



S C C S

Secrétariat canadien de consultation scientifique

C S A S

Canadian Science Advisory Secretariat

Document de recherche 2003/065

Research Document 2003/065

Ne pas citer sans
autorisation des auteurs *

Not to be cited without
permission of the authors *

**L'état du stock de morue du Nord du
golfe du Saint-Laurent (3Pn, 4RS) en
2002.**

**The status of cod in the Northern Gulf
of St. Lawrence (3Pn, 4RS) in 2002.**

Alain Fréchet¹, Johanne Gauthier¹, Philippe Schwab¹,
Hugo Bourdages¹, Denis Chabot¹, Frank Collier², François Grégoire¹,
Yvan Lambert¹, Guy Moreault³, Louis Pageau³ et/and Jason Spingle⁴

¹Direction des poissons et mammifères marins / Marine Fish Mammals Branch
Ministère des Pêches et des Océans / Department of Fisheries and Oceans
Institut Maurice-Lamontagne / Maurice Lamontagne Institute
850, Route de la mer
Mont-Joli, (Québec) G5H 3Z4

²Association des Pêcheurs de la Basse Côte-Nord
C.P. 140 La Tabatière, (Québec) G0G 1T0

³Association des Capitaines Propriétaires de la Gaspésie
C.P. 9 Rivière-au-Renard, (Québec) G0E 2A0

⁴Fish, Food and Allied Workers Union
P.O. Box 291 Corner Brook, (Newfoundland and Labrador) A2H 6C9

* La présente série documente les bases scientifiques des évaluations des ressources halieutiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

* This series documents the scientific basis for the evaluation of fisheries resources in Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au Secrétariat.

Research documents are produced in the official language in which they are provided to the Secretariat.

Ce document est disponible sur l'Internet à:

This document is available on the Internet at:

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/>

ISSN 1499-3848 (imprimé)

© Sa majesté la Reine, Chef du Canada, 2003
© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2003

Canada

Résumé

Les prises commerciales du stock de morue du nord du golfe du Saint-Laurent (3Pn, 4RS) ont atteint un maximum de 106,000 tonnes alors que la biomasse mature du stock avait atteint un maximum de 462,000 tonnes en 1983. Par la suite, le stock a été réduit si bien que la biomasse mature affichait une valeur minimum pour la série de 21,000 tonnes en 1994. La pêche de ce stock a été sous moratoire de 1994 à 1996, permettant une reconstitution modeste de la biomasse mature qui était de 58,000 tonnes à la réouverture de la pêche commerciale en 1997. Depuis, cette pêche ne s'effectue que par des engins fixes (palangres, filets maillants et lignes à main). Malgré l'effort de pêche réduit, la biomasse mature stagne et est demeurée au même faible niveau qu'à la réouverture de la pêche en 1997.

Abstract

The commercial landings for this stock have reached a maximum of 106,000 tons while the stock had reached its maximum mature biomass of 462,000 tons in 1983. Afterwards, the stock was reduced to a minimum mature biomass of 21,000 tons in 1994. The stock was under moratorium from 1994 to 1996 which allowed for a modest improvement of the mature biomass which was at 58,000 tons at the reopening of the commercial fishery in 1997. Since 1997, the commercial fishery has been conducted by fixed gears only (longlines, gill nets and hand lines). Despite the low fishing effort, the mature biomass remains stable at the same low level as when the fishery was reopened in 1997.

Introduction et description de la pêche

Jusqu'en 1994, la pêche à la morue dans le nord du golfe du Saint-Laurent était caractérisée par une activité hivernale intense dominée par une centaine de chalutiers (Tableaux 1 à 3, Figure 1). Pour faire face à l'atteinte du plus bas niveau de biomasse mature observé en 1994, un moratoire a été instauré 1994 à 1996. Durant cette période, les débarquements, essentiellement constitués des prises accessoires d'autres pêches, étaient maintenus au plus bas niveau possible. La pêche a été réouverte en 1997 avec un Total Admissible de Captures (TAC) de 6,000 t. Le profil de la pêche a considérablement changé avec la réouverture puisque celle-ci ne se fait qu'avec des engins fixes (palangres, filets maillants et lignes à main). Ce modèle de pêche à la morue est unique dans l'est du Canada.

Le TAC de 2002 était de 7,000 t. Il a été fractionné en six allocations mensuelles (Tableau 4) afin de permettre à la pêche de suivre la migration du stock vers le nord (4R et 4S). La France (Saint Pierre et Miquelon) a eu une allocation de 2.6% du TAC (182 t) mais cette dernière ne s'est pas prévaluée de son droit de pêche. Enfin, les pêches sentinelles ont eu une allocation de 400 t dont seulement 234 t ont été prises.

Ce document présente donc l'état du stock de morue de 3Pn, 4RS en 2002 à la lumière des différentes sources d'information qui étaient disponibles.

Matériel et méthodes

Données de la pêche récréative

Un programme pilote pour la pêche récréative a été mis en place en 2001 (Fréchet *et al.*, 2002). Au moment de l'évaluation de l'an dernier, les données officielles concernant la pêche n'étaient pas disponibles. Nous avons estimé que les débarquements pouvaient être de l'ordre de 886 t. Les données officielles de 2001 et 2002 sont maintenant disponibles (253 t et 34 t respectivement). En conséquence, nous avons inclus ces nouvelles données dans la présente évaluation.

Introduction and description of the fishery

Prior to the moratorium that started in 1994; the fishery was characterized by an intensive winter fishery dominated by close to a hundred otter trawlers (Tables 1 to 3, Figure 1). The moratorium was in effect from 1994 to 1996, landings were kept at the lowest level possible, essentially by-catch from other fisheries. The fishery was reopened in 1997 with a limited Total Allowable Catch (TAC) of 6,000 t. The profile of the fishery has considerably changed since the reopening. The fishery is the only cod fishery in eastern Canada conducted exclusively by fixed gear, longlines, gillnets and handlines.

The TAC for 2002 was 7,000 t. It was split into six monthly allocations (Table 4) in order to allow the fishery to follow the fish as they migrate to the Northern part of the stock area (4R and 4S). France (St. Pierre and Miquelon) has an allocation of 2.6% of the TAC (182 t) but did not take advantage of their right to fish. Finally the sentinel catch was 234 t out of an allocation of 400 t.

This document thus presents the stock status for 3Pn, 4RS cod in 2002, based on the information available at the time.

Material and methods

Recreational fishery data

A recreational fishery pilot program was set up in 2001 (Fréchet *et al.*, 2002). At the time of last year assessment, the official data concerning fishing were not available. We had estimated that the landings could be of the extent of 886 t. Now, official data for 2001 and 2002 are available (253 t and 34 t respectively). Thus, these new data are included in the current assessment.

Données de la pêche commerciale

La pêche commerciale débute généralement en mai et se poursuit jusqu'en octobre, tout en étant assujettie à des allocations mensuelles. L'effort de pêche pour chaque voyage est limité à l'usage de 6 filets maillants et 2,000 hameçons pour la palangre dans 3Pn et 4R. L'effort de pêche permis au filet maillant pour 4S est de 20 filets. En 2002, environ 1,000 pêcheurs commerciaux étaient actifs dans 3Pn et 4R et environ 300 dans la zone 4S.

Les échantillonneurs à quai effectuent des collectes régulières de fréquences de longueurs et d'otolithes afin de permettre le calcul de la capture à l'âge. Les poids à quai ont été convertis en nombre de poissons en utilisant une relation poids longueur basée sur les captures de morues lors du relevé du MPO de 2002.

$$\text{Log(Kg)} = -5.185 * 3.091(\log(\text{cm}))$$

Les données de captures à l'âge, poids moyens à l'âge, longueurs moyennes à l'âge et proportion mature à l'âge sont disponibles depuis 1974 (Tableaux 5 à 9, Figure 2).

De 1983 à 1993 la maturité de la morue de 3Pn, 4RS était évaluée annuellement lors de la mission de janvier du MPO sur le *Gadus Atlantica*. En 1995, ce relevé a été abandonné parce que le relevé ne couvrait qu'une proportion du stock à ce temps de l'année. L'évaluation du stock s'est poursuivie par le relevé du NGCC ALFRED NEEDLER qui se tient en août depuis 1990. Puisque ce mois n'est pas propice à l'évaluation de la maturité chez la morue, cette évaluation s'est donc poursuivie de façon opportuniste, sur un relevé du *Gadus Atlantica* en mai 1994 et sur un relevé du *Téléost* en mai 1998. En 2002, la maturité a pu être évaluée lors d'un relevé sentinelle effectué dans 3Pn, 4R au début de mai (Figure 3). Les gonades de 478 femelles échantillonnées à 12 stations, ont été inspectées visuellement et catégorisées selon les critères de maturité adaptés de Smith et Somerton, 1981 et Morrison, 1990. Les poissons ont été classés en catégories; immature, en maturation, en frai, et post-frai. La maturation est estimée par année.

Commercial fishing data

The commercial fishery generally starts in May and proceeds through monthly allocations until October. Individual trip fishing effort is limited to 6 gillnets and 2,000 hooks for the longline in 4R and 3Pn. The gillnet effort in 4S is limited to 20 nets per trip. There was an estimated 1,000 fishermen that participated in the 4R and 3Pn fishery and about 300 for 4S in 2002.

Port samplers conduct regular samplings of length frequencies and otoliths in order to calculate a fleet wide catches at age. Landed weight was converted to number of fish using a length weight relationship based on cod caught during the 2002 DFO survey.

$$\text{Log(Kg)} = -5.185 * 3.091(\log(\text{cm}))$$

Data concerning the catch at age, mean weight at age, mean length at age and proportion mature at age are available since 1974 (Tables 5 to 9, Figure 2).

From 1983 to 1993, 3Pn, 4RS cod maturity was assessed annually on the *Gadus Atlantica* during the January DFO survey. In 1995, this survey was abandoned because of inadequate coverage of the stock in winter. Stock assessment was pursued in August with the CCGS ALFRED NEEDLER survey carried out since 1990. Since maturity assessment of the cod is not adequate in August, the maturity was evaluated on an opportunistic basis, on the *Gadus Atlantica* in May 1994 and on the *Teleost* in May 1998. In 2002, The maturity was assessed during a May sentinel Survey in 3Pn, 4R (Figure 3). Gonads of 478 females sampled at 12 stations were visually inspected and classified according to maturity criteria adapted from Smith and Somerton, 1981 and Morrison, 1990. Fish were classified as immature, maturing, spawning and post spawning. Maturity is estimated per year.

Une ogive de maturité est construite avec les données de maturité et de longueur. L'estimation de la maturité à la longueur plutôt qu'à l'âge permet d'évaluer un plus grand nombre de poissons. Les données sont modélisées par l'équation d'une courbe logistique :

$$P = e^{(a+bx)} / (1 + e^{(a+bx)})$$

qui est utilisée pour définir la proportion mature (p) à la longueur (x). Les variables (a et b) des équations logistiques annuelles se trouvent au tableau 9. Dans les années antérieures, l'ogive de maturité à la longueur était convertie en proportion d'individus matures à l'âge en utilisant les longueurs moyennes à l'âge (x) provenant de la pêche commerciale. Cette approche a entraîné une surestimation de la longueur moyenne à l'âge des jeunes classes d'âge (3 et 4 ans) et donc des proportions matures à l'âge. Cette surestimation est principalement attribuable à la limite de la taille commerciale de 42 cm et à la sélectivité des engins commerciaux. De plus, pour les années où il n'existait pas de données de maturité, les équations logistiques des années antérieures étaient utilisées avec les longueurs commerciales de l'année de l'évaluation.

