

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN RESSOURCES RENOUVELABLES

par
FRANÇOIS RICHARD
B.Sc. (Agr.)

ÉTUDE COMPARATIVE DE LA CONDITION ET DE L'ÉTAT REPRODUCTEUR DE
MORUES (*Gadus morhua*) DU FJORD DU SAGUENAY ET DU GOLFE SAINT-
LAURENT

JUIN 1997



Mise en garde/Advice

Afin de rendre accessible au plus grand nombre le résultat des travaux de recherche menés par ses étudiants gradués et dans l'esprit des règles qui régissent le dépôt et la diffusion des mémoires et thèses produits dans cette Institution, **l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** est fière de rendre accessible une version complète et gratuite de cette œuvre.

Motivated by a desire to make the results of its graduate students' research accessible to all, and in accordance with the rules governing the acceptance and diffusion of dissertations and theses in this Institution, the **Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** is proud to make a complete version of this work available at no cost to the reader.

L'auteur conserve néanmoins la propriété du droit d'auteur qui protège ce mémoire ou cette thèse. Ni le mémoire ou la thèse ni des extraits substantiels de ceux-ci ne peuvent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

The author retains ownership of the copyright of this dissertation or thesis. Neither the dissertation or thesis, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

RÉSUMÉ


Le fjord du Saguenay (Québec) constitue un milieu particulier, l'embouchure donne sur un estuaire, celui du Saint-Laurent. Le fjord du Saguenay est également caractérisé par la présence de deux nappes d'eau séparées par une pycnocline très marquée, surtout en saison estivale. Les conditions de température et de salinité de la nappe profonde, habitat de la morue (*Gadus morhua*), sont plutôt stables dans le Saguenay. Dans le Golfe du Saint-Laurent, les conditions environnementales subissent des fluctuations irrégulières. Depuis le début des années 1990, ces conditions se sont dégradées en raison du refroidissement marqué de la température de l'eau. Le cycle vital des morues du Golfe est connu: la reproduction a lieu d'avril à juin environ et elle est suivie d'une migration liée à l'alimentation. Les morues du Saguenay n'effectuent pas de migrations; elles s'alimentent durant toute l'année, même pendant la reproduction qui se déroule sur une période hâtive et étendue (de novembre à mars).

Dans le contexte où les populations de morues du Golfe et du Saguenay évoluent dans des milieux aux conditions différentes, la condition et l'état reproducteur de morues adultes (entre 30 cm et 60 cm) de ces populations ont été comparés. L'objectif est de tenter de lier les variations de la condition des morues aux conditions environnementales et au cycle de la reproduction.

Les morues du Golfe en juin affichent une moins bonne condition que les morues du Saguenay échantillonnées en juillet (contenu en eau du foie supérieur et contenu en énergie du même tissu inférieur). Les indices de condition indiquent également une condition moins bonne pour les morues du Golfe en été, (pour les femelles du Golfe, $K=0,71$ et $IHS=2,70$ et dans le Saguenay, femelles, $K=0,88$ et $IHS=5,81$).

En hiver, les morues du Saguenay affichent des indices gonado-somatiques correspondant à une activité reproductrice. Ce qui semble être confirmé par un contenu en eau du foie supérieur (47,4%, femelles) et un contenu en énergie du foie inférieur (16,39 kJ/g, femelles) aux même paramètres évalués en été (38,8% et 21,02). Les paramètres de condition évalués pour un poisson standard de 45 cm appuient les différences constatées par la comparaison des échantillons des deux milieux.

Les résultats sont discutés en fonction du cycle connu de reproduction dans le Golfe, avec les implications au niveau de la condition. Ainsi, les morues du Saguenay sont avantagées par un poids supérieur aux morues du Golfe pour une même longueur. Les morues du Saguenay bénéficient en plus de conditions environnementales leur permettant de s'alimenter à l'année longue; elles ont une condition générale comparable entre l'été et l'hiver, contrairement aux morues du Golfe qui subissent d'importantes fluctuations saisonnières de leur condition et qui cessent généralement de s'alimenter pendant la reproduction.

 25 juin 1997

à Lydia

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur M. Denis Larrivée pour son dévouement. Je remercie également, parmi le personnel du département des sciences fondamentales, les personnes qui m'ont apporté une aide précieuse en temps opportun.

Cette recherche n'aurait pu se concrétiser sans les judicieux conseils de M. Jean-Denis Dutil, chercheur à l'Institut Maurice-Lamontagne. Je remercie M. Dutil pour m'avoir orienté sur la bonne voie en plus de m'avoir gracieusement fourni toutes les données et les informations dont j'ai eu besoin. Je dois aussi remercier messieurs Jean-Marie Sévigny et Jean-Denis Lambert pour les précieuses données mises à ma disposition.

Je dois souligner les efforts déployés par M. Jacques Morneau, pêcheur professionnel, lors de la pêche de juillet 1994 dans le Saguenay. Je remercie également M. Sylvain Saint-Gelais pour sa collaboration étroite à cette campagne d'échantillonnage.

Je tiens en outre à remercier le personnel du Parc Marin du Saguenay pour l'important soutien (bateau et opérateur), accordé lors de la campagne d'échantillonnage d'automne dans le Saguenay. Je remercie messieurs François Larrivée, André Carrier et Daniel Groleau pour leur participation à cette campagne qui fut malheureusement moins fructueuse que souhaitée.

Je tiens à remercier de façon très particulière M. Yvon-Marcel Tremblay pour son inestimable et généreuse collaboration à l'échantillonnage d'hiver. Par la même occasion je salue la participation des pêcheurs de Sainte-Rose-du-Nord qui ont permis l'échantillonnage de leurs prises.

L'analyse des données fut simplifiée grâce aux conseils de M. Michel Simoneau que je remercie.

Je désire souligner l'apport financier du fonds FCAR.

Je remercie enfin mes parents pour leur soutien de tous les instants.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|-----|
| RÉSUMÉ | ii |
| REMERCIEMENTS | iv |
| TABLE DES MATIÈRES | v |
| LISTE DES TABLEAUX | vii |
| LISTE DES FIGURES | ix |
| CHAPITRE I : INTRODUCTION | 1 |
| CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES | 15 |
| 2.1 Récolte des échantillons. | 16 |
| 2.1.1 Morues du Golfe du Saint-Laurent.. . . . | 16 |
| 2.1.1.1 Échantillon d'hiver.. . . . | 16 |
| 2.1.1.2 Échantillon d'été.. . . . | 17 |
| 2.1.1.3 Échantillon d'automne.. . . . | 17 |
| 2.1.2 Morues du Saguenay.. . . . | 18 |
| 2.1.2.1 Échantillon d'hiver.. . . . | 18 |
| 2.1.2.2 Échantillon d'été.. . . . | 20 |
| 2.2 Mesures et prélèvements.. . . . | 23 |
| 2.3 Analyses calorimétriques. | 25 |
| 2.3.1 Détermination du contenu en eau. | 25 |
| 2.3.2 Détermination du contenu énergétique.. . . . | 26 |
| 2.4 Analyses statistiques.. . . . | 29 |
| 2.4.1 Relations poids-longueur.. . . . | 29 |
| 2.4.2 Calcul et comparaison des indices. | 32 |
| 2.4.2.1 Coefficient de condition. | 32 |
| 2.4.2.2 Indice hépato-somatique.. . . . | 34 |
| 2.4.2.3 Indice gonado-somatique.. . . . | 35 |
| 2.4.2.4 Comparaison des indices, des contenus en eau et des contenus en énergie. | 36 |

| | |
|--|-----|
| 2.5 Relation entre les contenus énergétiques spécifiques et les indices de condition. | 37 |
| CHAPITRE III : RÉSULTATS | 39 |
| 3.1 Relation poids-longueur. | 40 |
| 3.2 Coefficient de condition de Fulton. | 42 |
| 3.2.1 Comparaisons intramilieu. | 43 |
| 3.2.1.1 Saguenay. | 43 |
| 3.2.1.2 Golfe. | 43 |
| 3.2.2 Comparaisons intermilieux. | 44 |
| 3.3 Indice hépato-somatique. | 44 |
| 3.3.1 Comparaisons intramilieu. | 45 |
| 3.3.1.1 Saguenay. | 45 |
| 3.3.1.2 Golfe. | 46 |
| 3.3.2 Comparaisons intermilieux. | 47 |
| 3.4 Contenu en eau et contenu énergétique des tissus. . | 49 |
| 3.4.1 Contenu en eau du muscle. | 49 |
| 3.4.2 Contenu calorifique du muscle. | 52 |
| 3.4.3 Contenu en eau du foie. | 54 |
| 3.4.4 Contenu calorifique du foie. | 57 |
| 3.5 Relation entre contenu en eau et contenu énergétique spécifique. | 60 |
| 3.6 Relation entre contenu énergétique spécifique et indices de condition. | 63 |
| 3.7 Relation entre contenu énergétique total et longueur à la fourche. | 64 |
| 3.8 Paramètres évalués pour un poisson standard de 45 cm. | 67 |
| 3.9 Maturité et indice gonado-somatique. | 73 |
| CHAPITRE IV : DISCUSSION | 78 |
| 4.1 Condition. | 81 |
| 4.2 Reproduction. | 93 |
| CHAPITRE V : CONCLUSION | 99 |
| RÉFÉRENCES | 106 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 2.1. Effectifs des échantillons utilisés pour l'analyse des résultats. | 22 |
| Tableau 2.2. Correspondance entre les échelles descriptives du stade de maturité. | 24 |
| Tableau 3.1. Coefficient de condition K_2 pour les morues du Saguenay et du Golfe par saison et par sexe. | 44 |
| Tableau 3.2. Indice hépatosomatique ($IHS_2 = 100 \cdot PF / (PT - PG)$) pour les morues du Golfe et du Saguenay, par saison et par sexe. | 48 |
| Tableau 3.3. Contenu en eau du muscle (%) des morues du Saguenay et du Golfe Saint-Laurent, par saison et par sexe. | 51 |
| Tableau 3.4. Contenu calorifique du muscle (kJ/g poids frais) des morues du Saguenay et du Golfe Saint-Laurent, par saison et par sexe. | 53 |
| Tableau 3.5. Contenu en eau du foie (%) des morues du Saguenay et du Golfe Saint-Laurent, par saison et par sexe. | 56 |
| Tableau 3.6. Contenu calorifique du foie (kJ/g poids frais) des morues du Saguenay et du Golfe Saint-Laurent, par saison et par sexe. | 59 |
| Tableau 3.7. Poids total, énergie du foie et du muscle, contenu en eau du foie et du muscle, indice hépato-somatique et coefficient de condition évalués pour un poisson standard de 45 cm pour le Saguenay et pour le Golfe à différentes saisons. | 72 |

Tableau 3.8. Longueur à la fourche, indice gonado-somatique
et indice hépato-somatique moyens pour les
morues du Saguenay en hiver et en été, par
stade de maturité et par sexe. . . . 76

Tableau 3.9. Longueur à la fourche, indice gonado-somatique
et indice hépato-somatique moyens pour les
morues du Golfe Saint-Laurent en hiver, en été
et en automne par stade de maturité et par
sexe.. . . . 77

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1.1. Délimitation des zones de pêche de l'Organisation des Pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) dans le Golfe du Saint-Laurent. | 4 |
| Figure 2.1. Sites d'échantillonnage dans le Saguenay. | 19 |
| Figure 3.1. Régression par axe principal réduit de la relation log poids total - log longueur à la fourche pour les échantillons d'été et d'hiver. | 41 |
| Figure 3.2. Relation entre le contenu énergétique (kJ/g poids frais) et le contenu en eau (%) du muscle et du foie des morues du Saguenay et du Golfe en été, sexes combinés. | 61 |
| Figure 3.3. Relation entre le contenu énergétique (kJ/g poids frais) et le contenu en eau (%) du muscle et du foie des morues du Saguenay et du Golfe en hiver, sexes combinés. | 62 |
| Figure 3.4. Relation entre le contenu énergétique spécifique du muscle et le coefficient de condition et entre le contenu énergétique spécifique du foie et l'indice hépato-somatique des morues du Saguenay.. . . . | 65 |
| Figure 3.5. Relation entre le contenu énergétique spécifique du muscle et le coefficient de condition et entre le contenu énergétique spécifique du foie et l'indice hépato-somatique pour des morues du Golfe démontrant la gamme complète de condition énergétique. | 66 |
| Figure 3.6. Régression (axe principal réduit) du contenu énergétique total du muscle et du foie sur la longueur à la fourche pour les morues du Saguenay et du Golfe en été.. . . . | 68 |

- Figure 3.7. Régression (axe principal réduit) du contenu énergétique total du muscle et du foie sur la longueur à la fourche pour les morues du Saguenay et du Golfe en hiver. . . . 69
- Figure 3.8. Relation entre le contenu énergétique total du muscle et du foie et les indices de condition correspondant évalués pour les morues du Golfe et du Saguenay pour un poisson standard de 45 cm. . . . 71
- Figure 3.9. Indice gonado-somatique en fonction de la longueur pour les morues du Saguenay et du Golfe.. . . 74

CHAPITRE I

INTRODUCTION

La morue est un poisson de fond dont l'importance socio-économique pour les populations côtières est historiquement démontrée. Comme toutes les populations de morue de l'Atlantique Nord, la population du nord du Golfe Saint-Laurent a subi une pêche intensive depuis au moins un demi-siècle. Ses effectifs ont été réduits à un point tel que sa capture commerciale fait présentement l'objet d'un moratoire. Parallèlement aux effets de la pêche, cette population subirait depuis quelques années les conséquences de conditions environnementales fluctuantes. Les conditions défavorables se traduisant par une diminution marquée de la température moyenne de la couche froide intermédiaire (entre 25 m et 160 m de profondeur environ), dont les valeurs des années 1990 à 1995 sont parmi les plus basses de la période 1948-1995 (Gilbert et Pettigrew, 1996). Les températures de la couche froide intermédiaire pour cette période se sont maintenues à près de $-1,0^{\circ}\text{C}$ (entre $-0,2^{\circ}\text{C}$ et $-1,2^{\circ}\text{C}$). L'effet de ce refroidissement a été de déplacer les concentrations de morues vers de plus grandes profondeurs. D'autre part, la baisse de la température non seulement de la couche intermédiaire mais également en surface, s'accompagne d'une diminution de la salinité de surface, avec des

conséquences sur les communautés planctoniques. Conover et al, (1995) ont découvert que durant cette période de baisse de température et de salinité, le copépode *Calanus finmarchicus*, dont les larves nauplii servent de nourriture aux larves de morues, est remplacé par des espèces arctiques dont l'éclosion est désynchronisée par rapport à la phase larvaire des morues (hypothèse "match/mismatch"). Les conséquences d'une alimentation déficiente des larves sur les stocks de morue seraient reflétées par une moins bonne condition générale affectant la croissance, le succès de reproduction et la survie de toutes les classes d'âge.

Le cycle vital de la population du nord du Golfe est assez bien connu. Cette population migratrice fréquente principalement les divisions 4R, 4S, 3PN du Golfe. En hiver, les morues adultes séjournent dans la partie sud de cette aire de distribution, au sud-ouest de Terre-Neuve, soit la division 3PN (figure 1.1). Elles fréquentent alors les eaux profondes de cette région, dont la température se situe autour de 3°C, jusqu'au printemps. En été, elles effectuent une longue migration qui les mène au nord de leur aire de distribution. Elles se dispersent alors en suivant les fronts hydrogéographiques productifs jusque dans le détroit de Belle-Isle à l'est et dans l'estuaire du Saint-Laurent à

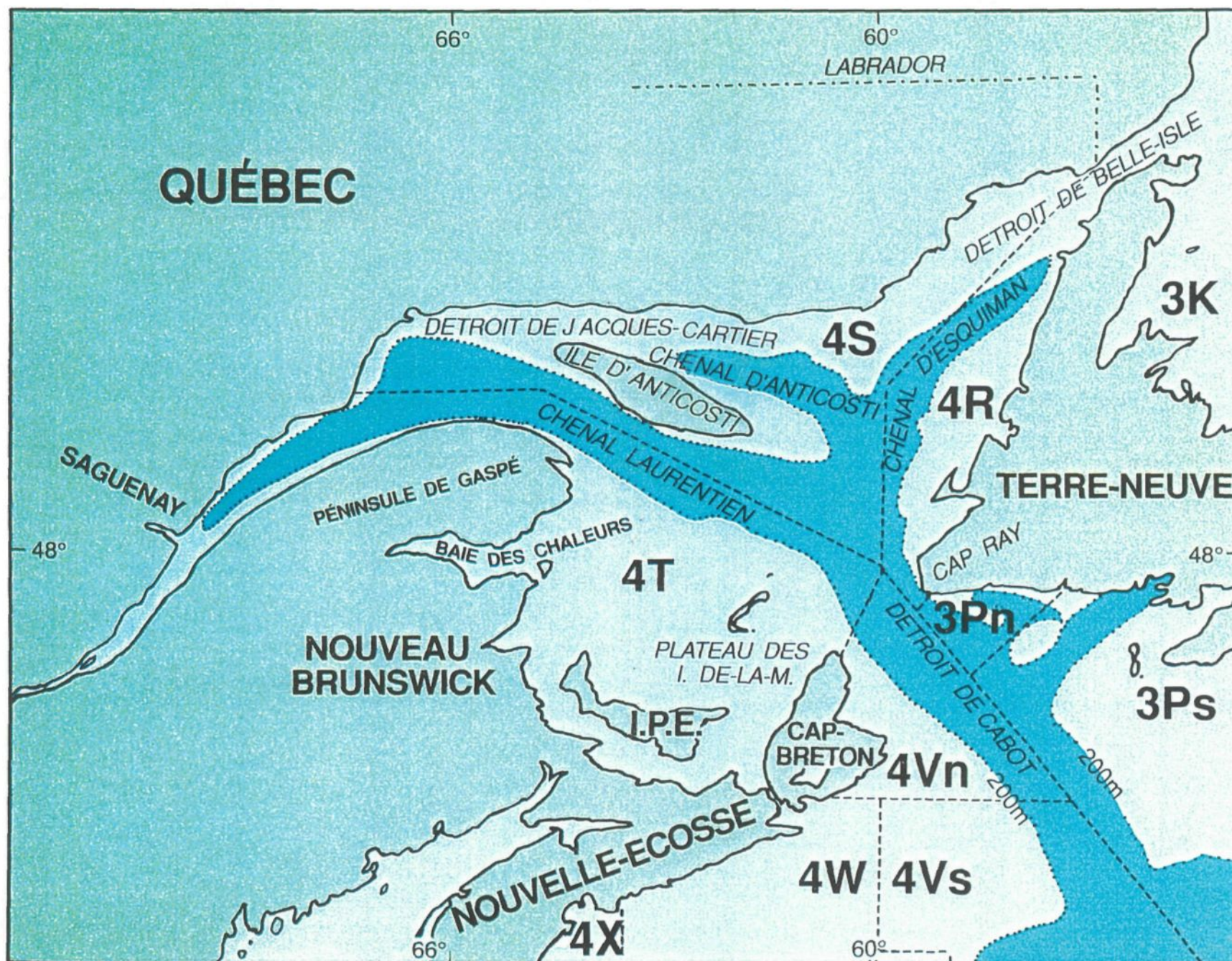


Figure 1.1. Délimitation des zones de pêche de l'Organisation des Pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) dans le Golfe du Saint-Laurent.
Source: Thériault, 1991

l'ouest où elles se rendent pour s'alimenter. C'est pendant la période précédant la migration que le gros de la population se reproduit, c'est-à-dire d'avril à juin environ. Elles se retrouvent alors dans la couche d'eau supérieure, au dessus de la couche froide intermédiaire, à des températures oscillant entre 0° et 3°C. À l'automne, les adultes reprennent leur migration vers des eaux plus profondes et plus chaudes. Ainsi, en plus de la migration horizontale qui se passe sur de très grandes distances, les morues adultes effectuent une migration verticale où elles semblent éviter la couche froide intermédiaire.

Cette séquence d'activités des morues adultes suggère une évolution de leur condition énergétique et de leur état reproducteur en fonction de divers facteurs tels que la disponibilité de nourriture et autres conditions environnementales.

La condition d'un poisson réfère à ses réserves énergétiques, celles-ci se présentant, chez la morue, sous forme de lipides dans les tissus hépatiques, jusqu'à 70% de la composition du foie, et de protéines, de 10 à 15%, dans le tissu musculaire (Dutil et al, 1995). L'évaluation de la condition requiert la mesure simultanée des variables et des

indices qui expriment clairement la condition générale des poissons. Chez la morue, les variables à mesurer sont les contenus en énergie et en eau dans les tissus hépatiques et musculaires. Quant aux indices les plus utiles, ce sont le coefficient de condition K de Fulton et l'indice hépatosomatique. L'indice gonado-somatique fournit, quant à lui, l'évaluation de l'état de développement des gonades.

