



SODIM

Société de développement de l'industrie maricole inc.


*Caractérisation de la dynamique des étoiles
de mer (*Asterias sp.*) dans la lagune de
Havre-aux-Maisons dans un contexte de
gestion de la production maricole*

Rapport final

Dossier n° 710.132

Rapport commandité par la SODIM

Avril 2007



**Caractérisation de la dynamique des étoiles de mer (*Asterias* sp.)
dans la lagune de Havre-aux-Maisons
dans un contexte de gestion de la production maricole**

Rapport d'étape

**Mélanie Bourgeois
Madeleine Nadeau et
François Bourque**



MAPAQ, DIT-CeMIM, Cap-aux-Meules

Avril 2007

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	3
LISTE DES TABLEAUX.....	3
1. INTRODUCTION	4
2. MÉTHODOLOGIE.....	6
2.1 Inventaires de la population d'étoiles de mer	6
2.1.1 Méthode d'inventaires.....	6
2.1.2 Critères d'identification des espèces d'étoiles de mer	8
2.2 Mesure des températures.....	8
2.3 Caractérisation du cycle de reproduction.....	10
2.3.1 Mesure du rendement gonadique	10
2.3.2 Évaluation de la densité larvaire	10
2.3.3 Suivi du captage	11
2.4 Évaluation du contrôle des étoiles de mer.....	12
2.4.1 Évaluation de l'efficacité du contrôle	12
2.4.2 Évaluation des coûts du contrôle.....	13
2.5 Évaluation du potentiel biotechnologique.....	13
3. RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES	15
3.1 Caractérisation de la population d'étoiles de mer dans la lagune	15
3.2 Caractérisation du cycle de reproduction.....	16
3.3 Évaluation du contrôle des étoiles de mer.....	18
4. DISCUSSION.....	21
5. RECOMMANDATIONS	23
6. RÉFÉRENCES	24

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Positions approximatives des sites conchylicoles, des traits d'inventaires, des échantillonnages larvaires, des suivis de captage et des sondes de température dans la lagune de Havre-aux-Maisons en 2006.	7
Figure 2. Schéma du montage utilisé pour le mouillage des sondes de température sur les 3 stations de profondeur différente (1, 3 et 5 m).	8
Figure 3. Schéma du montage des collecteurs expérimentaux d'étoiles de mer utilisés dans la lagune de Havre-aux-Maisons en 2006.	11
Figure 4. Étapes de travail pour l'évaluation du rendement de récolte lors d'un contrôle des étoiles de mer : pesée, dénombrement et mesure de taille.	12
Figure 5. Mode de récupération du liquide cœlomique des étoiles de mer.	14
Figure 6. Densités moyennes des étoiles de mer en fonction des secteurs inventoriés avec le traîneau; a) ensemble des traits perpendiculaires à la côte dans les secteurs Ouest, Centre et Est et b) traits situés au centre de la zone Est.	15
Figure 7. Structures de taille (rayon, cm) des étoiles de mer inventoriés.	16
Figure 8. Températures moyennes journalières dans la lagune de Havre-aux-Maisons en 2006.	17
Figure 9. Évolution du rendement gonadique (\pm É.T.) des étoiles de mer <i>Asterias</i> hybride (n=15).	17
Figure 10. Évolution de la densité larvaire (nombre/l) des étoiles de mer dans la lagune de Havre-aux-Maisons en 2006.	18

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Principaux critères d'identification des deux espèces d'étoiles de mer <i>Asterias rubens</i> et <i>Asterias forbesi</i> .	9
Tableau 2. Proportion d' <i>A. rubens</i> .	16
Tableau 3. Bilan des résultats obtenus lors des essais de contrôle d'étoiles de mer sous les filières mytilicoles.	19
Tableau 4. Estimation des coûts de récolte selon les scénarios (1) 65\$ et (2) 75\$ / heure de plongée et estimation du volume de liquide cœlomique total en fonction de la période de contrôle.	20

1. INTRODUCTION

La lagune de Havre-aux-Maisons, située aux Îles-de-la-Madeleine, est un site important pour l'élevage de la moule bleue (mytiliculture), du pétoncle géant (pectiniculture) et de la mye commune (myiculture). Ce site abrité, où la quantité de nourriture disponible et la température moyenne de l'eau sont plus élevées qu'en milieu ouvert, possède des avantages indéniables pour la conchyliculture. Au cours des dernières années, une présence croissante des étoiles de mer (*Asterias* sp.) y a été notée. Ce prédateur important de bivalves pose problème à divers niveaux. Au stade larvaire, les étoiles de mer peuvent s'infiltrer dans les structures d'élevage en suspension. Étant donné la protection offerte et la nourriture accessible, elles croissent rapidement pour ensuite s'attaquer aux animaux d'élevage. Par exemple, en 2005, les pétoncles mis en élevage dans le cadre d'un projet de pré-grossissement hâtif ont subi une prédation importante par les étoiles de mer. Au stade adulte, les étoiles de mer sont des prédateurs redoutables et peuvent se déplacer pour accéder aux animaux d'élevage présents sur les boudins ou dans les paniers d'élevage. Il est donc important d'intégrer des approches de contrôle ou d'évitement des étoiles de mer dans les stratégies de gestion des opérations maricoles.

Afin d'améliorer la gestion des élevages maricoles dans la lagune de Havre-aux-Maisons, il apparaît essentiel de documenter la dynamique de la population d'étoiles de mer particulièrement au niveau de sa répartition dans la lagune, ses déplacements et son cycle de reproduction. Une meilleure connaissance de la population d'étoiles de mer permettra à un gestionnaire de choisir le mode de mitigation le plus efficace soit via le contrôle direct des densités d'étoiles de mer ou une adaptation de la stratégie d'élevage en fonction du cycle naturel du prédateur. Bien que des concentrations d'étoiles de mer soient observées sous les structures d'élevage en été, leur répartition dans la lagune de même que leur déplacement en fonction de la température ou d'autres facteurs sont inconnus. Des informations préliminaires laissent présager que l'étoile de mer *Asterias rubens* (anciennement *A. vulgaris*), dominante dans la lagune il y a une dizaine d'années, a été remplacée par *Asterias forbesi* (CeMIM, données non publiées).

Certaines informations recueillies par les plongeurs laissent croire que les déplacements des étoiles de mer dans la lagune de Havre-aux-Maisons sont influencés par la température de l'eau des lagunes ou la disponibilité de nourriture et que des concentrations d'étoile seraient présentes sous les filières d'élevage particulièrement durant la période estivale. Il s'agirait donc

d'une occasion unique pour procéder à un certain contrôle des densités d'étoiles dans le but de limiter la progression rapide de leur abondance. Dans l'optique d'un contrôle des densités d'étoiles de mer, il s'avère judicieux de prévoir un débouché pour cette ressource naturelle et ainsi financer, entièrement ou en partie, les coûts de l'opération. Actuellement, le domaine des biotechnologies s'intéresse particulièrement aux propriétés moléculaires des étoiles de mer. Le groupe OCEANOVA de Rimouski a déjà fait part de leur intérêt pour cet approvisionnement. Ils sont donc particulièrement intéressés par les données d'inventaires et de capacité de récolte que fournira l'étude. De plus, un échantillonnage régulier des étoiles de mer permettra de documenter les variabilités temporelles de la qualité du produit.