A l'évaluation de 2003, une nouvelle démarche a été utilisée qui reflètera plus fidèlement la proportion d'individus matures dans le stock. Il s'agit d'utiliser les données de longueur, de maturité et d'âge qui proviennent des relevés ayant servi à évaluer la maturité. De plus pour combler les données pour les années où il n'y a pas eu d'évaluation de la maturité, une interpolation a été faite entre deux années pour lesquelles il existait des données.

La longueur moyenne à l'âge sert à calculer la production individuelle d'œufs selon la relation (Dutil *et. al.*, 2003):

$$\text{Œufs} = 7.052E^6 * (L(\text{cm}) * 10)^{3.964}$$

La production d'œufs du stock est calculée en multipliant les productions individuelles par les effectifs matures.

Pêches sentinelles par engins fixes

Le programme des pêches sentinelles par engins fixes est en vigueur depuis l'automne 1994 (Tableau 10). L'objectif principal est de

A maturity ogive is constructed with the length and maturity data. This enables us to evaluate more fish at length than at age. The data are modeled with a logistic curve equation:

$$P = e^{(a+bx)} / (1 + e^{(a+bx)})$$

which is used to evaluate the proportion (p) of mature fish at length (x). The variables (a and b) for the annual logistic equation can be found in Table 9. In previous cod assessments, the maturity ogive was converted to mature proportion at age using mean length at age (x) from the commercial data. This approach has led to overestimation of the mean length at age of the young year-classes (3 and 4 years), and thus of mature proportion at age. This overestimation is mainly related to the 42 cm limit for commercial size and to the selectivity of commercial gears. Moreover, for years where no maturity were available, logistic curve from the last maturity were used with the mean length at age from commercial of the assessment year to derive mature proportion.

At the 2003 assessment, a new calculation was used which will reflect more accurately the proportion of mature individuals in the stock. We have used the length, maturity and age of cod assessed for maturity in annual surveys. Moreover, we have interpolated the mature proportion at age between years where maturity was assessed to fill in for years where maturity was not assessed.

The mean length at age is used to calculate egg production according to the following equation (Dutil *et. al.*, 2003):

$$\text{Eggs} = 7.052E^6 * (L(\text{cm}) * 10)^{3.964}$$

The egg production of the stock is calculated using individual egg production and multiplying by mature population numbers.

Fixed gear sentinel fisheries

The fixed gear sentinel fisheries have been active since the fall of 1994 (Table 10). The main objective is to derive abundance indices

produire des indices d'abondance pour la zone côtière. Le protocole de ces pêches implique trois sorties par semaine à des sites ciblés et durant les mêmes périodes d'une année à l'autre. La pêche se fait avec deux types d'engins, le filet maillant et la palangre. Pour la palangre deux types d'hameçons sont utilisés soit l'hameçon traditionnel en J #16 et l'hameçon circulaire #12. Nous avons déterminé par une étude de sélectivité que ces deux types d'hameçons ont la même sélectivité i.e. qu'ils capturent la même gamme de taille de poissons. Cependant l'hameçon circulaire démontre une capturabilité plus élevée.

En 2002, les pêches sentinelles par engins fixes au Québec se sont déroulées à 17 sites le long de la Côte Nord entre Sept-Îles et Lourdes-de-Blanc-Sablon (zone OPANO 4S) (Figure 4). Les activités de pêches se sont déroulées de la mi-juin à la mi-septembre. La côte Ouest de Terre-Neuve entre Codroy et Quirpon (zone OPANO 4R) ainsi que la côte Sud-Ouest entre Grand Bruit et Port aux Basques (zone OPANO 3Pn) étaient également couvertes par des activités de mai à octobre dans 4R et durant toute l'année dans 3Pn. À Terre-Neuve, cette pêche s'effectuait à 28 sites (Figure 4). En 2002, 562 activités ont été effectuées dans 4S et 1022 dans 3Pn, 4R. Des activités réussies, 602 proviennent de la pêche à la palangre et 959 de celle aux filets maillants.

Les activités des pêches sentinelles fixes fournissent deux indices d'abondance. Le premier est dérivé des activités à la palangre (hameçons J et circulaires combinés) et le second provient des activités aux filets maillants (annexes « A » et « B »).

Les données des pêches sentinelles par engins fixes ont été intégrées à l'analyse séquentielle de population (ASP) en 1999 alors que les séries temporelles ont été jugées suffisamment longues pour être utilisées comme indices d'abondance. Pour les évaluations de 1999 et de 2000 les données ont été standardisées en utilisant un modèle multiplicatif. À l'évaluation de 2001, l'utilisation du modèle n'a pas été retenue parce que ce dernier ne tient pas compte du poids de chacune des zones. En effet, les 46 sites de pêche sont regroupés en 6 zones (Figure 4) et le modèle multiplicatif accorde le même poids à chacune bien que les CPUE y soient très

for the coastal zone. The protocol for these fisheries involves three trips per week at traditional fishing sites and dates. Fishing is conducted with the use of two traditional fishing gears, gillnets and longline. Two types of hooks are used with the longline, the traditional J #16 and the circular #12. We conducted a study to compare the selectivity of both hook types, it concluded that the selectivity is similar for both types of hooks. However the circular #12 hook has a higher catchability.

In 2002, the fixed gear sentinel activities occurred at 17 sites along the North shore between Sept-Iles and Lourdes-de-Blanc-Sablon (NAFO fishing area 4S) (Figure 4). The fishing activities spanned from mid-June to mid-September. The west coast of Newfoundland between Codroy and Quirpon (NAFO fishing area 4R) as well as the southwestern coast (NAFO fishing area 3Pn) were also covered by sentinel activities from May till October in 4R and all year round in 3Pn. In Newfoundland, this fishery occurred at 28 sites (Figure 4). In 2002 the sentinel fishery had 562 activities in 4S and 1022 in 3Pn and 4R. There were 602 successful activities with longline and 959 using gillnets.

Sentinel fixed-gear fisheries provide two abundance indices. The first index is derived from longline fisheries (traditional J and circular hooks combined), and the second is calculated from the gillnet activities (Annex "A" and "B").

Data from the fixed gear sentinel were used in the sequential population analysis (SPA) in 1999 given that the time series were considered long enough to be used as indices of abundance. For the 1999 and 2000 assessments, the data were standardized using a multiplicative model. For the 2001 assessment, the standardization was not used because it does not consider the weight of each zone. The 46 sites are grouped into 6 zones (Figure 4) and the multiplicative model gives equal weight to each zone while the catch rates are different. Zone 3, 4 and 5 (especially zone 3) did show increases in catch rates in 2001 while catches in those zones

différentes. Comme les régions 3, 4 et 5 (principalement 3) montraient des augmentations de CPUE en 2001 bien que les captures dans ces zones soient faibles par rapport aux zones 1 et 2, qui ne démontraient pas d'augmentation, L'utilisation du modèle multiplicatif, sans possibilité de pondération, aurait gonflé artificiellement les CPUEs standardisées entre 2000 et 2001.

Après une analyse plus approfondie du modèle multiplicatif, nous avons jugé que malgré ses limites il nous fournissait la meilleure méthode pour dériver un indice d'abondance. Les CPUE ont donc été analysées en utilisant le modèle multiplicatif (Gavaris, 1980) pour l'évaluation de 2002. Les CPUE standardisées fournissent un indice d'abondance qui reflètent les variations annuelles dans l'abondance de la morue de 1995 à 2002.

$$\ln CPUE_{ijkl} = \ln u + \ln A_i + \ln Z_j + \ln M_k + \text{interaction} + \varepsilon_{ijkl}$$

où $CPUE_{ijkl}$ = CPUE de la $i^{\text{ère}}$ activité
 $\ln u$ = log CPUE moyen
 A_i = effet du i^{er} niveau du facteur année
 Z_j = effet du $j^{\text{ième}}$ niveau du facteur zone
 M_k = effet du $k^{\text{ième}}$ niveau du facteur mois
 E_l = effet $l^{\text{ième}}$ niveau du facteur engin
 ε_{ijkl} = résidu log-normalement distribué.

Pour l'indice d'abondance dérivé des activités à la palangre nous avons combiné les activités avec les deux types d'hameçons puisqu'ils ont la même sélectivité. Nous avons de plus utilisé un facteur d'engin dans le modèle multiplicatif qui représente le type d'hameçons utilisé pour tenir compte de la différence au niveau de la capturabilité des hameçons. Ce facteur est significatif.

Relevés de recherche

Tous les relevés par chalutage utilisent un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié basé sur la profondeur des strates (Figure 5).

Relevés de recherche du MPO

Le relevé du NGCC ALFRED NEEDLER, mené au mois d'août représente la plus longue série temporelle et a débuté en 1990 (Bourdages *et al.*, 2002). Les traits de pêche se font grâce à l'utilisation d'un chalut à crevette muni d'une doublure de 19mm dans le cul. Les traits sont

are small compared to zones 1 and 2, which did not show any increase. The use of a multiplicative model, without weighting, would have artificially increased the standardized catch rates between 2000 and 2001.

With a thorough analysis of the multiplicative model, and despite its limits, it was found to be more appropriate to use it to derive the indices of abundance. The catch rates were thus analyzed using the multiplicative model (Gavaris, 1980) for the 2002 assessment. The standardized catch rates provide indices of abundance which reflect variations in abundance of cod from 1995 to 2002.

$$\ln CPUE_{ijkl} = \ln u + \ln A_i + \ln Z_j + \ln M_k + \text{interaction} + \varepsilon_{ijkl}$$

where $CPUE_{ijkl}$ = CPUE of the i^{st} activity,
 $\ln u$ = log average CPUE
 A_i = effect of the i^{st} level of annual factor
 Z_j = effect of the j^{st} level of zone factor
 M_k = effect of the k^{st} level of month factor
 E_l = effect of the l^{st} level of gear factor
 ε_{ijkl} = log-normal residual

The longline index of abundance is derived using both hook types given that they have the same selectivity. We have added a gear factor to take into account the difference in catchability of the hooks. This factor is significant.

Research surveys

All mobile gear groundfish surveys follow a stratified random sampling scheme based on depth (Figure 5).

DFO research surveys

The CCGS ALFRED NEEDLER time series, conducted in August, is the longest since it began in 1990 (Bourdages *et al.*, 2002). The fishing tows are done using a shrimp net with a 19 mm liner in the cod end. Tows are of 24 minutes duration at a speed of 3 knots.

d'une durée de 24 minutes à une vitesse de 3 nœuds. La zone 3Pn et les eaux de 30 à 50 brasses n'ont pas été échantillonnées avant 1993.

Ce relevé n'a pas systématiquement échantillonné toutes les strates de façon continue depuis 1990. Afin que les indices soient comparables entre années (i.e. que la superficie pour laquelle les indices sont calculés soient la même), on a estimé la valeur des strates manquantes à l'aide d'un modèle multiplicatif. De plus, une estimation a été faite pour les strates ayant 1 ou 2 stations qui tient compte des valeurs obtenus du modèle multiplicatif et des captures des traits effectués dans ces strates.

