

Department of Fisheries and Oceans  
Canadian Stock Assessment Secretariat  
Research Document 97/123

Not to be cited without  
permission of the authors<sup>1</sup>

**Analyses des captures à la longueur et évaluation du Rendement Maximal Soutenu pour le capelan de la Division de l'OPANO 4R**

Par

François Grégoire

Division des poissons et des mammifères marins  
Ministère des Pêches et des Océans  
Institut Maurice-Lamontagne  
850, Route de la Mer  
Mont-Joli, Québec,  
G5H 3Z4

Ministère des pêches et des océans  
Secrétariat canadien pour l'évaluation des stocks  
Document de recherche 97/123

Ne pas citer sans  
autorisation des auteurs<sup>1</sup>

**Analyses of catch at length and evaluation of Maximum Sustainable Yield for capelin in NAFO Division 4R**

By

Fish and Marine Mammals Division  
Department of Fisheries and Oceans  
Maurice Lamontagne Institute  
850 Route de la Mer  
Mont Joli, Quebec,  
G5H 3Z4

<sup>1</sup>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.

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

<sup>1</sup>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.

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

## RÉSUMÉ

Dans le but d'évaluer l'effort de pêche associé au Rendement Maximal Soutenu, l'Analyse de Cohorte de Jones et le Modèle modifié de Rendement de Thompson et Bell ont été appliqués sur les captures à la longueur annuelles provenant de la pêche du capelan sur la côte ouest de Terre-Neuve. Les principaux paramètres d'entrée de ces modèles sont **M**, **F** et **Z** qui se définissent comme étant les taux instantanés de mortalités naturelle, par la pêche et totale. Les taux annuels de mortalité totale ont été calculés à l'aide des techniques suivantes : (1) *la courbe des captures*; (2) *l'équation de Jones-van Zalinge* et, (3) *l'équation de Beverton et Holt*. Certaines valeurs de **Z** ont été retenues, et tout en gardant ces dernières constantes, différentes combinaisons de **M** et **F** ont été insérées dans l'analyse de cohorte. Cette dernière révèle que plus la valeur de **F** est élevée par rapport à celle de **M**, plus la biomasse estimée est petite. Par contre, le rendement calculé ne varie pas. De plus, pour une valeur de **M** fixe et un **Z** variable, le Modèle de Rendement indique que la biomasse projetée a tendance à diminuer légèrement lorsque **F** augmente. Cette augmentation de **F** se traduit aussi par un accroissement rapide du rendement. Finalement, le Modèle de Rendement indique que le niveau actuel de **F** est bien en deçà d'une valeur correspondant au Rendement Maximal Soutenu.

## ABSTRACT

To evaluate the fishing effort associated with Maximum Sustainable Yield, Jones' Cohort Analysis Model and the Thompson and Bell Modified Yield Model were applied to annual catches at length from the capelin fishery on the west coast of Newfoundland. The main input parameters for these models are **M**, **F** and **Z**, which are defined as the instantaneous rates of natural, fishing and total mortality. The annual total mortality rates were derived using the following techniques: (1) *the catch curve*; (2) *the Jones-van Zalinge equation*; and (3) *the Beverton-Holt equation*. Certain **Z** values were selected and, with these held constant, different combinations of **M** and **F** were used in the cohort analysis. This analysis shows that, the higher the value of **F** compared to **M**, the smaller the estimated biomass. However, the calculated yield does not vary. Moreover, for a fixed value of **M** and a variable **Z**, the Yield Model shows that the projected biomass tends to decrease slightly when **F** increases. This increase in **F** also results in a rapid increase in yield. Finally, the Yield Model shows that the current level of **F** is well below a value corresponding to Maximum Sustainable Yield.

## INTRODUCTION

L'un des principaux objectifs du processus d'évaluation de l'abondance des poissons et des invertébrés marins consiste à déterminer leur taux d'exploitation optimal. L'effort de pêche associé à ce taux d'exploitation permet d'atteindre à long terme un **Rendement Maximal Soutenu (RMS)**. Ce dernier peut être défini à partir de deux grands types de modèles, soient les modèles *holistiques*, et les modèles *analytiques*. Dans le premier cas, un stock de poissons ou d'invertébrés est considéré comme un ensemble homogène. Contrairement aux modèles analytiques, la structure d'âge ou la composition en longueur n'est pas utilisée dans la détermination du **RMS**. Quant aux modèles analytiques, ils sont plutôt basés sur une description plus détaillée du stock, et par le fait même, ils sont plus exigeants en termes de la qualité et de la quantité des données de base. Par contre, ils sont aussi reconnus pour produire des prédictions plus valables sur l'état des ressources (Sparre et Venema 1992). Les modèles analytiques basés sur l'âge ont été développés entre autres par Baranov (1914), Thompson et Bell (1934) et Beverton et Holt (1956, 1957, 1959). Chez les invertébrés et les poissons tropicaux, dont l'âge (annuel) ne peut être déterminé à l'aide d'une pièce osseuse, des modèles analytiques basés sur les captures à la longueur ont principalement été mis de l'avant par les travaux de Pauly (1980, 1981, 1983a, 1984a, 1984b, 1984c, 1987, 1990). Une revue détaillée de ces modèles est présentée par Pauly et Morgan (1987), Pauly et Murphy (1982) et Sparre et Venema (1992). De tels modèles ne sont pas employés régulièrement chez les espèces de poissons fréquentant les régions tempérées.

Chez le capelan (*Mallotus villosus*) des Divisions 4RST de l'Organisation des Pêches de l'Atlantique du Nord-Ouest (OPANO) (Annexe 1), aucun modèle analytique n'a été

## INTRODUCTION

One of the main goals of the assessment process of marine fish and invertebrate abundance is to determine their optimal exploitation rate. In the long term, the fishing effort associated with this exploitation rate attains a **Maximum Sustainable Yield (MSY)**. MSY can be defined using two major model types: *holistic* and *analytical*. In holistic models, a fish or invertebrate stock is taken as a homogeneous whole. Contrary to the analytical models, age structure and length composition are not used to determine MSY. Analytical models are based on a more detailed description of the stock, and thus are more demanding in terms of the quality and quantity of basic data. However, they are also recognized as producing more valid predictions on resource status (Sparre and Venema 1992). Age-based analytical models have been developed by Baranov (1914), Thompson and Bell (1934) and Beverton and Holt (1956, 1957, 1959). In invertebrates and tropical fish, whose (annual) age cannot be determined from bone pieces, analytical models based on catch at length are found primarily in Pauly (1980, 1981, 1983a, 1984a, 1984b, 1984c, 1987, 1990). A detailed review of these models can be found in Pauly and Morgan (1987), Pauly and Murphy (1982) and Sparre and Venema (1992). Such models are not in common use for fish species found in temperate regions.

For capelin (*Mallotus villosus*) in Northwest Atlantic Fisheries Organization (NAFO) Divisions 4RST (Appendix 1), no analytical model has been used recently to determine

employé récemment pour déterminer le RMS en raison principalement de l'arrêt de la lecture des otolithes. Cet arrêt, qui se traduit par l'impossibilité de calculer la structure d'âge annuelle, a été causé par un manque de ressource et par la difficulté à lire depuis quelques années les otolithes de capelan. Pour pallier cet inconvénient, l'Analyse de Cohorte de Jones et le Modèle modifié de Rendement de Thompson et Bell ont été utilisés pour calculer le RMS associé à la pêche commerciale du capelan. Ces deux modèles ont été conçus ou adaptés pour fonctionner non pas avec des captures à l'âge, mais plutôt avec des captures à la longueur. Leur utilisation peut pallier dans une certaine mesure au manque d'information causé par l'absence d'un relevé d'abondance conçu spécialement pour le capelan. Pour l'instant, deux indices d'abondance sont calculés à partir des prises accessoires de capelan effectuées lors d'un relevé annuel au chalutage de fond dans le golfe du Saint-Laurent (Grégoire *et al.* 1997a). Cependant, ces indices ne sont pas nécessairement représentatifs de l'abondance d'un poisson pélagique comme le capelan.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Capture à la longueur annuelle

La capture à la longueur annuelle représente l'un des paramètres d'entrée des modèles de Jones et de Thompson et Bell. Elle a été déterminée à partir des fréquences de longueur recueillies depuis 1984 dans le cadre de la pêche à la seine bourse effectuée sur la côte ouest de Terre-Neuve. Les analyses ont porté essentiellement sur cette pêche puisqu'elle est responsable de la grande majorité des débarquements de capelan de tout l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (Grégoire *et al.* 1995, 1996, 1997a, 1997b).

Chaque fréquence de longueur est constituée

MSY, primarily because otolith reading has been halted due to a lack of resources and the difficulty in reading capelin otoliths over the past few years. Without otolith reading, it is impossible to calculate annual age structure. To compensate for this disadvantage, Jones' Cohort Analysis and the Thompson and Bell Modified Yield Model were used to calculate the MSY associated with the commercial capelin fishery. These two models were not designed or adapted to work with catch at age, but rather with catch at length. They can compensate, to a certain extent, for the lack of information caused by the absence of an abundance survey specially designed for capelin. For the time being, two abundance indices are derived from capelin by-catches during an annual bottom trawl survey in the Gulf of St. Lawrence (Grégoire *et al.* 1997a). However, these indices are not necessarily representative of the abundance of a pelagic fish such as capelin.

## MATERIAL AND METHODS

### Annual catch at length

Annual catch at length is one of the input parameters of the Jones and Thompson and Bell models. It was determined on the basis of length frequency information gathered since 1984 in the purse seine fishery on the west coast of Newfoundland. The analyses covered essentially this fishery because it accounts for the vast majority of capelin landings throughout the entire St. Lawrence Gulf and Estuary (Grégoire *et al.* 1995, 1996, 1997a, 1997b).

Each length frequency is made up of

d'environ 250 capelans qui ont été choisis au hasard et mesurés au mm près. Des relations entre le poids et la longueur, basées sur les données biologiques recueillies au cours de la même période, ont été utilisées pour calculer les poids moyens associés à chaque classe de longueur. Ces poids, combinés à ceux des échantillons et des débarquements correspondants, ont été utilisés pour convertir les fréquences de longueur en captures à la longueur. Ces dernières ont été déterminées pour chaque sexe en raison des différences de taille observées entre mâles et femelles.

### Taux instantané de mortalité totale Z

Le taux instantané de mortalité totale Z est un second paramètre employé dans les modèles de Jones et de Thompson et Bell. Trois techniques différentes ont permis de calculer Z sur une base annuelle, pour les mâles et les femelles capturés entre 1984 et 1997.

La première technique consiste d'abord à construire une *courbe des captures* à partir des captures à la longueur. La valeur absolue de la pente de la partie linéaire descendante d'une telle courbe correspond à Z. Une revue des principes de base du calcul de Z à l'aide de la *courbe des captures* à l'âge est présentée par Beverton et Holt (1956), Chapman et Robson (1960), Robson et Chapman (1961) et Ricker (1975), puis par Pauly (1983b, 1984b, 1984c) et par Sparre et Venema (1992) en ce qui concerne la *courbe des captures* à la longueur. Cette dernière technique nécessite la connaissance des paramètres  $L_{\infty}$ , K et  $t_0$  du modèle de croissance de von Bertalanffy appliqué sur la longueur à l'âge. En raison du faible nombre d'échantillons recueillis annuellement, le calcul de ces paramètres s'est fait après avoir combiné toutes les années, sauf 1988, 1989 et 1992 où le modèle non linéaire NLIN (SAS Institute 1990) n'a pas convergé. Les paramètres n'ont pas été calculés depuis 1994

approximately 250 capelin selected at random and measured to the nearest mm. Weight-length relationships, based on biological data collected over the same period, were used to calculate the average weights associated with each length class. These weights, combined with the weights of the corresponding samples and landings, were used to convert length frequency into catch at length. Catch at length was determined for each sex on the basis of the length differences between males and females.

### Instantaneous rate of total mortality Z

The instantaneous rate of total mortality Z is another parameter used in the Jones and Thompson and Bell models. Three different techniques were used to calculate Z on an annual basis, for males and females caught between 1984 and 1997.

The first technique consists of constructing a *catch curve* based on catch at length. The absolute value of the slope of the descending straight-line segment of such a curve corresponds to Z. A review of the basic principles of calculating Z using the *catch curve* at age can be found in Beverton and Holt (1956), Chapman and Robson (1960), Robson and Chapman (1961) and Ricker (1975); Pauly (1983b, 1984b, 1984c) and Sparre and Venema (1992) discuss the *catch curve* at length. The latter technique requires knowledge of the  $L_{\infty}$ , K and  $t_0$  parameters of the von Bertalanffy growth model applied to length at age. Because of the small number of samples collected annually, the parameters were calculated after all the years were combined, except for 1988, 1989 and 1992, where the nonlinear NLIN model (SAS Institute 1990) did not converge. The parameters have not been calculated since 1994 because of the halt in otolith reading.

en raison de l'arrêt de la lecture des otolithes.

Selon cette technique, les paramètres de croissance sont utilisés pour calculer d'abord l'âge moyen associé à chaque classe de longueur. Pour ce faire, l'équation suivante est utilisée (Sparre et Venema 1992) :

$$(1) \quad t\left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) = t_0 - \frac{1}{K} * \ln\left(1 - \frac{L_1 + L_2}{2L_\infty}\right)$$

où  $L_1$  et  $L_2$  sont les bornes inférieure et supérieure des classes de longueur. Le temps nécessaire pour un poisson de passer de  $L_1$  à  $L_2$  se définit comme suit :

$$(2) \quad \Delta_t(L_1, L_2) = \frac{1}{K} * \ln\left(\frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2}\right)$$

De ces deux relations, la régression linéaire de la partie descendante de la *courbe des captures* à la longueur prend la forme suivante :

$$(3) \quad \ln\left(\frac{C(L_1, L_2)}{\Delta_t(L_1, L_2)}\right) = c - Z * t\left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right)$$

où  $C(L_1, L_2)$  représente la capture associée à une classe de longueur et  $c$  l'ordonnée à l'origine.

Les courbes des captures annuelles ont été construites de cette façon à l'aide du logiciel FiSAT (Gayanilo *et al.* 1994). FiSAT détermine aussi la première longueur pleinement recrutée qui doit être insérée dans les régressions linéaires. Ces dernières ont été appliquées en excluant parfois certaines longueurs dont les valeurs étaient très proches de  $L_\infty$ .

La seconde technique utilisée pour déterminer les valeurs annuelles de  $Z$  porte le nom de *Jones-van Zalinge* (Sparre et Venema 1992). Selon cette technique,  $Z$  est calculée à partir

According to this technique, the growth parameters are used first to calculate the average age associated with each length class. The following equation is used for this purpose (Sparre and Venema 1992):

$$(1) \quad t\left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) = t_0 - \frac{1}{K} * \ln\left(1 - \frac{L_1 + L_2}{2L_\infty}\right)$$

where  $L_1$  and  $L_2$  are the lower and upper limits of the length class. The time required for a fish to go from which  $L_1$  and  $L_2$  is defined as follows:

$$(2) \quad \Delta_t(L_1, L_2) = \frac{1}{K} * \ln\left(\frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2}\right)$$

On the basis of these two relationships, linear regression of the descending segment of the *catch curve* at length takes the following form:

$$(3) \quad \ln\left(\frac{C(L_1, L_2)}{\Delta_t(L_1, L_2)}\right) = c - Z * t\left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right)$$

where  $C(L_1, L_2)$  represents the catch associated with a length class and  $c$  the intercept.

Annual catch curves were constructed in this fashion using FiSAT software (Gayanilo *et al.* 1994). FiSAT also determines the first fully recruited length to be used in the linear regressions. These were applied with the occasional exclusion of certain lengths whose values were very close to  $L_\infty$ .

The second technique used to determine annual values for  $Z$  is called *Jones-van Zalinge* (Sparre and Venema 1992).  $Z$  is derived from the slope of the ascending

de la pente de la partie linéaire ascendante d'une courbe des captures cumulatives à la longueur. Cette dernière est aussi tirée des captures à la longueur annuelles. L'équation de *Jones-van Zalinge* se définit comme suit :

$$(4) \ln C(L, L_{\infty}) = a + \left( \frac{Z}{K} \right)^* \ln (L_{\infty} - L)$$

où  $C(L, L_{\infty})$  représente les captures cumulatives associées à chaque classe de longueur,  $a$  une constante et  $Z/K$  la pente de la droite. FiSAT permet aussi l'utilisation de cette technique (Gayanilo *et al.* 1994).

Finalement, l'équation dite de *Beverton et Holt* constitue la troisième technique employée pour déterminer  $Z$ . Cette équation a la forme suivante :

$$(5) Z = K * \left( \frac{L_{\infty} - \bar{L}}{\bar{L} - L'} \right)$$

où  $\bar{L}$  et  $L'$  représentent respectivement la taille moyenne et la taille à la première capture. Le choix de ce dernier paramètre est délicat et présente les mêmes problèmes que le choix, sur une courbe des captures à l'âge ou à la longueur, du premier point pleinement recruté. Pour cette raison,  $L'$  a été défini arbitrairement comme étant la longueur, sur la courbe des captures cumulatives, où au moins 25% des capelans sont capturés. Les courbes des captures cumulatives annuelles ont été modélisées à l'aide de la procédure NLIN de SAS (SAS Institute 1990). Les paramètres de ces courbes ont permis de déterminer pour chaque sexe les valeurs annuelles de  $L'$ .

### Analyse de Cohorte, Modèle de Jones

Cette analyse est basée sur l'équation des captures définie par Pope (1972) :

straight-line segment of a cumulative catch curve at length. The latter is also taken from annual catches at length. The *Jones-van Zalinge* equation is as follows:

$$(4) \ln C(L, L_{\infty}) = a + \left( \frac{Z}{K} \right)^* \ln (L_{\infty} - L)$$

where  $C(L, L_{\infty})$  represents the cumulative catches associated with each length class,  $a$  a constant, and  $Z/K$  the slope of the straight line. This technique can also be used with FiSAT (Gayanilo *et al.* 1994).

The *Beverton-Holt* equation is the third technique used to determine  $Z$ . This equation is as follows:

$$(5) Z = K * \left( \frac{L_{\infty} - \bar{L}}{\bar{L} - L'} \right)$$

where  $\bar{L}$  and  $L'$  represent respectively average length and length at first catch. The selection of the latter parameter is tricky and poses the same problems as the selection of the first fully recruited point on a catch curve at age or length. Consequently,  $L'$  has been arbitrarily defined as the length, on the cumulative catch curve, where at least 25% of capelin are caught. The annual cumulative catch curves were modelled using the SAS NLIN procedure (SAS Institute 1990). The parameters of these curves were used to determine the annual values of  $L'$  for each sex.