Les indices calculés permettent de déterminer avec précision, la condition énergétique des poissons en fonction des contenus en eau et en énergie des tissus.

L'évolution de la condition sera donc reflétée à travers les différents indices de même qu'à travers les variations des contenus en eau et en énergie des différents tissus. On devrait ainsi observer une augmentation graduelle de l'indice gonado-somatique de janvier à juin environ. Chez la morue en effet, cet indice va en augmentant à mesure que la période de fraye approche. À l'intérieur de la saison de reproduction, l'indice peut varier passablement d'un individu à l'autre. En effet, la morue a une reproduction déterminée (determinate spawner), il n'y a pas de formation d'oocytes vitellogéniques durant la fraye, cependant les oeufs sont hydratés par périodes et peuvent être relâchés en plusieurs

"paquets" (batches) tout au long de la période de reproduction, environ de 3 à 4 semaines (Kjesbu et al, 1991; Kjesbu et al, 1990; Kjesbu, 1989). L'indice croît généralement à partir de la saison hivernale jusqu'à atteindre un maximum en période de fraye (Eliassen et Vahl, 1982b). Les variations de l'indice gonado-somatique peuvent être reliées aux changements dans la condition des morues et plus particulièrement aux variations de l'indice hépatosomatique, la maturation des gonades nécessitant de puiser dans les réserves de lipides du foie (Eliassen et Vahl, 1982a). Parallèlement à cette augmentation de l'indice gonado-somatique donc, l'indice hépatosomatique subit une diminution correspondant à l'utilisation des réserves d'énergie du foie (Eliassen et Vahl, 1982a). Les lipides du foie constituent effectivement la principale source d'énergie nécessaire au développement des gonades lorsque l'alimentation ne suffit plus à la demande d'énergie qu'exige ce processus physiologique (Love, 1960; Love, 1970; Eliassen et Vahl, 1982b). Lorsque la demande énergétique dépasse la capacité des réserves hépatiques, les protéines du muscle contribuent alors à fournir l'énergie nécessaire à la maturation (Love, 1960; Damberg, 1963; Love, 1970; Kjesbu et al, 1991). Dans cette situation, le coefficient de condition de Fulton serait à la baisse.

À mesure que les lipides et les protéines sont puisés à même le foie et le muscle respectivement, le contenu en eau de ces tissus augmente proportionnellement, une relation linéaire pouvant être établie entre le contenu énergétique et le contenu en eau (Dutil et al, 1995). Cette relation linéaire entre le contenu en eau et le contenu énergétique a été établie pour des espèces comme le saumon sockeye (*Oncorhynchus nerka*) de même que pour des poissons comme le hareng (*Clupea harengus*) qui accumulent les lipides dans le muscle (Weatherley et Gill, 1987).

Suite à la période de reproduction, les morues du Golfe initient une migration qui leur permettra de s'alimenter et ainsi de reconstituer leurs réserves énergétiques. Au début de l'automne donc, ayant normalement profité d'une période d'alimentation, le coefficient de condition et l'indice hépato-somatique atteindront des valeurs maximales qui tendront à diminuer par la suite en saison hivernale. Quant à l'indice gonado-somatique en période post-fraie, il affichera des valeurs minimales puisque les produits gonadaux auront été expulsés.

L'évolution de la condition en fonction du cycle annuel de reproduction et de conditions environnementales

défavorables a été le sujet de plusieurs études sur des espèces marines, anadromes et d'eau douce. Fechhelm et al, (1996) ont ainsi étudié l'évolution de la condition de ciscos (*Coregonus autumnalis*) de la région de Prudhoe Bay, Alaska, sur deux saisons. Ils ont trouvé que cette espèce anadrome a une condition, exprimée par le coefficient de Fulton et les contenus en lipides et en protéines, qui s'améliore graduellement tout au long de la saison d'alimentation estivale et qui décline par la suite lors de l'utilisation des réserves énergétiques en hiver.

Des expériences sur la tolérance des morues à différentes salinités ont par ailleurs démontré que la variabilité du contenu en eau du muscle et des protéines du plasma est due principalement (90%) à la saison (Dutil et al, 1992). Les fluctuations de ces variables seraient ainsi liées aux variations saisonnières du coefficient de condition et de l'indice gonado-somatique.

Dans le Saguenay, la situation de la population de morues diffère sous plusieurs aspects de celle du Golfe. Tout d'abord, les morues du Saguenay, bien qu'exploitées par une pêche sportive particulièrement intensive en hiver, ne subissent pas la pression qu'exerce une pêche commerciale

telle que celle ayant été pratiquée dans le Golfe. Selon l'hypothèse que les morues du Saguenay sont résidentes et y effectuent la totalité de leur cycle vital, elles n'ont pas à entreprendre de longues migrations pour leurs activités de reproduction et d'alimentation. Dans son étude, Lalancette (1984) a établi que la période de reproduction s'étend de novembre à mars et que les morues continuent à s'alimenter durant cette période.

On peut penser en deuxième lieu que l'environnement des morues du Saguenay, différent à plusieurs égards de l'habitat de la population du Golfe (conditions de température et de salinité), contribue en majeure partie aux différences de leur cycle vital. Le Saguenay est un fjord dont les caractéristiques hydrographiques ont d'abord été décrites par Drainville (1968). La présence d'une thermohalocline (pycnocline) très marquée à une profondeur d'environ 20 m en été, le couvert total de glace en hiver, la présence en profondeur d'eau très froide et oxygénée en provenance de l'estuaire du Saint-Laurent et la remontée de cette masse d'eau, après un séjour de quelques mois, en surface à la hauteur de Saint-Fulgence sont quelques unes des particularités du Saguenay.

La caractéristique principale du fjord demeure la stratification des eaux en deux couches distinctes. Dans la synthèse qu'ils présentent des aspects physico-chimiques du Saguenay, Fortin et Pelletier, (1995), décrivent ainsi les conditions de température et de salinité des eaux du fjord:

"La température de la nappe d'eau superficielle peut varier du point de congélation en hiver, à plus de 20°C en été. ... En période estivale, la température de l'eau de cette nappe superficielle varie entre 16°C à Saint-Fulgence et 11°C à l'embouchure du fjord. En ce qui a trait à la salinité de surface, elle est partout inférieure à 10‰... La thermohalocline forme une couche intermédiaire d'eau de mélange dont l'épaisseur atteint environ 10 m à 15 m dans le fjord... Dans cette zone de discontinuité, la température chute rapidement à environ 1°C, et la salinité passe brusquement au dessus de 25‰... La nappe profonde, qui se prolonge jusqu'à la tête du fjord, montre de faibles oscillations saisonnières de température allant de 0,4°C à 1,7°C. Le gradient de salinité est régulier passant progressivement de 26‰ sous la thermohalocline à 31‰ dans les profondeurs du fjord..."

Par ailleurs, un taux d'oxygénation élevé et des températures très basses dans la nappe profonde sont maintenues en permanence par l'apport d'eau froide et oxygénée en provenance de l'estuaire.

En ce qui concerne la production primaire dans le Saguenay, il semble exister des conditions physico-chimiques favorables à son développement. Cependant, les mécanismes hydrologiques présents font en sorte que le temps de résidence des organismes dans la zone photique ne suffit pas au maintien d'une productivité élevée (Côté, 1977, Cloutier et Côté, 1985; Chassé et Côté, 1991). Ce phénomène ne semble toutefois pas empêcher la présence de communautés zooplanctoniques permanentes à de plus grandes profondeurs; on retrouve de ces communautés jusqu'à 100 m au moins, avec un maximum de biomasse à 25 m (Fortin et Pelletier, 1995).

Compte tenu de ces facteurs, la présente étude vérifiera l'hypothèse selon laquelle les morues du Saguenay, bénéficient de conditions environnementales leur permettant de s'alimenter à l'année longue. S'il en est ainsi, l'indice gonado-somatique de ces morues en hiver devrait correspondre à des valeurs de saison de reproduction et leur indice hépato-somatique devrait se maintenir assez élevé grâce à une alimentation continue. En été, la condition générale des morues du Saguenay serait bonne, comme l'indiquerait une valeur élevée de l'indice hépato-somatique. Alors:

- 1) Elles afficheront une condition générale supérieure aux morues du Golfe au début de l'été (juin-juillet); ces

dernières se trouvant dans un état d'épuisement de leurs réserves énergétiques dû principalement à l'activité de reproduction.

- 2) D'autre part, en hiver (janvier-février), l'indice gonadosomatique des morues du Saguenay devrait être supérieur (période de reproduction étendue) et l'indice hépatosomatique égal ou supérieur grâce à l'alimentation continue par rapport aux mêmes indices chez les morues du Golfe.

L'objectif consiste à tenter de relier les valeurs saisonnières de condition avec l'état reproducteur de même qu'avec des facteurs externes tels que les conditions environnementales et l'alimentation. Le cycle de la condition des morues du Golfe servira de point de référence.

Les moyens utilisés pour réaliser l'objectif sont:

- 1) Évaluer le coefficient de condition ainsi que les indices hépatosomatique et gonadosomatique des morues échantillonnées aux différentes saisons dans le Saguenay et dans le Golfe.

- 2) Déterminer le contenu en eau et en énergie du muscle et du foie aux différentes saisons et dans les deux milieux.
- 3) Évaluer le stade de maturité des gonades des morues échantillonnées.
- 4) Déterminer les relations entre les indices de condition et les contenus en eau et en énergie pour chaque tissu.
- 5) Évaluer et comparer pour chaque site et période d'échantillonnage, les paramètres de condition pour un poisson standard de 45 cm.

CHAPITRE II

MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Récolte des échantillons

Les données ayant servi à l'analyse des résultats proviennent de campagnes d'échantillonnage qui ont eu lieu dans le Golfe du Saint-Laurent ainsi que dans le fjord du Saguenay. Ces échantillonnages se sont déroulés à différentes époques de l'année, soit janvier, juin et fin août, dans le cas du Golfe; l'été (juin-juillet) et l'hiver (janvier-mars) pour le Saguenay (tableau 2.1).

Les spécimens du Golfe proviennent de pêches expérimentales, alors que pour le Saguenay, les morues ont été récoltées lors de la pêche sportive d'hiver (pêche blanche) en plus de pêches expérimentales en été (tableau 2.1).

2.1.1 Morues du Golfe du Saint-Laurent

2.1.1.1 Échantillon d'hiver

Les données d'hiver de la population du Golfe du Saint-Laurent proviennent du relevé annuel effectué par le ministère des Pêches et des Océans, Canada.

L'échantillonnage des poissons a été réalisé par le personnel de l'Institut Maurice-Lamontagne entre le 8 et le 28 janvier 1994. La zone d'étude est constituée des divisions 3Pn et 4RST de l'OPANO (figure 1.1). La capture des morues a été réalisée à partir d'un navire de recherche, le Alfred-Needler, utilisant un chalut de fond. Les profondeurs de capture varient de 50 à 450 m environ. Ces données ont été gracieusement fournies par le Ministère des Pêches et des Océans, (J.-D. Dutil, Institut Maurice-Lamontagne.).

2.1.1.2 Échantillon d'été

Les morues capturées dans le Golfe à l'été 1994 proviennent de pêches expérimentales effectuées dans la zone 4Tq, au large de Matane. Les pêches ont été réalisées à partir du chalutier scientifique Calanus II du ministère des Pêches et des Océans. L'engin utilisé était un chalut à crevettes. Les spécimens ont été capturés à des profondeurs variant entre 50 m et 100 m, ils ont tous été échantillonnés le 5 juin 1994.

2.1.1.3 Échantillon d'automne

Comme dans le cas de l'échantillon d'hiver, les spécimens d'automne proviennent du suivi biologique des poissons de fond effectué périodiquement par Pêches et Océans

Canada. La méthode, les zones de pêche et les profondeurs de capture sont sensiblement les mêmes que pour le relevé d'hiver. L'échantillonnage a eu lieu entre le 15 et le 27 août 1994.

2.1.2 Morues du Saguenay

2.1.2.1 Échantillon d'hiver

Les morues constituant l'échantillon hivernal proviennent toutes de la pêche sportive sous la glace (pêche blanche). Les poissons ont été échantillonnés entre le 21 janvier et le 5 mars 1995. Les morues ont été capturées dans le secteur de Sainte-Rose-du-Nord (figure 2.1) par différents pêcheurs utilisant des lignes appâtées. Les profondeurs de capture varient de 30 m à près de 300 m. Les spécimens sur lesquels étaient prélevés les tissus étaient conservés par congélation au plus une semaine après leur capture.

Il est à noter que 80% des individus échantillonnés l'ont été entre le 21 janvier et le 23 février. Tel que vérifié par des tests de t , il n'y a pas de différence notable entre les dates de capture en ce qui a trait aux paramètres et variables évalués pour ces poissons. L'ensemble de ces spécimens constitue donc l'échantillon d'hiver du Saguenay. Des données de poids et longueurs de

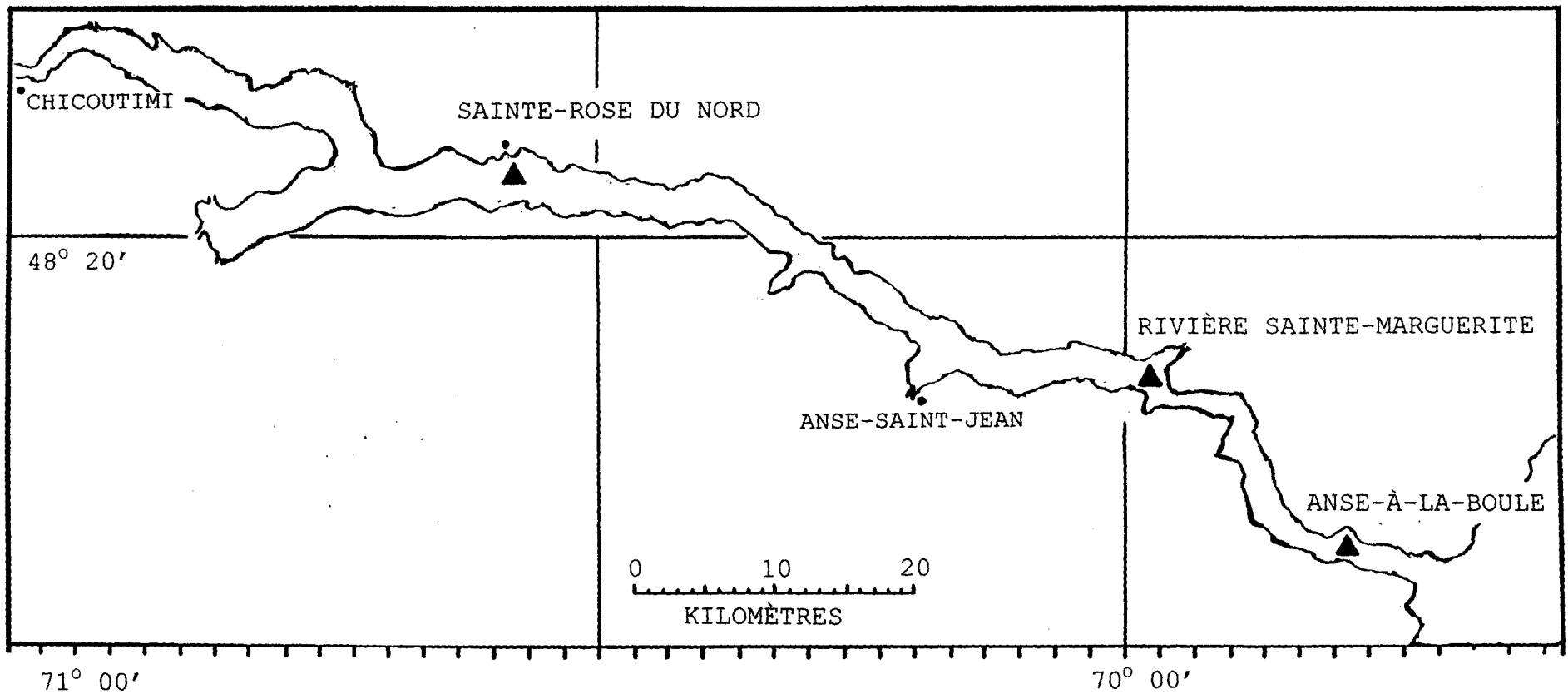


Figure 2.1. Sites d'échantillonnage dans le Fjord du Saguenay.
Source: Drainville, 1968.

morues capturées dans le Saguenay, entre le 21 janvier et le 16 mars 1995 (J.-D. Lambert, comm. pers.), viennent compléter les données d'hiver du Saguenay.

2.1.2.2 Échantillon d'été

Une campagne d'échantillonnage a eu lieu dans le Saguenay au début de juillet 1994. La pêche s'est déroulée dans le secteur de l'Anse-à-la-Boule et à l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite les 6 et 7 juillet (figure 2.1). Un bateau de pêche commerciale de 10,3 m de longueur a été utilisé. Des filets maillants d'une longueur totale de 823 m (3 filets de 183 m et un filet de 274 m), de 3 m de hauteur et de dimension de mailles de 15 cm (non étirées) ont été tendus pour un effort de pêche totalisant 18 539,25 m-filet-heures (39,5 heures de pêche X 366 m de filet pour l'Anse-à-la-Boule et 49,5 heures de pêche X 457 m de filet pour l'embouchure de la Sainte-Marguerite). Les filets ont été descendus à des profondeurs variant entre 18,3 et 137,2 m. De plus, une palangre composée de 180 hameçons appâtés avec des morceaux de hareng, distants de 4,3 m les uns des autres a séjourné à une profondeur moyenne de 84 m durant 22 heures.

Une série de données correspondant à une campagne d'échantillonnage scientifique effectuée en juillet 1990 par une équipe de l'Institut Maurice-Lamontagne a pu être utilisée pour la présente étude (Sévigny, J.-M., comm. pers.). Les spécimens de cette campagne proviennent de Sainte-Rose-du-Nord ainsi que de l'Anse Saint-Étienne.

L'échantillon d'été du Saguenay réfère donc à l'ensemble de ces données, excepté pour les analyses biochimiques qui ne concernent que les spécimens capturés en juillet 1994.

Tableau 2.1. Effectifs des échantillons utilisés pour l'analyse des résultats.

| Provenance; mode de capture | Saison | Longeur | Pds total | Pds foie | Pds gonades | Pds contenu stomacal | Muscle % eau | Contenu calori- fique | Foie % eau | Contenu calori- fique | Maturité |
|--|-----------------|---------|--------------|-------------|----------------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|----------|
| Anse-St- Étienne IML; Chalut | juillet 1990 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 | - | - | - | - | 41 |
| Ste-Rose du Nord IML; Chalut | juillet 1990 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | - | - | - | - | 24 |
| Anse à la Boule; filet maillant | juillet 1994 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Rivière Ste- Marguerite filet maillant | juillet 1994 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Ste-Rose du Nord; pêche blanche | hiver 1995 | 45 | 45 | 33 | 22 | 2 | 37 | 37 | 37 | 37 | 42 |
| Ste-Rose du Nord IML; pêche blanche | hiver 1995 | 90 | 90 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Golfe St- Laurent IML; chalut | janvier 1994 | 153 | 152 | 152 | 152 | - | 50 | 50 | 50 | 50 | - |
| Golfe St- Laurent IML; chalut | juin 1994 | 135 | 135 | 109 | 109 | 135 | 68 | 68 | 68 | 68 | 135 |
| Golfe St- Laurent IML; chalut | août 1994 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | - | - | - | - | 63 |

2.2 Mesures et prélèvements

Les mesures usuelles ont été prises sur tous les spécimens provenant de chacun des échantillons. Ces mesures comprennent la longueur à la fourche exprimée en mm (± 1 mm), et le poids total exprimé en grammes (± 1 g). Lorsque possible, le sexe et le stade de développement des gonades ont été compilés. Le stade de maturation des gonades était déterminé selon l'échelle utilisée par le ministère des Pêches et des Océans pour les gadidés. Afin d'uniformiser la description des stades de maturité pour tous les échantillons, une échelle comprenant 4 stades, selon Snyder (1976), a été utilisée. La correspondance entre différentes échelles est présentée au tableau 2.2. Ensuite, lorsque l'état du spécimen le permettait, les données suivantes étaient notées ($\pm 0,1$ g): poids du foie, poids des gonades, poids du contenu stomacal, poids du système digestif, poids de la carcasse et poids de la tête. Ces mesures sont celles adoptées par les chercheurs de l'Institut Maurice-Lamontagne pour les travaux sur la morue du Golfe (Lambert et al., 1994), (Lambert et Dutil, 1997a).