En 1990, le navire et l'engin de pêche utilisés pour le relevé de poisson de fond d'août dans le nord du Golfe ont été changés. De 1984 à 1990, la mission était conduite sur le *Lady Hammond* et en utilisant un chalut Western IIA, maintenant un chalut URI 81/114 est utilisé à bord du *NGCC ALFRED NEEDLER*. Une pêche comparative a été conduite lors de la relevé de 1990 afin d'estimer l'efficacité relative de pêche entre les deux navires et engins. L'efficacité relative entre les deux navires et engins est estimée pour chaque intervalle de longueur de 3 cm entre 10 cm et 73 cm en utilisant un modèle linéaire généralisé assumant une distribution Poisson pour l'erreur avec un paramètre pour la variation extra-Poissonienne, tel que développé par Swain (non publié).

Avec cette efficacité relative, les fréquences de longueur du *Lady Hammond* sont converties afin de les rendre comparables à celles du *Alfred* et ainsi des nombres et des poids par traits peuvent être estimés. Des indices de PUE pour la série fusionnée de 1984 à 2002 sont estimés. Étant donné que la couverture spatiale des deux relevés n'est pas la même, le *NGCC ALFRED NEEDLER* couvrant des strates additionnelles moins profondes, les strates communes aux deux relevés ont été sélectionnées, soit les strates 801 à 824 et 827 à 832 (Figure 5), ce qui correspond à des strates de profondeur de plus de 50 brasses situées dans les zones de l'OPANO 4R et 4S.

Subdivision 3Pn and waters between 30 and 50 fathoms were not sampled before 1993.

This survey has not systematically sampled all strata in a continuous fashion since 1990. In order to allow the indices to be comparable between years (i.e. to make the area for which they are calculated the same), we estimated the values of missing strata using a multiplicative model. Furthermore, strata with 1 or 2 stations only were adjusted taking into account the values obtained by the multiplicative model and the actual tows done in these strata.

In 1990, the vessel and gear used for the August groundfish survey in the Northern Gulf were changed. From 1984 to 1990, the survey was conducted on the *Lady Hammond* with a Western IIA trawl, now it is a URI 81/114 trawl that is being used aboard the *CCGS ALFRED NEEDLER*. A comparative study was conducted during the 1990 survey in order to assess the relative efficiency of both vessels and gears. The relative efficiency between both gears and vessels is estimated for each 3 cm interval between 10 and 73 cm through the use of a general linear model assuming a poisson distribution of error with an extra parameter for extra poisson distribution as developed by Swain (unpublished data).

Based on this relative efficiency, length frequencies from the *Lady Hammond* were converted to *CCGS ALFRED NEEDLER* units and catch numbers and catch weights were derived. An index of the catch rate for the amalgamated time series from 1984 to 2002 were estimated. Given that the spatial coverage of both surveys are not identical, the *CCGS ALFRED NEEDLER* covering extra shallow strata, common strata of both surveys were selected. These are strata number 801 to 824 and 827 to 832 (Figure 5), which correspond to depths of more than 50 fathoms in NAFO divisions 4R and 4S.

Relevés des pêches sentinelles par engins mobiles

Mobile gear sentinel surveys

Les relevés sentinelles par chalutage sont effectués par 9 chalutiers simultanément en juillet et octobre depuis 1995 (Tableau 10). Les traits sont d'une durée de 30 minutes à une vitesse de 2.5 nœuds avec un chalut "Rock Hopper 300" muni d'une doublure de 40 mm dans le cul. Bien que ces neuf chalutiers utilisent le même type de chalut, nous avons mesuré une variation de 25% dans la distance entre les ailes lors des activités de chalutage (Fréchet, 1996). Afin de réduire cette variabilité, un câble de rétention a été ajusté à chaque bateau (Fréchet, 1997) et la variation a été réduite de 25 à 6%.

The mobile gear sentinel surveys were done in synchrony by nine otter trawlers in July and October since 1995 (Table 10). Tows are done for 30 minutes at a towing speed of 2.5 knots using a rock-hopper 300 and a 40mm liner in the cod end. Despite the fact that these nine boats use the same type of trawl, we have measured a 25% variability in wing spread (Fréchet, 1996). In order to reduce this variability, a restrictor cable has been adjusted to each boat (Fréchet, 1997), and the variation has been reduced from 25 to 6%.

Condition

Condition

L'évaluation de la condition de la morue fait partie d'un programme de monitoring qui vise à déterminer l'état de santé général du stock du nord du Golfe. Quatre indices ont été retenus pour évaluer la condition de la morue (Dutil *et al.* 1995). L'indice somatique de Fulton:

The condition of cod is part of a monitoring program, which aims at evaluating the general health status of the Northern Gulf cod stock. Four indices have been considered to assess cod condition (Dutil *et al.* 1995). Fulton's somatic index:

$$K_{som} = 100 \times \text{poids somatique (g)} / L^3 \text{ (cm)}$$

$$K_{som} = 100 \times \text{somatic weight (g)} / L^3 \text{ (cm)}$$

l'indice hépato-somatique:

the hepato-somatic index:

$$HSI = (\text{poids foie (g)} / \text{poids somatique (g)}) \times 100$$

$$HSI = (\text{liver weight (g)} / \text{somatic weight (g)}) \times 100$$

le contenu en eau du foie (% d'eau) et finalement le pourcentage d'eau dans les muscles.

the percentage of water in the liver, and finally the percentage of water in the muscles.

Ces quatre indices sont évalués en août lors de la mission scientifique du *NGCC ALFRED NEEDLER* (Figure 6)

These four indices are assessed in August during the scientific survey conducted aboard the *CCGS ALFRED NEEDLER* (Figure 6).

Les indices de Fulton et hépato-somatique sont également évalués sur toute l'année dans le cadre des pêches sentinelles par engins fixes (Figure 7).

Cod are also sampled year round with the fixed gear sentinel program to assess the annual cycle of Fulton and hepato-somatic indices (Figure 7).

En 2002, la condition (Ksom et HSI) de la morue a également été évaluée lors de quatre relevés mobiles sentinelles effectués dans les mois de janvier, mars, mai et octobre.

In 2002, the cod condition (Ksom and HIS indices) was also assessed during four mobile sentinel surveys in January, March, May and October.

Tous les indices de condition sont calculés chez des morues de 30 à 55 cm. Cette approche est prise puisqu'il est connu que l'indice de Fulton varie avec la longueur. Il est

All condition indices are derived from cod between 30 and 55 cm. This approach is taken because it is known that Fulton's index varies with length. Hence, it is necessary to use a

donc nécessaire de choisir une gamme de longueurs ou K est relativement stable pour évaluer des changements interannuels de la condition.

Alimentation

Le régime alimentaire et le niveau de remplissage stomacal ont été étudiés en examinant des estomacs de morue. Un sous-échantillon des morues capturées a été sélectionné : 3 morues par classe de 3 cm par trait, de 1993 à 2002, lors de la mission annuelle du *NGCC ALFRED NEEDLER*, 10 morues par classe de 3 cm par navire (bien que certains navires n'aient pu participer avant 1997), deux missions par année de 1995 à 1999, lors des missions des Pêches Sentinelles par engins mobiles (chalut), et 1 morue par classe de 1 cm, pour un sous-échantillon des pêcheurs sentinelles à engins fixes (palangre et filet maillant) et des dates de levées, de 1995 à 1998.

Les poissons choisis étaient mesurés à bord (longueur à la fourche, ± 0.5 cm) avant que les estomacs ne soient prélevés et congelés (-40 °C). Les estomacs étaient examinés au laboratoire après dégel. Le contenu stomacal (sans le mucus) était extrait, pesé, puis séparé selon les catégories de proies présentes et leur degré de digestion. Les proies étaient identifiées au plus haut niveau taxonomique possible, comptées (sauf les plus petites proies) et pesées après avoir épongé le surplus de liquide (± 0.001 g). Les estomacs vides (moins de 8% des estomacs examinés) sont inclus dans les analyses. Un indice de remplissage partiel était calculé pour chaque proie de l'estomac :

$$\text{Indice de Remplissage Partiel} = 10\,000 \cdot C \cdot L^{-3}$$

où C est la contribution de la proie, en g, à la masse du contenu stomacal, et L la longueur de la morue en cm. En additionnant les indices partiels pour toutes les proies de l'estomac (ou en utilisant la masse totale du contenu stomacal dans l'équation ci-dessus), l'indice de remplissage total est obtenu. Les indices de remplissage (total et partiel) corrigent pour le fait que les plus gros poissons ont des estomacs proportionnellement plus gros, et permettent de comparer le niveau de remplissage de poissons ayant des tailles différentes. De plus, l'indice de remplissage

range of lengths over which K is relatively stable to assess inter annual variations in condition.

Feeding

Cod stomachs have been examined for a subsample of cod caught during the annual *CCGS ALFRED NEEDLER* survey (3 cod per 3 cm length-class per tow, 1993-2002), the Sentinel Fishery mobile gear (trawl) surveys (10 cod per 3-cm length-class per boat for 1995-1999, though not all boats were able to participate until 1997) and the Sentinel Fishery fixed gear (longline and gillnet) surveys (1 cod per 1-cm length-class from selected fishermen and selected dates, 1995-1998). Fish showing signs of regurgitation were not used.

The selected cod were measured (fork length ± 0.5 cm) before stomachs were excised and frozen (-40 °C) until dissected in the laboratory. After thawing, mucus was removed and total stomach contents were weighed. The contents were then identified to the lowest practical taxonomic level, counted (except some small prey types), and all remains within a taxonomic group weighed (blotted wet weight ± 0.001 g). Empty stomachs, which accounted for less than 8 % of stomachs sampled, were included in the analyses. In addition to prey mass, a partial fullness index was computed for each prey:

$$\text{Partial Fullness Index} = 10000 \cdot C \cdot FL^{-3}$$

where C is the mass of the prey in g, and FL the length of cod in cm. Summing for all prey in a stomach (or using the total mass of the stomach content) gives the Total Fullness Index. The total and partial fullness indices compensate for the fact that large fish have proportionally large stomachs, and make it possible to compare stomach fullness in fish of different sizes. Furthermore, the contribution of each prey to the stomach content becomes independent of the presence or absence of other prey in the stomach, unlike the % mass of prey items.

partiel pour un type de proie n'est pas influencé par la présence ou l'absence d'autres proies dans l'estomac, contrairement au % du contenu stomacal en masse.

Mortalité naturelle

La formulation finale d'ADAPT a été utilisée pour estimer des taux de mortalité naturelle (M). Pour éviter le calcul d'un trop grand nombre de paramètres, M a été estimé à différentes reprises pour des blocs de 5 années comprenant les groupes d'âges 2 à 13 ans. Pour chacune des estimations, les résultats obtenus ont été comparés à l'année médiane associée à chacun des blocs. Les nombres à l'âge 3+ provenant de ces calculs ont aussi été comparés à ceux de la formulation finale d'ADAPT.

Résultats

Débarquements

Malgré une révision à la baisse des pêches récréatives, les débarquements totaux de 2001 ont excédé le TAC de 150 t (Tableau 1). Ceci s'explique par le fait que les prises de la pêche récréative n'avaient pas été comptabilisées initialement dans le TAC.

Le type d'engin de pêche varie considérablement selon la zone de pêche. La palangre domine dans la zone 3Pn alors que pour la zone 4R il s'agit d'un mélange entre la palangre et le filet maillant. Enfin dans la zone 4S, l'engin dominant est le filet maillant (Tableau 2)

De 1999 à 2001, les individus de la cohorte de 1993, sont dominants dans les captures (Tableau 5). Le tableau 6 a été utilisé pour effectuer des analyses de sensibilité en réponse à l'atelier du mélange des stocks (Chouinard, 2000). Cette capture à l'âge inclut 75% des captures de 3Psa et 3Psd de novembre à avril depuis 1986.

