



**SODIM**

Société de développement de l'industrie maricole inc.

*Caractérisation de la dynamique et de la  
prédation des pétonclesensemencés en Basse-  
Côte-Nord : volet 1*

*Rapport final*

---

*Dossier n° 710.79*

*Rapport commandité par la SODIM*

*Septembre 2007*

# CENTRE AQUACOLE DE LA CÔTE-NORD

---

## CARACTÉRISATION DE LA DYNAMIQUE ET DE LA PRÉDATION DES PÉTONCLES ENSEMENCÉS EN BASSE-CÔTE-NORD : VOLET 1

---



**Par :**

Yannick Goaziou<sup>1</sup>, Elisoa Andrian<sup>1</sup>, Jean Côté<sup>2</sup>, Madeleine Nadeau<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CACN, <sup>2</sup>Pec-Nord inc., <sup>3</sup>CeMIM.

**Partenaires:** SODIM, MAPAQ-DRCN

**PROJET N° MLQ-005**

**Septembre 2007**

3, rue Blais, La Tabatière (Québec) Canada G0G 1T0  
Téléphone : (418) 773-2202  
Télécopieur : (418) 773-2229





## TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES .....	i
LISTE DES FIGURES .....	2
LISTE DES TABLEAUX.....	3
INTRODUCTION .....	4
EXPOSÉ DE LA SITUATION .....	9
OBJECTIFS .....	10
VOLET 1 .....	11
MATÉRIELS ET MÉTHODES .....	11
RÉSULTATS.....	15
DISCUSSION.....	24
CONCLUSION.....	27
PERSPECTIVES .....	29
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	30



## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Représentation graphique des corridors filmés le 25 juin 2006 dans les sites d'Isaac Cove (1), Cross Cove (2), Factory Cove (3) et Mussel Bar (4). .....	12
Figure 2: Pétoncles géants fixés sur des câbles plombés et disposés sur le fond pour évaluer le potentiel de prédation. ....	14
Figure 3: Densité des prédateurs du pétoncle géant dans différents sites à différentes périodes. ....	15
Figure 4: Densité des étoiles de mer et des crabes ( $n/m^2$ ) dans différents sites à différentes périodes. ....	16
Figure 5: Densité des différentes espèces d'étoiles de mer inventoriées ( $n/m^2$ ) dans différents sites à différentes périodes. ....	17
Figure 6: Taille (rayon en cm) et fréquence des tailles (en %) de <i>A. vulgaris</i> dans différents sites à différentes périodes. ....	18
Figure 7: Fréquence du type de substrats en pourcentage aux quatre sites étudiés. ....	20
Figure 8: Abondance moyenne des étoiles de mer et des crabes sur une section $30 m^2$ en fonction du type de substrat à Mussel Bar. Les valeurs représentent la moyenne de neuf comptages effectués en triplicata pour chaque date. ....	21
Figure 9: Taux de mortalité attribuée aux étoiles de mer ou aux crabes dans différents sites à différentes périodes en 2006 après 24 h. ....	22
Figure 10: Taux de mortalité des pétoncles géants attribuée aux étoiles de mer ou aux crabes dans différents sites à différentes périodes en 2006 après 24 et 48 h. ....	23



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Surface cumulée des différents traits (en m <sup>2</sup> ) couverte dans les différents sites à différentes dates. ....	12
Tableau 2: Taille moyenne de <i>Cancer irroratus</i> en centimètre. ....	19
Tableau 3: Taille moyenne de <i>Hyas sp.</i> en centimètre. ....	19



## INTRODUCTION

### *Informations générales*

Des données récoltées à partir d'ensemencements expérimentaux réalisés à petite échelle (entre 100 et 25 000 pétoncles) ont démontré que dès qu'ils atteignent le fond, les pétoncles font l'objet d'une prédation importante. En 1992, 44 jours après un ensemencement expérimental réalisé aux Îles de la Madeleine, une mortalité d'environ 11,5 % des pétoncles ensemencés a été associée à la prédation du crabe commun (*Cancer irroratus*) (Cliche *et al.*, 1994). Des ensemencements expérimentaux de pétoncles réalisés en Nouvelle-Écosse (Barbeau *et al.*, 1996; Hatcher *et al.*, 1996), au Nouveau-Brunswick (Wong *et al.*, 2001), de même qu'en Norvège (Haugum *et al.*, 1997; Bergh et Strand, 2001) et au Québec (Nadeau et Cliche, 2004) ont aussi démontré l'importance de la prédation à court terme par les crabes et les étoiles de mer.

### *Données d'inventaires*

Des inventaires réalisés sur les gisements naturels de pétoncles géants aux Îles de la Madeleine ont permis de cerner leurs principaux prédateurs (Giguère *et al.*, 2004). Toutefois, il existe peu de références concernant les espèces prédatrices présentes dans les baies de la Basse Côte-Nord (BCN). Des travaux de caractérisation des prédateurs sont prévus à court terme grâce à un financement de la SODIM. On peut toutefois mentionner les travaux de Gaudet et Côté (1995) qui, par un ensemencement expérimental de 3000 pétoncles juvéniles dans le secteur de Cross Cove de la baie Jacques-Cartier, ont noté la prédation du crabe commun (*C. irroratus*). Selon, J. Côté (comm. pers. citée dans CIDCO, 2005) les prédateurs présents dans les baies de la BCN seraient les étoiles de mer (*Asterias vulgaris*, *Leptasterias polaris* et *Crossaster papposus*), le crabe commun (*C. irroratus*) et le homard (*Homarus americanus*).

### *Activités prédatrices*

L'activité prédatrice de l'étoile de mer *A. vulgaris*, du crabe *C. irroratus* et du homard (*H. americanus*) sur le pétoncle géant juvénile a été bien documentée par des travaux en laboratoire et en milieu naturel (Elner et Jamieson, 1979; Jamieson *et al.*, 1982; Barbeau et Scheibling, 1994a; Barbeau *et al.*, 1994; Nadeau et Cliche, 1998). Les comportements de prédation sur le pétoncle géant sont influencés par divers facteurs dont la taille des proies, la taille des prédateurs et la température de l'eau (Barbeau et Scheibling, 1994a, c; Barbeau *et al.*, 1998; Nadeau et Cliche, 1998). Quelques informations ont également été récoltées sur les étoiles de mer *C. papposus*, *L. polaris* et le crabe *Hyas* sp. par des travaux en bassins réalisés par Nadeau et Cliche (1998).

Naidu et Meron (1986) ont noté la présence de pétoncles juvéniles dans l'estomac de



plies *Hippoglossoides platessoides* et de limandes à queue jaune (*Limanda ferruginea*), la taille des proies étant limitée par la capacité d'extension de la mâchoire du poisson. La prédation des pétoncles ensemencés par les poissons a reçu peu d'attention. Certains travaux sont actuellement en cours en Norvège au sujet de la prédation du vras (*Labrus bergylta*) sur des pétoncles ensemencés (Oivind, O. comm. pers.).

### *Comportement des prédateurs*

Des données existent sur le comportement des prédateurs à la suite d'un ensemencement. Barbeau *et al.* (1996) de même que Hatcher *et al.* (1996) et Nadeau et Cliche (2004) n'ont pas observé, lors des ensemencements expérimentaux, de corrélation entre l'arrivée des pétoncles sur le fond et l'abondance des prédateurs. Talman *et al.* (2004) ont observé que des pétoncles (*Pecten novaezelandiae*) sur des sites ensemencés étaient plus sujets à la prédation que les pétoncles sur des sites non-ensemencés, indiquant un effet de la densité des pétoncles juvéniles sur leur survie. Talman *et al.* (2004) ont associé ce phénomène à l'agrégation des prédateurs ou à une réponse fonctionnelle des prédateurs présents sur le site. Lors d'une étude de Veale *et al.* (2000), la libération de pétoncles (*Aequipecten opercularis*) endommagés ou non-endommagés sur le fond a causé, dans les deux cas, une attraction des prédateurs. Ces derniers auraient été attirés par le panache d'odeur produit par les pétoncles endommagés ou par les densités de proies anormalement élevées. Finalement, Volkov *et al.* (1982) ont observé lors de leurs essais d'ensemencements une dynamique particulière entre les étoiles et les pétoncles ensemencés, expliquée alors par l'attraction des étoiles de mer.

Les étoiles de mer sont des prédateurs lents et non visuels. Elles utilisent leurs récepteurs chimiques et tactiles localisés sur le bout de leur bras pour localiser leurs proies (Castilla et Crisp, 1970; Zafiriou, 1972; Zafiriou *et al.*, 1972; Heeb, 1973). La prédation par les étoiles de mer est généralement détectée par la présence de claquettes sur le fond (valves intactes reliées par la charnière). Les étoiles de mer peuvent également réaliser des déplacements importants. Himmelman et Dutil (1991) ont noté des déplacements d'étoiles de mer *A. vulgaris* et *L. polaris* adultes vers des profondeurs plus élevées, qui pourraient être associés au changement des proies préférentielles. Dutil (1988) a observé que les étoiles de mer *A. vulgaris*, *L. polaris*, *C. papposus* et *S. endeca* étaient très mobiles et pouvaient couvrir des distances de plus de 5 mètres en 12 heures. Freeman *et al.* (2001) rapportent que l'étoile de mer *Astropecten irregularis* réalise une migration en profondeur en hiver, pour éviter les vagues de tempêtes. Les hautes densités notées à l'été près des côtes seraient associées à un comportement grégaire au moment de la ponte ou la disponibilité en proies.

Les crabes sont des prédateurs rapides. Ils peuvent utiliser leur vision pour localiser un pétoncle mais utilisent surtout leurs structures sensorielles localisées sur les antennes et les pattes marcheuses (Rittschof, 1992; Rebach, 1996). Leurs taux de consommation seraient dépendants de la densité de leur proie tel qu'observé chez la palourde par Boulding et Hay (1984) et chez le pétoncle par Barbeau *et al.* (1998). Boulding et Hay



(1984) ont également observé par télémétrie que les crabes étaient capables de détecter de haute densité de proie à distance (dans ce cas-ci, la palourde) et ensuite se déplacer pour s'y alimenter de façon sélective. Tout comme le crabe, le homard peut être un prédateur du pétoncle. Ils détectent plus aisément les proies en mouvement que celles stationnaires (Hirtle et Mann, 1978). Ils « écrasent » les pétoncles d'environ 10 mm avec leurs organes buccaux. Les pétoncles plus larges de 70 mm sont écrasés par leur chelae sur le plan latéral. La pince coupante est utilisée pour tenir le pétoncle alors que la broyeuse est utilisée pour casser la coquille (Elner et Jamieson, 1979).

