

Cette communication ne peut être citée sans l'autorisation des auteurs

Comité international pour
l'exploration de la mer

CM 1987/D : 8
Comité des
Statistiques

Titre :

Estimation des coefficients de mortalité et de l'abondance des recrues à partir de l'analyse d'une pseudocohorte dans le cas d'une exploitation par différents métiers.

par M. BERTIGNAC *, Ph. MOGUEDET **



Résumé :

Une adaptation de l'analyse des cohortes est proposée dans le cas où l'on ne dispose de la distribution des captures par âge que pour une année et des données d'efforts pour les années précédentes pour chaque métier exploitant le stock considéré.

Une application à l'estimation des coefficients de mortalité et de l'abondance des recrues pour les stocks de bar (Dicentrarchus labrax) du Morbras (division CIEM VIII A) et de lingue franche (Molva molva) de l'ouest de l'Ecosse (division CIEM VI A) est présentée.

Abstract :

An adaptation to the cohort analysis is suggested when age catches distribution are known only on a year and when the effort datas of previouses years, for each of the vessels fishing the considered stock, are availables.

An example to the estimation of fish mortality coefficients and of the recruitment abundancy for the stocks of sea bass (Dicentrarchus labrax) from Morbras (ICES division VIII A) and ling (Molva molva) from west of Scotland (ICES division VI A), is given.

* ENSA Rennes
Laboratoire de Biologie Halieutique
65 rue de St Briec
35042 Rennes Cedex.

** UST Lille I
Laboratoire d'Ecologie Numérique
59655 Villeneuve d'Ascq

et IFREMER
Laboratoire Ressources Halieutiques
8 rue F. Toulléc
56100 Lorient

L'analyse de la structure démographique des captures est aujourd'hui largement employée pour estimer la mortalité par classe d'âge due à la pêche. Cette technique a été développée, par MURPHY (1965) et GULLAND (1965) pour suppléer la méthode de BEVERTON et HOLT (1956) qui ne peut pas être utilisée quand le coefficient de mortalité par pêche varie avec l'âge. Elle repose sur la combinaison de l'équation des captures et de l'équation de survie. Son principal intérêt est de pouvoir estimer les coefficients de mortalité par pêche aux âges, sans utiliser les efforts de pêche et donc sans propager les erreurs de leurs évaluations (MESNIL, 1980 a). Elle présente aussi les avantages d'être simple et de ne pas requérir d'hypothèses restrictives. En outre, elle a la propriété originale de voir converger les paramètres vers leurs vraies valeurs (JONES, 1961 ; TOMLINSON, 1970).

Cependant, son utilisation nécessite la connaissance de la structure démographique des captures sur plusieurs années. Au début d'une étude scientifique sur un stock, de telles séries de données sont rarement disponibles. La première estimation de la structure annuelle en âge des captures est alors traitée comme une pseudo-cohorte. Ceci conduit à émettre certaines hypothèses : le recrutement et les mortalités aux différents âges sont considérés comme constants.

Dans la pratique, il est rare que ces hypothèses d'équilibre soient vérifiées. Aussi, une autre approche a été développée. Elle utilise des données d'effort de pêche qui sont généralement aisées à obtenir. A l'hypothèse de constance des mortalités aux différents âges peut alors être substituée celle des capturabilités aux âges constantes d'une année sur l'autre (SANTARELLI, 1985). En outre, il est possible d'intégrer au modèle des éventuelles modifications annuelles de recrutement.

Un tel modèle d'analyse de pseudo-cohorte a été développé par SANTARELLI (1985) et LAUREC et SANTARELLI (1986) dans le cas d'une exploitation d'un stock par un seul métier. L'objet du présent travail est de présenter son adaptation et son extension au cas d'une exploitation d'un stock par plusieurs métiers.

Dans une première partie les équations de bases et la technique itérative, qui permet d'estimer par rétrocalcul les mortalités aux âges, sont présentées.

La seconde partie propose une application à l'étude de l'exploitation des stocks de Bar (Dicentrarchus labrax) dans le MORBRAS (division CIEM VIIIA), et de celle de la lingue franche (Molva molva) dans l'ouest de l'Ecosse (division CIEM VIA).

1 - EQUATIONS ET ALGORITHME DE BASE

1.1. Notations

Les notations utilisées sont celles introduites par LAUREC et SANTARELLI (1986). Une indexation sur les métiers, y est ajoutée.

Les années sont indicées par y , les âges par a . Le nombre de groupe d'âge est I . Les deux indices y et a varient de 1 à I . Les métiers sont indicés par j et varient de 1 à J .

Le nombre d'individus d'âge a au début de l'année y est $N_{a,y}$. La capturabilité à l'âge a pour le métier j est $q_{a,j}$. La mortalité par pêche pour l'âge a , l'année y et le métier j est $F_{a,y,j}$.

Les données nécessaires à la résolution du modèle (Figure 1) sont :

- les captures à l'âge a , pour le métier j , lors de l'année finale I : $C_{a,j}$.

- les efforts de pêche par métier j , pour chaque année y , depuis que la cohorte d'âge I , l'année I est entrée, dans la pêcherie : $E_{y,j}$.

- la mortalité naturelle notée M . Elle est supposée ne pas varier avec l'âge. L'intégration, dans l'algorithme, d'une éventuelle évolution de M suivant l'âge est réalisable.

- le recrutement R au cours des I années considérées. Il sera, dans un premier temps supposé constant. La généralisation à un recrutement variable suivant l'année sera traité ultérieurement.

