

Pauly, D. 1986. A brief review of methods used by the participants at the GFCM Workshop held in Sidi-Fredj on simple analytic methods for stock assessment, 16-18 November 1985. Annex P, p. 152-161 (French version, p. 145-151) FAO Fish, Rep. 347.

ANNEX P

A BRIEF REVIEW OF THE METHODS USED BY THE PARTICIPANTS  
AT THE GFCM WORKSHOP HELD IN SIDI-FREDJ ON SIMPLE  
ANALYTIC METHODS FOR STOCK ASSESSMENT  
16-18 November 1985 1/ ICLARM Contribution No. 288

by  
D. Pauly  
FAO Consultant  
International Center for Living  
Aquatic Resources Management (ICLARM)  
MCC P.O.Box 1501 Makati  
Metro Manila  
Philippines

ABSTRACT

A step-by-step approach is presented which uses length frequency data to estimate at first  $L_{\infty}$  and  $Z/K$ . Then, using available growth parameters estimates on the species under investigation, a value of  $K$  is estimated which is compatible with the value of  $L_{\infty}$  estimated previously. This value of  $K$  is used to separate  $Z/K$  into  $Z$  and  $K$ . This approach, which allows estimation of  $M$  (via  $L_{\infty}$ ,  $K$ , the environmental temperature and an empirical equation derived by the author), allows the application of the relative yield-per-recruit model of R.J.H. Beverton and S.J. Holt and of R. Jones' length cohort analysis. The limitations of this promising approach are discussed.

## I. INTRODUCTION

The Workshop on Simple Analytic Methods for Stock Assessment held by the General Fisheries Council for the Mediterranean in Sidi-Fredj, Algeria, from 16 to 18 November 1985 in combination with the Fourth Technical Consultation on Stock Assessment in the Balearic and Gulf of Lions Statistical Divisions, was intended to familiarize fisheries biologists working on the Western Mediterranean fisheries with a selection of simple methods applicable to the length frequency data available in the region.

These methods were recently the subject of an international conference (Pauly, 1985a, Pauly and Morgan, in press), and we have taken advantage of the venue of this meeting to put into practice one of the new methods presented at that conference.

The work of participants in the meeting was considerably facilitated by programmes for HP 67/97 and HP 41 CV computers presented by the author (see Pauly, 1984a and Vakily and Pauly, in press). These programmes were not themselves the subject of this meeting; we will not discuss them here, apart from mentioning that they have proved their worth, as is shown by the fact that several participants made copies of them.

## II. DATA USED BY THE PARTICIPANTS

A brief study on the data provided by the participants at the beginning of the meeting suggested it would be preferable to group data and participants by species groups, as follows:

- 1st group: Sardine (Sardina pilchardus) (see Appendix 1)
- 2nd group: Other pelagic fishes (see Appendix 2)
- 3rd group: Hake (Merluccius merluccius) (see Appendix 3)
- 4th group: Other demersal fish (see Appendix 4)
- 5th group: Crustaceans (see Appendix 5).

It was also decided to obtain, for a maximum of stocks, estimates of essential parameters, namely:

$L_{\infty}$	= asymptotic length	} of the von Bertalanffy equation
$K$	= growth constant	
$Z/K$	= total mortality/growth ratio (for the period studied)	
$Z$	= total mortality (for the period studied)	
$M$	= natural mortality	
$F$	= fishing mortality (for the period studied)	
$E$	= $F/(F + M)$ (exploitation rate for the period studied)	
$L_c$	= mean length on first capture (for a specific type of gear).	

It was also decided to use, if possible, several independent methods of estimating each parameter. Unfortunately, this could not be done in all cases for lack of time. A considerable amount of time was however devoted to explaining and discussing the assumptions and limitations of the methods presented and used.

III. APPROXIMATION OF LENGTH DATA REPRESENTING A STEADY-STATE POPULATION

There are many methods in population dynamics which require data (on length or age) representative of a steady-state population, namely, one with constant recruitment, fishing and natural mortality or with random fluctuations. Available length data being for the most part monthly data, it was necessary to simulate a steady-state situation by grouping them into annual averages. In most cases, monthly data had previously been expressed in percentages to obtain an equal representation, in the steady-state sample, of different periods (seasons) of the year.