L'objectif de l'étude consistait à récolter une série de données sur les étoiles de mer présentes dans la lagune de Havre-aux-Maisons, site maricole important aux Îles-de-la-Madeleine. Les principaux volets du projet ont consisté à :

1. Caractériser la dynamique des étoiles de mer dans la lagune ;
2. Documenter leur cycle de reproduction par des analyses de rendement gonadique, larvaire et de fixation ;
3. Tester une approche de contrôle de la population des étoiles de mer ;
4. Collaborer à des études biotechnologiques.

2. MÉTHOLOGIE

2.1 Inventaires de la population d'étoiles de mer

La lagune de Havre-aux-Maisons présente une superficie d'environ 36 km². Des données de bathymétrie récemment compilées (ZIP, Îles-de-la-Madeleine) révèlent des profondeurs allant jusqu'à 8 mètres près du chenal de Havre-aux-Maisons. Les sites d'élevage mytilicole et pectinicole se situent au centre de la lagune à une profondeur variant entre 5 et 6 mètres.

2.1.1 Méthodes d'inventaires

Les inventaires d'étoiles de mer ont été réalisés dans la lagune de Havre-aux-Maisons à l'aide d'une caméra (TUFFCAM SVS, S-500/21, résolution 400 pixels, champ de vision 87°) montée sur un traîneau et permettant une couverture d'une largeur de 73 cm. Un total de 25 traits ont été effectués par inventaire (Figure 1), dont 20 traits perpendiculaires à la côte d'une longueur de 500 m, trois traits de 500 m au centre de la lagune dans la portion nord-est, un trait d'environ 100 m près de l'Île Rouge et un dernier trait de 890 m le long du chenal au sud de l'Île Rouge vers le quai du Cap-Vert.

Les inventaires ont été réalisés sur quatre périodes, soit trois inventaires complets du 24 au 31 mai 2006, du 17 au 24 août 2006 et du 16 au 25 octobre 2006 et un inventaire partiel du 27 juin au 10 juillet 2006. Lors de l'inventaire partiel, 15 traits ont été effectués, soit les traits portant des nombres impairs pour les 23 premiers traits en plus des traits situés près du chenal et celui du centre de la lagune. Les images ont été enregistrées à l'aide d'un moniteur enregistreur (SONY, VideoWalkman Hi-8, GV-A500). La profondeur et la position du bateau ont été notées, à partir d'un échosondeur (FURUNO FCV522) et un système de positionnement DGPS (FURUNO, DGPS-GP36) à toutes les deux minutes d'enregistrement. La hauteur de la marée, la direction et la force du vent ainsi que le couvert nuageux ont été notés à chaque sortie.

Les inventaires dans le secteur où sont situées les structures d'élevage conchylicoles ont été réalisés en plongée sous-marine les 30 mai, 11 juillet, 10 août, 6 octobre et 29 novembre 2006. À chacun des inventaires des plongeurs, munis d'une caméra digitale manuelle (SONY DigitalHandyCam, DCR-VX2000 NTSC, 340 000 pixels), ont parcouru 4 traits perpendiculairement aux sites d'élevages (Figure 1) d'une longueur approximative de 200 m (20

minutes de plongée). Les positions de début et de fin de traits ont été notées. Un cadre de métal de 50 cm x 50 cm a été installé sur la caméra pour permettre une prise d'images de largeur et d'angle uniformes.

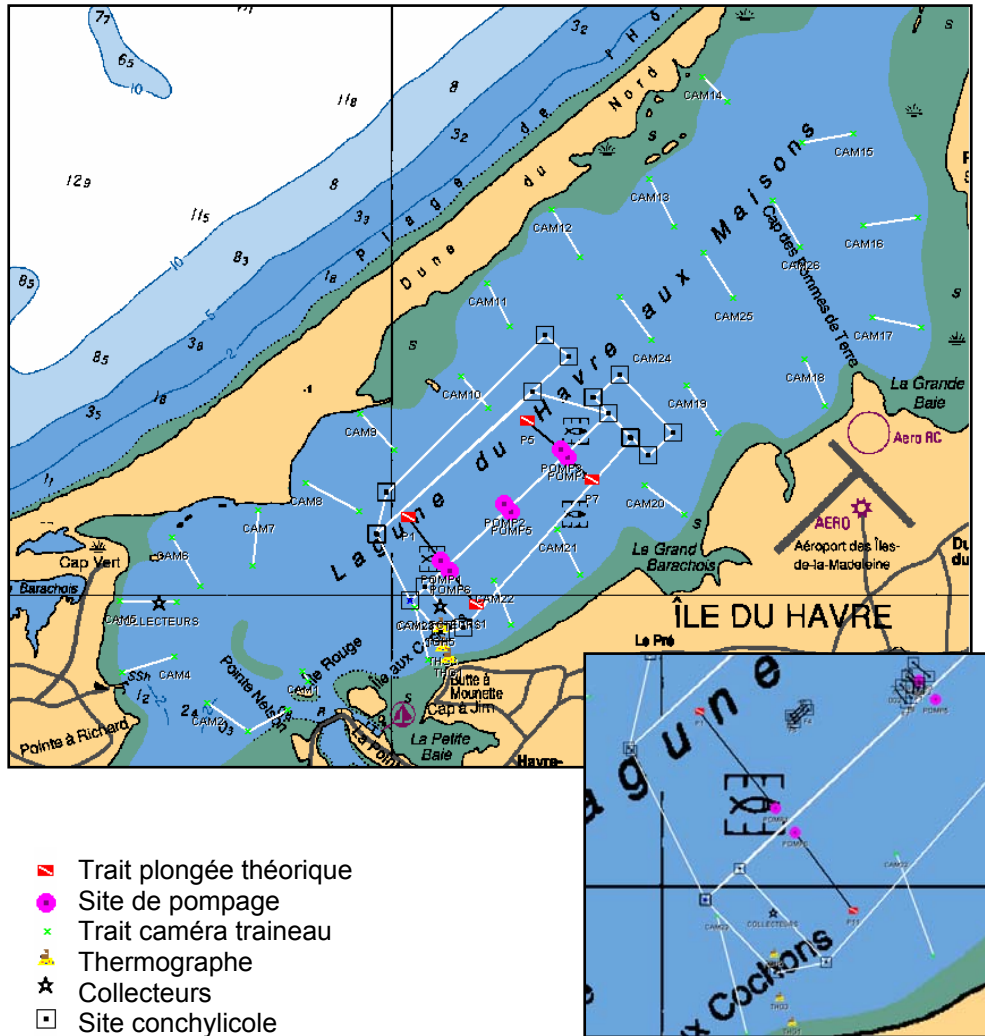


Figure 1. Positions approximatives des sites conchylicoles, des traits d'inventaires, des échantillonnages larvaires, des suivis de captage et des sondes de température dans la lagune de Havre-aux-Maisons en 2006.