1.2. Equations de base

La survie d'un groupe d'individu est décrite par une fonction exponentielle décroissante :

$$N_t = N_0 \cdot e^{-(F+M) \cdot (t-t_0)}$$

où

N_t : nombre de survivants à l'instant t
 N_0 : nombre d'individu à l'instant t_0
 M : mortalité naturelle
 F : mortalité par pêche.

De cette équation sont déduites les équations classiques de capture et de survie (MURPHY, 1965 ; GULLAND, 1965). Ces dernières

servent à calculer, pour chaque hypothèse sur le recrutement, les capturabilités correspondant à un âge et un métier.

Pour l'année I et le groupe d'âge 1, les captures observées du métier j s'écrivent $C_{1,j}$. La capture totale sur ce groupe d'âge vaut :

$$(1) \quad C_1 = \sum_{j=1}^J C_{1,j}$$

En appliquant le modèle d'analyse de cohorte, C_1 doit satisfaire à l'équation des captures :

$$(2) \quad C_1 = R \cdot \frac{F_{1,I}}{(F_{1,I} + M)} \cdot (1 - e^{-(F_{1,I} + M)})$$

La résolution de cette équation par un procédé itératif quelconque permet de calculer $F_{1,I}$ (MESNIL, 1980 a).

Lorsque différents métiers exploitent le même stock, chacun d'entre eux engendre une mortalité par pêche et possède son propre diagramme d'exploitation.

La fraction de la mortalité par pêche globale, des captures d'âge a, attribuée au métier j peut être estimée au prorata des captures effectuées par chacun des métiers (MESNIL, 1980 b) :

$$(3) \quad F_{a,I,j} = F_{a,I} \cdot \frac{C_{a,j}}{C_a}$$

On a ainsi pour le groupe d'âge 1 :

$$(4) \quad F_{1,I,j} = \frac{C_{1,j}}{C_1} \cdot F_{1,I}$$

on en déduit immédiatement les capturabilités correspondantes

$$(5) \quad q_{1,j} = \frac{F_{1,i,j}}{E_{1,j}}$$

Le passage à la cohorte suivante (Figure 1), se fait en calculant le nombre de survivants de cette cohorte au début de l'année I. Lors de l'année I-1 elle a subi l'effort de pêche E_{I-1} . La mortalité par pêche qui lui a été appliquée à l'âge 1 est égale à :

$$(6) \quad F_{1,i-1} = \sum_{j=1}^J q_{1,j} \cdot E_{I-1,j}$$

D'après l'équation de survie, le nombre de survivants au début de l'année I était donc :

$$(7) \quad N_{2,i} = R \cdot e^{-\left(\sum_{j=1}^J q_{1,j} \cdot E_{I-1,j} + M \right)}$$

Tous les éléments qui permettent de résoudre l'équation des captures à l'âge 2 sont réunis :

$$(8) \quad C_2 = \sum_{j=1}^J C_{2,j}$$

$$(9) \quad C_2 = N_{2,i} \cdot \frac{F_{2,i}}{F_{2,i} + M} \cdot (1 - e^{-(F_{2,i} + M)})$$

En décomposant à nouveau la mortalité par pêche au prorata des captures, on en déduit :

$$(10) \quad q_{2,j} = \frac{F_{2,i,j}}{E_{1,j}}$$

et

$$(11) \quad N_{3,I} = R \cdot e^{-\left(\sum_{j=1}^J q_{1,j} \cdot E_{I-2,j} \right) + \left(\sum_{j=1}^J q_{2,j} \cdot E_{I-1,j} \right) + 2M}$$

La généralisation des équations (7) et (11) est simple et conduit à :

$$(12) \quad N_{a,I} = R \cdot e^{-\left(\sum_{k=1}^{a-1} \left(\sum_{j=1}^J q_{k,j} \cdot E_{I-(a-k),j} \right) \right) + (a-1) \cdot M}$$

Le passage à l'équation des captures conduit à :

$$(13) \quad C_a = N_{a,I} \cdot \frac{F_{a,I}}{F_{a,I} + M} \cdot (1 - e^{-(F_{a,I} + M)})$$

et permet de déduire la capturabilité par métier :

$$(14) \quad q_{a,j} = \frac{F_{a,I,j}}{E_{I,j}}$$

Lorsque des informations sur le niveau apparent du recrutement sont disponibles, il est possible d'étendre le calcul à un recrutement variable suivant l'année. Soit A_y l'indice associé au recrutement R_y de l'année y . On a alors :

$$\frac{A_{y1}}{A_{y2}} = \frac{R_{y1}}{R_{y2}}$$

L'équation (12') se substitue alors à l'équation (12) :

$$(12') \quad N_{a,I} = R \cdot \frac{A_{I+1-a}}{A_I} \cdot e^{-\left(\sum_{k=1}^{a-1} \left(\sum_{j=1}^J q_{k,j} \cdot E_{I-(a-k),j} \right) \right) + (a-1) \cdot M}$$

(où R désigne le recrutement de l'année finale)

2 - ALGORITHME DU RETROCALCUL PAR ITERATION

L'algorithme de base présenté plus haut, implique une injection du recrutement R. Il permet d'en déduire outre la capturabilité par âge et par métier, la mortalité par pêche par âge et donc celle sur le dernier groupe d'âge (F terminal : F_t).

Ce processus de résolution est fastidieux, puisqu'à chaque R injecté, il faut tester les valeurs de F calculées et vérifier si la convergence se réalise dans de bonnes conditions.

LAUREC et SANTARELLI (1986) ont optimisé l'algorithme en se ramenant au rétrocalcul. Un F terminal (F^*) est entré, la valeur du recrutement correspondant (R^*) est déterminée par résolution de l'équation $F_t(R^*) = F^*$.

