faibles températures ont un effet marqué sur la croissance. En effet, les populations vivant à des latitudes plus élevées peuvent atteindre des tailles corporelles et des espérances de vie relativement importantes par rapport aux espèces apparentées dans les régions tropicales (Angilletta et al., 2004). C'est probablement ce qui

expliquerait les faibles taux de croissance observés chez les mâles de la région de HSP. En effet, les températures moyennes dans cette région sont faibles comparés à la région de BSM (Dutil *et al.*, 2012). Toutefois, les taux de croissance sont identiques pour les femelles des deux régions. Il est donc possible que d'autres facteurs que la température puissent intervenir.

Sur une échelle locale ou latitudinale, des observations faites sur les caridés ont constaté que les variables de croissance sont affectées par une variation de la température. La croissance et la maturation de *P. borealis* sont accélérées dans les eaux chaudes du golfe du Maine (5 et 9°C) tandis que la croissance a tendance à être plus lente dans les eaux froides de Terre-Neuve et du Labrador (2 et 4°C) (Savard *et al.*, 1994). La longévité de cette espèce est ainsi plus élevée dans le nord (8 ans) que dans le sud (5 ans). Des variations température sous l'influence de l'eau froide polaire et les eaux alternées atlantique et polaire induisent également à des variations dans les longueurs de *P. borealis* dans les eaux du Svalbard (Hansen et Aschan, 2000). Dans cette région, les crevettes montrent une croissance plus lente et un âge plus élevé à la transition sexuelle qui correspond à la maturité des femelles (Hansen et Aschan, 2000).

Les variations régionales de croissance observées chez les Crangonidés, *C. septemspinosa* et *A. dentata* sont également sous l'influence de la température (Price, 1962 ; Wilcox et Jeffries, 1973 ; Butler, 1980 ; Squires, 1990 ; Komai, 1997).

5.5.2. Mortalité

Les mâles montrent des mortalités plus élevées que pour les femelles, de 30 à 50%, selon la méthode) à BSM et de 20 à 30% à HSP. Au Svalbard, Birkely et Gulliksen (2003a) ont calculé des mortalités un peu plus élevées, mais dans le même ordre de grandeur. Ces auteurs ont également trouvé que la mortalité totale chez les mâles ($0,41 \text{ an}^{-1}$) est deux fois plus élevée que chez les femelles ($0,19 \text{ an}^{-1}$), une différence plus marquée que ce qui a été trouvé dans le nord du golfe du Saint-Laurent. Également pour *N. antarcticus*, une espèce antarctique non exploitée chez qui la mortalité chez les mâles ($0,92 \text{ an}^{-1}$) est deux fois plus importante que celui des femelles ($0,44 \text{ an}^{-1}$) (Bluhm et Brey, 2001). Cependant, la mortalité demeure nettement plus faible chez ces deux espèces comparées à la population non exploitée de *C. crangon* dans la mer d'Irlande ($Z = 3,4 - 3,6 \text{ an}^{-1}$; Oh *et al.*, 1999).

Dans notre étude, la méthode empirique de Pauly a présenté des taux de mortalité plus élevés que ceux obtenus par la méthode de Taylor. La première a utilisé une température du milieu et, dans notre cas, une température moyenne annuelle estimée à partir des données couvrant 30 m de profondeur à partir de la base de données de Dutil *et al.* (2012). La seconde est basée sur des paramètres croissance estimés à partir de données ponctuelles. La méthode de Taylor demeure plus robuste du fait que la méthode de Pauly est reconnue pour surestimer les valeurs de mortalité naturelle (Sparre et Venema, 1996). De plus, la température choisie n'est peut-être pas appropriée, puisqu'elle ne couvre pas, par exemple, la totalité de l'aire de distribution de l'espèce. Cependant, l'utilisation de deux méthodes a l'avantage de fournir un intervalle de la valeur de la mortalité pour la population de *S. boreas* dans le nord du golfe du Saint-Laurent.

La croissance et la survie des mâles de *S. boreas* sont sans doute reliés (Gab-Alla *et al.*, 1990). La stratégie de quête pure, si répandue chez les Crangonidés, pourrait expliquer les taux de mortalité élevés fréquemment observés chez les grands mâles (Bluhm et Brey, 2001 ; Birkely et Gulliksen, 2003). En effet dans un système d'accouplement de quête pure, la vulnérabilité à la prédation chez les mâles n'est probablement pas corrélée à une

augmentation de la taille. Les mâles matures ont probablement de la difficulté à minimiser la menace de prédation du fait de leur dispersion et de leur recherche active de femelles réceptives à l'accouplement (Correa et Thiel, 2003 ; Lacoursière-Roussel et Sainte-Marie, 2009 ; Guay, 2011). Ils sont défavorisés par des coûts élevés d'entretien et de locomotion qu'ils investissent dans leur quête comparés aux mâles de petite taille qui sont plus agiles et alertes et peuvent plus facilement échapper à la prédation. Les femelles étant probablement moins sélectives et passives dans leur choix de partenaires peuvent être moins vulnérables à la prédation (Guay, 2011). De plus, le comportement qu'elles adoptent lors de la reproduction (peu mobile lors de l'incubation) peut également les soustraire aux prédateurs. La présence d'épibiontes peut témoigner de leur habileté à se camoufler et l'absence de ceux-ci chez les mâles ne permet pas d'identifier ce comportement.

Toutefois, des études ont rapporté que les individus de petite taille de *C. crangon* et *C. septemspinosa* sont les plus susceptibles à subir une mortalité par prédation (Siegel et al. 2008 ; Lasley-Rasher et al., 2015) Dans le cas de *C. septemspinosa*, une étude portant sur analyse d'une grande série temporelle de contenus stomacaux de poissons démersaux dans le nord-est des États-Unis a révélé qu'au début du printemps, cette espèce devient une proie principale pour des Gadiformes dans les eaux côtières et peu profondes (Lasley-Rasher et al., 2015). Le changement spatial et temporel observé dans le régime alimentaire des Gadiformes a été attribué aux mécanismes de migration bien connue chez cette espèce (Corey, 1981, Modlin, 1980). En effet, *C. septemspinosa* devient une ressource abondante dans les milieux littoraux au début du printemps soit bien avant la floraison printanière des eaux peu profondes et côtières et bien avant l'éclosion de ses larves (Price, 1962 ; Modlin, 1980). En l'absence de migrations, on suppose que la croissance asynchrone chez la population de *C. septemspinosa* pourrait expliquer les petites tailles des crevettes, des mâles, observées dans les estomacs des Gadiformes.

Selon Bukin (1992), *S. boreas* peut connaître des migrations saisonnières dans la mer de Béring et le schéma de migration semblait être corrélé avec la température. Les températures élevées (1,5-3°C) sont associées à la maturation des œufs tandis que

l'éclosion (libération de la progéniture) est associée à des températures très basses ($< 0^{\circ}\text{C}$). Ainsi, les migrations dans les profondeurs débutent en automne (octobre-novembre) soit lorsque les températures sont à la baisse pour la maturation des œufs des femelles. Dans l'étude de Bukin, les petits mâles ont une répartition côtière tandis que les grands mâles (sexuellement matures) connaîtraient également des migrations dans les profondeurs puisqu'ils ont été retrouvés à des températures aussi basses que les femelles. Selon cet auteur, c'est dans des températures basses que l'accouplement se produirait.

Les migrations saisonnières sont bien documentées chez les Crangonidés (Modlin, 1980 ; Siegfried, 1980 ; Corey, 1981). Les travaux de Birkely et Gulliksen (2003a) ont également supposé une migration pour la crevette de roche pour expliquer le sex-ratio observé en faveur des mâles pendant le mois de mai. Cependant, leurs travaux effectués en automne (septembre) dans le Svalbard ont révélé que les mâles se trouvaient dans les eaux peu profondes (< 100 m) alors que les femelles ont été trouvées à plus grande profondeur (100-200 m). Cette ségrégation sexuelle en fonction de la profondeur est régulée par des besoins préférentiels en nourritures et ces derniers sont reliés directement à la nature du substrat (Birkely et Gulliksen, 2003b). La répartition dans les profondeurs est accompagnée par une augmentation de la taille des individus.

Les observations de Bukin (1992) et Birkely et Gulliksen (2003b) ont l'avantage d'expliquer que la forte prédation qui affecte les grands mâles peut résulter d'une répartition bathymétrique différentielle entre les sexes dans des périodes de l'année que notre étude n'a pas pu révéler puisqu'elles ont été effectuées seulement au printemps. De plus, les pêcheurs ont révélé que les observations de cette espèce dans les fonds côtiers sont rares pendant l'hiver.

5.5.3. Biomasse, production et productivité

Les faibles biomasses et productions observées chez les mâles sont le reflet de la faible croissance et la faible longévité qui les associent. Leur productivité (P/B) est en conséquence plus élevée comparée à celle des femelles. Nos résultats de productivité sont plus faibles que les valeurs rapportées par Birkely et Gulliksen (2003a). En dépit de méthodes d'estimation très différentes, ils s'expliquent aussi par des taux plus élevés de mortalités que ceux de notre étude. Si l'on considère que le coefficient instantané de mortalité (Z) est une estimation de la productivité d'une cohorte (Allen, 1971), les plus faibles mortalités observées dans notre étude pourraient expliquer cette différence.

Les observations selon lesquels, la productivité est intimement liée à longévité se confirment pour les mâles de *S. boreas*. En effet, la productivité est d'autant plus importante que la longévité est faible et inversement et par conséquent, elle est spécifique à l'espèce et à la population (Zaika, 1970 ; Levêque, 1977 ; Banse et Mosher, 1980 ; Randall et Minns, 2000 ; Brêthes *et al.*, 1986). Pour *C. crangon*, une espèce qui achève son cycle de vie en trois ans environ, elle peut atteindre un rapport P/B de 10 (Kuipers et Dapper, 1981 ; Viegas *et al.*, 2007) soit nettement plus important de ce qui a été observé pour les espèces à plus grande longévité des régions plus froides où le rapport P/B est généralement inférieur à 1 (Tableau 33).

Tableau 33 : Comparaison de données publiées de P/B pour deux espèces de Crangonidés dans différentes régions géographiques. Productivité (P/B) (an^{-1}),

* Biomasse moyenne calculée en poids sec sans cendres (g. m^{-2}) (Brey, 1999b)

** Biomasse calculée sur l'ensemble de la vie d'une cohorte (Allen, 1971)

Espèce / Région	Auteurs	P/B mâles	P/B femelles	P/B total
<i>S. boreas</i> / Svalbard, Norvège (78°N)	Birkely et Gulliksen (2003a)	0,42	0,20	0,62*
<i>C. crangon</i> / Mer des Wadden, Pays-Bas (53°N)	Kuipers et Dapper (1981)	-	-	~ 8-9*
<i>S. boreas</i> / BSM (50°N)	Présente étude	0,18	0,12	0,31**
<i>S. boreas</i> / HSP (50°N)	Présente étude	0,17	0,12	0,29**
<i>C. crangon</i> / Mondego, Portugal (40°N)	Viegas <i>et al.</i> (2007)	-	-	~ 8-11*
<i>N. antarcticus</i> / Mer de Weddel (75°S)	Bluhm et Brey (2001)	1,00	0,43	1,43*

Brey et Clarke (1993) ont constaté des ratios P/B très faibles pour les invertébrés vivant dans les écosystèmes antarctiques et arctiques par rapport aux populations non polaires. En effet, les populations vivantes dans ces écosystèmes polaires ou subpolaires sont confrontées à un approvisionnement alimentaire très réduit et prolongé en raison de températures très basses (Thatje et Mutschke, 1998 ; Birkely et Gulliksen, 2003a). La sédimentation annuelle (printemps et été) des particules issues de la fonte des neiges et des glaciers a une influence sur la disponibilité des aliments et contribue à la faible productivité des espèces en ces régions (Brey et Clarke, 1993 ; Wlodarska-Kowalczyk *et al.*, 1998). Ces facteurs qui dépendent fortement du gradient de la profondeur, influent le plus souvent sur le taux métabolique des organismes polaires qui se répercutent par la suite sur leur productivité (Brey et Clarke, 1993 ; Brey et Gerdes, 1998 ; Brey et Gerdes, 1999a).

Dans les régions tempérées, les conditions de température élevées, plus favorables pour la croissance et la reproduction conduisent à des régénérations relativement élevées des biomasses, comme cela a été observé pour *C. crangon*, qui est l'espèce la plus productive des écosystèmes estuariens (Viegas *et al.*, 2007). Dans ces régions, la productivité est significativement influencée par la variation bathymétrique de température et de substrat. Elle est élevée dans les régions chaudes et a tendance à diminuer sur les fonds envasés (Hostens et Hamerlynck, 1994 ; Greenstreet *et al.*, 2007 ; Hufnagl et Temming, 2011). Pour de nombreuses espèces benthiques tempérée ou boréale (p. ex. *C. crangon* et *C. septemspinosa*), la productivité est à son maximum en période estivale, c'est à dire lorsque les caractéristiques environnementales, comme la température, permettent une disponibilité alimentaire élevée (Price, 1962 ; Szaniawska, 1992). Ainsi, la croissance rapide dans ces milieux et moments de l'année fait de ces espèces des proies idéales (Wilcox and Jeffries, 1973 ; Hufnagl et Temming, 2011 ; Lasley-Rasher *et al.*, 2015). Dans les systèmes côtiers et à haute énergie qui caractérisent son habitat, *C. crangon* représente la plus grande part du peuplement benthique. Cette espèce est perçue comme la principale source de production secondaire dans ce type d'environnement (Henderson et Holmes, 1989).

La productivité différentielle entre les sexes peut provenir de plusieurs facteurs, et la qualité des proies peut constituer l'une de ces raisons. Les indices d'efficacité énergétique les plus élevés chez *C. crangon* sont trouvés chez les femelles (Szaniawska, 1992). En effet, les mâles semblaient être de moins bons convertisseurs d'énergie du fait de leur plus faible ration alimentaire qui représente la moitié de celle des femelles et la raison en est la qualité, la quantité d'alimentation et le comportement adoptés vis-à-vis des proies. Dans les eaux du Svalbard, Birkely et Gulliksen (2003b) ont observé des divergences dans le comportement alimentaire entre les sexes de *S. boreas*. Les mâles consomment principalement des organismes épibenthiques dans des eaux peu profondes. Les femelles, opportunistes et omnivores, se dirigent vers des eaux plus profondes pour fouiller le sédiment et adapter leur type de proie.