L'analyse des images a été réalisée avec le logiciel Image Pro. Une séquence sur deux, d'une durée de 2 minutes d'enregistrement, a été analysée pour chacun des traits effectués par le traîneau. L'évaluation grossière de l'abondance et du stade de développement des zostères a été réalisée pour chaque trait et période d'inventaire. Les images recueillies lors des inventaires en plongée sont encore sous analyse. Pour tous les inventaires, les étoiles de mer sont dénombrées

et mesurées (rayon, mm). L'espèce est déterminée lorsque possible selon les critères d'identification décrits dans la section 2.1.2. Les données de profondeur, l'information sur les zostères ainsi que les données de densité et de biomasse des étoiles de mer seront cartographiées à l'aide d'un logiciel de géostatistique (Surfer 8.0).

2.1.2 Critères d'identification des espèces d'étoiles de mer

Divers critères morphologiques (tirés des travaux de Bourget, 1997, Clark et Downey, 1992, Meinkoth, 1981, Gosner, 1979, Bousfield, 1964, Miner, 1950) permettent de distinguer les deux espèces d'*Asterias* présentes dans la lagune de Havre-aux-Maisons (Tableau 1). *A. forbesi* se distingue de *A. rubens* entre autres par sa couleur plus grisâtre à noirâtre, sa texture plus rêche et sa plaque madréporite variant dans les teintes d'orangées. De plus, son corps est plus rigide, de par la formation de son squelette, ses bras plus effilés, plus cylindriques et les bouts arrondis. Le disque central est également plus défini. Les épines de cette étoile de mer sont dispersées sur tout son corps et elle ne possède pas de ligne longitudinale d'épines au centre de ses bras comme *A. rubens*. Des formes hybrides sont également possibles et portent alors des caractéristiques de l'une ou l'autre des espèces.

2.2 Mesure des températures

Trois sondes de température de type HOBO® (Temp, Anset computer corporation, H8 logger) ont été installées à environ 30 cm du fond sur 3 stations de profondeurs d'eau différentes soit 1 m, 3 m et 5 m (Figure 2). La sonde de température a été installée au-dessus d'un poids et maintenue dans la colonne d'eau à l'aide d'une petite bouée. Le poids de la sonde a été relié à un second poids à l'aide d'un cordage d'environ 15 m permettant la récupération des sondes de température à l'aide d'un grappin, sans l'utilisation de bouée de surface.

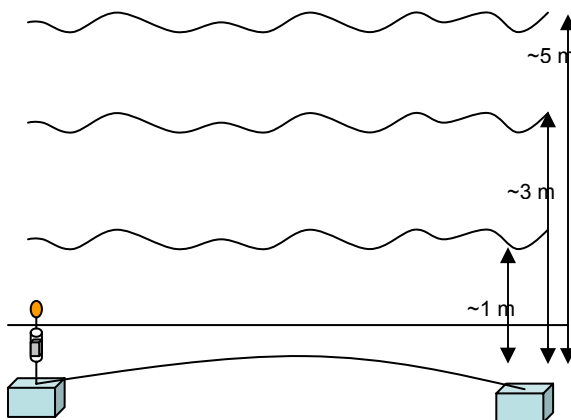


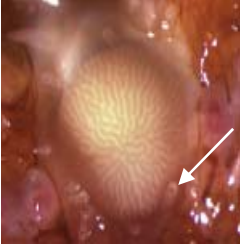



Figure 2. Schéma du montage utilisé pour le mouillage des sondes de température sur les 3 stations de profondeur différente (1, 3 et 5 m).

Tableau 1. Principaux critères d'identification des deux espèces d'étoiles de mer *Asterias rubens* et *Asterias forbesi*.

<i>A. rubens</i>	Critères d'identification	<i>A. forbesi</i>
	<p>1. Mou</p> <p>2. Variable : orangé, violacé, rosacé</p> <p>3. Grandes, plats, effilés au bout, s'élargissent près du disque</p>	<p>1. Rigide</p> <p>2. Variable : noirâtre, grisâtre, brunâtre, verdâtre</p> <p>3. Cylindriques, bouts arrondis</p>
	- Élançées et pointues	- Petites, ressemblant à un tubercule
	- Présence d'une rangée longitudinale d'épines sur les bras	- Absence d'une rangée longitudinale d'épines sur les bras
	- Séparées par des rangées de papules	- Dispersées uniformément
	Insérées environ à la moitié supérieure des épines	Insérées à la base des épines
	Allongés et pointus	Petits, presque circulaires
	Beige à jaunâtre	Différents tons d'orangés

(Modifié de Clark et Downey (1992), photos de M. Bourgeois et S. Boudreau)

2.3 Caractérisation du cycle de reproduction

2.3.1 Mesure du rendement gonadique

La période de ponte a été déterminée par un échantillonnage hebdomadaire du rendement gonadique des étoiles de mer sur un échantillon de 15 individus (> 80 mm de rayon). L'utilisation de casiers coniques à étoiles de mer s'étant avérée infructueuse comme moyen de récolte, l'approvisionnement a été assuré par des plongeurs. Les étoiles ont été récupérées sous ou sur les filières d'élevage mytilicoles. Les échantillonnages se sont déroulés à toutes les semaines du 31 mai au 11 septembre 2006. Lorsque possible, les rendements gonadiques ont été déterminés pour les deux espèces d'étoiles de mer. Aucune étoile de mer n'a pu être échantillonnée dans la semaine du 7 juin 2006 en raison des mauvaises conditions météorologiques.

Suite à leur capture, les étoiles de mer ont été ramenées au laboratoire et mises à égoutter sur deux couches de papier brun sur des tôles d'aluminium puis recouvertes d'un sac de plastique pour éviter leur dessiccation. Elles ont été maintenues durant 24 heures en chambre froide à 4°C . Les étoiles ont ensuite été mesurées (rayon, mm) et pesées (g), puis les gonades ont été prélevées et pesées. Les gonades et le restant de l'animal ont été séchés à l'étuve à 70°C durant 48 heures. Les rendements gonadiques (RGS) frais et secs ont ensuite été déterminés à partir du ratio entre le poids de la gonade et le poids du reste de l'animal, multiplié par 100.