Cette résolution a été améliorée grâce à l'usage du calcul de la dérivée :

$$\frac{dF_t}{dR}$$

et de l'adaptation de la méthode de Newton.

Nous présentons ici la généralisation des calculs au cas d'une exploitation par plusieurs métiers.

2.1 - Calcul des dérivées

L'équation générale des captures peut s'écrire (d'après (13)) :

$$(13) \quad C_a = N_{a,I} \cdot \frac{F_{a,I}}{F_{a,I+M}} \cdot (1 - e^{-(F_{a,I+M})})$$

ce qui est logiquement équivalent à :

$$(15) \quad N_{a,I} = C_a \cdot \frac{F_{a,I+M}}{F_{a,I}} \cdot \frac{1}{(1 - e^{-(F_{a,I+M})})}$$

En dérivant l'équation (15) selon les règles de dérivation des fonctions implicites, (C_a et M étant constants), on obtient :

$$(16) \quad \frac{d N_{a,i}}{d F_{a,i}} = N_{a,i} \left[\frac{1}{F_{a,i+M}} - \frac{1}{F_{a,i}} - \frac{1}{(F_{a,i+M})(e^{-1})} \right]$$

ce qui équivaut à :

$$(17) \quad \frac{d F_{a,i}}{d N_{a,i}} = \frac{1}{N_{a,i}} \cdot \frac{-1}{\frac{1}{F_{a,i}} - \frac{1}{F_{a,i+M}} + \frac{1}{(F_{a,i+M})(e^{-1})}}$$

d'après (3) on a $F_{a,i} = \frac{C_a}{C_{a,j}} F_{a,i,j}$

d'où

$$(18) \quad \frac{d F_{a,i}}{d N_{a,i}} = \frac{C_a}{C_{a,j}} \frac{d F_{a,i,j}}{d N_{a,i}}$$

et

$$(19) \quad \frac{d F_{a,i,j}}{d N_{a,i}} = \frac{C_{a,j}}{C_a} \frac{d F_{a,i}}{d N_{a,i}}$$

De la relation :

$$(20) \quad F_{a,i,j} = q_{a,j} \cdot E_{i,j}$$

on en déduit :

$$(21) \quad \frac{dq_{a,j}}{dN_{a,i}} = \frac{1}{E_{i,j}} \cdot \frac{dF_{a,i,j}}{dN_{a,i}}$$

et on en tire d'après (17) et (19)

$$(22) \quad \frac{d q_{a,j}}{d N_{a,x}} = \frac{-1}{E_{x,j} \cdot N_{a,x} \cdot \frac{C_a}{C_{a,j}} \left(\frac{1}{F_{a,t}} - \frac{1}{F_{a,t+M}} + \frac{1}{(F_{a,t+M})} \right) (e^{-1})}$$

De l'équation (12') on déduit par dérivation logarithmique :

$$(23) \quad \frac{1}{N_{a,x}} \frac{d N_{a,x}}{d R} = \frac{1}{R} - \left(\sum_{k=1}^{a-1} \left(\sum_{j=1}^J E_{x-a+k,j} \cdot \frac{d q_{k,j}}{d R} \right) \right)$$

2.2 - Processus itératif des calculs de $\frac{dF_x}{dR}$ et des $\frac{dq_{a,j}}{dR}$

Pour le premier groupe d'âge, $N_{1,x} = R$. On calcule $\frac{dF_{1,x}}{dR}$ à partir de $\frac{dF_{a,x}}{dN_{a,x}}$ (équation 17).

Tous les $\frac{dF_{1,x,j}}{dR}$ sont estimés en multipliant $\frac{dF_{a,x}}{dN_{a,x}}$ par $\frac{C_{a,j}}{c_a}$ (d'après l'équation (19)).

En divisant les $\frac{dF_{1,x,j}}{dR}$ par $E_{x,j}$ on déduit $\frac{dq_{1,j}}{dR}$ (équation 21) qui selon

l'équation (23) permet de calculer $\frac{dN_{2,x}}{dR}$.

Pour obtenir $\frac{dF_{2,x}}{dR}$ on multiplie $\frac{dN_{2,x}}{dR}$ par $\frac{dF_{2,x}}{dN_{2,x}}$ (obtenus par l'équation (16)).

On calcule tous les $\frac{dF_{2,x,j}}{dN_{2,x}}$ (équation 19), et ensuite tous les $\frac{dq_{2,j}}{dN_{2,x}}$

(équation 21). En multipliant par $\frac{dN_{2,x}}{dR}$ on obtient $\frac{dq_{2,j}}{dR}$.

Le processus se généralise ainsi :

grâce aux données précédentes on calcule $\frac{dN_{a,i}}{dR}$ (équation 23). Puis en

multipliant $\frac{dN_{a,i}}{dR}$ par $\frac{dF_{a,i}}{dN_{a,i}}$ (équation 17) on obtient $\frac{dF_{a,i}}{dR}$.

On calcule ensuite tous les $\frac{dF_{a,i,j}}{dN_{a,i}}$ (par l'équation 19) et en divisant

par les $E_{i,j}$ on obtient $\frac{dq_{a,j}}{dN_{a,i}}$ (équation 21).

En multipliant les $\frac{dq_{a,j}}{dN_{a,i}}$ par les $\frac{dN_{a,i}}{dR}$ on calcule les $\frac{dq_{a,j}}{dR}$ qui

d'après l'équation (23) permettent de calculer les $\frac{dN_{a+1,i}}{dR}$.

A terme la dernière itération permet de calculer $\frac{dF_{i,i}}{dR} = \frac{dF_{\epsilon}}{dR}$.