Les habitudes alimentaires des femelles liées à la qualité de l'environnement peuvent être responsables de réserves énergétiques plus élevées que celles des mâles et plus essentielles à leur croissance et à leur reproduction. De plus, la génération peu mobile des reproductrices semble bien s'adapter à la prédation. Les traits d'économie d'énergie liée à la reproduction de ces femelles semblent réguler l'importante production somatique et sa conservation par rapport à celle des mâles (Thatje, 2004). On méconnaît le comportement des jeunes femelles immatures de *S. boreas* vis-à-vis de la prédation. Bien que les masses gonadiques n'aient pas été prises en compte dans l'estimation de la productivité, les faibles estimations nous amènent à considérer des comportements différentiels dans les relations proie et prédateurs. Dans le cas des mâles, leur comportement pour se nourrir peut sembler très limité et la répartition de leurs proies peut être fonction d'une exposition accrue à la prédation. Si le choix dans la qualité des proies est très limité, il impliquerait de faibles réserves énergétiques et donc de faibles masses corporelles. Ce qui impliquerait une faible énergie allouée pour la croissance, pour la reproduction et pour le développement de stratégie vis-à-vis de la prédation.

Au niveau régional de notre étude, la divergence retrouvée dans les valeurs de P/B chez les mâles peut être attribuable à des facteurs d'origine environnementale (Szaniawska, 1992 ; Kuipers et Dapper, 1981). La variation de la température est l'incidence la plus caractéristique d'une variation de productivité du fait qu'elle agit directement sur la croissance et la longévité. Néanmoins, le ratio P/B est dépendant des relations taille-masse et la congélation de nos échantillons de HSP a pu avoir un effet sur les faibles P/B observés (Randall and Minns, 2000). Le fait que les relations relation taille-masse des femelles ne tiennent pas compte de la masse gonadique (production gonadique), cela expliquerait des ratios P/B proches et comparables entre les régions. De plus, les données ponctuelles de biomasse peuvent être sous l'influence de la présence ou de l'absence de certaines classes d'âge. En effet, comme pour la croissance et la mortalité, l'estimation de la productivité nécessiterait des valeurs moyennes qui couvrent de longues périodes de données (Brey et Gerdes, 1999a ; Beukema et Dekker, 2013).

5.5.4. Captures par recrues

Plusieurs difficultés étaient liées à l'utilisation du modèle de capture par recrue. En effet, ce modèle fondé sur des données ponctuelles suppose que les paramètres biologiques de l'espèce (mortalité et croissance) soient constants dans le temps (Sparre et Venema, 1996). Or, il est reconnu que ces derniers peuvent varier et en particulier, la mortalité naturelle (Fu et Quinn, 2000). De plus, notre étude a considéré une mortalité par pêche inexistante ($F = 0$), les estimations peuvent donc être biaisées par le fait qu'il peut exister une mortalité additionnelle, celle des petites prises accessoires que notre étude n'a pas prise en considération. Cependant, cet exercice a permis d'obtenir une vision de ce que peut produire une pêcherie théorique de *S. boreas* dans le nord du golfe du Saint-Laurent, une démarche qui n'a pas déjà été employée pour cette espèce. Ce modèle est identique à celui de Oh *et al.* (1999) qui l'ont employé pour une population non exploitée de *C. crangon* dans la mer d'Irlande.

Nos résultats révèlent que les maximums de rendements sont obtenus à des tailles et à des âges où les individus sont matures. Les vecteurs théoriques de mortalité par pêche qui correspondent à ces âges, et qui permettent une maximisation de la production, sont de $F = 0,6$ et $F = 0,5$ pour les mâles et les femelles, respectivement. Les taux respectifs d'exploitation correspondant à ces valeurs de F sont de 45% pour les mâles et 40% pour les femelles. On estime une taille située à 17 et 18 mm de longueur (LC) chez les mâles. Chez les femelles, on estime des tailles de 26 et 27 mm (LC). Ces tailles de sélection sont un paramètre fondamental, largement utilisé comme seuil minimal de capture.

5.5.5. Stratégie d'exploitation

Dans le nord du golfe du Saint-Laurent, l'exploitation de *S. boreas* est envisageable, mais bien complexe. Du moins selon le modèle de production à l'équilibre de capture par recrue. En effet, d'après ce modèle environ 40% de la biomasse femelle adulte est exploitable chaque année. Le taux d'exploitation préconisé par le modèle de capture (40%) ne concernera en réalité que seulement une génération femelle reproductrice par année. En effet, compte tenu des caractéristiques de reproduction des femelles, le recrutement annuel est lié à 50% des femelles adultes seulement. Ce qui correspondrait à 25% de la population femelle potentiellement exploitable avec un coefficient de capture de $F = 0,25$.

Si une exploitation devait avoir lieu, des facteurs sont nécessaires pour obtenir des résultats de durabilité et assurer le maintien de la population à moyen et long terme. Au printemps, les femelles matures et immatures partagent la même gamme bathymétrique, que ce soit dans la baie Sainte-Marguerite ou dans le Havre-Saint-Pierre. Le plan de gestion devrait donc faire face à cette répartition homogène. Il est difficile de cibler une profondeur de pêche sans capturer des crevettes immatures, matures grainées ou matures dégrainées. La capture de toutes ces femelles pourrait en conséquence, affecter le potentiel reproducteur de cette espèce. L'établissement d'un maillage adapté à la biomasse femelle reproductrice est donc nécessaire. Et dans ce cas, l'exploitation devrait se concentrer sur des femelles adultes tout en tenant compte de celles qui sont ovigères, et ce, en établissant un système de sélectivité pour des femelles de grandes tailles avec un abdomen vide et ayant une taille $LC \geq 30$ mm, soit une longueur totale de 118 - 122 mm. Cette stratégie, bien que compliquée, permettrait aux femelles de participer à la reproduction au moins une fois dans leur vie. Malheureusement, il n'y a pas d'exemple de stocks exploités de crevettes avec des femelles qui se reproduisent tous les deux ans et dont la fécondité est faible.

Une autre alternative serait de considérer des périodes de transition entre les captures, et ce en suivant le schéma de reproduction des femelles. En effet, une exploitation contrôlée tous les deux ans, tout en alternant les endroits de capture, créerait des zones refuges qui protègent une génération de femelles, celles des grainées. Cette stratégie permettrait de prendre en compte des périodes de récupération propres à l'espèce, une stratégie appliquée dans toutes les exploitations commerciales halieutiques du monde.

Bien que ces stratégies peuvent être suffisantes et mesurées et, considérant la nature biologique de l'espèce, d'autres facteurs comme une faible fécondité des femelles conjuguée à une faible densité pourraient compromettre l'exploitation. Surtout si les abondances relatives ne semblent pas avoir changé avec les études précédentes. En effet, dans les années 1980, le rendement maximum de *S. boreas* obtenu par Bernier et Poirier (1981) était de 3,63 kg/20 min de chalutage. Dans notre étude, il correspondait à 3,73 et 3,53 kg/20 min dans les deux secteurs de la BSM et à 4,19 et 2,66 kg (20 min) dans les deux secteurs respectifs du HSP. Ces quantités marginales sont d'ailleurs comparables aux travaux de Zimina *et al.* (2015) au large de la mer de Barents (3,8 kg/15 min de chalutage). Ces rendements sont tellement faibles qu'il n'est pas possible de parler de stock abondant.

Aux dernières nouvelles, les résultats de tests de capture de la crevette de roche effectuée au moyen de casiers à l'IML dans le cadre du projet MERINOV (Annexe 1) ne semblaient pas concluants (B. Sainte-Marie, comm. Pers.). Il semblerait, entre autres, que le comportement fouisseur de l'espèce soit très évolué. Cependant, les conditions en captivité peuvent sensiblement varier dans la nature (Sainte-Marie *et al.*, 2006). Des pêches exploratoires permettraient d'éliminer les doutes sur la capacité ou à l'incapacité du stock à soutenir une pêcherie locale. On encourage grandement la démarche exploratoire. Si ces tests devaient avoir lieu, les travaux pourront s'inspirer des zones identifiées par les pêcheurs dans la MCN et la BCN comme stations d'échantillonnage (Zones du groupe 1). Dans ces régions, notre étude a identifié la majorité des facteurs écologiques préférentiels à l'établissement de *S. boreas*. Elles peuvent donc être intéressantes, sachant que les

dernières évaluations du stock de cette espèce remontent à l'année 1980 (Bernier et Poirier, 1981).

De plus, les travaux de Bernier et Poirier (1981) étaient localisés à l'intérieur des îles de Mingan. L'abondance ainsi que la structure démographique de l'espèce en dehors des îles et les secteurs adjacents n'a donc pas été évaluée, si on ne tient pas des relevés de notre étude. De plus, dans notre étude, les prises accessoires les plus marquées de la crevette de roche proviennent de ce secteur de la MCN (29% du total des activités), bien que la diversité des types de pêche pratiqués explique ces proportions. De façon générale, la capture accessoire de *S. boreas* était observée dans environ 26% des activités des pêcheurs, ce qui est une part non négligeable, sachant que la capture des crustacés et les mollusques auxquels elle a été associée représentent la moitié des activités des pêcheurs.

Dans un contexte optimiste, des efforts pourront encore être investis pour explorer les possibilités d'exploitation de cette espèce. Une petite pêcherie pourrait probablement voir le jour en Minganie ou à Blanc-Sablon. Parmi les crevettes Crangonidés, quelques-unes seulement sont d'une importance commerciale et ces espèces se trouvent dans les eaux tempérées et boréales (Holthuis, 1980 ; Bauer, 2004). Les résultats ne peuvent certainement pas concurrencer la pêcherie commerciale de *C. crangon*. Anciennement, considérée comme une capture accessoire, la stratégie d'exploitation a nettement évolué avec le temps et, aujourd'hui, les biomasses ont connu une expansion considérable (Neudecker et Damm, 2010). Bien que les casiers ne semblent pas très adaptés, notre travail n'incite pas à l'utilisation du chalut. Toutefois, d'autres possibilités existent puisque cette espèce présente un potentiel d'élevage très élevé (Lemieux *et al.*, 2002). Enfin, la crevette de roche pourrait avoir une exploitation de qualité plutôt de quantité et elle pourrait approvisionner le marché local nord-côtier (Boucher-Boisclair, 2012) et figurer comme le nouveau produit du Québec qui apaisera les plaisirs gustatifs de curieux amateurs des fruits de mer.

CONCLUSION

La crevette de roche (*Sclerocrangon boreas*), une prise accidentelle dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, est encore méconnue par les consommateurs du Québec. Cette étude se voulait d'élargir les connaissances sur sa biologie et son milieu de vie dans un contexte qui tourne autour des possibilités de son exploitation au Québec. La collaboration exceptionnelle des pêcheurs a permis de retracer les épisodes de captures accessoires liées à cette espèce et de localiser des fonds de répartition dans le Saint-Laurent, dont certains sont identifiés pour la première fois. À partir de deux campagnes scientifiques, des caractéristiques biologiques chez la population et reproductrices chez les femelles ont pu être analysées et dans deux environnements complètement distincts. Notre démarche a rassemblé des connaissances variées, mais complémentaires, sur la biologie et l'écologie de cette espèce et elle a montré que des liens peuvent se forger pour améliorer la connaissance de son habitat dans le but d'examiner les possibilités d'une éventuelle exploitation.

Dans le Saint-Laurent, 58 fonds côtiers sont susceptibles de contenir de la crevette de roche. Ces fonds qui chevauchent notamment ceux du pétoncle et du buccin sont retrouvés à partir de l'estuaire maritime jusqu'au nord du golfe Saint-Laurent. Notre étude a dressé un portrait d'une espèce typique des milieux côtiers et à large répartition dans le Saint-Laurent. La présence de sable a été l'une des variables les plus déterminantes à sa répartition, elle a permis d'isoler trois milieux de répartition. La répartition la plus étendue était associée à des fonds grossiers (sables grossiers) et la répartition la plus localisée était associée à des fonds sableux. Dans ces deux milieux vraisemblablement contrastés, des variations bien que marginales ont été observées dans la croissance, dans la taille, dans la longévité, dans la mortalité et dans la productivité de cette espèce. Ces variations liées au cycle vital de l'espèce ont pu être associées à des variations bathymétriques de substrat et de température.

Une profondeur-dépendante d'une température froide, de courants plus au moins intense, de salinité, de faible turbidité, d'absence d'affleurement, de faible pente et de sédiments grossiers peuvent être considérés comme les variables les plus favorables à l'épanouissement de *S. boreas* dans le Saint-Laurent. Comme chez plusieurs espèces de Crangonidés, *S. boreas* est marqué par un dimorphisme sexuel affectant la taille, les mâles étant beaucoup plus petits que les femelles. Cette étude a permis d'affirmer avec des variables ponctuelles qu'il existait une différence de croissance, de mortalité, de biomasse et de productivité entre les sexes. En effet, les mâles semblent les plus exposés à la mortalité du fait de leur faible croissance et longévité. Dans le nord-ouest du Saint-Laurent, ils peuvent vivre jusqu'à 4-5 ans tandis que les femelles peuvent vivre jusqu'à 6-7 ans.

Au sein de la population, les mâles sont probablement d'importance majeure dans la structure et le fonctionnement l'écosystème du Saint-Laurent autant que proies potentielles. Notre étude suggère que le comportement vis-à-vis des prédateurs est probablement différentiel entre les sexes. Les femelles matures semblent se retrouver dans zones bien abrités, à en croire la présence d'épibiontes sur leurs carapaces, elles ont la capacité de s'enfouir des prédateurs alors qu'aucune caractéristique n'a permis de montrer une habileté à éviter la prédation chez les mâles.

Au printemps et dans les fonds côtiers du Saint-Laurent, deux générations de femelles matures se chevauchent. Une génération de femelles dégrainées qui vient de libérer ses rejetons et une autre sur le point d'incuber de futurs rejetons. La distribution bathymétrique de ces femelles est uniforme, ce qui laisse penser que les zones côtières de répartition des adultes sont également des zones de nourriceries. Avec ces caractéristiques de reproduction, 20% de la biomasse femelles adultes dégrainées peut être exploitable à tout moment de l'année. Cependant, les aspects de la reproduction et la faible fécondité des femelles laissent penser que les possibilités d'exploitation sont très limitées.

Perspectives

Dans le cas de la crevette de roche du Saint-Laurent, de nombreuses voies sont à explorer et les informations sur l'écologie mériteraient davantage d'être alimentées. La disponibilité restreinte des données n'a pas permis de répondre à certaines questions écologiques par exemple : « *Les spécimens de *S. boreas* de Blanc-Sablon sont-ils significativement différents de ceux de Havre-Saint-Pierre ?* » ; « *Peut-on considérer une variabilité de croissance régionale et temporelle chez cette espèce dans le Saint-Laurent?* » ; « *Les femelles de *S. boreas* sont-elles enclines à migrer après avoir délivré leurs progénitures ?* » « *Le cycle de reproduction des femelles est-il en corrélation avec la température ?* »

Bien que les informations anecdotiques provenant des pêcheurs et nos campagnes scientifiques aient placé le rôle de la profondeur, de la température et de la nature et de la composition du fond marin dans la répartition des crevettes, des études devraient analyser l'effet de ces variables dans d'autres secteurs non couverts par notre étude (la rive nord de la Gaspésie et la région sud du golfe du Saint-Laurent, par exemple). L'analyse devrait couvrir toute la gamme bathymétrique de répartition de l'espèce (> 30 m de profondeur) et la modélisation devrait intégrer des données de densité de la population. En effet, les variations régionales observées dans les tailles moyennes de la population incitent à la modélisation à une échelle interrégionale afin de détecter les variables environnementales responsables des changements dans la croissance. Si les analyses tenaient compte d'autres types d'informations qualitatives et d'autres échelles spatiales, elles constitueraient un atout.

