

P O L Y N E S I E F R A N C A I S E

ORSTOM

CROISSANCE DE DEUX ESPECES DE POISSON DU LAGON DE TIKEHAU,
LETHRINUS MINIATUS (SCHNEIDER) ET **LUTJANUS FULVUS** (SCHNEIDER),
EVALUEE PAR LA LECTURE DES OTOLITHES

Par

B. CAILLART*

M. FRANC DE FERRIERE*

E. MORIZE*

* Centre ORSTOM de TAHITI, B.P. 529, PAPEETE, TAHITI, Polynésie Française

CAILLART (B.), FRANC DE FERRIERE (M.), MORIZE (E.), 1986.- Croissance de deux espèces de poisson du lagon de Tikehau, **Lethrinus miniatus** (Schneider) et **Lutjanus fulvus** (Schneider), évaluée par la lecture des otolithes in Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau, III, ORSTOM, Tahiti, Notes et Doc. Oceanogr., 30 : 1 - 44.



F231.28

RESUME

La croissance de deux poissons lagunaires, **Lethrinus miniatus** et **Lutjanus fulvus** est étudiée par le dénombrement des anneaux d'accroissement sur des coupes transversales de sagittae. Partant de l'hypothèse qu'une strie est déposée chaque jour, le modèle de croissance de VON BERTALANFFY est adapté aux données âge-longueur. Les méthodes classiques de TOMLINSON-ABRAMSON et de FORD-WALFORD ne donnent pas, dans ce cas, de bons résultats. La méthode qui consiste à fixer la longueur infinie d'après les données recueillies sur le terrain, permet de donner des valeurs satisfaisantes aux paramètres de l'équation de VON BERTALANFFY : $L_{\infty} = 630$ mm, $K = 0,55$ année⁻¹, $T_0 = 0,26$ années pour **Lethrinus miniatus** et $L_{\infty} = 280$ mm, $K = 0,89$ année⁻¹ et $T_0 = - 0,05$ année pour **Lutjanus fulvus**.

ABSTRACT

Growth of two lagoon fishes, **Lethrinus miniatus** and **Lutjanus fulvus** is studied by counting growth rings in transverse sections of sagittae. Based on the hypothesis that one increment is laid each day, the VON BERTALANFFY growth curve is fitted to the age - length data, the classical method of TOMLINSON-ABRAMSON and FORD-WALFORD do not give good results in this case. The method wich consists of fixing the value of the infinity length, according to field data, allows us to give satisfying values to the VON BERTALANFFY growth curve parameters : $L_{\infty} = 630$ mm, $K = 0,55$ year⁻¹, $T_0 = 0,26$ year for **Lethrinus miniatus** and $L_{\infty} = 280$ mm, $K = 0,89$ year⁻¹ and $T_0 = - 0,05$ year for **Lutjanus fulvus**.

INTRODUCTION

Les résultats présentés ici s'inscrivent dans le cadre du programme ATOLL de l'ORSTOM de Tahiti, plus précisément dans l'opération visant la dynamique des populations des principales espèces halieutiques exploitées à Tikehau.

La Polynésie Française est une zone relativement pauvre en espèces ichthyologiques comparée à la zone Indo Pacifique plus à l'ouest, soit respectivement environ 600 espèces et 1800 (GALZIN, 1985). Seule une faible proportion de ces espèces peut faire l'objet d'une exploitation commerciale.

Tikehau, situé à 280 km dans le nord de Tahiti, est un atoll ouvert. Le stock ichthyologique fait l'objet d'une exploitation commerciale et Tikehau est l'un des cinq atolls de l'archipel des TUAMOTU qui fournissent le marché de Papeete. La production annuelle actuelle tourne autour de 200 tonnes. La pêcherie artisanale est située aux abords de l'unique passe. L'exploitation principale, qui utilise des pièges fixes où parc à poissons, couvre environ les 4/5ème de la production. Cinquante espèces sont régulièrement capturées mais seulement dix rentrent de façon significative dans les statistiques d'exploitation (MORIZE, 1985).