In some cases, where only very fragmentary data were available, the latter were grouped into three-monthly or four-monthly periods before being transformed into annual averages. In some other cases, data available were simply aggregated by size. In the latter cases, samples obtained were considered as a very approximate representation of a steady-state population and the results must be considered as very preliminary.

Finally, it may be noted here that the above mentioned conference on length-frequency analyses, did not provide precise criteria for the minimal requirements as to the quality of this type of data. We think these criteria will eventually be determined by the experience of researchers, and the comparability of results obtained.

IV. ESTIMATION OF  $L_{\infty}$  AND Z/K WITHOUT INFORMATION ON GROWTH

Wetherall et al. (in press) recently developed a mathematical method for the estimation of  $L_{\infty}$  and Z/K based on length-frequencies representative of a steady-state population. This method, whose derivation cannot be presented here, implies the following assumptions:

- i) steady-state population
- ii) growth in length of the von Bertalanffy type
- iii) negative exponential mortality
- iv) "trawl type" selection curve ( $P < 1$  for small fishes only)

The length-frequencies representative of the steady-state population are used at first to calculate the average lengths ( $\bar{L}_i$ ), computed from the lower limit of each class upward ( $L_i$ ). The values of  $\bar{L}_i$  are then plotted as a function of the corresponding values of  $L_i$ , and the rectilinear segment of the resulting curve is identified. This segment may be described by a straight line

$$\bar{L}_i = a + bL_i \quad \dots 1)$$

where  $L_{\infty} = \frac{a}{(1-b)} \quad \dots 2)$

and  $Z/K = \frac{b}{(1-b)} \quad \dots 3)$

It should be noted that Wetherall et al. (in press) insist on the use of a method of estimation of "a" and "b" which weights the points by the numbers (for lack of appropriate software, most of the values of "a" and "b" shown in Appendixes 1 to 5 were obtained without weighting).

It should be noted in passing that the problems which arose with regard to this method were:

- i) the use by the participants of "b" values close to 1 and truncated, which resulted in divisions of "a" and "b" by erroneous differences;
- ii) the selection of points to be included in the regression often proved difficult, which caused uncertainties in the estimations of  $L_{\infty}$  and Z/K.

#### V. ESTIMATION OF K ON THE BASIS OF COMPARATIVE STUDIES OF GROWTH

There are many methods of estimating  $L_{\infty}$ , K and associated parameters on the basis of length-frequencies (see reviews in Pauly and Morgan, in press). Rather than using these methods which, for lack of time, would not have produced very conclusive results, the author presented to the participants a method for the estimation of value of K compatible with given values of  $L_{\infty}$ , based on comparative studies of fish growth. This method, devised by Pauly (1979) and further developed by Munro and Pauly (1983) and Pauly and Munro (1984), uses for length growth the relationship

$$\vartheta' = \log_{10}K + 2 \log_{10} L_{\infty} \quad \dots 4)$$

where  $L_{\infty}$  is conventionally expressed in cm (total length) and K on the basis of one year, and where  $\vartheta'$  expresses the speed of growth (which neither K nor  $L_{\infty}$  can express separately).

Munro (1983), working on coral reef fish, demonstrated the uniformity of  $\vartheta'$  within taxonomical groups. His data, and others which he examined, suggest that  $\vartheta'$  in each species represented by a number of stocks, was normally distributed. This fact allows for the estimation of K in a given stock (i), using:

$$\log_{10}K_i = \bar{\vartheta}' - 2 \log_{10} L_{\infty i} \quad \dots 5)$$

where  $\bar{\vartheta}'$  is the mean value of  $\vartheta'$  obtained in a number of stocks of the same species (for lack of more information one may also compute  $\vartheta'$  from a single pair of K and  $L_{\infty}$  values).