#### *Évaluation de la prédation (contenus stomacaux et «tethering»)*

L'évaluation de la prédation des pétoncles géants juvéniles peut se faire par l'analyse des contenus stomacaux des prédateurs potentiels. Cette approche est toutefois complexe, particulièrement pour les étoiles de mer, et surtout très imprécise étant donné l'état de dégradation de la proie. Sloan (1980) et Jangoux et Lawrence (1982) ont passé en revue diverses études utilisant ce mode d'analyse. Les analyses stomacales sont toutefois plus fréquentes chez le crabe. Scaratt et Lowe (1972) rapportent la présence fréquente de matière liquide et semi-digérée mais les proies pouvaient être déterminées dans la plupart des cas.

Il existe une autre approche pour évaluer le potentiel de consommation des pétoncles par les prédateurs en place. Cette méthode, appelée en langue anglaise « tethering », consiste à limiter le déplacement de la proie, par un fil reliant l'animal à point fixe sur le fond marin. Il devient alors possible d'estimer un taux de mortalité, la cause de la mort selon l'état de l'animal et parfois même l'heure de sa mort au moyen d'une minuterie (« chronographic tethering » : Minello, 1993; Haywood et Pendrey, 1996). Le fait de limiter la fuite des proies implique évidemment un biais qui a suscité la publication d'une mise en garde de la part de Peterson et Black (1994). Ces derniers maintiennent que malgré l'intérêt de la méthode, il faut demeurer vigilant au niveau des interactions possibles entre la méthode de « tethering » et les facteurs environnementaux. Aronson et Heck Jr (1995) considèrent que la méthode du « tethering » est un moyen simple et la moins exigeante en temps pour mesurer le potentiel de prédation. Selon Aronson *et al.* (2001), les artefacts sont habituellement mineurs et ne remettent pas en cause la valeur de la méthode comme moyen pour mesurer le potentiel de prédation, défini comme le taux de consommation d'une proie si elle était réellement disponible aux prédateurs. Ces derniers auteurs précisent toutefois que des études sont nécessaires pour pouvoir juger de la précision à laquelle la méthode permet de refléter le potentiel de prédation pour une combinaison prédateur-proie donnée. Barbeau et Scheibling (1994b) et Barbeau *et al.* (1994) ont démontré que la fixation de la proie affectait différemment la prédation par les crabes et les étoiles de mer. Le biais produit par la fixation pour la prédation du crabe est minime puisque qu'en présence de ce prédateur le pétoncle répond par une fuite passive (fermeture des valves). Toutefois, en présence d'une étoile de mer, la fuite active du pétoncle est limitée par le fil. Bourgeois (2004) a adapté la méthode de fixation des



pétoncles aux conditions des milieux ensemencés aux Îles de la Madeleine. Étant donné la profondeur du site limitant le temps de plongée (plus de 30 m), les pétoncles ont été fixés à des câbles plombés, tendus sur de larges cadres de fer, qui ont été immergés lentement à partir de la surface. Les câbles ont ensuite été remontés après une période déterminée.

La méthode utilisée pour évaluer le potentiel de prédation en milieu naturel aux Îles de la Madeleine lors des travaux de 2003 à 2005 est une adaptation de celles utilisées lors des études de Barbeau *et al.* (1994) et de Bourgeois (2004).

### *Méthodes d'inventaire*

La méthode d'inventaire par caméra vidéo est relativement précise et satisfaisante pour l'inventaire des prédateurs. Un biais peut toutefois exister lors de l'évaluation de la densité des crabes (commun et araignée) et de homard durant le jour car l'activité des décapodes peut démontrer des variations journalières (Novak, 2004). L'inventaire des pétoncles juvéniles à la caméra est toutefois difficile. Giguère et Brulotte (1994) ainsi que Rumohr (1995), s'entendent sur la précision de la méthode pour estimer la distribution des fréquences de taille et la densité des pétoncles géants à condition d'être précis au niveau de son calibrage et de sa validation. La performance de cette méthode vidéo a été vérifiée lors de l'évaluation de l'abondance des pétoncles sur le grands fonds de pêche du Banc à Georges aux États-Unis (Stokesbury, 2002 et Stokesbury *et al.*, 2004).

Le passage du traîneau peut toutefois entraîner la fuite des pétoncles juvéniles, particulièrement mobiles, avant qu'ils ne soient inventoriés. Lors des travaux de Holme et Barrett (1977) et Franklin *et al.* (1980), le champ de vision de la caméra vidéo dépassait le devant du traîneau afin d'observer les pétoncles (*Chlamys opercularis*) avant leur fuite possible.

### *Méthodes de contrôle*

Différentes approches sont utilisées à l'échelle mondiale pour contrôler les densités d'étoiles de mer et de crabes sur le fond marin dans l'objectif d'optimiser les ensemencements de pétoncles. Des missions au Japon ont permis de constater qu'un contrôle des étoiles de mer dans les secteurs d'ensemencement de pétoncles était réalisé au moment de la pêche. Toutes les étoiles draguées étaient récupérées et débarquées à terre. De plus, un dragage dirigé vers les étoiles de mer était réalisé après la saison de pêche ou avant l'utilisation d'un nouveau site d'ensemencement. L'utilisation de casiers à étoiles de mer a également été rapportée. En Norvège, des efforts sont actuellement consacrés à la mise au point d'un système de clôture à crabes (Bergh et Strand, 2001).



Des structures équivalentes ont également été testées dans le cadre des ensemencements de pétoncles au Nouveau-Brunswick (Davidson L., MPO, comm. pers.). Les stratégies de contrôle utilisées aux Îles-de-la-Madeleine rejoignent davantage l'approche japonaise. Les étoiles de mer sont récupérées au moment de la pêche et une pêche dirigée peut être menée avant l'utilisation d'un nouveau site. Des essais ont également été réalisés avec la drague faubert, série de vadrouilles traînées sur le fond dans lesquelles s'entremêlent les étoiles de mer. Les premiers résultats peu satisfaisants dans le contexte des Îles ont amené l'arrêt des travaux.

D'autres méthodes de contrôle sont utilisées en aquaculture pour optimiser la survie des animaux d'élevage. Un document technique décrivant les principaux prédateurs des mollusques d'élevage et les méthodes de contrôle a été produit à l'Université du Massachussetts (Flimlin et Beal, 1993). En ostréiculture, l'utilisation de drague faubert, de casiers à étoile de mer et de chaux est souvent rapportée pour limiter les densités d'étoiles de mer. Les crabes bleus et verts causent aussi des dommages entre autres à l'élevage de la palourde. L'utilisation de filet au-dessus des sites ensemencés, de casiers à crabe ou la récolte à la main est courante. L'ajout de gravier ou de coquilles cassées sur le fond est suggéré pour limiter l'efficacité de la recherche des proies par les crabes. En mytiliculture, on rapporte l'utilisation de saumure ou de chaux pour réduire les densités d'étoiles de mer sur les structures d'élevage.



## EXPOSÉ DE LA SITUATION

Plusieurs projets portant sur la caractérisation de la prédation et sur la dynamique des pétoncles ensemencés sont en cours de réalisation aux Îles-de-la-Madeleine (dossier n<sup>os</sup> 710.29, 710.30 et 710.70). Il est apparu pertinent au comité de recherche de la SODIM d'appliquer ces protocoles de recherche aux sites d'ensemencement de pétoncles géants en Basse-Côte-Nord (Fig.1), une région où divers promoteurs actuels et futurs projettent de faire des ensemencements expérimentaux de pétoncles d'abord suivis d'ensemencements commerciaux plus tard. Ainsi, les divers volets du présent projet visent l'adaptation dans cette région des projets en cours aux Îles-de-la-Madeleine et la mise en application de stratégies adaptées aux sites d'ensemencement de la BCN.



## OBJECTIFS

Le projet se divisera en trois principaux volets, soit :

1. La caractérisation des prédateurs, de la variation spatio-temporelle de leurs cycles d'activité, de leurs densités et de leur potentiel de prédation;
2. L'étude de la dynamique (survie, mortalité et dispersion) des pétoncles ensemencés;
3. L'évaluation de différentes méthodes de contrôle des prédateurs et la validation du modèle mathématique des ensemencements de pétoncles élaborés pour les Îles-de-la-Madeleine à partir de données provenant de la baie Jacques-Cartier (BJC).



## **VOLET 1**

### **« LA CARACTÉRISATION DES PRÉDATEURS, DE LA VARIATION SPATIO-TEMPORELLE DE LEUR CYCLES D'ACTIVITÉ, DE LEURS DENSITÉS ET DE LEUR POTENTIEL DE PRÉDATION »**

