



SODIM

Société de développement de l'industrie maricole inc.

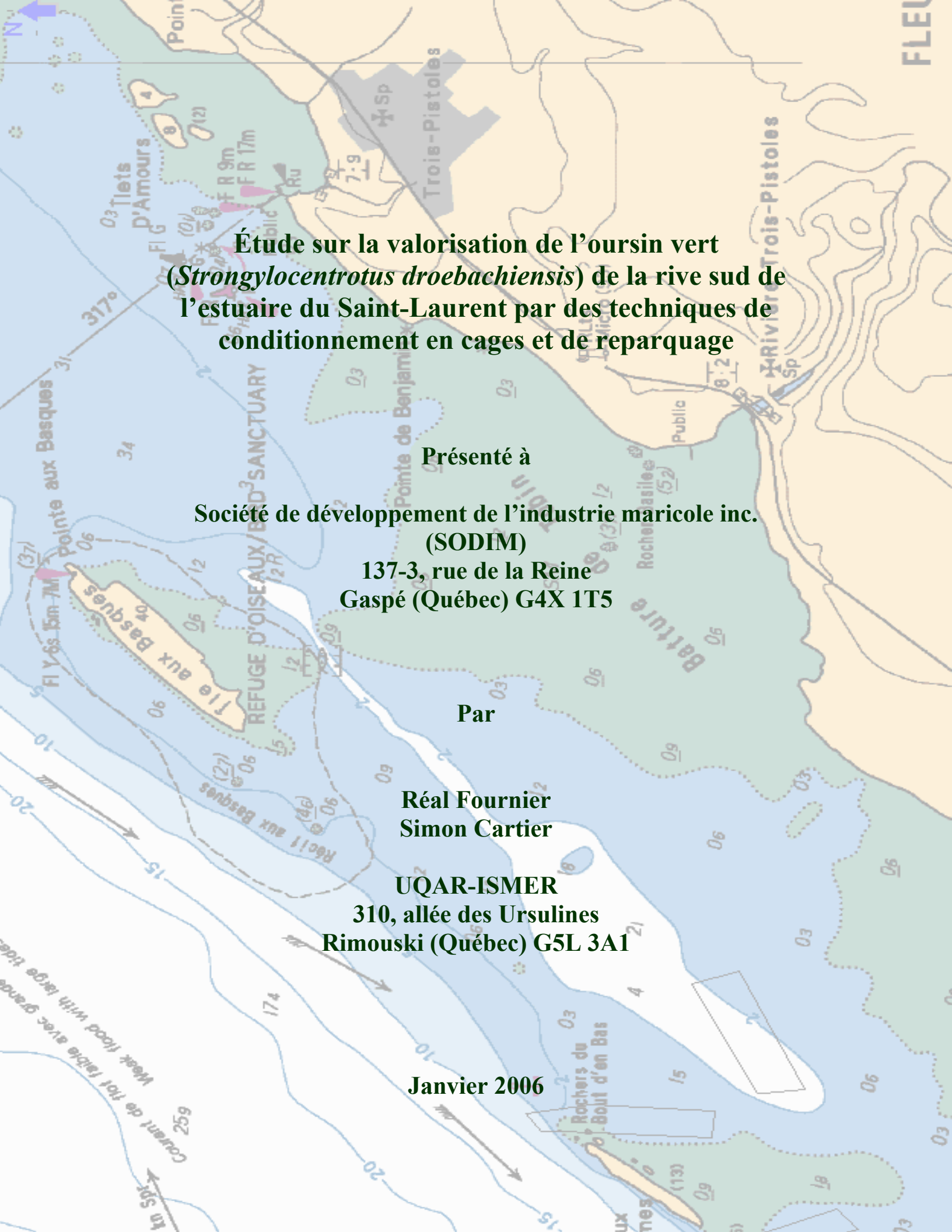
*Étude sur la valorisation de l'oursin vert
(Strongylocentrotus droebachiensis) de la rive
sud de l'estuaire du Saint-Laurent par des
techniques de conditionnement en cages et de
reparquage*

Rapport final

Dossier n° 710.117

Rapport commandité par la SODIM

Janvier 2006



**Étude sur la valorisation de l'oursin vert
(*Strongylocentrotus droebachiensis*) de la rive sud de
l'estuaire du Saint-Laurent par des techniques de
conditionnement en cages et de repaquetage**

Présenté à
**Société de développement de l'industrie maricole inc.
(SODIM)**
**137-3, rue de la Reine
Gaspé (Québec) G4X 1T5**

Par

**Réal Fournier
Simon Cartier**

UQAR-ISMER
**310, allée des Ursulines
Rimouski (Québec) G5L 3A1**

Janvier 2006

Table des matières

TABLE DES MATIÈRES	I
LISTE DES FIGURES	II
LISTE DES TABLEAUX	III
LISTE DES ANNEXES.....	IV
RÉSUMÉ.....	V
1. INTRODUCTION	1
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES	3
2.1 La zone d'étude.....	3
2.2 Exploration préliminaire, caractérisation et exploration des zones.....	3
2.3 Conditionnement en cages.....	6
2.4 Test organoleptique.....	8
2.5 Traitement statistique.....	9
3. RÉSULTATS	9
3.1 Généralités.....	9
3.2 Exploration et caractérisation des zones.....	9
3.3 Conditionnement en cages	10
3.4 Test organoleptique.....	10
4. DISCUSSION	11
5. CONCLUSION	14
6. REMERCIEMENTS	18
7. LISTE DES RÉFÉRENCES	19

Liste des figures

- Figure 1. Secteur d'étude situé dans l'estuaire du Saint-Laurent à proximité de Trois-Pistoles (Québec). Les zones encadrées A, B et C dans le secteur de l'île aux Pommés et la zone encerclée à la pointe est de l'île aux Basques correspondent aux zones explorées dans le cadre du projet. Les 2 lignes en gras dans la zone C correspondent à l'emplacement des 2 mouillages de cages de conditionnement.
- Figure 2. Le Royal Sea 23 de l'ISMER utilisé pour la recherche en eau peu profonde.
- Figure 3. Positionnement des stations d'échantillonnage de la zone A.
- Figure 4. Positionnement des stations d'échantillonnage de la zone B.
- Figure 5. Positionnement des stations d'échantillonnage de la zone C.
- Figure 6. La « vadrouille » utilisée pour les échantillonnages d'oursins.
- Figure 7. Cages utilisées pour le conditionnement. Un maillage de vexar™ de 8 mm sur une structure métallique (1,0 m X 1,0 m X 0,3 m). En B, des oursins de petite taille entassés sur une cage lors d'une visite d'échantillonnage. En C, nutrition aux laminaires.
- Figure 8. Schématisation d'un mouillage de 5 cages utilisées pour le conditionnement (dimensions non à l'échelle).
- Figure 9. Charte utilisée pour la caractérisation des couleurs des gonades.
- Figure 10. Après l'extraction, les gonades sont mises à égoutter sur un papier absorbant.
- Figure 11. Profil des températures et des salinités enregistrées sur les zones d'étude.
- Figure 12. Évolution de l'indice gonadique des 3 groupes expérimentaux en cages et de la population naturelle du site d'origine pendant la période de conditionnement. Les temps (t) surmontés d'un astérisque (*) montrent une différence significative avec le t précédent. Les temps t_4 surmontés d'un \bullet montrent une différence significative avec le temps t_0 .

Liste des tableaux

- Tableau 1. Agenda des travaux.
- Tableau 2. Tableau de correspondance des codes de couleur de la charte développée par le Département des ressources marines de l'Université du Maine.
- Tableau 3. Données de taille des oursins échantillonnés aux stations de la zone A.
- Tableau 4. Données de taille des oursins échantillonnés aux stations de la zone B.
- Tableau 5. Données de taille des oursins échantillonnés aux stations de la zone C.
- Tableau 6. Sommaire de l'exploration des 3 zones du secteur de l'île aux Pommes et d'une zone référence à l'île aux Basques. Les données de densité, d'abondance des laminaires et de nature du substrat ont été acquises en plongée sous-marine. Les données de taille et d'I.G. proviennent d'oursins échantillonnés à la «vadrouille».
- Tableau 7: Évaluation de l'effet de la diminution de la densité dans les cages par l'échantillonnage. Comparaison des triplicatas à T_4 . Les cages L2 et H4 n'ont été échantillonnées qu'aux temps t_0 et t_4 . Les cages L1, L3, H1 et H2 ont été échantillonnées à tous les temps (t_0 à t_4).
- Tableau 8: Évolution de l'indice gonadique en fonction du temps et mortalité totale des groupes expérimentaux au cours de la période de conditionnement en cages. Entre parenthèses, le pourcentage de gain (+) ou de perte (-) de l'indice gonadique entre chaque échantillonnage. Entre crochets à t_4 , le pourcentage de gain total entre t_0 et t_4 .
- Tableau 9. Comparaison de l'indice gonadique moyen des groupes expérimentaux à la fin de la période de conditionnement (t_4). Les groupes expérimentaux affichant des lettres identiques dans la colonne «groupe homogène» ne présentent pas de différence significative de leurs indices gonadiques.
- Tableau 10. Pourcentage des gonades de catégorie A (regroupant les couleurs acceptables pour le marché selon le tableau 2) des groupes expérimentaux pour chacune des périodes d'échantillonnage.
- Tableau 11. Résultats du test organoleptique effectué après la période de stabulation de 3 semaines suivant le conditionnement. L'indice de similitude (I.S.) se rapproche de 1 lorsque le goût de l'échantillon testé se rapproche de celui de la référence (oursins sauvages de la zone d'origine échantillonnés simultanément aux groupes expérimentaux). À noter que la référence était un sous-échantillon du lot témoin (site d'origine).

Liste des annexes

Annexe 1. Évaluation sensorielle de la couleur des gonades d'oursins.