### Jones' Cohort Analysis Model

This analysis is based on the catch equation defined by Pope (1972):

$$(6) N_{(t)} = [N_{(t+\Delta)} * e^{(M*\Delta/2)} + C_{(t,t+\Delta)}] * e^{(M*\Delta/2)}$$

où **M** représente le taux instantané de mortalité naturelle, et **N<sub>t</sub>** et **C<sub>t</sub>** les nombres et les captures à l'âge au temps **t**. Le modèle de l'Analyse de Cohorte de Jones ne s'applique que sur une année seulement. Les classes de longueur sont d'abord converties en intervalles d'âge par l'équation suivante :

$$(7) (L_1) = 0 - \frac{1}{K} * \ln\left(1 - \frac{L_1}{L_\infty}\right)$$

La version modifiée de l'équation de Pope prend alors la forme qui suit :

$$(8) N(L_1) = [N(L_2) * H(L_1, L_2) + C(L_1, L_2)] * H(L_1, L_2)$$

où:

$$(9) H(L_1, L_2) = e^{(M*\Delta_t/2)} = \left[ \frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2} \right]^{M/2K}$$

La valeur de **M** à introduire dans l'équation 9 est considérée comme étant constante d'une classe de longueur à l'autre ce qui n'est pas réellement le cas pour **F** et par conséquent pour **Z**. Les valeurs de **F/Z** et de **F** pour chaque classe de longueur, à l'exception de la dernière, se définissent par :

$$(10) \frac{F}{Z} = C(L_1, L_2) / [N(L_1) - N(L_2)]$$

et

$$(11) F = \frac{[M * F/Z]}{[(1 - F/Z)]}$$

Dans le cas de la dernière classe de longueur, **F** de même que **F/Z**, sont fixés arbitrairement. Puisque **Z** est connu, il est donc possible de déterminer la valeur de **M** à être utilisée dans l'équation 9 afin de calculer par la suite l'abondance, en nombre par classe de longueur, à l'aide de l'équation 8.

$$(6) N_{(t)} = [N_{(t+\Delta)} * e^{(M*\Delta/2)} + C_{(t,t+\Delta)}] * e^{(M*\Delta/2)}$$

where **M** represents the instantaneous natural mortality rate, and **N<sub>t</sub>** and **C<sub>t</sub>** numbers and catches at age at time **t**. Jones' Cohort Analysis Model applies over one year only. Length classes are first converted into age intervals using the following equation:

$$(7) (L_1) = 0 - \frac{1}{K} * \ln\left(1 - \frac{L_1}{L_\infty}\right)$$

The modified version of the Pope equation is as follows:

$$(8) N(L_1) = [N(L_2) * H(L_1, L_2) + C(L_1, L_2)] * H(L_1, L_2)$$

where:

$$(9) H(L_1, L_2) = e^{(M*\Delta_t/2)} = \left[ \frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2} \right]^{M/2K}$$

The value of **M** to be introduced into equation 9 is considered constant from one length class to another, which is not really the case for **F** and therefore for **Z**. The values for **F/Z** and **F** for each length class, except for the last one, are defined as:

$$(10) \frac{F}{Z} = C(L_1, L_2) / [N(L_1) - N(L_2)]$$

and

$$(11) F = \frac{[M * F/Z]}{[(1 - F/Z)]}$$

For the final length class, **F** and **F/Z** are set arbitrarily. Since **Z** is known, it is possible to determine the value of **M** to be used in equation 9 in order to subsequently calculate abundance, in numbers by length class, using equation 8. However, in the specific case of the final length class, the value of **N**

Cependant, dans le cas précis de la dernière classe de longueur, la valeur de N correspond au rapport entre la capture et le taux d'exploitation (terminal) F/Z.

Les nombres à la longueur ainsi calculés ont permis de déterminer la biomasse moyenne et le rendement moyen en capelan par classe de longueur. Pour ce faire, ils ont d'abord été convertis en nombres moyens en utilisant l'équation suivante :

$$(12) \bar{N}(L_1, L_2) = [N(L_1) - N(L_2)] / (Z * \Delta_t(L_1, L_2))$$

Connaissant les nombres moyens par classe de longueur, la biomasse moyenne et le rendement moyen ont été exprimés par la suite par :

$$(13) \bar{B}(L_1, L_2) = \bar{N}(L_1, L_2) * \bar{w}(L_1, L_2)$$

et

$$(14) \bar{Y}(L_1, L_2) = C(L_1, L_2) * \bar{w}(L_1, L_2)$$

où:

$$\bar{w}(L_1, L_2) = q * [(L_1 + L_2) / 2]^b$$

Les paramètres **q** et **b** de cette dernière équation représentent les constantes de la relation non linéaire entre le poids (g) et la longueur (mm). Finalement, la biomasse totale de même que le rendement total sont déterminés en effectuant la somme de toutes les valeurs obtenues pour chaque classe de longueur.

L'analyse de cohorte a été effectuée à l'aide de FishLab (Kell et Smith 1997) sur les captures à la longueur de 1996. La valeur de Z utilisée dans cette analyse a été tirée des résultats provenant des trois techniques décrites précédemment. Tout en gardant cette valeur constante, différents calculs ont été effectués en variant à chaque fois le taux

corresponds to the ratio between the catch and the (terminal) exploitation rate F/Z.

The numbers at length derived in this way were used to determine average biomass and average yield of capelin by length class. To do this, they were first converted into average numbers using the following equation:

$$(12) \bar{N}(L_1, L_2) = [N(L_1) - N(L_2)] / (Z * \Delta_t(L_1, L_2))$$

Knowing the average numbers by length class, average biomass and average yield were then expressed as:

$$(13) \bar{B}(L_1, L_2) = \bar{N}(L_1, L_2) * \bar{w}(L_1, L_2)$$

and

$$(14) \bar{Y}(L_1, L_2) = C(L_1, L_2) * \bar{w}(L_1, L_2)$$

where:

$$\bar{w}(L_1, L_2) = q * [(L_1 + L_2) / 2]^b$$

The parameters **q** and **b** in the latter equation represent the constants in the nonlinear relationship between weight (g) and length (mm). Finally, total biomass and total yield are determined by adding together all the values obtained for each length class.

The cohort analysis was done using FishLab (Kell and Smith 1997) on 1996 catches at length. The value of Z in this analysis was taken from the results of the three techniques described above. With the value of Z held constant, various calculations were made, each time varying the exploitation rate. Thus, it was possible to describe, for the same value

d'exploitation. De cette façon, il a été possible de décrire, pour une même valeur de **Z**, l'effet de différentes combinaisons de **M** et **F** sur l'estimation de biomasse.

### **Modèle de Thompson et Bell**

Le Modèle de Thompson et Bell a été appliqué sur les captures à la longueur calculées en 1996 et 1997 dans le but de situer l'effort de pêche actuel par rapport à celui correspondant au RMS. Des estimations de biomasse et de rendement ont donc été effectuées en gardant **M** fixe et en variant graduellement la valeur de **F**, et par le fait même celles de **Z** ou de **F/Z** de  $X$  fois. Le rapport entre **F/Z** a été fixé à 0.005 et s'explique parce qu'il est généralement reconnu que **F**, chez le capelan du golfe du Saint-Laurent, est de beaucoup inférieure à **M**. Au cas où cette affirmation s'avérerait fausse, d'autres estimations ont été calculées en utilisant cette fois des valeurs de départ de **F/Z** plus élevées, allant de 0.01 à 0.5. Les valeurs initiales de **Z** proviennent des trois techniques de calcul basées sur les captures à la longueur.

## RÉSULTATS

### **Longueur moyenne et capture à la longueur**

Chez les femelles, les longueurs moyennes annuelles les plus élevées ont été observées entre 1984 et 1991 (Tableau 1). Au cours de cette période, elles n'ont été inférieures à 150 mm qu'à deux reprises, soit en 1985 et 1990. Par contre, elles ont diminué de façon importante entre 1991 et 1994, passant de 153 mm à 136 mm. Après un arrêt prématûr de la pêche en 1994, et l'absence de pêche en 1995, elles ont augmenté à près de 145 mm en 1996 et 1997. Les longueurs moyennes

**Z**, the effect of various combinations of **M** and **F** on the biomass estimate.

### **Thompson and Bell Model**

The Thompson and Bell model was applied to catch at length calculated in 1996 and 1997 in order to situate the current fishing effort in relation to the fishing effort corresponding to MSY. Biomass and yield estimates were made by keeping **M** fixed and gradually varying the value of **F** and, in so doing, varying the values of **Z** or **F/Z** by  $X$  times. The **F/Z** ratio was set at 0.005, because it is generally recognized that **F** in Gulf of St. Lawrence capelin is much lower than **M**. In case this proved false, other estimates were calculated, this time using higher starting values for **F/Z**, ranging from 0.01 to 0.5. The initial values for **Z** come from the three calculation techniques based on catch at length.

## RESULTS

### **Average length and catch at length**

The highest average annual lengths in females were observed between 1984 and 1991 (Table 1). During this period, they fell below 150 mm only twice, in 1985 and 1990. However, they fell substantially between 1991 and 1994, from 153 mm to 136 mm. After a shortened fishery in 1994 and a fishery closure in 1995, average annual lengths increased to almost 145 mm in 1996 and 1997. The average lengths of males also fell between 1991 and 1994, from 170 mm to 157

des mâles ont aussi diminué entre 1991 et 1994, passant alors de 170 mm à 157 mm (Tableau 2).

Les captures à la longueur des femelles sont dominées généralement par deux à quatre classes de longueur (Annexe 2). Par contre, chez les mâles, elles sont caractérisées par la présence de deux classes qui comptent dans la plupart des cas pour plus de 50% de toutes les captures.

### Taux instantané de mortalité totale Z

Selon la technique de la *courbe des captures*, les valeurs annuelles de **Z** ont varié entre 1984 et 1997 de 1.13 à 3.55 pour les femelles et de 1.08 à 3.93 pour les mâles (Figures 1 et 2 ; Tableau 3). Des résultats similaires ont été obtenus par la technique de *Jones-van Zalinge* (Figures 3 et 4 ; Tableau 3). Quant à l'équation de *Beverton et Holt*, c'est elle qui a produit les plus petites valeurs annuelles de **Z** ainsi que les plus petits écart-types associés aux moyennes calculées pour chaque technique (Figures 5 et 6 ; Tableau 3). De plus, des résultats similaires aux deux premières techniques seraient produits dans le cas de l'équation de *Beverton et Holt* si le choix de  $L'$  avait porté sur la longueur, sur une courbe des captures cumulatives, où environ 30% des capelans sont capturés.

Malgré ces différences, les trois techniques présentent les mêmes tendances dans les variations annuelles de **Z**. Par exemple, chez les femelles, une diminution graduelle de **Z** est d'abord observée entre 1984 et 1988. Elle est par la suite suivie d'une augmentation significative en 1989 (Figure 7). Peu de variations sont observées jusqu'en 1994 mais **Z** a de nouveau diminué entre 1996 et 1997 dans le cas des trois techniques. La diminution la plus importante se retrouve pour les valeurs de **Z** calculées selon l'équation de *Beverton et Holt*.

mm (Table 2).

Catches at length of females are generally dominated by two to four length classes (Appendix 2). However, in males, there are two classes which, in most cases, account for over 50% of all catches.

### Instantaneous rate of total mortality Z

With the *catch curve* technique, the annual values for **Z** varied between 1984 and 1997 by 1.13 to 3.55 for females, and 1.08 to 3.93 for males (Figures 1 and 2; Table 3). Similar results were produced by the *Jones-van Zalinge* technique (Figures 3 and 4; Table 3). The *Beverton-Holt* equation produced the smallest annual values for **Z** and the smallest standard deviations associated with the averages calculated for each technique (Figures 5 and 6; Table 3). In addition, results similar to the first two techniques would be produced by the *Beverton-Holt* equation if the choice of  $L'$  were based on length, on a cumulative catch curve, where approximately 30% of capelin are caught.

Despite these differences, the three techniques show the same trends in annual variations of **Z**. For example, a gradual decline in **Z** was first observed for the females between 1984 and 1988. It was followed by a significant increase in 1989 (Figure 7). Few variations were observed until 1994, but **Z** again declined between 1996 and 1997 for the three techniques. The most important decrease is observed for the **Z** values calculated with the *Beverton-Holt* equation.

Ce profil des changements annuels de **Z** est aussi observé chez les mâles. Cependant, les résultats des trois techniques présentent des différences plus importantes et des tendances opposées sont même observées entre 1996 et 1997 (Figure 7).

Entre 1989 et 1994, la valeur moyenne des **Z** calculées par les trois techniques a été de 2.20. Cette valeur ne concerne que les femelles seulement. Les mâles n'ont pas été inclus en raison des différences plus marquées dans les valeurs de **Z** entre les trois techniques. En 1996 et 1997, les valeurs moyennes de **Z** ont été estimées à 3.20 et 2.90 respectivement. Elles ont été calculées à la fois pour les mâles et les femelles.

Les deux tableaux suivants présentent les diverses combinaisons de **Z** qui ont été utilisées dans l'analyse de cohorte ou le modèle de rendement. Elles ne sont appliquées que sur les captures à la longueur des femelles puisque la pêche à la seine est dirigée spécifiquement sur ces dernières.

#### **POUR LES CAPTURES À LA LONGUEUR DE 1996**

Options:

- 1) **Z=2.20**, la moyenne des trois techniques pour 1989-94.
- 2) **Z=3.20**, la moyenne des trois techniques pour 1996.

#### **POUR LES CAPTURES À LA LONGUEUR DE 1997**

Option:

- 3) **Z=2.90**, la moyenne des trois techniques pour 1997.

This profile of annual changes in **Z** is also observed in males. However, the results of the three techniques differ more widely, and opposing trends were even observed between 1996 and 1997 (Figure 7).

Between 1989 and 1994, the average value of **Z** calculated with the three techniques was 2.20. This value concerns only the females. Males were not included because of the greater differences observed in the **Z** values between the three techniques. In 1996 and 1997, average **Z** values were estimated at 3.20 and 2.90 respectively. They have been calculated for males and females.

The two tables below show the various combinations of **Z** that were used in the Cohort analysis and yield model. They are applied only on the females catch at length because the purse seine fishery is sought specifically on them.

#### **FOR 1996 CATCHES AT LENGTH**

Options:

- 1) **Z=2.20**, the average of the three techniques for 1989-94.
- 2) **Z=3.20**, the average of the three techniques for 1996.

#### **FOR 1997 CATCHES AT LENGTH**

Option:

- 3) **Z=2.90**, the average of the three techniques for 1997.

#### **Analyse de Cohorte, Modèle de Jones**

Lorsque **Z** est gardé constant, l'analyse de cohorte révèle qu'une augmentation de **F**, ou

#### **Jones' Cohort Analysis Model**

When **Z** is kept constant, cohort analysis shows that an increase in **F**, or a decrease in

une diminution de **M**, ne se traduit pas par des changements dans le rendement. Ce dernier demeure à 2,367 t (Tableau 4). Par contre, l'image que l'on obtient de la biomasse est très différente selon le rapport entre **M** et **F**. Pour une valeur de **Z** constante, une augmentation de **F** se traduit par une biomasse moins élevée. Par exemple, pour **Z**=2.20 et **F**=0.01, la biomasse calculée est de 152,151 t. Elle passe cependant à 5,931 t lorsque **F** est de 1.10 (Tableau 4). En d'autres mots, l'Analyse de Cohorte de Jones révèle que pour une valeur donnée de **Z**, la biomasse calculée sera d'autant plus élevée que la valeur de **M** l'est par rapport à celle de **F**.

### Modèle de Thompson et Bell

Selon l'option 1, une augmentation de **F** jusqu'à un facteur de 5 se traduit par une légère diminution de la biomasse estimée (Figure 8). Cette augmentation de **F**, pour une valeur de **M** fixe, s'accompagne d'une augmentation rapide du rendement, ce dernier passant de 2,367 t à plus de 10,000 t. L'augmentation du rendement sera par contre moins grande, de même que l'estimation de la biomasse projetée, si la valeur de **M** fixée au départ est en réalité plus petite que prévue (Figure 9). Pour une valeur de **F** inférieure à la situation actuelle, le rendement projeté par le modèle va diminuer mais cette diminution sera plus lente pour de petites valeurs de **M**. Lorsqu'on augmente la valeur initiale de **Z** comme dans le cas de l'option 2, les variations anticipées dans le rendement, selon les valeurs prises par **M**, demeurent semblables à celles rencontrées dans l'option 1 (Figure 10). Par contre, les valeurs projetées de biomasse sont beaucoup plus élevées. Des résultats similaires sont aussi observés lorsque les captures à la longueur de 1997 sont utilisées, selon l'option 3, avec une valeur de **Z** fixée au départ à 2.90 (Figure 11).

**M**, does not result in changes in yield. Yield remains at 2,367 t (Table 4). However, the picture of the biomass varies widely, depending on the relationship between **M** and **F**. For a constant value of **Z**, an increase in **F** produces a lower biomass. For example, for **Z**=2.20 and **F**=0.01, the biomass is calculated at 152,151 t. It decreases to 5,931 t, however, when **F** is 1.10 (Table 4). In other words, Jones' Cohort Analysis Model shows that, for a given value **Z**, the calculated biomass will increase by an amount proportional to the increase of **M** over **F**.

### Thompson and Bell Model

Under option 1, an increase in **F** up to a factor of 5 produces a slight decrease in the estimated biomass (Figure 8). This increase in **F**, for a fixed value of **M**, is accompanied by a rapid increase in yield, from 2,367 t to over 10,000 t. The increase in yield will be smaller, on the other hand, as will the estimate of the projected biomass, if the starting value of **M** is in fact smaller than predicted (Figure 9). For a value of **F** lower than in the present situation, the yield projected by the model will decline, but more slowly for smaller values of **M**. When the initial value of **Z** is increased, as in option 2, the anticipated variations in yield, depending on the values assumed by **M**, remain similar to those found in option 1 (Figure 10). On the other hand, the projected biomass values are much higher. Similar results are also noted when the 1997 catches at length are used, according to option 3, with the starting value of **Z** set at 2.90 (Figure 11).

## DISCUSSION

L'utilisation du Modèle de Thompson et Bell sur les captures à la longueur des femelles capelan n'a pas réellement permis de déterminer le niveau de l'effort de pêche correspondant au **RMS**. Quelle que soit l'augmentation donnée à **F**, on retrouve toujours une augmentation du rendement accompagnée d'une légère diminution de la biomasse. En d'autres mots, cela signifie que la pêche commerciale n'est pas une composante majeure dans la mortalité totale du capelan. Cet énoncé est largement confirmé lorsqu'on compare les débarquements annuels de capelan par rapport à ce qui est capturé par certains de ses prédateurs. Par exemple, la consommation des phoques, toutes espèces combinées et pour le nord du golfe du Saint-Laurent (Divisions 4R et 4S), a été estimée dernièrement à 310,176 t (Hammil et Stenson 1997) comparativement à des débarquements de l'ordre de 6,000 t pour la pêche à la trappe et à la seine sur la côte ouest de Terre-Neuve. De tels chiffres indiquent bien l'importance du capelan dans l'alimentation des mammifères marins.