Tableau 2.2. Correspondance entre les échelles descriptives du stade de maturité.

| Snyder, 1976 | Nikolsky, 1963 | Pêches et Océans | |
|--------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|
| | | mâles | femelles |
| 1.immature | I | 100 | 500 |
| 2.en développement | II, III, IV | 140,141,142, 143 | 520,530,540 |
| 3. mature, en frai | V | 150 | 550 |
| 4.post-frai, repos | VI, II | 170,171,172 173, 180 | 561,562,571 572, 580 |

Afin de réaliser les analyses du contenu en eau et du contenu énergétique, des prélèvements étaient effectués sur les tissus suivants (N=30, effectif minimum pour obtenir un coefficient de variation acceptable d'environ 2%) (Dutil et al., 1995): un morceau du muscle axial au dessus de la ligne latérale au niveau de la première nageoire dorsale; la partie postérieure du lobe gauche du foie; la partie postérieure des gonades femelles seulement.

Dans le cas des échantillons du Golfe, hiver et été, l'effectif minimal de l'échantillon a été atteint (N=30). Par contre, l'échantillon d'été du Saguenay sur lequel tous

les prélèvements ont pu être faits n'est que de cinq spécimens.

Au moment du prélèvement, les morceaux de muscle et de foie étaient enveloppés dans du papier d'aluminium et insérés dans des sacs à échantillons de marque Whirlpack. Ils ont été préservés par congélation à -15°C .

2.3 Analyses calorimétriques

2.3.1 Détermination du contenu en eau

Afin de déterminer le contenu en eau des tissus prélevés, la méthode utilisée était la dessiccation en étuve. Pour le muscle, des morceaux dont le poids variait de 2 à 10 g ont été placés à 80°C pendant 24 heures ou jusqu'à poids constant (Pelletier et al., 1993). Les morceaux de foie ont été desséchés selon le même procédé, les morceaux variant en poids de 2 à 5 g. Les échantillons de même que les récipients ont été pesés sur une balance électronique Mettler modèle AE160 ($\pm 0,0001\text{ g}$) couplée à un ordinateur MacPlus doté d'un programme permettant l'enregistrement automatique des données. Le contenu en eau a été évalué en pourcentage à

partir de la différence de poids échantillon humide-échantillon sec, selon la formule suivante :

$$\% \text{ EAU} = \frac{(\text{PH}-\text{PR})-(\text{PS}-\text{PR})}{(\text{PH}-\text{PR})} \times 100.$$

où PH = poids humide de l'échantillon avec le récipient, PS = poids sec de l'échantillon avec le récipient, PR = poids du récipient.

Le pourcentage d'eau de chaque tissu pour chaque spécimen est le résultat de la moyenne de triplicats. Le faible effectif de l'échantillon d'été du Saguenay (n=5) sur lequel les analyses ont été faites, sera pris en considération quant aux conclusions tirées des résultats obtenus.

2.3.2 Détermination du contenu énergétique

C'est par calorimétrie que le contenu énergétique des tissus a été déterminé. Cette méthode est couramment utilisée en écologie dans les études sur la valeur calorifique de biomasse (Górecki, 1975). Le principe de la calorimétrie directe consiste à évaluer la chaleur de combustion d'une quantité déterminée de matière entièrement

oxydée dans une bombe à oxygène. La calorimétrie directe permet de déterminer la valeur calorifique d'un échantillon de matière par unité de poids sec. La valeur calorifique de la biomasse fraîche s'obtient ensuite par transformation arithmétique à partir de la valeur du contenu en eau de la matière étudiée (Górecki, 1975). Les produits de la combustion à l'intérieur d'une bombe à oxygène sont les suivants : CO_2 , eau et acides sulfurique et nitrique. Dans le cas des tissus de morue, ceux-ci ne contiennent pas de soufre, il n'y a donc pas de dégagement d'acide sulfurique lors de leur combustion.

L'analyse du contenu énergétique du muscle et du foie des échantillons d'hiver et d'été des morues du Saguenay a été réalisée à l'aide d'un calorimètre à enveloppe isothermique PARR, modèle 1341, # 4604. L'appareil a été utilisé avec une bombe à oxygène à deux valves PARR, modèle 1101, # 394A-7768-092280. Les lectures de température ont été faites à l'oeil sur un thermomètre à mercure PARR, modèle 1603 gradué de 19° à 35° Celsius, précision $\pm 0,01^\circ$ C.

Les échantillons secs de muscle et de foie (voir section 2.3.1) ont été utilisés pour les analyses calorimétriques. Les analyses ont été effectuées en

duplicats d'au moins 0,5000 g et d'au plus 1,5000 g chacun (Górecki, 1975). Si une erreur de plus de 5 % séparait les résultats des deux répliquats, un troisième test était effectué lorsque suffisamment de tissu était disponible. Lorsque l'échantillon sec disponible pesait entre 0,5000 g et 1,0000 g, un seul test était effectué. Les échantillons secs étaient simplement réduits en miettes avant d'être placés dans la bombe. Les tests ont été exécutés selon le protocole décrit en détail dans le manuel d'instructions du calorimètre (PARR, 1966).

La chaleur de combustion (H_g) d'un échantillon est calculée à partir de l'équation suivante (PARR, 1966):

$$H_g = \frac{Wt - e_1 - e_3}{m}$$

où :

H_g = chaleur de combustion de l'échantillon (cal g^{-1} ,
subséquentement convertie en kJg^{-1} , 1 calorie = 4,186 joules)

W = équivalent énergétique de l'appareil (2454,9 calorie/
°Celsius)

t = élévation de température corrigée (°Celsius)

e_1 = correction pour la formation d'acide nitrique, obtenue
par titrage du résidu de combustion (calorie)

e_3 = correction pour la chaleur de combustion du fil d'amorce
(calorie)

m = masse de l'échantillon (g)

Tous les termes de l'équation étaient évalués à chaque test, à l'exception de l'équivalent énergétique de l'appareil, qui a été déterminé lors de tests de standardisation.

Les échantillons du Golfe ont été analysés dans les laboratoires de l'Institut Maurice-Lamontagne, les valeurs de contenu calorifique ont été fournies par la suite aux fins de la présente étude (Dutil, comm. pers.).

Les résultats de contenu énergétique exprimés en kJg^{-1} de poids frais ont été comparés par milieu et par saison à l'aide d'analyses de variance au seuil de signification 0,05. La normalité des distributions ainsi que l'homogénéité des variances ayant préalablement été vérifiées.

2.4 Analyses statistiques

2.4.1. Relations poids-longueur

Des relations fonctionnelles entre le poids total et la longueur à la fourche ont été déterminées afin de comparer

les différents échantillons entre eux. Des régressions linéaires du poids total en fonction de la longueur à la fourche ont donc été évaluées à partir des données transformées en logarithme de base 10. La normalité des distributions ayant préalablement été vérifiée à l'aide de la procédure "univariate" du programme SAS. Le modèle de régression utilisé pour comparer les relations poids-longueur des différents échantillons est celui suggéré par Ricker (1973; 1980) et Bolger et Connolly (1989). Il s'agit de la régression par moyenne géométrique, aussi appelée axe principal réduit (Sherrer, 1984). Cette méthode, bien que critiquée (Sprent et Dolby, 1980), est appropriée dans le cas où les intervalles de tailles des spécimens varient d'un échantillon à l'autre. Effectivement, les spécimens du Saguenay ont des tailles beaucoup plus variées et généralement plus grandes que les échantillons en provenance du Golfe. Ce modèle de régression est décrit par la relation suivante:

$$P = u L^v$$

où :

P = poids total

u = ordonnée à l'origine

L = longueur à la fourche

v = pente de la relation

Les paramètres de la régression par axe principal réduit sont évalués de la façon suivante:

$$v = b/r$$

où :

b correspond à la pente de la relation évaluée par le modèle de régression des moindres carrés,

r correspond au coefficient de corrélation

et:

$$u = \bar{Y} - v \bar{X}$$

où :

\bar{Y} = moyenne des y (\log_{10} du poids total)

\bar{X} = moyenne des x (\log_{10} de la longueur à la fourche)

Le test utilisé pour comparer les régressions en axe principal réduit est le test Z ; il permet de vérifier l'hypothèse d'égalité des pentes deux à deux (Sherrer, 1984). Tous les tests ont été effectués au seuil de signification 0,05. L'axe principal réduit ne permet cependant pas de vérifier l'égalité des ordonnées à l'origine.

Dans le cas où le poids total d'un spécimen manquait, il était évalué à partir de l'axe principal réduit décrivant la relation poids-longueur correspondant à l'échantillon d'origine. Cette démarche a été nécessaire uniquement pour quelques spécimens de l'échantillon d'hiver du Saguenay. Les poids ainsi évalués n'ont pas été inclus dans les calculs de K moyen.

2.4.2. Calcul et comparaison des indices

Le calcul de certains indices permet l'évaluation assez précise de la condition énergétique et du stade de maturation des gonades. Les indices évalués pour chaque spécimen sont : le coefficient de condition, l'indice hépato-somatique et l'indice gonado-somatique. Les différents modes de calculs de chacun des indices ont été comparés à l'aide de tests de t au seuil de probabilité 0,05.

2.4.2.1. Coefficient de condition

Le coefficient de condition K de Fulton a été utilisé pour décrire la condition des poissons. L'utilisation de ce coefficient est suggérée par les chercheurs de l'Institut Maurice-Lamontagne (Dutil et al, 1995) pour les travaux sur la morue, en autant qu'il est utilisé pour une étendue

restreinte de tailles. Dans le cas de la présente étude, c'est l'intervalle de tailles de 30 cm à 60 cm qui a servi au calcul du coefficient de condition.

Le calcul du coefficient de condition K est le suivant :

$$K = (100) \times PT / LF^3$$

où :

PT = poids total (g)

LF = longueur à la fourche (cm)

La valeur du poids utilisée pour le calcul du coefficient K exprime le poids somatique du poisson, ce qui réduit les variations dues au développement des gonades et au contenu stomacal de l'animal (Dutil et al, 1995). Pour les échantillons où la prise de données était complète (poids total, poids des gonades, poids du contenu stomacal), une évaluation de trois modes de calcul du coefficient K a été effectuée dans le but de tester les différences. Les 3 différents modes de calcul sont :

$$K_1 = (100) \times PT / LF^3$$

$$K_2 = (100) \times (PT - PG) / LF^3$$

$$K_3 = (100) \times (PT - PG - Pcs) / LF^3$$

où

PT = poids total (g)

LF = longueur à la fourche (cm)

PG = poids des gonades

Pcs = poids du contenu stomacal

Le poids du contenu stomacal faisant défaut pour plusieurs spécimens, l'indice K_2 s'est avéré être le plus approprié pour la présente étude, celui-ci se rapprochant le plus du poids somatique compte tenu des données disponibles. Il a donc été retenu pour les comparaisons intermilieux. De ce mode de calcul, résulte une faible surestimation de la condition, biais appliqué à tous les échantillons.

2.4.2.2. Indice hépato-somatique

Le rapport du poids du foie sur le poids somatique d'un poisson détermine l'indice hépato-somatique. Dans le cas de la morue, cet indice fournit une estimation des réserves énergétiques d'un spécimen. En effet, c'est dans le foie que la morue emmagasine les lipides constituant une source majeure de son énergie (Love, 1970; Holdway et Beamish, 1984; Jobling et al, 1991). Le calcul de l'indice hépato-somatique s'effectue comme suit :

$$IHS = (100) \times PF / PT$$

où :

PF : poids du foie

PT : poids total

Comme pour le coefficient de condition, trois modes de calcul de l'indice hépato-somatique ont été évalués :

$$IHS_1 = (100) \times PF / PT$$

$$IHS_2 = (100) \times PF / (PT - PG)$$

$$IHS_3 = (100) \times PF / (PT - PG - Pcs)$$

Encore une fois, pour des raisons d'uniformité entre les échantillons, le mode de calcul retenu pour fin de comparaison des échantillons entre eux est celui où le poids des gonades seulement est soustrait du poids total (IHS_2). Ce mode de calcul demeure tout de même assez près de l'évaluation idéalement suggérée du poids somatique.

2.4.2.3. Indice gonado-somatique

Le rapport du poids des gonades sur le poids somatique fournit une évaluation rapide de l'état de développement des gonades d'un poisson. C'est ce rapport qui exprime l'indice gonado-somatique qui a été évalué pour les morues de chaque

échantillon, en distinguant selon le stade de maturité et le sexe.

Le calcul de l'indice gonado-somatique se fait comme suit :

$$IGS = (100) \times PG / PT$$

où :

PG : poids des gonades

PT : poids total

Comme dans le cas des précédents indices, le calcul de l'IGS a été évalué en utilisant des valeurs différentes du poids total; celle se rapprochant le plus du poids somatique ayant été retenue, en tenant compte des données disponibles. Les deux modes de calcul évalués sont :

$$IGS_1 = (100) \times PG / (PT - PG - Pcs)$$

$$IGS_2 = (100) \times PG / (PT - PG)$$

Dans un but d'uniformité entre les échantillons, c'est l'IGS₂ qui a été comparé d'un échantillon à l'autre.

2.4.2.4. Comparaison des indices, des contenus en eau et des contenus en énergie

La normalité des distributions des différentes variables (K, IHS, IGS, % d'eau et contenu énergétique) a d'abord été vérifiée à l'aide de la procédure "univariate" de

SAS. L'hétérogénéité des variances a été réduite en transformant les variables en logarithme de base 10. La transformation en log a permis d'appliquer la procédure GLM (General Linear Models) de SAS afin de détecter les interactions entre les différents facteurs (site, saison, sexe). Là où aucune interaction significative entre deux facteurs n'était observée, chaque variable a été comparée par analyse de variance à un critère en combinant l'un ou l'autre des autres facteurs. En cas d'interaction significative entre deux facteurs, la variable était comparée par analyse de variance à un critère pour chacun des facteurs séparément. Tous les résultats des analyses de variances correspondent à un modèle à un critère et sont vérifiés au seuil de probabilité 0,05.

2.5 Relation entre les contenus énergétiques spécifiques et les indices de condition

Les travaux de recherche ayant cours à l'Institut Maurice-Lamontagne ont permis d'établir la relation existant entre le contenu énergétique spécifique du muscle et le coefficient de condition K de Fulton, ainsi qu'entre le contenu énergétique spécifique du foie et l'indice hépatosomatique (Dutil *et al*, 1995). Les relations établies pour

le muscle et pour le foie sont basées sur toute la gamme possible de contenus énergétiques pour les morues du Golfe, (à partir de spécimens d'échantillonnage et d'individus gardés en captivité) (Dutil et al, 1995). Il en résulte ainsi des relations exponentielles s'apparentant au modèle de croissance de von Bertalanffy (Ricker, 1980). Ce type de modèle n'ayant cependant pu être ajusté avec les données du Saguenay, l'étendue des valeurs étant beaucoup plus restreinte, une équation de type logarithmique s'est avérée à la fois la plus simple et la plus appropriée pour décrire les mêmes relations. Les équations obtenues ont pour fonction de calculer les indices de condition d'un poisson standard de 45 cm.

CHAPITRE III

RÉSULTATS

3.1 Relation poids-longueur

Les pentes ne diffèrent pas significativement entre les saisons pour les échantillons du Saguenay, été : $v = 3,00$ et hiver : $v = 2,85$, (test de t , $p > 0,05$).

La même situation se présente pour les échantillons du Golfe, été et hiver, pour lesquels les pentes sont identiques, $v = 3,22$ et $v = 3,26$ respectivement, (test de t , $p > 0,05$). À l'intérieur d'un même milieu donc, le poids des morues varie avec la longueur de la même façon d'une saison à l'autre. La figure 3.1 présente les courbes ainsi que les équations pour les échantillons du Golfe et du Saguenay.

La comparaison des relations poids - longueur entre le Saguenay et le Golfe pour les saisons correspondantes donne les résultats suivants : en été, de même qu'en hiver, les pentes des axes principaux réduits sont significativement différentes (test Z , $p < 0,05$). Pour une même longueur, dans l'intervalle de 30 à 60 cm, les morues du Saguenay démontrent un poids supérieur.

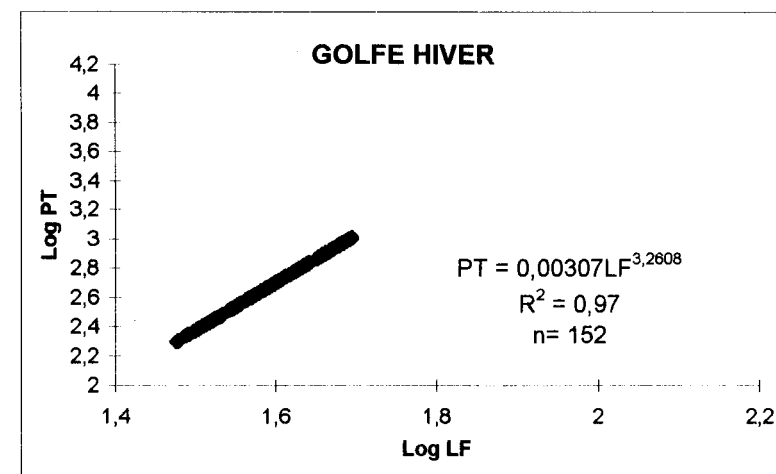
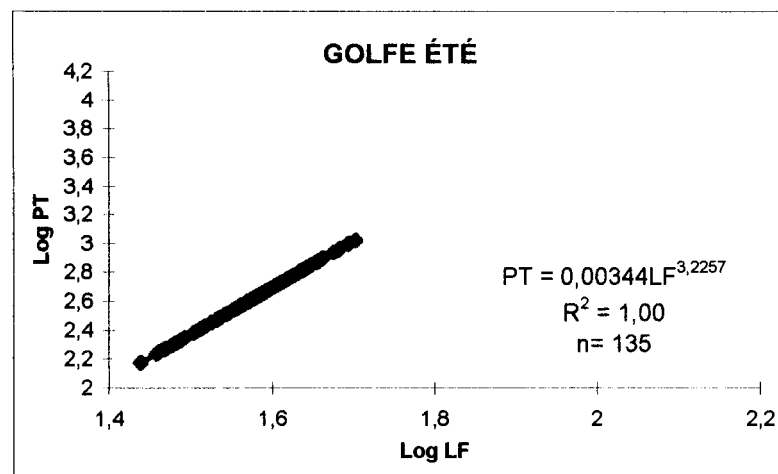
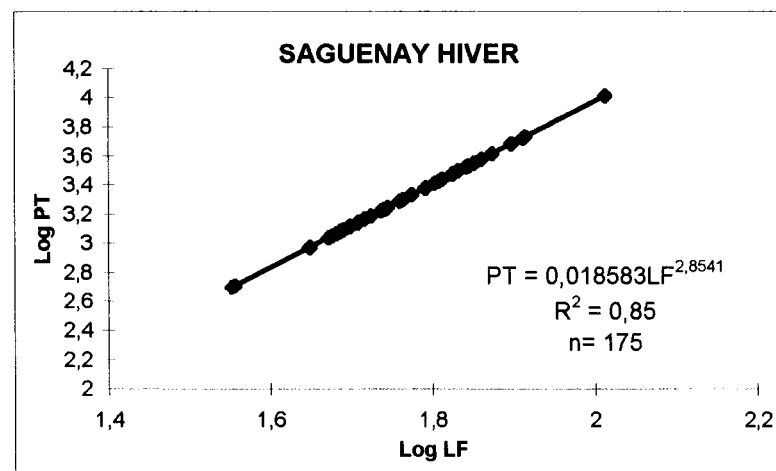
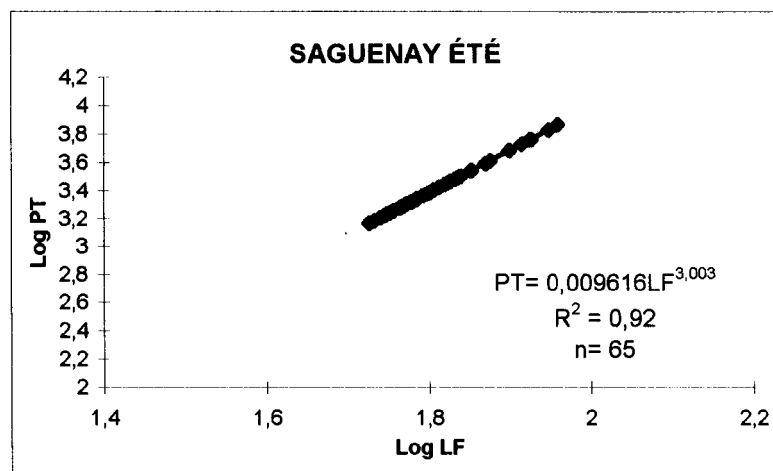


Figure 3.1. Régression par axe principal réduit de la relation log poids total-log longueur à la fourche pour les échantillons d'été et d'hiver. Source partielle des données du Golfe et du Saguenay : I.M.L.