Les modèles de gestion de pêcheries sont dépendants de la connaissance de l'âge et de la croissance des populations marines et dans notre cas, la croissance était spécifique à une seule saison (2014). En effet, notre étude de croissance et de mortalité aurait nécessité un suivi temporel plus étroit et puisque la dynamique d'une population évolue dans le temps, la croissance devrait considérer les paramètres de saisonnalité de croissance (Pauly, 1997). Nous suggérons donc des observations annuelles ou mensuelles -bien que difficiles-

plutôt que des données ponctuelles. Et dans la mesure du possible dans différentes zones géographiques couvrant toute la gamme de répartition des crevettes.

En ce qui concerne les abondances, une seule étude avait utilisé des relevés nocturnes de *S. boreas* et elle avait rapporté que les rendements étaient beaucoup plus importants que les relevés journaliers (Bernier et Poirier, 1981). Cette étude avait constaté une distribution uniforme des tailles moyennes chez les mâles entre le jour et la nuit, mais une diminution des tailles chez les femelles pendant la nuit (passant de 22 à 20 mm de *LC*). Les abondances nyctémérales sont bien connues chez certains Crangonidés. C'est le cas de *C. septemspinosa*, une espèce retrouvée dans toutes les strates verticales pendant la nuit autour du banc Georges (golfe du Maine) (Brown *et al.*, 2014). De nouvelles évaluations de nuit devraient améliorer les connaissances sur les migrations verticales de cette espèce et les fortes abondances qui en découlent et si elles existent bien.

Il y aurait également lieu de s'intéresser à l'écologie trophique de cette espèce et sur la façon dont elle pourrait contribuer à la fonction de l'écosystème du Saint-Laurent ou à examiner de plus près la maturité des mâles. De même, à cerner davantage les mécanismes liés à l'absence ou à la présence des épibiontes qui peuvent survenir durant les cycles de reproduction des femelles et à détecter la présence ou l'absence de migrations saisonnières liées à l'accouplement et/ou à la reproduction chez l'espèce.

La large répartition de la crevette de roche est confrontée à tout moment à une mortalité par pêche accessoire, du moins, durant le début de la saison d'exploitation au Québec (printemps). À cette période de l'année, une génération de femelles sur deux est complétée tandis qu'une autre entame le début d'incubation du printemps. Comme le laissaient entendre des pêcheurs rencontrés dans le cadre de cette étude, il n'est pas rare que des femelles grainées soient prises dans les filets et donc associées aux mortalités accessoires. Les preuves ne sont plus à fournir, en ce qui concerne les rejets liés à la drague (Collie *et al.*, 2000 ; Hartog et Archambault, 2002 ; Parsons et Davidson, 2004 ; Campagna *et al.*, 2005). En effet, les individus pris accessoirement et qui survivent au dragage ont des chances de mourir à la suite de leur remise à l'eau et dans le cas d'une population aussi

vulnérable comme celle de la crevette de roche, la prise en compte pour la protéger est une nécessité.

ANNEXES

Annexe 1. Les quatre activités du projet MERINOV

Activités	Éléments du projet	Principales tâches
Activité 1	(Hiver 2014 - Hiver 2015) Identification des zones potentielles d'intérêt pour la pêche à la crevette de roche.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revue de littérature sur la biologie de l'espèce. ▪ Synthèse des données océanographiques disponibles. ▪ Enquête auprès de l'industrie des pêcheurs. ▪ Caractérisation des habitats benthiques nord-côtiers. ▪ Relevés scientifiques avec le MPO (distribution et abondance de la crevette de roche).
Activité 2	(Automne 2014 - Printemps 2015) Sélection des casiers à crevettes.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enquête auprès de l'industrie des pêcheurs. ▪ Prise de contact avec des spécialistes. ▪ Tenue d'un atelier de travail.
Activité 3	(Hiver 2015- Automne 2016) Évaluation des rendements de pêche.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sélection d'un pêcheur partenaire. ▪ Pré-tests des casiers. ▪ Compilation de l'efficacité de capture. ▪ Campagne de pêche exploratoire.
Activité 4	(Automne 2016 - Hiver 2017) Analyse des résultats et rédaction du rapport final.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compilation des données. ▪ Analyse statistique des captures. ▪ Rédaction d'un rapport final. ▪ Transfert des résultats à l'industrie des pêcheurs.

Annexe 2. Questionnaire d'entrevue

Explications

Ce questionnaire est réalisé par Merinov, le centre d'innovation en pêche et aquaculture du Québec. Il vise à obtenir des informations à propos de la crevette de roche sur la Côte-Nord.

Le but est de tenter de développer une pêche complémentaire visant cette espèce.

La répartition de la crevette de roche en Côte-Nord est méconnue. Nous aimerions pouvoir compter sur votre précieuse expérience comme professionnel de la pêche pour obtenir certaines informations sur la crevette de roche dans votre secteur. Il ne vous faudra que quelques minutes pour remplir ce questionnaire. Votre participation sera grandement appréciée. En vous remerciant d'avance.

Identification

Date d'entrevue : _____ Interviewer : _____

Lieu : _____ Nom du pêcheur : _____

Nombre d'années d'expérience de pêche : _____

Quai de débarquement : _____

Nom du bateau : _____ Tonnage du bateau : _____

Année de fabrication : _____ Matériau : _____

Dimensions du pont (m) : longueur : _____ Largeur : _____

Longueur totale du navire (m) : _____

Description des activités de pêche

Espèce ciblée	Quota (lb)	Zone de pêche (numéro)	Équipement de capture utilisé

Durée d'une sortie en mer (heures ou jours) : _____

Sites de pêche visités par sortie : _____

Caractéristiques de la drague

Matériau	Poids (kg)	DRAGUE			EMBOUCHURE		Espacement des travers (cm)
		Longueur (cm)	Largeur (cm)	Hauteur (cm)	Largeur (cm)	Hauteur (cm)	

Utilisation

	Minimal	Maximal	Moyen
Durée d'un trait de pêche (min.)			
Profondeurs ciblées (m)			
Vitesse lors du trait (nœud)			
Nombre de traits de pêche par sortie en mer			

Tapis de protection en caoutchouc? Oui Non

Caractéristiques des casiers

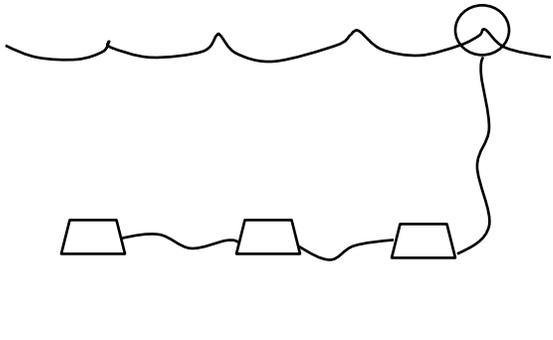
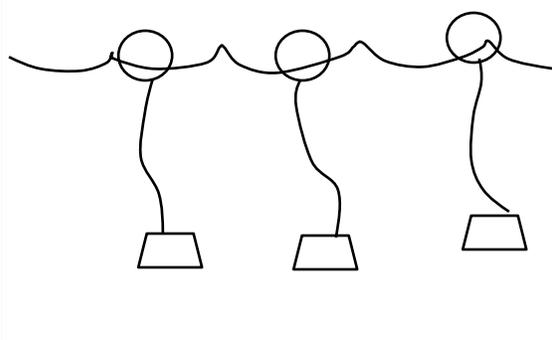
Nombre de casiers utilisés (si plusieurs types de casiers, inscrire nb par type) : _____

Matériau	Forme	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Hauteur (cm)	Poids (kg)	Maillage* (mm)	Nombre d'ouvertures

*Diagonale du maillage

Utilisation

	Minimal	Maximal	Moyen
Temps d'immersion			
Profondeurs ciblées			

Nombre de casiers disposés en ligne	Nombre de casiers disposés individuellement
	

Caractéristiques du chalut

Type de chalut

De fond	Pélagique

Simple	Double

Dimensions (m) : Corde de dos : _____ Bourrelet : _____

Dimensions du maillage : _____

Type de panneaux : _____

	Minimale	Maximale	Moyenne
Durée d'un trait de pêche (min.)			
Profondeurs ciblées (m)			

Appâts

Utilisation d'appâts : Oui Non

Espèce(s) utilisée(s) comme appât(s) :

Maquereau Hareng Caplan
 Calmar Sous-produits Autres, Précisez : _____

Appâts utilisés en combinaison? (Si oui, inscrire les espèces utilisées ensemble) :

Disposition de l'appât :

Sans protection Dans un sac Dans un segment de tuyau
 Autre (précisez : _____)

Traitement de l'appât :

Coupé en morceaux Entier Broyé/déchiqueté
 Autre (précisez : _____)

La crevette de roche

Avez-vous déjà vu et/ou capturé cette espèce? (Présenter une photo couleur plastifiée)

	Oui	Non
Vu		
Capturé		

Si oui, dans quel(s) secteur(s)? (définir le(s) secteur(s) dans le logiciel de cartographie) :

À quelle fréquence pêchez-vous dans les secteurs mentionnés?

À chaque sortie

Fréquemment

Rarement

Lorsque vous changez de zone, avez-vous remarqué des changements sur la distribution de la crevette de roche ? _____

Selon vous, pourquoi la crevette de roche se trouve dans ce(s) secteur(s) et non pas ailleurs ? _____

Lors de quelle(s) activités de pêche avez-vous pu observer la crevette de roche? (inscrire l'espèce ciblée et l'engin de capture utilisé) :

Dans laquelle de ces activités observez-vous la crevette de roches le plus fréquemment et le plus abondamment? (inscrire l'espèce ciblée et l'engin de capture utilisé) :

À combien estimez-vous l'abondance de crevettes de roche capturées (nombre par casier ou livres par trait de chalut) :

Lors de quelle proportion de vos sorties en mer capturez-vous des crevettes de roche? (%)

À partir du total des captures, quel pourcentage est composé de crevettes de roche?

Taille des spécimens capturés (mm) (indiquer les longueurs sur la page avec des traits)
Longueurs minimale, maximale et moyenne.

|

Présence d'œufs sous les femelles? Oui Non Ne sait pas

Veillez indiquer la (les) période(s) de l'année où la crevette de roche est capturée de manière plus abondante (plus grand nombre par casier ou plus de lb par trait de pêche)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Abondance												

Depuis quand capturez-vous des crevettes de roches? (année) : _____

Avez-vous observé des fluctuations d'abondance au fil des années? (augmentation ou réduction des captures) : _____

Questions d'opinion

Êtes-vous intéressé par la crevette de roche? Oui Non

Si oui, quels sont les principaux facteurs qui vous font porter cet intérêt?

D'après vos observations/sorties en mer, pensez-vous que la crevette de roche est disponible dans la région? Oui Non

Selon vous, quel engin de capture serait le mieux adapté pour capturer la crevette de roche? :

Pourquoi? : _____

La crevette de roche a-t-elle des impacts sur vos activités de pêche? Si oui, lesquels?

Oui Non

(Si oui, précisez) _____

Autres espèces

Vous arrive-t-il également d'observer d'autres prises accidentelles? :

Espèce	Méthode de capture	Zone de pêche (numéro)	Quantités (nombre par casier) ou (lbs par trait de pêche)

Par la suite...

Seriez-vous intéressés à obtenir des informations sur le développement d'une pêche aux crevettes de roche aux casiers? Oui Non

Si oui, veuillez nous fournir vos coordonnées (facultatif)

Adresse civique : _____

Adresse courriel : _____

Numéro de téléphone : _____

Annexe 3. Pêcheurs participants à l'étude

Entrevue	Nom Pêcheur	Date de l'entrevue	Lieu de l'entrevue	Entrevue téléphonique
1	Magella Gallant	25/03/2014	Sept-Îles	
2	Serge Gallienne	25/03/2014	Sept-Îles	
3	Louis Vaillancourt	12/03/2014	Sept-Îles	
4	Guy Vigneault	05/03/2014	Sept-Îles	
5	Victor Monger	19/04/2014	Sept-Îles	
6	Lionel Arsenault	18/03/2014	Havre-Saint-Pierre	
7	Stéphane Émond	28/03/2014	Portneuf-sur-Mer	
8	Martin Element	26/03/2014	Sept-Îles	
9	Norman Knight	18/03/2014	Rivière-au-Tonnerre	
10	Frank Dubé	28/03/2014	Portneuf-sur-Mer	
11	Pierre Barriault	18/03/2014	Havre-Saint-Pierre	
12	Martin Leblanc	18/03/2014	Havre-Saint-Pierre	
13	Scott Lavallée	25/08/2014	Blanc-Sablon	
14	Guy Jones	09/09/2014	Blanc-Sablon	
15	Riley Lavallée	10/09/2014	Blanc-Sablon	
16	Jean-Marie Jones	10/09/2014	Blanc-Sablon	oui
17	Kenneth Jones	12/09/2014	Blanc-Sablon	

18	Ross Fequet	12/09/2014	Blanc-Sablon	
19	Russel Fequet	18/09/2014	Blanc-Sablon	oui
20	Barry Hart	22/09/2014	Blanc-Sablon	oui
21	Hollis Lavallée	22/09/2014	Blanc-Sablon	oui
22	Jean-François Beudoin	22/09/2014	Blanc-Sablon	oui
23	Melvin Jones	22/09/2014	Blanc-Sablon	oui
24	Jean-Louis Monger	24/09/2014	Tête-à-la-Baleine	oui
25	Paolo Gionet	17/09/2014	Sept-Îles	
26	Onil Gionet	18/09/2014	Sept-Îles	
27	Marcelle Jenniss	16/09/2014	Sept-Îles	
28	Dave Vibert	16/09/2014	Sept-Îles	
29	Georges Huard	25/09/2014	Matane	
30	Roland Thomas	24/09/2014	Blanc-Sablon	
31	Jean-Richard Joncas	07/10/2014	Blanc-Sablon	
32	Keits Edwards	08/10/2014	Rivière-Saint-Paul	
33	William Beudoin	22/09/2014	Blanc-Sablon	oui
34	Patrick Pérant	30/09/2014	Baie-Comeau	oui

Annexe 4. Coordonnées géographiques des zones observées (Polygones).