#### **MATÉRIELS ET MÉTHODES**

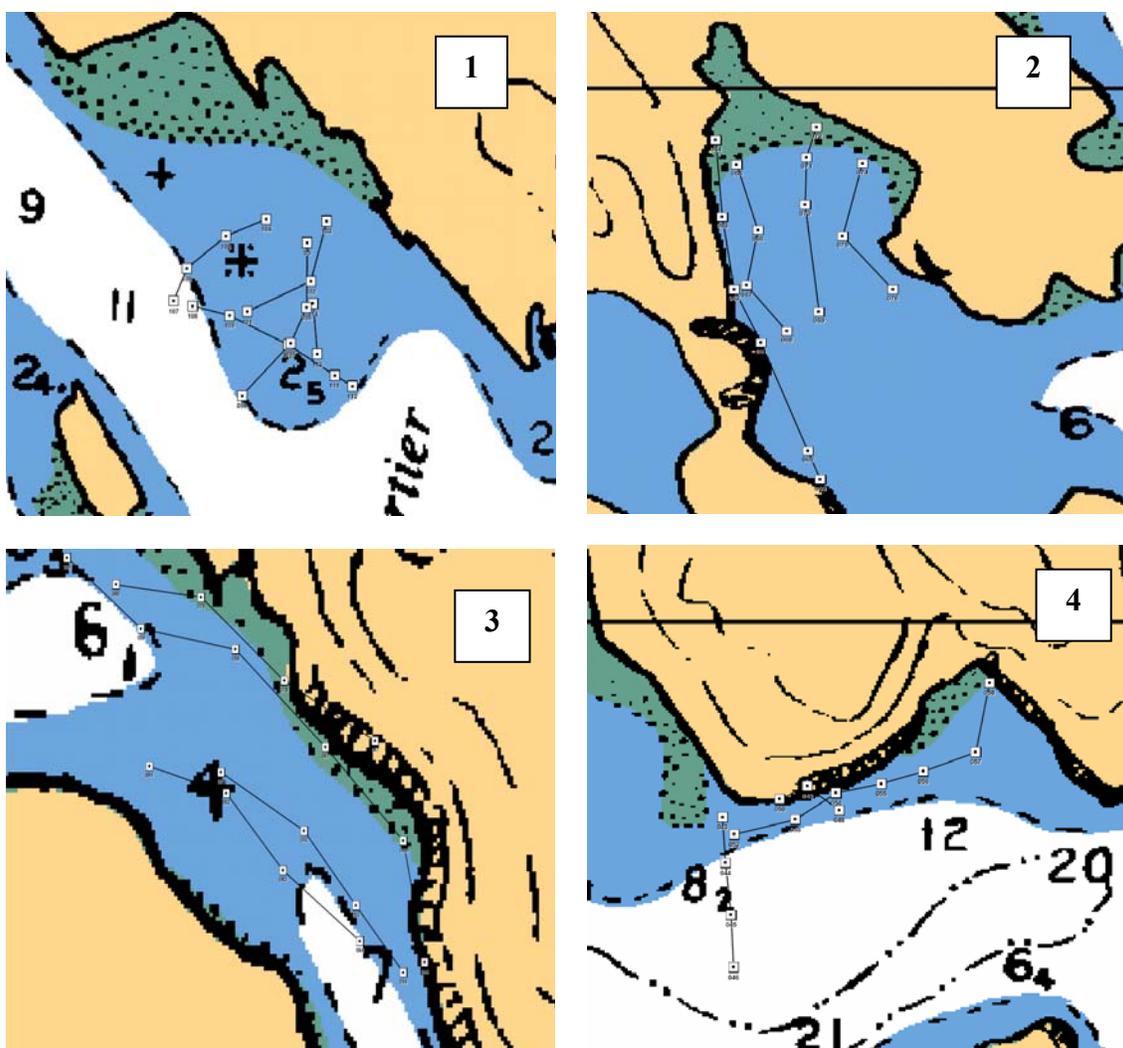
Pour ce volet, les principaux prédateurs (crabes communs et étoiles de mer), mais aussi d'autres prédateurs potentiels comme les poissons plats ont été étudiés à Cross Cove et Factory Cove, (deux zones ensemencées en 2003), sur le haut-fond d'Isaac Cove, (un autre site ensemencé en 2001), et aussi à Mussel Bar, (un site jamais ensemencé où de jeunes pétoncles sont régulièrement vus par les plongeurs). Les zones ont été inventoriées de façon à couvrir systématiquement divers paliers de profondeur et de substrat.

Nous avons réalisé l'inventaire des prédateurs à l'aide d'une caméra vidéo sous-marine Delta vision de SplashCam, avec lumière, montée sur un traîneau épibenthique à 84 cm du fond avec une orientation de 45 degrés par rapport à la verticale et permettant de couvrir des corridors ou traits d'environ 1 m de large. Le traîneau utilisé fut construit sur le modèle de celui utilisé par le CeMIM pour l'étude des étoiles de mer en lagune. Cette technique permet de couvrir de grandes surfaces et de compiler diverses informations sur le fond étudié (substrat, végétation, pétoncles, prédateurs). Afin d'évaluer la variation spatio-temporelle du nombre de prédateurs, des inventaires à la caméra vidéo ont été réalisés dans les quatre sites précédents à différentes périodes: les 25 juin, 22 août et 12 octobre 2006. Les images ont été récoltées systématiquement à chaque date sur les quatre sites et ont été enregistrés en format numérique sur des DVD. Au cours de chaque inventaire, aux différentes dates, le positionnement du bateau a été relevé à l'aide d'un GPS, toutes les trois minutes. La vitesse de croisière du bateau tirant le traîneau est contrôlée tout au long de chaque inventaire et maintenue à  $1,8 \pm 2$  km/h). Les traits vidéo ont été ensuite tracés en reliant les différents points entre eux permettant d'évaluer la longueur de chaque trait couvert pour une période donnée. Nous avons ainsi pu déterminer la superficie couverte par notre traîneau dans les différents sites. Le tableau 1 représente la surface réelle exploitable cumulée des différents traits couverts à chaque site aux différentes dates tenant compte des conditions de visibilité. A l'aide des données de positionnement GPS, des traits de caméra vidéo identiques ont été couverts aux cours des différentes périodes dans chacun des sites. Le nombre et la direction des traits fût déterminé en fonction des caractéristiques géomorphologiques et de la superficie de chaque site (Fig. 1).



Date	Isaac cove	Cross cove	Factory Cove	Mussel bar
25-juin	1008	1569	1506	1179
22-août	1674	1637	1780	1101
12-oct.	1190	2211	963	1282

**Tableau 1:** Surface cumulée des différents traits (en m<sup>2</sup>) couverte dans les différents sites à différentes dates.



**Figure 1:** Représentation graphique des corridors filmés le 25 juin 2006 dans les sites d'Isaac Cove (1), Cross Cove (2), Factory Cove (3) et Mussel Bar (4).



À partir des films enregistrés, deux types de données ont été compilées : la densité et la taille des prédateurs présents d'une part, et le pourcentage de couverture par type de substrat d'autre part. Nous avons tout d'abord identifié et dénombré les espèces prédatrices potentielles des pétoncles pour caractériser leurs densités. Le dénombrement des prédateurs a été effectué sur l'ensemble des traits de caméra vidéo réalisés dans chacun des sites étudiés. Par la suite, nous avons échantillonné un nombre  $n$  d'individus ( $n=80$ ), au hasard, afin de mesurer leurs tailles à l'aide d'une grille de mesure (grille de 1m/1m divisée en carreau de 10 cm). Une calibration fût effectuée à l'aide d'un objet immergé de taille connue. Les mesures ont été effectuées selon le protocole d'échantillonnage des captures commerciales de poissons et d'invertébrés marins du golfe du Saint-Laurent (Pêches et Océans Canada, 2007). La taille des individus inventoriés a été déterminée par la mesure du rayon des étoiles de mer (du centre vers l'extrémité d'un bras), de la largeur du céphalothorax (épine à épine) pour les crabes communs et pour les espèces Hyas.

L'analyse des images a été réalisée à l'aide du logiciel VideoLAN. Pour chaque inventaire, le nombre total de prédateurs présents sur chaque site (la somme des données des différents traits) a été déterminé aux différentes périodes. La densité (nombre d'individus cumulé pour tous les traits d'un site/superficie totale en  $m^2$ ) relative à chaque espèce a ensuite été évaluée en tenant compte de la superficie couverte sur les différents sites (Tab. 1). Le positionnement des prédateurs sur chacun des traits analysés a été répertorié, de même que la superficie et la localisation des différents types de substrats le long des traits.

Afin d'évaluer l'influence du type de substrat sur l'abondance des étoiles de mer et des crabes, nous avons répertorié les différents types de substrats présents sur les différents sites. Les types de substrats ont été répartis en différentes catégories selon leur aspect général visible à l'image. La détermination précise de la nature exacte des substrats n'a pas fait l'objet d'une investigation profonde dans cette étude. Par la suite, nous avons effectué des comptages du nombre de prédateurs sur des sections d'environ 30  $m^2$  de film (vitesse de croisière est estimée à  $1,8 \pm 2$  km/h), prises au hasard dans les traits où c'était possible et ce à toutes les périodes de temps échantillonnées.

Nous avons aussi évalué le potentiel de prédation en milieu naturel à l'aide de cadres sur lesquels étaient tendus des câbles plombés selon la méthode de Barbeau *et al.* (1994). Ces structures furent construites sur le modèle de celles utilisées aux Îles-de-la-Madeleine par l'équipe de M<sup>me</sup> Madeleine Nadeau (Bourgeois, 2004; Nadeau et Cliche, 2004), mais adaptées aux conditions de travail en Basse-Côte-Nord. Les cadres ont une dimension de 1,2 m x 1,2 m et sont constitués de tiges de fer de 3/8<sup>ème</sup> de pouces de section. (Fig. 2). Des pétoncles juvéniles d'une taille donnée (35-45 mm) y furent fixés à l'aide d'un monofilament (fil de pêche) d'une longueur d'environ 10 cm, à raison de 12 pétoncles par cadre. Chaque cadre était doté d'un mouillage individuel (cordage et bouée) et installé dans les sites où le suivi des prédateurs fut effectué. La construction de ces cadres a été faite en juin 2006 et les essais préliminaires furent menés au cours de l'été 2006. On



a observé en 2003 aux Îles-de-la-Madeleine une grande variabilité dans le nombre de pétoncles vivants dans différents cadres après 24 heures sur un site donné (Nadeau M. comm. pers). Afin de diminuer cette variation, nous avons choisi d'immerger trois cadres pour chaque site. Au total, un nombre de 12 cadres fut nécessaire en 2006, avec quatre sites étudiés et trois cadres par site. Leur position exacte fut relevée à l'aide d'un GPS. Après une période déterminée de 24 h suivant leur mise à l'eau, les structures ont été remontées et examinées afin d'évaluer le nombre de pétoncles vivants et morts (claquettes, cassés ou autres). Par la suite, les cadres ont été immergés de nouveau pour une période de 24 h supplémentaire, afin d'évaluer une éventuelle influence du temps d'immersion sur le potentiel de prédation. Le taux de mortalité des pétoncles a été ensuite évalué de la même manière que précédemment pour une période d'immersion de 48 h.



**Figure 2:** Pétoncles géants fixés sur des câbles plombés et disposés sur le fond pour évaluer le potentiel de prédation.