Résumé

Le conditionnement en cages en milieu naturel et le reparquage vers des sites à forte productivité ont été envisagés pour valoriser l'oursin vert de l'estuaire du Saint-Laurent; l'objectif étant de favoriser la croissance des gonades et d'obtenir ainsi un avantage sur les performances mesurées en nature. Les travaux décrits dans ce document, réalisés à la demande de la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM), visaient à vérifier ces hypothèses. Des oursins ont été maintenus en cages dans le secteur de l'île aux Pommes près de la municipalité de Trois-Pistoles (Québec, Canada). L'évolution de l'indice gonadique (I.G.) et de la mortalité de 3 groupes expérimentaux (à jeun, nourri de laminaire, nourri de hareng) ont été suivies pendant une période de 8 semaines entre le 27 août et le 22 octobre 2005. Le site d'origine des oursins a été suivi parallèlement aux groupes expérimentaux. Une évaluation sensorielle (test organoleptique) des gonades des oursins en cages a été effectuée après une période de stabulation de 3 semaines suivant la nutrition. Cette évaluation avait pour objectif de vérifier si le goût conféré aux gonades par la nourriture (poisson, laminaire) s'atténuait après une période de jeûne. Parallèlement à l'expérience en cages, 3 zones du secteur de l'île aux Pommes et 1 zone du secteur de l'île aux Basques ont été caractérisées (I.G., densité d'oursin et de laminaire, substrat) avec l'objectif de localiser des sites plus ou moins productifs pour la réalisation de l'étude sur le reparquage dans une phase ultérieure du projet. Les meilleurs résultats en cages ont été obtenus avec la diète de laminaire qui a permis de mesurer un gain de 91 % de l'I.G. entre le début et la fin de la période de nutrition (5,3 % vs 10,1 %). Ce résultat est supérieur à celui mesuré sur le site d'origine pendant la même période (5,3 % vs 8,5 % pour un gain de 60 % de l'I.G.). La nutrition au hareng a donné des résultats mitigés (gain de l'I.G. de 36 %). Une part importante de la nourriture était consommée par des petits compétiteurs qui avaient accès à l'intérieur des cages à travers le maillage. Le maintien à jeun des oursins pendant trois semaines après la période de nutrition n'a pas permis d'atténuer le goût caractéristique conféré aux gonades par la nourriture, plus particulièrement pour les oursins nourris de hareng. L'exploration du secteur de l'île aux Pommes n'a pas permis de localiser un éventuel site de reparquage. Par contre, deux zones du secteur à l'étude présentaient les caractéristiques d'un site d'origine (site à faible productivité) pour du reparquage ou pour du conditionnement en cages, soit des densités d'oursins moyennes, des densités de laminaire faibles à moyennes et des tailles et I.G. faibles. Nous concluons qu'il y aurait un avantage au conditionnement en cages à partir de laminaire à la condition que ces opérations soient menées dans un environnement propice à l'installation de structure d'élevage en mer et que la démonstration de la faisabilité financière soit faite. Nous terminons par une réflexion sur la pertinence du reparquage comme moyen de valoriser la ressource oursin.

1. Introduction

Un intérêt grandissant pour l'exploitation de l'oursin vert a été noté au Québec durant les dernières années. La gonade d'oursin est un produit surtout prisé sur le marché asiatique, particulièrement au Japon. Un rendement gonadique ou indice gonadique (I.G.) supérieur à 10 % (masse des gonades par rapport à la masse totale de l'oursin) et une gonade présentant une texture et une coloration appropriées sont les principaux critères de qualité pour le marché. L'alimentation de l'oursin joue un rôle majeur dans l'obtention d'un produit répondant aux standards du marché. Il est reconnu que l'indice gonadique est fortement corrélé à la disponibilité de nourriture pendant la période post-ponte (Russell, 1998; Meidel et Scheibling, 1998). Les habitats offrant une bonne disponibilité de nourriture permettent une augmentation de la masse des gonades et une production de gamètes plus importante (Meidel et Scheibling, 1999; Wahle et Peckman, 1999). En milieu naturel, l'oursin vert se nourrit de macro-algues; principalement de laminaires à cause de leur abondance, de leur détection chimique facile, de leur qualité nutritive et de leur digestibilité (Scheibling et Hatcher, 2001). Toutefois, si de la nourriture animale est disponible, l'oursin en consomme pour combler ses besoins énergétiques. En milieu contrôlé, certains aliments telle la chair de poisson ont démontré leur efficacité pour le conditionnement des gonades. Par exemple, la chair de hareng administrée au taux de 0,75 % à 1 % du poids frais par jour permet une augmentation rapide de l'indice gonadique (Nadalini, 2003; Fournier *et al.*, 2004). Ces derniers auteurs ont aussi montré qu'une amélioration de la couleur des gonades est observée systématiquement dès qu'on induit une augmentation de l'I.G. par le conditionnement.

Le cycle sexuel de l'oursin de l'estuaire du Saint-Laurent est caractérisé par une ponte tardive à la fin du printemps (mai-juin) et une maturation post-ponte lente qui donnent des indices gonadiques généralement faibles (<10 %) durant l'automne et le début de l'hiver suivant alors que la demande des marchés culmine. Il est aussi reconnu que les conditions variables du milieu naturel, dont la disponibilité de nourriture et sa qualité, induisent des fluctuations importantes de l'I.G. pour des populations d'oursins d'un même secteur. Ces facteurs, couplés à un accès limité à la ressource (tempêtes, glaces)

durant la période de la forte demande du marché (automne-hiver), expliquent en grande partie la faible participation de l'industrie québécoise de l'oursin au marché international, cela même si la ressource semble abondante.

Quelques alternatives ont été proposées pour valoriser la gonade de l'oursin et favoriser la participation au marché asiatique. Le conditionnement et la stabulation en viviers intérieurs ont été expérimentés avec succès (Fournier et Marsot, 1997; Fournier *et al.*, 2002; Fournier *et al.*, 2004) et des activités pilotes et pré-commerciales actuellement en cours en Moyenne et Basse-Côte-Nord sont issues de ces travaux. Le conditionnement en cages a aussi été expérimenté en lagunes aux îles de la Madeleine (Nadeau, 2001) et cette technologie reste à documenter. Le déplacement d'oursins de zones dites «peu productives» vers des zones dites «plus productives» a aussi été envisagé et une réflexion en cours sur la pertinence de ce type d'activité devrait permettre de mieux orienter d'éventuelles études sur le terrain.

C'est avec l'objectif principal de vérifier la possibilité de valoriser l'oursin vert en appliquant des techniques de reparquage et de conditionnement en cages que le projet décrit dans ce document a été mené. Le protocole utilisé durant le projet réfère au document préparé à la demande de la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM) (Fournier et Cartier, 2005). La planification originale prévoyait réaliser les deux parties du projet (reparquage et conditionnement en cages) dès la première année des travaux. Suite aux premières observations sur le terrain réalisées en début de projet et à la constatation que le secteur à l'étude faisait l'objet d'une pêche commerciale, il fut convenu conjointement entre le responsable du projet à l'Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER), le représentant de la SODIM et la représentante du Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ) de reporter la phase de reparquage à la deuxième partie du projet prévue pour l'année 2006, et de consacrer plus d'effort au conditionnement en cages et à une exploration plus complète de la zone à l'étude.

Ces travaux ont été menés à la demande de la SODIM suite à l'intérêt manifesté par un promoteur bas-laurentien pour pratiquer des activités de reparquage d'oursins dans le

secteur de l'île aux Pommes près de Trois-Pistoles (Québec). Le mandat confié à l'ISMER était de vérifier que le conditionnement d'oursins réalisé en milieu naturel en cages ou par du reparquage sur des fonds marins propices constituait une possibilité de développement de l'industrie maricole au Bas-Saint-Laurent. Un devis préliminaire déposé dans une phase antérieure de l'étude situait les zones qui devaient être utilisées pour le reparquage et le conditionnement en cages. Ces zones étaient proposées sur la base des connaissances du milieu du promoteur.

2. Matériel et Méthodes

2.1 La zone d'étude

Le secteur à l'étude est situé à proximité de l'île aux Pommes, municipalité de l'Isle-Verte (Bas-Saint-Laurent) (figure 1). Cette petite île est située entre l'île aux Basques et l'île Verte à environ 7 km à l'ouest de Trois-Pistoles. Le bateau de travail était le Royal Sea de l'ISMER, un bateau en fibre de verre de 23' utilisé pour les travaux à proximité de la côte (figure 2). Ce bateau est muni d'un mât de charge et d'un treuil qui nous permettaient de manipuler les divers équipements de travail de façon sécuritaire. Le bateau a été attaché à la marina de Trois-Pistoles pour toute la durée du travail de terrain qui s'est étendu du 4 août au 4 novembre 2005. Il faut noter que cette marina assèche à marée basse et qu'on ne pouvait y sortir et y accéder qu'avec un minimum de 2,5 mètres d'eau au-dessus du zéro des cartes. Ce facteur a constitué une contrainte importante pour le déroulement du projet. L'agenda des sorties en mer et des travaux est décrit au tableau 1.

2.2 Exploration préliminaire, caractérisation et exploration des zones

Afin de vérifier les informations contenues dans le devis préliminaire sur la caractérisation du secteur à l'étude, nous avons réalisé une première exploration en plongée sous-marine des pointes est et ouest de l'île aux Pommes, d'une zone située dans le chenal entre la terre ferme et l'île et d'une zone située à la pointe est de l'île aux Basques. Cette exploration, effectuée à la mi-août, nous a permis de constater que les informations disponibles dans le devis ne correspondaient pas aux observations de notre

exploration. Suite aux informations ainsi acquises, nous avons identifié 3 zones correspondant aux caractéristiques suivantes et montrées à la figure 1:

1. La pointe est de l'île aux Pommes (zone A) était caractérisée par une densité moyenne d'oursins de $37/m^2$, une faible abondance de laminaire, un substrat rocheux (schiste) et un IG moyen des oursins de $2,6 \pm 1,3 \%$.
2. La pointe ouest de l'île aux Pommes (zone B) présentait 2 sous-zones dont l'une (sous-zone 1), affichait une faible densité d'oursins ($<1/m^2$) et une densité moyenne de laminaires, un fond de sable et de vase et un IG des oursins de $7,4 \pm 1,7 \%$; et l'autre (sous-zone 2), en continuité vers le sud avec la première, où les oursins étaient absents et les laminaires très denses sur un fond de graviers et galets.
3. Le chenal (zone C) présentait une forte densité d'oursins de petite taille, peu de laminaires et un fond plutôt sableux.
4. La pointe est de l'île aux Basques présentait une forte densité de laminaires, un fond rocheux et un IG des oursins de $8,6 \pm 2,3 \%$.