This method is recommended for the Western Mediterranean, where the growth parameters of most species of commercial interest have been already estimated. This method, obviously can also be used to identify retroactively mutually incompatible values of  $L_{\infty}$  and of K, published for certain species. This method is, finally, a logical complement to the method presented above for the estimation of  $L_{\infty}$  and Z/K, since it can be used to estimate Z by multiplication of the value of Z/K obtained from equation (3) by the estimate of K obtained through equation (5), and the value of  $L_{\infty}$  obtained via equation (2).

The existence of this method should obviously not be used to justify abandoning of original studies on fish growth, particularly in little-studied species.

VI. ESTIMATION OF Z USING LENGTH-CONVERTED CATCH CURVES

The "average" length data used for the estimation of  $L_{\infty}$  and K by the methods described above do, of course, allow for the construction of length-converted catch curves of the type described by Pauly (1984a, 1985b).

For this meeting, we discussed and used two forms of length-converted catch curves, namely:

(1) the better known version of which the straight part is described by:

$$\log_e(N/\Delta t) = a + b t' \quad \dots 6)$$

where N represents the numbers (or the comparative numbers), t' the relative age obtained by:

$$t' = \frac{1}{K} \left(1 - \frac{L_i}{L_{\infty}}\right) \quad \dots 7)$$

where  $L_i$  is the middle of the class i,  $t_i$  the time that the animals need to grow from the lower limit ( $L_{1i}$ ) to the upper limit ( $L_{2i}$ ) of this class (i) estimated by:

$$\Delta t = \log_e \left( \frac{L_{\infty} - L_{2i}}{L_{\infty} - L_{1i}} \right) \quad \dots 8)$$

and where |b| is equal to Z.

(2) the second version has the form:

$$\log_e N = a + b t' \quad \dots 9)$$

where |b| = Z - K \dots 10)

(Pauly, 1984a).

These methods needed much explanation as to the choice of points to be included in the regression, in particular the first ("P<sub>1</sub>"). Broadly speaking these methods provided estimations of Z comparable with those obtained by the methods mentioned above (see Appendixes 1 to 5).

VII. EXAMINATION OF THE LEFT SIDE OF CATCH CURVES

Catch curves - particularly length-converted catch curves - lead to some conclusions on "selection". A relatively rigorous method for the estimation of probability of capture by size based on a length converted catch curve and a value of M was presented by Pauly (1984a,b).

This method allows for the derivation of a curve which is essentially equal to a "resultant", namely, to the product of a selection curve by a recruitment (by size) curve. The values of L<sub>50</sub> estimated by this

method therefore only correspond to the values of  $L_c'$  when the recruitment curve does not overlap with the selection curve. We will therefore usually have:

$$L_c \leq L_c' \quad \dots 11)$$

where  $L_c'$  is a value of  $L_{50}$  estimated by the method of Pauly (1984a, b) and  $L_c$  is estimated by experimental trawling (with double cod end).

We used here the version of this method already used in a GFCM meeting (Anon, 1982). This version is based on a simple extrapolation of the straight line estimated by the catch curve. The justification for this simplification is presented by Pauly (1984b), who demonstrated that it had only a negligible effect on estimations of  $L_c'$  (which are, on the other hand, directly affected by the choice of  $P_1$ ).

#### VIII. ESTIMATION OF M

The data available at the meeting allowed for the estimation of natural mortality of the stocks considered, based on one method only, the empirical equation of Pauly (1980). The limitations of this method were discussed in great detail, particularly as regards:

- i) the natural variability of M;
- ii) the "confidence interval" associated with the estimation of M;
- iii) the problem raised by the low values of M with clupeoids (Clupeidae and Engraulidae);
- iv) the bias caused by high values of  $L_\infty$  (and correspondingly low values of K).

It was emphasized that the estimation of M by the Pauly equation (1980) was only a palliative, and that the study of natural mortality in a stock should start and not end with the use of this particular equation.

#### IX. STUDY OF YIELD PER RECRUIT

We have used the relative yield per recruit ( $Y'/R$ ) model of Beverton and Holt (1966) and the values of  $L_\infty$ , K, M and  $L_c'$  estimated for each stock (some participants had values of  $L_c$  estimated on the basis of trawling experiments).