En 2002, les morues de la classe d'âge de 1993 avaient un poids moyen de 2.37 kg (Tableau 7) et une taille moyenne de 62 cm (Tableau 8). La capture à l'âge de 2002 est dominée par des individus de 6 à 8 ans.

Natural mortality

The final ADAPT formulation was used to estimate the natural mortality rate (M). In order to reduce the number of parameters, various estimates of M were done using five-year blocs of fish of ages 2 to 13. For each estimation, the results were compared to the median estimate for each bloc. Population estimates for age 3 from those calculations were also compared to those from ADAPT.

Results

Landings

Despite a downward revision of landings from the recreational fishery, the total landings for 2001 have exceeded the TAC by 150 t (Table 1). This is due to the fact that the recreational fishery catches were not accounted for initially in the TAC.

The gear type varies considerably according to the area fished. Longline dominates in 3Pn while there is a split between gillnets and longline in 4R. Finally, gillnets dominate in 4S (Table 2).

From 1999 to 2001, individuals from the 1993 year class dominated in the catches (Table 5). Table 6 was used in sensitivity analysis as a follow up to the cod mixing workshop (Chouinard, 2000). This catch at age includes 75% of catches from 3Psa and 3Psd from November to April since 1986.

In 2002, the 1993 year class had an average weight of 2.18 kg (Table 7) and an average length of 63 cm (Table 8). Individuals from 6 to 8 year old dominate the 2002 catch at age.

La pêche de 2002 a été réalisée par les engins fixes: palangres, filets maillants et lignes à main (Tableaux 2 et 3). Ces engins ont la capacité de capturer de gros individus (Figure 8). Ainsi, on note que les débarquements de 2002 sont, en proportion, constitués des poissons les plus âgés depuis 1974 (Figure 2). Les allocations de pêche sont fractionnées en six allocations mensuelles (Tableau 4) qui permettent d'étaler les captures à la fois dans le temps et l'espace, compte tenu des grandes migrations de ce stock.

Condition

De 1995 à 2002, l'état de santé général de la morue de 3Pn, 4RS a été suivi en évaluant quatre indices de condition (Figure 6) lors de la mission scientifique du *NGCC ALFRED NEEDLER*. Ces quatre indices incluent l'indice somatique de Fulton (Ksom) qui fournit un bilan de santé ponctuel; l'indice hépato-somatique qui mesure les réserves énergétiques en lipides; le contenu en eau du foie qui informe sur les réserves lipidiques et finalement le pourcentage d'eau dans les muscles qui reflète le niveau des réserves protéiques. Ces quatre indices ont fait l'objet d'études sur des morues en laboratoire mettant en évidence des intervalles pour lesquelles la condition est jugée mauvaise, bonne ou excellente. Depuis les 8 dernières années ces quatre indices mesurés en août indiquent que la condition de la morue de 3Pn, 4RS est bonne avec une légère augmentation pour 2002 (Figure 6).

La condition de la morue est également évaluée sur toute l'année dans le cadre du programme des pêches sentinelles à engin fixes. En 2001 et 2002 un échantillonnage plus intensif nous a permis de mieux mesurer le cycle annuel des variations saisonnières de la condition (Figure 7). On observe des variations saisonnières importantes avec un niveau maximal de réserves énergétiques à l'automne et un minimum au printemps après le frai. Les réserves énergétiques accumulées à l'automne sont critiques et doivent être suffisantes pour passer l'hiver et survivre à la reproduction au début du printemps.

Depuis les 8 dernières années l'indice de Fulton est calculé avec le poids somatique des morues. Cet indice somatique est plus précis puisqu'il est indépendant du poids du contenu de l'estomac et du poids des gonades qui

Fixed gears again dominated the 2002 fishery; longlines, gill nets and hand lines (Table 2 and 3). These gears have the capacity of catching large individuals (Figure 8). We thus note that for 2002, the landings were proportionally speaking, the largest fish caught since 1974 (Figure 2).

The fishing allocations are split into six monthly allocations (Table 4). This allows a spreading of catches in both time and space, given the large migrations of this stock.

Condition

From 1995 to 2002, the general health status of the cod 3Pn, 4RS cod stock was assessed by the follow up of four indices during the DFO research survey (Figure 6). These four indices include the Fulton's somatic index (Ksom) which provides a current health status; the hepato-somatic index which measures the lipid energy reserves; the percentage of water in the liver which indicates lipid reserves and finally the percentage of water in the muscles which reflects protein reserves. These four indices have been studied on cod in laboratory experiments allowing the establishment of ranges of condition including bad, good, and excellent. In the last eight years, these four indices assessed in August indicate that the cod condition is good with a slight increase in 2002 (Figure 6).

The cod condition is also assessed year round through the sentinel fixed gear program. An intensive monitoring in 2001 and 2002 allowed to better measure the annual cycle of the seasonal variations of condition (Figure 7). Important seasonal variations in condition are observed with maximum energetic reserves in the fall and a minimum in spring after spawning. The accumulated energy reserves in the fall are critical for cod and must be sufficient to pass the winter and survive the reproduction at the beginning of the spring.

During the last eight years, the Fulton index was computed using the somatic weight of the cods. This is more accurate because it is not influence by the weight of the stomach content and the weight of the gonads which can vary

peuvent varier considérablement dans le temps. Cependant, afin d'allonger notre perspective historique de la condition de la morue de 3Pn, 4RS de 1983 à 2002 nous avons utilisé des données de poids total pour générer un indice de Fulton total. Cet indice a été généré pour quatre relevés qui nous donnent des perspectives de la condition pour les mois de janvier (*Gadus Atlantica* de 1983 à 1994 et relevé sentinelle mobile en 2002), et d'août (*Lady Hammond* de 1987 à 1989 et *NGCC ALFRED NEEDLER* de 1990 à 2002) (Figure 9). Pour tenir compte de l'existence du cycle saisonnier dans la condition de la morue, les changements annuels dans la condition doivent être examinés en comparant des poissons qui ont été capturés à la même période chaque année.

Entre 1983 et 1989, la condition de la morue évaluée en janvier était bonne. Le niveau de condition a montré une augmentation marquée en 1988 et 1989. Par la suite, on a observé une diminution significative entre 1989 et 1994. Un relevé sentinelle effectué en janvier 2002 a montré que le niveau de condition était bon et comparable au niveau obtenu au début des années 80.

Le profil des variations de condition à partir de la série des données du mois d'août est moins informatif (Figure 9). On note un niveau de condition élevé en août 87 et 88 qui précède les conditions élevées de janvier. Cependant il n'y a pas de diminution de la condition par la suite comme le montre le profil de janvier. Il n'existerait donc pas de relation constante entre le niveau de condition observé en août et le niveau de condition observé quelques mois plus tard au début de l'hiver. Ceci renforce donc la nécessité de faire un suivi annuel du cycle de condition de la morue spécialement dans les périodes plus critiques.

Alimentation

La morue est un prédateur opportuniste, mangeant pratiquement tout ce qui est disponible dans son environnement, comme en font foi les plus de 200 types d'organismes différents répertoriés dans son alimentation entre 1993 et 2002 (D. Chabot, données non publiées). Son régime alimentaire est grandement influencé par sa taille (Figure 10). Ainsi les morues de moins de 20 cm mangent presque exclusivement des invertébrés, alors

considérablement over time. However, in order to have a longer view of the fluctuations of the condition we have used total Fulton index from 1983 to 2002 using total weight. The Fulton index was generated for four surveys which give us the cod condition perspective for January (*Gadus Atlantica* from 1983 to 1994 and Sentinel survey in 2002) and August (*Lady Hammond* from 1987 to 1989 and *CCGS ALFRED NEEDLER* from 1990 to 2002) (Figure 9). Since the cod condition varies greatly within a year it is very important to compare condition in the same month over time.

Between 1983 and 1989, the condition of cod (evaluated in January) was good with an important increase between 1988 and 1989. Then, a significant decline was observed between 1989 and 1994. A sentinel survey carried out in January 2002 revealed that condition level was good again and comparable with levels recorded in the middle of the 1980's.

The condition variation profile from the data collected in August is less informative (Figure 9). The condition level observed in August of 87 and 88 is high and is followed by the high levels in January of 88 and 89. However there is no decrease in the level of condition observed after. There would not be a constant relationship between the level of condition reached in August and the level observed a few months later in January. This reinforces the need to monitor the cod condition cycle, especially during critical period.

Feeding

Cod is an opportunistic feeder, consuming virtually all available preys in its environment as can be seen from the more than 200 prey types identified in its feeding from 1993 to 2002 (D. Chabot unpublished data). Its feeding regime is heavily influenced by its size (Figure 10). Cod less than 20 cm in length eat almost exclusively invertebrates whereas cod above 70 cm eat mostly fish. The proportion of fish in cod feeding increases progressively between

que celles de plus de 70 cm mangent surtout du poisson. La proportion de poisson dans l'alimentation de la morue augmente progressivement entre ces extrêmes. Même si le régime alimentaire change de façon assez graduelle avec la taille, les morues peuvent être regroupées en 4 classes de taille fonctionnelles (D. Chabot, analyses non publiées) : < 20 cm, 20-50 cm, 50-70 cm et > 70 cm.

Les principaux invertébrés consommés par la morue sont des amphipodes hyperidéens du genre *Themisto* (en grande partie *T. libellula*, une espèce arctique souvent abondante dans le Saint-Laurent depuis le début des années 1990), ainsi que des crevettes (surtout la crevette nordique, *Pandalus borealis*). Les crabes, incluant beaucoup de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*), constituent environ 6% de l'alimentation de la morue. La catégorie « autres invertébrés » est surtout constituée de mysidacés, d'euphausiacés et d'échinodermes.

Le capelan (*Mallotus villosus*) est de loin l'espèce de poisson la plus importante dans l'alimentation de la morue. Chez les morues de moins de 50 cm, le hareng et le lançon sont aussi des proies importantes, alors que chez les grandes morues les poissons plats (surtout la plie canadienne, *Hippoglossoides platessoides*, et la plie grise, *Glyptocephalus cynoglossus*) et les gadidés (surtout la morue, *i.e.* cannibalisme) sont les autres poissons les plus mangés. Cependant la catégorie « autres poissons » contient une longue liste d'espèces de poissons ingérés par la morue (sébaste, chaboisieux, limaces, etc.).

Le régime alimentaire de la morue est influencé par d'autres facteurs, notamment la saison, l'année, la profondeur et le type d'engin utilisé pour capturer la morue. Plusieurs de ces effets sont illustrés à la Figure 11 pour les morues de 20-50 cm, et à la Figure 12 pour les morues de 50-70 cm. Pour les années 1995 à 1998, quand des données sont disponibles pour deux types d'engins (fixes, panneau a, et mobiles, panneaux b-d), on remarque un niveau de remplissage stomacal élevé quand les morues sont capturées par engins fixes. De plus, les poissons constituent une plus grande proportion de l'alimentation chez les morues capturées par engins fixes.

these extremes with the length of cod. Even though the feeding habits change progressively with size, cod can be grouped into 4 functional size classes (D. Chabot unpublished analysis): <20 cm, 20-50 cm, 50-70 cm and > 70 cm.