Sur la base de ces informations, nous avons défini la zone A comme site d'origine pour les oursins destinés au conditionnement en cage et la zone C comme site de mouillage pour les cages tel que suggéré dans le devis préliminaire.

Suite à la décision de reporter la partie du projet portant sur le repaquage et de mettre plus d'énergie sur l'exploration du secteur en vue de travaux futurs, nous avons planifié une exploration plus complète des 3 zones du secteur de l'île aux Pommes. Cette exploration consistait à identifier une ou des zones «peu productives» et «plus productives» qualifiées selon les critères suivants :

ZONE PLUS PRODUCTIVE

- Densité d'oursins de moyenne à forte
- Densité de laminaires de moyenne à forte
- I.G. de moyens à élevés
- Toutes les classes de taille

ZONE PEU PRODUCTIVE

Type A

Forte densité d'oursins

Faible densité de laminaires

Faibles I.G.

Tailles faibles

Type B

Forte densité de laminaires

Faible densité d'oursins

I.G. variables

Tailles variables

Une zone «peu productive» deviendrait éventuellement la zone d'origine pour le reparquage. Une zone «plus productive» deviendrait éventuellement une zone de reparquage. L'exploration a été réalisée par un échantillonnage à l'intérieur des 3 zones selon un quadrillage positionné à l'estime. Les positions réelles de chaque station ont été relevées par GPS (Global positioning system) au moment des échantillonnages puis reportées sur la carte. 15, 9 et 11 stations ont été échantillonnées dans les zones A, B et C respectivement (figures 3, 4 et 5). Les échantillons étaient prélevés au moyen de la «vadrouille», échantillonneur à oursins développé à l'ISMER pour les besoins de projets divers (figure 6). Il s'agit en fait d'un support métallique lesté d'une chaîne sur lequel sont fixées côte à côte 2 vadrouilles de format commercial à mèches de coton faisant une largeur totale d'environ 60 cm. Lorsqu'on la remorque sur le fond marin, les oursins s'entremêlent aux fils de coton et y sont solidement retenus. La vadrouille était remorquée à faible vitesse (2-3 nœuds) sur le fond dans une trajectoire circulaire d'environ 25 mètres de diamètre. Les oursins échantillonnés étaient emballés dans des bacs à poisson ou dans des glacières puis transportés à la station aquicole où ils étaient mis en viviers jusqu'aux prises de mesures. Un échantillonnage en plongée sous-marine était prévu à la fin des travaux d'exploration pour compléter les données de terrain. Cet échantillonnage a dû être annulé pour diverses raisons dont, plus particulièrement, le fait que les zones A (zone d'origine) et B (pointe ouest de l'île) avaient été pêchées commercialement depuis l'exploration préliminaire, rendant ainsi impossible toute validation des données accumulées depuis le début des travaux. De plus, une période de mauvaises conditions climatiques soutenue nous a obligés à sortir le bateau de l'eau au début de novembre. Il faut mentionner ici que les services de la marina n'étaient plus disponibles depuis le 15 octobre et que le bateau était amarré au quai principal, exposé aux éléments.

2.3 Conditionnement en cages

Dix cages ont été construites expressément pour le projet. Elles ont été fabriquées d'une structure d'acier d'armature de 8 mm recouverte d'un grillage de plastique (vexar™) de 8 mm de maillage (figure 7). Les dimensions étaient de 1,0 m x 1,0 m x 0,30 m de hauteur pour un volume intérieur de 0,30 m³ et une surface au fond de 1 m². Les cages ont été installées sur 2 systèmes d'ancrage mouillés à proximité l'un de l'autre dans la zone C (figure 1). Les cages d'un même mouillage étaient reliées entre elles par un cordage de polypropylène d'environ 25 mètres de longueur. La dernière cage à chacun des bouts du mouillage était reliée à une ancre par un cordage. L'ancre était reliée à une bouée de surface par l'intermédiaire d'une chaîne d'environ 2 m et d'un cordage (figure 8). Une cage a été perdue dès la première semaine après la mise à l'eau des mouillages.

Trois groupes expérimentaux, chacun en triplicata, pour un total de 9 cages ont été montés comme suit : un groupe nourri de laminaires (*Laminaria longicruris*), un groupe nourri de hareng et un groupe à jeun. Le site d'origine des oursins (zone A) a été suivi parallèlement aux groupes expérimentaux en cages. Les triplicatas des groupes expérimentaux ont été positionnés sur les mouillages par tirage au sort. Le mouillage 1 recevait les cages L3, J1, H2, J2 et H4. Le mouillage 2 recevait les cages J3, H1, L1 et L2. Les lettres J, H et L identifiaient respectivement les groupes expérimentaux à jeun, nourri de hareng et nourri de laminaire.

Les oursins ont été pêchés en plongée sous-marine le 27 août 2005 dans la zone A (site d'origine). Un tri manuel effectué sur le bateau a permis de sélectionner des oursins dont la taille moyenne était de $55,4 \pm 5,2$ mm et le poids de $68,9 \pm 16,1$ g. Les oursins ont été immédiatement transférés dans les cages à raison de 300 par cage pour une densité d'environ 20 kg/m².

Le protocole expérimental prévoyait une nutrition au taux de 3 % du poids frais d'oursin/jour et une fréquence d'alimentation de 3 jours. Dans les faits, le taux de nutrition calculé à la fin du projet s'est avéré être de 2,6 %/jour pour le hareng et de 2,9 %/jour pour les laminaires. La fréquence de l'alimentation, contrôlée surtout par les conditions climatiques, a varié de 3 à 6 jours. Le hareng, acheté congelé d'une

poissonnerie, était préalablement découpé en pièces de 2 à 3 cm. Les laminaires étaient recueillies sur les lieux au moment du nourrissage et découpées grossièrement avant d'être distribuées aux oursins. Les laminaires accrochées aux cordages des mouillages étaient généralement suffisantes pour nourrir les 3 cages de ce groupe expérimental. À chaque nourrissage, les oursins morts étaient dénombrés et retirés des cages. Le conditionnement a débuté le 27 août 2005, soit la journée même de la mise en cage des oursins. L'expérience s'est déroulée sur 56 jours et l'échantillonnage des groupes expérimentaux a été réalisé le 27 août (t_0), le 8 septembre (t_1), le 22 septembre (t_2), le 11 octobre (t_3) et le 22 octobre (t_4). À chaque échantillonnage, de 15 à 30 oursins étaient retirés des cages et stockés dans des bacs à poisson ou des glacières dans lesquels on alternait une mousse synthétique d'environ 3 cm d'épaisseur et un échantillon d'oursins. Le tout était ensuite saturé d'eau de mer. Cette méthode permettait de conserver les oursins en bon état entre l'échantillonnage et la mise en viviers à la station aquicole à la fin de la journée de travail. Les oursins étaient maintenus en viviers jusqu'à la dissection qui s'effectuait généralement à l'intérieur des 3 jours suivant l'échantillonnage. Puisque la ration de nourriture n'était pas réajustée en fonction de la nouvelle densité d'oursins dans les cages après chaque échantillonnage, un des triplicatas de chacun des deux groupes nourris (hareng et laminaire) n'a été échantillonné qu'à t_0 et à t_4 , l'objectif étant de vérifier un effet éventuel de la diminution de densité suite aux échantillonnages.

Avant de procéder à la dissection, les oursins étaient préalablement égouttés durant environ une heure. Le diamètre du test était mesuré à l'aide d'un vernier ($\pm 0,1$ mm) et l'oursin entier était pesé ($\pm 0,1$ g). Le test était ensuite ouvert sur la partie ventrale à l'aide d'un ciseau à dépecer. La couleur de la gonade était immédiatement caractérisée selon la charte développée par le département des ressources marines de l'Université du Maine (Sea urchin color and volume card by University of Maine's cooperative extension service marine program and Maine department of marine resources fisheries technology service) (figure 9). Afin de simplifier l'interprétation des données, les codes de couleur ont été regroupés en deux catégories: A pour accepté et R pour rejeté (Fournier et Marsot, 1997) (tableau 2). La gonade était ensuite retirée du test, rincée dans un bain

d'eau de mer puis placée sur un papier absorbant durant environ 10 minutes (figure 10) avant d'être pesée. L'indice gonadique a été calculé à l'aide de la formule:

$$\text{I.G. (\%)} = 100 (\text{Poids gonade} / \text{poids de l'oursin entier})$$

Lors du dernier échantillonnage, le sexe des oursins disséqués a été noté afin de calculer un sex-ratio. Des mesures de température et de salinité ont été enregistrées périodiquement sur les zones C (à proximité des cages) et A (site d'origine).

2.4 Test organoleptique

Lors du dernier échantillonnage (t_4) une trentaine d'oursins de chaque groupe expérimental et du site d'origine (zone A) ont été échantillonnés pour le test organoleptique. Ce test devait nous permettre de vérifier si les gonades des groupes nourris en cages développaient un goût différent de celui des oursins en milieu naturel et si une période de stabulation de 3 semaines subséquente à la période de nutrition permettrait d'éliminer le goût conféré aux gonades par les diètes (hareng et laminaire). Ces oursins furent transférés dans les viviers de la station aquicole et maintenus en stabulation (à jeun) durant 3 semaines. Les oursins ont été ensuite acheminés à Gaspé le 14 novembre 2005 pour y être analysés au Centre technologique des produits aquatiques (CTPA) du Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ). Afin de familiariser les panélistes avec le produit, un échantillon d'oursins du lot provenant du site d'origine avait été envoyé le 31 octobre précédent. Ce lot allait servir de référence pour le test organoleptique à venir. Un panel de 14 personnes a été monté au CTPA pour la réalisation de l'évaluation sensorielle qui a été menée selon le protocole décrit à l'annexe 1. Les résultats de l'évaluation ont été exprimés par un indice de similitude (I.S.) calculé à partir du pourcentage de panélistes qui notaient ou non des différences de goût entre les groupes expérimentaux et le lot de référence (Fournier *et al.*, 2004). L'indice de similitude (I.S.) se rapproche de 1 à mesure que le goût des échantillons se rapproche de celui de la référence. Un I.S. se rapprochant de 0 indique donc une différence très marquée du goût de l'échantillon par rapport au lot de référence.