The use of this model with fish for which the M/K is high ( $> 1.5$ ) has shown once again the essential limitation of this model, namely, that the maximum  $Y'/R$  is produced at values of  $E > 0.5$ , in which case in fact, the model "recommends overfishing". This author recommends as a palliative the definition and use of a concept analogous to the " $F_{0.1}$ " of Gulland and Boerema (1973), the " $E_{0.1}$ ", i.e. the value of E which produces a slope of  $Y'/R$  equal to 1/10 of the slope at the origin. Appendixes 3 and 4 present an application of this new concept.

X. COHORT ANALYSIS APPLIED TO LENGTH FREQUENCIES

Length data weighted by catches were available during this meeting for sardine (Sardina pilchardus) and hake (Merluccius merluccius) (see Appendices 1 and 3). The method of Jones (1979) was applied to these data.

The cohort analysis method, like the methods discussed above, assumes a steady-state population; this assumption is probably not valid in the case of available data. The results of cohort analyses presented in Appendixes 1 and 3 are not, therefore, very conclusive.

XI. SYNTHESIS OF RESULTS, AND FURTHER STUDY

An attempt at synthesis was made by each group but it must be admitted that the time available to participants was not enough for a detailed analysis of the data presented in Appendixes 1 to 5.

It is therefore desirable that participants be encouraged to carry these studies further on their return to their respective laboratories.

For his part, the author would like to contribute to these efforts, particularly by inviting participants to become members of the Network of Tropical Fisheries scientists (to whom the newsletter "Fishbyte" is distributed free of charge by ICLARM, with the support of FAO) and by sending to interested researchers copies of all the references mentioned hereafter (apart from books).

XII. ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank Serge Garcia, Chief of the Marine Resources Service in FAO, and Daniel Charbonnier, Secretary of GFCM, and also his Algerian hosts for having allowed him to spend a very good working week in Algeria. His thanks also go to participants in this meeting, who surprised him with their interest and enthusiasm.

ANNEXE P

REVISION BREVE DES METHODES UTILISEES PAR LES PARTICIPANTS  
A L'ATELIER CGPM DE SIDI-FREDJ SUR LES METHODES ANALYTIQUES SIMPLES  
EN EVALUATION DES RESSOURCES

16-18 novembre 1985 1/ ICLARM Contribution N° 288

par  
D. Pauly  
Consultant FAO  
International Center for Living  
Aquatic Resources Management (ICLARM)  
MCC P.O.Box 1501 Makati  
Metro Manila  
Philippines

RESUME

Une démarche est présentée utilisant des données de fréquence de longueur pour estimer  $L_{\infty}$  et  $Z/K$ . Des connaissances préalables sur la croissance d'une espèce sont requises pour définir une valeur de  $K$  compatible avec la valeur de  $L_{\infty}$  estimée conjointement avec  $Z/K$ . Cette valeur de  $K$  permet la séparation de  $Z/K$  en  $Z$  et  $K$ . Cette démarche, qui permet l'estimation de  $M$  (par  $L_{\infty}$ ,  $K$ , la température ambiante et une équation empirique de l'auteur), permet d'élaborer les modèles de rendement relatif par recrue de R.J.H. Beverton et S.J. Holt et d'analyse des cohortes par taille de R. Jones. Les limitations de cette démarche prometteuse sont discutées en détail.

## I. INTRODUCTION

L'Atelier sur les méthodes analytiques simples en évaluation des ressources organisé par le Conseil général des pêches pour la Méditerranée à Sidi-Fredj, Algérie, du 16 au 18 novembre 1985 en relation avec la quatrième Consultation technique sur l'évaluation des stocks dans les divisions statistiques Baléares et golfe du Lion, avait pour but de familiariser les chercheurs biologistes des pêches de la Méditerranée occidentale avec une sélection de méthodes simples applicables aux données (de fréquence de longueur) disponibles dans la région.