Zones observées	latitude	longitude
1	51 21.896 N	57 18.943 W
	51 19.700 N	57 21.659 W
	51 16.356 N	57 21.906 W
	51 16.700 N	57 14.664 W
	51 19.391 N	57 10.349 W
	51 21.896 N	57 18.943 W
2	50 09.189 N	59 58.573 W
	50 07.898 N	60 00.026 W
	50 08.463 N	60 01.530 W
	50 09.514 N	60 01.446 W
	50 09.870 N	59 59.833 W
	50 09.182 N	59 58.594 W
	50 09.189 N	59 58.573 W
3	50 09.710 N	60 11.190 W
	50 09.991 N	60 07.342 W
	50 09.506 N	60 05.001 W
	50 08.538 N	60 04.406 W
	50 08.104 N	60 06.191 W
	50 08.691 N	60 10.952 W
	50 09.710 N	60 11.190 W
4	51 22.359 N	57 11.242 W
	51 22.168 N	57 09.347 W
	51 21.504 N	57 08.451 W
	51 20.981 N	57 09.429 W
	51 22.359 N	57 11.242 W

5

48 26.844 N	68 36.014 W
48 26.326 N	68 35.892 W
48 25.413 N	68 36.687 W
48 24.266 N	68 39.788 W
48 22.976 N	68 44.301 W
48 22.368 N	68 46.682 W
48 21.880 N	68 46.545 W
48 21.880 N	68 47.017 W
48 21.840 N	68 47.703 W
48 22.378 N	68 47.733 W
48 22.408 N	68 48.266 W
48 22.154 N	68 48.891 W
48 21.728 N	68 49.531 W
48 21.505 N	68 49.455 W
48 21.099 N	68 50.064 W
48 20.814 N	68 49.805 W
48 20.367 N	68 49.988 W
48 20.145 N	68 51.131 W
48 19.901 N	68 51.862 W
48 19.261 N	68 52.608 W
48 18.195 N	68 55.746 W
48 17.231 N	68 57.677 W
48 14.632 N	69 02.010 W
48 13.566 N	69 03.499 W
48 16.622 N	69 08.839 W
48 19.667 N	69 02.800 W
48 23.017 N	68 58.463 W
48 24.844 N	68 56.438 W
48 25.899 N	68 54.029 W
48 29.390 N	68 46.007 W

	48 26.844 N	68 36.014 W
6	50 11.765 N	64 08.889 W
	50 11.688 N	64 04.895 W
	50 08.745 N	64 03.644 W
	50 09.796 N	64 07.195 W
	50 10.600 N	64 09.252 W
7	50 10.133 N	63 58.598 W
	50 08.034 N	64 00.336 W
	50 06.218 N	64 00.538 W
	50 05.699 N	63 58.117 W
	50 06.244 N	63 49.765 W
	50 09.122 N	63 49.725 W
	50 10.133 N	63 58.598 W
8	50 11.506 N	63 48.595 W
	50 11.351 N	63 45.973 W
	50 10.211 N	63 45.368 W
	50 09.874 N	63 48.151 W
	50 11.506 N	63 48.595 W
9	48 07.450 N	69 31.000 W
	48 10.000 N	69 27.000 W
	48 05.500 N	69 30.500 W
	48 09.000 N	69 26.000 W
	48 07.450 N	69 31.000 W
10	48 08.000 N	69 38.000 W
	48 09.000 N	69 36.000 W
	48 07.800 N	69 35.500 W
	48 08.500 N	69 36.000 W
	48 08.000 N	69 38.000 W
11	50 14.563 N	63 51.941 W
	50 14.350 N	63 44.587 W

	50 13.593 N	63 44.345 W
	50 13.981 N	63 52.123 W
	50 14.563 N	63 51.941 W
12	50 10.990 N	63 09.327 W
	50 10.038 N	63 09.206 W
	50 10.038 N	63 07.875 W
	50 10.815 N	63 06.997 W
	50 10.990 N	63 09.327 W
13	50 07.535 N	63 54.194 W
	50 07.787 N	63 44.824 W
	50 11.050 N	63 45.398 W
	50 11.127 N	63 55.191 W
	50 07.535 N	63 54.194 W
14	50 16.542 N	63 56.267 W
	50 15.422 N	63 55.337 W
	50 14.869 N	63 54.929 W
	50 14.985 N	63 54.554 W
	50 15.582 N	63 54.690 W
	50 16.171 N	63 55.201 W
	50 16.520 N	63 55.621 W
	50 16.542 N	63 56.267 W
15	50 16.601 N	63 56.141 W
	50 15.030 N	63 54.960 W
	50 14.964 N	63 52.679 W
	50 15.917 N	63 52.169 W
	50 16.601 N	63 56.141 W
16	50 16.492 N	64 03.586 W
	50 16.019 N	64 03.597 W
	50 15.692 N	64 03.416 W

	50 15.364 N	64 03.143 W
	50 15.226 N	64 02.133 W
	50 15.124 N	64 00.544 W
	50 15.524 N	63 58.853 W
	50 16.208 N	63 57.741 W
	50 16.463 N	63 57.537 W
	50 15.954 N	63 59.795 W
	50 16.492 N	64 03.586 W
17	50 11.174 N	063 57702 W
	50 11.108 N	63 57.316 W
	50 11.938 N	63 57.486 W
	50 12.156 N	63 57.679 W
	50 12.156 N	63 58.563 W
	50 11.872 N	63 58.857 W
	50 11.880 N	63 58.517 W
	50 12.091 N	63 58.166 W
	50 11.909 N	63 57.792 W
	50 11.174 N	63 57.702 W
18	50 06.499 N	61 32.724 W
	50 06.976 N	61 33.332 W
	50 06.390 N	61 36.132 W
	50 03.829 N	61 45.579 W
	50 02.829 N	61 43.554 W
	50 04.133 N	61 35.288 W
	50 06.499 N	61 32.724 W
19	50 12.398 N	64 35.352 W
	50 12.711 N	64 32.109 W
	50 11.765 N	64 29.032 W
	50 10.629 N	64 31.186 W

	50 10.357 N	64 35.467 W
	50 11.435 N	64 36.698 W
	50 12.398 N	64 35.352 W
20	50 16.576 N	65 01.414 W
	50 16.149 N	65 01.257 W
	50 15.873 N	65 01.687 W
	50 15.409 N	65 07.971 W
	50 15.854 N	65 10.747 W
	50 15.016 N	65 14.911 W
	50 15.801 N	65 17.360 W
	50 16.612 N	65 18.258 W
	50 17.397 N	65 17.237 W
	50 16.801 N	65 12.526 W
	50 16.576 N	65 01.414 W
21	51 27.243 N	56 49.304 W
	51 24.433 N	56 46.443 W
	51 22.606 N	56 44.166 W
	50 57.405 N	57 16.020 W
	51 03.079 N	57 30.755 W
	51 10.747 N	57 21.415 W
	51 22.419 N	57 09.084 W
	51 24.629 N	57 00.575 W
	51 27.243 N	56 49.304 W
	50 16.129 N	63 50.955 W
	50 13.769 N	63 51.976 W
	50 13.148 N	63 51.208 W
	50 12.483 N	63 50.725 W
	50 11.488 N	63 50.921 W
	50 11.139 N	63 52.083 W
	50 11.050 N	63 54.338 W

22

50 10.533 N	63 54.338 W
50 11.021 N	63 49.183 W
50 11.021 N	63 44.120 W
50 11.700 N	63 42.555 W
50 12.823 N	63 42.739 W
50 12.542 N	63 43.498 W
50 11.818 N	63 43.613 W
50 11.700 N	63 44.327 W
50 11.479 N	63 44.994 W
50 11.626 N	63 47.434 W
50 11.774 N	63 48.907 W
50 11.715 N	63 49.666 W
50 12.276 N	63 50.288 W
50 13.207 N	63 50.679 W
50 13.474 N	63 50.530 W
50 13.636 N	63 49.293 W
50 13.797 N	63 48.608 W
50 13.371 N	63 48.078 W
50 13.679 N	63 45.938 W
50 15.548 N	63 45.846 W
50 16.129 N	63 50.955 W
50 15.470 N	64 02.782 w
50 14.538 N	64 02.553 W
50 14.894 N	64 01.409 W
50 15.219 N	64 00.036 W
50 14.800 N	63 58.940 W

23	50 13.961 N	63 59.071 W
	50 13.316 N	63 58.287 W
	50 12.723 N	63 58.761 W
	50 12.744 N	64 00.019 W
	50 11.715 N	63 59.642 W
	50 12.124 N	63 57.926 W
	50 13.120 N	63 56.832 W
	50 14.514 N	63 57.779 W
	50 15.185 N	63 57.943 W
	50 15.657 N	64 00.822 W
	50 15.470 N	64 02.782 W
24	50 14.409 N	63 45.797 W
	50 13.546 N	63 46.929 W
	50 13.266 N	63 46.606 W
	50 12.734 N	63 47.136 W
	50 11.833 N	63 48.516 W
	50 11.685 N	63 47.825 W
	50 11.508 N	63 45.155 W
	50 12.498 N	63 45.616 W
	50 12.941 N	63 46.375 W
	50 13.251 N	63 46.187 W
	50 13.262 N	63 45.579 W
	50 13.635 N	63 45.662 W
	50 13.843 N	63 45.201 W
	50 13.479 N	63 44.284 W
	50 12.939 N	63 44.307 W
	50 12.819 N	63 42.820 W
	50 13.799 N	63 43.545 W
50 14.409 N	63 45.797 W	

25

50 06.705 N	66 25.414 W
50 06.801 N	66 25.237 W
50 06.818 N	66 25.092 W
50 06.769 N	66 24.736 W
50 06.726 N	66 24.571 W
50 06.846 N	66 24.529 W
50 06.880 N	66 24.835W
50 06.914 N	66 25.154 W
50 06.826 N	66 25.423 W
50 06.693 N	66 25.574 W
50 06.479 N	66 25.432 W
50 06.365 N	66 25.398 W
50 06.321 N	66 25.365 W
50 06.258 N	66 25.017 W
50 06.188 N	66 24.923 W
50 06.078 N	66 24.805 W
50 06.038 N	66 24.701 W
50 06.022 N	66 24.573 W
50 05.988 N	66 24.449 W
50 05.983 N	66 24.370 W
50 05.937 N	66 24.289 W
50 05.870 N	66 24.159 W
50 05.772 N	66 23.873 W
50 05.759 N	66 23.805 W
50 05.737 N	66 23.890W
50 05.684 N	66 23.924 W
50 05.743 N	66 23.728 W
50 05.786 N	66 23.679 W
50 05.806 N	66 23.729 W

	50 05.793 N	66 23.793 W
	50 05.818 N	66 23.853 W
	50 05.830 N	66 23.948 W
	50 05.925 N	66 24.166 W
	50 06.010 N	66 24.360 W
	50 06.011 N	66 24.471 W
	50 06.054 N	66 24.552 W
	50 06.071 N	66 24.705 W
	50 06.151 N	66 24.794 W
	50 06.244 N	66 24.897 W
	50 06.315 N	66 25.008 W
	50 06.338 N	66 25.242 W
	50 06.430 N	66 25.334 W
	50 06.531 N	66 25.377 W
	50 06.594 N	66 25.447 W
	50 06.705 N	66 25.414 W
	50 10.594 N	66 22.607 W
	50 10.710 N	66 22.259 W
	50 10.742 N	66 21.853 W
	50 10.674 N	66 21.345 W
	50 10.605 N	66 21.189 W
	50 10.451 N	66 21.339 W
	50 10.401 N	66 21.198 W
	50 10.223 N	66 21.064 W
26	50 10.011 N	66 20.976 W
	50 09.883 N	66 20.894 W
	50 09.663 N	66 20.725 W
	50 09.548 N	66 20.743 W
	50 09.444 N	66 21.020 W

50 09.243 N	66 20.986 W
50 08.972 N	66 20.986 W
50 08.674 N	66 21.137 W
50 08.641 N	66 21.354 W
50 08.600 N	66 21.396 W
50 08.585 N	66 21.176 W
50 08.663 N	66 20.858 W
50 08.389 N	66 20.688 W
50 08.049 N	66 20.599 W
50 07.747 N	66 20.651 W
50 07.549 N	66 20.569 W
50 07.443 N	66 20.631 W
50 07.469 N	66 20.831 W
50 07.563 N	66 21.081 W
50 07.674 N	66 21.325 W
50 07.758 N	66 21.421 W
50 07.850 N	66 21.631 W
50 07.956 N	66 21.809 W
50 08.002 N	66 21.943 W
50 08.142 N	66 22.049 W
50 08.218 N	66 22.190 W
50 08.487 N	66 22.235 W
50 08.513 N	66 22.176 W
50 08.518 N	66 22.105 W
50 08.569 N	66 21.911 W
50 08.608 N	66 21.867 W
50 08.681 N	66 21.844 W
50 08.776 N	66 21.827 W
50 08.841 N	66 22.099 W
50 08.936 N	66 22.521 W

	50 08.969 N	66 22.644 W
	50 09.095 N	66 22.739 W
	50 09.107 N	66 22.870 W
	50 09.330 N	66 22.872 W
	50 09.480 N	66 22.822 W
	50 09.532 N	66 22.764 W
	50 09.570 N	66 22.845 W
	50 09.662 N	66 22.751 W
	50 09.661 N	66 22.847 W
	50 09.801 N	66 22.848 W
	50 09.893 N	66 22.817 W
	50 10.005 N	66 22.880 W
	50 10.109 N	66 22.909 W
	50 10.393 N	66 22.843 W
	50 10.523 N	66 22.805 W
	50 10.594 N	66 22.607 W
27	49 52.700 N	66 59.376 W
	49 52.821 N	66 58.829 W
	49 52.300 N	66 57.611 W
	49 51.382 N	66 58.628 W
	49 51.895 N	66 59.638 W
	49 52.161 N	66 59.718 W
	49 52.319 N	66 59.218 W
	49 52.700 N	66 59.376 W
28	51 17.901 N	57 17.108 W
	51 17.695 N	57 19.170 W
	51 19.156 N	57 19.588 W
	51 22.150 N	57 14.299 W
	51 21.615 N	57 12.879 W