Les deux modèles d'analyse employés lors de la présente étude n'ont pas été utilisés dans le but de déterminer une estimation précise de biomasse. Ils ne remplacent pas une évaluation conventionnelle de biomasse provenant d'une mission d'évaluation. Il faut convenir que ces modèles comportent certaines limites. Par exemple, l'Analyse de Cohorte de Jones est effectuée non pas sur une cohorte réelle, mais plutôt sur une "*pseudo-cohorte*", représentée ici par les captures à la longueur de 1996. Un tel remplacement repose sur l'hypothèse d'un système à paramètres constants (Sparre et Venema 1992). Pour ce faire, on admet que l'ensemble des classes de longueur capturées au cours d'une année donnée reflète celui d'une seule cohorte pendant toute la durée de

## DISCUSSION

The use of the Thompson and Bell model for catches at length of female capelin did not really determine the level of fishing effort corresponding to **MSY**. Regardless of the increase made to **F**, there is always an increase in yield accompanied by a slight decrease in biomass. In other words, the commercial fishery is not a major factor in total capelin mortality. This statement is confirmed by the comparison of annual capelin landings with the amount of fish caught by some capelin predators. For example, consumption by seals, all species combined, in the northern Gulf of St. Lawrence (Divisions 4R and 4S) was estimated recently at 310,176 t (Hammil and Stenson 1997), compared to landings on the order of 6,000 t for the trap and seine fisheries on the west coast of Newfoundland. Such figures clearly demonstrate the importance of capelin as a food for the marine mammals.

The two models of analysis employed in this study were not used to produce an accurate biomass estimate. They do not replace a conventional biomass estimate from an assessment survey. The models do have some limitations. For example, Jones' Cohort Analysis is not performed on a real cohort, but on a "*pseudo-cohort*," represented here by 1996 catches at length. Such substitution assumes a system with constant parameters (Sparre and Venema 1992). It is assumed that the set of length classes caught during a given year reflects that of a single cohort during its entire life. The techniques for estimating **Z** also rest on such an assumption, and it is never actually verified in reality. Sparre and Venema (1992) nonetheless suggest doing an analysis that

sa vie. Les techniques d'estimation de  $Z$  reposent aussi sur la présence d'un tel système. Cette hypothèse n'est jamais strictement vérifiée dans la réalité. Par contre, Sparre et Venema (1992) suggèrent d'effectuer quand même une analyse qui repose sur cette hypothèse tout en reconnaissant ses limites. De plus, étant donné aussi que l'Analyse de Cohorte de Jones repose sur l'équation de Pope, elle en comporte aussi les mêmes limites.

rests on this assumption, while acknowledging its limitations. Since Jones' Cohort Analysis rests on the Pope equation, it has the same limitations as well.

## RÉFÉRENCES / REFERENCES

- Baranov, F. I. 1914. The capture of fish by gillnets. Mater. Poznaniyu Russ. Rybolov. 3(6): 56-99  
(Partially translated from Russian by W.E. Ricker).
- Beverton, R. J. H., and S. J. Holt. 1956. A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling. Rapp. P.-V. Réun. CIEM. 140: 67-83.
- Beverton, R. J. H., and S. J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food. No.19. 533p.
- Beverton, R. J. H., and S. J. Holt. 1959. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. In: CIBA Foundation, colloquia on ageing. Vol. 5. The lifespan of animals, ed. by G. E. W. Wolstenholme and M. O'Connor. London, Churchill, Vol. 5:142-180.
- Chapman, D. G., and D. S. Robson. 1960. The analysis of a catch curve. Biometrics. 16(3): 354-368.
- Kell, L. T., and M. T. Smith. 1997. FishLab. Version 1.1. CEFAS. Lowestoft Laboratory, Pakefield Road. Lowestoft, Suffolk. UK.
- Gayanilo, F. C., Sparre, P., and D. Pauly. 1994. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT) User's Guide. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.126 p.
- Grégoire, F., Hurtubise, S., Archambault, D., Morneau, R., et H. Bouchard. 1995. Analyses des données de pêche et de recherche sur le capelan (*Mallotus villosus*) du golfe du Saint-Laurent. MPO Pêches de l'Atlantique. Document de Recherche 95/55. 64p.

- Grégoire, F., Lévesque, C., et H. Bouchard. 1996. La situation du capelan (*Mallotus villosus*) de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent en 1995. MPO Pêches de l'Atlantique. Document de Recherche 96/54. 75p.
- Grégoire, F., Lévesque, C., and J. Hudon. 1997a. Description of the capelin (*Mallotus villosus*) fishery in the Estuary and Gulf of St. Lawrence, 1996. Department of Fisheries ad Oceans. Canadian Stock Assessment Secretariat. Research Document 97/15. 52p.
- Grégoire, F., Poirier, G., Chouinard, G., and C. Lévesque. 1997b. Capelin (*Mallotus villosus*) catches, landings and abundance in the Estuary and Gulf of St. Lawrence. DFO Canadian Stock Assessment Secretariat. Research Document 97/122. 61p.
- Hammil, M.O., and G.B. Stenson. 1997. Estimated prey consumption by Harp Seals (*Phoca groenlandica*), Grey Seals (*Halichoerus grypus*), Harbour Seals (*Phoca vitulina*), and Hooded Seals (*Cystophora cristata*) in the Northwest Atlantic. NAFO SCR Doc. 97/40.
- Pauly, D. 1980. A selection of simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO. Fish. Circ. No. 729. 54p.
- Pauly, D. 1981. Tropical stock assessment package for programmable calculators and micro-computers. ICLARM Newslet. No. 4(3).
- Pauly, D. 1983a. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fish. Tech. Pap. No. 234. 52p.
- Pauly, D. 1983b. Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics. (Part I). ICLARM Fishbyte 1(2): 9-13.
- Pauly, D. 1984a. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM Stud. Rev. No. 8. 325p.
- Pauly, D. 1984b. Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics. (Part II). ICLARM Fishbyte, No. 2 (1).
- Pauly, D. 1984c. Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics. (III: Conclusion). ICLARM Fishbyte, No. 2 (3).
- Pauly, D. 1987. A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. ICLARM. Conf. Proc. 13: 7-34.
- Pauly, D. 1990. Can we use traditional length-based fish stock assessment when growth is seasonal ? Fishbyte, No. 8(3).
- Pauly, D., and G. R. Morgan (Eds). 1987. Length-based methods in fisheries research. ICLARM Conf. Proc. No. 13. 468p.

- Pauly, D., and G. I. Murphy (Eds). 1982. Theory and management of tropical fisheries. ICLARM Conf. Proc. No. 9. 360p.
- Pope, J. G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. ICNAF. 9: 65-74.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 191. 382p.
- Robson, D. S., and D. G. Chapman. 1961. Catch curves and mortality rates. Trans. Am. Fish. Soc. 90(2): 181-189.
- SAS Institute. 1990. SAS/STAT User's Guide. Version 6, Fourth Edition. Vol. 2. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA. 1686p.
- Sparre, P., and S.C. Venema. 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1-Manual. FAO Fisheries Technical Paper. 306/1. Rev.1. 375p.
- Thompson, W. F., and F. H. Bell. 1934. Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2. Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. Rep. Int. Fish. Pacific Halibut Comm. 8. 49p.

Tableau 1. Capture à la longueur chez les capelans femelles capturées à la seine bourse dans la Division de l'OPANO 4R entre 1984 et 1997.  
 Table 1. Catch at length for the female capelin caught by purse seine in NAFO division 4R between 1984 and 1997.

CLASSE DE LONGEUR / LENGTH CLASS (mm)	ANNÉE / YEAR													
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995*	1996**	1997**
110														
115														
120														
125	225152	901016		113841	70597	107042	680968	173373	1765103	9983470	2630179		80338	225120
130	731746	2332043		341523	1623732	428168	2996257	866865	8689736	27902518	5260360		160676	1800960
135	1913796	6254114		1252250	3423958	2461969	8307804	4334327	13034605	40957824	3381660		6266364	8554560
140	3658728	11183204	1932916	2333739	7836274	7814075	18930897	11615997	17107919	35198130	3005920		18236726	14857920
145	6641998	13833252	5168450	3472148	12778069	22585888	23833863	22711874	24575661	34302178	3005919		36553781	29040480
150	9006100	11183204	12521936	5862808	12107396	38428123	20565219	29473425	27562758	26494593	1127220		26109848	23750160
155	8386930	9222168	17858465	4610558	10201276	29115458	19475671	30340290	25797655	17407075	1001974		15103544	16884000
160	6810863	5989109	21640258	2675262	7412692	21087298	9669739	19071040	13306159	9855476	250494		3293858	7316400
165	3827592	3127057	14454852	2049137	6671423	8456328	5720127	12309489	6924634	6399660	125247		1526422	3151680
170	844322	1484027	6639147	1138409	4694705	3318306	1634322	4507700	3937537	2047891			241014	787920
175	112576	371007	1806856	455364	2612091	856337	544774	1907104	1221994	1151939			80338	112560
180		106002	378179		1411941	856337				543109				225120
185		106002	294139		1200150	107042								
190			42020		1235449	1070421								
195					917762	107042								
200						176493								
205						70597		136194						
210						35299								
Moyenne / Mean (mm)	151.62	147.80	158.20	151.87	154.65	152.99	148.43	152.54	148.40	142.01	136.02		144.47	144.70
Débarquements / Landings (t)***	1673	2355	3539	841	3260	6010	4175	6952	6773	6719	580		5231	6575

\* Pêche fermée en 1995 / Fishery closed in 1995.

\*\* Données préliminaires / Preliminary Data.

\*\*\* Mâles et femelles / Males and females.

Tableau 2. Capture à la longueur chez les capelans mâles capturés à la seine bourse dans la Division de l'OPANO 4R entre 1984 et 1997.  
 Table 2. Catch at length for the male capelin caught by purse seine in NAFO division 4R between 1984 and 1997.

CLASSE DE LONGUEUR / LENGTH CLASS (mm)	ANNÉE / YEAR													
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995*	1996**	1997**
110														
115														
120														
125														
130														
135														
140	318006													
145	848015				35299									
150	112576	1696031		113841	247090		272387	693492	4209091	11647381	751480	3534872	7203840	
155	450305	2491045	42020	341523	1623732		2996257	4334327	10590616	21886837	4007893	14541178	24312960	
160	1744932	5194095	1050498	1252250	5047690	535211	9397352	11269251	17515250	23806735	3256414	32135192	41872318	
165	3771304	10176186	5840769	2504500	9707096	1712674	19884251	28259813	31364518	31230341	1377714	35107695	48738470	
170	6585710	8374153	8235904	3187546	9883589	10811255	17841349	31033783	30278301	13823266	751480	1401854	26113916	
175	7036015	5035092	12185776	1366091	7412692	25261941	13346963	36234975	24168330	4479762		3936562	4614960	
180	4390474	2279042	12774055	1593773	5753661	34360522	2860064	13523101	10454839	767959		482028	675360	
185	731746	954017	5168450	284602	4659406	18625330	408581	4681073	3122874	383980		160676	112560	
190	168864	106002	924438	113841	2647390	6850696		173373	543109					
195			126060		917762	2461969		173373	271554					
200					423582	428168								
205					141194	107042								
210					70597									
Moyenne / Mean (mm)	171.93	166.25	175.34	169.71	172.71	179.39	167.88	170.47	167.71	159.57	157.36	161.64	162.29	
Débarquements / Landings (t) ***	1673	2355	3539	841	3260	6010	4175	6952	6773	6719	580	5231	6575	

\* Pêche fermée en 1995 / Fishery closed in 1995.

\*\* Données préliminaires / Preliminary Data.

\*\*\* Mâles et femelles / Males and females.

Tableau 3. Taux instantanés de mortalité totale Z calculés selon trois techniques différentes pour le capelan capturé par la seine bourse dans la division 4R.

*Table 3. Instantaneous rate of total mortality Z calculated by three different techniques for the capelin caught by purse seine in division 4R.*

ANNÉE / YEAR	TECHNIQUE					
	COURBE DE CAPTURE / CATCH CURVE		GRAPHIQUE JONES - van ZALINGE / JONES - van ZALINGE PLOT		ÉQUATION DE Z DE BEVERTON-HOLT / BEVERTON AND HOLT Z-EQUATION ****	
	F*	M**	F*	M**	F*	M**
1984	3.10	2.62	2.55	2.80	2.14	1.93
1985	2.29	2.36	2.18	1.98	2.02	1.96
1986	2.25	2.48	2.49	2.60	2.03	1.70
1987	1.73	1.93	1.77	2.13	1.96	*****
1988	1.13	1.08	1.01	1.10	1.34	1.30
1989	2.19	2.68	2.08	3.07	2.12	*****
1990	2.36	3.10	2.55	3.01	2.12	2.17
1991	2.11	2.79	2.42	2.48	2.06	1.92
1992	2.13	2.29	2.21	2.05	1.98	1.86
1993	1.87	2.73	2.05	3.05	2.04	2.29
1994	2.37	2.25	2.15	2.88	*****	*****
1995***	—	—	—	—	—	—
1996	3.55	3.55	3.56	3.66	2.68	2.42
1997	3.19	3.93	2.80	4.11	1.70	1.74
<b>Moyenne / Mean</b>	<b>2.33</b>	<b>2.60</b>	<b>2.29</b>	<b>2.69</b>	<b>2.02</b>	<b>1.93</b>
<b>Écart-Type / S. Deviation</b>	<b>0.64</b>	<b>0.71</b>	<b>0.59</b>	<b>0.77</b>	<b>0.31</b>	<b>0.32</b>

\* Femelle / Female.

\*\* Mâle / Male .

\*\*\* Pêche fermée en 1995 / Fishery closed in 1995.

\*\*\*\* Pour la limite inférieure du modèle, correspondant à  $L_{25}$  / For the model lower limit, corresponding to  $L_{25}$ .

\*\*\*\*\* Non convergence du modèle non linéaire (NLIN) de SAS / No convergency for the SAS nonlinear model (NLIN).

Tableau 4. Biomasses (t) et rendements (t) en femelles calculés à partir des captures à la longueur observées en 1996 pour différents taux d'exploitation F/Z et Z fixée à 2.20\* (les nombres encadrés de gris représentent les F terminaux).

Table 4 . Females biomass (t) and yields (t) calculated from the 1996 catch at length for different exploitation rates F/Z and Z fixed at 2.20\* (the figures in the grey rectangles are the terminal F ).

F/Z	L. INFÉRIEURE LOWER LIMIT (mm)	CAPTURE / CATCH ('000)	M	SURVIVANTS / SURVIVORS	TAUX D'EXPLOITATION / EXPLOITATION RATES	F	Z	NOMBRE MOYEN MEAN NUMBER	F delta t	BIOMASSE / BIOMASS (t)	RENDEMENT / YIELD (t)
0.005	115	80.34	<b>2.19</b>	31053670.00	0.000008	0.00	2.19	4480820.00	0.000003	36475	1
	120	160.68	<b>2.19</b>	21240594.00	0.000023	0.00	2.19	3218893.00	0.000009	30132	2
	125	1205.07	<b>2.19</b>	14191058.00	0.000243	0.00	2.19	2264087.75	0.000104	24237	13
	130	6266.36	<b>2.19</b>	9231501.00	0.001838	0.00	2.19	1554282.25	0.000847	18930	76
	135	18236.73	<b>2.19</b>	5821356.50	0.007971	0.02	2.21	1036309.38	0.003979	14291	251
	140	26913.23	<b>2.19</b>	3533602.25	0.018105	0.04	2.23	666497.81	0.009884	10361	418
	145	36553.78	<b>2.19</b>	2047058.88	0.039192	0.09	2.28	409196.81	0.023833	7142	638
	150	26109.85	<b>2.19</b>	1114364.13	0.047774	0.11	2.30	237634.39	0.032210	4638	510
	155	15103.54	<b>2.19</b>	567834.94	0.050406	0.12	2.31	129925.05	0.037810	2826	328
	160	3293.86	<b>2.19</b>	268195.53	0.021998	0.05	2.24	66866.52	0.017975	1615	80
	165	1526.42	<b>2.19</b>	118463.98	0.021271	0.05	2.24	32070.01	0.019799	857	41
	170	241.01	<b>2.19</b>	46704.24	0.007867	0.02	2.21	13879.28	0.008394	410	7
	175	80.34	<b>2.19</b>	16067.60	0.005000	<b>0.01</b>	2.20	7300.12		237	3
									TOTAL=	<b>152151</b>	2367
0.01	115	80.34	<b>2.18</b>	17277084.00	0.000015	0.00	2.18	2494981.00	0.000006	20310	1
	120	160.68	<b>2.18</b>	11837945.00	0.000041	0.00	2.18	1795509.75	0.000016	16808	2
	125	1205.07	<b>2.18</b>	7923573.00	0.000437	0.00	2.18	1265258.63	0.000187	13545	13
	130	6266.36	<b>2.18</b>	5164104.00	0.003293	0.01	2.19	870051.25	0.001514	10597	76
	135	18236.73	<b>2.18</b>	3261126.00	0.014210	0.03	2.21	580340.69	0.007107	8003	251
	140	26913.23	<b>2.18</b>	1977746.63	0.032106	0.07	2.25	372181.25	0.017703	5786	418
	145	36553.78	<b>2.18</b>	1139478.25	0.069019	0.16	2.34	226176.88	0.043144	3947	638
	150	26109.85	<b>2.18</b>	609858.88	0.085114	0.20	2.38	128739.95	0.059510	2513	510
	155	15103.54	<b>2.18</b>	303095.94	0.091867	0.22	2.40	68487.77	0.071823	1490	328
	160	3293.86	<b>2.18</b>	138689.05	0.042082	0.10	2.28	34393.64	0.034969	831	80
	165	1526.42	<b>2.18</b>	60417.04	0.041285	0.09	2.27	16259.87	0.039082	435	41
	170	241.01	<b>2.18</b>	23444.10	0.015640	0.03	2.21	6958.39	0.016750	205	7
	175	80.34	<b>2.18</b>	8033.80	0.010000	<b>0.02</b>	2.20	3648.38		119	3
									TOTAL=	<b>84587</b>	2367

Tableau 4. (Suite).

Table 4. (Continued).