Ces méthodes ont fait récemment l'objet d'une conférence internationale (Pauly, 1985a, Pauly et Morgan, sous presse), et nous avons profité de l'occasion de cette rencontre pour appliquer une des méthodes nouvelles présentées lors de cette conférence.

Les travaux des participants à cette rencontre ont été considérablement facilités par les programmes pour calculatrices HP 67/97 et HP 41 CV présentés par l'auteur (voir Pauly, 1984a et Vakily et Pauly, sous presse); ces programmes ne représentant pas en eux-mêmes l'objet de cette rencontre, nous ne les discuterons pas ici, sinon pour mentionner qu'ils ont prouvé leur utilité, comme en témoigne le fait que plusieurs participants en ont fait des copies.

## II. DONNEES UTILISEES PAR LES PARTICIPANTS

Un bref examen des données apportées par les participants au début de la rencontre a suggéré qu'il serait préférable de regrouper données et participants par espèces exploitées, comme suit:

1er groupe:	Sardine ( <u>Sardina pilchardus</u> ) (voir Appendice 1)
2ème groupe:	Autres poissons pélagiques (voir Appendice 2)
3ème groupe:	Merlu ( <u>Merluccius merluccius</u> ) (voir Appendice 3)
4ème groupe:	Autres poissons démersaux (voir Appendice 4)
5ème groupe:	Crustacés (voir Appendice 5)

Il fut aussi décidé d'obtenir, pour un maximum de stocks, des estimations des paramètres essentiels, à savoir:

$L_{\infty}$	= longueur asymptotique	} de l'équation de von Bertalanffy
K	= constante de croissance	
Z/K	= rapport mortalité totale/croissance (pour la période considérée)	
Z	= mortalité totale (pour la période considérée)	
M	= mortalité naturelle	
F	= mortalité par pêche (pour la période considérée)	
E	= $F/(F + M)$ (taux d'exploitation pour la période considérée)	
$L_c$	= longueur moyenne à la première capture (pour un certain engin).	

Il fut aussi décidé d'utiliser si possible plusieurs méthodes indépendantes pour l'estimation de chaque paramètre. Malheureusement ceci n'a pas pu être appliqué dans tous les cas, faute de temps. Par contre, un temps considérable a été consacré à expliquer et discuter les hypothèses de base et les limitations des méthodes présentées et utilisées.

### III. APPROXIMATION DE DONNEES DE LONGUEUR REPRESENTANT UNE POPULATION EN EQUILIBRE

Les méthodes sont nombreuses en dynamique des populations qui nécessitent des données (de longueur ou d'âge) représentatives d'une population en équilibre, c'est-à-dire à recrutement, exploitation et mortalité naturelle constantes ou à fluctuations aléatoires. Les données de longueur disponibles étant, pour la plupart, des données mensuelles, il a été nécessaire de simuler une situation d'équilibre en les regroupant en moyennes annuelles. Dans la plupart des cas, les données mensuelles avaient été préalablement exprimées en pourcentages pour obtenir une représentation égale dans l'échantillon "équilibré" des différentes périodes (saisons) de l'année.

Dans quelques cas où des données très fragmentaires étaient disponibles, celles-ci ont été regroupées par trimestres, ou par groupes de quatre mois avant d'être transformées en moyennes annuelles. Dans quelques autres cas, les données disponibles ont été simplement cumulées par taille. Dans ces derniers cas, les échantillons obtenus ont été considérés comme une représentation très approximative d'une population équilibrée et les résultats en découlant doivent être considérés comme très préliminaires.

Notons finalement ici que la conférence mentionnée ci-dessus et consacrée aux analyses de fréquences de longueur, n'a pas fourni des critères précis pour les exigences minimales concernant la qualité de ce genre de données. Nous pensons que c'est l'expérience des chercheurs, et la comparabilité des résultats obtenus qui, à long terme, vont déterminer ces critères.