2.3.2 Évaluation de la densité larvaire

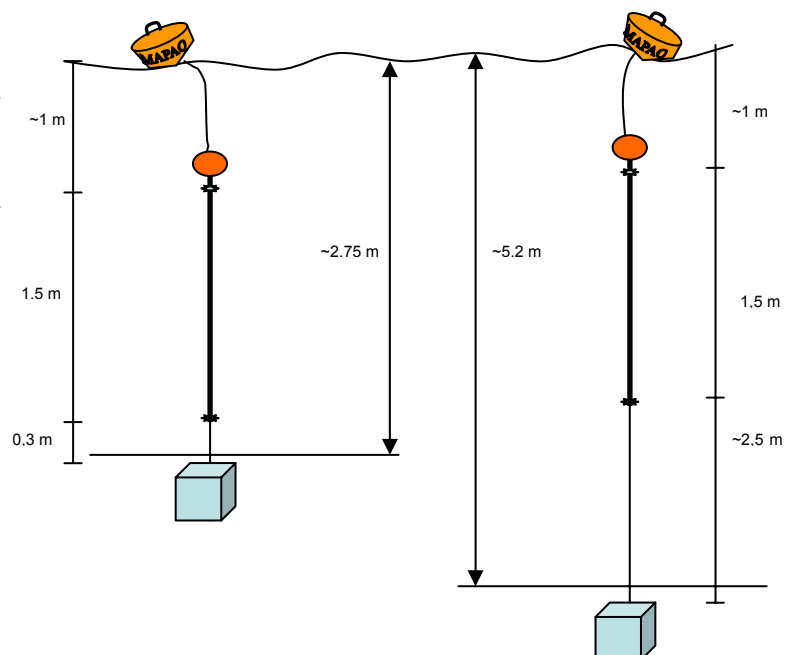
La densité larvaire des étoiles de mer a été estimée dans des échantillons d'eau récupérés sur six stations dans les environs des structures d'élevage conchylicoles (Figure 1). Les prélèvements ont été réalisés à chaque semaine du 5 juin au 26 septembre 2006 entre 0,3 m et 3,1 m de la surface à l'aide d'une pompe submersible (Bilge Pumps Rule, 3500 gph, 12 volt, modèle 14). Un volume d'eau de 1800 L, a été filtré sur des tamis de $800\ \mu\text{m}$, $209\ \mu\text{m}$ et $80\ \mu\text{m}$ choisis en fonction de la taille des larves (Aucoin *et al.*, 2002). Le contenu du dernier tamis ($80\ \mu\text{m}$) a servi à vérifier la présence des premiers stades larvaires d'étoiles de mer durant les premières semaines d'échantillonnage. Par la suite, seul le contenu du tamis de $209\ \mu\text{m}$ a été conservé pour fin d'analyse. Les échantillons de larves récupérés aux 6 stations de pompage pour une même

sortie ont été mis en commun pour l'analyse. Les larves ont été conservées au frais (2 à 4 °C) dans de l'eau salée filtrée et rapportées au laboratoire pour y être dénombrées et mesurées au binoculaire. Les stades de développement ont également été déterminés. La densité larvaire a été estimée en fonction du volume d'eau pompé.

2.3.3 Suivi du captage

Des collecteurs simples, constitués d'une section de cordage usagé de 2 cm de diamètre (polyrope) et d'une longueur approximative de 1,5 m, ont été utilisés pour déterminer la période de fixation des larves d'étoiles de mer. Tous les collecteurs ont été reliés à un système de pesée et d'une bouée de soutien afin d'être installés et prélevés de façon individuelle. Une bouée supplémentaire identifiait le collecteur en surface. Les collecteurs ont été installés pour couvrir une profondeur comprise entre 1 m et 2,5 m de la surface (Figure 3). Ces structures ont été mouillées sur deux stations localisées près des structures d'élevage conchylicoles (Figure 1). Afin de cibler la période de captage maximal et la période d'étalement de la fixation, une rotation de deux séries de trois collecteurs a été réalisée à chaque station pour un total de 12 collecteurs (2 stations x 2 séries x 3 collecteurs / série) à l'eau en même temps. La mise à l'eau de la première série de collecteurs a été réalisée le 2 juillet 2006 et celle de la deuxième série, la semaine suivante. Les séries de collecteurs ont ensuite été remontées et remplacées à toutes les 2 semaines. De plus, les collecteurs de la deuxième série ont été mouillés entre ceux de la

Figure 3. Schéma du montage des collecteurs expérimentaux d'étoiles de mer utilisés dans la lagune de Havre-aux-Maisons en 2006.



première série afin d'éviter un biais spatial. Une distance de 10 m séparait chaque collecteur. Les suivis se sont déroulés du 18 juillet 2006 au 10 septembre 2006. Sur les collecteurs récoltés à chaque semaine, une section de 30 cm a été échantillonnée dans la partie centrale du collecteur. Cette section a été conservée dans l'éthanol 90 % jusqu'à l'analyse au binoculaire. Lors de l'analyse, les étoiles de mer ont été dénombrées et mesurées.

2.4 Évaluation du contrôle des étoiles de mer

Des essais de contrôle ont été réalisés à 3 périodes soit le 12 juillet, le 16 août et le 14 septembre 2006 sous les filières d'élevage mytilicoles.

2.4.1 Évaluation de l'efficacité du contrôle

Les essais de récolte d'étoiles de mer ont été réalisés sous les structures d'élevage. Les filières ont été prises au hasard à l'intérieur du site mytilicole. À chaque période de contrôle, neuf filières ont été sélectionnées dans trois secteurs différents du site d'élevage (Figure 1, encadré). Pour une filière donnée, la position de départ a été identifiée à l'aide d'une bouée de surface relâchée par les plongeurs. Les plongeurs ont ensuite recueilli des images vidéo sous la filière à l'aide d'une caméra digitale manuelle (SONY DigitalHandyCam, DCR-VX2000 NTSC, 340 000 pixels). À leur remontée, la position finale de la filière a aussi été notée. Les plongeurs, dotés chacun d'un sac de plongée, ont ensuite effectué une seconde plongée sous la même filière pour récolter un maximum d'étoiles de mer de toutes les tailles et de toutes les espèces durant un maximum de 15 minutes. Pour chaque filière, le poids total d'étoile de mer récolté par les deux plongeurs ainsi que le nombre ont été déterminés (Figure 4). Un échantillon de 30 étoiles a été mesuré. Les plongeurs ont ensuite effectué une dernière plongée sous la filière pour recueillir



Figure 4. Étapes de travail pour l'évaluation du rendement de récolte lors d'un contrôle des étoiles de mer : pesée, dénombrement et mesure de taille.

des images après le contrôle. Les étoiles de mer présentes sur les images vidéo avant et après le contrôle ont ensuite été dénombrées. Les données concernant le rendement de récolte seront utilisées pour estimer les coûts du contrôle.