Dans l'étude qui suit nous nous proposons de donner grâce à la lecture des otolithes, des valeurs aux paramètres de l'équation de croissance de VON BERTALANFFY de deux des principales espèces d'intérêt commercial, *Lutjanus fulvus* (Schneider) et *Lethrinus miniatus* (Schneider) qui représentent respectivement 11 % et 28 % de la production pondérale de la pêcherie de l'atoll de Tikehau en 1984.

1 - MATERIEL ET METHODE

La technique utilisée consiste à compter les microstries sur des coupes fines de sagittae.

1.1. Le sagitta :

Le sagitta est l'un des 3 otolithes, pièces calcaires localisées de chaque côté de la tête des poissons dans l'oreille interne, organe de l'équilibre. C'est l'otolithe le plus gros, de forme concave. Il est composé de carbonate de calcium et de matière organique. Comme toutes les pièces osseuses le sagitta croît pendant la vie de l'animal. Cette croissance se fait par le dépôt de couches concentriques de même épaisseur s'appuyant au centre sur un noyau. La formation des couches est périodique, en fonction du métabolisme du calcium.

1.2. La calcification :

Le métabolisme du calcium chez les osteichthyens est un phénomène complexe. Le calcium se retrouve dans le sang sous deux formes : une forme libre et diffusible (calcium ionique), ou complexée à des protéines et non diffusible (PANNELLA, 1980).

WOODHEAD (1968) observe que durant la période de reproduction le taux de complexe calcio-protéique augmente sensiblement chez la femelle, alors que la quantité de calcium ionique reste la même. Pendant la maturation, les protéines vitellines synthétisées par le foie piègent les ions calcium libres et sont transportées sous forme complexées aux ovaires. Le calcium diffusible est alors mobilisé au dépend des pièces osseuses. PANNELLA (non publié) remarque que durant cette période, les dépôts de calcium sur les otolithes sont, comparativement au mâle, moins marqués et en déduit que la calcification des otolithes serait due aux ions calcium libres et diffusibles.

Les maculae, aires sensorielles de la paroi sacculaire sont responsables du processus de dépôt des couches sur l'otolithe (MUGIYA, 1974). Le calcium ionique arrive par voie capillaire aux cellules des maculae qui secrètent alors du carbonate de calcium dans le fluide de l'otolithe. Deux étapes interviennent :

- Secrétion d'une matrice organique faite de mucopolysaccharides (DEGENS et al, 1969).

- Incorporation du carbonate de calcium à cette matrice.

Des facteurs abiotiques (température, salinité, pH, concentration en sels de l'eau) et biotiques (alimentation, reproduction) sont connus pour jouer un rôle dans la calcification (PANNELLA, 1980). Ils influencent directement ou indirectement la composition chimique du milieu intérieur et corrélativement sa concentration en calcium ionique. Le rythme circadien laisse également son "empreinte" sur la saggita. Il y a un contraste entre la qualité chimique des dépôts effectués durant les phases d'activité (i.e. à métabolisme important) et de repos.

1.3. Les microstries

On appelle microstrie une structure bipartite constituée d'une bande d'aspect clair composée d'une maille calcifiée de matière organique et d'une bande opaque plus fine composée de fibres organiques denses non calcifiées.

Suivant l'hypothèse de PANNELLA (1971), la période de dépôt des microstries sera par la suite considérée comme journalière.

1.4. Validité de l'hypothèse de PANNELLA

1.4.1. Position du problème

Du fait de l'absence de marques saisonnières sur leurs pièces osseuses, donner un âge aux poissons tropicaux s'est longtemps avéré être un problème important. L'étude des otolithes des poissons a montré l'existence d'accrétions périodiques que PANNELLA (1971, 1974) fût le premier à trouver comme étant journalières. Depuis, cette affirmation a été largement redémontrée et utilisée pour déterminer l'âge de plusieurs espèces de poissons, qu'ils soient d'eau douce ou marins, de régions tempérées ou tropicales. Toutefois, de nombreux travaux montrent les limites de ce

postulat, et compliquent ainsi l'évaluation temporelle de la période des incréments.

1.4.2. Les différents travaux réalisés

Afin de démontrer la période journalière du dépôt des incréments, deux grands types d'expériences ont été réalisés.