F/Z	L. INFÉRIEURE LOWER LIMIT (mm)	CAPTURE / CATCH ('000)	M	SURVIVANTS / SURVIVORS	TAUX D'EXPLOITATION / EXPLOITATION RATES	F	Z	NOMBRE MOYEN MEAN NUMBER	F delta t	BIOMASSE / BIOMASS (t)	RENDEMENT / YIELD (t)
0.05	115	80.34	<b>2.09</b>	5663651.00	0.000047	0.00	2.09	823894.50	0.000017	6707	1
	120	160.68	<b>2.09</b>	3941631.25	0.000128	0.00	2.09	602482.94	0.000049	5640	2
	125	1205.07	<b>2.09</b>	2682281.25	0.001334	0.00	2.09	431778.09	0.000548	4622	13
	130	6266.36	<b>2.09</b>	1778660.00	0.009833	0.02	2.11	301917.25	0.004362	3677	76
	135	18236.73	<b>2.09</b>	1141386.63	0.041050	0.09	2.18	203837.20	0.020239	2811	251
	140	26913.23	<b>2.09</b>	697130.13	0.089726	0.21	2.30	130638.66	0.050478	2031	418
	145	36553.78	<b>2.09</b>	397182.09	0.048907	0.48	2.57	76935.66	0.127233	1343	638
	150	26109.85	<b>2.09</b>	199832.78	0.235846	0.65	2.74	40477.20	0.190430	790	510
	155	15103.54	<b>2.09</b>	89125.59	0.276213	0.80	2.89	18936.44	0.262592	412	328
	160	3293.86	<b>2.09</b>	34444.90	0.159733	0.40	2.49	8290.53	0.145831	200	80
	165	1526.42	<b>2.09</b>	13823.84	0.169351	0.43	2.52	3582.27	0.178767	96	41
	170	241.01	<b>2.09</b>	4810.47	0.075230	0.17	2.26	1417.56	0.082495	42	7
	175	80.34	<b>2.09</b>	1606.76	0.050000	<b>0.11</b>	2.20	730.35		24	3
								TOTAL=	<b>28394</b>	<b>2367</b>	
0.1	115	80.34	<b>1.98</b>	3732922.25	0.000074	0.00	1.98	547925.69	0.000025	4460	1
	120	160.68	<b>1.98</b>	2647949.00	0.000199	0.00	1.98	408599.97	0.000072	3825	2
	125	1205.07	<b>1.98</b>	1838760.38	0.002032	0.00	1.98	298958.06	0.000791	3200	13
	130	6266.36	<b>1.98</b>	1245618.38	0.014604	0.03	2.01	213542.86	0.006168	2601	76
	135	18236.73	<b>1.98</b>	816537.13	0.058966	0.12	2.10	146989.31	0.028070	2027	251
	140	26913.23	<b>1.98</b>	507261.56	0.124648	0.28	2.26	95455.25	0.069119	1484	418
	145	36553.78	<b>1.98</b>	291346.94	0.247694	0.65	2.63	56071.87	0.174945	979	638
	150	26109.85	<b>1.98</b>	143770.86	0.315326	0.91	2.89	28632.72	0.270508	559	510
	155	15103.54	<b>1.98</b>	60968.23	0.378795	1.21	3.19	12509.65	0.402011	272	328
	160	3293.86	<b>1.98</b>	21095.58	0.250599	0.66	2.64	4974.80	0.244506	120	80
	165	1526.42	<b>1.98</b>	7951.63	0.278984	0.77	2.75	1992.40	0.325020	53	41
	170	241.01	<b>1.98</b>	2480.26	0.143728	0.33	2.31	725.18	0.162023	21	7
	175	80.34	<b>1.98</b>	803.38	0.100000	<b>0.22</b>	2.20	365.17		12	3
								TOTAL=	<b>19614</b>	<b>2367</b>	

Tableau 4. (Suite).

Table 4. (Continued).

F/Z	L. INFÉRIEURE LOWER LIMIT (mm)	CAPTURE / CATCH ('000)	M	SURVIVANTS / SURVIVORS	TAUX D'EXPLOITATION / EXPLOITATION RATES	F	Z	NOMBRE MOYEN MEAN NUMBER	F delta t	BIOMASSE / BIOMASS (t)	RENDEMENT / YIELD (t)
0.15	115	80.34	<b>1.87</b>	2824695.25	0.000103	0.00	1.87	418364.78	0.000033	3406	1
	120	160.68	<b>1.87</b>	2042272.75	0.000270	0.00	1.87	318154.13	0.000093	2978	2
	125	1205.07	<b>1.87</b>	1447163.88	0.002704	0.01	1.88	237659.75	0.000995	2544	13
	130	6266.36	<b>1.87</b>	1001535.06	0.018954	0.04	1.91	173444.92	0.007594	2112	76
	135	18236.73	<b>1.87</b>	670926.69	0.074101	0.15	2.02	121855.71	0.033864	1680	251
	140	26913.23	<b>1.87</b>	424819.78	0.151707	0.33	2.20	80475.82	0.082011	1251	418
	145	36553.78	<b>1.87</b>	247416.77	0.290968	0.77	2.64	47633.45	0.206235	831	638
	150	26109.85	<b>1.87</b>	121788.45	0.366639	1.08	2.95	24119.88	0.322217	471	510
	155	15103.54	<b>1.87</b>	50574.41	0.441983	1.48	3.35	10197.18	0.497687	222	328
	160	3293.86	<b>1.87</b>	16402.15	0.315178	0.86	2.73	3827.24	0.319525	92	80
	165	1526.42	<b>1.87</b>	5951.35	0.359108	1.05	2.92	1456.78	0.449799	39	41
	170	241.01	<b>1.87</b>	1700.75	0.206849	0.49	2.36	494.20	0.239007	15	7
	175	80.34	<b>1.87</b>	535.59	0.150000	<b>0.33</b>	2.20	243.45		8	3
											TOTAL= 15650 2367
0.2	115	80.34	<b>1.76</b>	2231578.25	0.000137	0.00	1.76	333518.06	0.000042	2715	1
	120	160.68	<b>1.76</b>	1644506.13	0.000353	0.00	1.76	258648.06	0.000114	2421	2
	125	1205.07	<b>1.76</b>	1189124.88	0.003459	0.01	1.77	197258.06	0.001199	2112	13
	130	6266.36	<b>1.76</b>	840745.63	0.023634	0.04	1.80	147090.42	0.008954	1791	76
	135	18236.73	<b>1.76</b>	575600.13	0.089429	0.17	1.93	105504.05	0.039115	1455	251
	140	26913.23	<b>1.76</b>	371676.28	0.177339	0.38	2.14	70936.73	0.093065	1103	418
	145	36553.78	<b>1.76</b>	219914.41	0.328497	0.86	2.62	42455.62	0.231660	741	638
	150	26109.85	<b>1.76</b>	108638.73	0.408386	1.21	2.97	21491.14	0.362628	419	510
	155	15103.54	<b>1.76</b>	44704.48	0.490137	1.69	3.45	8926.92	0.572939	194	328
	160	3293.86	<b>1.76</b>	13889.57	0.367262	1.02	2.78	3224.33	0.381089	78	80
	165	1526.42	<b>1.76</b>	4920.89	0.422607	1.29	3.05	1184.94	0.559636	32	41
	170	241.01	<b>1.76</b>	1308.97	0.265644	0.64	2.40	378.56	0.313810	11	7
	175	80.34	<b>1.76</b>	401.69	0.200000	<b>0.44</b>	2.20	182.59		6	3
											TOTAL= 13078 2367

Tableau 4. (Suite).

Table 4. (Continued).

E/Z	L INFÉRIEURE LOWER LIMIT (mm)	CAPTURE / CATCH (000)	M	SURVIVANTS / SURVIVORS	TAUX D'EXPLOITATION / EXPLOITATION RATES	E	Z	NOMBRE MOYEN MEAN NUMBER	E delta t	BIOMASSE / BIOMASS (t)	RENDEMENT / YIELD (%)
0.25	115	80.34	1.65	1799122.13	0.000179	0.00	1.65	271334.25	0.000051	2209	1
	120	160.68	1.65	1351340.25	0.000454	0.00	1.65	214586.45	0.000138	2009	2
	125	1205.07	1.65	997111.94	0.004352	0.01	1.66	167083.75	0.001416	1789	13
	130	6266.36	1.65	720218.69	0.028970	0.05	1.70	127297.11	0.010347	1550	76
	135	18236.73	1.65	503912.09	0.105996	0.20	1.85	93220.41	0.041273	1286	251
	140	26913.23	1.65	331861.69	0.203522	0.42	2.07	63832.87	0.103446	992	418
	145	36553.78	1.65	199624.22	0.364128	0.94	2.59	38686.84	0.254498	675	638
	150	26109.85	1.65	99237.15	0.446057	1.33	2.98	19651.48	0.397538	384	510
	155	15103.54	1.65	40702.35	0.531052	1.87	3.52	8083.20	0.637166	176	328
	160	3293.86	1.65	12261.53	0.412671	1.16	2.81	2841.18	0.434368	69	80
	165	1526.42	1.65	4279.73	0.475904	1.50	3.15	1018.78	0.658684	27	41
	170	241.01	1.65	1072.32	0.320939	0.78	2.43	309.06	0.386744	9	7
	175	80.34	1.65	321.35	0.250000	0.33	2.20	146.07		5	3
								TOTAL=	11179	2367	12
0.5	115	80.34	1.10	694352.06	0.000666	0.00	1.10	109621.96	0.000127	892	1
	120	160.68	1.10	573687.56	0.001525	0.00	1.10	95618.79	0.000309	895	2
	125	1205.07	1.10	468346.22	0.013093	0.01	1.11	82573.77	0.002865	884	13
	130	6266.36	1.10	376310.00	0.075271	0.09	1.19	69985.41	0.018821	852	76
	135	18236.73	1.10	293059.69	0.226155	0.32	1.42	56728.56	0.072778	782	251
	140	26913.23	1.10	212421.55	0.365401	0.63	1.73	42491.61	0.155578	661	418
	145	36553.78	1.10	138767.55	0.546869	1.33	2.43	27534.72	0.359385	481	638
	150	26109.85	1.10	71925.58	0.621148	1.80	2.90	14477.24	0.545419	283	510
	155	15103.54	1.10	29890.76	0.698807	2.55	3.65	5918.00	0.897280	129	328
	160	3293.86	1.10	8277.42	0.606553	1.70	2.80	1942.36	0.647361	47	80
	165	1526.42	1.10	2846.96	0.675653	2.29	3.39	666.14	1.065945	18	41
	170	241.01	1.10	587.78	0.564296	1.42	2.52	169.17	0.731872	5	7
	175	80.34	1.10	160.68	0.500000	0.33	2.20	73.03		2	3
								TOTAL=	5931	2367	

\* Z=2.20, soit la moyenne des Z calculées selon 3 techniques différentes pour la période de 1989 à 1994 / Z=2.20, the mean of the Z values calculated by 3 different techniques for the 1989-1994 period.

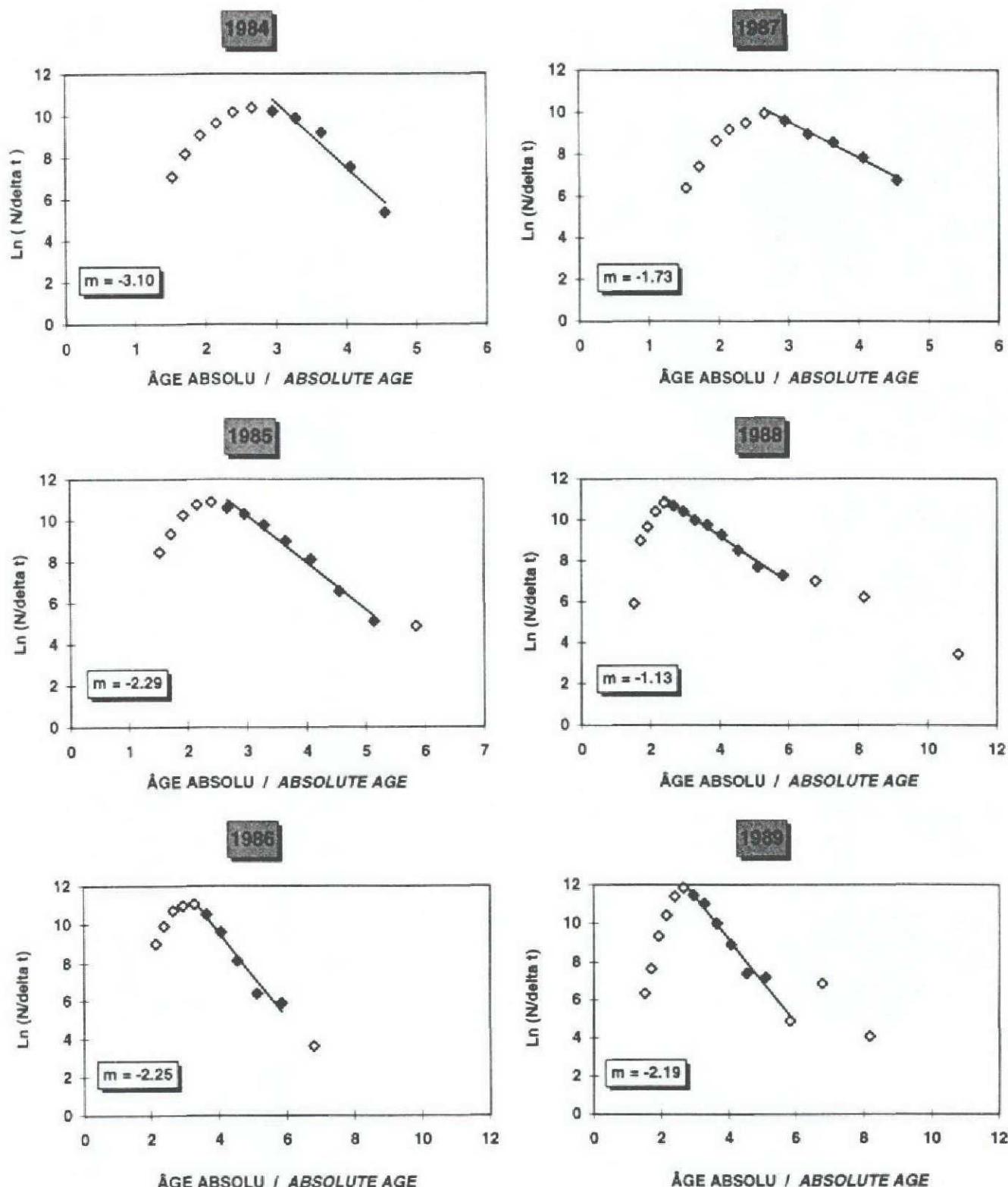


Figure 1 . Courbes de capture linéaires basées sur la composition en longueur des femelles capelan capturées à la seine bourse dans la Division 4R ( $m$  représente la pente pour les coordonnées dont le symbole est noir) / Linearized catch curves based on the length composition of the females caught by purse seine in division 4R ( $m$  is the slope of the coordinates with a black symbol).

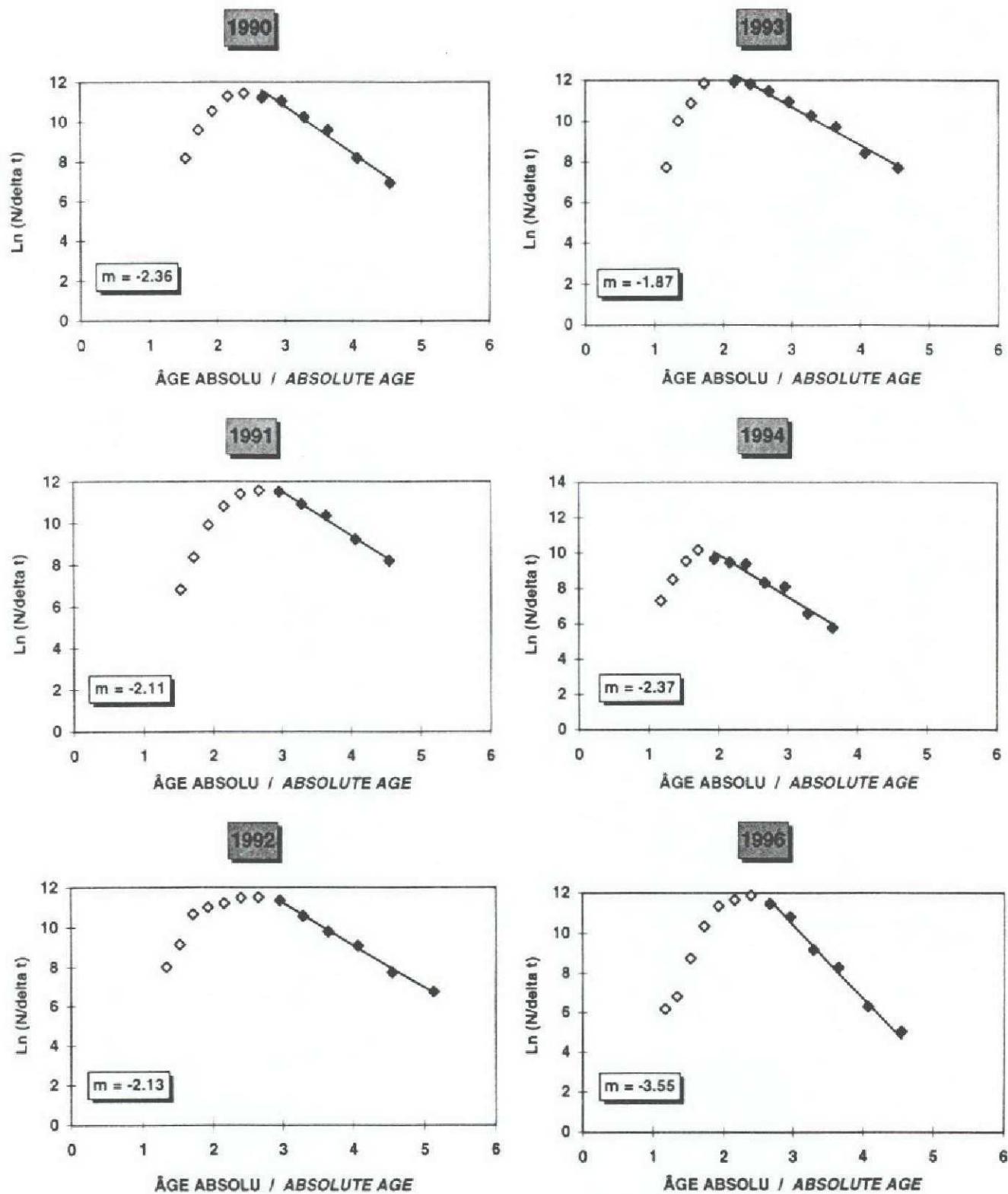


Figure 1 . (Suite / Cont.).

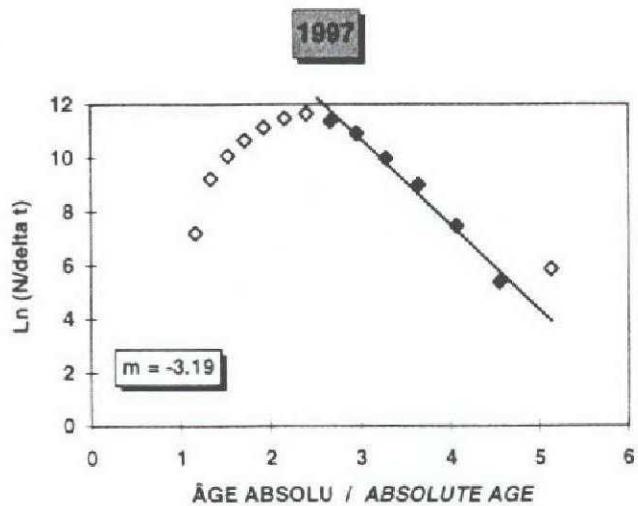


Figure 1 . (Suite / Cont.).