2.4.2 Évaluation des coûts du contrôle

Les données de rendement et de temps de récolte obtenues permettent d'évaluer les coûts de récolte pour un volume spécifique débarqué. Pour évaluer les coûts d'une telle opération, les calculs doivent inclure les coûts de plongée selon 2 scénarios (65 \$ ou 75 \$/h), le coût de location du bateau et le temps requis pour effectuer l'ensemble des manipulations de contrôle par filière en fonction du poids d'étoiles de mer récolté. Les calculs n'incluent pas le temps de surface des plongeurs puisqu'il est variable selon les plongeurs car il s'agit du temps nécessaire à la décompression, au changement de bonbonnes ou à des pauses de travail et dépendent de la capacité physique et respiratoire des plongeurs ainsi que de la durée et profondeur des plongées. La profondeur maximale de la lagune est de 8 m. Les calculs sont uniquement basés sur les temps requis pour récupérer les étoiles sous une filière complète. Le temps et le poids des étoiles de mer utilisés dans les calculs correspondent au temps et poids moyen par filière. Il est également important d'ajouter à ces valeurs un coût fixe pour chacune des sorties qui correspond au temps de déplacement (bateau et plongeurs) vers le site.

2.5 Évaluation du potentiel biotechnologique

Des étoiles de mer destinées aux travaux de biotechnologie ont été récoltées en plongée à 7 reprises entre le 2 juin et le 29 novembre 2006 sur une fréquence quasi-mensuelle. À chaque récolte, 15 individus mesurant entre 70 et 100 mm de rayon ont été récoltés. Les étoiles ont été maintenues dans un bac d'eau salée, renouvelée à quelques reprises, jusqu'au laboratoire. Après avoir été mesurées et éponnées, les étoiles de mer ont été suspendues par un bras au-dessus d'un récipient de récupération (Figure 5). Un des bras orientés vers le bas a été sectionné environ du tiers pour laisser écouler le liquide cœlomique. Une fois le liquide récupéré, un second bras adjacent au premier a été sectionné et ainsi de suite pour la totalité des bras afin d'évider complètement l'animal. Les bouts de bras sectionnés ont été conservés dans des contenants différents. Les contenants avec le liquide et les bouts de bras appartenant à un même spécimen

ont été appariés et mis dans un congélateur à -80 °C jusqu'à leur envoi dans les laboratoires d'OCÉANOVA Biotechnologie Inc. À ce jour, les échantillons ont été expédiés au laboratoire analyse d'OCÉANOVA Biotechnologie Inc et les analyses seront faites ultérieurement.

Afin d'évaluer le volume de liquide cœlomique en fonction de la taille, 10 étoiles par classe de taille (< 5 cm, 5-10 cm et >10 cm) ont été prélevées et ramenées au laboratoire. Pour chaque spécimen, la quantité de liquide récoltée a été notée. Cette opération a été réalisée à une seule reprise soit le 13 juillet 2006.



Figure 5. Mode de récupération du liquide cœlomique des étoiles de mer.

3. RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

3.1 Caractérisation de la population d'étoiles de mer dans la lagune

Les images provenant des inventaires avec le traîneau ont toutes été traitées et font l'objet d'une analyse préliminaire pour le présent document. Ces premières données démontrent des densités moyennes d'environ 0,4 étoile/m² (Figure 6a). Les traits du secteur Est (traits 13-18) présentent des densités moyennes généralement constantes, avec une légère baisse en août. Une augmentation de la densité sur les traits situés dans les secteurs Ouest (traits 1-8, 23) et Centre (traits 9-12, 19-22) a été notée lors de l'inventaire d'août. Les traits situés au centre de la zone est (traits 24-26) présentent des densités relativement élevées (Figure 6b). Une augmentation régulière est notée sur le trait 25 qui a atteint une densité de près de 1 étoile/m² en moyenne en septembre.

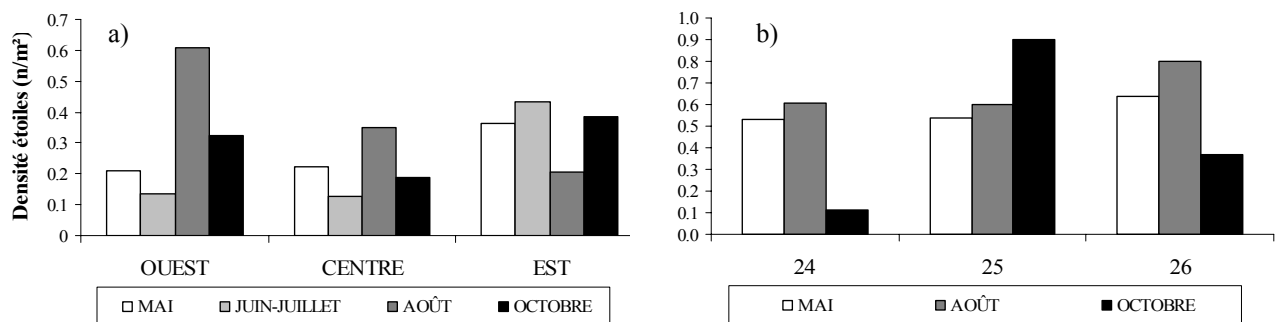


Figure 6. Densités moyennes des étoiles de mer en fonction des secteurs inventoriés avec le traîneau a) ensemble des traits perpendiculaires à la côte dans les secteurs Ouest, Centre et Est et b) traits situés au centre de la zone Est.

La taille des étoiles de mers inventoriées durant les périodes d'inventaire ne démontre pas de différence importante dans le temps. La majorité des étoiles de mer (70-80%) sont de petite taille et mesurent de 1 à 4 cm de rayon (Figure 7).

La proportion d'*A. rubens* parmi toutes les étoiles inventoriées a varié de 0 % à 20 % (Tableau 2). De plus, seulement quelques spécimens semblant appartenir à l'espèce *A. forbesi* ont été rapportés par les plongeurs. Le reste des étoiles de mer dans la lagune (la majorité) est de type hybride portant des caractéristiques des deux espèces. La répartition des deux espèces lors des inventaires en plongée reste à être analysée.

Tableau 2. Proportion d'*A. rubens*.

% <i>A. rubens</i>	Source
12	Étoiles récupérées RGS
20	Inventaire caméra traîneau mai
13	Inventaire caméra traîneau juin-juillet
0	Contrôle étoiles juillet-août-septembre
?	Inventaires plongée (à venir)

La répartition de la zostère reste à être traitée. Les données de température tendent à démontrer une température plus élevée à 1 m > 3 m > 5 m au cours de la période s'étalant du 18 mai au 3 septembre 2006 (Figure 8). Cet écart est toutefois plus prononcé en début de saison. Après cette période, les températures au trois profondeurs sont pratiquement similaires.