1.4.2.1. Utilisation d'agents chimiques marqueurs :

La Tétracycline est l'un des meilleurs marqueurs chimiques du fait de sa non toxicité à faible dose et de sa propriété de produire une marque fluorescente visible sous éclairage ultra-violet.

Les poissons sont prélevés dans le milieu naturel, marqués le plus souvent par injection, puis soit élevés en captivité, soit relâchés et recapturés au hasard des pêches.

Grâce à cette méthode, ODENSE et LOGAN (1974) sur **Salmo salar**, WILD et FOREMAN (1980) sur **Thunnus albacares**, BEAMISH et CHILTON (1982) sur **Anoplopoma fimbria**, CAMPANA et NEILSON (1982) sur **Platichthys stellatus**, RALSTON et MIYAMOTO (1983) sur **Pristipomoides filamentosus**, SCHMITT (1984) sur **Hypatherina tropicalis** et **Spratelloides delicatulus** ont démontré, en comptant le nombre d'incrémentes entre la marque fluorescente et le bord de la saggita et en le comparant au nombre de jours écoulés entre l'injection et le prélèvement de l'otolithe, que le dépôt des microstries est bien journalier.

1.4.2.2. Elevage de poissons d'âge connus :

Des poissons sont élevés en laboratoire depuis le stade oeuf ou très jeune larve. Cette technique, pratiquée notamment par TAUBERT et COBLE (1977) sur trois espèces de **Lepomis** et **Tilapia mossambica**, METHOT et KRAMER (1979) sur **Engraulis mordax**, WILSON et LARKIN (1980) sur **Oncorhynchus nerka**, LAROCHE et al (1982) sur **Parophrys vetulus**, LOUGH et al (1982) sur **Clupea harengus**, MARSHALL et PARKER (1982) sur **Oncorhynchus nerka**, NIELSON

et GEEN (1982) sur *Oncorhynchus tshawytscha*, CAMPANA (1984) sur *Porichthys notatus*, a permis de montrer que le nombre de jours entre l'éclosion et le sacrifice de l'animal correspond bien au nombre de stries déposées sur l'otolithe.

Citons également, sans distinctions de méthodes ou à l'aide de techniques plus particulières, d'autres travaux qui ont tous abondé dans le sens de l'hypothèse de PANNELLA ; BROTHERS et al (1976) sur *Engraulis mordax* et *Leurestes tenuis*, LE GUEN (1976) sur *Pseudotolithus elongatus*, RALSTON (1976) sur *Chaetodon militaris*, STRUHSAKER et UCHYAMA (1976) sur *Stolephorus purpureus*, BARKMAN (1978) sur *Menidia menidia*, BROTHERS (1978) sur *Salmo gairdneri*, PANNELLA (1980), BROTHERS et Mc FARLAND (1981) sur *Haemulon flavolineatum*, UCHIYAMA et STRUHSAKER (1981) sur *Thunnus albacares*, TANAKA et al (1981) sur *Tilapia nilotica*, RADTKE et DEAN (1982) sur *Fundulus heteroclitus*.

1.4.3. Les limites de l'hypothèse de PANNELLA

1.4.3.1. Cas des stades immatures

De nombreux auteurs ont montré que la lecture des otolithes peut conduire à une mésestimation de l'âge, par excès ou par défaut.

Plus d'un incrément par jour peut être formé que ce soit sous des conditions naturelles ou expérimentales. Ces stries subjournalières naturelles ont été observées par TAUBERT et COBLE (1977), BROTHERS (1978), METHOT (1978 in WILD et FORENAN 1980), MARSHALL et PARKER (1982), CAMPANA (1984), SCHMITT (1984). Elles sont toutefois distinguables des anneaux quotidiens car assez mal définies, de plus elles recoupent les anneaux adjacents et n'ont pas la même largeur.