3.2 Coefficient de condition de Fulton

Des tests de t pour échantillons appariés ont permis de constater des différences significatives entre les modes suivants de calcul de K (K_2-K_1 , $p<0,05$ et K_1-K_3 , $p<0,05$); il y a par contre égalité entre K_2 et K_3 (test de t, $p>0,05$). L'indice K_2 retenu (sauf pour les mâles de l'échantillon Saguenay, hiver) n'exprime cependant qu'une faible surestimation de la condition par rapport à l'indice K_3 calculé avec la valeur exacte du poids somatique.

Le coefficient de condition des individus matures comparé à celui des immatures, pour les échantillons où l'effectif le permettait, toutes saisons, n'est pas significativement différent.

Une interaction significative a été observée (ANOVA, $p<0,05$) entre le site et le sexe. Le même test a détecté des différences significatives pour les sites et les saisons ce qui permet de faire des comparaisons intra et intermilieux pour les sexes séparés.

3.2.1 Comparaisons intramilieu

3.2.1.1 Saguenay

En été, les mâles et les femelles démontrent un coefficient de condition identique, respectivement de 0,90 et 0,88 (ANOVA, $p > 0,05$). En hiver, les deux sexes ont une même valeur du coefficient de condition K_1 qui est de 1,00. La condition des femelles, exprimée par le coefficient K_2 , est significativement supérieure en saison hivernale (0,97) qu'en saison estivale (0,88) (ANOVA, $p < 0,05$).

3.2.1.2 Golfe

La condition des morues du Golfe en été est la même pour les mâles et les femelles, $K_2 = 0,71$. En automne, les morues voient leur condition s'améliorer, $K_2 = 0,84$ pour les mâles et $K_2 = 0,83$ pour les femelles, elle est encore identique pour les deux sexes (ANOVA, $p > 0,05$). Pour ce qui est de la saison hivernale, la condition diminue faiblement par rapport à l'automne. Les mâles affichent alors un coefficient $K_2 = 0,77$ significativement différent de celui des femelles, $K_2 = 0,79$ (ANOVA, $p < 0,05$), bien que cette différence soit minime.

Les valeurs de K_2 exprimant la condition des morues mâles et femelles en automne, en hiver et en été, sont

significativement différentes et diminuent d'une saison à l'autre (ANOVA, $p < 0,05$).

3.2.2 Comparaisons intermilieux

Le tableau 3.1 résume la condition des morues pour les deux populations. En raison de l'interaction site-sexe, les coefficients de condition K_2 ont été comparés pour les saisons hiver et été entre les femelles des deux populations et entre les mâles pour l'été seulement. Dans tous les cas on observe des différences significatives entre le Saguenay et le Golfe (ANOVA, $p < 0,05$), avec des valeurs nettement supérieures pour les morues du Saguenay.

Tableau 3.1. Coefficient de condition K_2 pour les morues du Saguenay et du Golfe par saison et par sexe.

| | SAGUENAY | | GOLFE | |
|---------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | mâles | femelles | mâles | femelles |
| HIVER | *1,00 (0,10) | 0,97 (0,11) | 0,77 (0,06) | 0,79 (0,06) |
| ÉTÉ | 0,90 (0,09) | 0,88 (0,08) | 0,71 (0,05) | 0,71 (0,05) |
| AUTOMNE | - | - | 0,84 (0,07) | 0,83 (0,07) |

K_2 (écart type)

* : coefficient $K_1 = 100 \cdot PT / LF^3$

3.3 Indice hépato-somatique

Dans le Saguenay, les femelles immatures en hiver ont un indice inférieur (3,22) à celui des femelles matures (5,35), la différence est significative (ANOVA, $p < 0,05$). Dans le cas du Golfe, toujours en hiver, les immatures des deux sexes ont également des indices moins élevés que leurs congénères matures : 3,81 et 5,55 chez les mâles; 3,33 et 4,32 chez les femelles (ANOVA, $p < 0,05$).

Des interactions significatives site-saison (ANOVA, $p < 0,05$) et saison-sexe (ANOVA, $p < 0,05$) ont été observées pour cet indice. Par ailleurs, des différences significatives existent entre les sites, les saisons et les sexes (ANOVA, $p < 0,05$). Les comparaisons intra et intermilieux ont été détaillées par analyse de variance à un critère pour les sexes pris séparément.

3.3.1 Comparaisons intramilieu

3.3.1.1 Saguenay

Pour l'échantillon d'hiver, les mâles et les femelles possèdent des IHS_1 égaux, soit 3,82 et 4,31 respectivement (ANOVA, $p > 0,05$). Par ailleurs il y a égalité entre les modes de calcul de l'indice IHS pour les femelles : $IHS_1 = 4,16$ et $IHS_2 = 4,57$, (test de t, $p > 0,05$).

En été, les mâles affichent un IHS_2 de 4,28, significativement différent de celui des femelles qui est de 5,81 (ANOVA, $p < 0,05$). Les femelles ont donc un poids du foie relativement plus élevé que celui des mâles.

Il n'est possible de comparer l'indice IHS_2 entre l'été et l'hiver que pour les femelles. Avec un indice de 5,81 en été et de 4,57 en hiver, la différence est significative (ANOVA, $p < 0,05$), les femelles démontrant ainsi un indice nettement supérieur en saison estivale.

3.3.1.2 Golfe

Pour l'été, la comparaison de l'indice hépato-somatique entre les mâles et les femelles indique une différence significative (ANOVA, $p < 0,05$), les femelles, avec $IHS_2 = 2,70$ ont un indice supérieur à celui des mâles, $IHS_2 = 1,82$.

En hiver, l'écart entre les femelles et les mâles est sensiblement le même qu'en été et la différence est encore une fois significative (ANOVA, $p < 0,05$), à l'avantage des femelles avec $IHS_2 = 4,77$, contre $IHS_2 = 3,87$ pour les mâles.

Les morues mâles et femelles du Golfe en automne ont des indices HS égaux, respectivement de $IHS_2 = 4,25$ et $IHS_2 = 4,37$ (ANOVA, $p > 0,05$).

Une comparaison entre les saisons démontre que pour les mâles de même que pour les femelles il n'y a pas de variation significative lorsqu'on passe de l'automne à l'hiver (ANOVA, $p > 0,05$). Cependant, les mâles et les femelles démontrent une augmentation significative de leur indice hépato-somatique de l'été à l'automne (ANOVA, $p < 0,05$).

3.3.2 Comparaisons intermilieux

En saison estivale, les mâles ainsi que les femelles du Saguenay présentent un IHS_2 supérieur au même indice chez leurs congénères du Golfe, la différence étant significative dans les deux cas (ANOVA, $p < 0,05$).

On remarque d'autre part une plus grande variabilité chez les spécimens du Saguenay comme en témoignent les écarts; par contre, les échantillons du Golfe sont beaucoup plus homogènes (tableau 3.2).

Tableau 3.2 Indice hépato-somatique ($IHS_2 = 100 \cdot PF / (PT - PG)$) pour les morues du Golfe et du Saguenay, par saison et par sexe, la moyenne est présentée avec l'écart type ainsi que les minima et maxima. Les résultats du Golfe sont calculés à partir de données fournies par l'Institut Maurice-Lamontagne.

| | SAGUENAY | | GOLFE | |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | mâles | femelles | mâles | femelles |
| HIVER | - | 4,57 (2,31) | 3,87 (1,34) | 4,77 (1,76) |
| min - max | - | 1,45 - 10,49 | 0,92 - 7,95 | 0,72 - 8,50 |
| n | - | 22 | 85 | 67 |
| ÉTÉ | 4,28 (1,24) | 5,81 (1,38) | 1,82 (0,58) | 2,70 (0,90) |
| min - max | 3,57 - 4,85 | 2,73 - 10,25 | 1,04 - 3,28 | 1,21 - 5,93 |
| n | 26 | 45 | 62 | 47 |
| AUTOMNE | - | - | 4,25 (1,24) | 4,38 (1,22) |
| min - max | - | - | 2,44 - 7,23 | 1,96 - 6,52 |
| n | - | - | 27 | 36 |

3.4 Contenu en eau et contenu énergétique des tissus

Des interactions significatives (ANOVA, $p < 0,05$) ont été trouvées entre le site et la saison pour le contenu en énergie du muscle et pour les contenus en eau et en énergie du foie.

3.4.1 Contenu en eau du muscle

L'absence d'interaction pour ce paramètre permet de combiner les sexes et d'effectuer les comparaisons intra et intermilieux. Les résultats obtenus oscillent entre 77,8% et 84,8% pour les morues du Saguenay, toutes saisons confondues, ce qui est près des valeurs obtenues pour les morues du Golfe, soit entre 78,8% et 84,6%. Dans le Saguenay, le pourcentage d'eau du muscle ne varie pas significativement d'une saison à l'autre, passant de 81,2% en été à 80,7% en hiver (sexes combinés). Dans le Golfe, les morues, sexes combinés, voient leur contenu en eau dans le muscle diminuer significativement de l'été (81,5%) à l'automne (80,2%), (ANOVA, $p < 0,05$). En hiver, le contenu en eau demeure au même niveau qu'à l'automne (80,3%), (ANOVA, $p > 0,05$).

Lorsqu'on compare les deux populations en fonction de la saison, on observe une faible différence non significative entre elles en hiver, sexes combinés, avec 80,3% pour le

Golfe et 80,7% pour le Saguenay. En été, le contenu en eau des deux populations est identique, avec 81,2% et 81,5% respectivement pour le Saguenay et le Golfe (tableau 3.3).

Tableau 3.3. Contenu en eau du muscle (%) des morues du Saguenay et du Golfe, par saison et par sexe.

| | | | n | moyenne | (écart type) | intervalle de confiance (95%) |
|---------------------------|-----|--|----|---------|--------------|----------------------------------|
| SAGUENAY | | | | | | |
| ÉTÉ | m+f | | 5 | 81,2 | (1,8) | ±1,6 |
| HIVER | m | | 13 | 80,5 | (1,4) | ±0,8 |
| | f | | 24 | 80,9 | (1,5) | ±0,6 |
| GOLFE | | | | | | |
| ÉTÉ | m | | 21 | 81,3 | (0,9) | ±0,4 |
| | f | | 47 | 81,7 | (0,8) | ±0,2 |
| HIVER | m | | 30 | 80,2 | (0,4) | ±0,2 |
| | f | | 20 | 80,4 | (0,8) | ±0,4 |
| AUTOMNE | m | | 27 | 80,4 | (0,7) | ±0,3 |
| | f | | 36 | 80,1 | (0,5) | ±0,2 |
| m : mâles f : femelles | | | | | | |

3.4.2 Contenu calorifique du muscle

L'interaction site-saison permet de constater par anova à un critère que les sexes varient de la même façon à l'intérieur des sites et des saisons. En effet, dans le Saguenay comme dans le Golfe, le contenu calorifique du muscle des femelles ne diffère pas significativement de celui des mâles en été comme en hiver (tableau 3.4). La comparaison du contenu énergétique d'une saison à l'autre ne démontre aucune variation significative pour les morues du Saguenay; sexes combinés, avec $4,19 \text{ kJg}^{-1}$ et $4,18 \text{ kJg}^{-1}$ pour l'été et l'hiver respectivement (ANOVA, $p > 0,05$). Dans le cas des morues du Golfe, sexes combinés, cette différence est significative avec $3,93 \text{ kJg}^{-1}$ en été et $4,24 \text{ kJg}^{-1}$ en hiver (ANOVA, $p < 0,05$).

Les morues des deux populations ne présentent de différences du contenu calorifique du muscle que pour la saison estivale (ANOVA, $p < 0,05$), les morues du Saguenay ayant un contenu très légèrement supérieur.

Tableau 3.4. Contenu calorifique du muscle (kJg^{-1} poids frais) des morues du Saguenay et du Golfe Saint-Laurent, par saison et par sexe.

| | | | n | moyenne | (écart type) | intervalle de confiance (95%) |
|-----------------|-----|--|----|---------|--------------|----------------------------------|
| SAGUENAY | | | | | | |
| ÉTÉ | m+f | | 5 | 4,19 | (0,40) | $\pm 0,35$ |
| HIVER | m | | 13 | 4,22 | (0,31) | $\pm 0,17$ |
| | f | | 24 | 4,16 | (0,32) | $\pm 0,13$ |
| GOLFE | | | | | | |
| ÉTÉ | m | | 21 | 3,99 | (0,23) | $\pm 0,10$ |
| | f | | 47 | 3,90 | (0,20) | $\pm 0,06$ |
| HIVER | m | | 30 | 4,26 | (0,08) | $\pm 0,03$ |
| | f | | 20 | 4,20 | (0,18) | $\pm 0,08$ |

m : mâles f : femelles

3.4.3 Contenu en eau du foie

Chez les morues du Golfe en hiver, le foie des immatures renferme 31,1% d'eau soit un peu plus que les mâles matures, 24,4% (ANOVA, $p < 0,05$).

En raison de l'interaction site-saison, les sexes sont comparés par saison et sites séparément. La seule différence significative rencontrée entre les mâles et les femelles à l'égard de leur contenu en eau du foie se trouve chez les morues du Golfe en été. Le foie des femelles contient plus d'eau (64,2%) que celui des mâles (58,0%), (ANOVA, $P < 0,05$).

Dans le Saguenay, on n'observe pas de différence du pourcentage d'eau dans le foie chez les morues tant femelles que mâles entre les deux saisons. Dans le cas du Golfe, la différence est significative entre l'été et l'hiver pour chacun des sexes pris séparément (ANOVA, $p < 0,05$) avec une valeur de beaucoup supérieure en été dans les deux cas (tableau 3.5).

La comparaison des résultats pour les sexes séparés, par saison entre le Saguenay et le Golfe montre des différences significatives à la fois pour l'été et pour

l'hiver (ANOVA, $p < 0,05$). En été, les morues du Golfe ont un contenu en eau dans le foie de beaucoup supérieur aux morues du Saguenay, alors que c'est l'inverse qui se présente en hiver.

Tableau 3.5. Contenu en eau du foie (%) des morues du Saguenay et du Golfe Saint-Laurent, par saison et par sexe.

| | | | n | moyenne | (écart type) | intervalle de confiance (95%) |
|-----------------|-----|--|----|---------|--------------|----------------------------------|
| SAGUENAY | | | | | | |
| ÉTÉ | m+f | | 5 | 38,8 | (7,4) | ±6,5 |
| HIVER | m | | 13 | 42,3 | (5,3) | ±3,9 |
| | f | | 24 | 47,4 | (8,9) | ±4,4 |
| GOLFE | | | | | | |
| ÉTÉ | m | | 21 | 58,0 | (11,3) | ±4,8 |
| | f | | 47 | 64,2 | (8,5) | ±2,4 |
| HIVER | m | | 30 | 27,9 | (7,8) | ±2,8 |
| | f | | 20 | 27,3 | (7,3) | ±3,2 |

m : mâles f : femelles

3.4.4 Contenu calorifique du foie

Encore ici, une interaction significative site-saison a été trouvée par analyse de variance ($p < 0,05$). La même analyse a permis de déceler des différences significatives entre les sexes, les sites et les saisons ($p < 0,05$). Les comparaisons intra et intermilieux permettent d'identifier les différences intéressantes.

Exception faite de l'échantillon d'été du Golfe, les mâles et les femelles ont un contenu calorifique du foie semblable. La différence entre mâles ($13,73 \text{ kJg}^{-1}$) et femelles ($11,02 \text{ kJg}^{-1}$) du Golfe en été est faible mais significative (ANOVA, $p < 0,05$).

Le foie des morues du Saguenay contient plus d'énergie en été qu'en hiver, respectivement $20,28 \text{ kJg}^{-1}$ contre $16,39 \text{ kJg}^{-1}$ pour les femelles et $23,97 \text{ kJg}^{-1}$ contre $18,31 \text{ kJg}^{-1}$ pour les mâles (ANOVA, $p < 0,05$). Pour le Golfe, c'est en hiver que le contenu énergétique est le plus élevé avec $25,23 \text{ kJg}^{-1}$ contre $11,02 \text{ kJg}^{-1}$ en été pour les femelles et, $25,02 \text{ kJg}^{-1}$ contre $13,73 \text{ kJg}^{-1}$ en été pour les mâles (ANOVA, $p < 0,05$) (tableau 3.6).

Les différences saisonnières entre les deux milieux sont également significatives pour les sexes pris séparément (ANOVA, $p < 0,05$). En été, les morues du Saguenay ont une plus grande quantité d'énergie dans le foie alors qu'en hiver c'est dans le Golfe qu'elles bénéficient de réserves plus importantes.

Tableau 3.6. Contenu calorifique du foie (kJg^{-1} poids frais) des morues du Saguenay et du Golfe Saint-Laurent, par saison et par sexe.

| | | | n | moyenne | (écart type) | intervalle de confiance (95%) |
|------------------------|-----|--|----|---------|--------------|----------------------------------|
| SAGUENAY | | | | | | |
| ÉTÉ | m+f | | 5 | 21,02 | (3,10) | $\pm 2,71$ |
| HIVER | m | | 13 | 18,31 | (1,91) | $\pm 1,38$ |
| | f | | 24 | 16,39 | (2,82) | $\pm 1,42$ |
| GOLFE | | | | | | |
| ÉTÉ | m | | 21 | 13,73 | (4,53) | $\pm 1,94$ |
| | f | | 47 | 11,02 | (3,49) | $\pm 1,00$ |
| HIVER | m | | 30 | 25,02 | (2,69) | $\pm 0,96$ |
| | f | | 20 | 25,23 | (2,65) | $\pm 1,16$ |
| m : mâles f : femelles | | | | | | |

3.5 Relation entre contenu en eau et contenu énergétique spécifique

L'échantillon d'été du Saguenay, malgré son faible effectif, a tout de même été utilisé dans les comparaisons. Pour le muscle, la pente de la relation contenu énergétique-% eau est la même pour les deux milieux en hiver (ANCOVA, $p > 0,05$), alors que les ordonnées à l'origine diffèrent significativement (ANCOVA, $p < 0,05$). En été, l'analyse de covariance démontre que la pente de la relation est significativement différente d'un milieu à l'autre, ce résultat pourrait cependant être influencé par le petit nombre d'individus du Saguenay car les valeurs sont très semblables. À la lumière de ces résultats, la variation du contenu énergétique du muscle en fonction du pourcentage d'eau est sensiblement la même pour les deux populations. Les équations sont présentées aux figures 3.2 et 3.3.