The main invertebrates consumed by cod are hyperid amphipods of the *Themisto* genus (mostly *T. libellula*, an arctic species often seen in the St. Lawrence since the early 1990's, as well as shrimps, (mostly the Nordic shrimp, *Pandalus borealis*). For crabs, the main species is snow crab (*Chionoecetes opilio*), it constitutes about 6% of the cod feeding. The category "other invertebrates" is mostly represented by mysids, euphausiids and echinoderms.

Capelin, (*Mallotus villosus*) is by far the most important fish species for cod feeding. For cod less than 50 cm, herring and sand lance are also the main preys whereas for the larger cod, flatfish (mostly American plaice, *Hippoglossoides platessoides*, and grey sole, *Glyptocephalus cynoglossus*) and also gadoids (mostly cod, *i.e.* cannibalism) are the other fish mostly consumed. However, the category "other fish" contains a long list of fish consumed by cod (redfish, sculpins, sea snails, etc).

The feeding habits of cod are also influenced by other factors, notably season, year depth and fishing gear used to catch cod. Such effects are shown in Figure 11 for cod between 20 and 50 cm and in Figure 12 for cod between 50 and 70 cm. From 1995 to 1998, when data was available for both gear types (fixed gear, panel a and mobile, panel b-d), we note higher stomach fullness when the cod are caught by fixed gear. Moreover, fish constitutes a higher proportion in the feeding of cod caught by fixed gear.

Ces deux effets semblent être une conséquence directe de la plus faible profondeur moyenne de capture pour les engins fixes. En effet, pour ces mêmes années (1995-1998), l'effet de la profondeur est examiné en fonction du type d'engin de pêche pour les 2 classes de taille fonctionnelles les plus abondantes (Figure 13). On remarque qu'à profondeur égale, les résultats sont similaires pour les deux types d'engins, sauf en eaux peu profondes, où l'alimentation semble meilleure pour les morues capturées par engins fixes. Le petit nombre de morues capturées par engins mobiles à moins de 50 m rend cette comparaison peu fiable.

La Figure 13 montre aussi que pour les deux types d'engins le remplissage stomacal et la proportion de poisson dans l'alimentation diminuent quand la profondeur augmente. Dans le cas du remplissage stomacal, il pourrait y avoir moins de proies disponibles à plus grande profondeur, et également les faibles teneurs en oxygène dissous qui caractérisent les eaux à plus de 175 m dans le Saint-Laurent peuvent réduire l'appétit de la morue (Chabot et Dutil, 1999). À faible profondeur, la prépondérance de poissons s'explique par le fait que les poissons que la morue consomme le plus (capelan, hareng, lançon) sont des espèces grégaires et pélagiques, même si le capelan peut aussi se retrouver à de grandes profondeurs.

Les figures 11 et 12 montrent aussi, de façon générale, une baisse de remplissage stomacal entre juillet (première mission des pêches sentinelles mobiles, panneau b) et août (mission du *NGCC ALFRED NEEDLER*, panneau c). Ceci pourrait indiquer que juillet est le mois où l'alimentation est la plus intense. Cependant le remplissage stomacal a augmenté entre août et l'automne pour 3 des 5 années, et ce pour les deux grandes classes de taille de morue. Il est donc possible que la baisse de remplissage stomacal en août soit le résultat de la différence d'engin et de navire entre la mission du *NGCC ALFRED NEEDLER* et les missions des pêches sentinelles. Il est connu que le *NGCC ALFRED NEEDLER* n'est pas aussi efficace pour la capture de grandes morues. Il se pourrait que les morues de 20-70 cm les plus rapides aient une meilleure chance d'être capturées par les bateaux des pêches sentinelles que par le *NGCC ALFRED NEEDLER*. Il est possible que les morues les

These two effects seem to be a direct consequence of a shallower mean catch depth for fixed gear. Indeed, for those years (1995-1998), the depth effect is examined according to the gear type for the 2 most abundant functional size classes (Figure 13). We note that results are similar for equal depth for both gear types, except that for larger depths, where feeding seems better for fixed gears. The small sample size for mobile gear at depths less than 50 m limits such a comparison.

Figure 13 also shows that for both gear types, stomach fullness and proportion of fish in the diet decline as depth increases. In the case of the stomach fullness, there could be less preys available at greater depths, also low dissolved oxygen contents which characterize the Gulf of St. Lawrence at depths of more than 175 m may reduce cod appetite (Chabot and Dutil, 1999). In shallower depths, the preponderance of fish diet may be due to the fact that important cod preys such as capelin, herring and sand lance are schooling pelagic fishes, although capelin can be found at greater depths.

Figures 11 and 12 also generally show a decline in stomach fullness between July (first sentinel mobile gear survey, panel b), and August (*CCGS ALFRED NEEDLER* survey, panel c). This would indicate that July is the month with the highest feeding. However, the stomach fullness increased between August and the fall for three of the five years and for two important size classes. It is thus possible that the decline in cod feeding in August may be linked with the gear type used between the *CCGS ALFRED NEEDLER* and the sentinel surveys. It is known that the *CCGS ALFRED NEEDLER* is not as efficient in capturing large fish. It is possible that faster swimming cod from 20 to 70 cm have a better chance of being caught by sentinel boats than the *CCGS ALFRED NEEDLER*. It is also possible that faster swimming cod have a higher feeding success, which could explain the observed trend.

plus rapides soient aussi celles qui ont un meilleur succès de chasse, ce qui expliquerait la tendance observée.

La stratégie d'échantillonnage diffère aussi entre les missions des pêches sentinelles et celle du *NGCC ALFRED NEEDLER*. Pour les pêches sentinelles, la stratification est basée sur la longueur et la division OPANO, et les estomacs peuvent donc être prélevés lors de quelques traits où les captures sont abondantes. Sur le *NGCC ALFRED NEEDLER*, un plus petit nombre de morues est prélevé à chaque trait, mais des estomacs sont prélevés lors de tous les traits où la morue est capturée.

Cette méthode pourrait donner plus d'importance aux morues se trouvant dans des habitats marginaux, où les proies sont moins abondantes. Des analyses supplémentaires, et une reprise de prélèvements d'estomacs en juillet pour la saison 2003, permettront peut-être de départager ces 3 hypothèses (variation saisonnière, évitement du chalut du *NGCC ALFRED NEEDLER* par les morues plus rapides, ou effet de la stratégie d'échantillonnage).

La série du *NGCC ALFRED NEEDLER*, qui est la plus longue, permet d'évaluer la variabilité annuelle de remplissage stomacal et de régime alimentaire de la morue (Figures 11 et 12). Cette série suggère que l'alimentation était inférieure, quantitativement (indice de remplissage stomacal inférieur) et qualitativement (proportion de poisson inférieure) entre 1997 et 2000, avec une reprise en 2001 et 2002. Il est difficile d'évaluer l'ampleur de ces changements sans considérer les différences de la qualité des proies ingérées. Ainsi, de façon générale, les poissons sont des proies plus riches en énergie que plusieurs invertébrés. Des analyses futures tiendront compte de la valeur énergétique des proies. Il serait aussi intéressant de comparer l'alimentation de la morue avant et après l'effondrement du stock. Cependant les contenus stomacaux prélevés dans les années 1980 ne sont pas directement comparables à cause de différences méthodologiques.

Il n'y a pas de différences marquées entre l'alimentation des morues des différentes divisions OPANO pour ce stock (Figure 14).

The sampling strategy also differs between the sentinel surveys and the *CCGS ALFRED NEEDLER*. In the case of the sentinel surveys, the stratification is based on length and NAFO Divisions and stomachs can be collected in the few tows where cod is abundant. On the *CCGS ALFRED NEEDLER*, a smaller amount of fish is sampled at each tow and stomachs are collected on all tows where cod is caught.

This method could give more importance to cod found in marginal habitats, where prey is not as abundant. Additional analysis and a new sampling from the July 2003 survey may allow to differentiate these three hypothesis (seasonal variation, gear avoidance on the *CCGS ALFRED NEEDLER* from larger size cod, or effects of the sampling strategy).

The long time series from the *CCGS ALFRED NEEDLER* allows to verify inter annual variability of stomach fullness and feeding habits. This series suggests that feeding was less important in quantity (lower stomach fullness) and in quality (smaller fish proportion) between 1997 and 2000, followed by an improvement between 2001 and 2002. It is difficult to measure the amplitude of these changes without considering differences in prey quality and quantity. Generally speaking, fish have a greater energy content than invertebrates. Future analyses should take the energy content into consideration. It would also be interesting to compare the feeding before and after the stock collapse. Again, because of differences in sampling methodology, this comparison may be limited.

There are no differences in feeding of cod between the various NAFO Divisions (Figure 14). Stomachs collected by fixed gear in 3Pn

Les estomacs prélevés par engins fixes suggèrent que l'alimentation est inférieure dans 3Pn, mais il s'agit probablement d'une conséquence de différences de profondeur de pêche entre les 3 divisions, puisque le remplissage stomacal n'est pas inférieur dans 3Pn pour les estomacs prélevés par les pêches sentinelles par engins mobiles, ou par le *NGCC ALFRED NEEDLER*.

Par contre, les 3 types d'échantillonnage montrent que la proportion de poisson est inférieure dans l'alimentation des poissons de 3Pn, encore là probablement dû à la plus grande profondeur à laquelle les poissons ont été capturés. De façon globale, ces résultats suggèrent que l'alimentation est inférieure dans 3Pn. L'alimentation est assez similaire dans 4R et 4S, bien que le remplissage soit plus important, et la proportion de poisson un peu plus élevée, dans 4R que dans 4S. Des analyses supplémentaires devront être faites pour déterminer s'il s'agit de différences significatives.

Mortalité naturelle

Les M estimés par ADAPT ont graduellement diminué entre 1994 et 1998 (périodes 1992-1996 à 1996-2000), passant de 0.426 à 0.288 (Tableau 11, Figure 15). Ils sont à la hausse depuis, passant à 0.311 en 1999 et à 0.386 en 2000 (périodes 1997-2001 à 1998-2002).

Les nombres totaux (3+) provenant des calculs de M s'avèrent être similaires à ceux calculés lors de la formulation finale d'ADAPT pour la période précédant les années 1990 (Figure 15). Cependant, à partir de 1995, de plus faibles effectifs sont obtenus par rapport à la formulation finale ce qui était prévu, compte tenu que les valeurs estimées de M sont inférieures à la valeur (0.4) couramment utilisée pour ces années.

Pêches sentinelles par engins fixes

Les activités des pêches sentinelles par engins fixes, palangre et filet maillants, dans 3Pn, 4RS sont réparties dans 6 zones (Figure 4). Les variations annuelles de la somme de la capture sur la somme de l'effort par zone pour ces deux engins sont présentés aux figures 16 et 17. La période couverte par les activités sentinelles à la palangre dans 3Pn a augmenté depuis 1995 avec une couverture

show lower feeding but may be linked to depth differences between the three Divisions given that no differences appear for the mobile gear sentinel or for the *CCGS ALFRED NEEDLER*.

However the three types of samplings show that the proportion of fish is smaller in 3Pn, again possibly linked with the larger depth where the cod is caught. Generally, the feeding is less important in 3Pn. Feeding is similar between 4R and 4S despite the fact that stomach fullness and amount of fish in the diet is a bit higher in 4R than in 4S. More work is needed to determine if these differences are significant.

Natural mortality

The estimates of M from ADAPT have greatly declined between 1994 and 1998 (the 1992-1996 and 1996-2000 periods), from 0.426 to 0.288 (Table 11, Figure 15). They have increased since from 0.311 in 1999 to 0.386 in 2000 (the 1997-2001 and 1998-2002 periods).