2.5 Traitement statistique

Les données du conditionnement en cages ont été traitées par des ANOVA à un ou deux facteurs selon les effets recherchés. Un test de Kolmogorov-Smirnov a été utilisé pour vérifier la normalité des résidus et un test de Levene pour vérifier l'homogénéité de la variance.

3. Résultats

3.1 Généralités

Le sex-ratio calculé à t_4 montre une légère dominance des femelles dans les échantillons (0,58 ♀ : 0,42 ♂). Les profils de température et de salinité sont similaires pour les zones A et C, affichant des températures en dessous de 10°C et une salinité variant entre 25 ‰ et 30 ‰ (figure 11). On observe toutefois une température plus élevée dans la zone des cages (C) en début d'expérience.

3.2 Exploration et caractérisation des zones

L'exploration réalisée en début de projet avait permis de caractériser les 3 zones du secteur de l'île aux Pommes (voir Matériel et méthodes) et d'identifier une de ces zones (la zone A, pointe est de l'île aux Pommes) comme site d'origine des oursins pour le test de conditionnement en cages et, éventuellement, pour le repiquage puisque l'indice gonadique y était faible pour la période de l'année (2,6 %) comparativement au site témoin de l'île aux Basques (8,6 %). L'échantillonnage systématique effectué en octobre et novembre dans les 3 zones montre des différences notables de la structure de taille des populations d'oursins (tableau 3, 4 et 5). Les tailles moyennes pour les zones A (pointe est de l'île aux pommes), B (sous-zone 1, pointe ouest de l'île aux Pommes) et C (le chenal ou zone des cages) sont respectivement de $37,3 \pm 11,5$ mm, $54,7 \pm 5,2$ mm et $32,1 \pm 6,6$ mm. Le sommaire de l'exploration des zones est montré au tableau 6. Il faut noter ici que des activités de pêche commerciale ont été observées en cours de projet par les membres de l'équipe sur les zones A et B.

3.3 Conditionnement en cages

Les deux cages utilisées pour tester un éventuel effet de la diminution de la densité d'oursins par l'échantillonnage ne permettent pas de mettre en évidence un résultat clair. Dans les 2 cas (nourris de hareng et nourris de laminaire), les I.G. d'un des deux replicats diffèrent de la cage non échantillonnée (tableau 7). D'une façon générale, des différences significatives apparaissent entre les I.G. des triplicatas de chaque groupe expérimental. En connaissance de cause, nous avons cependant regroupé les données pour pouvoir effectuer l'analyse qui permettrait de déceler l'effet de la durée de la nutrition (tableau 8). L'ANOVA permet de mettre en évidence une meilleure performance de la diète de laminaire alors qu'une différence significative de l'I.G. apparaît dès le temps t_3 . Des différences significatives sont cependant observées entre t_0 et t_4 pour tous les groupes, sauf le témoin à jeun (figure 12). L'ANOVA à un facteur effectué sur tous les groupes à t_4 montre que les I.G. des groupes hareng (7,2 %), à jeun (6,6 %) et du site d'origine (8,5 %) ne diffèrent pas significativement. Seul le groupe Laminaire se démarque de façon significative avec un I.G. de 10,1 %. (figure 12 et tableau 9). Le taux de mortalité cumulé a été relativement important pour le groupe Hareng (près de 16 %) alors qu'il a été d'environ 9 % pour les groupes À jeun et Laminaire (tableau 8).

Le regroupement des couleurs en 2 catégories montre que la plupart des groupes affiche plus de 60 % de gonade ayant une couleur acceptable (A). Une amélioration notable de la couleur des gonades est observable lors du dernier échantillonnage alors que le pourcentage de couleurs acceptables (A) atteint 70% pour tous les groupes (tableau 10).

3.4 Test organoleptique

Les résultats de l'évaluation sensorielle effectuée par le CTPA et exprimés par un indice de similitude (I.S.) sont synthétisés au tableau 11. Il faut noter ici que plus cet indice se rapproche de 1, plus le goût des gonades se rapproche de celui de la référence, en l'occurrence l'échantillon du site d'origine (zone A). Les résultats montrent effectivement que l'I.S. du groupe témoin (Île aux pommes), un replicat du groupe de référence, affiche la meilleure valeur de l'I.S. (0,71). La plus faible valeur est obtenue avec le

groupe Hareng (0,14) alors que des valeurs intermédiaires (0,29) sont observées pour les groupes À jeun et Laminaire. Les fiches d'appréciation complétées par les panélistes montrent que le lot Laminaire présente d'une façon générale des couleurs, des formes, une texture et une apparence supérieures aux autres lots. L'annexe 1 décrit plus en détails la méthodologie et les résultats de l'évaluation sensorielle.

4. Discussion

Une importante hétérogénéité entre les triplicatas des groupes expérimentaux en cages a été mise en évidence durant ce travail. Plusieurs raisons peuvent expliquer une telle observation. Il est reconnu que l'oursin est très sensible aux conditions variables du milieu et que des lots d'oursins voisins de quelques centaines de mètres et parfois même à différentes profondeurs sur un même site peuvent afficher un état de maturité différent (Himmelman *et al.*, 1997; Fournier et Marsot, 1997). Les cages étaient installées sur deux mouillages séparés d'une trentaine de mètres. Chaque mouillage avait une longueur approximative de 100 m. Les mouillages étaient eux-mêmes installés à proximité d'un chenal étroit où les courants s'accéléraient dans un sens ou dans l'autre aux changements de marée. Il est donc probable que les conditions physiques (vitesse et direction des courants, variations de température et salinité) différaient d'un mouillage à l'autre et d'une extrémité à l'autre d'un même mouillage. De plus, à cause de mauvaises conditions météorologiques, il est arrivé à quelques reprises que la nourriture n'a pas pu être distribuée à toutes les cages à la même occasion, ce qui a pu favoriser certains lots d'oursins.

Il nous est apparu évident dès les premières nourritures que la chair de poisson ne constituait pas une source de nourriture adéquate pour le conditionnement en milieu naturel. La chair de poisson est une nourriture très attractive autant pour les oursins que pour les autres organismes détritvires qui ont accès à l'intérieur des cages. Puisque les rations étaient administrées pour plusieurs jours à la fois, le surplus de hareng non ingéré par les oursins dans les premières heures après l'ajout de la nourriture dans les cages était rapidement consommé par les petits crustacés, gastéropodes et autres prédateurs qui pouvaient circuler à travers le maillage des cages. Une vérification en ce

sens nous a permis de constater que la ration de hareng de 5 jours était complètement disparue des cages 48 heures après la nutrition. Ceci peut expliquer la faible performance de la diète de hareng (gain de l'I.G. de 36 %) alors qu'on aurait dû s'attendre à des résultats se rapprochant de ceux obtenus en viviers et supérieurs à ceux obtenus avec les laminaires (Fournier *et al.*, 2004). Par contre, le groupe Laminaire a affiché une bonne performance et il était, à la fin de l'expérience, le seul groupe ayant un I.G. supérieur à 10 % (10,1 %), soit un gain de 91 % de l'I.G. comparativement au temps t_0 (5,3 %). Cette performance est supérieure à celle mesurée pendant la même période sur le site d'origine (8,5 % pour un gain de l'I.G. de 60 % par rapport à t_0). Le groupe Laminaire est aussi celui dont l'I.G. s'est démarqué le plus rapidement de celui de t_0 . Le taux de nutrition aux laminaires d'environ 3 % du poids frais d'oursin/jour était suffisant pour assurer une alimentation à satiété. Un léger surplus d'algue était la plupart du temps observé dans les cages après chaque période de nutrition. Un taux de mortalité élevé a été observé pour le groupe Hareng (15,8 %). Une forte densité d'oursin (20 kg/m²) favorisant le cannibalisme et la présence d'une nourriture attractive stimulant l'activité de prédation sont des facteurs qui ont pu contribuer à ce résultat.

Les populations d'oursins de deux des trois zones explorées dans le voisinage de l'île aux Pommes (zone A et C) sont caractérisées par une taille moyenne relativement faible (32 à 37 mm) et une forte amplitude (21 à 28 mm). Il est probable que des activités de pêche avaient eu lieu sur ces sites durant les derniers mois ou les dernières années. D'ailleurs, nous avons observé des activités de pêche commerciale dans les zones A et B durant le déroulement du projet et tout ce secteur fait partie d'une zone de pêche facilement accessible à partir du port de Trois-Pistoles. D'une façon générale, aucune des zones explorées dans le secteur de l'île aux Pommes ne présente les caractéristiques propices au repiquage. Seule la sous-zone 2 de la zone B offrait une forte densité de laminaire. Par contre, cette sous-zone est située à proximité d'un chenal et elle est exposée aux vents dominants, ce qui expliquerait pourquoi les oursins y étaient presque absents. Les zones A et C présentent les caractéristiques de zones «moins productives», soit une bonne densité d'oursins, une faible taille des oursins, une faible densité de laminaire. La zone D (pointe est de l'île aux Basques), malgré qu'on n'y ait pas effectué d'exploration systématique, semble présenter les conditions favorables pour le

reparquage, soit une forte densité d'oursins et de laminaire et un I.G. élevé relativement à celui des zones A, B et C. Il faut cependant être très prudent dans l'interprétation de ces données, particulièrement dans le cas de l'île aux Pommes, puisqu'il est difficile de déterminer si les caractéristiques de ces populations sont la conséquence de la capacité de support du milieu ou celle d'activités récentes de pêche.