3.2 Caractérisation du cycle de reproduction

Les rendements gonadiques ont surtout été mesurés sur des étoiles de mer hybrides en raison de leur abondance dans les échantillonnages. Les rendements gonadiques, toutes tailles confondues, ont présenté une baisse progressive s'étalant sur un mois soit entre le 12 juin et le 11 juillet 2006 (Figure 9). La ponte semble donc s'être produite durant cette période. Les quelques données disponibles pour l'espèce *A. rubens* tendent à démontrer une ponte légèrement décalée avec l'espèce hybride. Les étoiles de mer *A. forbesi* ont

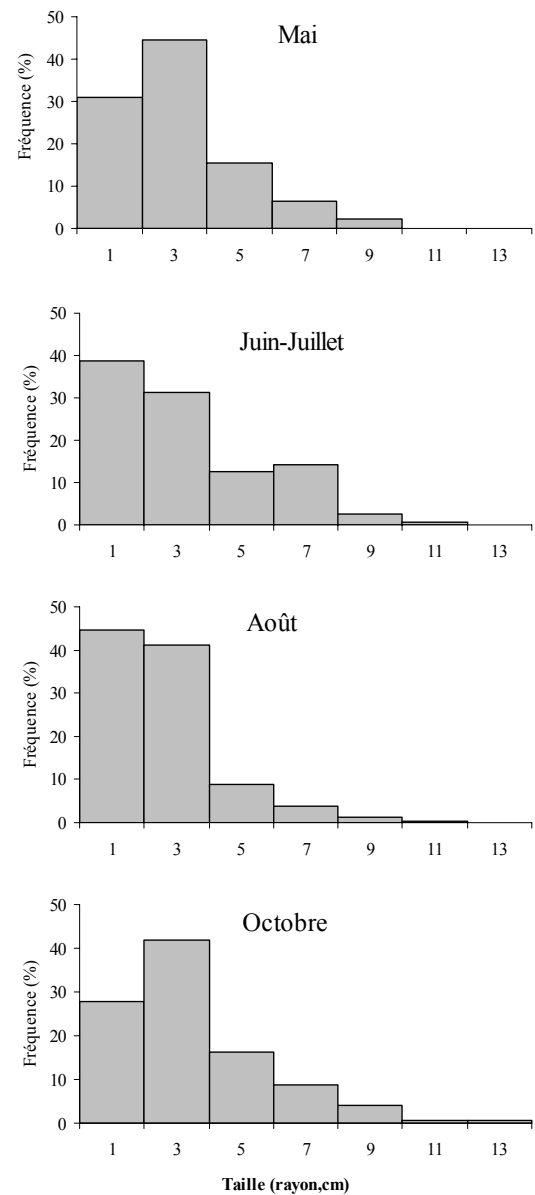


Figure 7. Structures de taille (rayon, cm) des étoiles de mer inventoriées

été insuffisantes pour déterminer leur rendement gonadique.

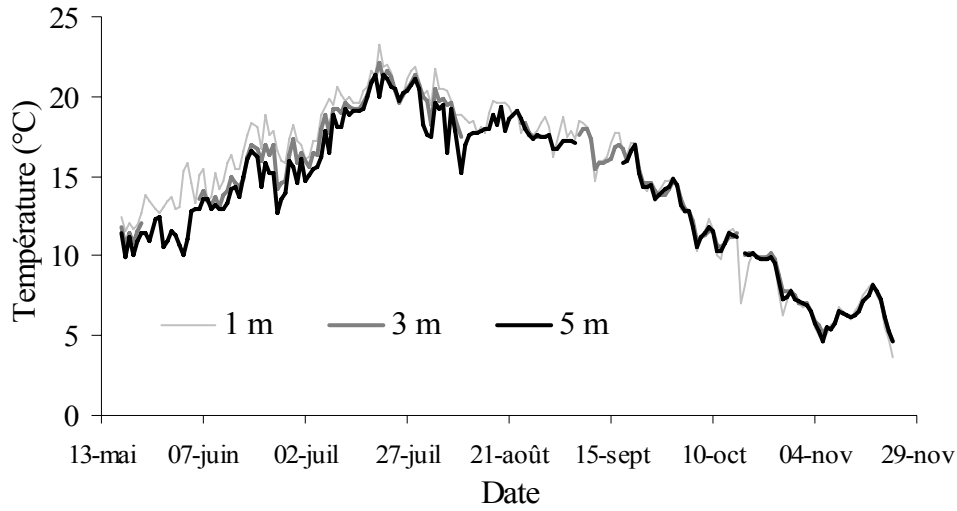


Figure 8. Températures moyennes journalières dans la lagune de Havre-aux-Maisons en 2006.

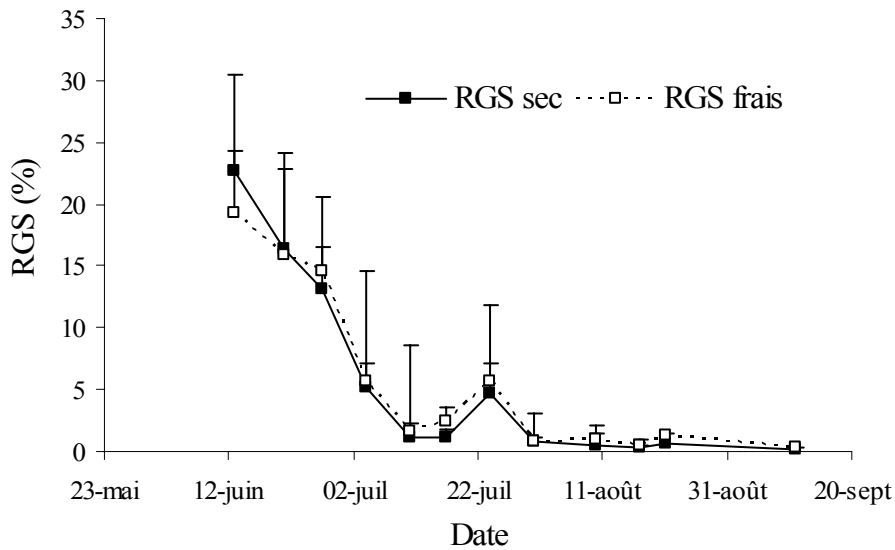


Figure 9. Évolution du rendement gonadique sec (\pm É.T.sup.) des étoiles de mer *Asterias hybride* (n=15).

Quelques larves ont été observées au cours de l'étude mais un seul pic de larves, 0,0138 larve / l, a été observé le 17 août 2006 (Figure 10). Le stade de développement des larves n'a pas été homogène pour une journée d'échantillonnage donnée et, contrairement aux résultats obtenus lors du suivi de la ponte, a plutôt laissé supposer des pontes asynchrones.