### IV. ESTIMATION DE $L_{\infty}$ ET Z/K SANS INFORMATIONS SUR LA CROISSANCE

Wetherall et al. (sous presse) ont récemment développé une méthode mathématique rigoureuse pour l'estimation de  $L_{\infty}$  et Z/K à partir de fréquences de longueur représentatives d'une population en équilibre. Cette méthode, dont la dérivation ne peut être présentée ici, repose sur les hypothèses de base suivantes:

- i) population en équilibre
- ii) croissance en longueur du type von Bertalanffy
- iii) mortalité exponentielle négative
- iv) courbe de sélection du type chalut ( $P < 1$  pour les petits poissons seulement)

Les fréquences de longueur représentative de la population en équilibre sont tout d'abord utilisées pour calculer les longueurs moyennes ( $\bar{L}_i$ ), calculées à partir de la limite inférieure de chaque classe ( $L_i$ ). Les valeurs de  $\bar{L}_i$  sont ensuite reportées en fonction des valeurs de  $L_i$  correspondantes, et le segment rectilinéaire de la courbe résultante est identifié. Ce segment peut être décrit par une droite

$$\bar{L}_i = a + bL_i \quad \dots 1)$$

$$\text{où } L_{\infty} = \frac{a}{(1-b)} \quad \dots 2)$$

$$\text{et} \quad Z/K = \frac{b}{1-b} \quad \dots 3)$$

Il faut noter ici que Wetherall et al. (sous presse) insistent sur l'utilisation d'une méthode d'estimation de "a" et de "b" qui pondère les points par les effectifs (faute de logiciel approprié, la plupart des valeurs de "a" et de "b" présentées dans les Appendices 1 à 5 ont été obtenues sans pondération).

Notons en passant que les problèmes qui se posèrent quant à cette méthode furent:

- i) l'utilisation par les participants de valeurs "b" proches de 1 et tronquées, ce qui se traduit en une division de "a" et de "b" par des différences erronées;
- ii) la sélection des points à inclure dans la régression s'est souvent avérée difficile, ce qui cause des incertitudes concernant les estimations de  $L_{\infty}$  et de Z/K.

#### V. ESTIMATION DE K SUR LA BASE D'ETUDES COMPARATIVES DE LA CROISSANCE

Il existe de nombreuses méthodes pour l'estimation de  $L_{\infty}$ , K et paramètres associés sur la base de fréquences de longueur (voir revues dans Pauly et Morgan, sous presse). Plutôt qu'utiliser ces méthodes qui, faute de temps, n'auraient produit que des résultats trop préliminaires, l'auteur a présenté aux participants une méthode pour l'estimation de la valeur de K compatible avec certaines valeurs de  $L_{\infty}$ , basée sur l'étude comparative de la croissance des poissons. Cette méthode, mise au point par Pauly (1979), et développée par Munro et Pauly (1983) et Pauly et Munro (1984) utilise pour la croissance en longueur la relation

$$\varphi' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_{\infty} \quad \dots 4)$$

où  $L_{\infty}$  est conventionnellement exprimé en cm (longueur totale) et K sur la base d'une année, et où  $\varphi'$  exprime la vitesse de croissance (que ni K ni  $L_{\infty}$  ne peuvent exprimer séparément).

Munro (1983), travaillant sur des poissons de récifs coralliens a démontré l'uniformité de  $\varphi'$  à l'intérieur de groupes taxonomiques. Ses données, et d'autres qu'il a examinées, suggèrent que  $\varphi'$  a dans chaque espèce représentée par un nombre de stocks, une distribution normale. Ce fait permet l'estimation de K dans un stock défini (i) en utilisant:

$$\log_{10} K_i = \bar{\varphi}' - 2 \log_{10} L_{\infty i} \quad \dots 5)$$

où  $\bar{\varphi}'$  est la valeur moyenne de  $\varphi'$  obtenue dans un nombre de stocks de la même espèce (faute d'informations nombreuses on peut aussi tirer  $\varphi'$  d'un seul couple de valeurs de K et  $L_{\infty}$ ).