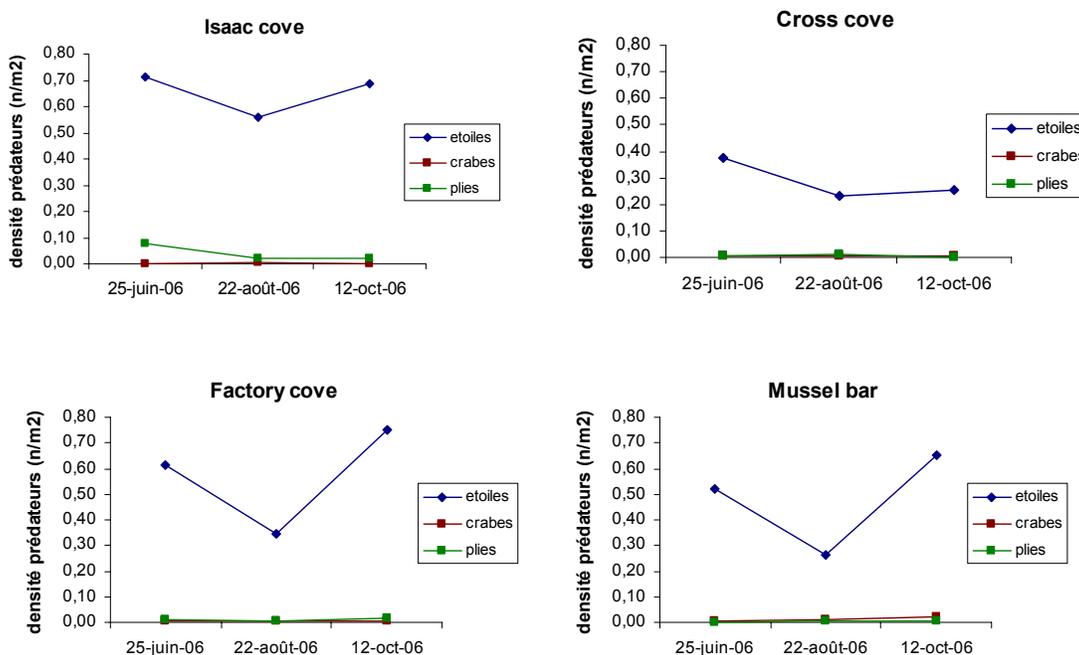


## RÉSULTATS

### Densité des prédateurs

Nous avons réalisé l'inventaire des prédateurs du pétoncle géant sur quatre sites (Cross Cove, Factory Cove, Isaac Cove et Mussel Bar) à différentes périodes de l'année 2006 (25 juin, 22 août et 12 octobre). Parmi les prédateurs principaux répertoriés sur les quatre sites, on retrouve le crabe commun (*Cancer irroratus*) et des étoiles de mer appartenant aux espèces suivantes : *Asterias vulgaris*, *Crossaster papposus* et *Leptasterias polaris* ainsi que d'autres prédateurs potentiels tel que le crabe araignée (*Hyas sp.*) et la plie.

Nous avons représenté la densité (nombre d'individus cumulé pour tous les traits d'un site/superficie totale en m<sup>2</sup>) des étoiles de mer (*Asterias vulgaris*, *Crossaster papposus* et *Leptasterias polaris*), des crabes (*Cancer irroratus* et *Hyas sp.*) et des plies dans les quatre sites pour les trois dates étudiées (Fig. 3).



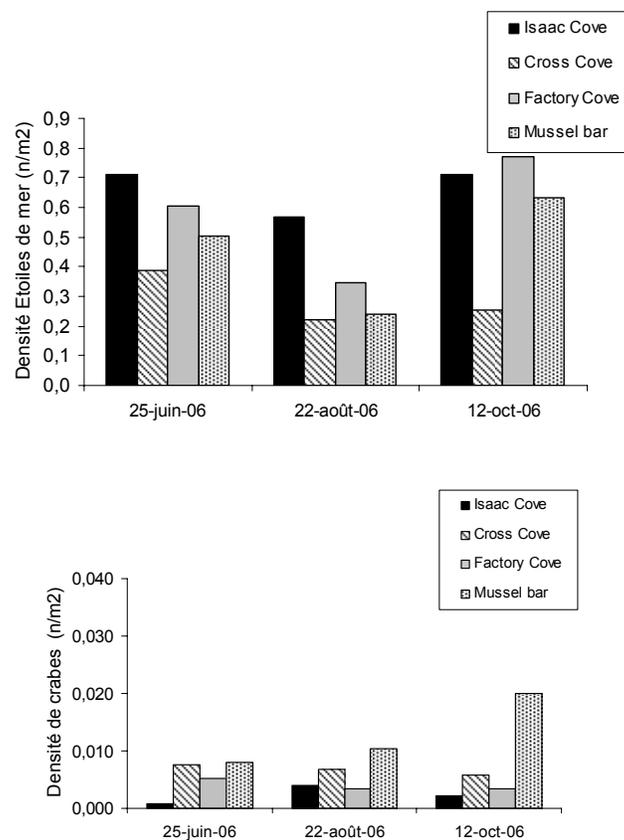
**Figure 3:** Densité des prédateurs du pétoncle géant dans différents sites à différentes périodes.

Dans les quatre sites étudiés, on observe que la densité des étoiles de mer est relativement importante comparativement aux densités des autres prédateurs. Ce phénomène est observé au cours des différentes périodes étudiées de l'année. On observe une tendance générale à la baisse de la densité d'étoiles de mer le 22 août pour les quatre sites.

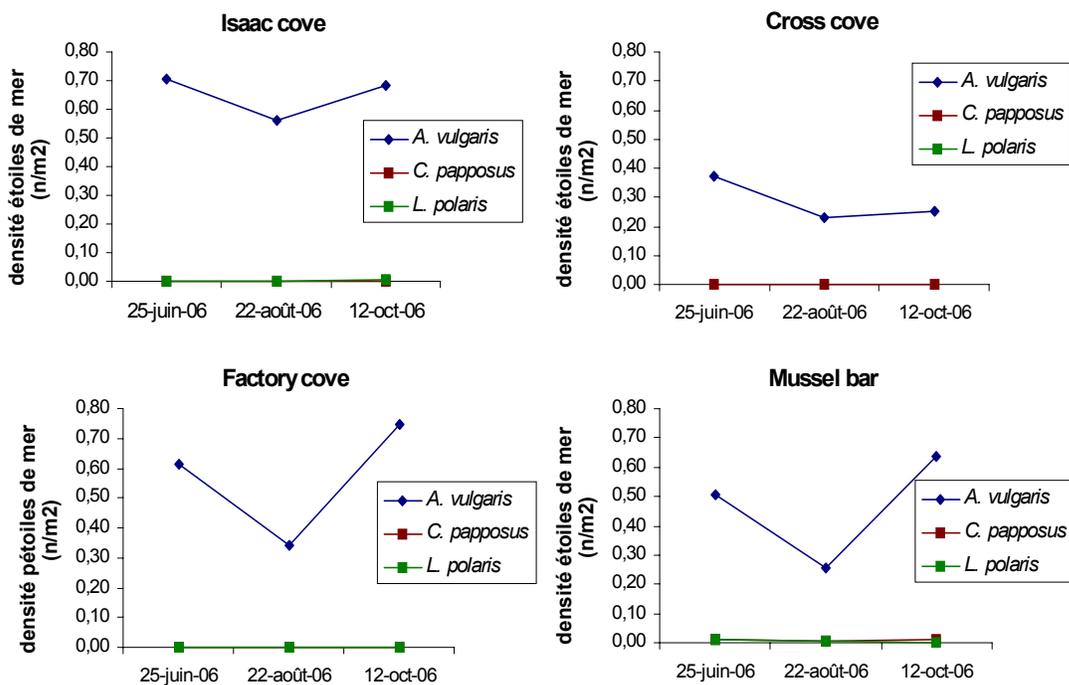


La densité des étoiles de mer varie de 0,22 individus/m<sup>2</sup> le 22 août à Cross Cove à 0,75 individus/ m<sup>2</sup> le 12 octobre à Factory Cove (Fig. 4). Parmi les espèces identifiées d'étoiles de mer, *A. vulgaris* est majoritairement présente sur les quatre sites et représente près de 98% du nombre total d'étoiles de mer inventorié (Fig. 5). Cette espèce est retrouvée en plus grande abondance aux dates du 24 juin et du 12 Octobre avec une densité maximale respective de 0,71 individus/m<sup>2</sup> à Isaac Cove et de 0,74 individus/m<sup>2</sup> à Factory Cove. Notons que l'abondance de *A. vulgaris* est deux fois moins élevée à Cross Cove comparativement aux autres sites, variant de 0,23 à 0,37 individus/m<sup>2</sup>. L'abondance de *C. papposus* et de *L. polaris* sont très faibles, voir négligeables, comparativement à celle observée pour *A. vulgaris*. Une densité maximale de 0,0085/m<sup>2</sup> de *L. polaris* et de 0,013/m<sup>2</sup> de *C. papposus* ont été retrouvées respectivement le 24 juin et le 12 Octobre à Mussel Bar.

La densité des crabes (Fig. 3), toutes espèces confondues varie de 0,001 individus/m<sup>2</sup> le 25 juin à Isaac Cove à 0,023 individus/m<sup>2</sup> à Mussel Bar le 12 octobre. La densité des plies varie de 0,001 individus/m<sup>2</sup> le 12 octobre à Mussel Bar à 0,078 individus/m<sup>2</sup> le 25 juin à Isaac Cove (non rapporté).