	51 20.541 N	57 12.655 W
	51 17.901 N	57 17.108 W
29	51 22.440 N	57 16.212 W
	51 24.128 N	57 35.595 W
	51 22.745 N	57 48.644 W
	51 12.442 N	58 16.229 W
	51 17.000 N	58 23.701 W
	51 12.051 N	58 17.435 W
	51 22.367 N	57 48.580 W
	51 24.462 N	57 35.811 W
	51 22.440 N	57 16.212 W
30	51 21.928 N	57 14.350 W
	51 19.444 N	57 10.822 W
	51 15.733 N	57 15.254 W
	51 15.715 N	57 23.797 W
	51 21.289 N	57 29.560 W
	51 24.450 N	57 28.976 W
	51 24.450 N	57 28.976 W
	51 21.928 N	57 14.350 W
31	51 15.535 N	57 23.207 W
	51 15.936 N	57 15.028 W
	51 13.232 N	57 14.824 W
	51 10.965 N	57 22.275 W
	51 12.684 N	57 24.953 W
	51 15.535 N	57 23.207 W
	51 23.832 N	57 20.700 W
	51 22.843 N	57 17.343 W
	51 21.825 N	57 18.288 W
	51 22.383 N	57 15.033 W

32	51 21.036 N	57 16.188 W
	51 22.449 N	57 21.805 W
	51 23.960 N	57 20.756 W
	51 23.832 N	57 20.700 W
33	51 20.904 N	57 42.437 W
	51 19.688 N	57 42.279 W
	51 19.754 N	57 39.602 W
	51 21.332 N	57 40.075 W
	51 20.904 N	57 42.437 W
34	48 47.404 N	68 54.994 W
	48 47.068 N	68 54.252 W
	48 45.860 N	68 55.983 W
	48 43.953 N	68 57.723 W
	48 41.157 N	69 00.081 W
	48 41.535 N	69 01.784 W
	48 42.800 N	69 01.305 W
	48 43.273 N	69 01.383 W
	48 47.404 N	68 54.994 W
35	48 49.520 N	68 51.388 W
	48 49.081 N	68 49.902 W
	48 51.000 N	68 46.865 W
	48 51.507 N	68 47.738 W
	48 49.520 N	68 51.388 W
36	50 16.344 N	65 54.200 W
	50 16.523 N	65 54.244 W
	50 16.775 N	65 55.004 W
	50 16.870 N	65 56.113 W
	50 16.680 N	65 56.882 W
	50 16.618 N	65 57.948 W

	50 16.685 N	65 58.446 W
	50 16.310 N	65 59.259 W
	50 15.487 N	66 00.394 W
	50 12.093 N	66 03.030 W
	50 11.818 N	66 02.567 W
	50 13.331 N	66 01.005 W
	50 13.694 N	66 00.682 W
	50 15.100 N	65 59.888 W
	50 15.756 N	65 58.342 W
	50 16.080 N	65 56.979 W
	50 16.344 N	65 54.200 W
37	51 23.832 N	57 20.700 W
	51 22.843 N	57 17.343 W
	51 21.825 N	57 18.288 W
	51 22.383 N	57 15.033 W
	51 21.036 N	57 16.188 W
	51 22.449 N	57 21.805 W
	51 23.960 N	57 20.756 W
	51 23.832 N	57 20.700 W
38	51 23.832 N	57 20.700 W
	51 22.843 N	57 17.343 W
	51 21.825 N	57 18.288 W
	51 22.383 N	57 15.033 W
	51 21.036 N	57 16.188 W
	51 22.449 N	57 21.805 W
	51 23.960 N	57 20.756 W
	51 23.832 N	57 20.700 W
39	50 15.255 N	63 50.901 W
	50 14.658 N	63 51.491 W
	50 14.462 N	63 51.173 W

	50 14.345 N	63 50.776 W
	50 14.331 N	63 50.186 W
	50 14.585 N	63 50.016 W
	50 15.153 N	63 50.402 W
	50 15.255 N	63 50.901 W
40	50 11.174 N	63 57.702 W
	50 11.108 N	63 57.316 W
	50 11.938 N	63 57.486 W
	50 12.156 N	63 57.679 W
	50 12.156 N	63 58.563 W
	50 11.872 N	63 58.857 W
	50 11.880 N	63 58.517 W
	50 12.091 N	63 58.166 W
	50 11.909 N	63 57.792 W
	50 11.174 N	63 57.702 W
41	48 24.274 N	68 40.772 W
	48 25.522 N	68 48.445 W
	48 24.660 N	68 48.484 W
	48 22.843 N	68 52.522 W
	48 22.771 N	68 54.015 W
	48 21.543 N	68 55.705 W
	48 19.513 N	68 57.806 W
	48 17.218 N	68 57.972 W
	48 19.450 N	68 51.914 W
	48 20.151 N	68 51.594 W
	48 20.577 N	68 49.675 W
	48 21.511 N	68 50.026 W
	48 22.353 N	68 48.777 W
	48 22.597 N	68 47.893 W

	48 21.785 N	68 47.603 W
	48 22.983 N	68 44.708 W
	48 24.274 N	68 40.772 W
42	48 45.795 N	68 59.532 W
	48 45.494 N	68 59.063 W
	48 45.692 N	68 58.790 W
	48 45.907 N	68 58.959 W
	48 45.795 N	68 59.532 W
43	50 15.130 N	65 47.332 W
	50 13.738 N	65 47.292 W
	50 13.816 N	65 44.948 W
	50 13.713 N	65 35.880 W
	50 14.743 N	65 29.612 W
	50 15.181 N	65 24.389 W
	50 16.134 N	65 24.790 W
	50 15.877 N	65 32.304 W
	50 15.207 N	65 37.206 W
	50 15.130 N	65 47.332 W
44	50 07.670 N	66 34.365 W
	50 08.233 N	66 32.512 W
	50 08.129 N	66 31.711 W
	50 08.056 N	66 32.399 W
	50 07.381 N	66 33.964 W
	50 06.986 N	66 35.854 W
	50 07.389 N	66 36.079 W
	50 07.670 N	66 34.365 W
45	50 06.898 N	66 38.533 W
	50 06.737 N	66 39.196 W
	50 06.173 N	66 40.223 W

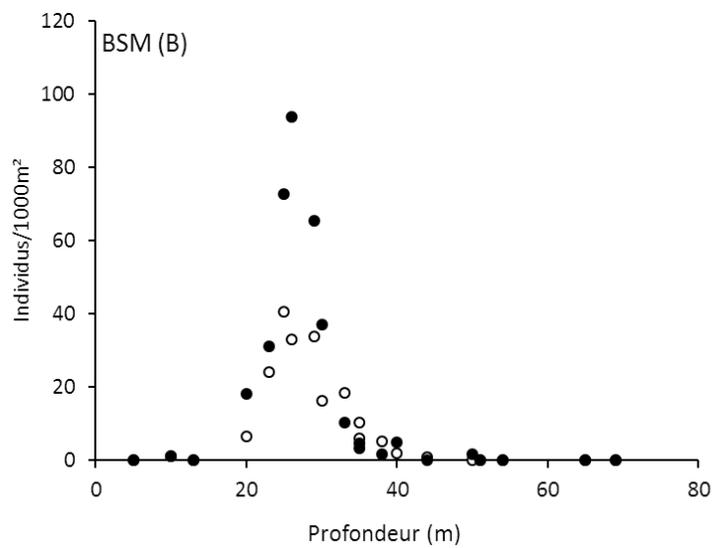
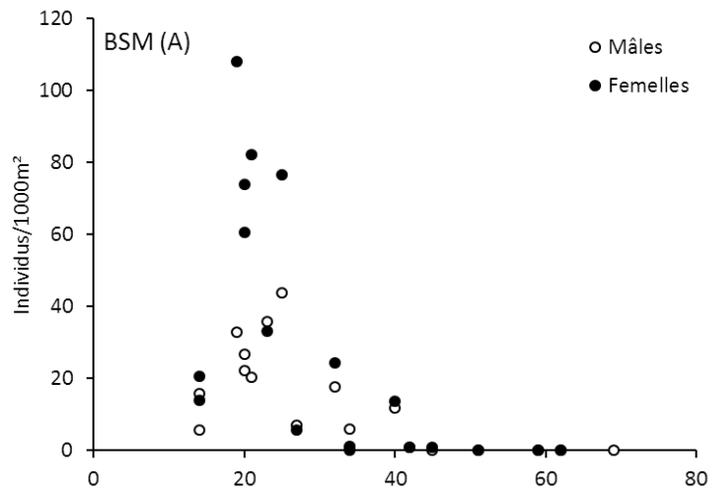
	50 06.431 N	66 40.699 W
	50 06.560 N	66 40.060 W
	50 06.914 N	66 39.309 W
	50 07.075 N	66 38.571 W
	50 06.898 N	66 38.533 W
46	50 17.179 N	65 13.980 W
	50 16.954 N	65 15.461 W
	50 16.616 N	65 15.738 W
	50 16.503 N	65 13.377 W
	50 17.179 N	65 13.980 W
47	50 10.771 N	66 21.602 W
	50 10.665 N	66 21.257 W
	50 10.479 N	66 21.421 W
	50 10.507 N	66 21.524 W
	50 10.554 N	66 21.532 W
	50 10.568 N	66 21.611 W
	50 10.589 N	66 21.653 W
	50 10.771 N	66 21.602 W
48	50 10.893 N	66 22.464 W
	50 10.891 N	66 22.389 W
	50 10.934 N	66 22.302 W
	50 10.950 N	66 22.250 W
	50 10.944 N	66 22.210 W
	50 10.906 N	66 22.198 W
	50 10.909 N	66 22.145 W
	50 10.942 N	66 22.061 W
	50 10.944 N	66 22.032 W
	50 10.936 N	66 22.004 W
	50 10.939 N	66 21.957 W
	50 11.008 N	66 22.029 W

	50 11.012 N	66 22.271 W
	50 10.980 N	66 22.389 W
	50 10.927 N	66 22.478 W
	50 10.893 N	66 22.464 W
49	50 10.834 N	66 22.404 W
	50 10.847 N	66 22.380 W
	50 10.847 N	66 22.355 W
	50 10.860 N	66 22.332 W
	50 10.850 N	66 22.295 W
	50 10.853 N	66 22.248 W
	50 10.864 N	66 22.189 W
	50 10.878 N	66 22.188 W
	50 10.888 N	66 22.175 W
	50 10.873 N	66 22.131 W
	50 10.884 N	66 22.106 W
	50 10.879 N	66 22.050 W
	50 10.867 N	66 21.962 W
	50 10.805 N	66 21.997 W
	50 10.792 N	66 22.116 W
	50 10.750 N	66 22.300 W
	50 10.795 N	66 22.420 W
50 10.834 N	66 22.404 W	
50	49 50.612 N	67 01.132 W
	49 50.287 N	67 00.860 W
	49 50.244 N	67 00.933 W
	49 50.185 N	67 00.993 W
	49 50.060 N	67 00.991 W
	49 49.948 N	67 01.139 W
	49 49.798 N	67 01.249 W
	49 49.709 N	67 01.068 W

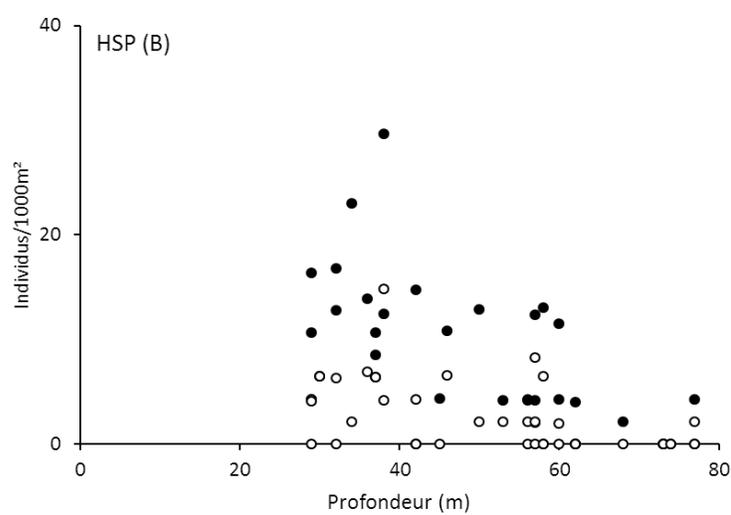
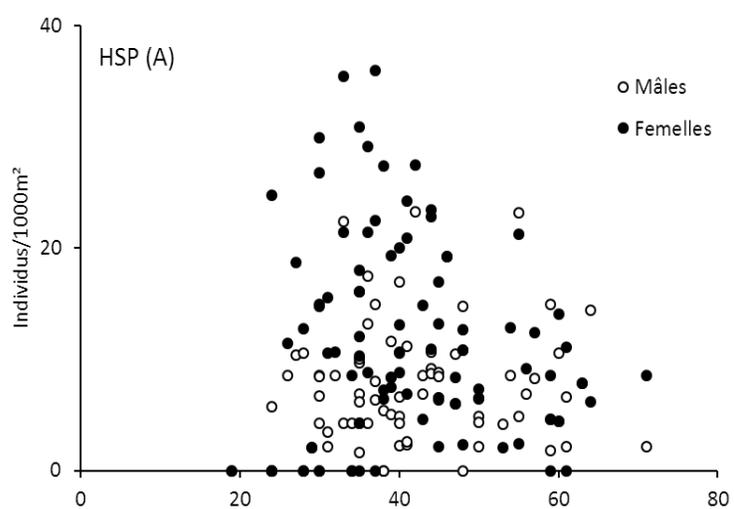
	49 49.667 N	67 00.717 W
	49 49.418 N	67 00.609 W
	49 49.612 N	67 01.325 W
	49 49.871 N	67 01.463 W
	49 49.612 N	67 01.727 W
	49 49.611 N	67 02.016 W
	49 50.193 N	67 01.534 W
	49 50.612 N	67 01.132 W
51	49 38.719 N	67 10.467 W
	49 38.296 N	67 10.553 W
	49 37.974 N	67 10.547 W
52	49 37.978 N	67 10.392 W
	49 38.807 N	67 10.275 W
	49 38.719 N	67 10.467 W
	49 38.550 N	67 10.733 W
	49 38.312 N	67 10.826 W
	49 38.059 N	67 10.776 W
	49 37.966 N	67 10.758 W
	49 37.990 N	67 10.857 W
	49 38.316 N	67 10.900 W
	49 38.550 N	67 10.733 W
	49 50.154 N	67 01.379 W
	49 50.323 N	67 01.230 W
	49 50.242 N	67 01.143 W
	49 50.093 N	67 01.298 W
49 50.154 N	67 01.379 W	
53	51 15.869 N	58 11.613 W
	51 17.549 N	58 03.633 W
	51 15.869 N	58 11.613 W
54	51 27.930 N	57 27.362 W

	51 28.824 N	57 25.871 W
	51 27.930 N	57 27.362 W
55	51 28.551 N	57 24.204 W
	51 29.427 N	57 16.807 W
	51 29.536 N	57 16.894 W
	51 28.551 N	57 24.204 W
	51 24.138 N	57 10.529 W
	51 23.645N	57 10.646 W
	51 22.658 N	57 10.383 W
	51 22.713 N	57 09.361 W
	51 24.138 N	57 10.529 W
56	51 22.251 N	57 10.589W
	51 22.292 N	57 15.910 W
	51 22.251 N	57 10.589 W
57	51 28.220 N	57 42.563 W
	51 28.242 N	57 41.878 W
	51 28.220 N	57 42.563 W
58	51 01.918 N	57 32.942 W
	51 25.162 N	57 06.377 W
	51 01.918 N	57 32.942 W

Annexe 5. Distribution bathymétrique des densités mâles et femelles *S. boreas* dans les deux secteurs de la baie Sainte-Marguerite (BSM).