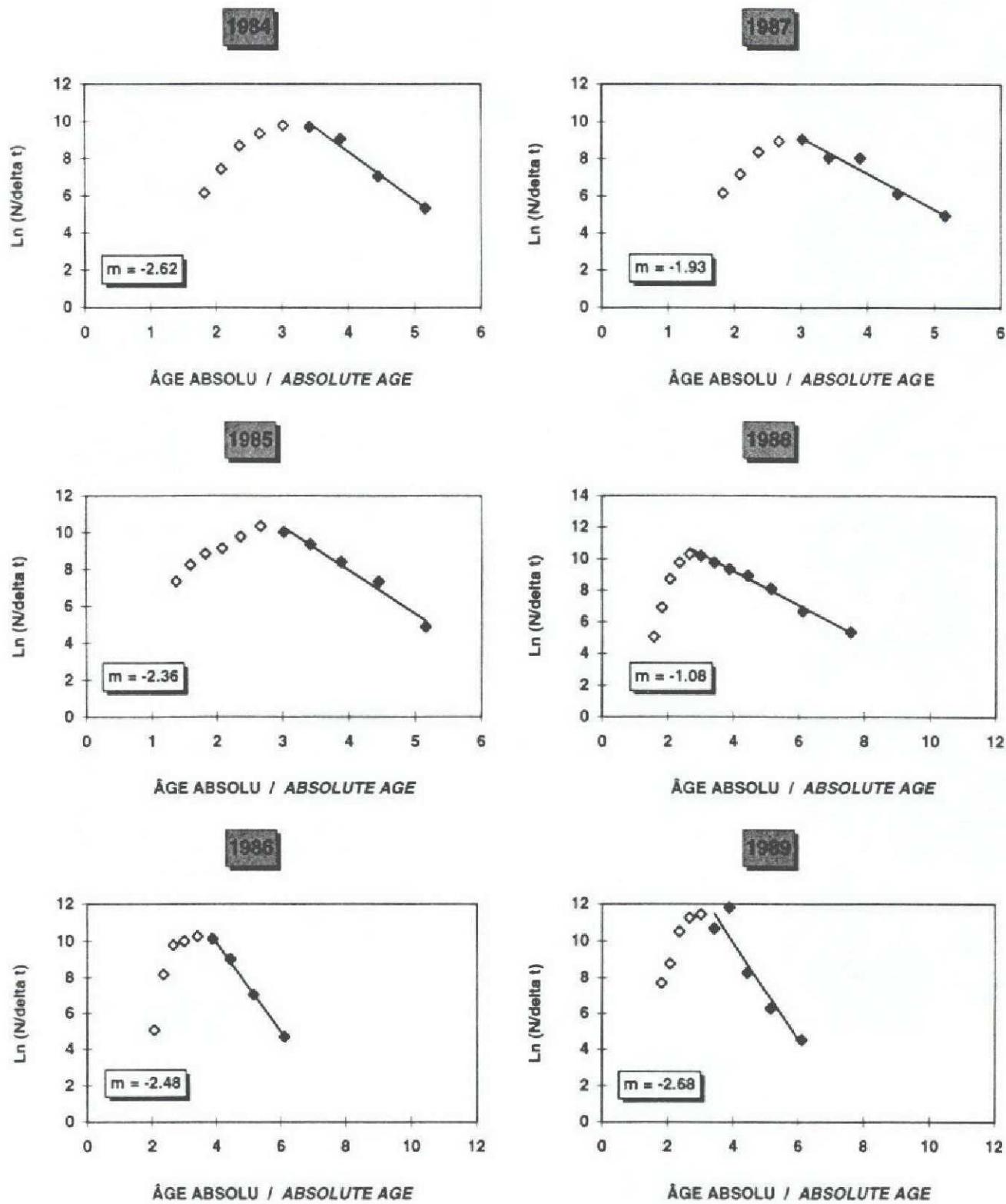


Figure 2 . Courbes de capture linéaires basées sur la composition en longueur des mâles capelan capturés à la seine bourse dans la Division 4R ( $m$  représente la pente pour les coordonnées dont le symbole est noir) / Linearized catch curves based on the length composition of the males caught by purse seine in division 4R ( $m$  is the slope of the coordinates with a black symbol).

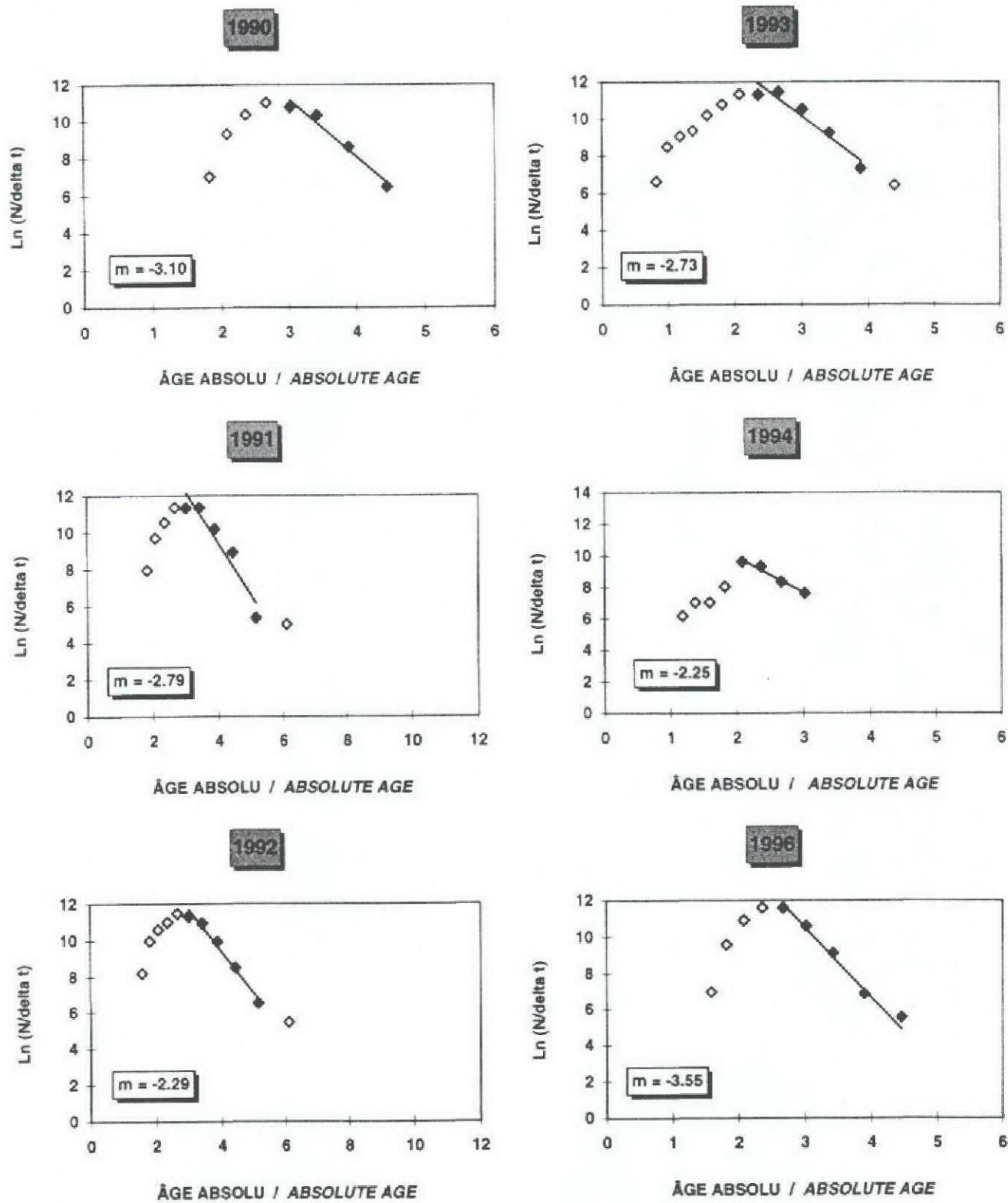


Figure 2. (Suite / Cont.).

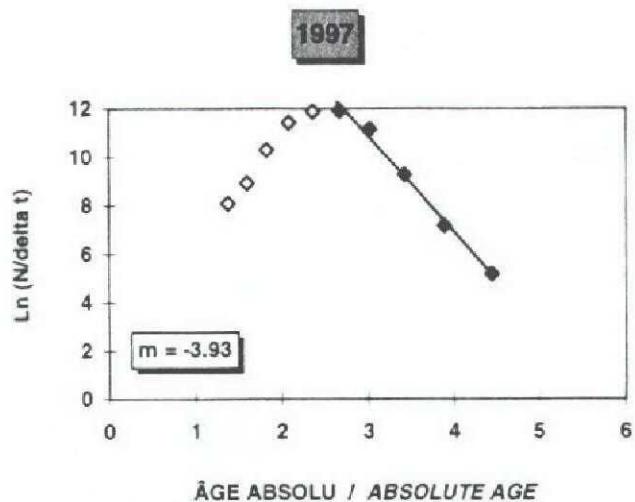


Figure 2. (Suite / Cont.).

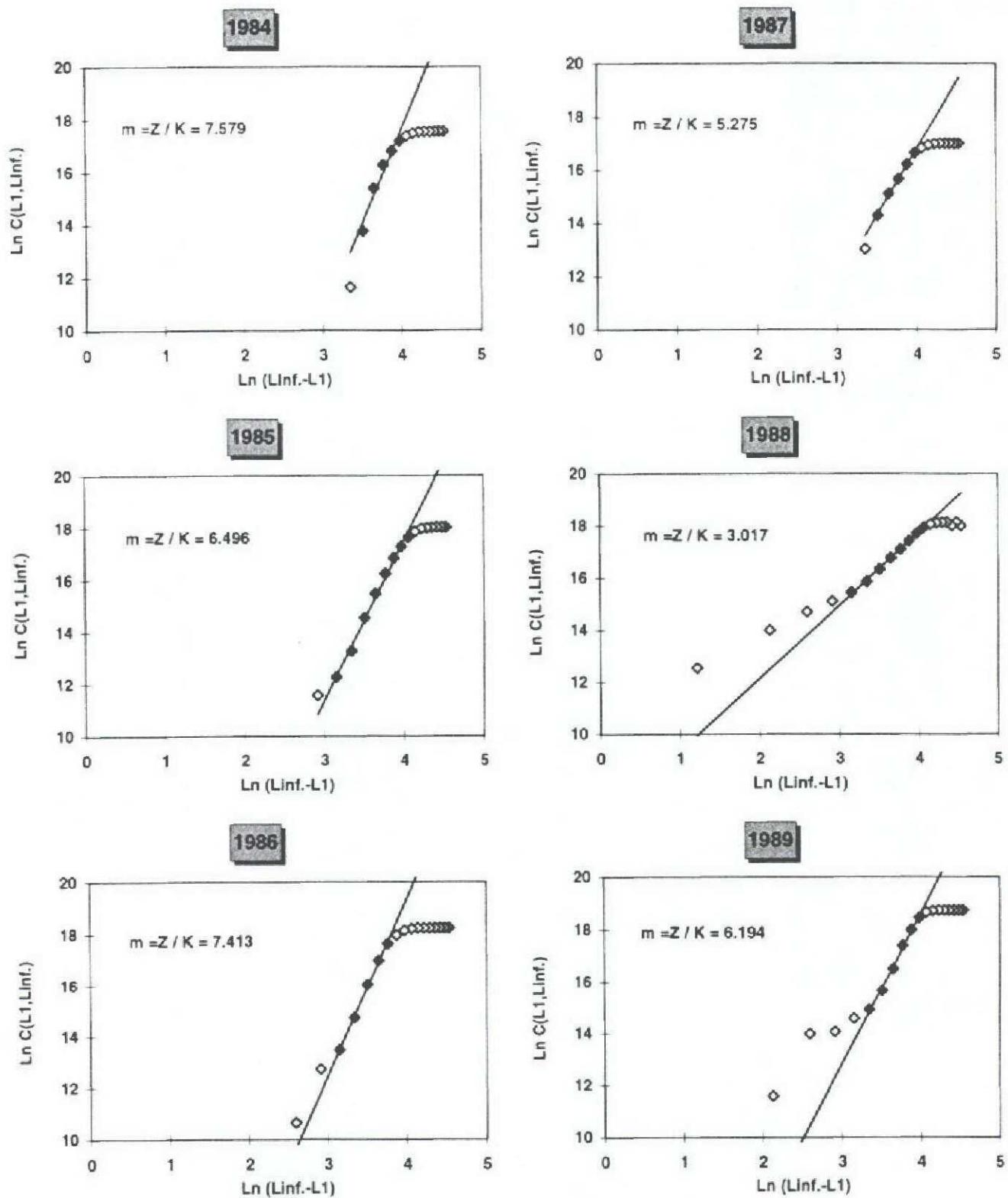


Figure 3. Courbes de capture cumulées basées sur la composition en longueur pour les femelles capelan capturées à la seine bourse dans la Division 4R (technique de Jones-van Zalinge) / Cumulative catch curves based on the length composition of the females caught by purse seine in division 4R (Jones and van Zalinge technique).

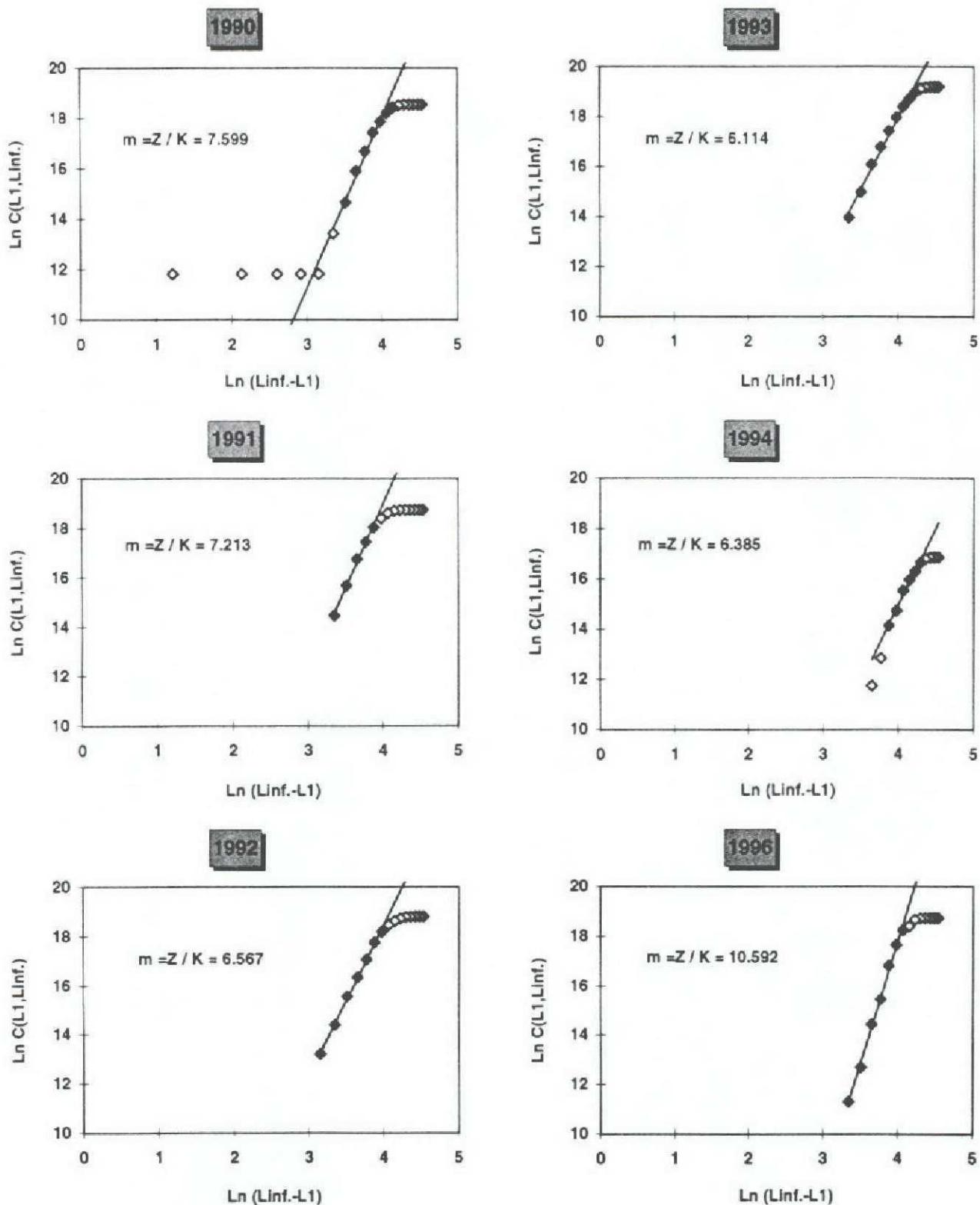


Figure 3. (Suite / Cont.).

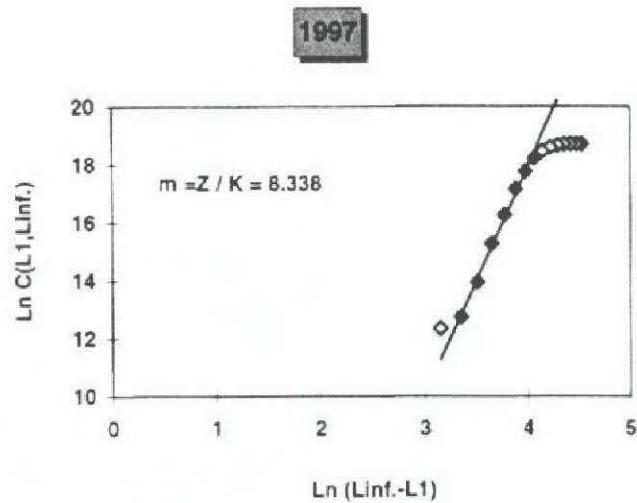


Figure 3. (Suite / Cont.).

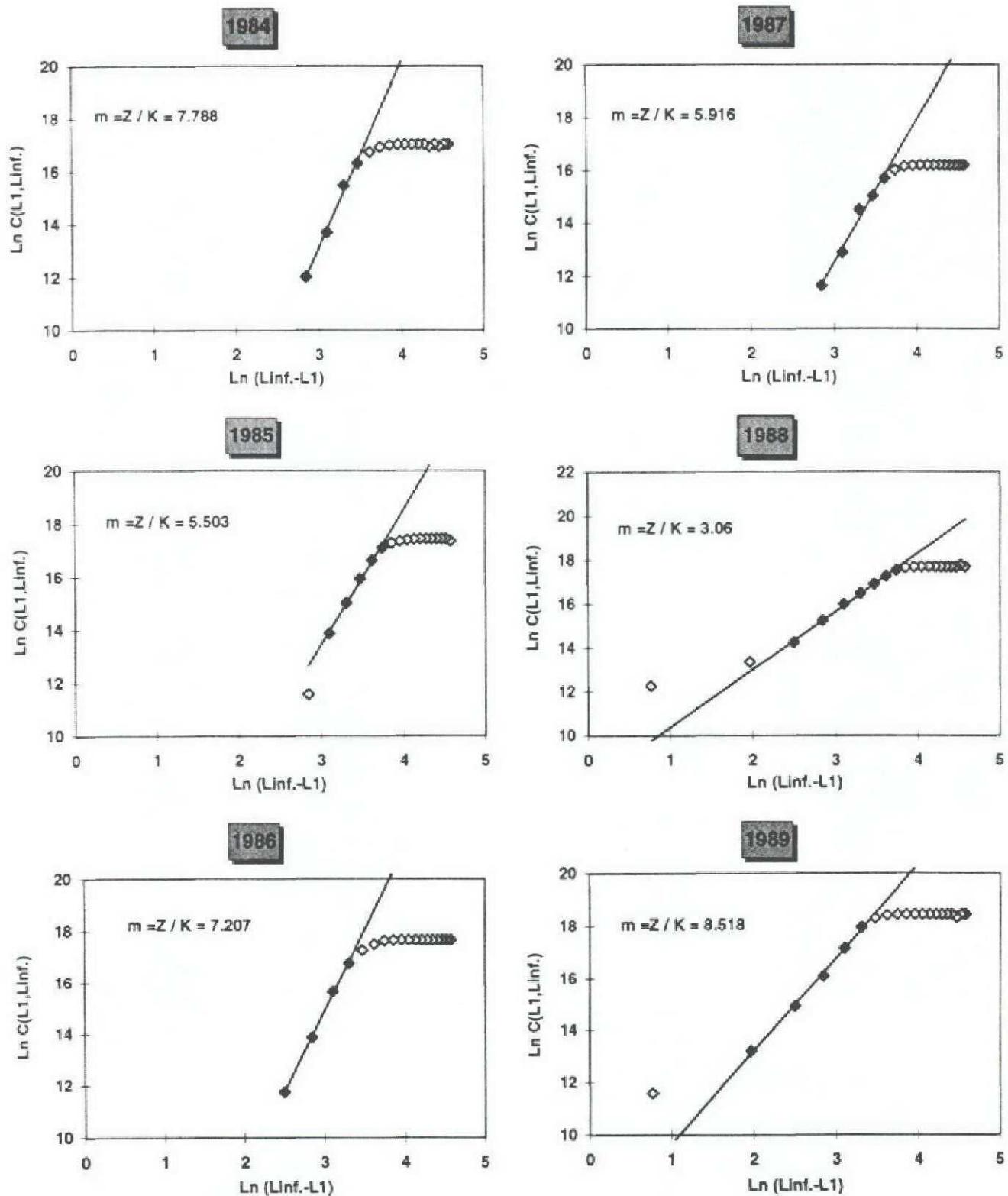


Figure 4 . Courbes de capture cumulées basées sur la composition en longueur pour les mâles capelan capturés à la seine bourse dans la Division 4R (technique de Jones-van Zalinge) / Cumulative catch curves based on the length composition of the males caught by purse seine in division 4R (Jones and van Zalinge technique).