On observe le même résultat quant à la relation contenu énergétique-% eau du foie entre les morues du Saguenay et celles du Golfe en hiver : pentes identiques (ANCOVA, $p > 0,05$), ordonnée à l'origine différente (ANCOVA, $p < 0,05$). En été, aucune différence appréciable n'est observée entre les deux milieux en ce qui concerne la variation du contenu

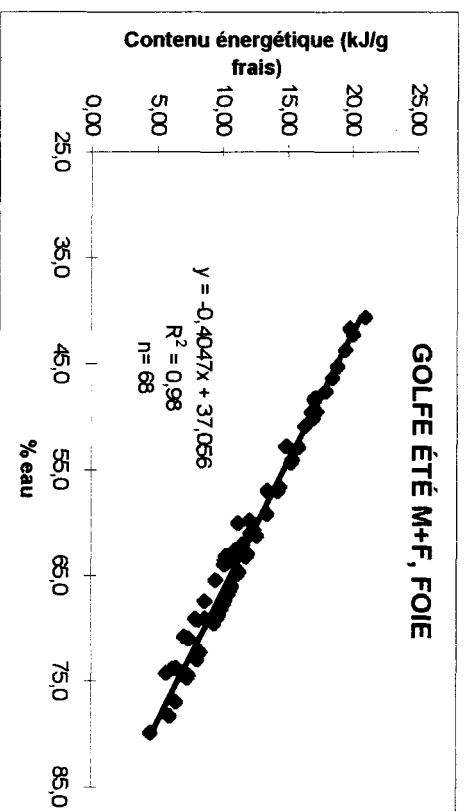
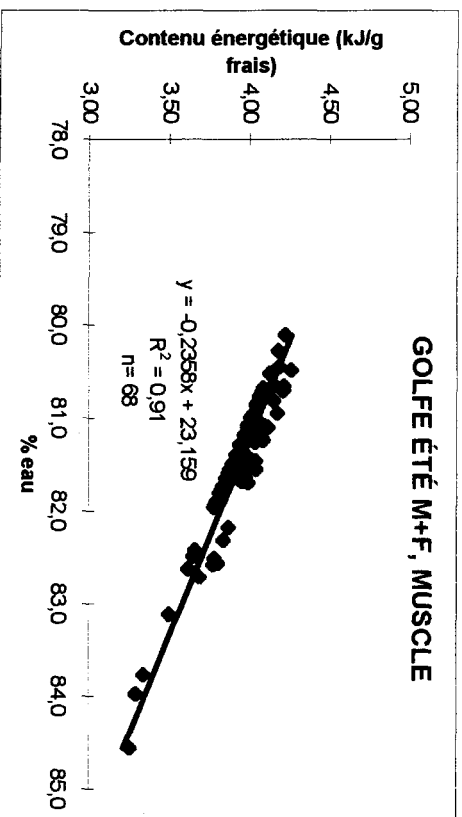
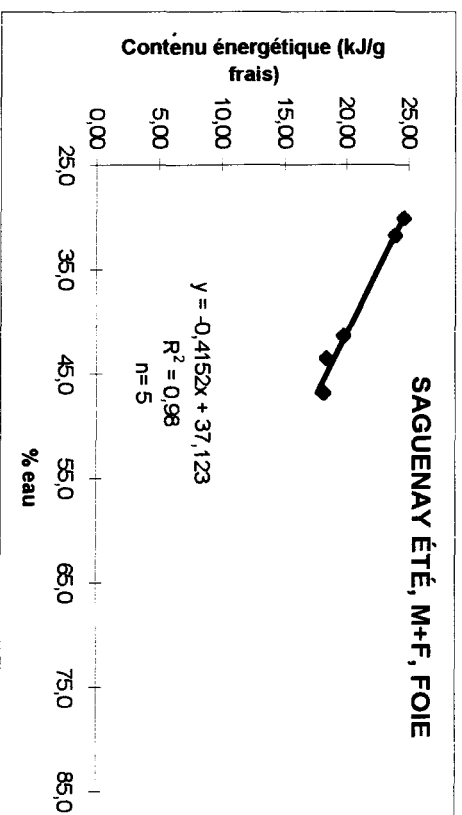
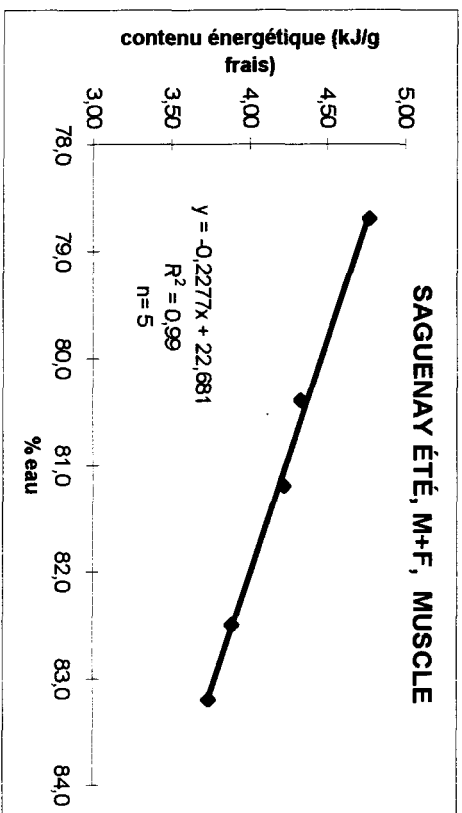


Figure 3.2. Relation entre le contenu énergétique (kJ/g poids frais) et le contenu en eau (%) du muscle et du foie des morues du Saguenay et du Golfe en été, sexes combinés. Source des données du Golfe: I.M.L.

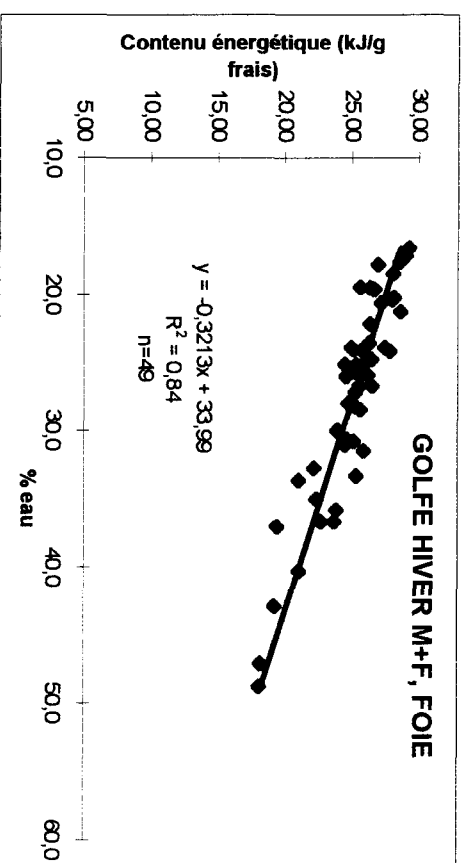
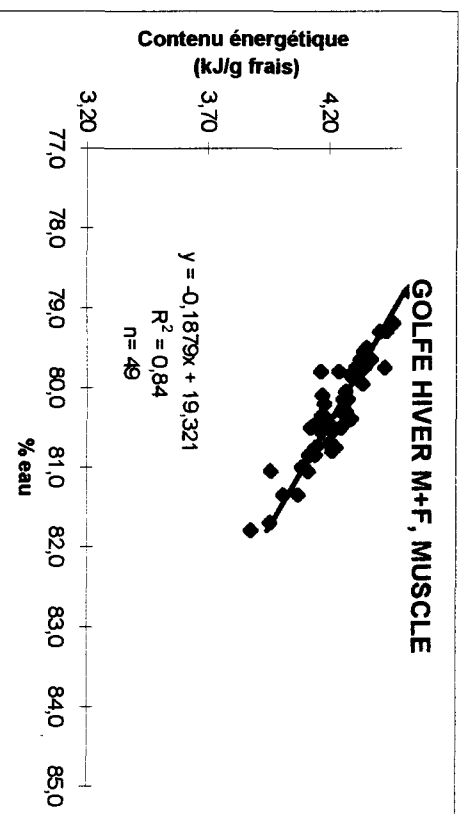
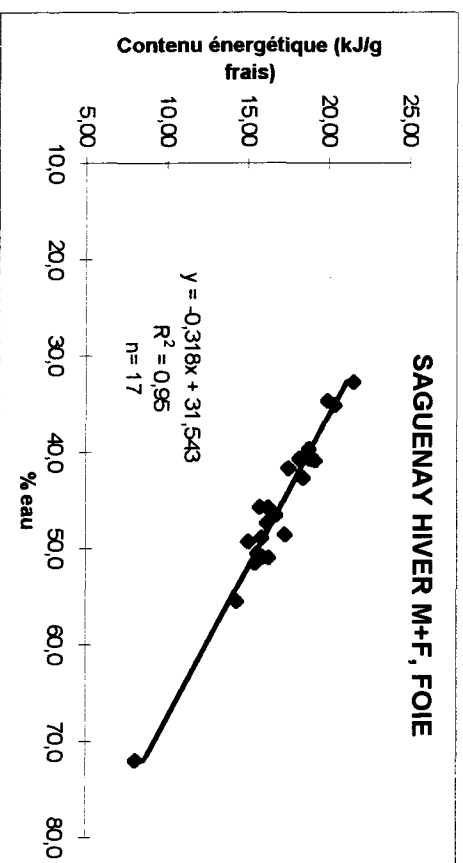
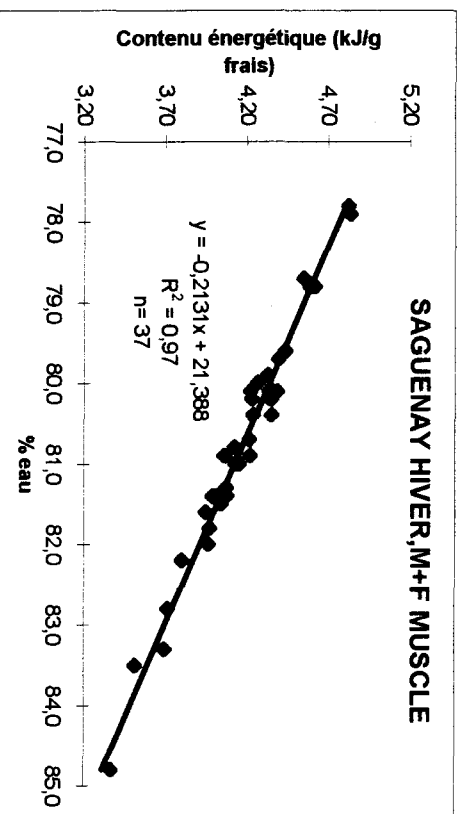


Figure 3.3. Relation entre le contenu énergétique (kJ/g pds frais) et le contenu en eau (%) du muscle et du foie des morues du Saguenay et du Golfe en hiver, sexes combinés. Source des données du Golfe: I.M.L.

énergétique du foie en fonction du contenu en eau (ANCOVA, $0,01 < p < 0,05$).

Des comparaisons ont pu être faites pour le Golfe entre les saisons hiver (janvier) et été (juin). Entre ces deux mois en particulier, les pentes diffèrent significativement (ANCOVA, $p < 0,05$). Les pentes plus accentuées en été suggèrent une diminution plus rapide du contenu énergétique avec l'augmentation de la proportion d'eau dans les tissus comparativement à l'hiver. La même tendance est observée entre l'été et l'hiver pour les morues du Saguenay.

3.6 Relation entre contenu énergétique spécifique et indices de condition

Le nombre restreint de données pour le Saguenay comparativement aux données du Golfe nous amène à constater que la variation du contenu énergétique du muscle n'est que partiellement expliquée par la variation du coefficient de condition ($R^2=0,03$). La variation du contenu énergétique du foie est par contre mieux expliquée par la variation de l'indice hépato-somatique ($R^2=0,47$). Pour le Saguenay,

l'équation obtenue (figure 3.4) est celle utilisée pour déterminer l'indice HS d'un poisson standard de 45 cm. L'équation résultant pour les morues du Golfe est illustrée à la figure 3.5.

3.7 Relation entre contenu énergétique total et longueur à la fourche

La relation entre la longueur d'un poisson et le contenu énergétique de ses tissus en fonction de la période de l'année a été établie pour les échantillons d'hiver et d'été du Golfe et du Saguenay, elle est significative dans tous les cas ($p < 0,05$). L'échantillon d'été du Saguenay, malgré son faible effectif ($n=5$), a été inclus dans les analyses. Une attention particulière sera apportée quant aux conclusions à tirer des résultats impliquant cet échantillon.

Les relations entre le log du contenu énergétique total du muscle et du foie et le log de la longueur à la fourche ont des pentes identiques en été et en hiver autant pour le Saguenay que pour le Golfe (ANCOVA, $p > 0,05$). Les ordonnées à l'origine diffèrent toutes significativement quant à elles ($p < 0,05$), sauf dans le cas du contenu

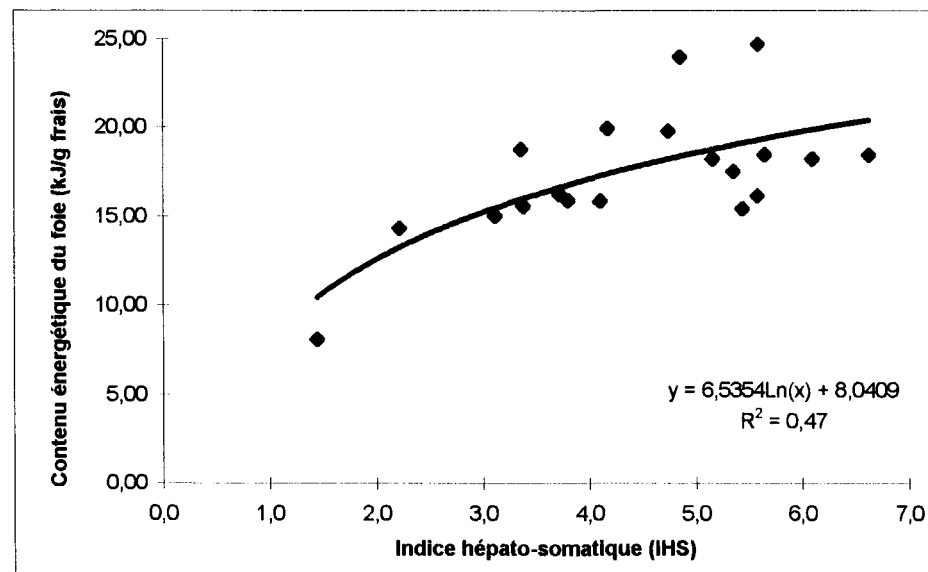
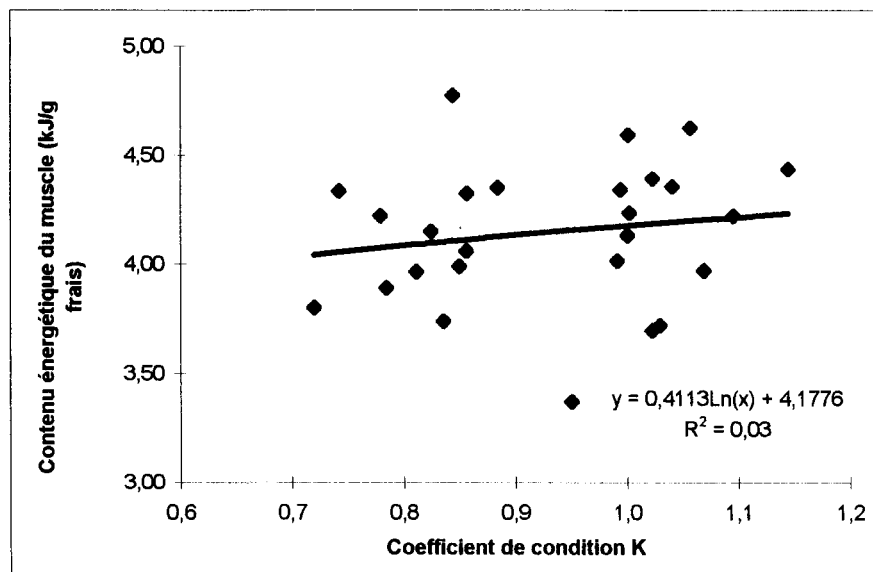


Figure 3.4. Relation entre le contenu énergétique spécifique du muscle et le coefficient de condition et entre le contenu énergétique spécifique du foie et l'indice hépato-somatique des morues du Saguenay.

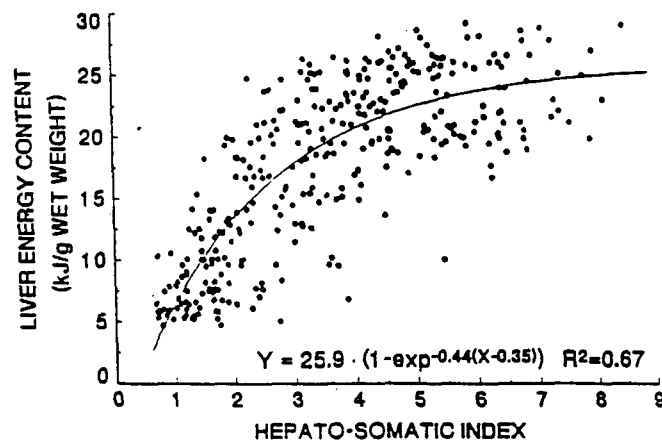
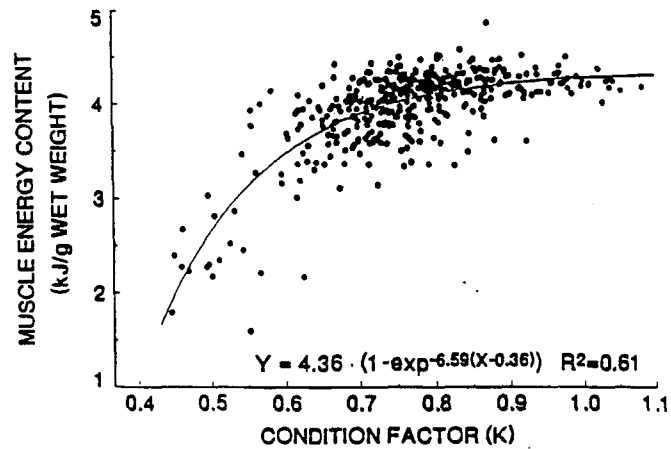


Figure 3.5. Relation entre le contenu énergétique spécifique du muscle et le coefficient de condition et entre le contenu énergétique spécifique du foie et l'indice hépato-somatique pour des morues du Golfe démontrant la gamme complète de condition énergétique. Source : Dutil et al, 1995.

énergétique du foie dans le Saguenay, (ANCOVA, $p > 0,05$). C'est en hiver que les tissus, muscle et foie, ont un contenu énergétique supérieur pour une même longueur par rapport à l'été.

En été, en ce qui concerne les contenus énergétiques des tissus en fonction de la longueur; on note l'égalité des pentes pour le muscle, ($z = 0,196$, $\alpha = 0,05$) et l'inégalité pour le foie, ($z = 6,61$, $\alpha = 0,05$), (figure 3.6). En hiver, la régression énergie du muscle - longueur à la fourche est identique pour les morues du Golfe et du Saguenay (test Z, $z = 1,56$, $\alpha = 0,05$) (figure 3.7). Dans le cas de l'énergie du foie, la régression diffère significativement (test Z, $z = 1,99$, $\alpha = 0,05$). Les morues du Golfe semblent voir leurs réserves d'énergie du foie augmenter plus rapidement avec la longueur que leurs congénères du Saguenay.

3.8 Paramètres évalués pour un poisson standard de 45 cm

On peut tenter de décrire la condition énergétique d'un individu standard d'une longueur de 45 cm en ayant recours aux relations déterminées ci-haut entre les contenus

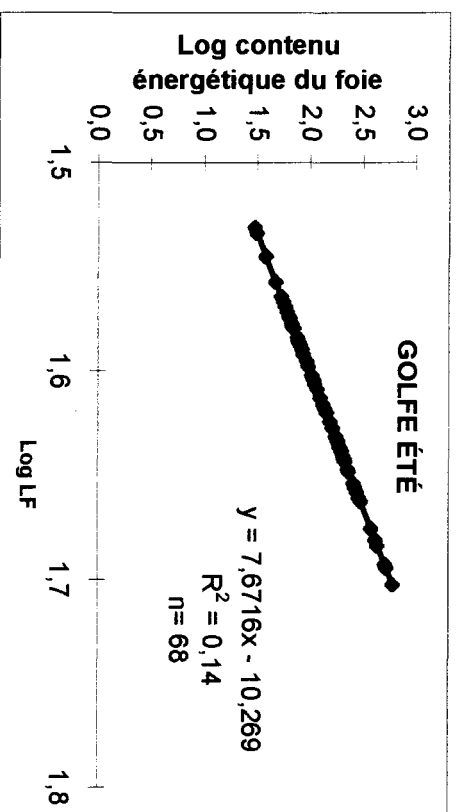
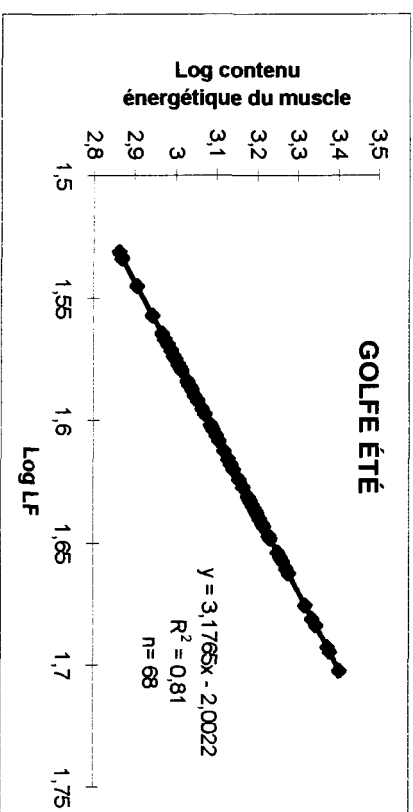
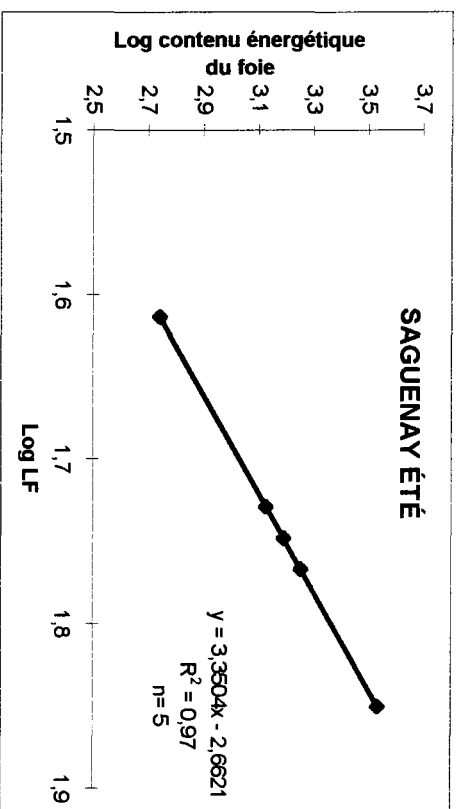
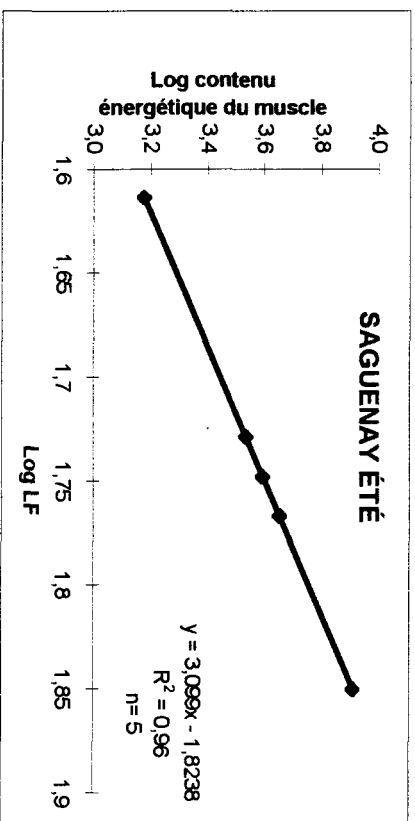


Figure 3.6. Régression (axe principal réduit) du contenu énergétique total du muscle et du foie sur la longueur à la fourche pour les morues du Saguenay et du Golfe en été. Source données Golfe: I.M.L.