2.3 - Adaptation de la méthode de Newton

La résolution de l'équation $F^* - F_{\epsilon}(R^*) = 0$ se fait à partir d'une hypothèse R^0 qui permet de calculer $F^0_{\epsilon} = F_{\epsilon}(R^0)$ et $\frac{dF_{\epsilon}}{dR}(R^0)$. On peut alors

calculer $R^1 = R^0 + (F^* - F_{\epsilon}) \frac{1}{\frac{dF_{\epsilon}}{dR}(R^0)}$ et $\frac{dF_{\epsilon}}{dR}(R^1)$ pour en déduire R^2 .

Le processus de calcul a une contrainte. Les valeurs de R retenues peuvent être trop faibles. Le $N_{a,i}$ calculé est alors inférieur aux captures C_a .

Pour pallier à cela; LAUREC (in LAUREC et SANTARELLI, 1986) a introduit avant le déroulement de l'algorithme de Newton un test sur R . Un premier essai est effectué avec 100.C, puis si cette valeur est encore trop faible, elle est multipliée autant de fois par 10 qu'il est nécessaire, jusqu'à obtenir un R^0 suffisamment fort.

Les algorithmes décrits dans le paragraphe 2 ont été programmés (*) en FORTRAN 77 sur micro-ordinateur (compatible IBM).

3 - APPLICATIONS DU MODELE

Le modèle décrit plus haut est appliqué à l'étude de la dynamique du stock de bar (Dicentrarchus labrax) du MORBRAS (division C.I.E.M VIII A) et à ceux des stocks de lingue franche (Molva molva), mâles et femelles, de l'ouest de l'Ecosse (division C.I.E.M VI A).

Jusqu'à présent ces stocks n'ont jamais fait l'objet d'études scientifiques. Les structures démographiques de leurs captures ne sont connues que pour une année (1985). En outre, ils présentent la caractéristique d'être exploités depuis plusieurs années par différents métiers (le terme "métier" est pris au sens de flottilles utilisant le même engin de pêche).

L'effort de pêche exercé par chacun de ces métiers a varié au cours de ces dernières années.

Le stock de bar (Dicentrarchus labrax) du MORBRAS est exploité par une flottille de pêche côtière. Cette flottille très hétérogène est subdivisée en quatre groupes suivant le métier ou ensemble de métiers pratiqués. Chaque groupe possède sa propre structure démographique des captures :

- les palangriers exploitent le bar du printemps à l'automne, sur des zones rocheuses très côtières.

- les chalutiers pélagiques pêchent le bar l'hiver, sur les zones de frayères situées au large du MORBRAS, sur des fonds allant de 50 à 100 m.

- les chalutiers de petite pêche cotière (P.P.C.) capturent du bar en prise accessoire.

- la dernière composante est constituée de navires qui exploitent du bar au chalut de fond, à la traine ou bien au filet. Ils pêchent dans des zones très littorales et même parfois estuariennes.

Dans l'ouest de l'Ecosse la lingue franche (Molva molva) est exploitée par des flottilles qui utilisent deux types d'engins : le chalut de fond et la palangre.

Les chalutiers capturent la lingue franche sur le plateau continental. Ces navires orientent plus intensivement leur stratégie de pêche sur cette espèce entre Juin et Septembre. Le reste de l'année sa pêche est considérée comme accessoire.

(*) Nous tenons à remercier J.L DURAND, chercheur au laboratoire Ressources Halieutiques de la station IFREMER de Lorient, qui a participé à l'élaboration de ce logiciel.

Les palangriers exploitent la lingue franche sur le plateau continental et ses accores. Tout au long de l'année leur effort de pêche est essentiellement dirigé vers la capture de ce gadidé. La lingue franche est l'espèce cible de ce métier.

Pour chacun des stocks étudiés, la distribution des captures par âge pour l'année 1985 est présentée dans le tableau (1).

Les séries des efforts exercés pour chacun des métiers, pour les années (1967-1985) dans la cas de l'exploitation du bar, et pour les années (1974-1985) dans le cas de celle de la lingue franche, sont fournies dans le tableau (2).

Pour l'ensemble des calculs l'indice de recrutement relatif est supposé constant et égal à un. Quelque soit le stock étudié, tous les individus capturés sont commercialisés. Il n'y a pas de rejets.

Les calculs sont effectués, pour chacune des deux espèces, selon deux hypothèses sur la mortalité naturelle : 0.1 et 0.2 .

4 - RESULTATS ET DISCUSSION

Pour chaque stock, le modèle calcule, pour chaque valeur de Ft et de M rentrées, le nombre de recrues R correspondant, les capturabilités par âge pour chacun des métiers, les mortalités par pêche et les effectifs survivants pour chaque groupe d'âge.

Pour chacune des hypothèses sur M, on choisit une valeur de Ft parmi toutes celles qui ont été injectées.

Pour cela on admet que la capturabilité des chalutiers (pélagiques pour le bar et de fond pour la lingue franche) doit, compte tenue de leur sélectivité, être constante suivant les âges.

Le choix de Ft se fait donc ici à partir des résultats des capturabilités obtenues pour ces métiers.

La figure (2) illustre ce choix pour les hypothèses retenues ici sur M (0.1, 0.2). Les résultats correspondant aux valeurs de Ft sélectionnées sont données dans les tableaux (3) et (4).

L'examen du tableau (2) montre combien les efforts de pêche exercés pour l'exploitation des stocks étudiés ont évolués dans le temps. L'hypothèse d'équilibre des efforts est loin d'être satisfaite. Il y aurait donc eu un risque à négliger cet aspect.