**Figure 4:** Densité des étoiles de mer et des crabes (n/m<sup>2</sup>) dans différents sites à différentes périodes.

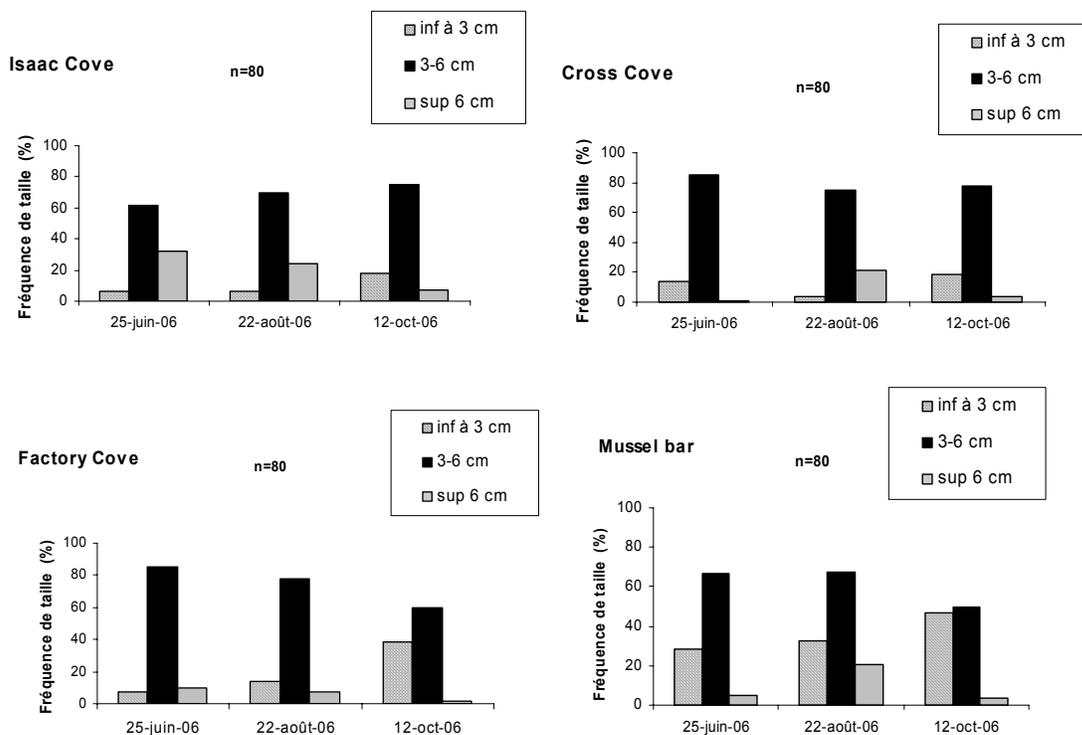


**Figure 5:** Densité des différentes espèces d'étoiles de mer inventoriées (n/m<sup>2</sup>) dans différents sites à différentes périodes.



### Taille des prédateurs

Parmi les espèces identifiées d'étoiles de mer, *A. vulgaris* est majoritairement présente sur les quatre sites. Afin de connaître la fréquence des tailles des individus nous avons regroupé les individus en trois classes de taille : rayon < 3 cm, 3 – 6 cm et > 6 cm (Fig. 6).



**Figure 6:** Taille (rayon en cm) et fréquence des tailles (en %) de *A. vulgaris* dans différents sites à différentes périodes.

Globalement, pour *A. vulgaris*, on observe une forte représentation d'individus mesurant entre 3 et 6 cm sur les quatre sites étudiés. La fréquence des individus de taille inférieure à 3 cm semble plus importante le 12 octobre à Factory Cove et Mussel Bar. Les individus mesurant plus de 6 cm sont peu abondants.

En ce qui concerne les autres espèces d'étoiles de mer que l'on retrouve essentiellement sur le site de Mussel Bar aux différentes périodes, la taille moyenne de *C. papposus* et de *L. polaris* est de  $7,3 \pm 2,3$  cm et de  $12,2 \pm 3,6$  cm de rayon respectivement.



La taille des crabes est très variable. D'après nos observations, la taille des crabes ne semble être influencée ni par le site ni par la date de l'observation. La taille de *C. irroratus* varie de 5,7 cm le 12 octobre à Isaac Cove à  $14,5 \pm 2,8$  cm à Isaac Cove le 22 Août (Tab.2). La taille de *Hyas sp.* varie de  $7,4 \pm 3$  cm à Mussel Bar le 12 octobre à 15 cm à Factory Cove le 25 Juin et le 22 Août (Tab. 3). Il est cependant à noter que l'évaluation de la taille des organismes aurait pu être biaisé par l'effet de perspective et de distorsion de l'eau. De plus, les organismes mesurées ne se trouvaient pas tous sur le fond, certains d'entre eux ont été parfois observés posé sur des roches.

	Isaac cove	Cross cove	Factory cove	Mussel bar
<b>25-juin</b>	-	$12,9 \pm 2,6$	$9,7 \pm 2$	8
<b>22-août</b>	$14,5 \pm 2,8$	$9,1 \pm 1,7$	$14,4 \pm 1,6$	$11,1 \pm 1,1$
<b>12-oct</b>	5,7	$9,4 \pm 4,4$	$10,3 \pm 1,6$	$9,9 \pm 1,4$

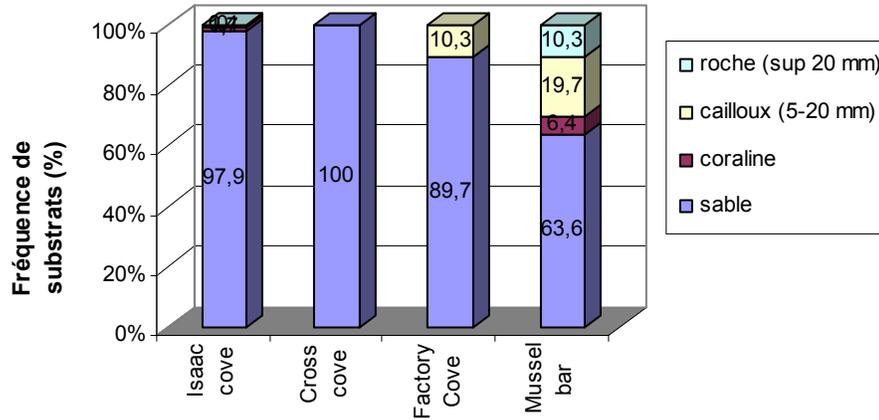
**Tableau 2:** Taille moyenne de *Cancer irroratus* en centimètre.

	Isaac cove	Cross cove	Factory cove	Mussel bar
<b>25-juin</b>	-	-	15	5,5
<b>22-août</b>	-	-	15	-
<b>12-oct</b>	-	-	-	$7,4 \pm 3$

**Tableau 3:** Taille moyenne de *Hyas sp.* en centimètre.

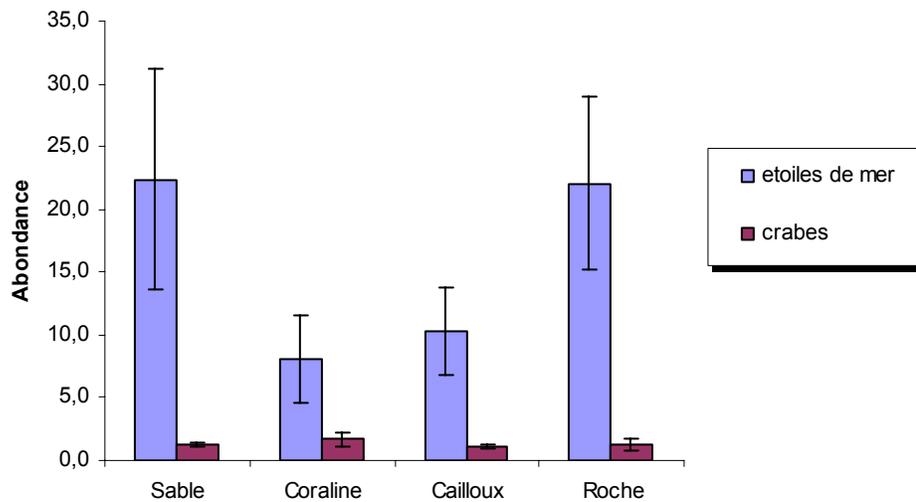
### *Substrat vs prédateurs*

Nous avons regroupé les principaux types de substrats observés en quatre catégories selon l'aspect général visible à l'image et la grosseur approximative des particules. Les différents types de substrats ont été définis comme suit : Roches (particules > 20 mm), Cailloux (particules 5 – 20 mm), Coraline, Sable. Notons que la détermination précise de la nature exacte des substrats n'a pas fait l'objet d'une investigation profonde dans cette étude. Néanmoins, nos observations et la classification en catégories des substrats semblent corroborer les résultats obtenus par CIDCO (2007) dans le cadre du projet de caractérisation des fonds pour l'ensemencement du pétoncle géant en Basse-Côte-Nord. La fréquence de chaque type de substrat dans les différents sites étudiés est représentée à la figure 7.



**Figure 7:** Fréquence du type de substrats en pourcentage aux quatre sites étudiés.

Dans les quatre sites, le sable est fortement majoritaire. Nous avons observé que c'est à Mussel Bar que l'on retrouve le substrat le plus hétérogène (63,6 % de sable, 19,7 % de cailloux, 10,3 % de roches et 6,4 % de coraline). Afin d'évaluer l'influence du type de substrat sur l'abondance des étoiles de mer et des crabes, les résultats obtenus à Mussel Bar, site dans lequel les quatre catégories de substrats sont représentées, sont rapportés à la figure 8.



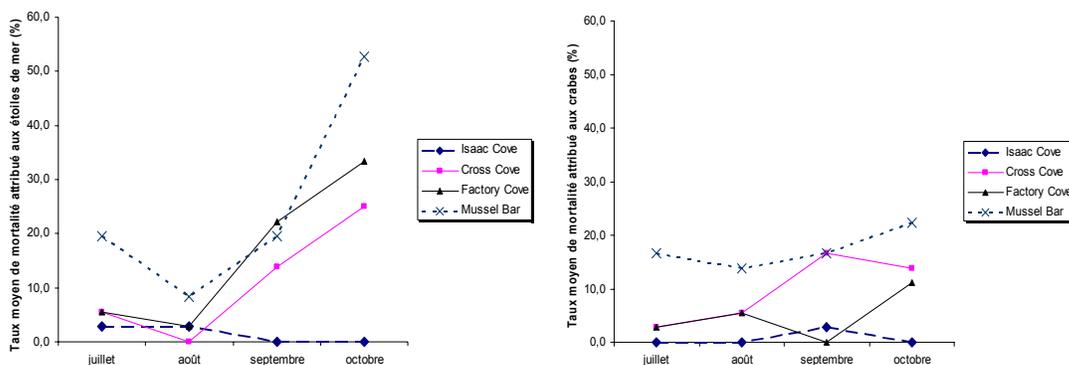
**Figure 8:** Abondance moyenne des étoiles de mer et des crabes sur une section 30 m<sup>2</sup> en fonction du type de substrat à Mussel Bar. Les valeurs représentent la moyenne de neuf comptages effectués en triplicata pour chaque date.