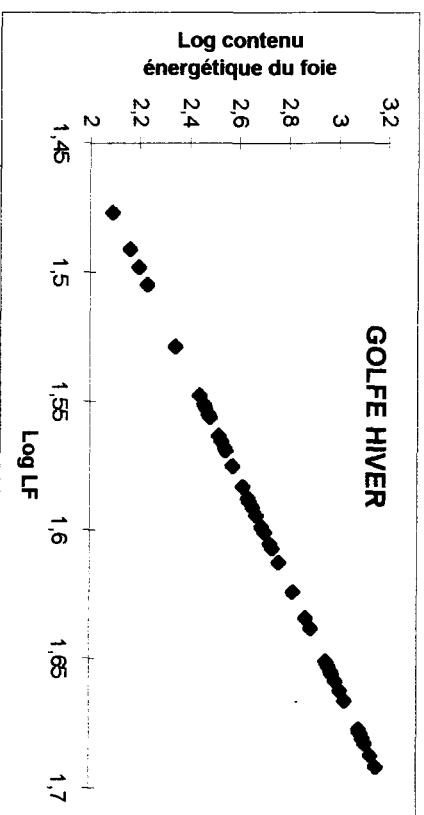
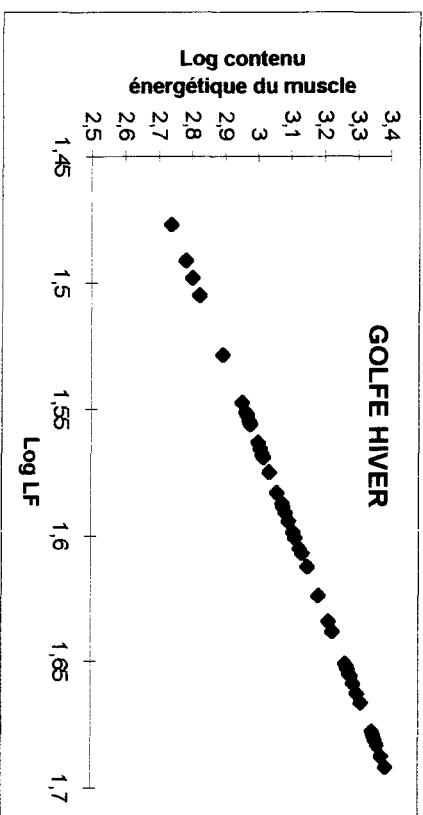
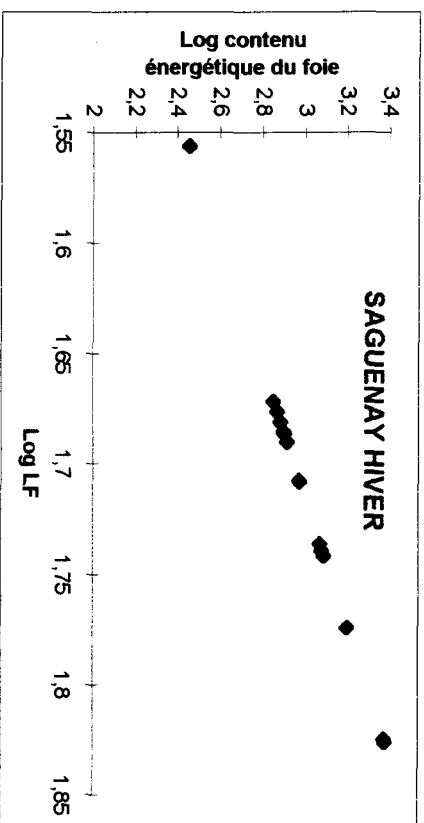
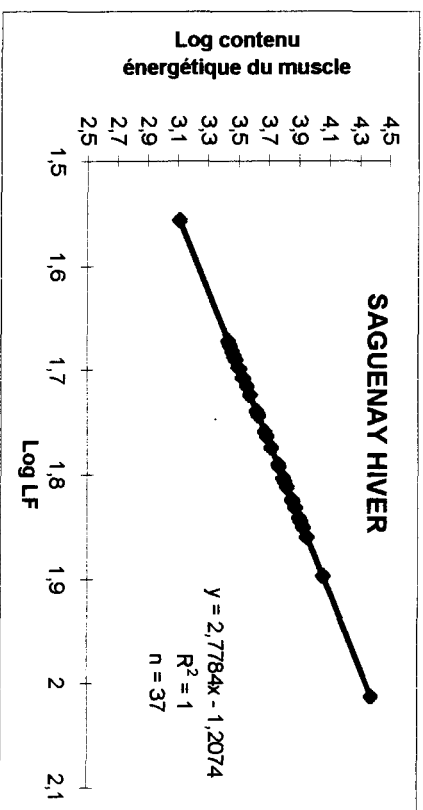


Figure 3.7. Régression (axe principal réduit) du contenu énergétique total du muscle et du foie sur la longueur à la fourche pour les morues du Saguenay et du Golfe en hiver. Source données Golfe: I.M.L.

énergétiques, les pourcentages d'eau et les indices de condition. Le but de cet exercice est d'obtenir un portrait de la condition d'une morue de même taille issue de milieux différents à des périodes différentes. Les distinctions pouvant exister entre poissons matures et immatures, de même qu'entre mâles et femelles ont déjà été soulignées. Les résultats qui suivent devraient donc correspondre à un poisson standard représentatif du milieu et de la saison à partir desquels les relations ont été déterminées.

La constatation majeure tirée de l'exercice concerne le poids total, nettement supérieur pour un poisson du Saguenay. Il en résulte un contenu énergétique total du muscle de même qu'un coefficient de condition supérieurs à ceux du Golfe pour les saisons correspondantes (figure 3.8), les contenus en eau étant sensiblement les mêmes chez les deux populations (tableau 3.7). Les valeurs du contenu énergétique du foie subissent des extrêmes beaucoup plus marqués entre les saisons chez un individu du Golfe que chez un congénère du Saguenay (figure 3.6). Les contenus en eau de ce tissu sont également très éloignés entre l'été et l'hiver dans le Golfe alors qu'ils varient peu chez les morues du Saguenay (tableau 3.7).

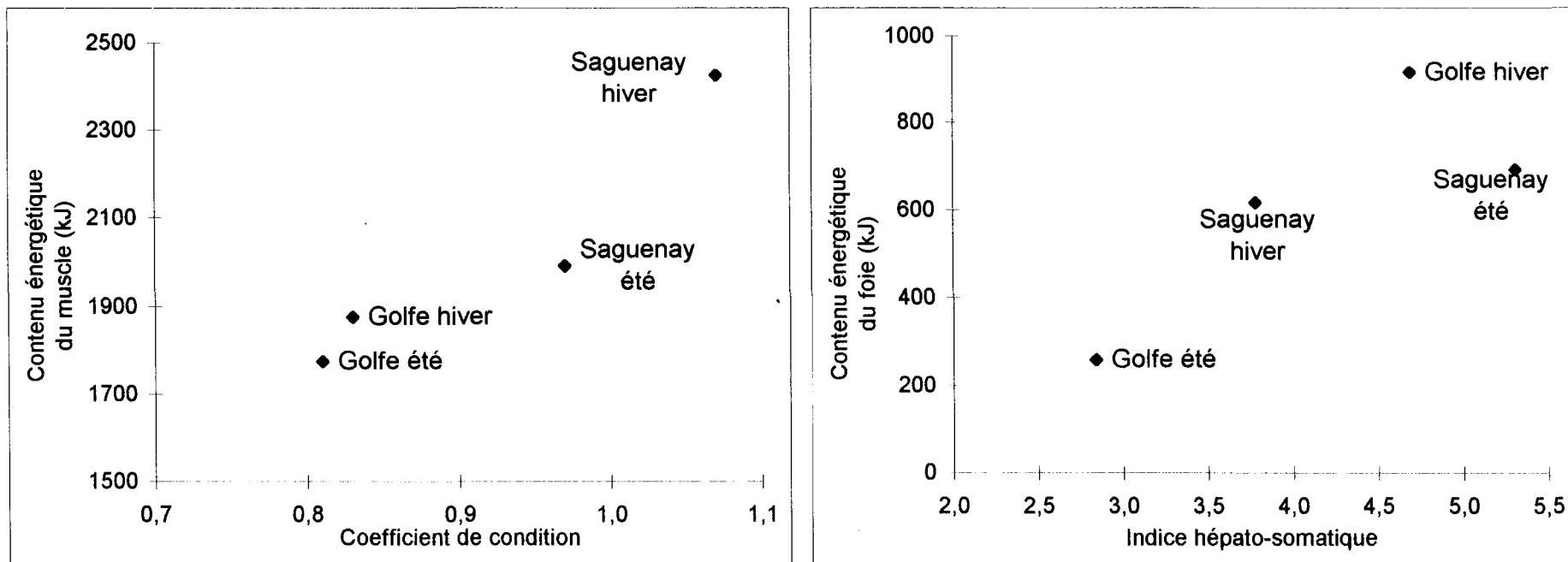


Figure 3.8 Relation entre le contenu énergétique total du muscle et du foie et les indices de condition correspondant évalués pour les morues du Golfe et du Saguenay pour un poisson standard de 45 cm.

Tableau 3.7. Poids total, énergie du foie et du muscle, contenu en eau du foie et du muscle, indice hépato-somatique et coefficient de condition évalués pour un poisson standard de 45 cm pour le Saguenay et le Golfe à différentes saisons.

| | | POIDS TOTAL (g) | <u>FOIE</u> ÉNERGIE TOTALE (kJ) CONTENU EN EAU % INDICE HÉPATO- SOMATIQUE | | | <u>MUSCLE</u> ÉNERGIE TOTALE (kJ) CONTENU EN EAU % COEFFICIENT DE CONDITION K | | |
|---------|-----------|-----------------------|--|------|------|--|------|--------|
| HIVER | SAGUENAY | 971,7 | 615,54 | 46,6 | 3,8 | 2426,70 | 81,0 | **1,07 |
| | GOLFE | 754,98 | 915,61 | 13,3 | - | 1876,89 | 81,0 | 0,79 |
| ÉTÉ | *SAGUENAY | 886,3 | 691,76 | 43,8 | 5,3 | 1992,50 | 83,3 | **0,97 |
| | GOLFE | 740,2 | 260,12 | 49,0 | 2,84 | 1776,30 | 81,4 | 0,72 |
| AUTOMNE | GOLFE | 767,3 | - | - | - | - | - | **0,84 |

* : résultats à partir de l'effectif n= 5

** : estimé à partir de la valeur du poids total

Les résultats pour le Golfe sont obtenus à partir des données fournies par l'I.M.L.

3.9 Maturité et indice gonado-somatique

Les longueurs supérieures des individus échantillonnés dans le Saguenay font en sorte que le stade immature est très peu ou pas représenté à l'intérieur de ces échantillons. La fréquence de chacun des stades compilée pour chaque échantillon ne peut donc servir à l'évaluation de la répartition des morues par stade de maturité à l'intérieur de leur population respective.

D'autre part, l'indice gonado-somatique a été relié significativement à la longueur, par régression ordinaire, dans le cas des morues femelles du Saguenay seulement, ($p > 0,05$). La variabilité de l'indice gonado-somatique des morues du Golfe issues de l'intervalle de longueur de 30 cm à 55 cm est moins importante que pour les morues du Saguenay qui sont de taille supérieure (figure 3.9).

Les morues matures du Saguenay affichent des valeurs de l'IGS qui se recoupent de par les écarts à la moyenne pour l'été et l'hiver. Ces valeurs pour les deux saisons sont indicatrices de poissons potentiellement en fraye ou qui l'ont été ou le seront dans un délai rapproché. Les valeurs

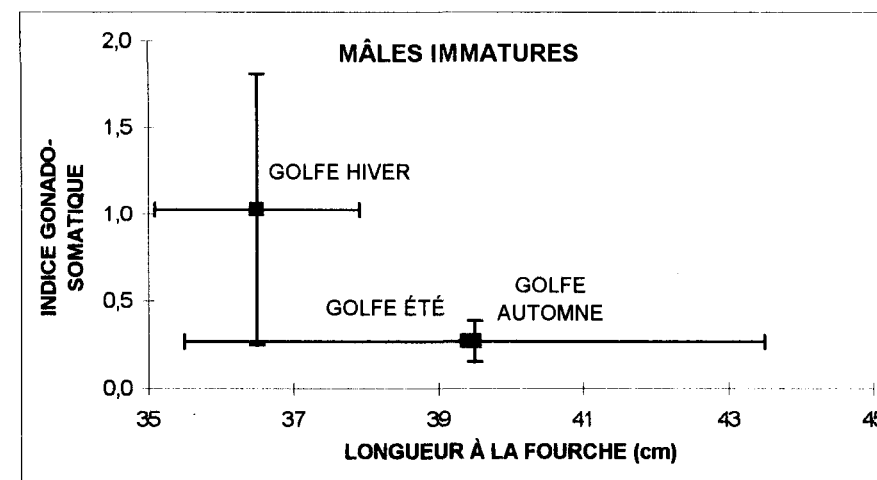
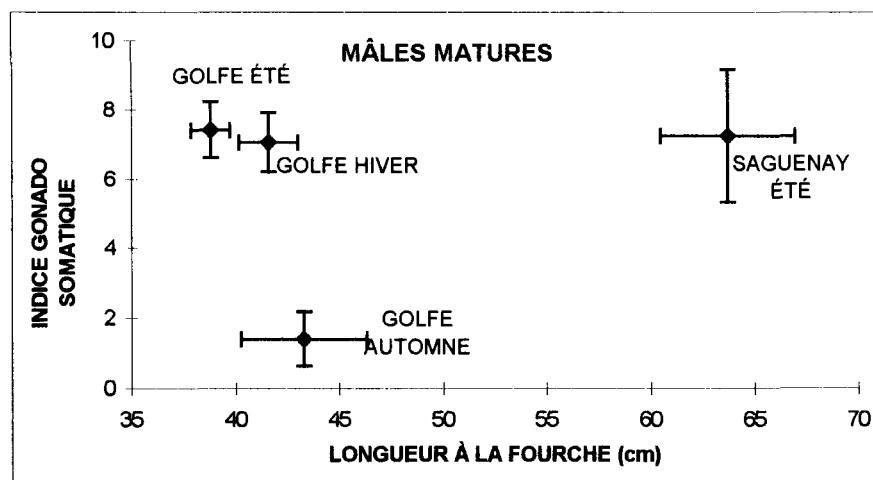
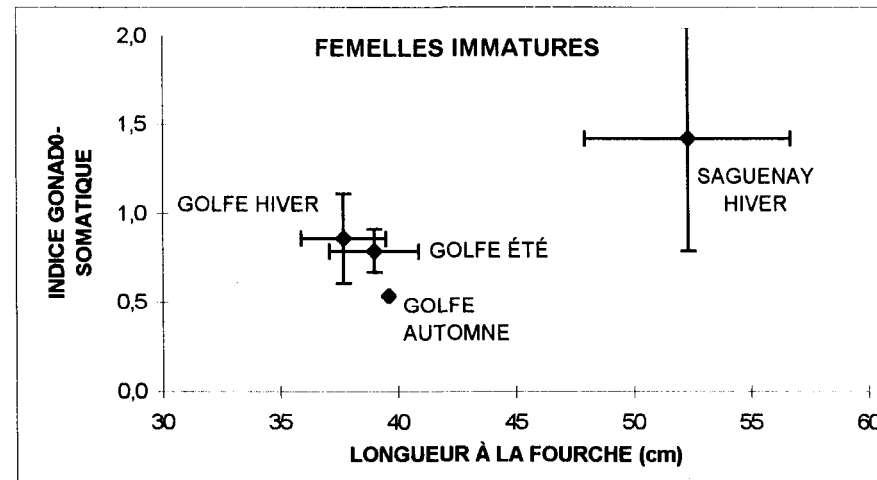
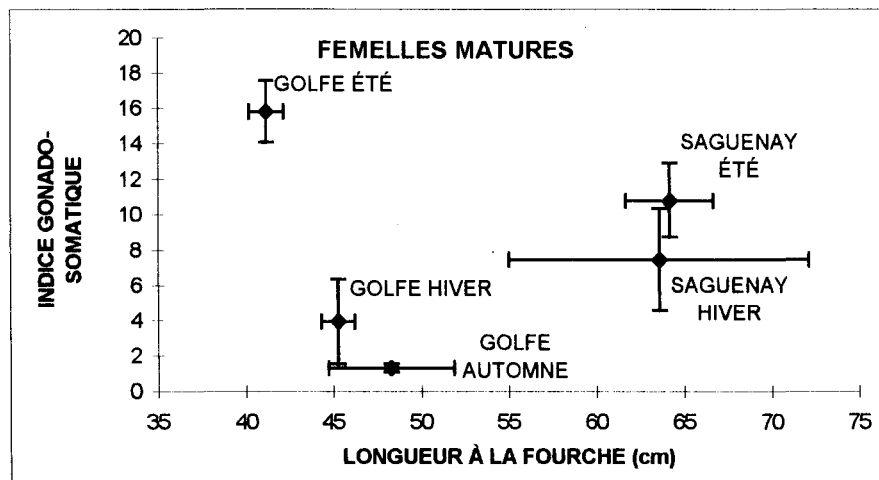


Figure 3.9. Indice gonado-somatique en fonction de la longueur pour les morues du Saguenay et du Golfe.

de l'IGS des morues du Golfe affichent une variabilité beaucoup plus marquée. Parallèlement aux valeurs de l'IGS dans le Saguenay, on note une faible augmentation de l'indice hépato-somatique en passant de l'hiver à l'été (tableau 3.8). Par contre, les morues du Golfe voient leur indice HS diminuer remarquablement de l'hiver à l'été, en même temps que de leur indice GS subit une nette augmentation (tableau 3.9).