Cette méthode est préconisée pour la Méditerranée occidentale où la plupart des espèces d'intérêt commercial ont été étudiées en vue d'obtenir

des paramètres de croissance. On remarquera que cette méthode peut aussi être utilisée pour identifier rétroactivement les valeurs de  $L_{\infty}$  et de  $K$  mutuellement incompatibles publiées pour certaines espèces. Cette méthode est, finalement, un complément logique de la méthode présentée plus haut pour l'estimation de  $L_{\infty}$  et de  $Z/K$ , puisqu'elle permet d'estimer  $Z$  par multiplication de la valeur de  $Z/K$  tirée de l'équation (3) par l'estimation de  $K$  obtenue par l'intermédiaire de l'équation (5), et de la valeur de  $L_{\infty}$  obtenue par l'équation (2).

L'existence de cette méthode ne devrait évidemment pas justifier l'abandon d'études originales sur la croissance des poissons surtout quand celle-ci est peu connue.

## VI. ESTIMATION DE Z PAR COURBE DE CAPTURE ISSUE DES LONGUEURS

Les données de longueur "moyennes" utilisées pour l'estimation de  $L_{\infty}$  et de  $K$  par les méthodes décrites plus haut permettent, bien entendu, l'élaboration de courbes de capture issues des longueurs ("length-converted catch curves") du type décrit par Pauly (1984a, 1985b).

Pour cette rencontre, nous avons présenté et utilisé deux formes de courbes de capture issues de longueurs, à savoir:

(1) la version mieux connue dont la partie rectilinéaire est décrite par:

$$\log_e(N/\Delta t) = a + b t' \quad \dots 6)$$

où  $N$  représente les effectifs (ou les effectifs relatifs),  $t'$  l'âge relatif obtenu par:

$$t' = \frac{1}{K} \left( 1 - \frac{L_i}{L_{\infty}} \right) \quad \dots 7)$$

où  $L_i$  est le milieu de la classe  $i$ ,  $t_i$  le temps que nécessitent les animaux pour croître de la limite inférieure ( $L_{1i}$ ) à la limite supérieure ( $L_{2i}$ ) de cette classe ( $i$ ) estimé par:

$$\Delta t = \log_e \left( \frac{L_{\infty} - L_{2i}}{L_{\infty} - L_{1i}} \right) \quad \dots 8)$$

et où  $|b|$  est égal à  $Z$ .

(2) la seconde version a la forme:

$$\log_e N = a + b t' \quad \dots 9)$$

$$\text{où } |b| = Z - K \quad \dots 10)$$

(Pauly, 1984a).

Ces méthodes ont eu besoin de beaucoup d'éclaircissements quant au choix des points à inclure dans la régression, notamment le premier ("P<sub>1</sub>"). Notons d'autre part qu'en général ces méthodes ont donné des estimations de  $Z$  comparables à celles obtenues par l'intermédiaire des méthodes mentionnées plus haut (voir Appendices 1 à 5).

## VII. EXAMEN DU COTE GAUCHE DES COURBES DE CAPTURE

Les courbes de capture - surtout celles issues de données de longueur - permettent quelques conclusions sur la "sélection". Une méthode relativement rigoureuse pour l'estimation de probabilité de capture par taille à partir d'une courbe de capture et d'une valeur de M a été présentée par Pauly (1984a,b).

Cette méthode permet l'élaboration d'une courbe qui peut être assimilée à une "résultante", c'est-à-dire au produit d'une courbe de sélection par une courbe de recrutement (par taille). Les valeurs de  $L_{50}$  estimées par cette méthode ne correspondent donc à des valeurs de  $L_c'$  que quand la courbe de recrutement ne chevauche pas celle de sélection. Nous aurons donc généralement:

$$L_c \leq L_c' \quad \dots 11)$$

où  $L_c'$  est une valeur de  $L_{50}$  estimée par la méthode de Pauly (1984a, b) et  $L_c$  est estimée par chalutage expérimental (à double poche).

Nous avons utilisé ici la version de cette méthode déjà utilisée dans une rencontre du CGPM (Anon, 1982). Cette version est basée sur une simple extrapolation de la droite estimée par la courbe de capture. La justification pour cette simplification est présentée par Pauly (1984b) qui a démontré qu'elle n'a qu'un effet négligeable sur les estimations de  $L_c'$  (qui sont, par contre affectées directement par le choix de  $P_1$ ).