Le phénomène de convergence, mis en évidence par JONES (1961), TOMLINSON (1970), et décrit par MESNIL (1980 a) est également observé ici. Cela est rassurant dès lors que les mortalités par pêche terminales sont plus conjoncturées que connues (LAUREC et SANTARELLI 1986).

L'hypothèse de constances des capturabilités n'est pas forcément observée pour toutes les classes d'âges exploitées. Les captures des premières classes d'âges subissent l'effet induit de la sélectivité du chalut. Celles des dernières classes d'âges peuvent être affectées par le phénomène de réforme qu'accomplissent les très vieux individus. Ceux-ci quittent la pêcherie et ne sont plus accessibles aux

engins de pêche.

Dans ces deux cas le Ft retenu est celui qui assure la constance des capturabilités sur le plus grand nombre possible de classes d'âges.

Le recrutement des stocks plus côtiers, comme celui du bar, subit de grandes variations d'une année à l'autre. Ce phénomène est essentiellement lié aux modifications hydrologiques du milieu.

Si, fautes de données, on suppose comme ici que le recrutement est constant chaque année, on introduit alors une erreur qui se répercute sur les résultats de capturabilités et des efforts de pêche. Le Ft choisi est celui qui donne des capturabilités oscillant autour d'une valeur moyenne stable sur plusieurs classes d'âges.

5 - CONCLUSION

La méthode d'analyse de pseudo-cohorte présentée ici constitue un progrès par rapport à la procédure classique du traitement des pseudo-cohortes, qui suppose une double hypothèse d'équilibre. Désormais, on peut s'affranchir de l'hypothèse de constance des efforts de pêche.

Ceci est particulièrement intéressant pour l'étude de la dynamique de stocks dont l'exploitation subit un développement important, ou pour ceux dont l'exploitation est considérée comme accessoire et fluctue énormément selon les années.

L'élargissement de la méthode à plusieurs métiers permet d'aborder l'étude de l'exploitation d'un stock en terme d'interactions de différents métiers autour d'une même ressource.

L'estimation des paramètres d'entrée du modèle (mortalité naturelle, mortalité par pêche terminale, effort de pêche, capture aux âges) engendre des erreurs. Pour mesurer l'impact sur les résultats des erreurs commises lors de ces estimations, le modèle devra intégrer les calculs de sensibilités développés par LAUREC (1986).