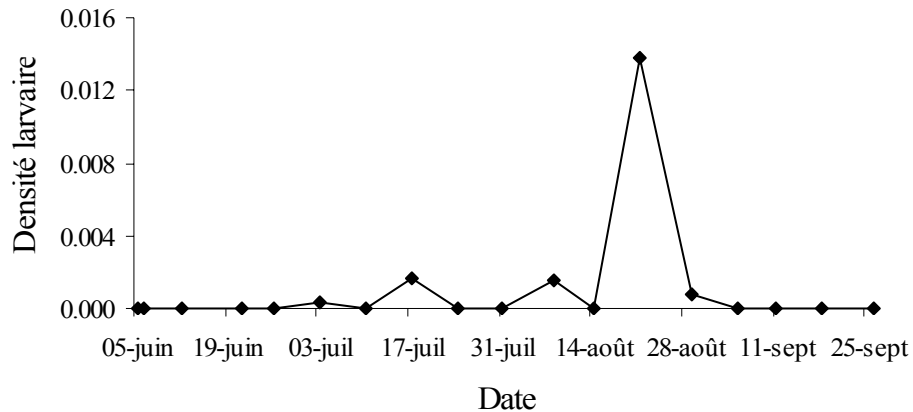


Figure 10. Évolution de la densité larvaire (nombre/l) des étoiles de mer dans la lagune de Havre-aux-Maisons en 2006.

Aucune étoile n'a été captée sur les collecteurs expérimentaux au cours de la période de suivi. Les producteurs de moules n'ont pas observé non plus de captage important d'étoiles de mer sur leur structure d'élevage au cours de l'été. De plus, une fixation secondaire de moules sur les boudins a été noté démontrant ainsi le peu de prédation par les étoiles de mer. Néanmoins, des étoiles de mer d'environ 5 mm (rayon) ont été observées sur les collecteurs de myes vers la mi-août 2006. Il a également été rapporté que les étoiles de mer étaient beaucoup plus petites que celles observées à la même période l'an passé et seraient apparues plus tard sur les collecteurs (comm. perso., Gérald Noël, PGS Noël).

3.3 Évaluation du contrôle des étoiles de mer

Le temps moyen requis aux deux plongeurs pour récolter la totalité des étoiles de mer sous une filière est d'environ 10 minutes pour les trois essais de contrôle (Tableau 3). Le poids d'étoiles de mer récoltées par filière a toutefois varié de 51 g/minute à 2159 g/minute. Les plus faibles débarquements en nombre ont été observés en juillet. Le contrôle d'août a été le plus avantageux en terme de poids et de nombre d'étoiles de mer par minute. Il a permis de récolter

en moyenne 1374 g ou 42 étoiles de mer par minute de récolte. La structure de taille des étoiles de mer débarquées en juillet et août 2006 est similaire avec une taille moyenne respective de 56 ± 30 mm et 54 ± 28 mm de rayon. En août, les classes de taille de 55 à 70 mm ont été légèrement dominantes. Les débarquements de septembre ont été trois fois plus faibles en poids que ceux de août même si le nombre était seulement 1,2 fois plus faible. La taille moyenne a été d'ailleurs un peu plus faible, 48 ± 25 mm, en comparaison avec les deux contrôles précédents. L'efficacité des contrôles pour réduire les densités d'étoiles de mer sous les filières est encore sous analyse. Les plongeurs ont enregistré des images vidéo avant et après les contrôles. Ces images restent à être traitées.

Tableau 3. Bilan des résultats obtenus lors des essais de contrôle d'étoiles de mer sous les filières mytilicoles.

Date du contrôle	# filière	Type filière	Temps de plongée par filière (min)	Poids récolté g/ min	Nombre récolté / min	Taille moyenne (rayon-mm)
12/07/2006	1	commerciale	9	909	25	61,4
	2	commerciale	8	909	26	55,8
	3	commerciale	9	960	36	51,2
	Moy		8,7	925,9	29	56,1
16/08/2006	4	ancienne	6,5	979	26	50,7
	5	1 an	12	985	48	55,2
	6	ancienne	12	2159	54	56,6
	Moy		10,2	1374,3	42	54,2
14/09/2006	7	ancienne	13	769	35	55,7
	8	ancienne	9	51	32	39,3
	9	commerciale	12	530	41	48,5
	Moy		11,3	450,0	36	47,9

En fonction des informations notées lors des contrôles, les coûts de récolte les moins élevés sont ceux du mois d'août avec 3,02 \$/kg d'étoiles de mer calculés selon le premier scénario (Tableau 4). Les coûts du contrôle de juillet ont été légèrement supérieurs soit de 4,71 \$/kg d'étoiles de mer. Une estimation du volume de liquide cœlomique disponible par filière a été calculée à partir de la structure de taille des étoiles de mer récoltées et la relation entre la taille des étoiles de mer et le volume de liquide cœlomique. Le maximum de liquide cœlomique moyen potentiel par filière a été estimé lors du premier contrôle avec 670 ml et le moins élevé lors du dernier contrôle soit de 370 ml. Le contrôle de septembre est donc le plus coûteux étant

donné la taille plus réduite des étoiles affectant directement le poids débarqué et le volume de liquide coelomique qui aurait pu en être retiré. De plus, la durée de la récolte peut être affectée par la petite taille des individus qui sont alors plus difficiles à repérer.

Tableau 4. Estimation des coûts de récolte selon les scénarios (1) 65\$ et (2) 75\$ / heure de plongée et estimation du volume de liquide cœlomique total en fonction de la période de contrôle.

Contrôle	Coût/kg étoile (1)	Coût/kg étoile (2)	Estimation volume liquide cœlomique (ml) / filière
12/07/2006	4,71 \$	5,12 \$	670
16/08/2006	3,02 \$	3,28 \$	530
14/09/2006	8,83 \$	9,60 \$	370

4. DISCUSSION

Bien que les données d'inventaire soient encore sous analyse, il est possible de prédire que l'information récoltée au cours de la saison 2006 permettra de statuer sur la répartition des étoiles de mer dans la lagune. Les étoiles de mer dans la lagune de Havre-aux-Maisons sont principalement des formes hybrides entre les espèces *A. rubens* et *A. forbesi*. La caméra sur traîneau a couvert principalement les zones en périphérie de la lagune et quelques traits centraux dans le secteur Est. Les traits réalisés en plongée, au centre de la lagune sous les filières d'élevage, sont encore sous analyse. L'analyse des données reste à être complétée afin de décrire la distribution des étoiles de mer selon la température de l'eau, la présence de zostère ou tout autre facteur. La distribution des étoiles de mer pourrait être également en lien avec leur taille : les plus petits en périphérie dans la zostère (captage) et les autres dans les zones profondes. Cette hypothèse reste à être vérifiée à partir des données compilées. Ces données seront présentées dans un rapport final qui sera déposé d'ici la fin mai 2007.