Population numbers (3+) from the estimates of M are close to those calculated in the final ADAPT formulation for the years preceding 1990 (Figure 15). However, since 1995 smaller estimates of population numbers are calculated given that the estimates of M are slightly lower than the current value used for M for those years (0.4).

Fixed gear sentinel fisheries

Fixed gears sentinel activities, longline and gillnets, in 3Pn, 4RS are divided into 6 zones (Figure 4). The annual variations of the sum of catch over the sum of effort for the two types of gear in each zone are presented in figures 16 and 17. The annual coverage of the sentinel activities in 3Pn was increased over the years with almost complete coverage in 1999 (Figure 18). This annual coverage allows

annuelle quasi complète depuis 1999 (Figure 18). Cette couverture annuelle nous permet de bien apprécier les mouvements de la morue avec une entrée rapide dans 3Pn autour de la troisième semaine d'avril (jour 110) et une sortie plus lente et progressive commençant vers la deuxième semaine de septembre (jour 250). Pour les autres zones la couverture temporelle a peu varié depuis 1995.

Les informations désagrégées à l'âge pour ces deux engins fixes sont présentées au tableau 12. L'âge modal des prises des palangres et des filets maillants est de six ans en 2002.

L'indice de taux de capture standardisés pour les palangres (Figure 19) indique une augmentation de l'abondance entre 1995 et 2001 suivi d'une diminution en 2002. Cette diminution est plus marquée dans la zone 2 soit le sud de 4R (Figure 15). Les bons taux de capture dans la pêche sentinelle à la palangre seraient attribuables à la présence de la classe d'âge de 1993. En 2002, cette classe d'âge a 9 ans et est moins abondante ce qui expliquerait la diminution dans l'indice d'abondance de la palangre.

L'indice d'abondance dérivé des activités sentinelles aux filets maillants (Figure 19) montre des taux de capture inter-annuels variables. Dans l'ensemble cet indice semble relativement stable.

Relevés de recherche du MPO

Les cartes de distribution de la morue de 1990 à 2002 indiquent une certaine stabilité pour la côte Ouest de Terre-Neuve (Figure 20).

L'estimation de la biomasse minimum chalutable est présentée au tableau 13. Pour le relevé de 2001, il y a plusieurs strates pour lesquelles les valeurs sont manquantes et ont été comblées à l'aide d'un modèle multiplicatif. Ceci affecte la valeur absolue de l'indice mais n'affecte pas les tendances (Figure 21).

Les structures à l'âge et à la longueur indiquent une disparition rapide des classes d'âge pleinement recrutées (Figure 22 et 23) ce qui suggère une mortalité élevée. Les effectifs à l'âge utilisés pour la calibration de l'analyse séquentielle de population sont présentés au tableau 14.

visualizing the rapid movement of cod into 3Pn around day 110 and a slower exit around the second week of September (day 250). Temporal coverage for the other zones have not varied much since 1995.

Age disaggregated information for both gears are shown in table 12. The modal age for both gears in 2002 are of age six.

The index of standardized catch rates for longline show an increase in abundance from 1995 to 2001 followed by a decline in 2002 (Figure 19). This decline is more apparent in zone 2 (southern part of 4R), (Figure 15). These good catch rates could be attributable to the presence of the strong 1993 year-class. In 2002, this year class is less abundant at age 9 which could explain the decline in the longline index of abundance.

The gillnet index of abundance show important inter-annual variations (Figure 19). Overall this index does not show a significant trend over time.

DFO research surveys

Maps of the distribution of the catches of cod from 1990 to 2002 indicate stability for the west coast of Newfoundland (Figure 20).

The minimum trawlable biomass is shown in table 13. There are many missing strata in this survey they were filled in through the use of a multiplicative model. This does affect the absolute value of the index but does not affect trends (Figure 21).

The age and size structure show a rapid disappearance of fully recruited fish (Figure 22 and 23) which suggest a high mortality. The estimated population numbers at age used in the calibration of the sequential population are shown in table 14.

Les résultats de la pêche comparative entre les navires et engins de 1990 montrent que les captures des deux engins ont des distributions de fréquences de longueur différentes (Figure 24). Cette différence s'explique par le fait que le chalut URI a des mailles plus fines que le Western IIA (WIIA). Comparativement, le chalut URI est plus efficace à capturer des petits poissons alors que le WIIA est plus efficace à capturer des plus gros poissons. Les captures du *Lady Hammond* utilisant un WIIA sont converties en équivalent *NGCC ALFRED NEEDLER* utilisant un URI en multipliant les fréquences de longueur par :

$$\exp(\beta_L)$$

où

$$\beta_L = -3.8095 + 5.3371 \exp(-0.00995L)$$

pour l'efficacité relative de pêche (Figure 24). Les indices de PUE de morue de 4RS en eau profonde (> 50 brasses) montrent en continuité entre les deux séries fusionnées (Figure 25). La fusion des deux séries de relevés nous a permis d'obtenir de l'information supplémentaire sur la série historique. La diminution de l'indice de PUE entre 1990 et 1992 était déjà commencé vers le milieu des années 80. Ceci confirme donc que les indices élevés observés en 1990 et 1991 dans la série du *NGCC ALFRED NEEDLER* seraient de bonnes approximations de la ressource disponible. Cet indice ne sera pas utilisé dans la VPA étant donné sa couverture spatiale plus restreinte, strates supérieures à 50 brasses, car une proportion de la biomasse du stock de morue n'est pas incluse dans cet indice.

Pêches sentinelles par engins mobiles

L'estimation de la biomasse minimum chalutable est présentée au tableau 15. Les cartes de distribution indiquent une stabilité pour l'ensemble de la zone avec la majorité des captures le long de la côte Ouest de Terre-Neuve (Figure 26). L'estimation de la biomasse minimum chalutable démontre une légère augmentation depuis 1995 pour le relevé de juillet, la tendance n'est pas si évidente pour le relevé d'octobre (Figure 27). Les compositions à la taille et à l'âge démontrent aussi une rapide disparition des poissons pleinement recrutés (Figure 28 à 30). Les effectifs à l'âge de chaque relevé utilisés pour calibrer

Results of the comparative study between boats and gears in 1990 show that the catches from both gears have different length frequencies (Figure 24). This difference is due to the fact that the URI has smaller meshes than the Western IIA (WIIA). In comparison, the URI is more efficient in catching small fish whereas the WIIA is more efficient in catching larger fish. Catches from the *Lady Hammond* using the WIIA were converted to *CCGS ALFRED NEEDLER* units using the URI by multiplying the length frequency by:

$$\exp(\beta_L)$$

where

$$\beta_L = -3.8095 + 5.3371 \exp(-0.00995L)$$

for the relative fishing efficiency (Figure 24). The CPUE of cod in deep waters (>50 fathoms) in 4RS show some continuity between both merged series (Figure 25). The merging of both survey time series allows deriving more information on the time series. The decline in catch rates observed between 1990 and 1992 had already begun in the mid 80's. This would confirm that the indices observed in 1990 and 1991 on the *CCGS ALFRED NEEDLER* time series were good approximations of the available resource. This index was not used in the VPA given its restricted spatial coverage, strata less than 50 fathoms, given that a portion of the cod biomass is not included in this index.

Mobile gear sentinel surveys

The minimum trawlable biomass is shown in table 15. Maps of the distribution of the catches of cod indicate stability for all the stock area, with the bulk of the catches occurring along the west coast of Newfoundland (Figure 26). The minimum trawlable biomass estimates have shown a slight increase since 1995 in the July survey, the trend is not as obvious for the October survey (Figure 27). The age and size structure also shows a rapid disappearance of fully recruited fish (Figure 28 to 30). The estimated population numbers at age for both surveys used in the calibration of the sequential population are shown in table 16.

l'analyse séquentielle de population sont présentés au tableau 16.

Les poids moyens à l'âge des trois relevés sont présentés aux tableaux 17 à 19.

Nous avons noté une similarité entre les estimations de biomasse minimales chalutables du relevé sentinelle de juillet dans le 20 à 50 brasses et les taux de captures à la palangre aux mêmes profondeurs des pêches sentinelles de 4RS (Figure 31a). Celles-ci ont augmenté de 1995 à 2000 et ont diminué de 2000 à 2002.

La proportion de biomasse minimale chalutable pour la strate entre 20 et 50 brasses du relevé des pêches sentinelles de juillet suit de près les rendements des pêches sentinelles à la palangre (Figure 31b). Ceci peut être un reflet d'un déplacement de la morue vers les eaux côtières depuis 2000.

Analyse séquentielle de population (ASP)

Le modèle ADAPT a servi à étalonner l'ASP de ce stock selon les conditions suivantes :

Paramètres estimés

- Estimation des classes d'âges
 $\{N_{i,2003} (i=3,13)\}$ et $\{N_{13,1999-2002}\}$
- Constantes d'étalonnage des estimations de populations par
 $NR_{août}(Needler) \{k_{août} (his-2, 13)\}$
 $NR_{juillet}(sentinelle) \{k_{juillet} (i-2, 13)\}$
 $NR_{octobre}(sentinelle) \{k_{octobre} (i-2, 13)\}$
 $PUE(LL) (sentinelle) \{k_{LL} (i-3, 13)\}$
 $PUE(GN) (sentinelle) \{k_{GN} (i-3, 13)\}$

LL = palangre
 GN = filet maillant

Structure du modèle

La formulation fait appel aux résultats du relevé par navire de recherche de juillet (sentinelle), d'août (*Needler*) et d'octobre (sentinelle) ainsi qu'aux taux de capture des pêches sentinelles par engins fixes (palangres et filets maillants) (log des résiduelles). La structure du modèle est :

Average weights at age for all surveys are shown in tables 17 to 19.

We have observed a similar pattern between the minimum trawlable biomass estimates from the July sentinel survey in the 20 to 50 fathoms and the catch rates from longline at similar depths in 4RS (Figure 31a). They have increased from 1995 to 2000 and have declined from 2000 to 2002.

The proportion of the minimum trawlable biomass between 20 and 50 fathoms from the July survey follows closely the results from sentinel longlines (Figure 31b). This may be a reflection of a inshore movement of cod since 2000.

Sequential population analysis (SPA)

The ADAPT model was used to calibrate the SPA and the following formulation were used:

Estimated parameters

- Year class estimates
 $\{N_{i,2003} (i=3,13)\}$ and $\{N_{13,1999-2002}\}$
- Calibration coefficients of the year class estimates
 $RV_{August}(Needler) \{k_{August} (i-2, 13)\}$
 $RV_{July}(sentinelle) \{k_{July} (i-2, 13)\}$
 $RV_{October}(sentinelle) \{k_{October} (i-2, 13)\}$
 $CPUE(LL)(sentinelle) \{k_{LL} (i-3, 13)\}$
 $CPUE(GN) (sentinelle) \{k_{GN} (i-3, 13)\}$

LL = longline
 GN = gill net

Model structure

The formulation takes into account the results of the July (sentinel), August (*Needler*) and October (sentinel) research vessel surveys as well as the fixed gear sentinel catch rates (longlines and gillnets) (log residual). The structure of the model is :

- Erreur dans les prises supposée négligeable
- Pas de données à l'origine
- $M\{(i = 2, 13); (t = 1974, 1985)\} = 0.2$
- $M\{(i = 2, 13); (t = 1986, 2002)\} = 0.4$
- F à l'âge 13 fixé à la moyenne arithmétique des âges 11 et 12.