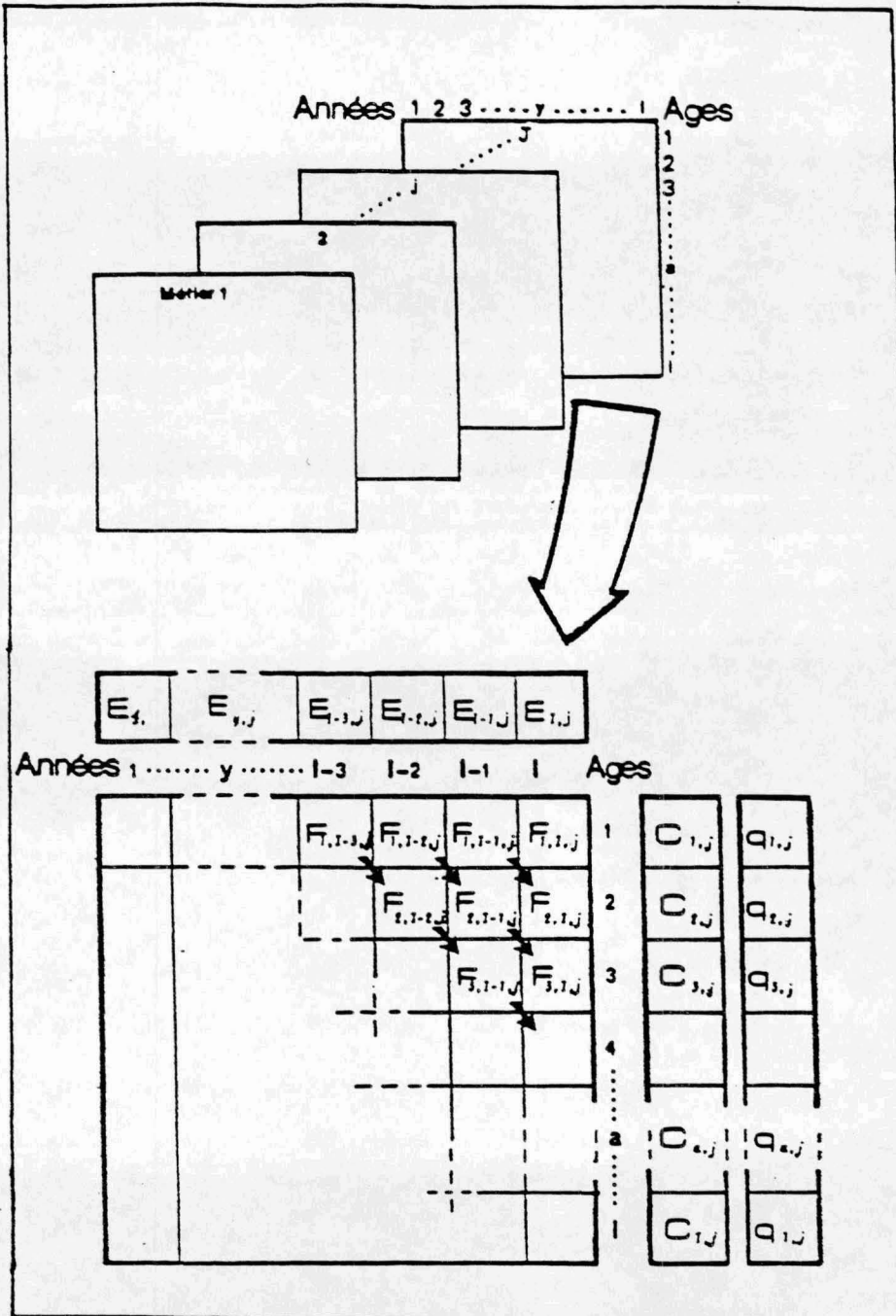
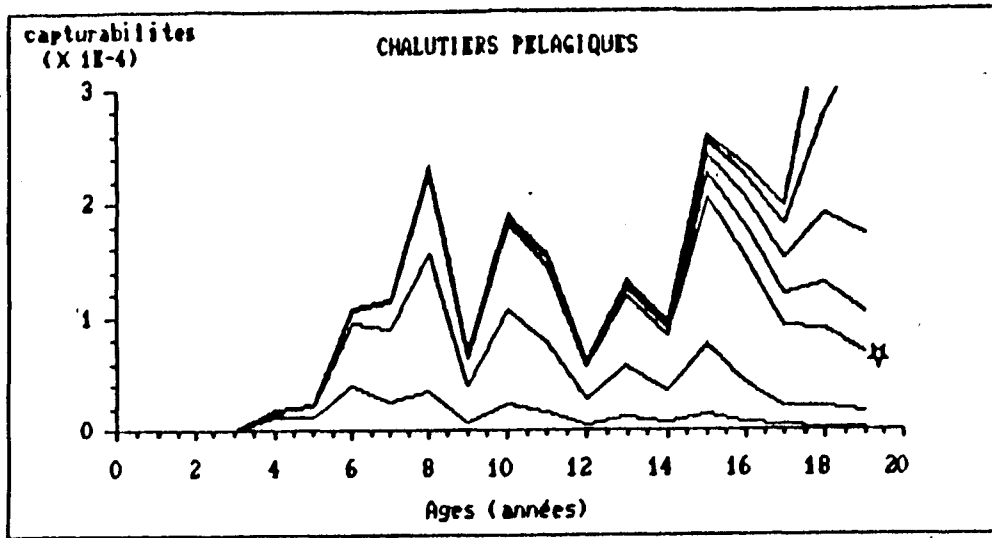
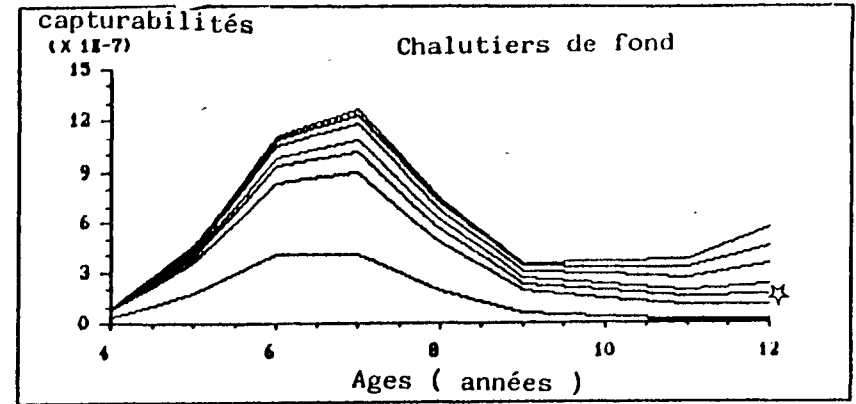


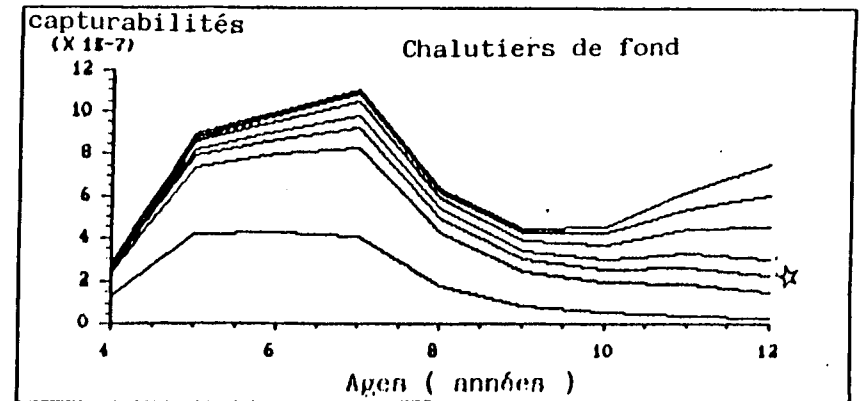
Figure (1) : Schéma illustrant les relations entre les données du modèle.



a : stock de bars.



b : stock de lingués franches mâles.



c : stock de lingués franches femelles.