Nous avons déjà observé lors d'expériences de conditionnement en viviers intérieurs à partir de chair de hareng que le goût conféré aux gonades par le poisson s'atténuait significativement après 3 semaines de stabulation (à jeun) en viviers (Fournier et Marsot, 1997; Fournier *et al.*, 2004). Les résultats obtenus ici diffèrent de ces observations. Les indices de similitude (I.S.) calculés pour chaque groupe testé montre que le goût des gonades des lots d'oursins nourri de laminaire de même que le lot à jeun et surtout celui du lot nourri de hareng s'éloigne de façon notable de la référence. Une évaluation effectuée immédiatement après la période de nutrition aurait sans doute permis de détecter une éventuelle amélioration du goût entre la fin de la nutrition et la fin de la stabulation. Il est important de noter que les panélistes ont su reconnaître la référence à travers les 4 lots en évaluation. L'I.S. de 0,71 du lot île aux Pommes (site d'origine) montre effectivement que la référence a été reconnue plus de 7 fois sur 10, ce qui constitue une indication que le test était valable malgré le caractère qualitatif d'une telle évaluation. Il est étonnant de constater que le goût des gonades du groupe nourri de laminaire s'éloigne de façon notable de celui des oursins du site d'origine. Il est probable que les autres composantes de la diète dans le milieu naturel contribuent pour une part plus importante qu'on le croyait à l'établissement du goût des gonades. Nous avons d'ailleurs remarqué la forte présence de fucus lors des échantillonnages sur la zone d'origine (A). Le simple fait de finaliser le conditionnement des oursins par une période de nutrition aux laminaires suite à la nutrition au poisson ne suffirait probablement pas à rétablir un goût acceptable pour le marché comme on le croit généralement.

5. Conclusion

La qualité des résultats d'un projet de cette nature dépend beaucoup des contraintes inhérentes au travail en mer. À ce titre, le fait que le port de Trois-Pistoles assèche à mer basse et les mauvaises conditions météorologiques typiques des mois d'automne ont constitué les plus importantes. Mis à part la modification au protocole effectuée au début de septembre relativement au report de la partie reparquage, le protocole initial a pu être réalisé en son entier et les informations relatives au conditionnement en cages se sont avérées de très bonne qualité. Ces résultats permettent de tirer les conclusions suivantes :

- Le conditionnement en cages d'oursins dont l'indice gonadique initial est faible, à partir de laminaire administrée au taux de 3 % du poids frais par jour pendant une période de 8 semaines, permet de mesurer un gain de l'I.G. de 91 %. Il pourrait donc y avoir des avantages à une telle stratégie si la démonstration de la faisabilité financière en est faite.
- Le conditionnement en cages à partir de chair de poisson donne des résultats mitigés. La majeure partie du poisson est consommée par des compétiteurs de petite taille qui accèdent à l'intérieur des cages.
- Le conditionnement à partir de diètes constituées à 100 % de chair de poisson ou de laminaire confère un goût caractéristique aux gonades.
- Une période de stabulation de 3 semaines subséquente au conditionnement est insuffisante pour ramener le goût des gonades des oursins nourris à la chair de poisson ou aux laminaires à celui des gonades d'oursins sauvages. Ceci est plus particulièrement évident lorsque le conditionnement se fait à partir de chair de poisson.

- Un taux de mortalité cumulatif acceptable (< 10 %) est observé à la densité d'élevage en cages de 20 kg d'oursin/m² lorsque le conditionnement se fait à partir de laminaire.
- Le taux de mortalité dépasse 15 % lorsque le conditionnement se fait à partir de chair de poisson.
- Les zones A et C situées respectivement à la pointe est de l'île aux Pommes et dans le chenal entre l'île et la terre ferme présentent les caractéristiques de zones peu productives.
- Le secteur de l'île aux Pommes n'offre pas de site propice au repiquage.

L'élevage en cages en milieu naturel nécessite des caractéristiques particulières du milieu dont un accès à des abris naturels et une bathymétrie favorable. La côte sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent est caractérisée par un fond marin en pente douce et la rareté des abris naturels. Ces deux facteurs en font une région peu favorable à l'installation de structures d'élevage en mer. La vitesse des courants (jusqu'à 4,5 nœuds dans certains secteurs) et la présence de glace durant les mois d'hiver viennent ajouter aux difficultés techniques et logistiques des travaux en mer dans cette région.

Le secteur étudié durant ce projet fait partie de la zone sous le permis d'un pêcheur d'oursins actif et des activités de pêche commerciale ont eu lieu sur le territoire à l'étude pendant le déroulement des travaux de recherche. Il nous apparaît d'une importance primordiale qu'il y ait des ententes avec les pêcheurs avant d'entreprendre des travaux scientifiques dans une zone soumise à un permis de pêche. Idéalement, le pêcheur devrait être intégré au projet qui se déroule dans son territoire de pêche de façon à ce que ses connaissances du milieu puissent servir de base à l'élaboration du protocole et à la caractérisation des sites. Il en résulterait une économie appréciable de temps et une garantie de non-interférence dans les travaux de recherche.

La partie reparquage du projet a été reportée sur la base des facteurs discutés plus haut. Ce report a été l'occasion de discussions et de réflexions qui nous ont amenés à reconsidérer la pertinence d'une telle stratégie pour la valorisation de l'oursin. La stratégie du reparquage pour valoriser l'oursin s'appuie sur l'hypothèse que de meilleurs rendements en gonade pourraient être obtenus en déplaçant les oursins d'un site dit «moins productif» vers un site dit «plus productif». Une telle stratégie peut-elle être utilisée sans risquer de briser l'équilibre responsable de l'établissement des conditions favorables à l'oursin sur le site «plus productif»? Il apparaît évident que le fait d'augmenter la densité d'oursins sur un site en équilibre laminaires/oursins aurait des effets négatifs sur la productivité globale du site en augmentant la pression sur les laminaires. Par contre, la productivité du site «moins productif» (site d'origine des oursins) en serait probablement augmentée à cause de la réduction de densité des oursins et de la mise en disponibilité de nourriture. Est-ce qu'une telle stratégie est souhaitable compte tenu que pour augmenter la productivité du site «moins productif», on diminuerait celle d'un site «plus productif»? Il est probable que le bilan serait soit négatif, soit sans avantage notable pour la productivité de l'ensemble d'une zone donnée.

La préparation du site «plus productif» en vue d'y reparquer des oursins pourrait-elle constituer une solution avantageuse? Une telle stratégie consisterait dans un premier temps à pêcher le site en éliminant systématiquement tous les oursins de taille commerciale (>50 mm). Dans un deuxième temps, des oursins provenant d'un site «moins productif» y seraient reparqués de façon à rétablir la densité initiale. La pêche du site «plus productif» serait réalisée avant la ponte printanière alors que le reparquage pourrait être effectué après la ponte, durant l'été. Les oursins reparqués bénéficieraient ainsi d'une année complète sur le site «plus productif» avant d'être pêchés à nouveau puis commercialisés. Les avantages d'une telle stratégie seraient : 1- Augmentation probable de la productivité du site d'origine par une diminution de densité; 2- Contrôle et maintien de la productivité du site de reparquage (en prenant pour acquis que les opérations seraient bien gérées); 3- Possibilité d'exploiter le site de reparquage sur une base annuelle. Les désavantages seraient : 1- Diminution de la biomasse du site d'origine (Est-ce que l'augmentation de la productivité de ce site

compenserait pour la diminution de la biomasse?); 2- Risque de déséquilibrer le site de reparquage; 3- Augmentation des coûts d'exploitation compte tenu que les oursins seraient pêchés à deux reprises.

Deux questions émergent de cette réflexion :

- Y aurait-il de réels avantages au reparquage pour valoriser la ressource oursin compte tenu que des résultats comparables et peut-être supérieurs pourraient être obtenus d'une bonne gestion du territoire par la pêche?
- En admettant qu'il y ait un avantage biologique, l'augmentation des coûts d'exploitation (pêcher les mêmes oursins deux fois) ne viendrait-elle pas supprimer cet avantage?

Il apparaît nécessaire que des discussions impliquant les parties intéressées soient entreprises sur la pertinence du reparquage et qu'on élucide la question avant de mettre en place une telle stratégie pour valoriser la ressource oursin. Ces discussions devront confronter les arguments en faveur et en défaveur du reparquage. Elles devront mettre en relation les résultats anticipés de cette stratégie avec ceux qu'on obtiendrait grâce à une gestion des stocks réalisée par des activités de pêche qui tiennent compte des caractéristiques locales de la ressource et de celles du milieu et qui mettent en pratique des notions d'aménagement de territoire.

6. Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier d'une façon particulière monsieur Marcel Laroche, technicien à l'ISMER, pour ses judicieux conseils et son assistance lors de la préparation du matériel et des travaux en mer. Nos remerciements s'adressent aussi à messieurs Gilles Desmeules et Sylvain Leblanc, techniciens à l'ISMER, pour l'assistance technique sur le terrain. Nous tenons à souligner l'excellence du travail de mesdames Noëlla Coulombe et Nadine Renaud du Centre technologique des produits aquatiques (CTPA, MAPAQ) pour l'organisation du test organoleptique ainsi que des 14 panélistes qui ont participé à l'évaluation sensorielle. Ce projet a été financé par la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM) (contrat #710,117).

7. Liste des références

- Fournier, R. et P. Marsot, 1997. Valorisation de la gonade de l'oursin vert pour sa mise en marché en période d'inaccessibilité de la ressource. Rapport de projet. Conseil régional de concertation et de développement du Bas-Saint-Laurent. Rimouski (Québec). Novembre 1997.
- Fournier, R., Brêthes, J.C., Roussy, M. et Grenier, F., 2002. Développement d'un système de stabulation et de conditionnement de l'oursin vert en viviers et établissement des paramètres optimaux pour son opération. Rapport de recherche. Conseil des recherches en pêche et en agroalimentaire du Québec (CORPAQ). Projet #200052.
- Fournier, R., Lévesque, M. et Nadalini, J.-B., 2004. Compte rendu des opérations pilotes de stabulation/conditionnement de l'oursin vert de l'entreprise Oursins Nordiques inc. Rapport de fin de projet. UQAR-ISMER, Rimouski (Québec).
- Fournier, R. et Cartier, S., 2005. Valorisation de l'oursin vert de l'estuaire du Saint-Laurent par des techniques de repaquage et de conditionnement en cages en milieu naturel. Proposition d'un protocole expérimental. Société de développement de l'industrie maricole, Gaspé (Québec). Mai 2005.
- Himmelman, J.H., Y. Lavergne et F. Axelsen, 1997. Variations saisonnières de la taille et de la composition chimique des gonades chez l'oursin vert (*Strongylocentrotus droebachiensis*) de l'estuaire et du golfe du St-Laurent. Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec. DIT. Cahier d'information 131.
- Meidel, S.K. et Scheiblig, R.E., 1998. Annual reproductive cycle of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*, in differing habitats in nova Scotia, Canada. Mar. Biol. 131, 461-478.
- Meidel, S.K. et Scheiblig, R.E., 1999. Effects of food type and ration on reproductive maturation and growth of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. Mar. Biol. 134, 155-166.
- Nadalini, J.B., 2003. Étude du métabolisme de l'oursin vert *Strongylocentrotus droebachiensis* sous différentes conditions d'élevage. Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Rimouski. Avril 2003.
- Nadeau, M., 2001. Travaux sur les oursins : Îles de la Madeleine. Regroupement des mariculteurs du Québec.
- Russell, M.P., 1998. Resource allocation plasticity in sea urchins: rapid, diet induced, phenotypic changes in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* (Muller). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 220, 1-14.
- Scheiblig, R.E. et Hatcher, B.G., 2001. The ecology of *Strongylocentrotus droebachiensis*. Dans: Lawrence J.M. (Ed), Edible sea urchins: biology and ecology. Elsevier, New York, pp 271-306.
- Wahle, R.A. et Peckham, S.H., 1999. Density-related reproductive trade-offs in the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. Mar. Biol. 134, 127-137.