Tableau 3.8. Longueur à la fourche, indice gonado-somatique et indice hépato-somatique moyens pour les morues du Saguenay en hiver et en été, par stade de maturité et par sexe.

| | | | n | LF \pm int. conf | IGS \pm int. conf | IHS \pm int. conf. |
|-----------------|-----|---|--------------|---|---------------------|----------------------|
| <u>SAGUENAY</u> | | | | | | |
| ÉTÉ | IMM | M | 0 | - | - | - |
| | | F | 0 | - | - | - |
| | MAT | M | 26 | 63,7 \pm 3,3 | 7,27 \pm 1,91 | 4,28 \pm 0,48 |
| | | F | 45 | 64,2 \pm 2,5 | 10,82 \pm 2,09 | 5,81 \pm 0,40 |
| HIVER | IMM | M | 2 | 42,9 \pm 13,5 | - | - |
| | | F | 7 | 52,3 \pm 4,4 | 1,42 \pm 0,63 | 3,22 \pm 0,83 |
| | MAT | M | 10 | 58,8 \pm 4,3 | - | - |
| | | F | 12 | 63,6 \pm 8,6 | 7,48 \pm 2,91 | 5,35 \pm 1,29 |
| IMM : immatures | | | F : femelles | int.conf.:intervalle de confiance à 95% | | |
| MAT : matures | | | M : mâles | | | |

Tableau 3.9. Longueur à la fourche, indice gonado-somatique et indice hépato-somatique moyens pour les morues du Golfe Saint-Laurent en hiver, en été et en automne, par stade de maturité et par sexe. Les résultats sont basés sur des données fournies par l'Institut Maurice-Lamontagne.

| | | | n | LF \pm int. conf | IGS \pm int. conf | IHS \pm int. conf. |
|-----------------|-----|---|--------------|---|---------------------|----------------------|
| <u>GOLFE</u> | | | | | | |
| ÉTÉ | IMM | M | 1 | 39,4 | 0,27 | 1,68 |
| | | F | 1 | 39,6 | 0,54 | 2,50 |
| | MAT | M | 61 | 38,8 \pm 0,9 | 7,43 \pm 0,81 | 1,82 \pm 0,15 |
| | | F | 46 | 41,2 \pm 1,0 | 15,83 \pm 1,73 | 2,70 \pm 0,26 |
| HIVER | IMM | M | 37 | 36,5 \pm 1,4 | 1,03 \pm 0,78 | 3,25 \pm 0,35 |
| | | F | 29 | 37,7 \pm 1,8 | 0,86 \pm 0,25 | 3,84 \pm 0,48 |
| | MAT | M | 48 | 41,6 \pm 1,43 | 7,07 \pm 0,85 | 4,36 \pm 0,38 |
| | | F | 38 | 45,2 \pm 1,0 | 3,95 \pm 0,76 | 5,47 \pm 0,55 |
| AUTOMNE | IMM | M | 8 | 39,5 \pm 4,0 | 0,27 \pm 0,12 | 4,53 \pm 0,95 |
| | | F | 24 | 39,0 \pm 1,9 | 0,79 \pm 0,12 | 4,36 \pm 0,52 |
| | MAT | M | 19 | 43,3 \pm 3,0 | 1,41 \pm 0,78 | 4,13 \pm 0,54 |
| | | F | 12 | 48,2 \pm 3,6 | 1,35 \pm 0,24 | 4,39 \pm 0,61 |
| IMM : immatures | | | F : femelles | int.conf.:intervalle de confiance à 95% | | |
| MAT : matures | | | M : mâles | | | |

CHAPITRE IV

DISCUSSION

Les échantillons du Golfe ont été récoltés suivant la chronologie des saisons, soit de l'hiver 1994 (janvier), à l'été 1994 (juin), à l'automne 1994 (fin août). Ainsi, l'objectif de décrire l'évolution de la condition des morues sur une base saisonnière a été rencontré pour cette population. Par contre, la difficulté logistique de l'échantillonnage dans le Saguenay a fait en sorte que les échantillons ne proviennent que de deux saisons consécutives, soit été 1994 (début juillet) et hiver 1995 (janvier-mars). L'effectif de l'échantillon d'été étant très faible, des données provenant d'une campagne d'échantillonnage par Pêches et Océans effectuée à l'été 1990 ont complété les analyses. Par conséquent, on évite d'étendre les conclusions à l'ensemble des populations respectives du Saguenay et du Golfe du Saint-Laurent, particulièrement en ce qui concerne les analyses biochimiques de l'échantillon d'été du Saguenay, dont l'effectif est très faible ($n=5$). Il est donc important de souligner que l'interprétation des résultats obtenus dans le cadre de la présente étude demeure spécifique à la saison et au site de capture des spécimens.

L'objectif de comparaison des deux populations peut tout de même se baser sur les caractéristiques principales que l'analyse des résultats met en évidence pour chacune des populations. La présente étude permet donc de vérifier en partie l'hypothèse de départ. Soulignons toutefois que les résultats pour les morues du Saguenay, bien qu'ils soient représentatifs de la saison et du lieu de capture des échantillons, ne permettent pas de vérifier les tendances à la hausse ou à la baisse durant les périodes de l'année entre l'été et l'hiver. C'est pourquoi on ne peut effectuer les comparaisons entre populations que sur une base ponctuelle et ce, en référant la condition des morues du Saguenay à celle des morues du Golfe qui est mieux documentée.

Cette approche comparative sur deux saisons (hiver, été) a été effectuée entre autre sur une population de cisco arctique en Alaska (Fechhelm et al, 1996). La condition et les contenus en lipides et en protéines des ciscos ont été déterminés pour les deux saisons, de 1991 à 1993. Les résultats de l'étude démontrent la tendance de ces poissons à accumuler des réserves d'énergie en été et à les utiliser en hiver, l'été 1991 a toutefois fait exception, alors que peu de réserves furent accumulées. L'étude n'avance cependant pas d'explication du phénomène.

4.1. Condition

L'interaction significative entre les facteurs site et saison pour les paramètres de contenus en eau et en énergie laisse croire à une influence de la saison sur ces paramètres selon le site. Effectivement, on observe des différences dans la variation de ces paramètres d'une saison à l'autre selon qu'il s'agit des morues du Golfe ou des morues du Saguenay. On tentera de relier ces différences au cycle de la condition qui dépend fortement du cycle reproducteur.

Le contenu en eau du foie (47,4%, femelles) et le contenu énergétique correspondant (16,39 kJg⁻¹) des morues du Saguenay en hiver démontrent une condition moins bonne que les morues du Golfe (27,3%, 25,23 kJg⁻¹) pour la même période, ce qui peut s'expliquer par une période de maturation des gonades plus hâtive et plus étendue dans le Saguenay. Les morues matures utilisent alors leurs réserves d'énergie du foie pour le développement des produits gonadaux. Les valeurs observées du contenu en eau du muscle et du contenu énergétique musculaire des morues du Saguenay en été (80,9%-4,16 kJg⁻¹) et en hiver (81,2%-4,19 kJg⁻¹) pourrait suggérer que ces poissons n'ont pas à puiser dans les réserves de

protéines du muscle durant ces périodes de l'année. Il est toutefois possible que ces réserves soient utilisées pendant l'une ou l'autre des saisons intermédiaires entre l'été et l'hiver. Le manque d'échantillons au printemps et à l'automne nous laisse sans réponse quant aux tendances à la baisse ou à la hausse de la condition des morues du Saguenay entre les mois de juillet et janvier. Ces résultats indiquent tout de même que les morues du Saguenay ne souffrent pas de carences alimentaires au cours de ces deux saisons.

Une étude comparant la condition de deux stocks de limandes (*Limanda limanda*), l'un du Banc Allemand, l'autre du Banc Dogger en mer du Nord, montre que les poissons du Banc Dogger présentent des valeurs du coefficient de condition constantes sur toute l'année, alors que le stock du Banc Allemand démontre un cycle périodique bien défini. La différence quant aux valeurs de condition est expliquée par le fait que les limandes du Banc Dogger bénéficient de sources abondantes de nourriture en hiver et au printemps. Elles peuvent donc maintenir des réserves constantes de glycogène dans le foie tout au long de l'année, même en période de reproduction (Knust, 1996). Le cycle saisonnier du coefficient de condition et de l'indice hépato-somatique,

de même que du contenu en glycogène du foie des limandes du Banc Allemand, démontrent l'utilisation des réserves énergétiques de ce tissu en fonction de l'arrêt de l'alimentation (Saborowski et Buchholz, 1996). Ce cycle n'est pas sans rappeler les variations saisonnières de la condition des morues du Golfe, qui cessent également de s'alimenter en période de reproduction.

D'autre part, les morues échantillonnées dans le Saguenay étant de taille supérieure, elles devraient démontrer, comme le suggèrent Love (1960) et Eliassen et Vahl (1982b), des contenus en eau plus élevés que les échantillons de morues du Golfe, pour des conditions similaires. Or, les morues du Golfe affichent des valeurs plus élevées du contenu en eau de la masse musculaire (81,7%, femelles) et de plus faibles valeurs correspondantes du contenu énergétique de ce tissu en été ($3,90 \text{ kJg}^{-1}$). On constate également un indice gonado-somatique plus élevé chez ces dernières. Il est probable alors, que malgré un contenu en eau inférieur à 84% (Dutil et al, 1995), leur réserve d'énergie musculaire serve en partie au développement des gonades. Plusieurs auteurs ont démontré que les poissons en état de maturation des gonades et en état de jeûne épuisent d'abord les réserves de lipides du foie avant d'utiliser les protéines musculaires;

il va de soi cependant que la séquence d'utilisation des réserves n'est pas aussi nettement tranchée dans la réalité (Love, 1960, 1970; Eliassen et Vahl, 1982a; Holdway et Beamish, 1984; Wheatherley et Gill, 1987; Houlihan et al, 1988; Foster et al, 1993). Effectivement, chez les morues du Golfe, les valeurs élevées du contenu en eau de leur foie (64,2% chez les femelles) et les faibles valeurs calorifiques correspondantes ($11,02 \text{ kJg}^{-1}$) en période estivale (de reproduction) viennent appuyer cette observation. En hiver, suite à une bénéfique période d'alimentation, les morues du Golfe ont récupéré leurs réserves de lipides du foie comme en témoigne alors la valeur élevée de contenu calorifique ($25,23 \text{ kJg}^{-1}$ pour les femelles) et le faible pourcentage d'eau correspondant (27,3%). Jobling (1988) a observé que la récupération des lipides du foie débute alors que le muscle affiche un pourcentage d'eau en deçà de 82%, ce qui semble être le cas pour les morues du Golfe à la fin août et en janvier. De telles variations saisonnières en fonction de la maturation des gonades et de l'alimentation ont démontré l'existence de cycles de condition chez le saumon atlantique (*Salmo salar*) entre autres (Arndt et al, 1996). Chez cette espèce, le coefficient de condition, le contenu en lipides et le taux de croissance augmentent à partir de la fin de la période de reproduction en automne pour atteindre un maximum

au printemps, alors que les individus matures cessent de s'alimenter pendant un certain temps avant la fraye (Kadri et al, 1996).

Les valeurs de contenu en eau du muscle, variant entre 80,1 % et 81,7 % pour l'ensemble des échantillons, permettent d'affirmer que les morues des deux populations, au moment de leur capture, démontraient une bonne condition (% eau < 84 %, Dutil et al, 1995) en fonction de cet indicateur. Cependant, toujours selon Dutil et al (1995), et correspondant aux résultats de la présente étude, les valeurs du contenu en eau du foie des morues du Saguenay en été et en hiver et des morues du Golfe en été sont supérieures à 40%, ce qui reflète une moins bonne condition.

Quoi qu'il en soit, les résultats ont permis de démontrer la relation inverse entre le contenu en eau des tissus et leur contenu calorifique. Plusieurs chercheurs ont déjà démontré la relation inverse existant entre le contenu en eau d'un tissu et son contenu énergétique (Lambert et Dutil, 1997a; Holdway et Beamish, 1984; Eliassen et Vahl, 1982a; Love, 1970).

Dans une optique de comparaison de la condition des morues du Saguenay et du Golfe, les valeurs de contenu en eau du muscle étant du même ordre de grandeur, le pourcentage d'eau du foie correspondant devient alors le critère déterminant de la condition relative. Le foie, par rapport au muscle, est aussi le tissu relié de plus près à la reproduction. Ainsi, à la lumière des résultats ci-haut, les morues du Saguenay affichent une moins bonne condition en hiver et une meilleure condition en été par rapport à leurs congénères du Golfe. C'est effectivement ce que montre l'estimation de ces paramètres pour un poisson de 45 cm (tableau 3.7). Ce tableau fait ressortir l'effet particulier du poids supérieur (pour une même longueur) des morues du Saguenay sur le contenu en eau du muscle, qui, bien que plus élevé ou égal, est associé à un contenu énergétique supérieur à celui des morues du Golfe. Par ailleurs, la variabilité importante des contenus en eau et énergétiques du foie des morues du Golfe, qui affichent des variations extrêmes entre juin et janvier, correspond au cycle de reproduction qui est bien délimité dans le temps chez cette population. On ne peut en dire autant des morues du Saguenay dont les valeurs déterminées des contenus en eau et en énergie du foie varient de façon beaucoup moins drastique entre l'été et l'hiver. Tout en rappelant encore une fois la faiblesse de

l'échantillonnage d'été dans le Saguenay, on peut tout de même constater que la période de reproduction est moins définie dans le temps pour ces poissons.

Parmi les échantillons de l'étude, la seule différence observée entre les individus matures et les immatures concerne le contenu en eau du foie des mâles de la population du Golfe en hiver. Le pourcentage d'eau moins élevé chez les matures (24,4%) alors que les immatures affichent 31,1% peut signifier entre autres des conditions nutritionnelles plus difficiles chez cette classe d'individus. Comparant la condition de saumons atlantiques en processus de maturation avec celle de saumons immatures, Kadri et al (1996) ont constaté que le besoin de s'alimenter des poissons matures leur confère une condition et un contenu en lipides supérieurs aux immatures pour la période allant de l'automne (post reproduction) au début de la période d'anorexie liée à la reproduction (au printemps).

L'analyse de la condition des morues du Saguenay et du Golfe met en évidence l'effet du poids total sur la valeur du coefficient de condition K. L'utilisation de ce coefficient a d'ailleurs été critiquée par certains auteurs. Entre autres, Cone, (1989) et Springer et al, (1990), qui

soulignent le biais possiblement encouru en élevant la longueur à la puissance 3 pour toute l'étendue des longueurs, ce qui suppose une croissance isométrique. Cependant, les restrictions s'appliquant à l'utilisation d'autres indices justifient l'emploi d'un indice simple à calculer tel que le K de Fulton, d'autant plus qu'il est encore largement utilisé pour les études sur la condition (Bolger et Connolly, 1989; Weatherley et Gill, 1987).

Comme l'ont souligné Lambert et Dutil (1997a), pour une même longueur, un poisson démontrant un poids somatique supérieur aura également un coefficient de condition supérieur; cette conséquence est facilement constatée par le mode de calcul de K. Sur la base de cet argument et des valeurs correspondant à un poisson de 45 cm, les morues du Saguenay seraient en meilleure condition que leurs congénères du Golfe pour les saisons été et hiver. Le poids supérieur atteint par les morues du Saguenay pour une même longueur laisse supposer qu'elles bénéficient de conditions nutritionnelles et environnementales plus favorables que celles du Golfe. Il a été démontré que la croissance des morues est optimale à des températures variant de 9° à 17° C. Mais la température n'aurait qu'un effet indirect sur la croissance puisque c'est d'abord la disponibilité de

nourriture, indifféremment de la température, qui règle la croissance et détermine ainsi la condition des poissons (Kohler, 1964). La température a cependant un effet sur la vitesse de digestion et la quantité de nourriture ingérée, effet qui varie en fonction de la taille des individus (Kohler, 1964; Jobling, 1988). Mis à part les possibles effets indirects sur la condition des morues des températures à la baisse dans le Golfe au cours des dernières années, la présente étude ne peut prétendre à une explication de la condition des morues uniquement en fonction de la température. En effet, d'autres facteurs environnementaux tel que le taux d'oxygène peuvent aussi influencer la croissance et la condition. On sait par exemple que la croissance est optimale lorsque l'oxygène est à saturation (Jobling, 1988), or, de telles conditions se retrouvent effectivement pour l'habitat de la morue du Saguenay. En raison de l'apport d'eau froide et oxygénée de la couche superficielle du Saint-Laurent en hiver, on observe en effet des pourcentages de saturation variant annuellement de 80 à 120% dans les eaux du Saguenay situées au dessous de la pycnocline (Côté, 1977). À des profondeurs de 250 mètres dans le fjord, Drainville (1968) rapportait des quantités d'oxygène dissout variant de $5,0 \text{ mll}^{-1}$ à près de 7 mll^{-1} .

Par ailleurs, la forte pression de pêche exercée pendant des décennies a eu pour effet de devancer l'âge de la maturité des individus de la population du Golfe. Ce faisant, la taille à la maturité s'en trouve réduite et la condition énergétique moins favorable de poissons matures de petite taille en découle également.

Une interaction significative entre le site et le sexe implique d'autre part que le coefficient de condition varie entre les sites en partie en fonction du sexe. On pourrait relier ce phénomène au fait que les échantillons de morues adultes mâles et femelles ont des tailles plus variables dans le Saguenay que dans le Golfe et allouent l'énergie de la reproduction différemment entre les sexes.

Des travaux portant sur des morues de 30 à 55 cm, ont permis de déterminer des valeurs minimum de coefficient de condition et d'indice hépato-somatique atteintes par des poissons en mauvaise condition. Ces valeurs oscillent entre 0,4 et 0,6 pour K et entre 0,5% et 1,5% pour IHS (Lambert et Dutil, 1997a). Dans le cadre de la présente étude, aucun des échantillons ne présente de valeurs aussi faible des indices, cependant, les morues du Golfe en été affichent une piètre

condition avec des indices se rapprochant de ces minima : $K=0,71$ et $IHS=1,82$ (1,04 à 3,28 pour les mâles) et $IHS=2,70$ (1,21 à 5,93 pour les femelles). Les valeurs de K minimum observés par Lambert et Dutil (1997b) se situaient entre 0,69 et 0,74 pour les morues du Golfe capturées en mai entre 1990 et 1994. Mis à part les individus du Golfe en été, on peut considérer comme normales pour des populations naturelles les valeurs de l'indice hépato-somatique des échantillons puisqu'on les retrouve entre 2,0% et 6,0%, ces valeurs n'étant pas indicatrices d'un mauvais état nutritionnel (Jobling, 1988, Dutil et al, 1995). Les valeurs de l'indice hépatosomatique observées dans le Saguenay sont d'autre part dans le même ordre de grandeur que les valeurs obtenues par Lalancette (1984). Dans son étude, la moyenne annuelle de l'indice IHS pour les femelles était de 5,3 (3,4 à 7,5) et de 4,0 pour les mâles (2,9 à 5,0). Quant aux morues du Golfe, elles ont affiché des valeurs minimum moyennes de l'indice IHS entre 2,2 et 3,0 en mai pendant les années du déclin de cette population soit de 1990 à 1994 (Lambert et Dutil, 1997b). Les valeurs maximum observées du même indice pour les morues du Golfe l'ont été en automne (de 4,3 à 5,7) durant la même période. Selon les auteurs, ces niveaux de condition étaient inférieurs à ceux observés chez d'autres populations de morues.

Nous constatons que les morues du Saguenay continuent de s'alimenter en toutes saisons, la nourriture étant disponible et accessible. On observe effectivement peu de variation saisonnière de l'abondance du zooplancton dans le Saguenay, même si des différences existent quant à la composition des communautés (Mousseau et Armellin, 1995). La stabilité de l'abondance des communautés planctoniques permet alors une productivité qui maintient la population de morue en bonne condition. Les conditions environnementales où évoluent les organismes du Saguenay, et qui sont liées au régime hydrologique semblent donc plus favorables que celles qui prévalent dans le Golfe. Des différences spatiales au niveau de la productivité de milieux voisins sont reconnues pour affecter la condition de poissons fréquentant ces milieux. Ainsi, les juvéniles de saumon rose du nord de l'île de Vancouver sont en meilleure condition que leurs congénères du sud de l'île, la différence s'expliquant par les variations spatiales du courant qui influencent l'abondance de zooplancton; celle-ci est plus importante du côté nord (Perry *et al*, 1996).

4.2. Reproduction

Il y a peu de variation du stade de maturité des gonades et de l'indice gonado-somatique des morues du Saguenay entre l'hiver et l'été. On déduit de cette observation que la période de reproduction de la population du Saguenay serait plus hâtive et plus étendue dans le temps ou à tout le moins, pas aussi clairement définie comme c'est le cas pour la population du Golfe. Cette observation avait été faite par Lalancette (1984) qui avait estimé la période de reproduction de novembre à mars, et dont les résultats démontraient des variations importantes entre individus mais des valeurs à peu près constantes des indices gonado et hépato-somatique sur toute l'année. Il est toutefois possible qu'il existe des différences spatiales à l'intérieur même du Saguenay; on ignore en effet si toutes les morues matures se regroupent pour frayer en même temps ou si la période de fraye varie selon la location. La présente étude ne permet pas de vérifier ces hypothèses. Les indices gonado-somatiques déterminés pourraient donc être spécifiques aux sites d'échantillonnages; l'échantillon d'été provient d'un site près de l'embouchure du fjord et l'IGS se rapproche de ce qu'on observe dans le Golfe pour des morues en fraye. L'indice GS moyen observé en hiver à la hauteur de Sainte-

Rose-du-Nord correspond également à des morues en période de reproduction ou qui s'en approchent. En plus, le fait que l'indice gonado-somatique soit supérieur en hiver par rapport à l'été et que l'indice hépato-somatique augmente également dans le même sens peut constituer en quelque sorte une anomalie qui pourrait s'expliquer par des variations spatiales. L'existence de populations résidentes à l'intérieur de divisions hydrogéographiques distinctes dans le Saguenay (baies, bassins) est possible; ce phénomène a été observé le long des côtes de Terre-Neuve de même qu'en Norvège (Hutchings et Myers, 1993, Templeman, 1966). Dans une étude sur la pêche blanche dans le Saguenay, Talbot (1992) a également soulevé l'hypothèse, en comparant les relations âge-longueur, que les morues passent toute leur vie adulte au même endroit. Cependant, une hypothèse plus probable expliquant le peu de variation de l'indice GS moyen parallèlement à un indice hépato-somatique qui varie peu également serait que les morues du Saguenay s'alimentent sans interruption durant toute l'année, même en période de reproduction (Lalancette, 1984). Bien qu'aucune donnée quantitative ne soit disponible à cet effet, les contenus stomacaux des morues échantillonnées en hiver dans le Saguenay démontreraient que ces poissons s'étaient en majorité alimentés depuis peu de temps.