Figure (2) : Illustrations schématiques du choix du F terminal.

| Ages | Palangre | Pelagique | P.P.C. | Divers |
|------|----------|-----------|--------|--------|
| 2 | 0 | 0 | 0 | 91 |
| 3 | 1850 | 455 | 5350 | 31779 |
| 4 | 31273 | 4412 | 29119 | 66024 |
| 5 | 25524 | 3272 | 9879 | 8135 |
| 6 | 55363 | 7820 | 12698 | 5096 |
| 7 | 20489 | 4008 | 2693 | 922 |
| 8 | 16458 | 4662 | 1401 | 431 |
| 9 | 2738 | 996 | 146 | 72 |
| 10 | 7470 | 2544 | 328 | 70 |
| 11 | 4750 | 1542 | 175 | 24 |
| 12 | 2825 | 508 | 143 | 35 |
| 13 | 3358 | 836 | 87 | 14 |
| 14 | 2512 | 472 | 35 | 31 |
| 15 | 3126 | 801 | 98 | 49 |
| 16 | 1388 | 384 | 79 | 39 |
| 17 | 1185 | 188 | 35 | 0 |
| 18 | 700 | 164 | 25 | 15 |
| 19 | 346 | 133 | 0 | 0 |

a: stock de bars

| Ages | Males | | Femelles | |
|------|---------|----------|----------|----------|
| | Chalut | Palangre | Chalut | Palangre |
| 4 | 88290. | 5775. | 204368. | 27933. |
| 5 | 318195. | 39500. | 536813. | 101911. |
| 6 | 559914. | 211078. | 479954. | 203989. |
| 7 | 422340. | 416685. | 374341. | 628745. |
| 8 | 145512. | 479509. | 130763. | 581651. |
| 9 | 35074. | 269535. | 47501. | 333881. |
| 10 | 16918. | 144260. | 25045. | 149446. |
| 11 | 8383. | 57990. | 16761. | 82162. |
| 12 | 5770. | 34069. | 10035. | 41563. |

b: stocks de lingues franches.

Tableau (1) : Nombre de bars et de lingues franches (mâles et femelles) capturés par classe d'âge et par type d'engin de pêche en 1985.

| Annees | Palangre | Pelagique | P.P.C. | Divers |
|--------|----------|-----------|--------|--------|
| 1985 | 3500 | 800 | 550 | 430 |
| 1984 | 2900 | 600 | 400 | 600 |
| 1983 | 2200 | 450 | 200 | 760 |
| 1982 | 1500 | 350 | 100 | 900 |
| 1981 | 800 | 200 | 100 | 900 |
| 1980 | 800 | 50 | 100 | 1000 |
| 1979 | 800 | 50 | 100 | 1100 |
| 1978 | 800 | 0 | 100 | 1150 |
| 1977 | 800 | 0 | 100 | 1250 |
| 1976 | 800 | 0 | 100 | 1350 |
| 1975 | 800 | 0 | 100 | 1350 |
| 1974 | 800 | 0 | 100 | 1350 |
| 1973 | 800 | 0 | 100 | 1350 |
| 1972 | 800 | 0 | 100 | 1350 |
| 1971 | 800 | 0 | 100 | 1350 |
| 1970 | 800 | 0 | 100 | 1350 |
| 1969 | 800 | 0 | 100 | 1350 |
| 1968 | 800 | 0 | 100 | 1350 |
| 1967 | 800 | 0 | 100 | 1350 |

a: effort bar.

| Années | Chalut | Palangre |
|--------|---------|-----------|
| 1985 | 128 428 | 460 080 |
| 1984 | 85 879 | 445 780 |
| 1983 | 90 284 | 660 273 |
| 1982 | 98 005 | 582 974 |
| 1981 | 134 647 | 686 716 |
| 1980 | 102 041 | 657 058 |
| 1979 | 109 770 | 820 209 |
| 1978 | 118 166 | 1 059 083 |
| 1977 | 147 289 | 1 042 224 |

b : effort lingue franche.

Tableau (2) : Efforts de pêche appliqués sur le bar et la lingue franche au cours de ces dernières années.

M = 0.10

R = 527666

| Mortalites par peche F | | | | | |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Metiers Ages | 1 | 2 | 3 | 4 | Total |
| 2 | .0000 | .0000 | .0000 | 0.0002 | 0.0000 |
| 3 | 0.0043 | 0.0010 | 0.0123 | 0.0731 | 0.0910 |
| 4 | 0.1052 | 0.0148 | 0.0979 | 0.2220 | 0.4400 |
| 5 | 0.1444 | 0.0185 | 0.0559 | 0.0460 | 0.2650 |
| 6 | 0.6042 | 0.0853 | 0.1386 | 0.0556 | 0.8840 |
| 7 | 0.4652 | 0.0910 | 0.0611 | 0.0209 | 0.6380 |
| 8 | 0.6385 | 0.1809 | 0.0544 | 0.0167 | 0.8900 |
| 9 | 0.1423 | 0.0517 | 0.0076 | 0.0037 | 0.2050 |
| 10 | 0.4254 | 0.1449 | 0.0187 | 0.0040 | 0.5930 |
| 11 | 0.3575 | 0.1161 | 0.0132 | 0.0018 | 0.4890 |
| 12 | 0.2593 | 0.0456 | 0.0128 | 0.0031 | 0.3150 |
| 13 | 0.3805 | 0.0947 | 0.0099 | 0.0016 | 0.4870 |
| 14 | 0.3560 | 0.0669 | 0.0050 | 0.0044 | 0.4320 |
| 15 | 0.6388 | 0.1637 | 0.0200 | 0.0100 | 0.8330 |
| 16 | 0.4363 | 0.1207 | 0.0248 | 0.0123 | 0.5940 |
| 17 | 0.4655 | 0.0738 | 0.0137 | 0.0004 | 0.5530 |
| 18 | 0.3077 | 0.0721 | 0.0110 | 0.0066 | 0.3970 |
| 19 | 0.1445 | 0.0555 | 0.0004 | 0.0004 | 0.2000 |