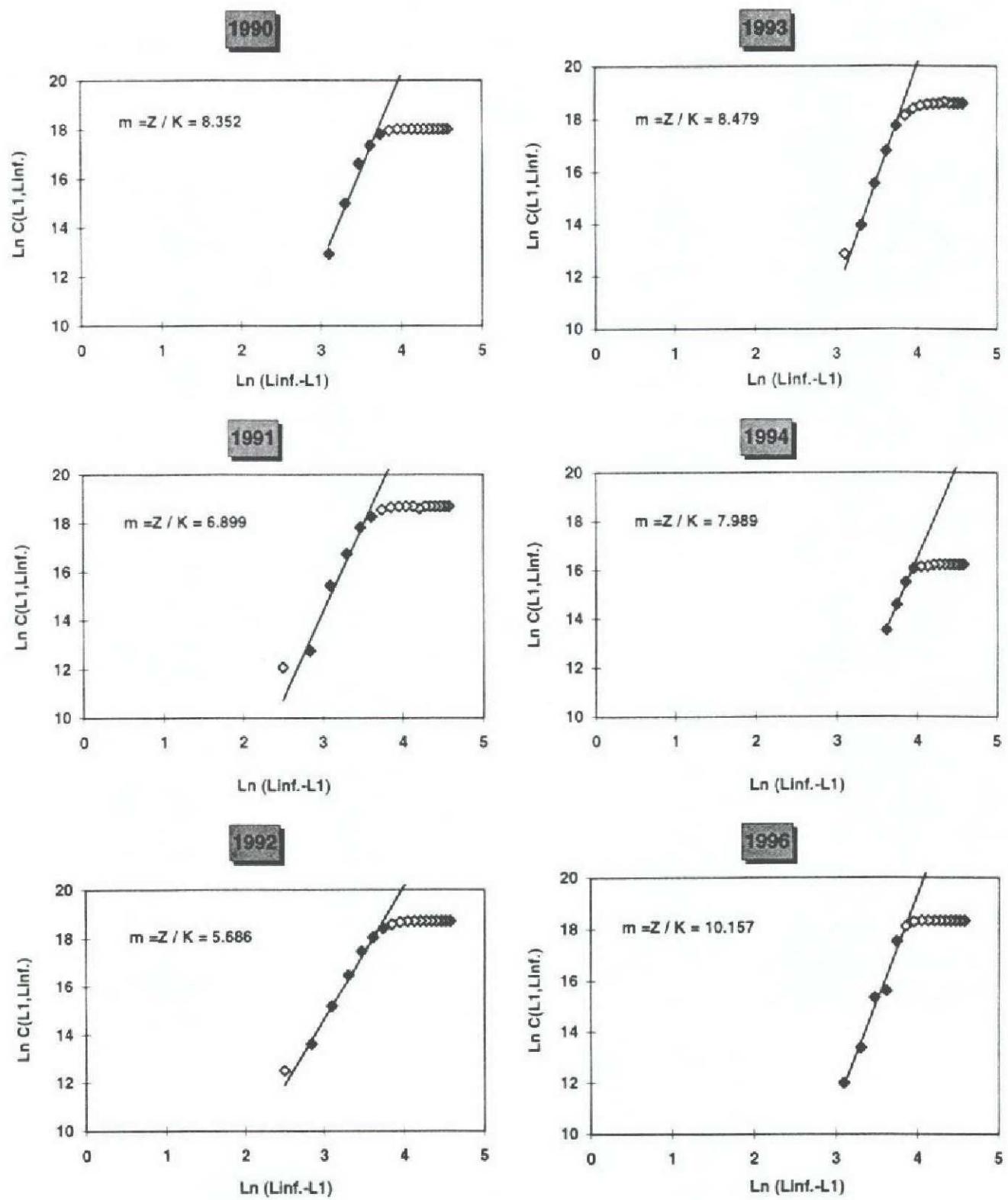


Figure 4. (Suite / Cont.).

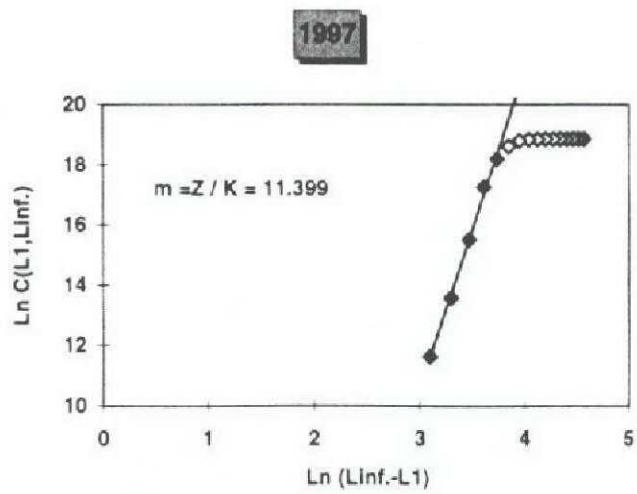


Figure 4. (Suite / Cont.).

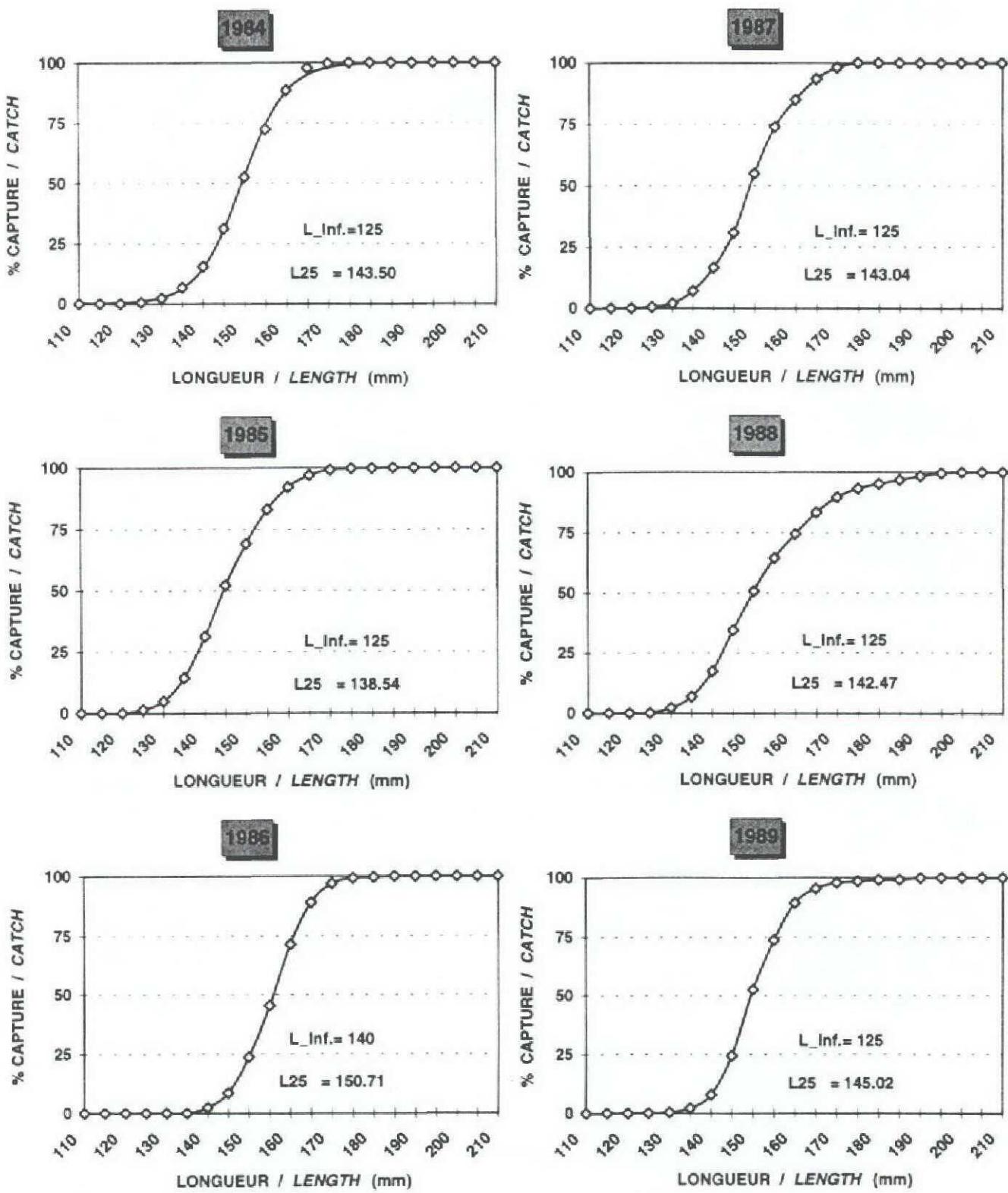


Figure 5. Captures cumulatives (%) à la longueur pour les femelles capelan capturées à la seine bourse dans la Division 4R ( $L_{\text{Inf.}}$  et  $L_{25}$  sont les longueurs pour lesquelles les premiers et 25% des capelans sont capturés) / Cumulative catches (%) for the females capelin caught by purse seine in division 4R ( $L_{\text{Inf.}}$  and  $L_{25}$  are the length where the first and 25% of capelin are caught).

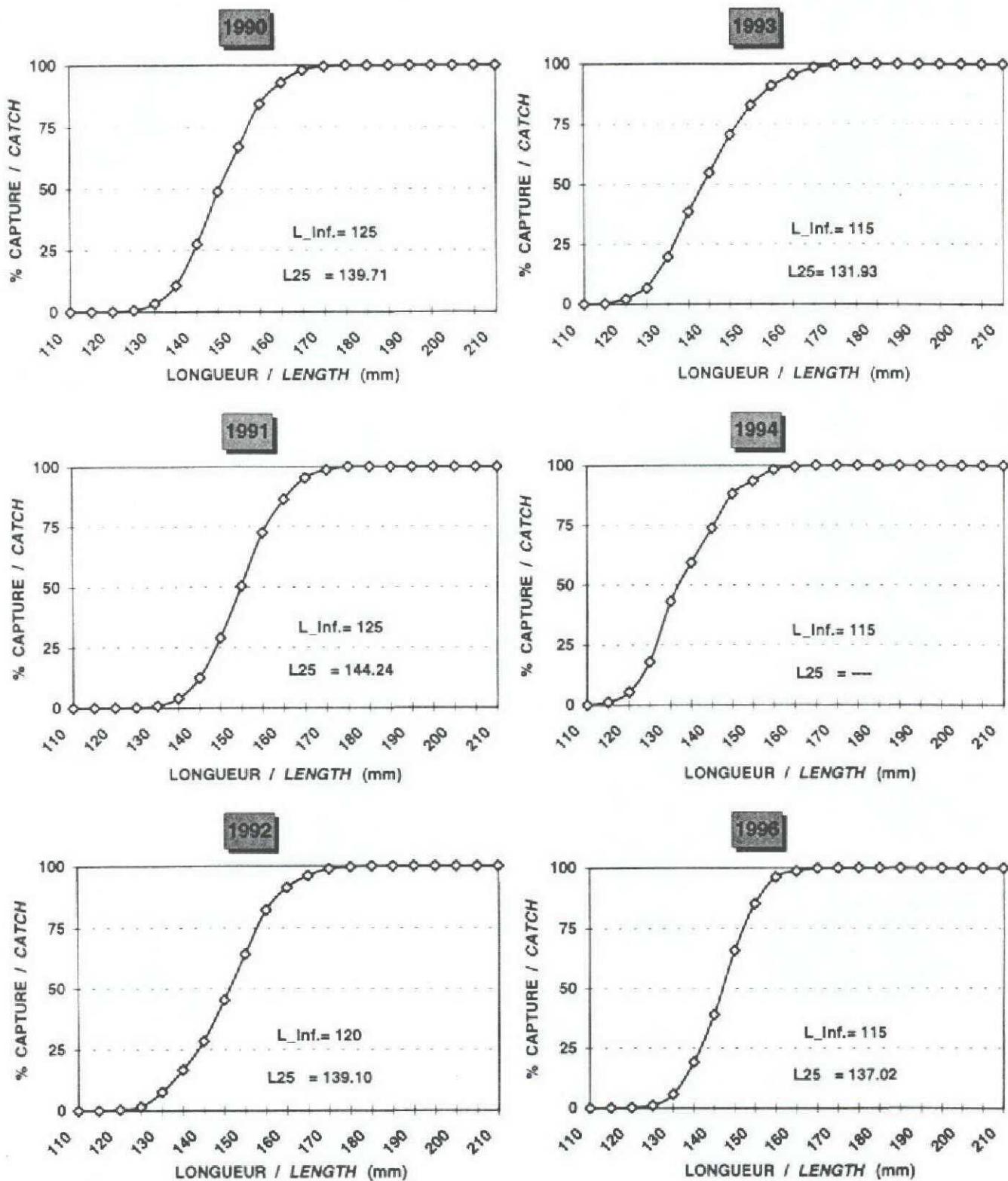


Figure 5. (Suite / Cont.).

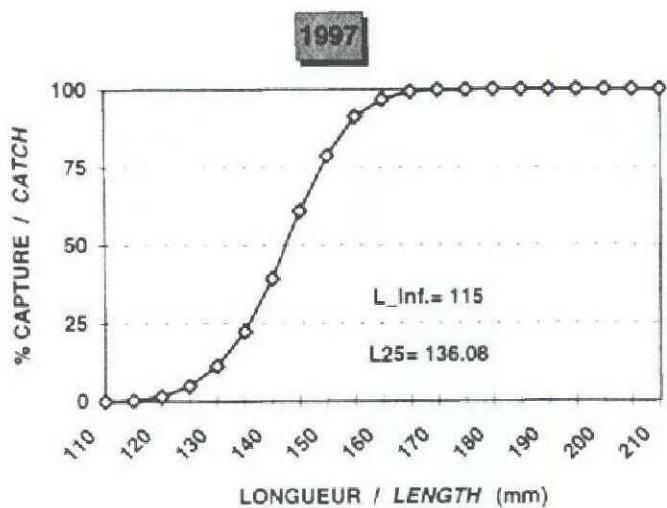


Figure 5. (Suite / Cont.).

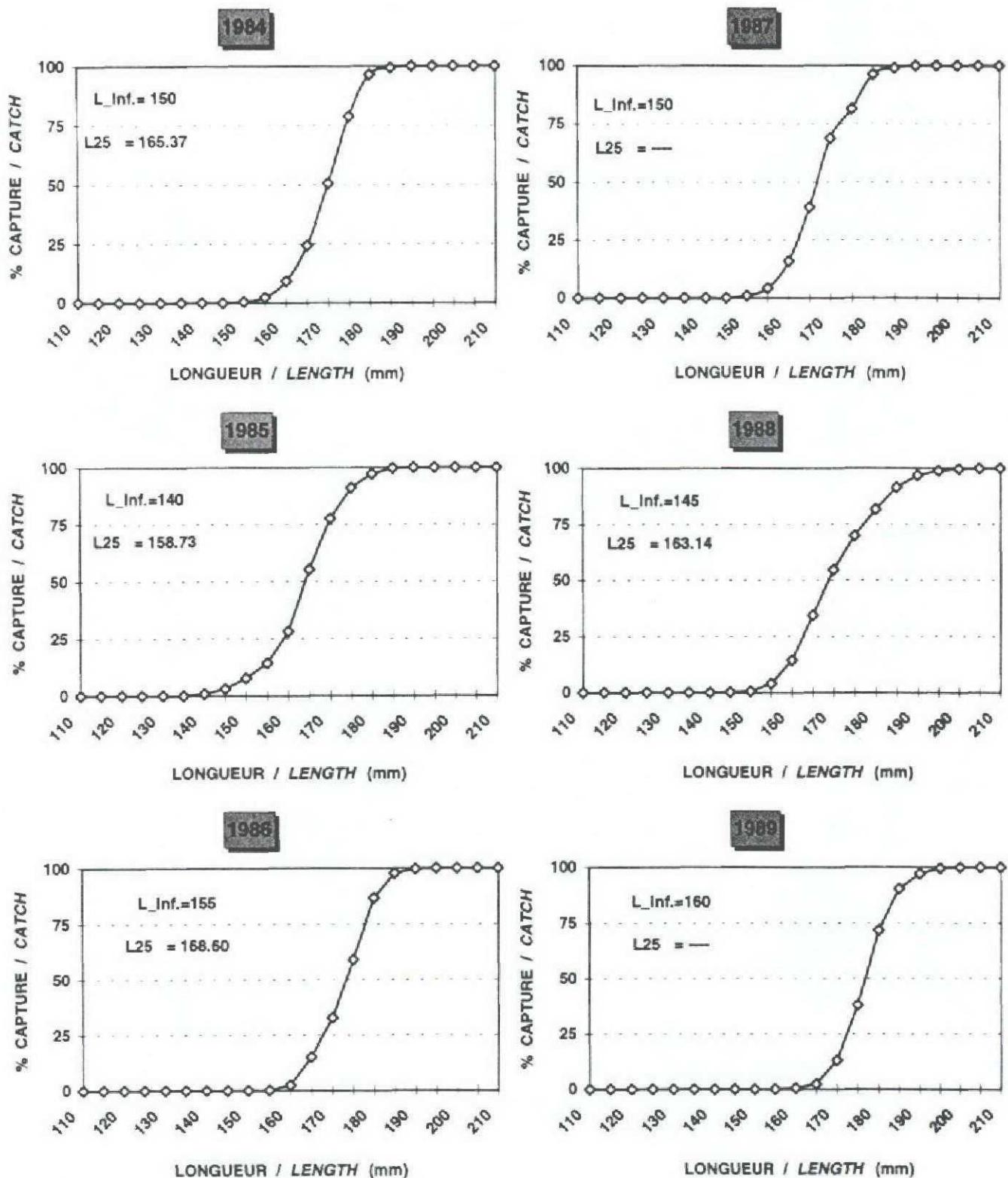


Figure 6. Captures cumulatives (%) à la longueur pour les mâles capelan capturés à la seine bourse dans la Division 4R ( $L_{\text{Inf.}}$  et  $L_{25}$  sont les longueurs pour lesquelles les premiers et 25% des capelans sont capturés) / Cumulative catches (%) for the males capelin caught by purse seine in division 4R ( $L_{\text{Inf.}}$  and  $L_{25}$  are the length where the first and 25% of capelin are caught).