Données d'entrée :

- Capture à l'âge :
 $C_{i,t} \{(i = 2, 13); (t = 1974, 2002)\}$
- Estimation de population par navire de recherche :

$$NR(\text{juillet})_{i,t} \{(i = 2, 13); (t = 1995, 2002)\}$$

$$NR(\text{août})_{i,t} \{(i = 2, 13); (t = 1990, 2002)\}$$

$$NR(\text{octobre})_{i,t} \{(i = 2, 13); (t = 1995, 2002)\}$$

- Taux de capture des pêches sentinelles à la palangre :

$$PUE(LL)_{i,t} \{(i = 3, 13); (t = 1995, 2002)\}$$

et les taux de capture des pêches sentinelles au filet maillant

$$PUE(GN)_{i,t} \{(i = 3, 13); (t = 1995, 2002)\}$$

Fonction objective

- minimiser

$$\sum_{i,t} ((\ln NR(\text{juillet})_{i,t}) - (\ln k_{\text{juillet}} N_{i,t}))^2, \\ ((\ln NR(\text{août})_{i,t}) - (\ln k_{\text{août}} N_{i,t}))^2, \\ ((\ln NR(\text{octobre})_{i,t}) - (\ln k_{\text{octobre}} N_{i,t}))^2, \\ ((\ln PUE(LL)_{i,t}) - (\ln k_{LL} N_{i,t}))^2, \\ ((\ln PUE(GN)_{i,t}) - (\ln k_{GN} N_{i,t}))^2.$$

Résumé

Table 6 Nombre d'observations : 524

Table 6 Nombre de paramètres : 73

L'étalonnage de l'ASP a donc permis d'estimer les effectifs totaux (Tableau 20). Un maximum de 535 millions d'individus est atteint en 1983, un minimum de 56 millions d'individus en 1994 et un lent rétablissement depuis pour atteindre 51 millions d'individus en 2003. Les effectifs d'individus matures (Tableau 21) ont été estimés en multipliant les effectifs totaux (Tableau 20) par les proportions matures (Tableau 9). Les mêmes tendances sont observées que pour les effectifs totaux.

- Error in catch assumed negligible
- No intercept
- $M\{(i = 2, 13); (t = 1974, 1985)\} = 0.2$
- $M\{(i = 2, 13); (t = 1986, 2002)\} = 0.4$
- F at age 13 set at the average of fishing mortality of ages 11 and 12.

Data included:

- Catch at age:
 $C_{i,t} \{(i = 2, 13); (t = 1974, 2002)\}$
- Population estimates from research vessel surveys:

$$RV(\text{July})_{i,t} \{(i = 2, 12); (t = 1995, 2002)\}$$

$$RV(\text{August})_{i,t} \{(i = 2, 13); (t = 1990, 2002)\}$$

$$RV(\text{October})_{i,t} \{(i = 2, 13); (t = 1995, 2002)\}$$

- Catch rates at age from longline sentinel

$$CPUE(LL)_{i,t} \{(i = 3, 13); (t = 1995, 2002)\}$$

and catch rates at age from sentinel gillnets

$$CPUE(GN)_{i,t} \{(i = 3, 13); (t = 1995, 2002)\}$$

Objective function

- minimize

$$\sum_{i,t} ((\ln RV(\text{July})_{i,t}) - (\ln k_{\text{July}} N_{i,t}))^2, \\ ((\ln RV(\text{August})_{i,t}) - (\ln k_{\text{August}} N_{i,t}))^2, \\ ((\ln RV(\text{October})_{i,t}) - (\ln k_{\text{October}} N_{i,t}))^2, \\ ((\ln CPUE(LL)_{i,t}) - (\ln k_{LL} N_{i,t}))^2, \\ ((\ln CPUE(GN)_{i,t}) - (\ln k_{GN} N_{i,t}))^2.$$

Summary

- Number of observations: 524

- Number of parameters: 73

The calibration of the SPA has thus allowed estimating total population numbers (Table 20). It would have reached a maximum of 535 million individuals in 1983, a minimum of 56 million individuals in 1994 and has shown a slow rebuilding since, reaching 51 million individuals in 2003. The mature population numbers (Table 21) were estimated by multiplying the total numbers (Table 20) with the mature proportions (Table 9). They show similar trends as for the total population.

Pour 2002, une nouvelle ogive a été calculée suite à un relevé qui s'est déroulé au début de mai dans 3Pn et 4R (Figure 3). L'examen des variations inter annuelles des proportions mature à l'âge semble indiquer une diminution de cette valeur pour 2002 avec 40 % d'individus mature à 4 ans comparativement à la dernière valeur calculée en 1998 et qui se situait à 78% des individus du même âge (Tableau 9).

La biomasse totale (Tableau 22) est le produit des effectifs totaux (Tableau 20) avec les poids à l'âge (Tableau 7). Enfin la biomasse mature (Tableau 23) est le produit des effectifs totaux (Tableau 20), des poids moyens à l'âge (Tableau 7) et des proportions matures (Tableau 9). La biomasse mature aurait atteint un maximum de 378,000 t en 1983 pour diminuer ensuite jusqu'à 13,000 t en 1994. Enfin, il y a un lent rétablissement depuis pour atteindre 39,000 t en 2003.

La production individuelle d'œufs ainsi que la production d'œufs du stock sont présentées aux tableaux 24 et 25 respectivement.

La mortalité par pêche est demeurée entre 0.4 et 0.6 entre 1974 et 1990 (Tableau 26). Par la suite il y a eu une augmentation substantielle jusqu'en 1993, année précédant le moratoire. Les mortalités par pêche étaient virtuellement nulles de 1994 à 1996. Depuis 1997, on assiste à une augmentation du taux d'exploitation pour atteindre 22% en 2002.

Trois études de sensibilité ont été aussi effectuées pour évaluer l'impact de facteurs pouvant causer des incertitudes dans les résultats de l'évaluation. Le premier concerne les niveaux de rejets potentiels par les filets maillants (Fréchet *et al.*, 2003). Pour ce faire, nous avons augmenté les débarquements officiels des filets maillants de 20% depuis 1999. Les volumes additionnels étaient de 400 à 700 t. La seconde simulation avait trait à l'effet des estimations faibles de la morue à partir du *NGCC ALFRED NEEDLER* en 2002. Dans ce cas, l'estimation pour 2002 était tout simplement éliminé de l'analyse. Enfin, afin d'estimer les effets potentiels de mélanges avec la zone 3Ps, un scénario qu consistait à hausser la capture à l'âge du stock du nord du Golfe en utilisant 75% des débarquements effectués dans la zone 3Psa et 3Psd de novembre à avril depuis 1986 a été effectué,

For 2002, a new maturity ogive was calculated following a May survey in 3Pn and 4R (Figure 3). Inter annual variations in mature proportion at age indicates a decrease of this value for 2002 compare to 1998 with 40% and 78% mature at age 4 respectively (Table 9).

The total biomass (Table 22) is the product of total numbers (Table 20) and the average weights at age (Table 7). Finally, the mature biomass (Table 23) is the product of the total numbers (Table 20), the average weights at age (Table 7) and proportions mature (Table 9). The mature biomass would have reached a maximum of 378,000 t in 1983 to decline afterwards to 13,000 t in 1994. Finally, there is a slow rebuilding since to reach 39,000 t in 2003.

Individual egg production as well as egg production for the stock is shown in tables 24 and 25 respectively.

The fishing mortality has maintained itself between 0.4 and 0.6 from 1974 until 1990 (Table 26). Afterwards it increased substantially until 1993, one year prior to the moratorium. Fishing mortalities were almost nil from 1994 to 1997. Since 1998, the exploitation rate has increased to reach 22% in 2002.

Three sensitivity analyses were also conducted to assess the impact of sources of uncertainties on the results of the assessment. The first one concerns potential discard levels in the gillnet fishery (Fréchet *et al.*, 2003). In order to do so, we increased the official landing statistics by 20% since 1999. This would correspond to annual volumes ranging between 400 and 700 t. The second simulation concerns the low estimates provided by the *CCGS ALFRED NEEDLER* for cod in 2002. In this situation all the information for 2002 was deleted from the analysis. Finally, in order to assess the effect of stock mixing with 3Ps a scenario by which the catch at age for the Northern Gulf was adjusted upward by using 75% of the landings from 3Psa and 3Psd from November to April since 1986 (Figure 32), as recommended by a workshop held in 2000 (Chouinard, 2000). These three simulation

tel que recommandé dans un atelier sur la question en 2000 (Chouinard, 2000) (Figure 32). Ces trois simulations indiquent une robustesse des résultats de l'analyse séquentielle aux enjeux (Figure 33).

Des projections ont été faites pour évaluer l'impact de divers niveaux de pêche sur la biomasse mature et le taux d'exploitation en 2003. Les paramètres d'entrée pour les projections sont décrits au tableau 27. La présente évaluation indique qu'il y a eu au moins 6,246 t débarqué. Le niveau de capture réel est probablement supérieur compte tenu des incertitudes au niveau des prises de la pêche récréative et du mélange avec la zone 3Ps. La présente évaluation indique que la biomasse mature n'a effectivement pas augmenté et que les cinq indices d'abondance ainsi que les poids à l'âge ont même diminué entre 2000 et 2002.

Perception de l'Industrie

Pour la cinquième année consécutive, le « Regroupement des Associations de Pêcheurs de la Basse Côte-Nord du Québec » ainsi que « *Fish Food and Allied Workers Union* » de Terre-Neuve et du Labrador ont entrepris des sondages téléphoniques auprès des pêcheurs de morue détenteurs de permis pour engins fixes de chaque zone de l'OPANO. Depuis 1994, année de lancement du programme, ces organismes sont des promoteurs des pêches sentinelles au poisson de fond par engins fixes dans le nord du Golfe du Saint-Laurent, dans les zones 4S et 3Pn, 4R respectivement. Comme par le passé, le sondage a été mené sur une base aléatoire. L'actuel sondage portait sur la saison de pêche commerciale avec engins fixes pour 2002 et a été mené auprès de 50 pêcheurs de la zone 3Pn, de 80 pêcheurs de la zone 4R et de 45 pêcheurs de la zone 4S. L'objectif de ce sondage était de revoir divers aspects de la pêche, y compris la démographie des pêcheurs, l'information d'ordre biologique et les tendances en matière de taux de capture.

Les résultats sur la démographie des pêcheurs indiquaient que l'expérience de ceux-ci dans leur métier, l'âge moyen et la taille des bateaux sont demeurés très stables depuis le moratoire et ce, dans les quatre zones. Les répondants ont indiqué, en comparant la saison 2002 à celle de 2001, que la taille (longueur totale) et

indicate robustness of the sequential population analysis to these three issues (Figure 33).

Projections were done in order to assess the impact of various fishing levels on the mature biomass and on the exploitation rate for 2003. Input parameters for the projections are shown in table 27. The present assessment indicates that at least 6,246 t have been landed. It could easily be more, given the uncertainties surrounding the catch levels for the recreational fishery and the issue of mixing with 3Ps. This assessment shows that the mature biomass has not increased and that all five abundance indices as well as weights at age decreased between 2000 and 2002.