D'après les résultats obtenus, il apparaît que les étoiles de mer toutes espèces confondues et les crabes sont présents sur tous les types de substrats répertoriés à Mussel Bar. Alors que l'abondance des étoiles de mer semble être supérieure à celle observée pour les crabes, leur répartition est variable d'un type de substrats à l'autre. L'abondance des étoiles de mer semble être plus importante sur les substrats sablonneux et rocheux. A l'inverse, la répartition des crabes sur les différents types de substrats semble être peu variable alors que leur abondance est relativement faible, avec un maximum de  $1,7 \pm 0,6$  crabes sur une section de 30 m<sup>2</sup> au niveau des corallines.



### Potentiel de prédation (*tethering*)

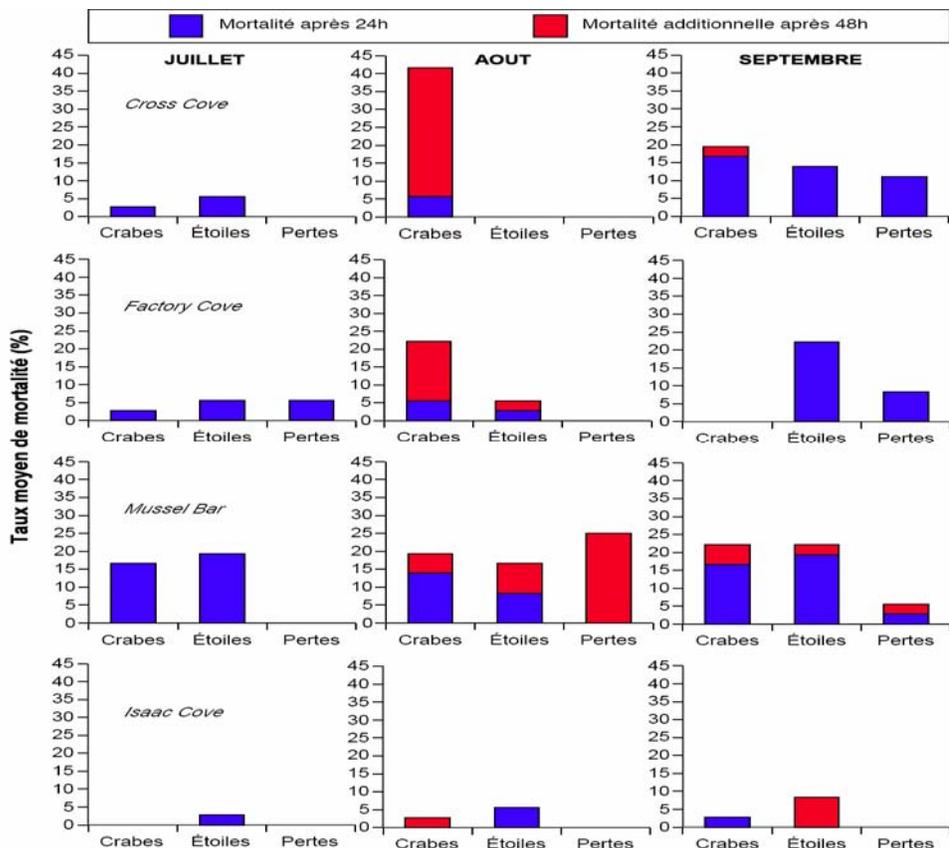
Nous avons évalué le potentiel de prédation à l'aide de cadres sur lesquels étaient tendus des câbles plombés auxquels des pétoncles de 35 – 45 mm étaient collés et immergés durant 24 heures. Les taux de mortalités dus aux différents prédateurs pour les quatre sites sont présentés à la figure 8. Trois cadres furent immergés par site les 8 – 9 juillet, 1 – 9 août, 9 – 11 septembre et les 19 – 20 octobre 2006.



**Figure 9:** Taux de mortalité attribuée aux étoiles de mer ou aux crabes dans différents sites à différentes périodes en 2006 après 24 h.

D'après nos résultats, le plus fort potentiel de prédation, les étoiles de mer et crabes confondus, est observé dans le site de Mussel Bar. Inversement, le site d'Isaac Cove semble avoir le potentiel de prédation des crabes et des étoiles de mer sur le pétoncle le plus faible. Au cours du temps, le potentiel de prédation des crabes semble plutôt stable dans chaque site. Par contre, le taux de mortalité des pétoncles imputable aux étoiles de mer aurait connu une baisse entre le mois de juillet (8 – 9) et le mois août (1 – 9), puis aurait augmenté franchement durant la période comprise entre le mois d'août (1 – 9) et le mois d'octobre (19 – 20).

Afin d'évaluer si le temps d'immersion avait une influence sur le potentiel de prédation, nous avons reproduit l'expérience précédente avec 48 h d'immersion. Le prolongement de la durée d'immersion semble avoir augmenté le potentiel de prédation des crabes au mois d'août (Fig. 10).



**Figure 10:** Taux de mortalité des pétoncles géants attribuée aux étoiles de mer ou aux crabes dans différents sites à différentes périodes en 2006 après 24 et 48 h.

Pour le mois d'août, nos résultats montrent une plus forte incidence du prolongement de l'immersion de 24 h à 48 h dans le site de Cross Cove (+ 35 %). Le site pour lequel l'incidence est la plus faible est Isaac Cove avec 3 % d'augmentation du potentiel de prédation pour 48 h versus 24 h.



## DISCUSSION

Le premier volet de ce projet réalisé en 2006 était avant tout une période de familiarisation avec les techniques développées et utilisées aux Iles-de-la-Madeleine pour évaluer les variations spatio-temporelles des densités de prédateurs et caractériser leur potentiel de prédation dans le cadre d'ensemencements à grande échelle. Le transfert technologique s'est bien déroulé et, malgré certains problèmes techniques (bris de caméra), tant l'inventaire vidéo que les essais de tethering ont pu être réalisés avec succès. Les résultats préliminaires obtenus sont d'ailleurs indicatifs de ce que Pec-Nord croyait avoir perçu par le passé lors d'ensemencements expérimentaux.

Les étoiles de mer semblent le prédateur le plus abondant sur la Basse-Côte-Nord, avec une densité qui peut parfois dépasser 0.71 étoile/m<sup>2</sup> en milieu naturel, non ensemencé. C'est l'espèce *Asterias vulgaris* qui prédomine dans ce groupe, un prédateur de pétoncle reconnu. Même si on observe une diminution de la densité moyenne durant l'été aux environs de 0.28 étoile/m<sup>2</sup>, cette densité reste beaucoup plus élevée que la densité de crabes, qui elle ne dépasse pas 0.023 crabe/m<sup>2</sup>, ou la densité de plie qui ne dépasse pas 0.078 plie/m<sup>2</sup>. Ces densités d'étoiles de mer et de crabes sont comparables à ce qui a été observé aux Iles-de-la-Madeleine sur les sites ensemencés. On peut toutefois penser que la densité des crabes est sous-estimée étant donné que plusieurs d'entre eux étaient probablement enfouis dans le substrat et invisibles à la caméra, ce qui expliquerait pourquoi leur potentiel de prédation est en général comparable à celui des étoiles de mer. Néanmoins, le fort potentiel de prédation par les crabes pourrait être lié à un mode de prédation plus efficace.

Les étoiles de mer sont apparues plus abondantes en début et fin de saison avec une baisse en été au mois d'août. Un plus grand nombre d'étoiles de mer d'une taille inférieure à 3 cm ont été inventoriées en octobre dans tous les sites suggérant ainsi l'arrivée de la nouvelle cohorte d'étoiles de mer en fin de saison. D'après les observations faites aux îles-de-la-Madeleine, la période de ponte des étoiles de mer semblerait avoir lieu au cours du mois de mai-juin et leur présence sur les collecteurs ont pu être observée dès le début du mois d'août (Nadeau. M. comm. Pers.).

À cette taille, elle ne représente probablement pas un grand danger pour des pétoncles ensemencés à une taille  $\geq 30$  mm néanmoins, au printemps suivant, cela pourrait bien être différent quand elles seront alors dans la classe de taille 3-6 cm, la plus abondante dans tous les sites et à toutes les saisons.

Bien qu'il ait été plus élevé à Mussel Bar qu'aux autres sites, le potentiel de prédation par les crabes semble plus ou moins stable au cours de la saison quel que soit le site ou le substrat. Notons cependant qu'on a observé une importante activité de prédation par les crabes au cours de la seconde période d'immersion de 24-48 h durant les essais de



tethering faits en été. Comme le crabe est un prédateur rapide et visuel dont la consommation de proies est fonction de la densité de celles-ci, il est fort probable qu'une fois qu'il a localisé un cadre avec ces 12 pétoncles, le crabe reste là à consommer les pétoncles jusqu'à l'atteinte de leur niveau de satiété et qu'une période de 48 h lui permettent une plus grande consommation de ceux-ci.

L'abondance des étoiles de mer ne semble toutefois pas une indication nécessairement corrélée avec le potentiel de prédation que représentent ces étoiles. En effet, alors qu'au site d'Isaac Cove on retrouve généralement une plus forte densité d'étoiles de mer qu'aux autres sites, c'est là qu'on observe le plus faible taux de prédation par les étoiles lors des essais de tethering. D'un autre côté, c'est à Isaac Cove qu'on observe la plus faible abondance de crabes et aussi le plus faible taux de prédation par les crabes. Ces résultats pourraient expliquer ce que Pec-Nord avait observé par le passé, soit un meilleur taux de survie suite à un ensemencement de pétoncles à Isaac Cove. Ce site semble présenter un bon potentiel pour les ensemencements et devrait faire partie du plan expérimental du second volet du présent projet et êtreensemencé en 2007.

L'absence de certains pétoncles des cadres fût comptabilisée dans les pertes car aucun résidu de coquille n'a été retrouvé sur le support. Cependant, il n'est pas à exclure que ces pertes pourraient être dues, en partie, à l'action des crabes qui peuvent exercer une traction suffisante pour provoquer la rupture du point de colle.