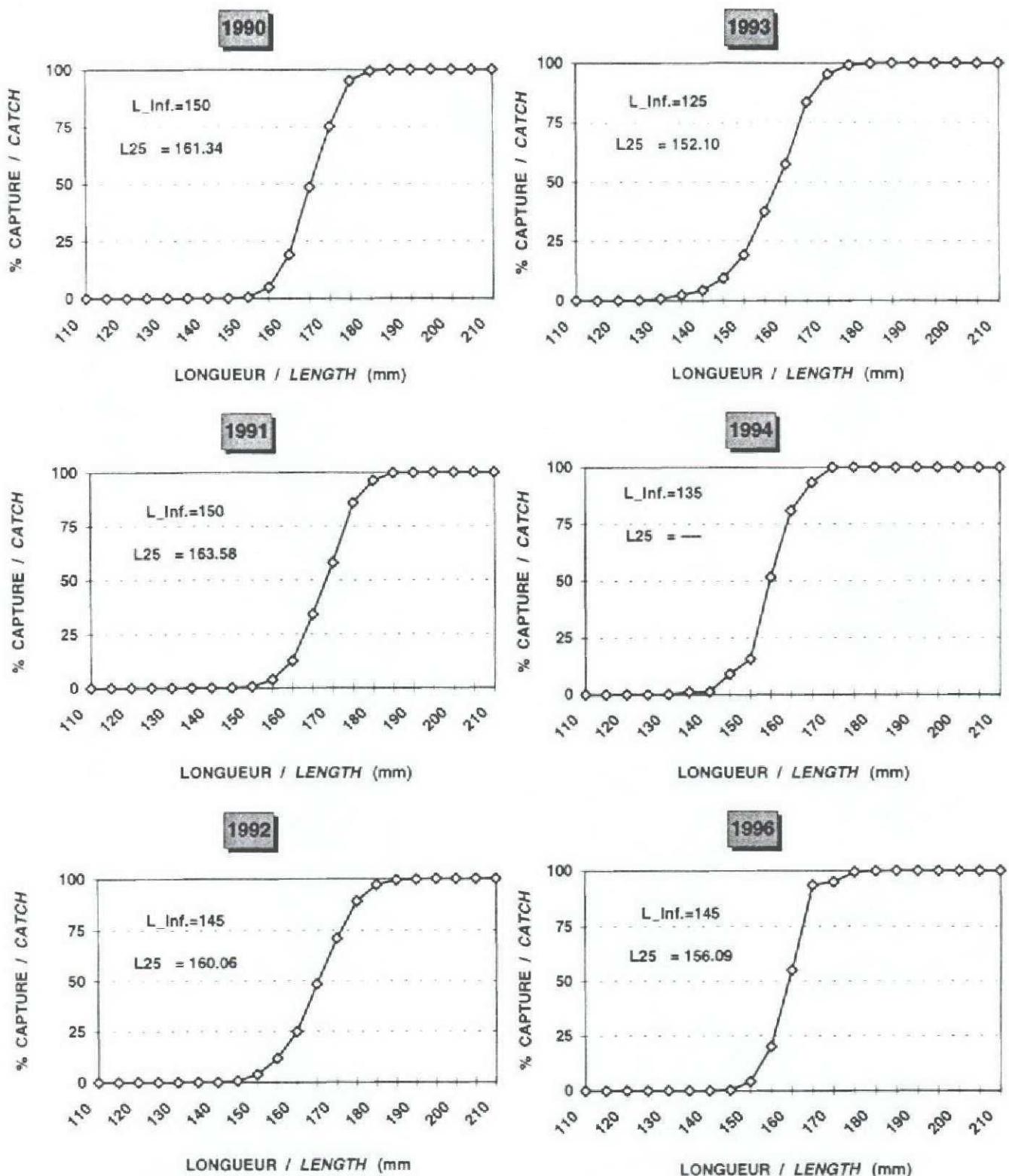


Figure 6. (Suite / Cont.).

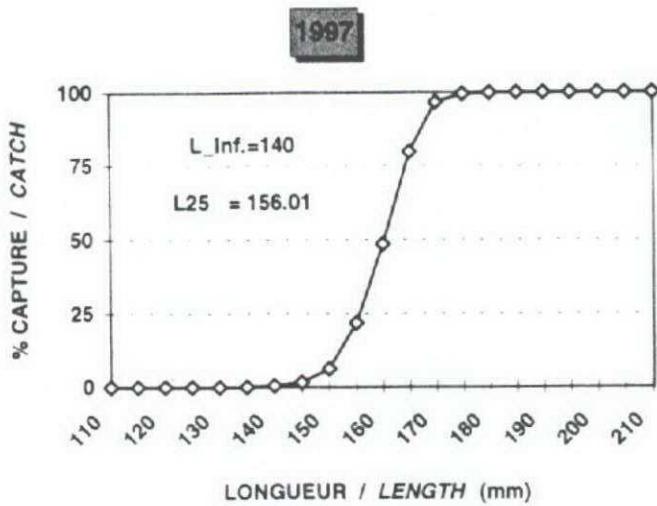
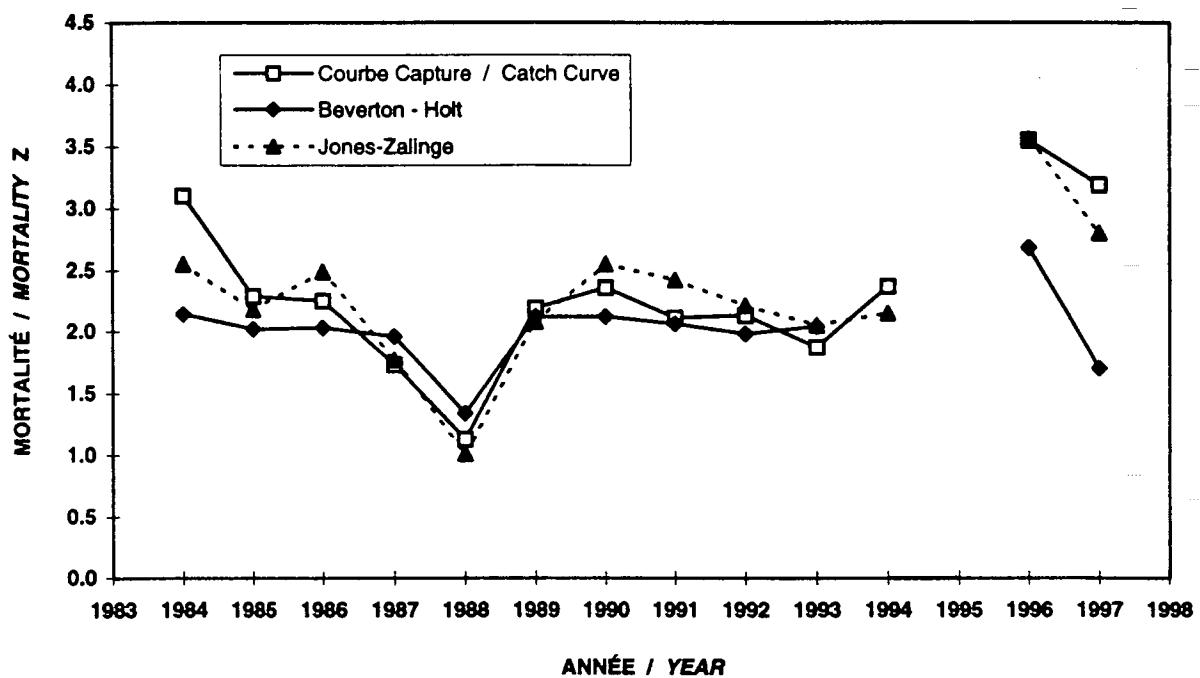


Figure 6. (Suite / Cont.).

**SEINE BOURSE 4R FEMELLE / PURSE SEINE 4R FEMALE**



**SEINE BOURSE 4R MÂLE / PURSE SEINE 4R MALE**

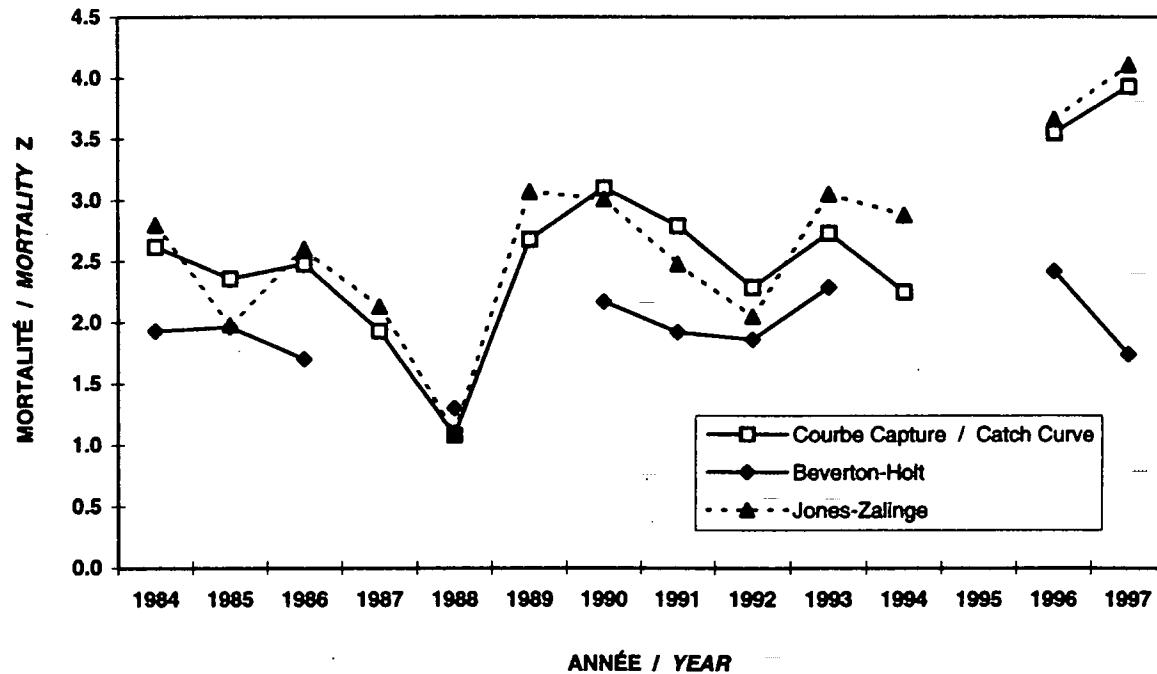


Figure 7 . Taux instantanés de mortalité totale  $Z$  calculés depuis 1984 selon trois techniques différentes / Instantaneous rates of total mortality  $Z$  calculated since 1984 by three different techniques.

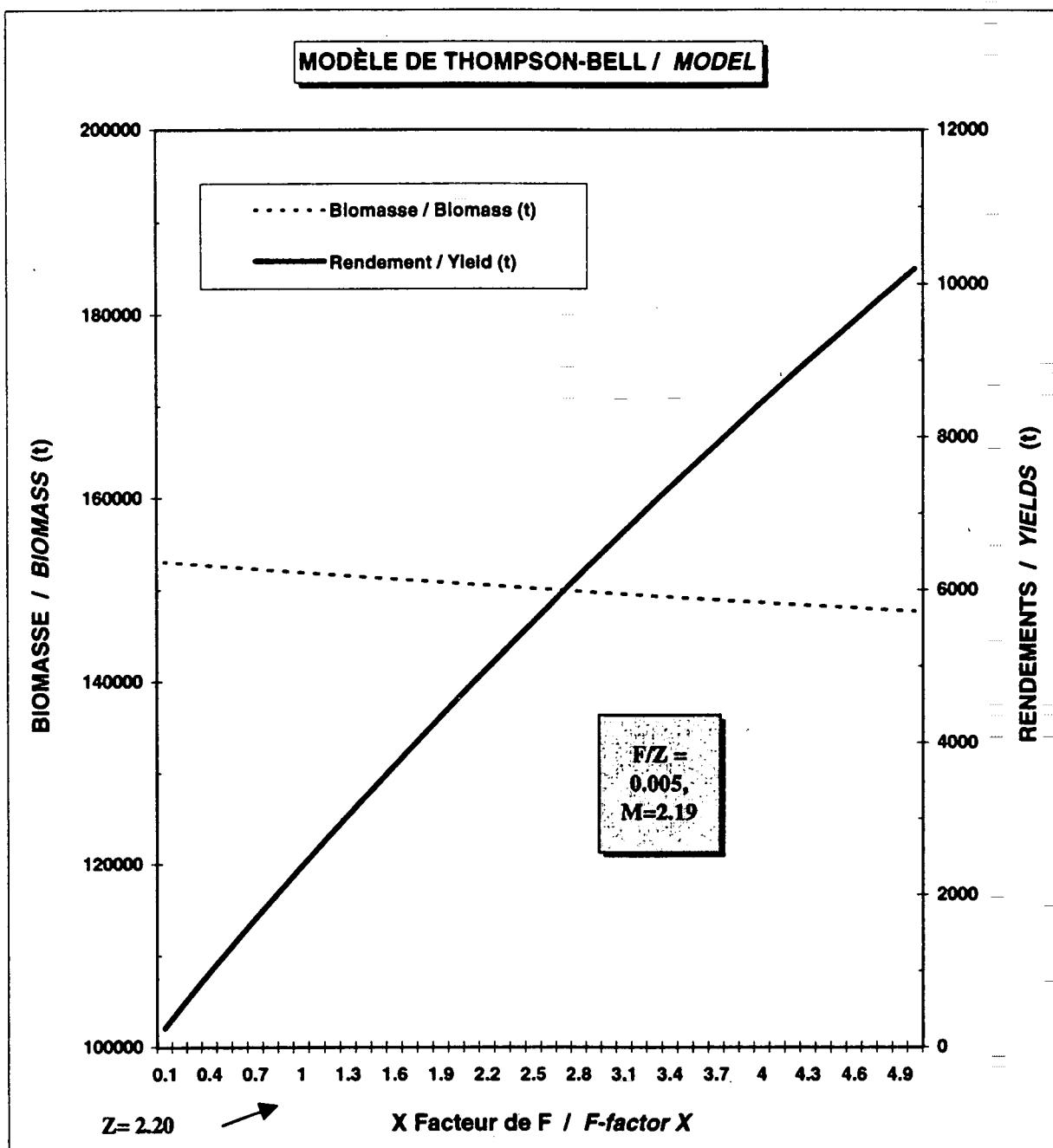


Figure 8. Prédictions de la biomasse (t) et du rendement (t) en capelan femelle à partir du modèle de Thompson et Bell basé sur les captures à la longueur observées en 1996 (F/Z étant fixé à 0.005 et Z au départ à 2.20, la moyenne de la période de 1989-1994 et correspondant aussi à la valeur de 1 du Facteur de F) /  
*Predictions of the female capelin biomass (t) and yield (t) according to the Thompson and Bell model on the catch at length observed in 1996 (F/Z is fixed at 0.005, and Z at 2.20, the mean value for the 1989-1994 period, and also the value corresponding to 1 for the F-factor).*

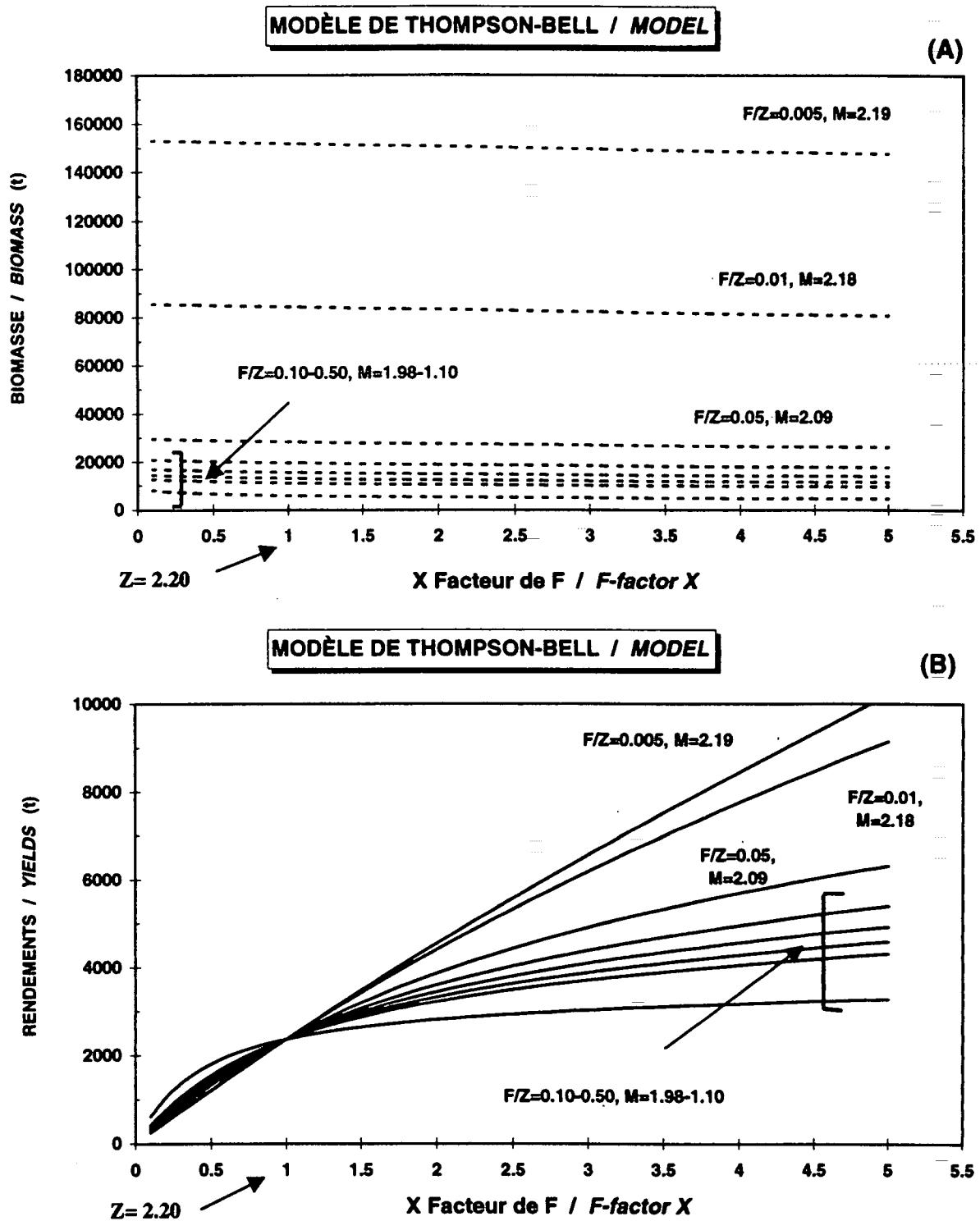
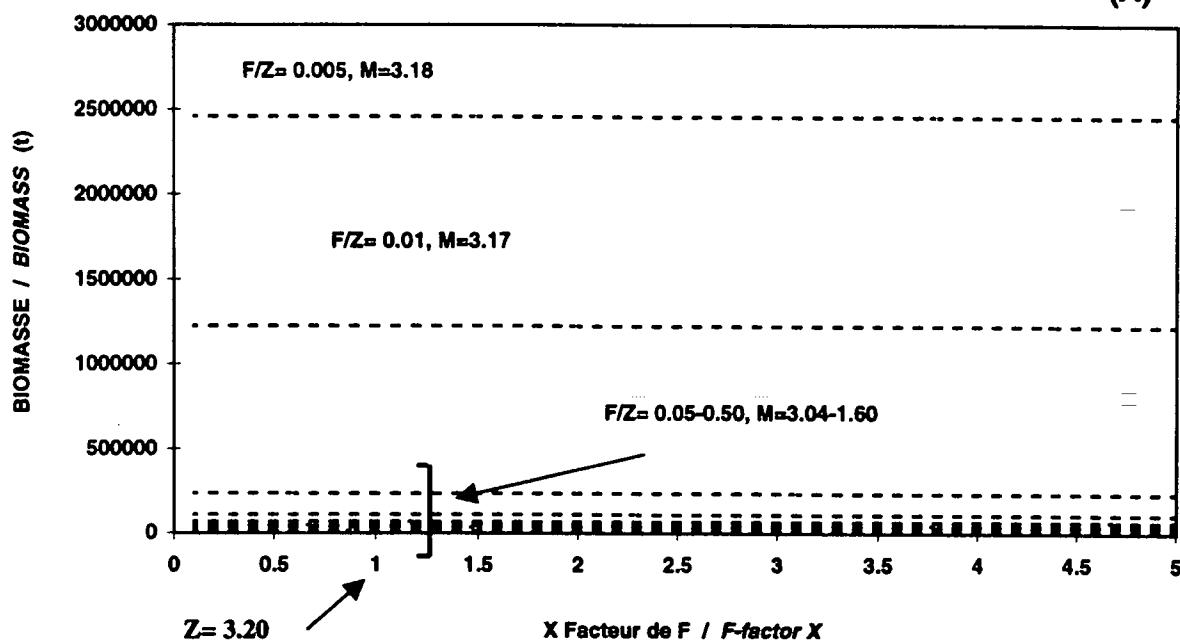