Annexe 6. Distribution bathymétrique des densités mâles et femelles *S. boreas* dans les deux secteurs du Havre-Saint-Pierre (HSP).



Annexe 7. Femelles œuvées *S. boreas*. L'image B reflète les portées d'œufs détériorés des 32 femelles identifiées dans les deux secteurs de Havre-Saint-Pierre.



Annexe 8.

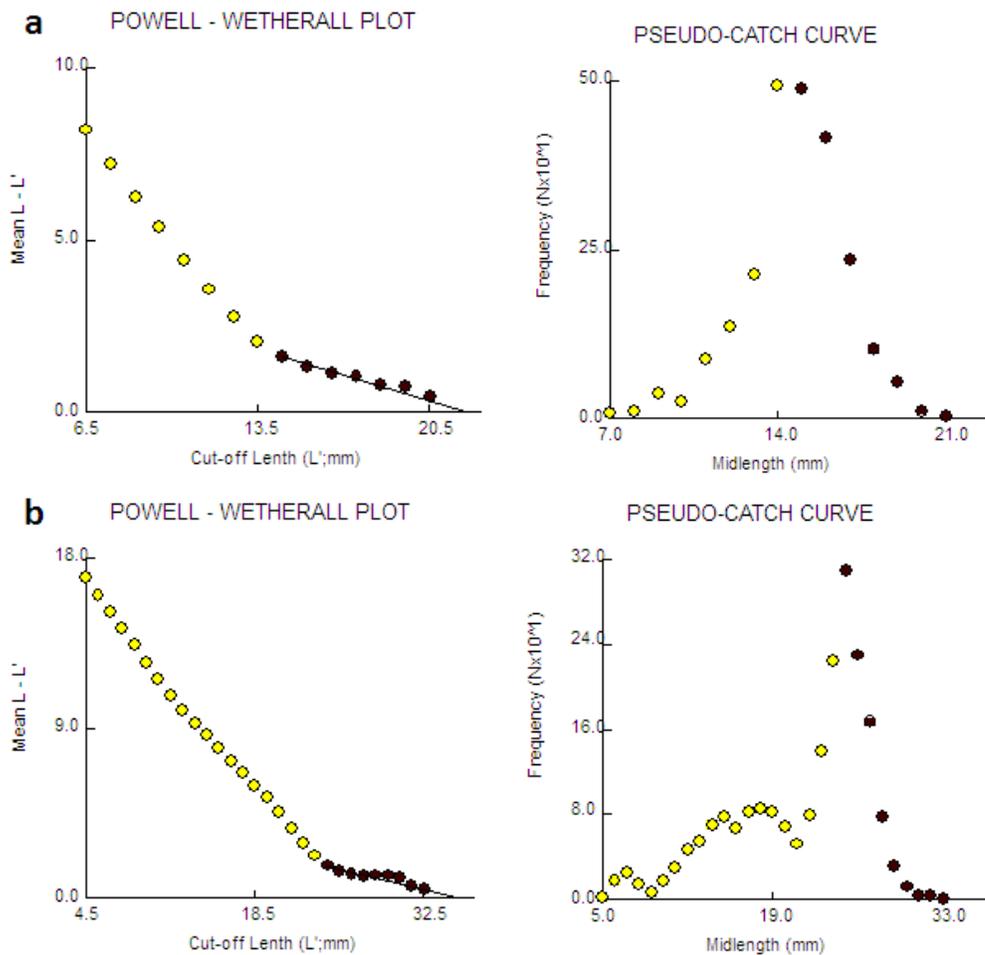


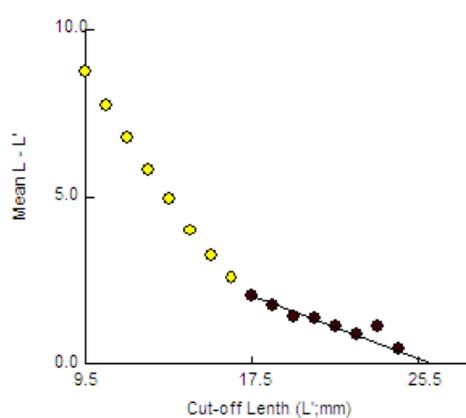
Annexe 9.



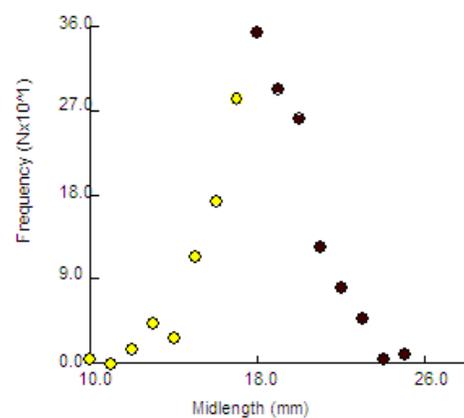
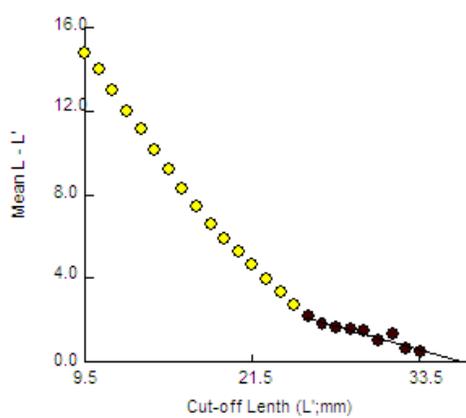
Annexe 10.

Méthode de Powell-Wetherall (FISAT II). Détermination de la longueur (LC_{∞}) chez les mâles (a) et les femelles (b) de *S. boreas* dans la région de la baie Sainte-Marguerite (BSM) et chez les mâles (c) et les femelles (d) de la région de Havre-Saint-Pierre (HSP). À gauche, les courbes de la régression et à droite, les courbes des pseudo-captures.

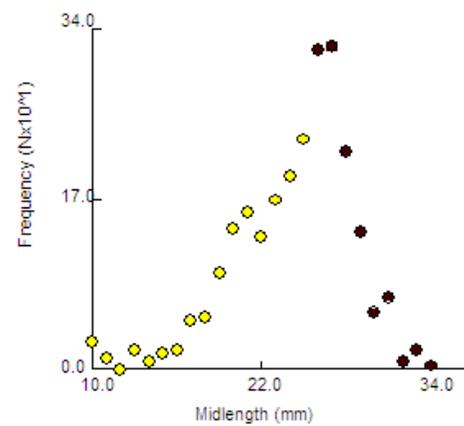


c POWELL - WETHERALL PLOT

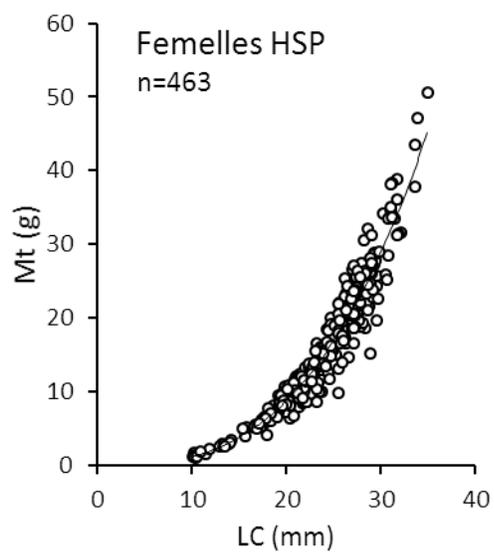
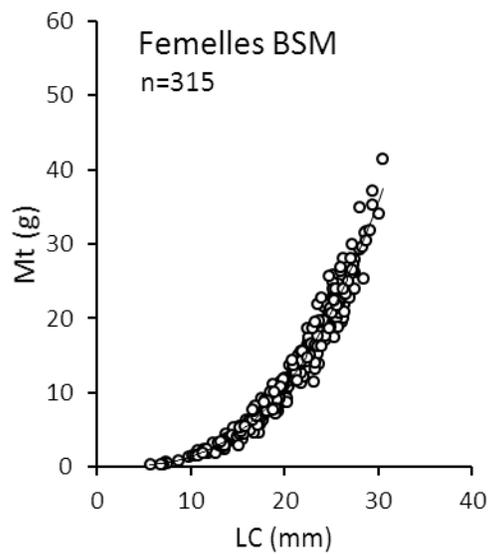
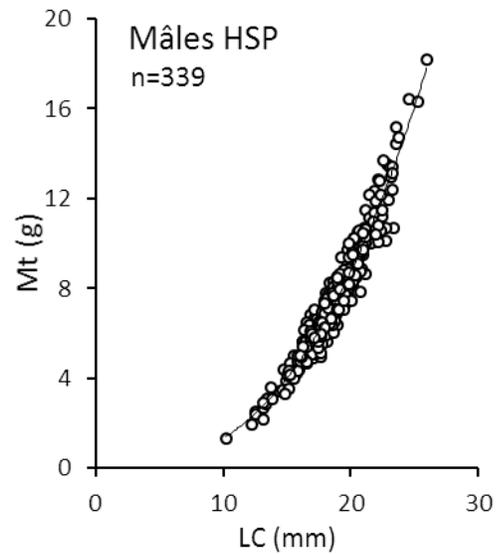
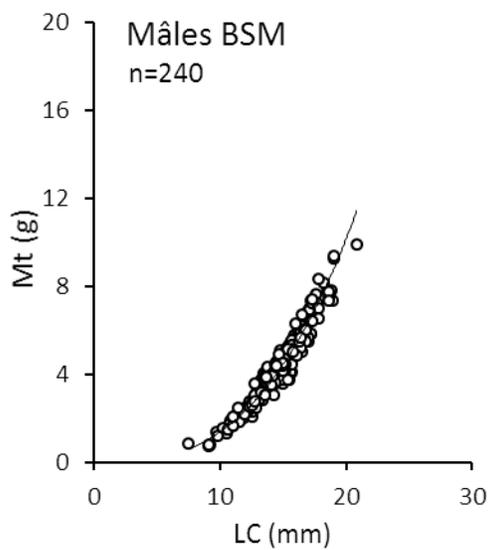
PSEUDO-CATCH CURVE

**d** POWELL - WETHERALL PLOT

PSEUDO-CATCH CURVE



Annexe 11. Relations entre la masse totale (Mt) et la longueur céphalothoracique (LC) chez la population mâles et femelles de la région de la baie Sainte-Marguerite (BSM) et du Havre-Saint-Pierre (HSP).



Annexe 12. Coefficients de régressions des relations entre la masse totale (Mt) et la longueur céphalothoracique (LC) établies pour les crevettes mâles et femelles de *S. boreas* dans la région de la baie Sainte-Marguerite (BSM) et dans le Havre-Saint-Pierre (HSP). L'ordonnée à l'origine (a), la pente b (\pm écart-type), le coefficient de détermination (r^2), la valeur (F) et sa probabilité correspondante (P), la valeur du test de l'isométrie (t) et sa probabilité (P) sont présentées.

Secteurs	Groupes	Coefficients de régression			Test de régression		Test de l'isométrie ($b \neq 3$)	
		a	b	r^2	F	P	t	P
BSM	Mâles	0,002	2,889 \pm 0,044	0,95	4675,78	< 0,0001	-2,48	0,01
	Femelles	0,001	2,968 \pm 0,025	0,98	14581,83	< 0,0001	-1,28	0,18
HSP	Mâles	0,002	2,731 \pm 0,039	0,93	6075,51	< 0,0001	-6,88	< 0,0001
	Femelles	0,001	2,926 \pm 0,030	0,95	9640,39	< 0,0001	-2,49	0,01

Annexe 13. Variation des couleurs chez *Sclerocrangon boreas*.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allen, K. R. 1971. Relation between production and biomass. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 28: 1573-1581.
- Angilletta, M. J. Jr., T. Steury et M. W. Sears. 2004. Temperature, Growth Rate, and Body Size in Ectotherms: Fitting Pieces of a Life-History Puzzle. *Integrative and Comparative Biology*. 44: 498-509.
- Archambault, P. et E. Bourget. 1996. Scale of coastal heterogeneity and benthic intertidal species richness, diversity and abundance. *Marine Ecology Progress Series*. 136: 111-121.
- Arseneau, M. J., P. Archambault et P. Goudreau. 2003. Effets de la pêche commerciale sur le gisement de pétoncles d'Islande (*Chlamys islandica*) de l'île Rouge dans l'estuaire du Saint-Laurent : évaluation des impacts sur le pétoncle et la communauté benthique associée. *Rapport technique canadien des sciences halieutique et aquatiques* 2512. 45p.
- Banse, K. et S. Mosher. 1980. Adult body mass and annual production/biomass relationships of field populations. *Ecol. Monogr.* 50: 355-379.
- Basher, Z., D. A. Bowden et M. J. Costello. 2014. Diversity and Distribution of Deep-Sea Shrimps in the Ross Sea Region of Antarctica. *PLOS ONE* 9 (7): e103195.
- Basher, Z. et M. Costello. 2014. Chapter 5. 22. Shrimps (Crustacea: Decapoda). In: De Broyer C., Koubbi P., Griffiths H.J., Raymond B., Udekem d'Acoz C. d', et al. (eds.). *Biogeographic Atlas of the Southern Ocean*. Scientific Committee on Antarctic Research, Cambridge, 190-194.
- Bauer, R. T. 2004. *Remarkable Shrimps-Adaptations and Natural History of the Carideans*. University of Oklahoma Press. 316p.
- Beukema, J. J. et R. Dekker. 2013. Evaluation of Brey's production/biomass model on the basis of a long-term data set on a clam population. *Marine Ecology Progress Series*. 489: 163-175.