Industry perception

For the fifth consecutive year the "Regroupment of the Lower North Shore Fishermen's Associations of Quebec" and the "Fish, Food and Allied Workers Union" of Newfoundland and Labrador have administered telephone surveys to fixed gear cod license holders in each NAFO zones. These organizations have been sponsors of the 4S and 3Pn, 4R Groundfish Sentinel Programs of the Northern Gulf of St. Lawrence (fixed gear sectors) respectively since the inception of the program in 1994. As in the past the surveys adopted a random sampling design. The current survey covered the 2002 fixed gear commercial fishing season with 50 fish harvesters being interviewed in 3Pn, 80 in 4R and 45 in 4S. The objective of the survey was to review various aspects of the fishery including fishermen demographics, biological information and trends in catch rates.

Results relating to fishermen demographics indicated that aspects of fishers experience in the fishery, average age and vessel length have remained very stable for all zones since the moratorium. For comparison of 2002 versus the 2001 season, respondents noted that cod size (overall length) and condition was

la condition de la morue étaient identiques ou s'étaient améliorées. Pour 3Pn, davantage de répondants ont indiqué des résultats plus positifs pour ces deux indicateurs biologiques, comparativement aux deux autres zones. En ce qui concerne la migration, la majorité des répondants de 4R et 4S ont indiqué que l'émigration et l'immigration de la morue dans leur zone de pêche habituelle se sont produites au même moment en 2002. Cependant, un pourcentage plus important de répondants de 3Pn ont indiqué que le poisson émigrerait plus tôt du Golfe et, en fait, la majorité de ceux-ci ont mentionné qu'il y avait abondance de morue dans la division 3Pn en août et en septembre.

En ce qui concerne les profondeurs où s'effectue la pêche, les répondants ont poursuivi leurs activités sur les mêmes territoires et ont signalé très peu de variation. Pour ce qui est de la fraie, un nombre supérieur de répondants de la zone 4S rapportent plus d'activité que ceux des zones 3Pn et 4R, d'après les critères qualitatifs utilisés dans la question. Ce résultat se répète depuis le début du sondage.

Pour ce qui est des taux de capture, ils tendent généralement à diminuer du nord vers le sud, les commentaires les plus optimistes étant dans 3Pn. Tous les répondants ont indiqué une augmentation des prises en 2002 par rapport à 2001. Les résultats ont été beaucoup plus marquants pour 3Pn, où le nombre moyen a été le plus élevé pour la série chronologique. Il convient également de rappeler que ces valeurs sont de beaucoup supérieures à ce qu'elles étaient avant l'entrée en vigueur du moratoire (1992, 1993). Selon une analyse rétrospective des indices, les pêcheurs de la division 4R et de 4S maintiennent un taux de capture stable depuis trois ans, tandis que les pêcheurs de la division 3Pn ont une perception plus optimiste de l'abondance du stock (Figure 34).

Perspectives

Les débarquements pour 2001 ont été révisés à la baisse, particulièrement à la lumière des statistiques officielles concernant la pêche récréative. Les débarquements sont passés de 886 t à 253 t. La présente évaluation indique que la biomasse mature a diminué de 26 % depuis 2000. Compte tenu de la productivité actuelle, la pression de pêche est trop grande.

the same or had increased. For 3Pn, more respondents noted a more positive result for both of these biological indicators compared to the other two zones. With respect to migration, the majority of the respondents in 4S and 4R noted that cod migration 'into' and 'out of' traditional areas occurred at the same time in 2002. However, a much greater percentage of 3Pn respondents noted that the fish migrated out of the gulf earlier and in fact the majority of these respondents commented on the fact that there was an excellent abundance of fish in 3Pn in August and September.

With respect to fishing depth, fishers have maintained activity on the same grounds with very little reported variation. With respect to spawning activity, a greater number of 4S compared to 4R and 3Pn respondents noted spawning activity based on the qualitative criteria stated in the question. This has been a result observed in the survey since its inception.

With respect to catch rates, the trend has typically been a decreasing one from north to south with the most optimistic perception in 3Pn. In 2002, all respondents indicated an improvement in catch rates compared to 2001. This result was most dramatic for 3Pn, where the average number was the highest in the time series. It is also worth reiterating that these values are much higher compared to the pre-moratorium period (i.e. 1992-93). Based on a retrospective index analysis, fishers in 4R and 4S have maintained a stable view of catch rates over the past three years while those in 3Pn are providing an increasingly more positive view of stock abundance (Figure 34).

Outlook

The landings for 2001 were revised downward, especially in the light of official statistics concerning the recreational fishery. Landings were reduced from 886 t to 253 t. The current assessment indicates that the mature biomass has decreased by 26% since 2000. At current productivity, the fishing pressure is unsustainable.

Dans l'ensemble, les classes d'âge produites après 1993 sont moins abondantes. La faible taille du stock combinée au faible recrutement fait en sorte que des captures de plus de 1 500 t en 2003 entraîneraient une autre diminution du segment reproducteur (Figure 35). Des captures de 7 000 t (le TAC depuis 2002) produiraient un déclin de la biomasse mature de l'ordre de 12 % (Figure 36). Une cible de croissance de 5 % de la biomasse mature exigerait essentiellement le rétablissement du moratoire (Figure 36).

Les perspectives à moyen terme (5 ans) semblent indiquer de fortes probabilités de baisse pour la biomasse reproductrice. La reconstitution de cette biomasse est peu probable, même sans pêche. Une forte période de recrutement, qui est hautement improbable dans les conditions actuelles, et/ou une importante baisse de la mortalité seraient nécessaires pour modifier cette perspective. La biomasse du stock devrait diminuer de 36 % si le TAC actuel de 7 000 t était maintenu pendant 5 ans.

On estime que la biomasse du stock reproducteur est sous la limite de conservation pour ce stock. Lorsqu'un stock est sous la limite de conservation, il est fort probable que sa productivité aura déjà été gravement réduite. Compte tenu de notre connaissance concernant la productivité de ce stock, les chances d'observer un bon recrutement lorsque la biomasse reproductrice se situe en bas de 200 000 t sont très faibles. La situation est bien en deçà de ce niveau en 2003, même sans pêche.

Le relation stock recrues présente deux nuages de points, la situation actuelle près des origines et la seconde alors que le stock était en meilleur état (au milieu des années 70 au début des années 80 (Figure 37). Aux niveaux des biomasses matures actuelles, les probabilités d'observer un recrutement significatif sont faibles.

Remerciements

Nous remercions Jean-Louis Beaulieu pour la préparation des fichiers pour l'analyse de fusion des relevés scientifiques du MPO. L'équipe de suivi était constituée de François Grégoire et Martin Castonguay. Les réviseurs du document sont Martin Castonguay et Daniel

Overall, year-classes produced after 1993 are less abundant. With the low size of stock combined with the weak recruitment, total catches of more than 1 500 t in 2003 are projected to result in a further reduction of the spawning segment (Figure 35). Catches of 7 000 t (the TAC since 2000) are projected to produce a 12% decline of the mature biomass (Figure 36). A 5% target for growth in the mature biomass could not be achieved without a moratorium (Figure 36).

The mid-term outlook (5 years) suggests that declines in spawning stock biomass are highly likely. Rebuilding of spawning stock biomass is unlikely even without fishing. A strong recruitment event, which is highly unlikely under present conditions, and / or a large decrease in natural mortality would be required to change this outlook. The stock biomass is projected to decline by 36% if the current TAC of 7 000 t were maintained over 5 years.

Spawning stock biomass is estimated to be below the conservation limit reference points for this stock. There is a high likelihood that the productivity of stocks below the conservation limits has suffered serious harm. Given our current knowledge of the productivity of this stock, the chances of obtaining good recruitment is severely reduced when spawning stock biomass is below about 200 000 t. The current situation is well below this level in 2003 even in the absence of fishing.

The stock recruitment relationship shows two clouds of points, the present situation close to both origins and another when the stock was in better shape (mid 70's to early 80's) (Figure 37). The probability of observing significant recruitment at current mature biomass levels is low.

Acknowledgements

We thank Jean-Louis Beaulieu for preparing the files for the merging of the scientific DFO surveys. The follow up team included François Grégoire and Martin Castonguay. The reviewers of the document were Martin Castonguay and Daniel Duplisea. We must

Duplisea. Nous devons aussi souligner l'effort de tous les pêcheurs sentinelles (Annexe « C ») ainsi que le personnel scientifique et l'équipage du *NGCC ALFRED NEEDLER*.

also recognize the efforts of all sentinel fishermen (Annex "C") as well as scientific personnel and crew of the *CCGS ALFRED NEEDLER*.

Références / References

- H. Bourdages, D. Archambault, B. Morin, A. Fréchet, L. Savard, F. Grégoire and M. Bérubé, 2002. Résultats préliminaires du relevé multidisciplinaire de poissons de fond et de crevette d'août 2002 dans le nord du golfe du Saint-Laurent. *Preliminary results from the groundfish and shrimp multidisciplinary survey from August 2002 in the northern Gulf of St. Lawrence*. CSAS 2002/090 69 p.
- Chabot D, Dutil J-D, 1999. Reduced growth of Atlantic cod in non-lethal hypoxic conditions. *J. fish Biology* 55: 472-491.
- Chouinard, G. A. 2000. Report of the Cod Mixing Workshop. SCÉS Série des compte rendus 2000/27
- Dutil, J.D., Y. Lambert, G.A. Chouinard and A. Fréchet. 1995. Fish condition: what should we measure in cod (*Gadus morhua*)? DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/11 26p.
- Dutil, J.-D., Gauthier, J., Lambert, Y., Fréchet, A., and Chabot, D. 2003. Cod stocks rebuilding and fish bioenergetics: low productivity hypothesis. Department of Fisheries and Oceans. Canadian Science Advisory Secretariat Res. Doc. 2003/060: 43 p.
- Fréchet, A. 1996. Intercalibration de huit chalutiers participant aux pêches sentinelles dans le nord du golfe du Saint-Laurent en 1995 à l'aide de sondes SCANMAR. *Intercalibration of eight otter trawlers participating in the sentinel fisheries in the Northern Gulf of St. Lawrence (3Pn,4RS) in 1995 through the use of SCANMAR sensors*. MPO Pêche Atl. Doc. Rech DFO Atlant. Fish. Res. Doc. 96/67 15p.
- Fréchet, A. 1997. Standardisation de chalutiers participant aux pêches sentinelles dans le nord du golfe du Saint-Laurent en 1996. *Standardization of otter trawlers participating in the sentinel fisheries in the Northern Gulf of St. Lawrence in 1996*. MPO Pêche Atl. Doc. Rech. DFO Atlant. Fish. Res. Doc. 97/72 10p.
- Fréchet A., J. Gauthier, P. Schwab, G. Moreault, L. Pageau, J. Spingle et F. Collier. 2002 L'état du stock de morue du nord du golfe du Saint-Laurent (3Pn, 4RS) en 2001. *The status of cod in the Northern Gulf of St. Lawrence in 2001*. SCCS 2002/083 54p.
- Fréchet A., Butler R., Hussey E., Kennedy J. and Rose G. 2003. Qualité au débarquement en fonction de l'engin utilisé dans la pêche à la morue de 3Pn, 4R de 2000 à 2002. *Quality at landing in relation to gears used in the 3Pn,4R cod fishery, 2000-2002*. SCCS 2003/066. 12 p.
- Gavaris, S. 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 2272-2275.
- Morrison, C.M. 1990. Atlas d'histologie de la morue franche, *Gadus morhua*. Troisième partie. Organes reproducteurs. Publ Spéc. Can. Sci. Halieut. Aquat. 110: 177p.
- Smith, S.J.;Somerton, G.D., 1981. STRAP : a user-oriented computer analysis system for groundfish research trawl survey data. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1030: iv + 66 p.