Figure 9. Prédiction de la biomasse (A) et du rendement (B) en capelan femelle selon le modèle de Thompson et Bell basé sur les captures à la longueur de 1996 ( $Z=2.20$ ) et  $F/Z$ : 0.005, 0.01, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 et 0.50) / Predictions of the biomass (A) and yield (B) of female capelin according to the Thompson and Bell model based on the 1996 catch at length (for  $Z=2.20$  and  $F/Z$  taking the following values: 0.005, 0.01, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 and 0.50).

**MODÈLE DE THOMPSON-BELL / MODEL**

(A)



**MODÈLE DE THOMPSON-BELL / MODEL**

(B)

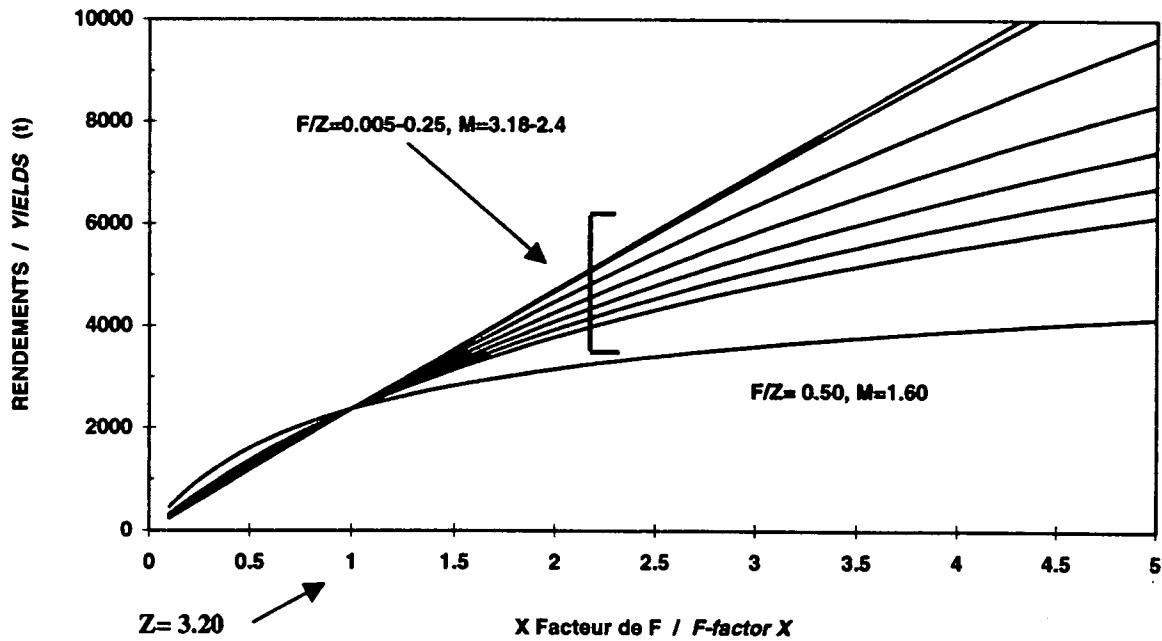
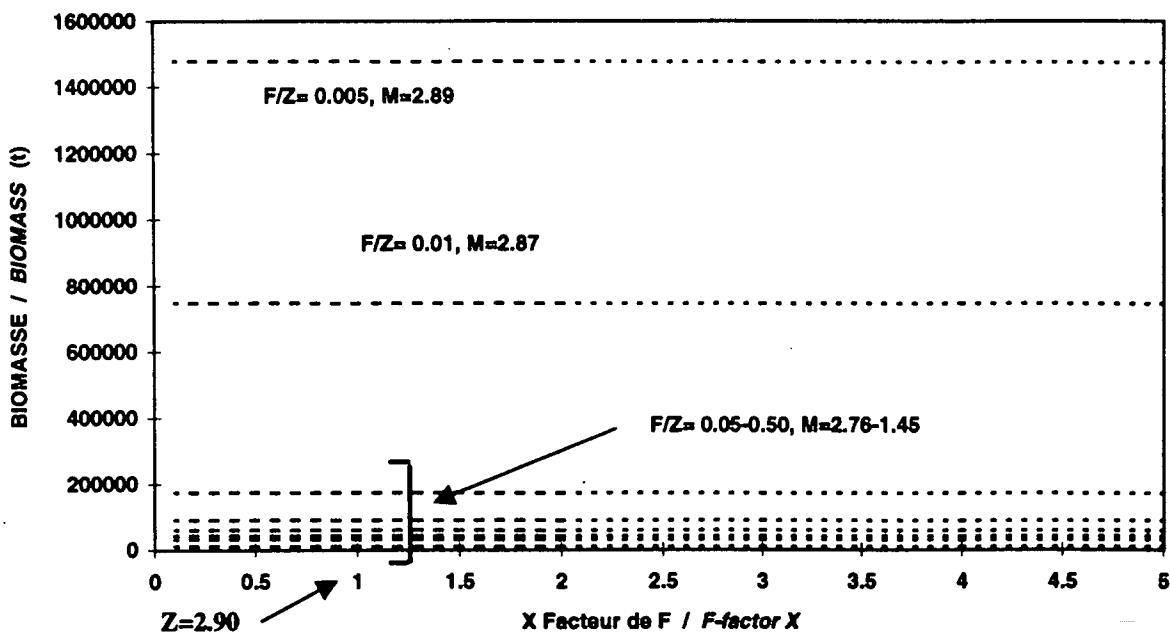


Figure 10. Prédiction de la biomasse (A) et du rendement (B) en capelan femelle selon le modèle de Thompson et Bell basé sur les captures à la longueur de 1996 ( $Z=3.20$ ) et  $F/Z$ : 0.005, 0.01, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 et 0.50) / Predictions of the biomass (A) and yield (B) of female capelin according to the Thompson and Bell model based on the 1996 catch at length (for  $Z=3.20$  and  $F/Z$  taking the following values: 0.005, 0.01, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 and 0.50).

**MODÈLE DE THOMPSON-BELL / MODEL**

(A)



**MODÈLE DE THOMPSON-BELL / MODEL**

(B)

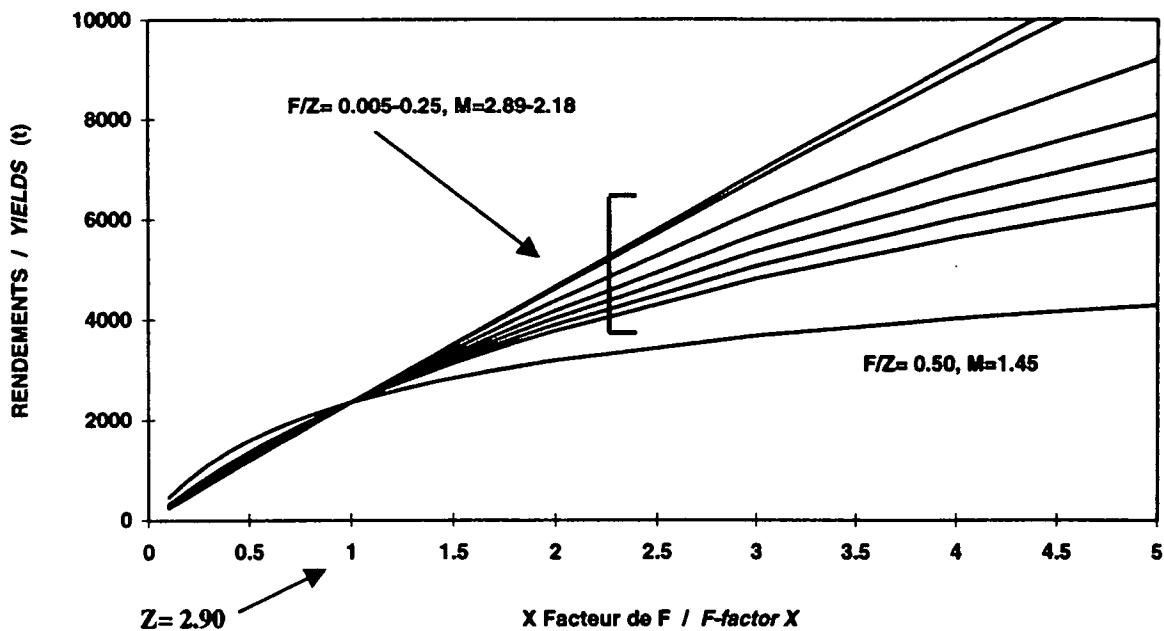
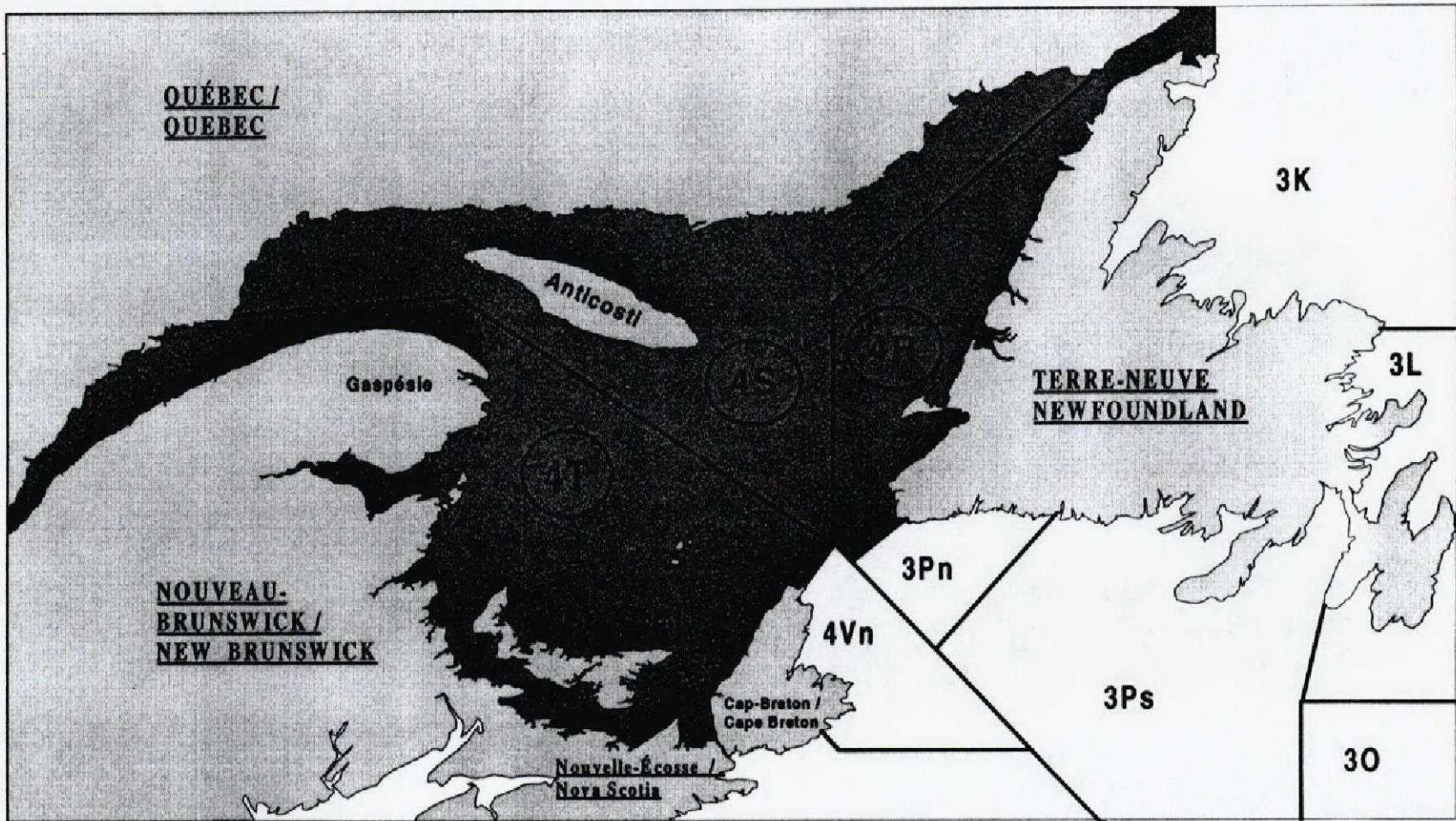


Figure 11. Prédictions de la biomasse (A) et du rendement (B) en capelan femelle selon le modèle de Thompson et Bell basé sur les captures à la longueur de 1997 ( $Z=2.90$ ) et  $F/Z$ : 0.005, 0.01, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 et 0.50) / Predictions of the biomass (A) and yield (B) of female capelin according to the Thompson and Bell model based on the 1997 catch at length (for  $Z=2.90$  and  $F/Z$  taking the following values: 0.005, 0.01, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 and 0.50).



48

Annexe 1. Carte des divisions de l'OPANO 4RST associées au capelan du golfe du Saint-Laurent.  
Appendix 1. Map of the NAFO divisions 4RST related to the capelin of the Gulf of St. Lawrence.

**Annexe 2. Capture à la longueur (%) chez les capelans capturés à la seine bourse dans 4R entre 1984 et 1997.**  
**Appendix 2. Catch at length (%) for the capelin caught by purse seine in 4R between 1984 and 1997.**

LONGUEUR / LENGTH (mm)	ANNÉE / YEAR													
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996*	1997*
Femelle / <i>Female</i>														
110														
115													0.18	0.17
120													0.37	1.20
125	0.53	1.36		0.47	0.09	0.08	0.61	0.13	1.22	4.62	12.57		0.06	0.12
130	1.74	3.53		1.41	2.18	0.31	2.66	0.63	5.99	12.91	25.15		0.89	3.36
135	4.54	9.46		5.15	4.60	1.80	7.38	3.16	8.99	18.96	16.17		13.43	11.10
140	8.68	16.92	2.34	9.60	10.52	5.71	16.83	8.46	11.80	16.29	14.37		19.82	16.90
145	15.75	20.93	6.25	14.29	17.16	16.51	21.19	16.54	16.95	15.88	14.37		26.92	21.70
150	21.36	16.92	15.13	24.12	16.26	28.09	18.28	21.46	19.01	12.26	5.39		19.23	17.75
155	19.89	13.95	21.58	18.97	13.70	21.28	17.31	22.10	17.79	8.06	4.79		11.12	12.62
160	16.15	9.06	26.16	11.01	9.95	15.41	8.60	13.89	9.18	4.56	1.20		2.43	5.47
165	9.08	4.73	17.47	8.43	8.96	6.18	5.08	8.96	4.78	2.96	0.60		1.12	2.35
170	2.00	2.25	8.02	4.68	6.30	2.43	1.45	3.28	2.72	0.95			0.18	0.59
175	0.27	0.56	2.18	1.87	3.51	0.63	0.48	1.39	0.84	0.53			0.06	0.08
180		0.16	0.46		1.90	0.63				0.37				0.17
185		0.16	0.36		1.61	0.08								
190			0.05		1.66	0.78								
195					1.23	0.08								
200						0.24								
205						0.09		0.12						
210						0.05								
Mâle / <i>Male</i>														
110														
115														
120														
125											0.11			
130											0.75			
135											1.40	1.12		
140		0.85									2.04			0.43
145		2.26			0.07						0.61	5.05	7.87	0.26
150	0.45	4.53		1.06	0.51		0.41	0.53	3.16	9.77	6.74		3.86	4.62
155	1.80	6.65	0.09	3.17	3.34		4.47	3.32	7.94	18.37	35.96		15.88	15.58
160	6.98	13.86	2.27	11.64	10.39	0.53	14.02	8.64	13.14	19.98	29.21		35.10	26.84
165	15.09	27.16	12.60	23.28	19.99	1.69	29.67	21.68	23.52	26.21	12.36		38.35	31.24
170	26.35	22.35	17.77	29.63	20.35	10.69	26.63	23.80	22.71	11.60	6.74		1.53	16.74
175	28.15	13.44	26.29	12.70	15.26	24.97	19.92	27.79	18.13	3.76			4.30	2.96
180	17.57	6.08	27.56	14.81	11.85	33.97	4.27	10.37	7.84	0.64			0.53	0.43
185	2.93	2.55	11.15	2.65	9.59	18.41	0.61	3.59	2.34	0.32			0.18	0.07
190	0.68	0.28	1.99	1.06	5.45	6.77		0.13	0.41					
195		0.27			1.89	2.43		0.13	0.20					
200					0.87	0.42								
205					0.29	0.11								
210					0.15									

\* Préliminaire / Preliminary.