- Bernier, L. et L. Poirier. 1981. Évaluation sommaire des possibilités d'exploitation Commerciale du stock de crevettes de roche, *Sclerocrangon boreas*, des îles de Mingan. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Direction de la recherche scientifique et technique. Cahier d'information N°. 94. 43 p.
- Birkely, S.-R. et B. Gulliksen. 2003a. Population features of the caridean shrimp, *Sclerocrangon boreas* (Phipps, 1774) in Isfjorden, Spitsbergen. *Crustaceana*. 76: 87-101.
- Birkely, S.-R. et B. Gulliksen. 2003b. Feeding ecology in five shrimp species (Decapoda, Caridea) from an Arctic fjord (Isfjorden, Svalbard), with emphasis on *Sclerocrangon boreas* (Phipps, 1774). *Crustaceana*. 76: 699-715.
- Björdalsbakke, L. K. 2011. Population structure, parasitism and prey preference in *Sclerocrangon boreas* and *S. ferox*, Svalbard. Master thesis, Marine Coastal Development, Norwegian University of Science and Technology, Department of Biology.
- Bluhm, B.A. et T. Brey. 2001. Age determination in the Antarctic Shrimp *Notocrangon antarcticus* (Crustacea: Decapoda), using the autofluorescent pigment lipofuscin. *Marine Biology*. 138: 247-257.
- Boucher-Boisclair, F. 2012. Analyse de l'intérêt du marché régional pour la crevette de roche. Rapport de stage. Merinov. Rapport N° 13-01. 10p.
- Bourque, M.-C. et D. E Kelley. 1995. Evidence of wind-driven upwelling in Jacques-Cartier Strait. *Atmosphere-ocean*. 33: 621-637.
- Bourque, M. et J. Malouin, 2009. Guide d'intervention en matière de conservation et de mise en valeur des habitats littoraux de la MRC de Sept-Rivières. Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, ix + 155 p.
- Brêthes, J.-C. F., G. Desrosiers et G. Fortin. 1986. Croissance et production du bivalve *Mesodesma arctatum* (Conard) sur la côte nord du golfe du Saint-Laurent. *Canadian Journal of Zoology*. 64: 1914-1919.
- Brey, T. et D. Gerdes. 1999a. Benthic community productivity in the Magellan region and in the Weddell Sea. *Scientia Marina*. 63: 145-148.
- Brey, T. 1999b. A collection of empirical relations for use in ecological modelling. *NAGA The ICLARM Quarterly*. 22: 24-28.

- Brey, T. et D. Gerdes. 1998. High Antarctic macrobenthic community production. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 231: 191-200.
- Brey, T. et A. Clarke, 1993. Population dynamics of marine benthic invertebrates in Antarctic and Subantarctic environments: are there unique adaptations? *Antarctic Science*. 5: 253-266.
- Bruce, A. 1976. Coral reef Caridea and commensalism. *Micronesica*. 12: 83-98.
- Brown, H., S. M. Bollens et G. S. Brown. 2014. Vertical distribution and diel migration of *Crangon septemspinosa* Say, 1818 (Decapoda, Caridea) on Georges Bank, northwest Atlantic. *Crustaceana*. 87: 1486-1499.
- Brunel, P., L. Bosse et G. Lamarche. 1998. Catalogue des invertébrés marins de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Publication Spéciale Canadienne des Sciences Halieutiques et Aquatiques 126. 405p.
- Bukin, S. D. 1992. Distribution, abundance and biology of the northern bear shrimp (*Sclerocrangon boreas*) in the northwestern Bering Sea. Dans : Promyslovo-biologicheskie Issledovaniya Morskikh Bespozvonochnykh, VINRO Publishing, Moscow. [En russe, traduit à l'anglais dans *Can. Trans. Fish. Aquat. Sci.* no. 5670]. 11p.
- Butler, T. H. 1980. Shrimps of the Pacific coast of Canada. *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences* 202. 280p.
- Cadima, E. L. 2002. Manuel d'évaluation des ressources halieutiques. FAO Document technique sur les pêches N° 393. 160p.
- Campagna, S., J. Lambert et P. Archambault. 2005. Abondance et distribution du concombre de mer (*Cucumaria frondosa*) et prises accidentelles obtenues par dragage entre Matane et Cap-Gaspé (Québec) en 2004. *Rapport canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 2620. 61p.
- Campos, J., C. Moreira, F. Freitas et H. W. van der Veer. 2012. Short review of the eco-geography of *Crangon*. *Journal of Crustacean Biology*. 32: 159-169.
- Caverivière, A., C. Chaboud et T. Rafalimanana. 2008. Les crevettes côtières de Madagascar: biologie, exploitation, gestion. IRD Editions. 362p.

- Chabot, D., A. Rondeau, B. Sainte-Marie, L. Savard, T. Surette et P. Archambault. 2007. Distribution des invertébrés benthiques dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2007/018. 108p.
- Christian, J. R., C. G. J. Grant, J. D. Meade et L. D. Noble. 2010. Habitat Requirements and Life History Characteristics of Selected Marine Invertebrate Species Occurring in the Newfoundland and Labrador Region. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2925. 213p.
- Clarke, A. 1982. Temperature and embryonic development in polar marine invertebrates. *International Journal of Invertebrate Reproduction*. 5: 71-82.
- Coen, L. D., K. L. Heck, Jr et L. G. Abele. 1981. Experiments on competition and predation among shrimps of seagrass meadows. *Ecology*. 62: 1484-1493.
- Collie, J. S., G. A. Escanero et P. C. Valentine. 1997. Effects of bottom fishing on the benthic megafauna of Georges Bank. *Marine Ecology Progress Series*. 155: 159-172.
- Collie, J. S., S. J. Hall, M. J. Kaiser et I. R. Poiner. 2000. A quantitative analysis of fishing impacts on shelf-sea benthos. *Journal of Animal Ecology*. 69: 785-798.
- Corey, S. 1981. The life history of *Crangon septemspinosa* Say (Decapoda, Caridea) in the shallow sublittoral area of Passamaquoddy Bay, New Brunswick, Canada. *Crustaceana*. 41: 21-28.
- Correa, C. et M. Thiel. 2003. Mating systems in caridean shrimp (Decapoda: Caridea) and their evolutionary consequences for sexual dimorphism and reproductive biology. *Revista Chilena de Historia Natural*. 76: 187-203.
- Couture, R. et P. Trudel. 1968. Les crevettes des eaux côtières du Québec. *Le Naturaliste canadien*. 95: 857-885.
- Crossland, J. 1980. Pêche profonde des crevettes aux casiers. Lettre d'information sur les pêches de la Commission du Pacifique Sud N° 21. 7p.
- Dutil, J.-D., S. Proulx, P.-M. Chouinard et D. Borcard. 2011. A hierarchical classification of the seabed based on physiographic and oceanographic features in the St. Lawrence. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. 2916. 72p.

- Dutil, J.-D., S. Proulx, P. S. Galbraith, J. Chasse, N. Lambert et C. Laurian. 2012. Coastal and epipelagic habitats of the estuary and Gulf of St. Lawrence. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. 3009. 8p.
- Duris, Z. 1992. On a small collection of Crustacea Decapoda from the Bellsund region, Spitsbergen. Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen. UMCS, Lubin, Poland: 121-154.
- Eayrs, S. 2009. Guide pour la réduction des prises accessoires dans la pêche au chalut des crevettes tropicales. Édition révisée. Rome, FAO. 108 p.
- Feindel, S. 2002. Status of the Maine sea cucumber (*Cucumaria frondosa*) fishery. Rapport remis au Standing Legislative Committee on Marine Resources par le Department of Marine Resources. 35 p.
- Fontaine, B. 1977. Fixation d'une ponte de gastéropode sur les crevettes de la famille des crangonidées. Revue des travaux de l'Institut des pêches maritimes. 41: 301-307.
- Fu, C. et T. J. Quinn. 2000. Estimability of natural mortality and other population parameters in a length-based model: *Pandalus borealis* in Kachemak Bay, Alaska. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 57: 2420-2432.
- Gab-Alla, A. A.-F. A., R. G. Hartnoll, A. -F. Ghobashy et S. Z. Mohammed. 1990. Biology of penaeid prawns in the Suez Canal lakes. Marine Biology 107: 417-426.
- Gagnon, M. 1996. Bilan régional - Estuaire maritime du Saint-Laurent. Zone d'intervention prioritaire 18. Environnement Canada - région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. 85p.
- Gagnon, M. 1997. Bilan régional - Côte-Nord-Anticosti, Zone d'intervention prioritaire 19. Environnement Canada - région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. 84p.
- Gavio, M. A., J. M. (Ilobo) Orensanz et D. Armstrong. 2006. Evaluation of alternative life history hypotheses for the sand shrimp *Crangon franciscorum* (decapoda: caridea). Journal of Crustacean Biology. 26: 295-307.
- Gayanilo, F. C. Jr., P. Sparre et D. Pauly. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FISAT II). User's Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries) N° 8. 168p.

- Giguère, M., S. Brulotte et R. Miller. 1995. Distribution, croissance et mortalité du pétoncle d'Islande et du pétoncle géant entre Kegaska et Vieux-Fort sur la Basse Côte-Nord du Québec en 1993. Rapport canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2033. 35 p.
- Gorny, M., W. E. Arntz, A. Clarke et D. J. Gore. 1992. Reproductive biology of caridean decapods from the Weddell Sea. *Polar Biology*. 12: 111-120.
- Gorny, M., T. Brey, W. E. Arntz et T. Bruns. 1993. Growth, development and productivity of *Chorismus antarcticus* (Pfeffer) (Crustacea: Decapoda: Natantia) in the eastern Weddell Sea, Antarctica. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 174: 261-275.
- Grant, C., et L. Provencher. 2007. Caractérisation de l'habitat et de la faune des herbiers de *Zostera marina* (L.) de la péninsule de Manicouagan (Québec). Rapport canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2772. 73 p.
- Greenstreet, S., L. Robinson, H. Reiss, J. Craeymeersch, R. Callaway, A. Goffin, L. Jorgensen, M. Robertson, I. Kroncke, I. Deboois, N. Jacob et J. Lancaster. 2007. Species Composition, Diversity, Biomass and Production of the Benthic Invertebrate Community of the North Sea. Fisheries Research Services Collaborative Report N° 10/07. 72p.
- Guay, C. 2011. Comportement de reproduction, fécondité et effets maternels sur la taille de la progéniture chez la crevette de roche (*Sclerocrangon boreas*). Mémoire de maîtrise en océanographie. Université du Québec à Rimouski. 93p.
- Guay, C., B. Sainte-Marie et J.-C. Brêthes, 2011. Strong maternal effects and extreme heterogeneity of progeny development in the caridean shrimp *Sclerocrangon boreas* (Crangonidae). *Marine Biology*. 158: 2835-2845.
- Gulliksen, B., R. Palerud, T. Brattegard et J.-A. Snøli, 1999. Distribution of marine benthic macroorganisms at Svalbard (including Bear Island) and Jan Mayen. Research Report for DN 1999-4. Directorate for Nature Management, Trondheim. 148p.
- Haefner, P. A. 1972. The biology of the sand shrimp, *Crangon septemspinosa*, at Lamoine, Maine. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*. 88: 36-42.
- Haefner, P. A. 1979. Comparative review of the biology of North Atlantic caridean shrimps (Crangon), with emphasis on *C. septemspinosa*. *Bull. Biol. Soc. Wash* 3:1- 40.

- Haggan, N., B. Neis et I. G. Baird. 2007. Fishers' Knowledge in fisheries science and management. UNESCO Publishing. 433p.
- Hamilton, R.J., M. Giningele, S. Aswani et J. L. Ecochard. 2012. Fishing in the dark-local knowledge, night spearfishing and spawning aggregations in the Western Solomon Islands. *Biological Conservation*. 145: 246-257.
- Hansen, H. Ø. et M. Aschan. 2000. Growth Performance, Size and Age-at-maturity of Shrimp, *Pandalus borealis*, at Svalbard Related to Environmental Parameters. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*. 27: 83-91.
- Hartnoll, R. 1982. Growth. In: Abele, L.G. (Ed.) *The biology of Crustacea*, 2: Embryology, morphology and genetics. 111-196.
- Hartnoll, R. 2001. Growth in Crustacea-twenty years on. *Hydrobiologia*. 449: 111-122.
- Hartog, F. et Archambault, P. 2002. Impacts de la pêche au pétoncle sur les fonds marins et la faune associée : revue de littérature. Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2627. 38p.
- Henderson, P. A. et R. H. A. Holmes. 1989. Whiting migration in the Bristol Channel: a predator prey relationship. *Journal of Fish Biology*. 34: 4097- 4116.
- Hendrickx, M. E. 2011. Distribution and abundance of *Neocrangon resima* (Rathbun, 1902) (Decapoda: Caridea: Crangonidae) collected during the TALUD XIV cruise in the Gulf of California, Mexico. *Nauplius*. 19: 129-134.
- Himmelman, J. H. 1991. Diving observations of subtidal communities in the northern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*. 113: 319-332.
- Himmelman, J. H. et C. Dutil. 1991. Distribution, population structure and feeding of subtidal seastars in the northern Gulf of St. Lawrence. *Marine Ecology Progress Series*. 76: 61-72.
- Himmelman, J. H. et J. R. Hamel. 1993. Diet, behaviour and reproduction of the whelk *Buccinum undatum* in the northern Gulf of St. Lawrence, eastern Canada. *Marine Biology*. 116: 423-430.
- Holthuis, L. B. 1980. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO species catalogue*, volume 1. 125. 271p.

- Hostens, K. et O. Hamerlynck. 1994. The mobile epifauna of the soft bottoms in the suotidal Oosterschelde estuary: structure, function and impact of the storm-surge barrier. *Hydrobiologia*. 283: 479- 496.
- Hufnagl, M. et A. Temming. 2011. Growth in the brown shrimp *Crangon crangon*. II. Meta-analysis and modelling. *Marine Ecology Progress Series*. 435: 155-172.
- Hufnagl, M., A. Temming, V. Siegel, I. Tulp et L. Bolle. 2010. Estimating total mortality and asymptotic length of *Crangon crangon* between 1955 and 2006. *ICES Journal of Marine Science*. 67: 875–884.
- Ingram M. P. 1979. On the biology and larval development of *Sclerocrangon boreas* (Phipps) and the mariculture of certain Crustacea. Ph.D. thesis, University of Liverpool, Liverpool, 134 p.
- Jensen, G. C. 2011. Feeding behavior of the horned shrimp, *Paracrangon echinata* (Caridea: Crangonidae). *Journal of Crustacean Biology*. 31: 246-248.
- Kaczmarek, H., M. Włodarska-kowalczyk, J. Legeżyńska et M. Zajączkowski. 2005. Shallow sublittoral macrozoobenthos in Kongsfjord, West Spitsbergen, Svalbard. *Polish Polar Research*. 26: 137-155
- Kelleher, K. 2005. Discards in the world's marine fisheries. An update. *FAO Fisheries Technical Paper* 470. 131 p.
- Kilada, R., B. Sainte-Marie, R. Rochette, N. Davis, C. Vanier et S. Campana. 2012. Direct determination of age in shrimps, crabs, and lobsters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 69: 1728-1733.
- Klekowski, R. Z. et J. M. Weslawski. 1991. Atlas of the marine fauna of southern Spitsbergen, 2, Invertebrates (1): 1-550. (Polish Academy of Science, Gdansk).
- Komai, T. 1994. The Occurrence of *Argis crassa* (RATHBUN, 1899) (Decapoda: Caridea: Crangonidae) from Hokkaido, Japan. *Benthos Research*. 46: 33-40.
- Komai, T. 1997. Revision of *Argis dentata* and related species (Decapoda: Caridea: Crangonidae), with description of a new species from the Okhotsk Sea. *Journal of Crustacean Biology*. 17: 135-161.
- Komai, T. et H. Komatsu. 2009. Deep-sea Shrimps and Lobsters (Crustacea: Decapoda) from Northern Japan, Collected during the Project “Research on Deep-sea Fauna and Pollutants off Pacific Coast of Northern Japan”. *National Museum of Nature and Science Monographs*. 39: 495-580.