Figure 2. Le Royal Sea 23 de l'ISMER utilisé pour la recherche en eau peu profonde.

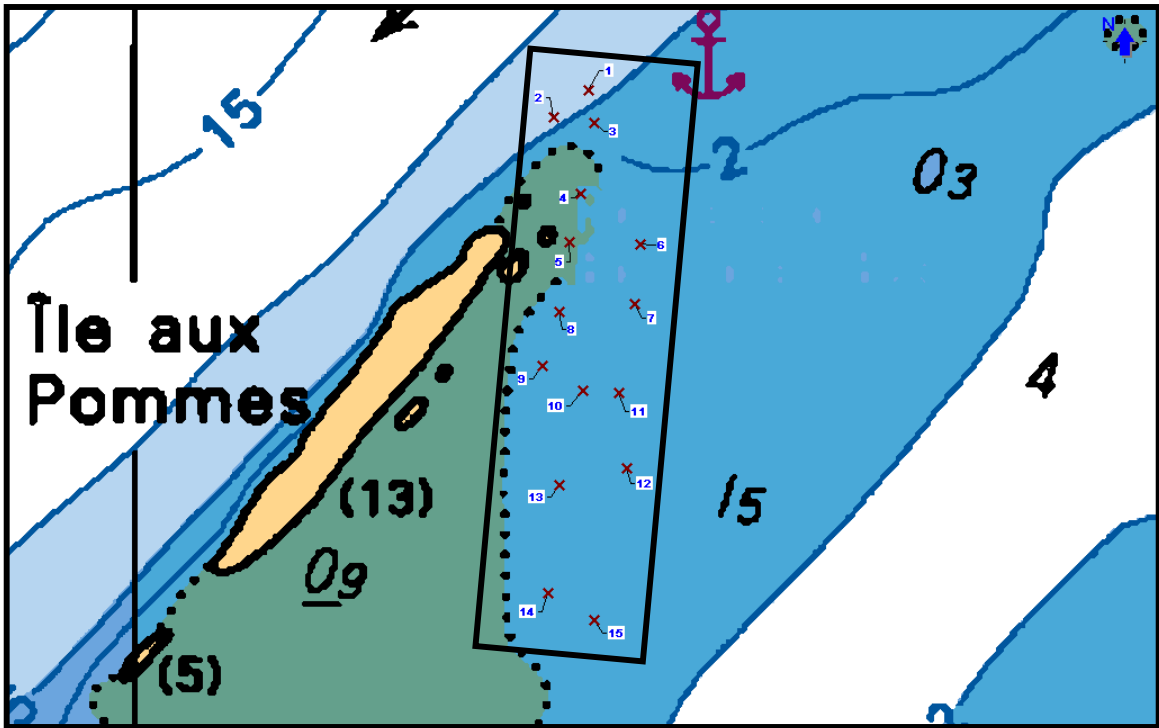


Figure 3. Positionnement des stations d'échantillonnage de la zone A.

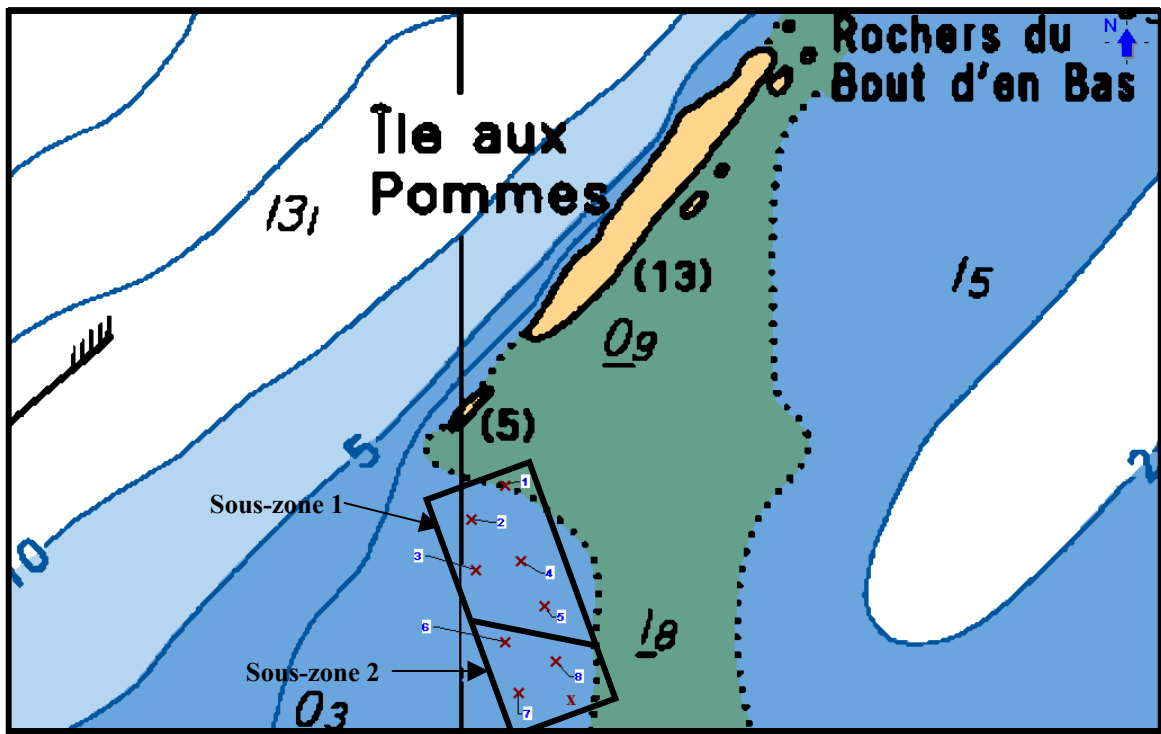


Figure 4. Positionnement des stations d'échantillonnage de la zone B.

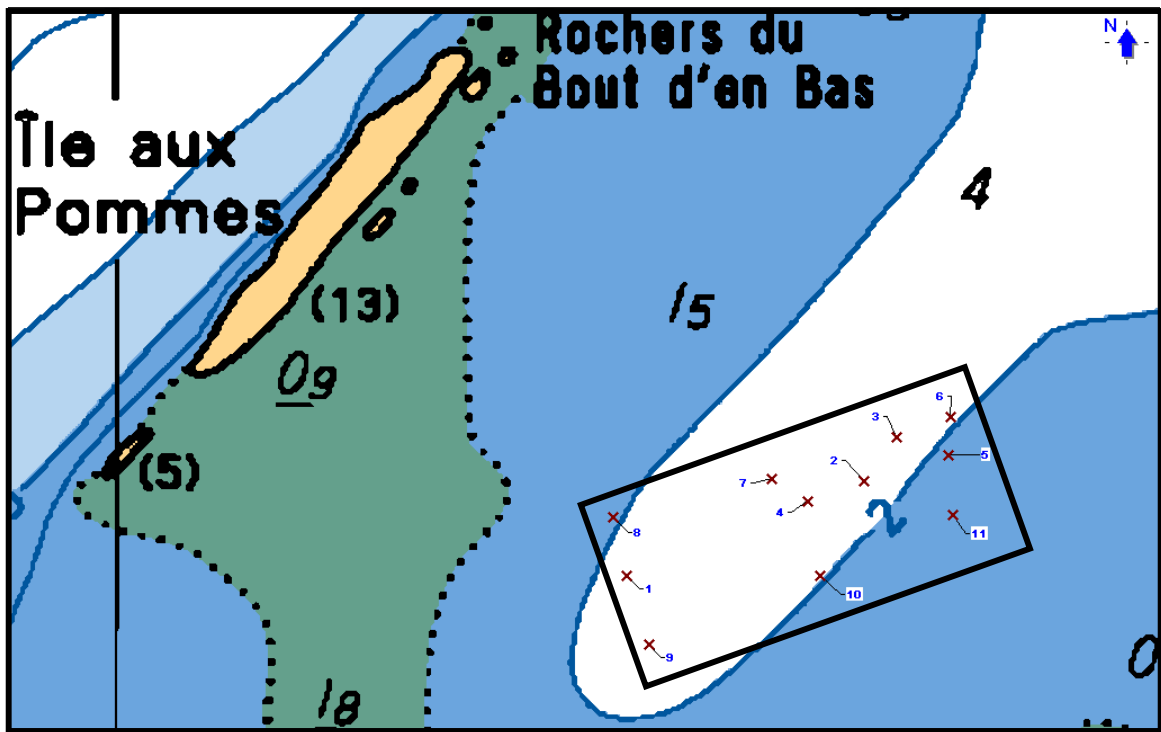


Figure 5. Positionnement des stations d'échantillonnage de la zone C.



Figure 6. La « vadrouille» utilisée pour les échantillonnages d'oursins.