M = 0.20

R = 929926

| Mortalites par peche | | | | | |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Metier Ages | 1 | 2 | 3 | 4 | Total |
| 2 | .0000 | .0000 | .0000 | 0.0001 | 0.0000 |
| 3 | 0.0028 | 0.0007 | 0.0080 | 0.0474 | 0.0590 |
| 4 | 0.0683 | 0.0096 | 0.0636 | 0.1441 | 0.2860 |
| 5 | 0.0890 | 0.0114 | 0.0344 | 0.0284 | 0.1630 |
| 6 | 0.3237 | 0.0457 | 0.0742 | 0.0298 | 0.4730 |
| 7 | 0.1985 | 0.0388 | 0.0261 | 0.0089 | 0.2720 |
| 8 | 0.2223 | 0.0630 | 0.0189 | 0.0058 | 0.3100 |
| 9 | 0.0468 | 0.0170 | 0.0025 | 0.0012 | 0.0680 |
| 10 | 0.1540 | 0.0524 | 0.0068 | 0.0014 | 0.2150 |
| 11 | 0.1288 | 0.0418 | 0.0047 | 0.0007 | 0.1760 |
| 12 | 0.0989 | 0.0178 | 0.0050 | 0.0012 | 0.1230 |
| 13 | 0.1561 | 0.0389 | 0.0040 | 0.0007 | 0.2000 |
| 14 | 0.1529 | 0.0287 | 0.0021 | 0.0019 | 0.1860 |
| 15 | 0.2636 | 0.0675 | 0.0083 | 0.0041 | 0.3440 |
| 16 | 0.1617 | 0.0447 | 0.0092 | 0.0045 | 0.2200 |
| 17 | 0.1739 | 0.0276 | 0.0051 | 0.0001 | 0.2070 |
| 18 | 0.1254 | 0.0294 | 0.0045 | 0.0027 | 0.1620 |
| 19 | 0.0722 | 0.0278 | 0.0002 | 0.0002 | 0.1000 |

Tableau (3) : Mortalités par pêche du bar calculées selon deux hypothèses sur M (0.1 et 0.2).

M = 0.2 R = 8783661

| Mortalités par pêche F | | | |
|------------------------|--------|----------|-------|
| Métiers | Chalut | Palangre | Total |
| Age | | | |
| 4 | 0.011 | 0.007 | 0.016 |
| 5 | 0.050 | 0.006 | 0.060 |
| 6 | 0.120 | 0.045 | 0.165 |
| 7 | 0.130 | 0.130 | 0.260 |
| 8 | 0.071 | 0.235 | 0.306 |
| 9 | 0.030 | 0.223 | 0.253 |
| 10 | 0.025 | 0.210 | 0.235 |
| 11 | 0.015 | 0.140 | 0.155 |
| 12 | 0.020 | 0.130 | 0.150 |

a: lingues franches mâles.

M = 0.2 R = 10792993

| Mortalités par pêche F | | | |
|------------------------|--------|----------|-------|
| Métiers | Chalut | Palangre | Total |
| Age | | | |
| 4 | 0.020 | 0.002 | 0.022 |
| 5 | 0.070 | 0.013 | 0.083 |
| 6 | 0.080 | 0.030 | 0.110 |
| 7 | 0.090 | 0.160 | 0.250 |
| 8 | 0.060 | 0.230 | 0.290 |
| 9 | 0.030 | 0.230 | 0.260 |
| 10 | 0.030 | 0.180 | 0.210 |
| 11 | 0.030 | 0.150 | 0.180 |
| 12 | 0.030 | 0.120 | 0.150 |

b: lingues franches femelles.

Tableau (4) : Mortalités par pêche des lingues franches mâles et femelles pour une hypothèse sur M (0.2).

BIBLIOGRAPHIE.

- BEVERTON J.H., HOLT S.J. (1956).- A review of methods for estimating mortality rates in fish populations with special reference to source of bias in catch sampling. Int. coun. Explor of the sea. Rapport et p.v. 140 pp 67.83.
- GULLAND J.A. (1965).- Estimation of mortality rates. Annexe to the Report of the Artic Fisheries Working group : Hambourg 1965. Int. coun. Explor of the sea. CM 1965/3 : 9 p.
- JONES R. (1961)- The assessment of the long term effects of changes in gear selectivity and fishing effort. Mar. res. Scotl. 2 : 19 p.
- LAUREC A. (1986).- Les méthodes delta en halieutique. Evaluation des sensibilités. Approximation des biais et des variances à l'aide de développements limités. Rapp. int. IFREMER DRV 86.02 RH Nantes, 61 p.
- LAUREC A., SANTARELLI L. (1986).- Analyse rectifiée des pseudo-cohortes. (Analyse des cohortes à partir d'une année de structure démographique des captures, correction des variations de l'effort et/ou de recrutement). IFREMER - rapport interne . Ronéo 19 p.
- LAUREC A. LE GUEN J.C. (1981).- Dynamique des populations marines exploitées. Tome 1 : Concepts et modèles. Rapp. scient. et techn. CNEEXO n°45. 118 p.
- MESNIL B. (1980)a.- Théorie et pratique de l'analyse des cohortes. Rapp. Trav. Inst pêches maritimes 44(2): pp.119-155.
- MESNIL B. (1980)b.- Approche structurale en analyse et aménagement des stocks. Projection à l'équilibre et simulations de production. Rapp. int. ISTPM. Boulogne/mer. Novembre 1980. 33 p. + annexes.
- MURPHY G.I. (1965).- A solution of the catch equation. J. Fish. Res. Bd Canada 22(1) pp 191.202.
- SANTARELLI L. (1985).- Les pêcheries de Buccin (Buccinum undatum : Gastropode) du golfe normand-breton. Eléments de gestion de la ressource. Thèse de doctorat. Fac. Aix. Marseille II 194 p.
- TOMLINSON P.K. (1970).- A generalization of the Murphy catch equation. J. Fis. Res. Bd. Canada 27 : pp 821-825.