Il est possible d'induire ces anneaux subquotidiens expérimentalement en faisant varier les paramètres d'élevage. TAUBERT et COBLE (1977) en exposant des larves de *Tilapia* à des photopériodes de 36 heures (24 h jour/12 h nuit) ou en les maintenant sous lumière constante, comptent de deux à quatre fois plus de stries que l'âge du poisson en jour.

sous estimation de 2 à 3 ans a été faite pour **Merluccius angustimanus** âgés de 7 à 13 ans (BROTHERS et al. 1976).

1.5. Les poissons étudiés :

Ils proviennent tous de l'atoll de Tikehau. Les travaux présentés dans cette publication se rapportent aux deux espèces suivantes : **Lutjanus fulvus** (Schneider) et **Lethrinus miniatus** (Schneider). L'échantillon étudié comprend : 83 **Lethrinus miniatus** et 76 **Lutjanus fulvus**.

1.6. Prélèvement et conservation des otolithes :

Les sagittae sont soit prélevés sur place, sur des poissons frais, soit au laboratoire, sur des poissons congelés. La longueur du poisson à la fourche est mesurée au moment du prélèvement des sagittae. La méthode consiste à prélever ceux-ci par le dessous des branchies, en coupant transversalement la tête avant la première paire de nerfs thoraciques. Les sagittae sont retirés à la pince. Ils sont débarrassés de la fine membrane qui les entoure, séchés et conservés dans des enveloppes étiquetées, sans aucune distinction de droite ou de gauche. Les premiers sagittae ont été gardés ainsi environ une année avant d'être étudiés.

1.7. Préparation des inclusions :

Le sagitta étant un matériel fragile, il faut l'inclure dans une résine avant de le manipuler. Pour ce faire on verse dans une boîte en plastique de type alimentaire une première couche de mélange de résine polyester avec son durcisseur (0,3 ml de durcisseur pour 100 ml de résine) et l'on attend quelques heures de façon à ce que la résine soit moyennement dure. C'est alors que l'on pose les otolithes en rang sur la couche. Une deuxième coulée de résine est ensuite réalisée en évitant que des bulles d'air ne restent emprisonnées autour de l'otolithe. Le tout doit bien polymériser avant toute autre manipulation.

1.8. Préparation des coupes fines :

La plaque de résine démoulée est découpée en blocs à la scie électrique de façon à isoler chaque otolithe. L'inclusion est ensuite découpée selon l'axe transversal du sagitta en passant impérativement par le nucleus. Une scie ISOMET est utilisée. La face du bloc de résine sur laquelle se trouve la coupe de l'otolithe est collée avec une colle cyanocrylate sur une lame de verre. Une coupe d'environ 100 μm est réalisée. La lame mince est ensuite attaquée légèrement à l'acide chlorhydrique à 10 %. L'opération s'effectue sous la loupe binoculaire, en procédant à des attaques ponctuelles du nucleus puis des bords de la coupe à l'aide d'un pinceau fin. L'acidification permet d'augmenter le contraste entre les parties organiques et minérales du sagitta. La coupe est ensuite rincée à grande eau et séchée.

1.9. Le comptage :

La coupe fine est grossie 1000 fois sous immersion pour le comptage. Les stries visibles sont comptées du nucleus vers le bord dorsal ou ventral du sagitta ou inversement. Si certaines zones sont illisibles, deux méthodes de comptage sont alors appliquées :

1°) on suit la dernière strie visible jusqu'à retrouver une zone nette ;

2°) on mesure, à l'aide d'un micromètre oculaire, l'épaisseur de la zone illisible et on estime son nombre de stries à partir des résultats obtenus pour deux zones adjacentes de même épaisseur.

Le comptage s'effectue à l'aide d'un compteur à main. Les deux moitiés de sagitta sont lues séparément et le résultat de la 1ère lecture est ignoré quand s'effectue la 2ème lecture. Si la deuxième moitié du sagitta n'est pas exploitable, une deuxième lecture du premier bloc est effectuée.