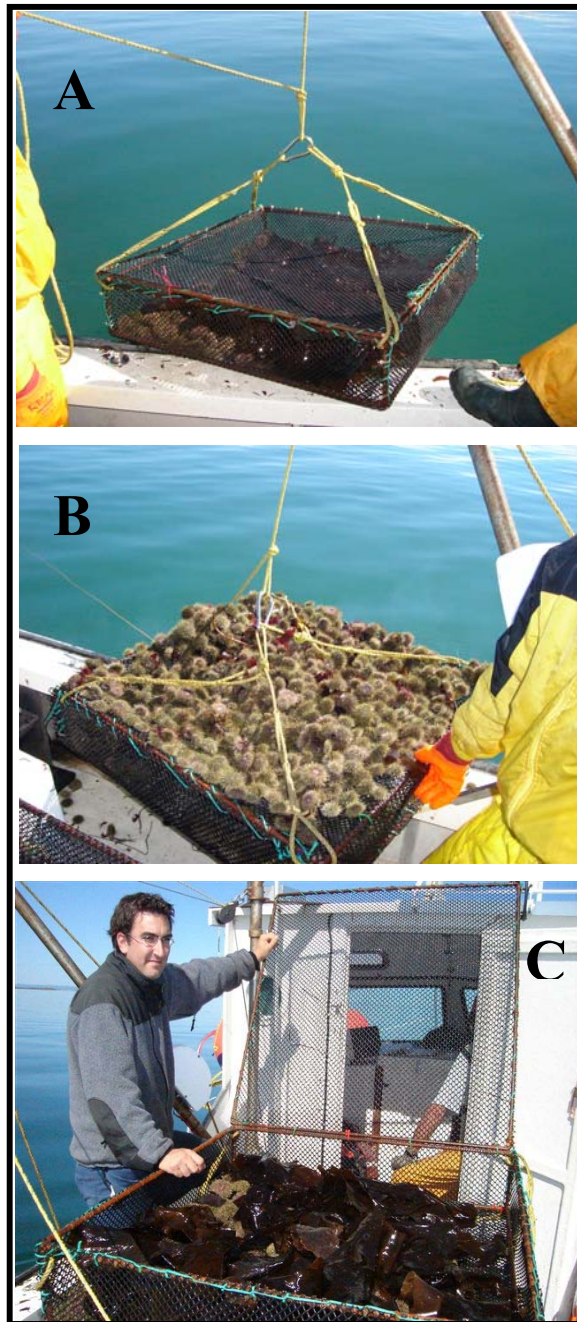


Figure 7. Cages utilisées pour le conditionnement. Un maillage de vexar™ de 8 mm sur une structure métallique (1,0 m X 1,0 m X 0,3 m). En B, des oursins de petite taille entassés sur une cage lors d'une visite d'échantillonnage. En C, nutrition aux laminaires.

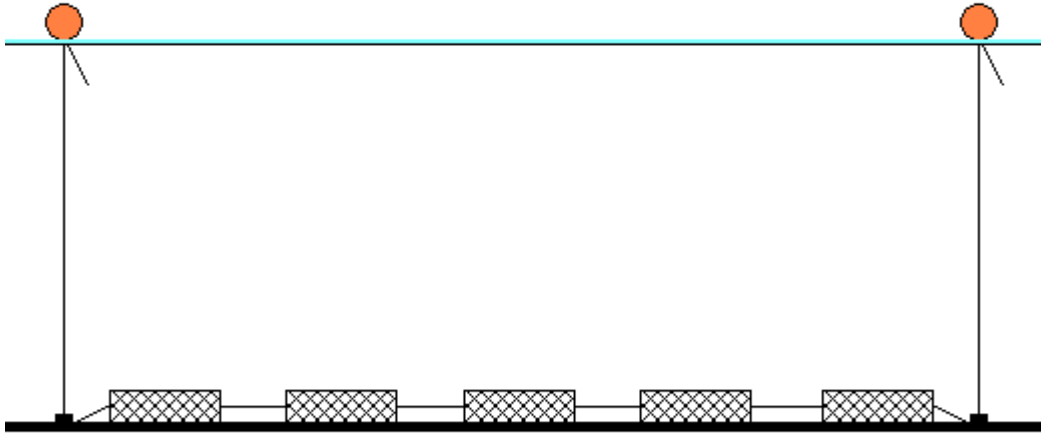


Figure 8. Schématisation d'un mouillage de 5 cages utilisées pour le conditionnement (dimensions non à l'échelle).



Figure 9. Charte utilisée pour la caractérisation des couleurs des gonades.



Figure 10. Après l'extraction, les gonades sont mises à égoutter sur un papier absorbant.

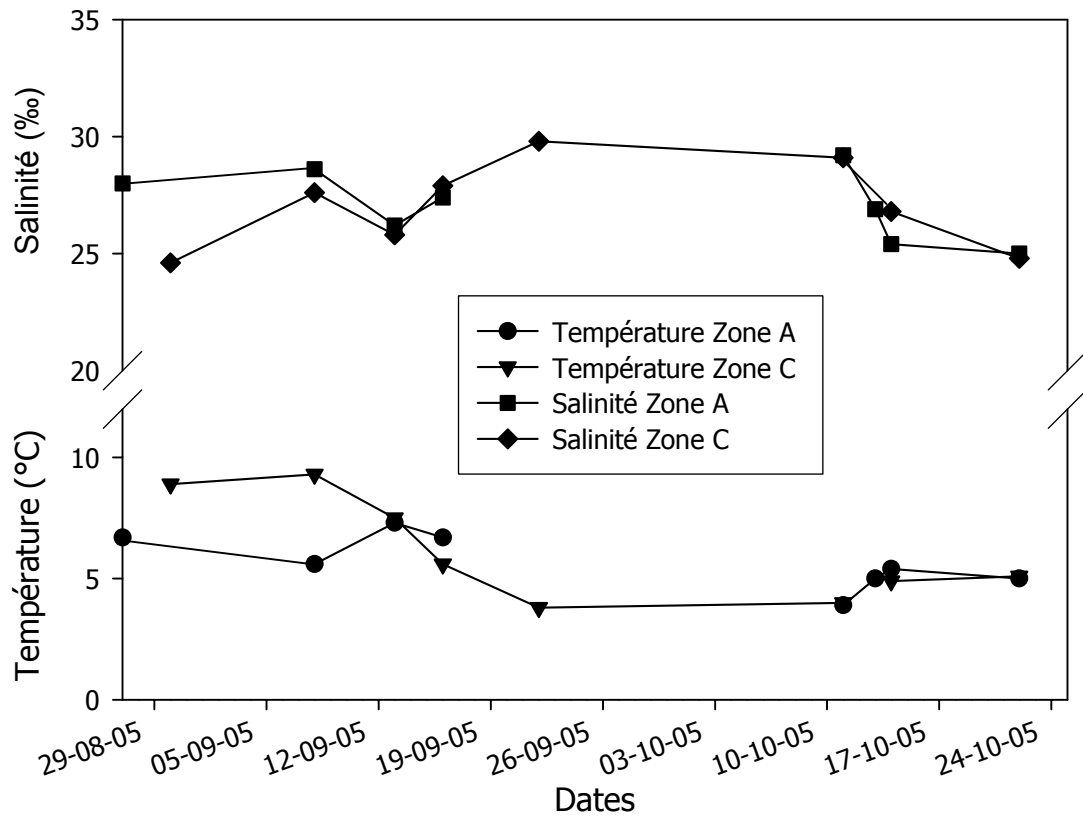


Figure 11. Profils des températures et des salinités enregistrées sur les zones A et C.

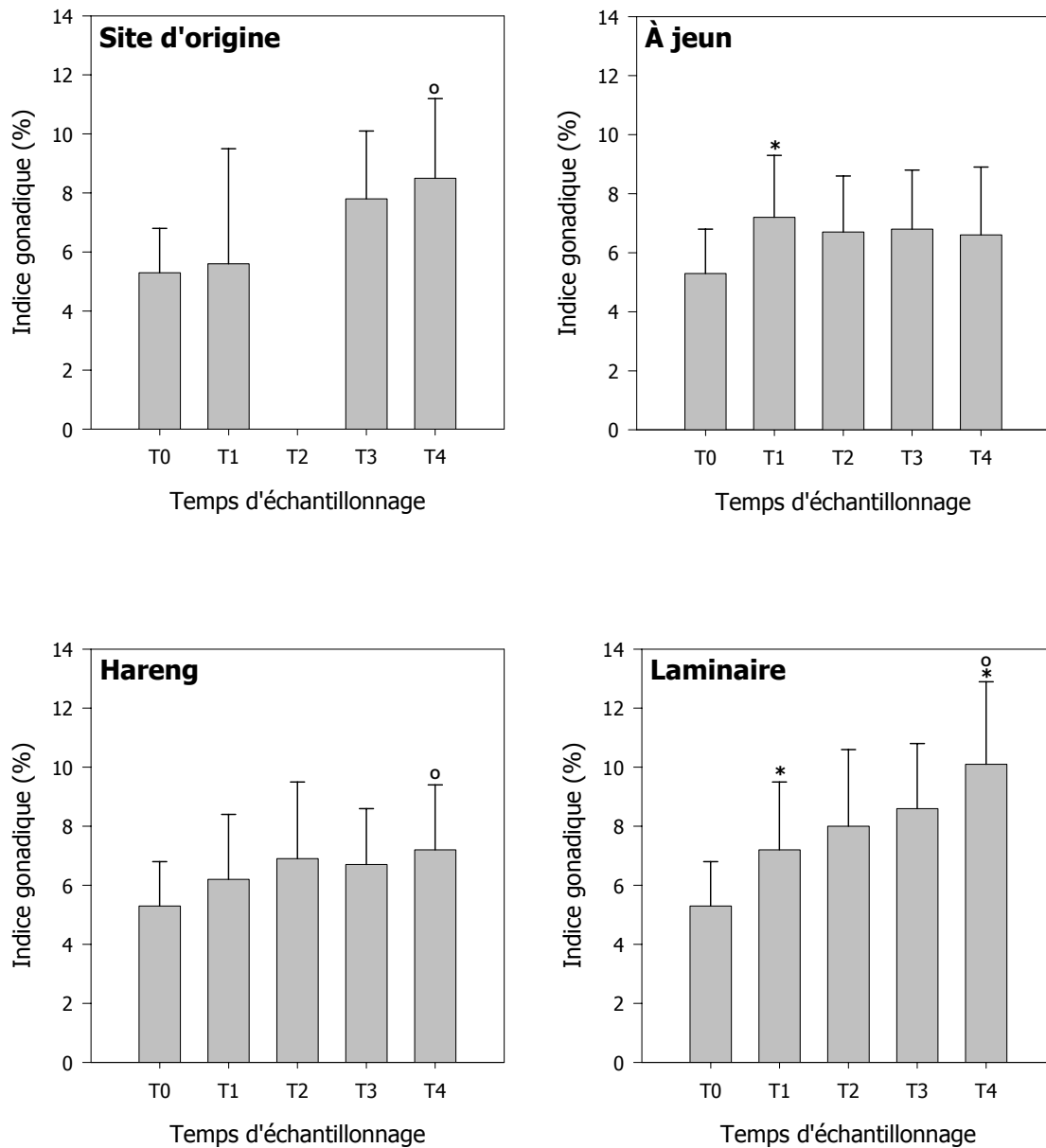


Figure 12. Évolution de l'indice gonadique (moyenne \pm écart-type) des 3 groupes expérimentaux en cages et de la population naturelle du site d'origine pendant la période de conditionnement. Les temps (t) marqués d'un astérisque (*) montrent une différence significative avec le t précédent. Les temps t₄ marqués d'un o montrent une différence significative avec le temps t₀.