Les travaux de caractérisation du cycle de reproduction ont été plus difficiles qu'attendus. Tout d'abord la récolte des géniteurs à l'aide d'un casier conique adapté s'est avérée inefficace. Il a fallu profiter des diverses sorties de plongée dans la lagune pour assurer un approvisionnement en étoiles de mer. Selon les données compilées, la ponte se serait produite entre la mi-juin et la mi-juillet. Toutefois, suite à cette ponte, les densités larvaires ont été faibles, irrégulières et non pas révélées de patron particulier. Il est donc possible que les larves aient été exportées hors de la lagune, lors d'une tempête ou de grandes marées. Cette hypothèse serait également appuyée par le fait qu'aucune étoile n'ait été captée lors des suivis de collecte. Les informations provenant des mariculteurs tendent à confirmer que le recrutement en étoiles de mer a été plutôt faible en 2006.

Les techniques utilisées autant pour la récolte des géniteurs, des larves puis des post-larves ont été questionnées à diverses reprises. La technique utilisée avait pourtant été choisie en fonction des travaux équivalents de F. Bourque (2000-2001) dans le Bassin du Havre-Aubert. Une réflexion devra donc être faite afin d'identifier une technique qui permettra à coup sûr de prédire et suivre l'arrivée des étoiles de mer dans la lagune et ainsi conseiller adéquatement les mariculteurs. Durant le projet, le moment de la ponte a été déterminé par le suivi des RGS. Toutefois, il a été noté que le contenu gonadique des étoiles de mer semblait varier selon leur

emplacement (par exemple si les étoiles de mer étaient récoltées sur une filière ou sur le fond, ou encore en bordure ou au centre de la lagune). La taille des étoiles de mer peut également affecter le rendement gonadique. Il serait donc judicieux d'assurer un suivi sur plus d'un groupe afin de déterminer lequel est le plus déterminant dans l'arrivée des larves. Les méthodes d'échantillonnage larvaire et post-larvaire peuvent également être optimisées. L'ajout de station de pompage pourrait permettre de mieux circonscrire la période larvaire. Aussi la technique d'échantillonnage utilisée pourrait être revue et, s'il y a lieu, améliorée (taille des filtres, pression d'eau, volume d'eau pompée, etc.). Finalement, l'absence d'étoiles de mer sur les structures de captage témoigne du faible recrutement de 2006. Afin de mieux cibler la période de captage, il serait judicieux d'ajouter des collecteurs parmi les structures d'élevage et/ou de réaliser des suivis à même ces structures.

Les essais de contrôle ont démontré la faisabilité de l'approche et permis d'amasser des premières informations sur les coûts de cette opération. L'efficacité de la récolte sur les densités d'étoiles de mer sous les filières est encore sous analyse et devrait être décrite dans le rapport complet qui sera déposé à la fin mai 2007. Une récolte plus hâtive des étoiles pourrait être avantageuse, puisqu'elle permettrait de réduire le nombre d'étoiles participant au recrutement. Le volume de liquide coelomique alors récupéré serait toutefois à vérifier. Les analyses biotechnologiques sont encore sous analyse. Un rapport d'analyse devrait être disponible sous peu.

5. RECOMMANDATIONS

Le volet portant sur la caractérisation de la population d'étoiles de mer dans la lagune de Havre-aux-Maisons, de même que le volet portant sur le contrôle d'étoiles de mer feront l'objet d'un rapport final d'ici la fin mai 2007. Toutefois, étant donné les problèmes rencontrés dans le volet servant à documenter le cycle de reproduction, celui-ci devrait être reconduit. Ce volet est d'autant plus crucial qu'il devait permettre de déterminer quel outil de mesure serait le plus approprié lors des campagnes annuelles de monitoring d'espèces indésirables en appui à l'industrie. Des modifications devront être apportées au protocole initial afin d'accroître la précision des données. Voici certaines propositions qui vont en ce sens.

a) Détermination de la période de ponte :

1. Échantillonner divers groupes d'étoiles de mer (par exemple, un groupe récolté sur les filières, un groupe récolté sous les filières et un autre groupe récolté dans un secteur à densité élevée d'étoiles de mer). Selon les résultats de distribution spatiale des étoiles de mer, un autre groupe présent sur le pourtour de la lagune pourrait être ajouté. Un approvisionnement par les producteurs pourrait également être envisagé.

b) Évaluation de la densité larvaire:

1. Optimiser la méthode d'échantillonnage des larves. Le mode de pompage (pour une profondeur fixe ou sur toute la colonne d'eau), la taille des mailles des tamis de même que le volume d'eau filtré seront révisés afin d'assurer une meilleure récolte larvaire.
2. Augmenter le nombre de station de pompage. Des stations supplémentaires devraient permettre de mieux déterminer la période larvaire.

c) Suivi du captage :

1. Se questionner sur le substrat utilisé pour le suivi du captage. Des essais préliminaires de captage avec du Netron® ou un mouillage prolongé du substrat polyrope n'ont pas rapporté davantage d'étoiles de mer. L'utilisation de plaques de plastique tel que décrit par Balch et Scheibling (2000) pourrait être envisagé.
2. Ajouter des structures de captage autour des sites maricoles.
3. Assurer un suivi des structures commerciales

6. RÉFÉRENCES

Aucoin, F., S. Doiron et M. Nadeau. 2001. Guide d'échantillonnage et d'identification des larves d'espèces à intérêt maricole. MAPAQ-DIT, Guide publication G005.

Balch, T. et R.E. Scheibling. 2000. Temporal and spatial variability in settlement and recruitment of echinoderms in kelp beds and barrens in Nova Scotia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* (205) :139-154.

Bourget, E. 1997. Les animaux littoraux du Saint-Laurent, Guide d'identification, Les presses de l'Université Laval, 268 p.

Bousfield, E. L. 1964. Coquillage des côtes canadiennes de l'Atlantique, Musée National du Canada, Ottawa, 89 p.

Clark, A. M. et M. E. Downey. 1992. Starfishes of the Atlantic. London, Chapman & Hall, Collection Chapman & Hall identification Guide, Natural history museum publication, xxvi, 794 p.

Gosner, K. L. 1979. A field guide to the Atlantic seashore, Invertebrates and seaweeds of the Atlantic Coast from the Bay of Fundy to Cape Hatteras, The Peterson field guide series, New Jersey, Houghton Mifflin Compagny Boston, 329 p.

Miner, R. W. 1950. Field book of seashores life. G.P. Putnam's Sons, New-York, 886 p.

Meinkoth, N. A. 1981. Field guide to American Seashore Creatures, National Audubon Society, Alfred A. Knopf publisher, New-York, 813 p.