À la lumière de ces différents résultats, il semble plutôt difficile de choisir une période idéale pour un ensemencement de pétoncles. Au printemps, les étoiles sont des prédateurs abondants et actifs, durant l'été elles seraient moins présentes et moins actives, mais à l'automne il y aurait recrudescence des étoiles de mer et de leur activité de prédation. Quant à eux, les crabes seraient des prédateurs présents et actifs tout au long de la saison. À ce moment du projet, il apparaît difficile de choisir une période de l'année susceptible de diminuer la prédation possible des pétoncles suite à un ensemencement.

Il apparaît donc que le choix d'ensemencer entre le début de l'été ou de l'automne repose plus sur la disponibilité des ressources en entreprise que sur une raison biologique favorisant la survie pétoncle. Pour le pectiniculteur, il pourrait être avantageux d'ensemencer tôt en saison afin de libérer des structures d'élevage qui seront nettoyées et réutilisées plus rapidement, sans compter qu'elles ne seront pas envahies par l'encrassement estival. De plus, en Basse-Côte-Nord la croissance sur les fonds marins peu profonds peut être comparable à celle observée dans les structures suspendues. Dès l'été de leur ensemencement, les pétoncles pourraient bénéficier d'une bonne croissance dans un environnement naturel, sans la compétition qu'engendre le grand nombre d'individus qui se retrouve dans un même panier.

Il semble évident que le site d'Isaac Cove semble être plus favorable au succès d'un ensemencement que les autres sites étudiés dans ce premier volet. Les prédateurs y sont moins abondants et le potentiel de prédation plus faible. Par le passé, c'est à cet endroit



que Pec-Nord a obtenu le meilleur résultat suite à un ensemencement expérimental. Des trois autres sites, Mussel Bar semble le moins favorable, puisque, si l'on n'y observe pas nécessairement une densité plus élevée de prédateurs, la mortalité moyenne attribuée à ceux-ci y est presque toujours plus élevée. Les deux autres sites semblent plutôt équivalents, la densité d'étoiles de mer et la mortalité qu'on leur attribue étant plus faibles à Cross Cove alors que pour le crabe, la situation est inverse avec une densité et une mortalité plus faibles à Factory Cove.



## CONCLUSION

L'objectif principal du premier volet de ce projet qui consistait à se familiariser avec des techniques permettant l'évaluation des variations spatio-temporelles des densités de prédateurs du pétoncle géant et la caractérisation de leur potentiel de prédation dans le cadre d'ensemencements à grande échelle a été atteint. La technique d'acquisition des données par caméra vidéo permet de couvrir de grandes surfaces et de compiler diverses informations sur le fond étudié (substrat, végétation, pétoncles, prédateurs). Ainsi, le chariot que le CACN a conçu sur le modèle de celui utilisé par le CeMIM est fonctionnel et s'est avéré efficace. Des images vidéo ont pu être obtenues et des résultats préliminaires de ce présent projet ont pu être extrapolés. D'autres secteurs de la Basse-Côte-Nord ont pu également être couverts afin de compléter les données de cartographie du type de substrat dans le cadre du projet de caractérisation des fonds pour l'ensemencement du pétoncle géant en Basse-Côte-Nord mené par CIDCO (2007). De même, les essais de tethering ont pu être réalisés avec succès et les résultats obtenus viennent compléter les précédentes observations faites par PecNord sur les sites échantillonnés (Côté, 2004)

Dans le cadre de ce premier volet, nous avons identifié les principaux prédateurs présents sur les 4 différents sites à l'étude et évalué leur densité, leur taille ainsi que leur potentiel de prédation, et ce à trois différentes périodes au cours de l'année 2006. Les données de CIDCO (2007) sur le type de substrat dans le secteur de Cross Cove et Isaac Cove viennent compléter nos observations. D'après les résultats obtenus, *A. vulgaris* est le prédateur dominant dans les 4 sites suivi de *C. irroratus*. On a pu observer une tendance générale à la baisse de la densité de *A. vulgaris* lors de l'inventaire effectué au mois d'août. Bien que l'abondance des crabes dans les 4 sites soit largement inférieure à celle des étoiles de mer et semble peu varier au cours de la saison, les crabes semblent être actifs tout au long de la saison. Les essais de tethering ont permis de mieux cerner le potentiel de prédation de ces deux principaux prédateurs du pétoncle. Dans la majorité des cas observés, les crabes sont responsables d'un plus fort taux mortalité des pétoncles ensemencés comparativement aux taux de prédation par les étoiles de mer, qui sont souvent présentes en plus grand nombre. Cependant, la taille des prédateurs et de leur proie sont des facteurs à ne pas négliger. Le faible taux de prédation par les étoiles de mer observés au cours de notre étude pourrait être lié à une forte représentation d'individus n'excédant par 4 cm (*A. vulgaris*). Un plus fort potentiel de prédation par les étoiles de mer et par les crabes a pu être observé à Mussel Bar, où une plus forte abondance de crabes et la présence d'autres espèces d'étoiles de mer (*L. polaris*, *C. papposus*) de taille plus grande a été répertorié. Pour ces raisons, il convient d'écarter le site de Mussel Bar dans la poursuite du projet.



Bien que l'abondance des étoiles de mer soit plus forte dans le site d'Isaac Cove, ce site semble présenter des conditions plus favorables que les autres sites au succès d'un ensemencement : (i) une faible abondance de crabes et (ii) une faible augmentation du potentiel de prédation de ces derniers (3%) ont pu être observées pour une période de temps prolongé de 48 h lors des essais de tethering (versus 35% d'augmentation à 48 h dans le secteur de Cross Cove) et (iii) un meilleur taux de survie suite à un ensemencement de pétoncles (Côté, 2004). De plus, les données complémentaires sur le type de substrat fournies par les études menées par CIDCO (2007) montrent que le site d'Isaac Cove offre un substrat favorable à l'ensemencement de pétoncles de part sa composition de sable et de gravier qui offre des abris pour les pétoncles juvéniles. Dans la même logique, bien que l'abondance des étoiles de mer soit plus forte sur le site de Factory Cove comparativement à celui de Cross Cove, le site de Factory Cove présenterait des conditions plus favorables à un ensemencement. Le site de Factory Cove posséderait une plus faible densité de crabes que Cross Cove, posséderait également un meilleur taux de survie des pétoncles (CIDCO, 2007) et une faible dispersion aurait été observée par PecNord lors de précédents ensemencements (Côté, 2004). Par ailleurs, l'épisode de mortalité massive des stocks de pétoncles observée dans le site de Cross Cove par PecNord au cours des périodes s'étendant de 1997 à 1999, nous tend à émettre des réserves sur le choix du site de Cross Cove (Côté, 2004).

Les sites d'Isaac Cove et de Factory Cove semblent donc présenter un bon potentiel pour les ensemencements de pétoncles. Nous proposons donc de retenir ces deux sites dans le plan expérimental du second volet du présent projet. À ce moment du projet, il apparaît difficile de choisir une période de l'année susceptible de diminuer la prédation possible des pétoncles suite à un ensemencement. D'après les résultats obtenus dans ce premier volet, la période d'ensemencement la plus favorable semble être au cours du mois d'août où l'abondance des étoiles de mer est au plus faible et le taux de prédation par les crabes la moins forte dans les deux sites retenus.



## PERSPECTIVES

La compréhension des interactions entre la dynamique biologique des pétoncles et la dynamique des prédateurs aux sites d'ensemencement de la BCN permettra de définir une meilleure stratégie d'ensemencements à grande échelle dans cette région. D'autres facteurs physicochimiques telle que la température de l'eau pourrait affecter directement la survie et le comportement des prédateurs (Barbeau *et al.*, 1994c). D'autre part, des techniques de contrôle des prédateurs pourraient être également considérer dans l'étude de la dynamique des prédateurs afin d'en connaître l'efficacité. Par ailleurs, la méthode utilisée aux îles de la Madeleine pour l'étude du comportement de prédation par capture d'images vidéos à l'aide d'une caméra installée sur un support fixe pourraient être envisagée. Les essais de caractérisation des prédateurs et de leur potentiel de prédation seront poursuivis dans le deuxième volet, afin de valider et confirmer les résultats obtenus. Une amélioration des méthodes de calibration et de mesure des organismes sera envisagée pour une évaluation plus précise de leur taille. Des facteurs de correction tels que l'effet de perspective et le facteur de distorsion eau/air pourront être pris en compte.

Dans le cadre du second volet de ce projet, l'étude de la dynamique (survie, mortalité et dispersion) des pétoncles ensemencés sera abordée. Des essais d'ensemencement de pétoncles géants seront réalisés selon la méthode de culture par ensemencement des fonds marins. Les essais d'ensemencements seront effectués dans le site jugé le plus favorable à l'ensemencement suite aux résultats obtenus dans le premier volet : Isaac Cove. Des pétoncles de la taille 30 à 45 mm, présentant de meilleures chances de survie (Côté, 2004) seront ensemencés directement sur le fond. L'évaluation de la survie, mortalité et dispersion des pétoncles dans les sites ensemencés sera effectuée par des inventaires vidéo à l'aide d'une caméra sur traîneau et en plongée. Les essais de caractérisation des prédateurs et de leur potentiel de prédation seront également poursuivis. La densité et les différentes périodes d'échantillonnage des pétoncles ensemencés seront à définir.



## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aronson, R. B. et K. L. Heck Jr. 1995. Tethering experiments and hypothesis testing in ecology. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 121: 307-309.
- Aronson, R. B., K. L. Heck Jr et J. F. Valentine. 2001. Measuring predation with tethering experiments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 214: 311-312.
- Barbeau, M. A., B. G. Hatcher, R. E. Scheibling, A. W. Hennigar, L. H. Taylor et A. C. Risk. 1996. Dynamics of juvenile sea scallop (*Placopecten magellanicus*) and their predators in bottom seeding trials in Lunenburg Bay, Nova Scotia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 2494-2512.
- Barbeau, M. A. et R. E. Scheibling. 1994a. Behavioral mechanisms of prey size selection by sea stars (*Asterias vulgaris* Verrill) and crabs (*Cancer irroratus* Say) preying on juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus* (Gmelin)). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 180: 103-136.
- Barbeau, M. A. et R. E. Scheibling. 1994b. Procedural effects of prey tethering experiments: predation of juvenile scallops by crabs and sea stars. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 111: 305-310.
- Barbeau, M. A. et R. E. Scheibling. 1994c. Temperature effects on predation of juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus* (Gmelin)) by sea stars (*Asterias vulgaris* Verrill) and crabs (*Cancer irroratus* Say). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 182: 27-47.
- Barbeau, M. A., R. E. Scheibling et B. G. Hatcher. 1998. Behavioural responses of predatory crabs and sea stars to varying density of juvenile sea scallops. *Aquaculture* 169: 87-98.
- Barbeau, M. A., R. E. Scheibling, B. G. Hatcher, L. H. Taylor et A. W. Hennigar. 1994. Survival analysis of tethered juvenile sea scallops *Placopecten magellanicus* in field experiments: effects of predators, scallop size and density, site and season. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 115: 243-256.
- Bergh, O. et O. Strand. 2001. Great scallop, *Pecten maximus*, research and culture strategies in Norway: a review. *Aquacult. Res.* 9: 305-318.
- Boulding, E. G. et T. K. Hay. 1984. Crab response to prey density can result in density-dependant mortality of clams. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 521-525.
- Bourgeois, M. 2004. Effet du substrat sur la survie, la croissance et la dispersion du pétoncle géant juvénile *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791). Maîtrise en océanographie. Université du Québec à Rimouski: 125 pp.
- Castilla, J. C. et D. J. Crisp. 1970. Responses of *Asterias rubens* to olfactory stimuli. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 50: 829-847.
- CIDCO. 2005. Projet de caractérisation des fonds pour l'ensemencement du pétoncle géant en Basse Côte-Nord (Baie Jacques-Cartier et Baie au Saumon). Rapport final déposé à la SODIM. 63 pp.



- CIDCO. 2007. Caractérisation des fonds pour l'ensemencement du pétoncle géant en Basse-Côte-Nord : Phase 2. Rapport final déposé à la SODIM. 95 pp.
- Cliche, G., M. Giguère et S. Vigneau. 1994. Dispersal and mortality of sea scallops, *Placopecten magellanicus*, (Gmelin 1791) seeded on the sea bottom off Îles-de-la-Madeleine. J. Shellfish Res. 13(2): 565-570.
- Côté, J. 2004. Bilan des essais d'ensemencement des fonds marins réalisés par PecNord inc. Depuis 1993. Atelier de travail « Prédation du pétoncle et gestion des ensemencements », Îles-de-la-Madeleine, 29 février-1<sup>er</sup> mars 2004 par Nadeau M. et G. Tita. MAPAQ, DIT, Compte rendu n°24 : 5-7.
- Dutil, C. 1988. Partage des ressources alimentaires et comportement de prédation des étoiles de mer de la communauté infralittoral du golfe du Saint-Laurent. Grade de maître ès sciences. Faculté des sciences et de génie. Université Laval: 77 pp.
- Elnor, R. W. et G. S. Jamieson. 1979. Predation of sea scallops, *Placopecten magellanicus*, by the rock crab, *Cancer irroratus*, and the american lobster, *Homarus americanus*. J. Fish. Res Board Can. 36: 537-543.
- Flimlin, G. et B. F. Beal. 1993. Major predators of cultured shellfish. University of Massachusetts, Dartmouth. NRAC Bulletin. 180: 6 pp.
- Franklin, A., G. D. Pickett, N. A. Holme et R. L. Barrett. 1980. Surveying stocks of scallops (*Pecten maximus*) and queens (*Chlamys opercularis*) with underwater television. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 60: 181-191.
- Freeman, S. M., C. A. Richardson et R. Seed. 2001. Seasonal abundance, spatial distribution, spawning and growth of *Astropecten irregularis* (Echinodermata: Asteroidea). Estuar. Coast. Shelf Sci. 53: 39-49.
- Gaudet, M. et J. Côté. 1995. Bilan des activités aquicoles du pétoncle géant (*Placopecten magellanicus*) en 1994 dans la baie de Jacques-Cartier sur la Basse Côte-Nord et proposition d'un scénario d'élevage par ensemencement. MAPA-Pêcheries-D.R.S.T. Doc. rech. 95/09: 72 pp.
- Giguère, M. et S. Brulotte. 1994. Comparison of sampling techniques, video and dredge in estimating sea scallop (*Placopecten magellanicus*, Gmelin) populations. J. Shellfish Res. 13(1): 25-30.
- Giguère, M., S. Brulotte et M. Nadeau. 2004. Caractérisation de quatre sites potentiels à l'ensemencement du pétoncle géant, *Placopecten magellanicus*, aux Îles-de-la-Madeleine, Québec. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2564: 77 pp.
- Hatcher, B. G., R. E. Scheibling, M. A. Barbeau, A. W. Hennigar, T. H. Lawrence et A. J. Windust. 1996. Dispersion and mortality of a population of sea scallop (*Placopecten magellanicus*) seeded in a tidal channel. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 38-54.
- Haugum, G. A., O. Strand, A. Svardal et S. Mortensen. 1997. Survival and behaviour of scallops (*Pecten maximus* L.) after transfer to the seabed-effect of emersion treatment. 11th International Pectinid Workshop, La Paz, Baja California Sur, Mexico, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas: 30 pp.
- Haywood, M. D. E. et R. C. Pendrey. 1996. A new design for a submersible chronographique tethering device to record predation in different habitats. Mar. Ecol. Prog. Ser. 143: 307-312.



- Heeb, M. A. 1973. Large molecules and chemical control of feeding behaviour in the starfish *Asterias forbesi*. Helgolander Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen 24: 425-435.
- Himmelman, J. H. et C. Dutil. 1991. Distribution, population structure and feeding of subtidal seastars in the northern Gulf of St. Lawrence. Mar. Ecol. Prog. Ser. 76: 61-72.
- Hirtle, R. W. M. et K. H. Mann. 1978. Distance chemoreception and vision in the selection of prey by American lobster (*Homarus americanus*). J. Fish. Res Board Can. 35: 1006-1008.
- Holme, N. A. et R. L. Barrett. 1977. A sledge with television and photographic cameras for quantitative investigation of the epifauna on the continental shelf. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 57: 391-403.
- Jamieson, G. S., H. Stone et M. Etter. 1982. Predation of sea scallops (*Placopecten magellanicus*) by lobster (*Homarus americanus*) and rock crabs (*Cancer irroratus*) in underwater cage enclosures. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 499-505.
- Jangoux, M. et J. M. Lawrence. 1982. Echinoderm nutrition. Rotterdam, Netherlands, A. A. Balkema. 654 pp.
- Minello, T. J. 1993. Chronographic tethering: a technique for measuring prey survival time and testing predation pressure in aquatic habitats. Mar. Ecol. Prog. Ser. 101: 99-104.
- Nadeau, M. et G. Cliche. 1998. Predation of juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus*) by crabs (*Cancer irroratus* and *Hyas* sp.) and starfish (*Asterias vulgaris*, *Leptasterias polaris*, and *Crossaster papposus*). J. Shellfish Res. 17(4): 905-910.
- Nadeau, M. et G. Cliche. 2004. Évaluation de la survie des pétoncles géants (*Placopecten magellanicus*) juvéniles lors d'ensemencements expérimentaux menés aux Îles-de-la-Madeleine. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Cahier d'information 140: 28 pp.
- Naidu, K. S. et S. Meron. 1986. Predation of scallops by american plaice and yellowtail flounder. Document de recherche 86/62: 25 pp.
- Novak, M. 2004. Diurnal activity in a group of Gulf of Maine decapods. Crustaceana 77(5): 603-620.
- Pêches et Océans Canada. 2007. Protocoles d'échantillonnage des captures commerciales des poissons et d'invertébrés marins du Golfe de Saint-Laurent. Révisé le 04 juin 2007. 142 pp. <http://www.osl.gc.ca/sampling/fr/index.html>.
- Peterson, C. H. et R. Black. 1994. An experimentalist's challenge: when artifacts of intervention interact with treatments. Mar. Ecol. Prog. Ser. 111: 289-297.
- Rebach, S. 1996. Role of prey odor in food recognition by rock crabs, *Cancer irroratus* Say. J. Chem. Ecol. 22(12): 2197-2207.
- Rittschof, D. 1992. Chemosensation in the daily life of crabs. Amer. Zool. 32(3): 363-369.
- Rumohr, H. 1995. Monitoring the marine environment with imaging methods. Sci. Mar. 59(Supl. 1): 129-138.
- Scarratt, D. J. et R. Lowe. 1972. Biology of rock crab (*Cancer irroratus*) in Northumberland Strait. J. Fish. Res Board Can. 29: 161-166.



- Sloan, N. A. 1980. Aspects of the feeding biology of asteroids. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 18: 57-124.
- Stokesbury, K. D. 2002. Estimation of sea scallop abundance in closed areas of Georges Bank, USA. *Trans. Am. Fish. Soc.* 131: 1081-1092.
- Stokesbury, K. D., B. P. Harris, M. C. Marino II et J. I. Nogueira. 2004. Estimation of sea scallop abundance using a video survey in off-shore US waters. *J. Shellfish Res.* 23(1): 33-40.
- Talman, S. G., A. Norkko, S. F. Thrush et J. E. Hewitt. 2004. Habitat structure and the survival of juvenile scallops *Pecten novaezelandiae*: comparing predation in habitats with varying complexity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 269: 197-207.
- Veale, L. O., A. S. Hill et A. R. Brand. 2000. An in situ study of predator aggregations on scallop (*Pecten maximus* (L.) dredge discards using a static time lapse camera system. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 255: 111-129.
- Volkov, Y. P., A. A. Dadaev, V. S. Levin et A. M. Murakhveri. 1982. Changes in the distribution of the yezo scallop (*Pecten yessoensis*) and starfishes after mass planting of the scallop on the bottom of Vityaz Bay (Sea of Japan). *Biol. Morya (Vladivost)* 4: 37-43.
- Wong, M. C., L.-A. Davidson, L. A. Grecian et M. A. Barbeau. 2001. Predation on seeded juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus*) in the Northumberland Strait. *Aquacul. Assoc. Canada Spec. Publ.* 4: 93-96.
- Zafiriou, O. 1972. Response of *Asterias vulgaris* to chemical stimuli. *Mar. Biol.* 17: 100-107.
- Zafiriou, O., K. J. Whittle et M. Blumer. 1972. Response of *Asterias vulgaris* to bivalves and bivalve tissue extracts. *Mar. Biol.* 13: 137-145.