## VIII. ESTIMATION DE M

Les données disponibles pendant la rencontre ont permis l'estimation de la mortalité naturelle des stocks considérés, basée sur une méthode seulement, l'équation empirique de Pauly (1980). Les limitations de cette méthode ont été discutées très en détail, notamment en ce qui concerne:

- i) la variabilité naturelle de M;
- ii) "l'intervalle de confiance" associé aux estimations de M;
- iii) le problème posé par les valeurs basses de M chez les clupéoidés (clupéidés et engraulidés);
- iv) le biais causé par les valeurs élevées de  $L_\infty$  (et valeurs correspondantes basses de K).

Il a été souligné que l'estimation de M par l'équation de Pauly (1980) n'est qu'un palliatif, et que l'étude de la mortalité naturelle dans un stock devrait commencer et non se terminer par l'usage de l'équation en question.

## IX. ETUDE DU RENDEMENT PAR RECRUE

Nous avons utilisé le modèle de rendement par recrue relatif ( $Y'/R$ ) de Beverton et Holt (1966) et les valeurs de  $L_{\infty}$ ,  $K$ ,  $M$  et  $L_c$  estimées pour chaque stock (quelques participants disposaient de valeurs de  $L_c$  estimées à partir d'expériences de chalutage).

L'utilisation de ce modèle avec des poissons pour lesquels  $M/K$  est élevé ( $> 1,5$ ) a démontré une fois de plus la limitation essentielle de ce modèle, à savoir que le maximum  $Y'/R$  se produit à des valeurs de  $E > 0,5$ , auquel cas, en fait, le modèle "recommande la surpêche". Cet auteur recommande comme palliatif la définition et l'utilisation d'un concept analogue au " $F_{0.1}$ " de Gulland et Boerema (1973), le " $E_{0.1}$ ", c'est-à-dire la valeur de  $E$  qui correspond au point où la tangente à la courbe  $Y'/R$  a une pente égale à  $1/10$  de la pente de la tangente à l'origine. Les Appendices 3 et 4 présentent une application de ce nouveau concept.

## X. ANALYSE DES COHORTES APPLIQUEE AUX FREQUENCES DE LONGEURS

Des données de longueur pondérées par les prises étaient disponibles pendant cette rencontre pour la sardine (*Sardina pilchardus*) et le merlu (*Merluccius merluccius*) (voir Appendices 1 et 3). La méthode de Jones (1979) a été appliquée à ces données.

La méthode d'analyse des cohortes, comme les méthodes discutées précédemment, ont l'équilibre comme hypothèse de base; cette hypothèse n'est probablement pas valable dans le cas des données disponibles. Les résultats des analyses des cohortes présentés dans les Appendices 1 et 3 sont donc très préliminaires.

## XI. SYNTHÈSE ET APPROFONDISSEMENT DES RESULTATS

Une tentative de synthèse a été réalisée par chaque groupe mais il faut admettre que le temps à la disposition des participants n'a pas été suffisant pour une analyse détaillée des données présentées aux Appendices 1 à 5.

Il est donc souhaitable que les participants soient encouragés à approfondir ces études à leur retour dans leurs laboratoires respectifs.

Pour sa part, l'auteur souhaiterait contribuer à ces efforts, notamment en invitant les participants à devenir membres du Network of Tropical Fisheries Scientists (auxquels la revue "Fishbyte" est distribuée à titre gracieux par l'ICLARM, avec le support de la FAO), et en s'engageant à envoyer aux chercheurs intéressés des copies de toutes les références ci-après (livres exceptés).

## XII. REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier Serge Garcia, Chef du Service des ressources marines, FAO, et Daniel Charbonnier, Secrétaire du CGPM, ainsi que ses hôtes algériens pour lui avoir permis de passer une très bonne semaine de travail à Alger; des remerciements sont aussi adressés aux participants à cette rencontre qui l'ont surpris par leur intérêt et leur enthousiasme.