- Kuipers, B. R. et R. Dapper. 1981. Production of *Crangon crangon* in the tidal zone of the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*. 15: 33-53.
- Lacoursiere-Roussel, A. et B. Sainte-Marie. 2009. Sexual system and female spawning frequency in the sculptured shrimp *Sclerocrangon boreas* (decapoda: caridea: crangonidae). *Journal of Crustacean Biology*. 29: 192-200.
- Lasley-Rasher, R. S., D. C. Brady, B. E. Smith et P. A. Jumars. 2015. It takes guts to locate elusive crustacean prey. *Marine Ecology Progress Series*. 538: 1-12.
- Lalumière, R. 1991. Distribution et caractérisation bioécologique de quelques zostéraiés de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent, Rapport du Groupe Environnement Shooner inc. au Service canadien de la faune, région de Québec, 59 p.
- Lapointe, V. et B. Sainte-Marie. 1992. Currents, predators, and the aggregation of the gasteropod *Buccinum undatum* around bait. *Marine Ecology Progress Series*. 85: 245-257.
- Lapinska, E. et A. Szaniawska. 2006. Environmental preferences of *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758), *Palaemon adspersus* Rathke, 1837, and *Palaemon elegans* Rathke, 1837 in the littoral zone of the Gulf of Gdansk. *Crustaceana*. 79: 649-662.
- Lemieux H., P. Blier, B. Parent et N. LeFrançois. 2002. Potentiel d'élevage de différentes espèces d'invertébrés marins à des fins de diversification de l'aquaculture dans l'est du Canada. Rapport non publié, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, 376p.
- Levêque, C., J.-R. Durand et J.-M. Écoutein. 1977. Relation entre le rapport P/B et la longévité des espèces. *Cah. O.R.S.T.O.M. Hydrobiol.* 11: 17-31.
- Lewis, F.G. 1984. Distribution of macrobenthic crustaceans associated with *Thalassia*, *Halodule* and bare sand substrata. *Marine Ecology Progress Series*. 19: 101-113.
- Li, H. Y., S. Y. Hong et Z. H. Jin. 2011. Fecundity and brood loss of sand shrimp, *Crangon uritai* (Decapoda: Crangonidae). *Journal of crustacean biology*. 31: 34-40.
- Lobo, A. S., A. Balmford, R. Arthur et A. Manica. 2010. Commercializing bycatch can push a fishery beyond economic extinction. *Conservation Letters* 00: 1-9.
- MacGinite, G. E. 1955. Distribution and ecology of the manne invertebrates of Point Barrow, Alaska. *Smithson. Misc. Coll.* 128, 201p.

- Makarov, R. 1968. On the larval development of the genus *Sclerocrangon* G.O. Sars (Caridea, Crangonidae). *Crustaceana Supplement*. 2: 27-37.
- Mark, S., L. Provencher, E. Albert et C. Nozères. 2010. Cadre de suivi écologique de la zone de protection marine Manicouagan (Québec) : bilan des connaissances et identification des composantes écologiques à suivre. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2914. 132p.
- Martel, M.-C., L. Provencher, C. Grant, H.-F. Ellefsen et S. Pereira. 2009. Distribution et description des herbiers de zostère du Québec. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2009/050. 43p.
- Modlin, R. F. 1980. The life cycle and recruitment of the sand shrimp, *Crangon septemspinosa*, in the Mystic River Estuary, Connecticut. *Estuaries and Coasts* 3: 1-10.
- Mousseau, P., M. Gagnon, P. Bergeron, J. Leblanc, et R. Siron. 1997. Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques du golfe du Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs. Rapport technique. Zones d'intervention prioritaire. 21p.
- MPO. 2009. Politique de gestion de l'impact de la pêche sur les zones benthiques vulnérables.
- MPO. 2010a. L'industrie de la pêche au Québec. Profil des secteurs maritimes 2009. Direction régionale des politiques et de l'économie MPO, Québec, Mars 2010. 34p.
- MPO. 2010b. Évaluation du stock de pétoncles d'Islande de la zone transfrontalière franco-canadienne du banc de Saint-Pierre. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis sci. 2010/054.
- MPO. 2012. Évaluation de la pêche au concombre de mer dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent de 2008 à 2010. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis sci. 2011/063.
- MPO. 2013. Évaluation des stocks de pétoncle des eaux côtières du Québec en 2012. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis sci. 2013/027.
- MPO. 2015a. Évaluation des stocks de buccin des eaux côtières du Québec en 2014. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis sci. 2015/032.

- MPO. 2015b. Évaluation des stocks de mactre de Stimpson des eaux côtières du Québec en 2014. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis sci. 2015/031.
- Neudecker, T. et U. Damm. 2010. The by-catch situation in German brown Shrimp (*Crangon crangon*) fisheries with particular reference to plaice (*Pleuronectes platessa* L.). *Journal of Applied Ichthyology*. 126: 67-74.
- Nozères, C. et M. Berube. 2003. Guide d'identification d'espèces marines du Saint-Laurent. Institut Maurice Lamontagne, Pêches et Océans Canada. 171p.
- Oh, C. W. et R. G. Hartnoll. 1999. Size at sexual maturity, reproductive output and seasonal reproduction of *Philocheiras trispinosus* (Hailstone, 1835) (Crustacea: Decapoda) on Port Erin Bay, Isle of Man. *Journal of Crustacean Biology*. 19: 252-259.
- Oh, C.-W., R. G. Hartnoll et R. D. M. Nash. 1999. Population dynamics of the common shrimp, *Crangon crangon* (L.), in Port Erin Bay, Isle of Man, Irish Sea. *ICES Journal of Marine Science*. 56: 718-733.
- Parsons, L. S. 1995. La gestion des pêches maritimes au Canada. *Bulletin canadien des sciences halieutiques et aquatiques* N° 225. 910 p.
- Parsons, G. J. et L. A. Davidson. 2004. Scallop dredge selectivity study: comparison of different ring washers and dredge configurations. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2547. 24p.
- Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. *ICLARM Studies and Reviews* 8. 325p.
- Pauly, D. 1985. Population dynamics of short lived species with emphasis on squids. *NAFO Science Council Studies*. 9: 143-154.
- Pauly, D. 1997. Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. Cépaduès Editions, Toulouse. 288p.
- Pearson, T. H. 1980. Macrobenthos in fjords. *Fjord Oceanography*. 569-602.
- Price, K. S. 1962. Biology of the sand shrimp, *Crangon septemspinosa*, in the shore zone of the Delaware Bay region. *Chesapeake Science*. 3: 244-255.

- Randall, R. G. et C. K. Minns. 2000. Use of fish production to biomass ratios for measuring the productive capacity of fish habitats. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 57: 1657-1667.
- Ricker, W. E. 1980. Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. *Bulletin canadien des sciences halieutiques et aquatiques*. 191F. 409 p.
- Sahade, R., A. Stellfeldt, M. Tatián et J. Laudien. 2004. Macro-epibenthic communities and diversity of Arctic Kongsfjorden, Svalbard, in relation to depth and substrate. *The Coastal Ecosystem of Kongsfjorden, Svalbard: Synopsis of Biological Research Performed at the Koldewey Station in the years 1991-2003*. Ed. By Christian Wiencke. Bremerhaven: Alfred-Wegener.
- Sainte-Marie, B., I. Bérubé, S. Brillon et F. Hazel. 2006. Observations on the growth of the sculptured shrimp *Sclerocrangon boreas* (Decapoda : caridea). *Journal of Crustacean Biology*. 26: 55-62.
- Saldaña, A., S. Salas, A. M. Arce-Ibarra et E. Torres-Irineo. 2017. Fishing operations and adaptive strategies of small-scale fishers: insights for fisheries management in data-poor situations. *Fisheries Management and Ecology*. 24: 19-32.
- Savard J-P.L. et D. Messier. 1998. Aménagement hydroélectrique Sainte-Marguerite-3. Suivi environnemental 1997-98. Caractéristiques physiques et chimiques de l'estuaire. Partie I : État de référence. InteRives Ltée et Consortium Roche / Dessau, 1998
- Savard, L. et C. Nozères. 2012. Atlas des espèces de crevettes de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent. *Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 3007*. 73p.
- Savard, L. et D. G. Parsons. 1990. Geographic variations in the life history of *Pandalus borealis* from the northwest Atlantic. In *ICES Symposium on Shellfish Life Histories and Shellfishery Models*.
- Savard, L., D. G. Parsons and D. M. Carlsson. 1994. Estimation of age and growth of northern shrimp (*Pandalus borealis*) in Davis Strait (NAFO Subareas 0+1) using cluster and modal analyses. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*. 16: 63-74.
- Seok Seo, Y., H. Min Park et C.W. Oh. 2012. Reproductive biology of *Argis lar* from the East Sea of Korea (Decapoda, Natantia). *Crustaceana*. 85: 551-569.

- Schumacher, A. et K. Tiews. 1979. On the population dynamics of the brown shrimp (*Crangon crangon* L.) off the German coast. Rapport des Procès-Verbaux des Réunions du Conseil international pour l'Exploration de la Mer, 175: 280-286.
- Shumway, S. E., H. C. Perkins, D. F. Schick et A. P. Stickney. 1985. Synopsis of biological data on the pink shrimp, *Pandalus borealis* Kroyer, 1838. FAO Fisheries Synopsis N° 144. 57p.
- Siegel, V., U. Damm et T. Neudecker. 2008. Sex-ratio, seasonality and long-term variation in maturation and spawning of the brown shrimp *Crangon crangon* (L.) in the German Bight (North Sea). Helgoland Marine Research. 62: 339-349.
- Siegfried, C. A. 1980. Seasonal abundance and distribution of *Crangon franciscorum* and *Palaemon* *Sie macrodactylus* (Decapoda: Caridea) in the San Francisco Bay Delta. The Biological Bulletin. 159: 177-192.
- Siegfried, C. A. 1989. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Pacific Southwest) crangonid shrimp. U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report 82 (11.125). U.S. Army Corp of Engineers, TR EL-82. 4: 1-18.
- Sparre, P. et S. C. Venema. 1996. Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux. FAO Document Technique des Pêches. 306/1. 401p.
- Squires, H. J. 1990. Decapod Crustacea of the Atlantic coast of Canada. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences 221. 532 p.
- Sswat, M., B. Gulliksen, I. Menn, A. K. Sweetman et D. Piepenburg. 2015. Distribution and composition of the epibenthic megafauna north of Svalbard (Arctic). Polar Biology. 38: 861-877.
- Szaniawska, A. 1992. Energy budgets in the populations of *Crangon crangon* L. (Crustacea) and *Cardium glaucum* (Poiret) (Mollusca) in the Gulf of Gdansk. Oceanologia. 32: 99-108.
- Taylor, C. C., 1962. Growth equation with metabolic parameters. ICES Journal Conseil. 23: 366-370.
- Tetard, A. 1985. Eléments sur la croissance de la crevette grise, *Crangon crangon* (L.), en Manche-Est et en Sud mer du Nord. Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM). 16p.

- Thatje, S. 2004. Reproductive trade-offs in benthic decapod crustaceans of high southern latitudes : tolerance of cold and food limitation. *Ber. Polarforsch. Meeresforsch.* 483: 1618-3193.
- Tiews, K. 1970. Synopsis of biological data on the common shrimp, *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758). *FAO Fisheries Report.* 4: 1167-1223.
- Trottier, S., H. Bourdages, P. Goudreau et S. Brulotte. 2017. Évaluation des stocks de pétoncle des eaux côtières du Québec en 2015 : données de la pêche commerciale, des relevés de recherche et des pêches exploratoires. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Doc de rech. 2017/037. 191p.
- Tulp, I., C. Chen, H. Haslob, K. Schulte, V. Siegel, J. Steenbergen, A. Temming et M. Hufnagl. 2016. Annual brown shrimp (*Crangon crangon*) biomass production in Northwestern Europe contrasted to annual landings. *ICES Journal of Marine Science.* 73: 2539-2551.
- Viegas, I., F. Martinho, J. Neto et M. Pardal. 2007. Population dynamics, distribution and secondary production of the brown shrimp *Crangon crangon* (L.) in a southern European estuary. Latitudinal variations. *Scientia Marina.* 71: 451-460.
- Wehrtmann, I. S. 1994. Larval Production of the Caridean Shrimp, *Crangon septemspinosa*, in Waters Adjacent to Chesapeake Bay in Relation to Oceanographic Conditions. *Estuaries.* 17: 509-618.
- Węsawski, J.M. 1987. Distribution of Decapoda (Crustacea) in South Spitsbergen coastal waters with remarks on their ecology and breeding biology. *Polish Polar Research.* 8: 121-134.
- Wilcox, J. R. et H. P. Jeffries. 1973. Growth of the sand shrimp, *Crangon septemspinosa*, in Rhode Island. *Chesapeake Science.* 14: 201-205.
- Wlodarska-Kowalczyk, M., J.M. Wesawski et L. Kotwicki. 1998. Spitsbergen glacial bays macrobenthos-a comparative study. *Polar Biology.* 20: 66-73.
- Yamada R., K. Kodama, T. Yamakawa, T. Horiguchi et I. Aoki. 2007. Growth and reproductive biology of the small penaeid shrimp *Trachysalambria curvirostris* in Tokyo Bay. *Marine Biology.* 151: 961-971.
- Yamaguchi, H., Y. Goto, N. Hoshino et K. Miyashita. 2014. Growth and age composition of northern shrimp *Pandalus eous* estimated by multiple length frequency analysis. *Fisheries Science.* 80: 665-678.

- Zaika, V. Y. 1970. Relationship between the productivity of marine mollusks and their life-span. *Oceanology*. 10: 547-552.
- Zimina, O. L., P. A. Lyubin, L. L. Jørgensen, D. V. Zakharov et O. S. Lyubina. 2015. Decapod Crustaceans of the Barents Sea and adjacent waters: species composition and peculiarities of distribution. *Arthropoda Selecta*. 24: 417-428.