Le constat pouvant être établi en fonction des résultats obtenus tient au fait que tous les paramètres de condition des morues du Saguenay (indices, % d'eau, contenu calorifique) expriment des valeurs qui sont comparables en été et en hiver, alors que les morues du Golfe subissent des variations plus prononcées entre ces deux saisons. L'explication de cette situation serait en grande partie liée à un cycle de reproduction distinct pour chaque population; mais également à des facteurs de nature environnementale, dont la disponibilité de nourriture.

La condition variable des morues du Golfe est en quelque sorte le reflet du cycle de vie annuel de cette population. La recherche de nourriture et la reproduction qui amènent les morues à effectuer de longues migrations en suivant les courants préférentiels de température, oxygène et salinité sont des activités qui influencent inévitablement la condition de ces poissons. Les morues du Saguenay effectuent leur cycle annuel à l'intérieur d'un milieu où les conditions de température, oxygène et salinité sont plus constantes et se situent à l'intérieur des limites de tolérance en toutes saisons, du moins jusqu'à de faibles profondeurs, permettant

ainsi à ces poissons de maintenir une condition relativement stable en comparaison avec la population du Golfe.

En effet, dans le Saguenay, l'apport d'eau douce est important au printemps, la salinité en surface subit une baisse importante par rapport à l'hiver (de 20% en janvier-février à 0% en avril-mai, Chassé et Côté, 1991) où le couvert de glace maintient des conditions plus stables. La pycnocline est donc moins marquée en saison hivernale qu'en été. Le gradient de température est faible sur l'ensemble de la colonne d'eau en hiver, alors qu'il est très prononcé sur les 20 premiers mètres environ en été. Le gradient négatif de température s'accompagne d'un gradient positif de salinité, de la surface vers le fond (Drainville, 1968). Les conditions environnementales hivernales seraient donc plus propices à la survie des oeufs et des larves en comparaison des conditions prévalant en été, alors que la thermohalocline est très marquée. On peut souligner ici que les oeufs et les larves de morues sont dotées de caractéristiques leur permettant de résister au gel même en présence de cristaux de glace en eau très froide (Valério et al, 1992). La possibilité d'une période de fraye hivernale dans le Saguenay est plausible, la période d'incubation est cependant plus longue en eau très froide, Par exemple: 50 jours à $-0,6^{\circ}\text{C}$ et

34 jours à $0,6^{\circ}\text{C}$ (Hardy et al, 1978). Une période prolongée d'incubation des oeufs, suivie de la période d'alimentation vitelline des larves, permet en théorie de faire coïncider le stade d'alimentation externe des larves avec une production zooplanctonique qui est d'ailleurs permanente dans les premiers 15 à 20 m dans le Saguenay (Larivée, comm. pers.). Il est toutefois très probable que la crue printanière emporte une grande partie des larves vers l'aval. La prudence nous amène donc à souligner ici que malgré l'observation de morues adultes en état de se reproduire, aucune donnée n'est disponible concernant le succès du recrutement de morues à partir d'oeufs dans le Saguenay.

Quoiqu'il en soit, les conditions environnementales prévalant dans le Saguenay pourraient expliquer la saison hâtive de reproduction ou à tout le moins, le fait que l'on observe des morues au stade de reproduction en hiver. Les caractéristiques physiques du fjord du Saguenay ont d'ailleurs permis à Drainville (1968) de considérer ce milieu comme une enclave arctique en zone boréale. On peut penser que les conditions du milieu, se rapprochant des conditions arctiques, influencent les populations locales, ce qui se traduirait pour la population de morue atlantique du Saguenay par un cycle vital semblable à celui de la morue arctique

(*Boreogadus saida*). Cette dernière se reproduit à la mi-février dans le haut Arctique canadien (Hop et al, 1996).

CHAPITRE V

CONCLUSION

L'analyse de la condition des morues du Saguenay à partir des différents indices et des contenus en eau et calorifique nous permet d'affirmer que ces morues constituent au moins une population distincte de celle du Golfe. La variation du poids en fonction de la longueur est le premier constat que l'on tire du processus de comparaison des deux populations. Cette différence place les morues du Saguenay dans une position plus favorable quant à leur condition générale. À l'intérieur de l'intervalle de taille de 30 cm à 60 cm, elles ont un poids supérieur aux morues du Golfe pour une même longueur. Il en résulte que les morues du fjord affichent des coefficients de condition supérieurs à ceux observés chez les morues du Golfe.

Une deuxième constatation majeure concerne les contenus en eau et en énergie du foie, ainsi que l'indice hépatosomatique. Ces paramètres sont de bons indicateurs du bilan énergétique des poissons en fonction de la période du cycle de reproduction. En effet, le développement des gonades demande d'aller puiser dans les réserves de lipides du foie. En hiver donc, les morues du Saguenay affichent toutes les caractéristiques de poissons en saison de reproduction :

(pour un poisson standard de 45 cm) dans le foie, contenu en eau plus élevé et contenu en énergie plus faible de même que l'indice hépato-somatique plus faible qu'en été. Rappelons toutefois le très faible effectif de l'échantillon d'été. C'est tout à fait le contraire de ce qu'on observe chez les morues du Golfe qui, elles, se reproduisent en mai-juin. Ces dernières affichent cependant des valeurs beaucoup plus étendues de ces paramètres entre les mois de juin et janvier que les morues du Saguenay.

Les contenus en eau et en énergie du muscle des morues du Saguenay varient très peu entre les échantillons d'été et d'hiver. Le coefficient de condition des morues du Saguenay est également du même ordre en été et en hiver. On ne peut en dire autant des morues du Golfe, qui voient leur contenu en eau du muscle augmenter de façon appréciable et le contenu énergétique du même tissu diminuer pour atteindre un minimum en mai. Il en va de même de leur coefficient de condition. La condition générale de ces morues est donc passablement affectée en période de reproduction.

L'indice gonado-somatique des morues du Saguenay évalué pour l'hiver et l'été, ne permet pas de déterminer avec précision la période où elles se reproduisent. En effet, les

valeurs de cet indice pour les deux saisons échantillonnées correspondent à des poissons qui sont potentiellement en période de fraye. Les distributions des stades de maturité des échantillons du Saguenay pour les deux saisons ne permettent pas non plus de conclure quant à une période précise de reproduction. Il est tout de même clair que les stades de maturité observés en hiver expriment la possibilité que l'activité de reproduction ait lieu en plein hiver dans le Saguenay. Une reproduction hivernale a été observée chez la morue arctique (*Boreogadus saida*), dont le développement des gonades a lieu à partir du mois d'août jusqu'en février, début de la fraye dans le haut Arctique canadien. La maturation des gonades chez cette espèce requiert également de grandes quantités d'énergie puisée dans le foie et le muscle (Hop et al, 1995)

Les différences saisonnières entre les deux populations tendent ainsi à confirmer l'hypothèse de populations distinctes ayant des cycles de reproduction qui ne sont pas synchronisés. Comme il a été formulé dans l'hypothèse de départ, ces différences de synchronisme du cycle de reproduction, ainsi que les caractéristiques propres à chacune des populations, se reflètent dans l'évaluation de la condition. Malgré un faible échantillon estival de la

population du Saguenay, l'analyse des paramètres de condition et de reproduction nous permet d'observer des différences beaucoup moins marquées pour ce milieu que ce qui s'observe dans le Golfe. En résumé, les morues du Saguenay ne semblent pas effectuer de grandes migrations liées à la reproduction et à l'alimentation, elles bénéficient de plus de conditions plutôt stables en profondeur au cours d'une année. Nous concluons alors qu'elles sont en meilleure condition que les morues du Golfe.

La piètre condition observée chez ces dernières s'explique également par une détérioration, depuis quelques années, de leur milieu de vie en terme de baisse de la température de l'eau. Différentes hypothèses reliant les processus biologiques aux mécanismes hydrologiques et physiques peuvent expliquer la condition à la baisse des larves (ex: "match-mismatch"); ces hypothèses pourraient s'appliquer aux morues adultes dans un contexte où ces dernières ne retrouvent plus les conditions "normales" de leur habitat.

Le maintien de la condition des morues du Saguenay est en grande partie dû au fait qu'elles continuent de s'alimenter en toutes saisons, comme le démontre surtout la

présence de nourriture dans les estomacs des poissons échantillonnés en hiver. Il n'y a donc pas d'interruption de l'alimentation durant la reproduction, comme c'est le cas pour les morues du Golfe. Chez ces dernières, l'augmentation du contenu en eau et la diminution équivalente du contenu énergétique du muscle indiquent qu'elles vont puiser dans les réserves de protéines musculaires pour assurer leur survie et accomplir le développement de leurs gonades.

La condition des morues du Saguenay s'explique ainsi par l'opportunité qu'elles ont d'évoluer dans un milieu aux conditions stables.

Cette étude a permis de développer un peu plus les connaissances peu nombreuses sur les morues du Saguenay. L'évaluation de la condition grâce à l'analyse des contenus en eau et en énergie des tissus nous en apprend un peu plus sur le cycle de vie de ce poisson. Cependant, loin d'être exhaustive, pour cause d'échantillons insuffisants en été, cette étude de la condition et de la reproduction des morues du Saguenay pourrait être étendue à d'autres sites d'échantillonnage et prolongée sur une ou deux saisons intermédiaires entre l'été et l'hiver. On pourrait ainsi obtenir le portrait global de l'évolution des paramètres de

condition et de reproduction de cette population et les comparer plus efficacement avec les paramètres de la population du Golfe, et ce, sur une échelle de temps plus appropriée.

En fin de compte, l'étude démontre que des morues en état de se reproduire, se retrouvent dans le fjord du Saguenay en hiver. D'autres études seraient nécessaires afin de vérifier le succès de cette reproduction et la survie des oeufs et des larves en fonction des conditions environnementales. Un échantillonnage systématique du Saguenay serait essentiel dans le but de documenter les sites et les comportements des morues en période de reproduction ainsi que la distribution des oeufs et des larves dans cet écosystème unique.

RÉFÉRENCES

- Arndt, S., T.J. Benfey et R.A. Cunjak. 1996. Effect of temporary reductions in feeding on protein-synthesis and energy-storage of juvenile Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology*. 49 (2):257-276.
- Bolger, T. et P.L. Connolly. 1989. The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *Journal of Fish Biology*. 34:171-182.
- Chassé, R. et R. Côté. 1991. Aspects of winter primary production in the upstream section of Saguenay Fjord. *Hydrobiologia*. 215:251-260.
- Cloutier, S. et R. Côté. 1985. Études expérimentales sur la sensibilité du phytoplancton d'eau douce aux variations de salinité dans le fjord du Saguenay (Estuaire du Saint-Laurent), Canada. *Int. Revue Ges Hydrobiol*. 70 (2):187-201.
- Cone, R.S. 1989. The need to reconsider the use of condition indices in fishery science. *Transactions of the American Fisheries Society*. 118:510-514.
- Conover, R.J., S. Wilson, G.C.H. Harding et W.P. Vass. 1995. Climate, copepods and cod - some thoughts on the long-range prospects for a sustainable Northern cod fishery. *Climate Research*. 5 (1):69-82.
- Côté, R. 1977. Aspects dynamiques de la production primaire dans le Saguenay, fjord subarctique du Québec. Thèse de doctorat. Université Laval. Québec. 194p.
- Damberg, N. 1963. Extractives of fish muscle. 3. Amounts, sectional distribution, and variations of fat, water solubles, protein and moisture in cod(*Gadus morhua* L.) fillets. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 20 (4):909-918.
- Drainville, G. 1968. Le Fjord du Saguenay: 1. Contribution à l'océanographie. *Le Naturaliste Canadien*. 95 (4):809-855.

- Dutil, J.-D., J. Munro, C. Audet et M. Besner. 1992. Seasonal variation in the physiological response of Atlantic cod (*Gadus morhua*) to low salinity. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 49:1149-1156
- Dutil, J.-D., Y. Lambert, G.A. Chouinard, et A. Fréchet. 1995. Fish condition: what should we measure in cod (*Gadus morhua*)? Ministère des Pêches et Océans, Pêches de l'Atlantique. Document de recherche 95/11. 16p.
- Eliassen, J.E. et O. Vahl. 1982a. Seasonal variations in biochemical composition and energy content of liver, gonad and muscle of mature and immature cod, *Gadus morhua* (L.) from Balsfjorden, northern Norway. Journal of Fish Biology. 20:707-716.
- Eliassen, J.E. et O. Vahl. 1982b. Seasonal variations in the gonad size and the protein and water content of cod, *Gadus morhua* (L.), muscle from Northern Norway. Journal of Fish Biology. 20:527-533.
- Fechhelm, R.G., W.B. Griffiths, L.R. Martin et B.J. Gallaway. 1996. Intraannual and interannual variation in the relative condition and proximate body composition of Arctic ciscoes from the Prudhoe Bay region of Alaska. Transactions of the American Fisheries Society. 125 (4):600-612.
- Fortin, G.R. et M. Pelletier. 1995. Synthèse des connaissances sur les aspects physiques et chimiques de l'eau et des sédiments du Saguenay. Rapport technique, programme Saint-Laurent Vision 2000. Centre Saint-Laurent. Environnement Canada. 172p.
- Foster, A.R., D.F. Houlihan, et S.J. Hall. 1993. Effects of nutritional regime on correlates of growth rate in juvenile Atlantic cod *Gadus morhua*: comparison of morphological and biochemical measurements. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. 50:502-515.
- Gilbert, D. et B. Pettigrew. 1996. Variations de la couche froide intermédiaire du golfe du Saint-Laurent de 1948 à 1995. Le Naturaliste Canadien. Été 1996:69-70.

- Gorecki, A. 1975. Calorimetry in ecological studies. In Methods for ecological bioenergetics. IBP Handbook no. 24. Blackwell Scientific Publications. Oxford. p.275-289.
- Hardy, J.D. Jr., G.E. Drewry, R.A. Fritsche, G.D. Johnson, P.W. Jones et F.D. Martin. 1978. Development of fishes of the Mid-Atlantic Bight, an atlas of egg, larval and juvenile stages. U.S. Fish and Wildlife Service. FWS/OBS-78/12 (6 volumes). Washington. D.C. U.S.A
- Holdway, D.A. et F.W.H. Beamish. 1984. Specific growth rate and body composition of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 81:147-170.
- Hop, H., M. Graham, et V.L. Trudeau. 1996. Spawning energetics of Arctic cod (*Boreogadus saida*) in relation to seasonal development of the ovary and plasma sex steroid levels. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 52 (3):541-550.
- Houlihan, D.F., S.J. Hall, C. Gray, et B.S. Noble. 1988. Growth rates and protein turnover in Atlantic cod, *Gadus morhua*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. 45:951-964.
- Hutchings, J.A. et R.A. Myers. 1993. Effect of age on the seasonality of maturation and spawning of Atlantic cod, *Gadus morhua*, in the Northwest Atlantic. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. 50:2468-2474.
- Jobling, M. 1988. A review of the physiological and nutritional energetics of cod, *Gadus morhua* L., with particular reference to growth under farmed conditions. Aquaculture. 70:1-19.
- Jobling, M., R. Knudsen, P.S. Pedersen, et J. Dos Santos. 1991. Effects of dietary composition and energy content on the nutritional energetics of cod *Gadus morhua*. Aquaculture. 92:243-257.

- Kadri, S., D.F. Mitchell, N.B. Metcalfe, F.A. Huntingford, J.E. Thorpe. 1996. Differential patterns of Feeding and resource accumulation in maturing and immature Atlantic Salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*. 142 (3-4):245-257.
- Kjesbu, O.S. 1989. The spawning activity of cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Biology*. 34:195-206.
- Kjesbu, O.S., P.R. Witthames, P. Solemdal, M. Greer Walker. 1990. Ovulatory rhythm and a method to determine the stage of spawning in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 47:1185-1193.
- Kjesbu, O.S., J. Klungsøyr, H. Kryvi, P.R. Witthames et M. Greer Walker. 1991. Fecundity, atresia, and egg size of captive Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to proximate body composition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 48:2333-2343.
- Knust, R. 1996. Food ecology of North Sea dab (*Limanda limanda*).1. Seasonal changes in food uptake and condition in the German Bight and on Dogger Bank. *Archive of Fishery and Marine Research*. 44 (1-2):1-12.
- Kohler, A.C. 1964. Variations in the growth of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 21 (1):57-100.
- Lalancette, L.-M. 1984. Croissance, reproduction et régime alimentaire de la morue *Gadus morhua*, vivant dans le fjord du Saguenay, au Québec. *Canadian Field Naturalist*. 98 (3):305-314.
- Lambert, Y., J.-D. Dutil et Jean Munro. 1994. Effects of intermediate and low salinity conditions on growth rate and food conversion of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 51:1569-1576.
- Lambert, Y. et J.-D. Dutil. 1997a. Can simple condition indices be used to monitor and quantify seasonal changes in the energy reserves of cod (*Gadus morhua*)? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 54 (Suppl. 1): sous presse.

- Lambert, Y. et J.-D. Dutil. 1997b. Low energy reserves and poor condition of cod (*Gadus morhua*) during the collapse of the Northern Gulf of Saint-Lawrence stock. (Article en révision)
- Love, R.M. 1960. Water content of cod (*Gadus callarias* L.) muscle. *Nature*. 185:692.
- Love, R.M. 1970. The chemical biology of fishes. Academic Press. New-York. 547p.
- Mousseau, P. et A. Armellin. 1995. Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques du Saguenay. Rapport technique, programme Saint-Laurent Vision 2000. Centre Saint-Laurent. Environnement Canada. 222p.
- Nikolski, G.V. 1963. The ecology of fishes. Academic Press. New-York. U.S.A. 352p.
- Parr Instrument Company. 1966. Oxygen bomb calorimetry and combustion methods. Technical manual no. 130. Moline, Illinois. 56p.
- Pelletier, D., H. Guderley, J.-D. Dutil. 1993. Effects of growth rate, temperature, season and body size on glycolytic enzyme activities in the white muscle of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Journal of Experimental Zoology*. 265:477-487.
- Perry, R.I., N.B. Hargreaves, B.J. Waddell, D.L. Mackas. 1996. Spatial variations in feeding and condition of juvenile pink and chum salmon off Vancouver Island, British Columbia. *Fisheries Oceanography*. 5 (2):73-88.
- Ricker, W.E. 1973. Linear regressions in fishery research. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*. 30:409-434.
- Ricker, W.E. 1980. Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. Bulletin 191F. Ministère des Pêches et Océans. Gouvernement du Canada. 409p.
- Saborowski, R. et F. Buchholz. 1996. Annual changes in the nutritive state of North Sea dab. *Journal of Fish Biology*. 49 (2):173-194.

- Sherrer, B. 1984. Biostatistique. Gaetan Morin Éditeur. Boucherville. 850p.
- Snyder, D. F. 1976. Identification tools: what's available and what could be developped. Report of working group 2. J. Boreman (éd.). U.S. Fish and Wildlife Service. FWS/OBS-76/23. Ann Harbor. Michigan. U.S.A.
- Sprent, P., et G.R. Dolby. 1980. The geometric mean functional relationship. *Biometrics*. 36:547-550.
- Springer, T.A., B.R. Murphy, S. Gutreuter, R.O. Anderson, L.E. Miranda, et D.C. Jackson. 1990. Transactions of the American Fisheries Society. 119:1048-1058.
- Talbot, A. 1992. Description de la pêche sportive hivernale dans le Fjord du Saguenay et de ses effets potentiels sur la ressource. Rapport présenté à Environnement Canada, service des parcs. 134p.
- Templeman, W. 1966. Marine resources of Newfoundland. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada. 154. 170p.
- Templeman, W. 1981. Vertebral numbers in Atlantic cod, *Gadus morhua*, of the Newfoundland adjacent areas, 1947-71, and their use for delineating cod stocks. *Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science*. 2:21-45.
- Thérriault, J.-C. (éd.). 1991. Le golfe du Saint-Laurent: petit océan ou grand estuaire? Publication spéciale canadienne des sciences halieutiques et aquatiques no. 113. 359p.
- Valerio, P.F., S.V. Goddard, M.H. Kao, et G.L. Fletcher. 1992. Survival of northern Atlantic cod (*Gadus morhua*) eggs and larvae when exposed to ice and low temperature. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 49:2588-2595.
- Weatherley, A.H. et H.S. Gill. 1987. The biology of fish growth. Academic Press. London.