Tableau 1. Agenda des travaux.

Date	Activité	Commentaires
4 août	Exploration pour localisation d'un site d'origine	-
12 août	Installation du premier mouillage de cages	-
19 août	Exploration de la zone d'origine en plongée et recherche d'un site de reparquage	-
25 août	Installation du deuxième mouillage de cages,	Perte d'une cage
27 août	Pêche des oursins en plongée et mise en cage, nutrition des oursins en cages, échantillonnage T0	Conditions climatiques difficiles
30 août	Nutrition des oursins (sauf H2 et L3)	Cages entremêlées, conditions climatiques difficiles
8 septembre	Nutrition des oursins, échantillonnage T1	Activité de pêche commerciale dans la zone A
13 septembre	Nutrition des oursins	-
16 septembre	Nutrition des oursins, exploration de la zone C	-
22 septembre	Nutrition des oursins, échantillonnage T2	Pas d'oursin à l'extrémité Nord de la zone A. Cause possible : tempête du nord-est les jours précédents
27 septembre	Sortie annulée après le départ	Bris du système de refroidissement du moteur
28 septembre	Nutrition des oursins (sauf H1, L1 et L2)	Conditions climatiques difficiles
3 octobre	Nutrition des oursins (sauf L3, H2 et H4)	Conditions climatiques difficiles
11 octobre	Nutrition des oursins, échantillonnage T3	-
13 octobre	Exploration de la zone A et B	Zone B explorée en partie
14 octobre	Nutrition des oursins	Activité de pêche commerciale dans la zone B
22 octobre	Retrait des cages (fin de l'expérience), échantillonnage T4	-
4 novembre	Fin de l'exploration de la zone B	Conditions climatiques difficiles

Tableau 2. Tableau de correspondance des codes de couleur de la charte développée par le Département des ressources marines de l'Université du Maine.

Code de couleur	Catégorie
101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-113-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126	A (accepté)
112-114-115-116	R (rejeté)

Tableau 3. Données de taille des oursins échantillonnés aux stations de la zone A.

Station	n	Moyenne ± écart-type (mm)	Taille minimale (mm)	Taille maximale (mm)
1	30	41,2 ± 10,2	25,5	63,6
2	41	36,6 ± 12,6	19,9	58,7
3	53	23,2 ± 5,4	16,6	49,9
4	26	50,8 ± 4,5	41,8	60,9
5	59	30,4 ± 6,8	22,6	49,6
6	62	26,5 ± 3,2	21,0	35,9
7	18	44,1 ± 7,6	30,9	55,1
8	18	49,9 ± 3,6	43,4	56,6
9	5	54,7 ± 6,2	48,0	63,5
10	17	45,0 ± 8,4	25,8	60,1
11	50	39,6 ± 3,5	32,8	48,9
12	20	45,3 ± 4,6	37,0	51,2
13	20	50,2 ± 4,1	45,2	61,3
14	16	48,0 ± 4,1	41,4	55,7
15	12	46,5 ± 4,0	41,4	52,3
Moyenne de la zone		37,3 ± 11,5	16,6	63,6

Tableau 4. Données de taille des oursins échantillonnés aux stations de la zone B.

Station	n	Moyenne \pm écart-type (mm)	Taille minimale (mm)	Taille maximale (mm)
1	0	-	-	-
2	20	56,2 \pm 5,0	48,4	70,1
3	13	51,5 \pm 3,1	46,4	57,7
4	18	55,6 \pm 5,8	48,3	69,2
5	14	54,4 \pm 5,7	45,6	66,1
6	0	-	-	-
7	0	-	-	-
8	0	-	-	-
9	1	56	56	56
Moyenne de la zone		54,7 \pm 5,2	45,6	70,1

Tableau 5. Données de taille des oursins échantillonnés aux stations de la zone C.

Station	n	Moyenne \pm écart-type (mm)	Taille minimale (mm)	Taille maximale (mm)
1	63	32,6 \pm 6,5	22,8	59,9
2	38	30,2 \pm 7,3	20,6	50,2
3	20	33,4 \pm 6,8	25,5	51,7
4	68	33,9 \pm 5,9	23,6	47,8
5	36	28,3 \pm 5,9	19,2	46,1
6	32	32,9 \pm 5,6	23,3	50,8
7	31	34,8 \pm 6,0	24,1	46,2
8	21	37,5 \pm 6,0	22,8	45,5
9	36	35,2 \pm 5,4	23,5	46,9
10	50	26,9 \pm 5,0	21,5	48,2
11	21	29,7 \pm 4,5	24,2	40,0
Moyenne de la zone		32,1 \pm 6,6	19,2	59,9

Tableau 6. Sommaire de l'exploration des 3 zones du secteur de l'île aux Pommes et d'une zone référence à l'île aux Basques. Les données de densité, d'abondance des laminaires et de nature du substrat ont été acquises en plongée sous-marine. Les données de taille et d'I.G. proviennent d'oursins échantillonnés à la «vadrouille».

Secteur	Île aux Pommes			Île aux Basques
	A	B	C	D
Zone				
Densité oursin (/m ²)	37	<1	n.d.	n.d.
Taille oursin (mm)				
Moyenne ± é-t	37,3 ± 11,5	54,7 ± 5,2	32,1 ± 6,6	55,6 ± 4,4
Minimum	16,6	45,6	19,2	51,3
Maximum	63,6	70,1	59,9	65,9
I.G. moyen (% ± é-t)	2,8 ± 1,3	7,4 ± 1,7	n.d.	8,6 ± 2,3
Laminaire*	F	M-G	M	G
Substrat	Roche	Gravier-galet	Gravier-sable	Roche

* Abondance relative : F, Faible; M, moyenne; G, grande.

Tableau 7: Évaluation de l'effet de la diminution de la densité dans les cages par l'échantillonnage. Comparaison des triplicatas à T₄. Les cages L2 et H4 n'ont été échantillonnées qu'aux temps t₀ et t₄. Les cages L1, L3, H1 et H2 ont été échantillonnées à tous les temps (t₀ à t₄).

Diète	comparaison	Différence significative
Laminaire (L)		
	L1 versus L2	non
	L3 versus L2	oui
Hareng (H)		
	H1 versus H4	oui
	H2 versus H4	non

Tableau 8: Évolution de l'indice gonadique en fonction du temps et mortalité totale des groupes expérimentaux au cours de la période de conditionnement en cages. Entre parenthèses, le pourcentage de gain (+) ou de perte (-) de l'indice gonadique entre chaque échantillonnage. Entre crochets à t_4 , le pourcentage de gain total entre t_0 et t_4 .

Échantillonnage	Indice gonadique \pm ϵ -t (%)			
	Site d'origine	Témoin (à jeun)	Hareng	Laminaire
T_0	5,3 \pm 1,5	5,3 \pm 1,5	5,3 \pm 1,5	5,3 \pm 1,5
T_1	5,6 \pm 3,9 (+6)	7,2 \pm 2,1 (+36)	6,2 \pm 2,2 (+17)	7,2 \pm 2,3 (+36)
T_2	N/A	6,7 \pm 1,9 (-7)	6,9 \pm 2,6 (+11)	8,0 \pm 2,6 (+11)
T_3	7,8 \pm 2,3 (+39)	6,8 \pm 2,0 (+1)	6,7 \pm 1,9 (-3)	8,6 \pm 2,2 (+8)
T_4	8,5 \pm 2,7 (+9) [60]	6,6 \pm 2,3 (-3) [25]	7,2 \pm 2,2 (+7) [36]	10,1 \pm 2,8 (+17) [91]
Mortalité(% \pm ϵ -t)	N/A	9,5 \pm 3,2	15,8 \pm 3,0	8,5 \pm 4,0

Tableau 9. Comparaison de l'indice gonadique moyen des groupes expérimentaux à la fin de la période de conditionnement (t_4). Les groupes expérimentaux affichant des lettres identiques dans la colonne «groupe homogène» ne montrent pas de différence significative de leurs indices gonadiques.

Groupe expérimental	I.G. \pm é-t (%)	Groupe homogène
Site d'origine	8,5 \pm 2,7	A
Témoin (À jeun)	6,6 \pm 2,3	A
Hareng	7,2 \pm 2,2	A
Laminaire	10,1 \pm 2,8	B

Tableau 10. Pourcentage des gonades de catégorie A (regroupant les couleurs acceptables pour le marché selon le tableau 2) des groupes expérimentaux pour chacune des périodes d'échantillonnage.

Temps d'échantillonnage	Site d'origine	À jeun (témoin)	Hareng	Laminaire
T ₀	45	45	45	45
T ₁	53	64	53	63
T ₂	N/A	57	55	58
T ₃	75	65	50	65
T ₄	73	70	75	75

Tableau 11. Résultats du test organoleptique effectué après la période de stabulation de 3 semaines suivant le conditionnement. L'indice de similitude (I.S.) se rapproche de 1 lorsque le goût de l'échantillon testé se rapproche de celui de la référence (oursins sauvages de la zone d'origine échantillonnés simultanément aux groupes en cages). À noter que la référence était un sous-échantillon du lot témoin (site d'origine).

Lot testé	I.S.
Site d'origine (Témoin)	0,71
À jeun	0,29
Hareng	0,14
Laminaire	0,29