Tableau 1 : Comptage des microstries

Lt (mm)	N	Lt (mm)	N	Lt (mm)	N	Lt (mm)	N
190	952	360	640	410	758	480	1052
200	318	360	594	410	688	480	1160
214	332	360	642	420	1029	490	1192
230	376	360	739	420	599	490	649
230	427	370	768	420	535	490	1153
230	285	370	636	430	784	490	875
240	286	370	670	430	638	500	1364
250	381	370	591	430	788	510	1422
260	328	380	1020	440	968	510	1326
275	405	380	581	440	947	510	1800
280	325	380	693	440	640	510	1441
280	376	380	777	440	851	520	1365
280	315	380	819	440	830	520	1782
330	511	390	625	440	859	520	1054
340	648	390	866	450	830	520	970
340	557	400	1100	450	793	555	1061
350	890	400	1183	450	790	590	1615
350	808	400	734	460	1188		
350	638	400	745	470	879		
360	931	410	740	470	695		
360	640	410	889	480	1419		

Lethrinus miniatus

Lt (mm)	N	Lt (mm)	N	Lt (mm)	N	Lt (mm)	N
145	281	210	726	230	865	248	792
180	513	210	443	230	710	250	799
190	607	215	425	230	631	250	939
200	637	216	520	230	866	250	1188
200	439	220	585	230	657	250	700
200	556	220	495	230	705	250	572
200	610	220	409	230	508	250	764
200	494	220	619	230	546	260	1220
200	545	220	540	230	608	260	1530
200	518	220	514	235	734	260	715
200	638	220	619	240	1476	261	1438
200	557	220	590	240	855		
200	477	220	650	240	707		
210	405	220	818	240	579		
210	552	220	667	240	630		
210	671	220	738	240	744		
210	421	220	749	240	675		
210	544	220	553	240	852		
210	594	230	502	240	687		
210	524	230	512	240	841		
210	464	230	667	240	556		

Lutjanus fulvus

Lt : Longueur totale (mm)
 N : Nombre de stries moyens

On notera alors :

$$\frac{T_{\alpha} \sqrt{\frac{\text{Variance}}{n}}}{\mu} \geq P.$$

μ est égale à la valeur moyenne calculée de l'échantillon. Les tableaux 2 et 3 donnent pour **Lutjanus fulvus** (Schneider) et **Lethrinus miniatus** (Schneider) le nombre de poissons à étudier par classe de taille pour avoir une précision de 20 % et de 10 % sur la valeur moyenne calculée.

Les résultats laissent apparaître dans la réponse à la question posée une identité de vue pour les deux espèces. On ne gagne à peu près rien dans la précision à doubler les lectures. Il vaut mieux donc multiplier le nombre d'otolithes étudiés par classe d'âge plutôt que lire chaque otolithe deux fois.

Quant à la variation par classe elle semble peu marquée sauf pour les dernières classes de taille où elle augmente considérablement.

Le nombre d'otolithes à lire dans une classe de taille dépendra de l'espèce. Des valeurs comprises entre 5 et 10 donnent une bonne précision pour les classes de taille moyenne. (Tableau 2 et 3).

2.2. Problème de l'ajustement des courbes

En dynamique des populations des espèces halieutiques, deux modèles de croissance sont généralement utilisés :

- Le modèle de VON BERTALANFFY : $L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$ (1)

L_t : Longueur à l'âge t

L_∞ : Longueur infinie

K : Coefficient de croissance

T_0 : Age théorique où la longueur est nulle

- Le modèle de GOMPERTZ : $L_t = L_0 \exp(k(1 - e^{-xt}))$ (2)

L_t : Longueur à un âge t

L_0 : Longueur théorique à $t = 0$

K, x : Coefficients de croissance

Le plus souvent, la courbe de GOMPERTZ n'est prise en compte que pour modéliser les croissances larvaires. L'équation de VON BERTALANFFY est largement utilisée pour décrire la croissance de poissons de tous âges et doit une partie de son succès au fait qu'elle se révèle être l'un des modèles les plus simples à adapter. C'est avec ce support que nous travaillerons.

2.3. L'ajustement des données au modèle

2.3.1. Méthode de TOMLINSON et ABRAMSON (1961)

Ces auteurs décrivent par les moindres carrés l'équation (1). Pour estimer les paramètres, on minimise l'expression :

$$Q = \sum_i (L_i - L_\infty (1 - \exp(-k(t-t_0)))^2 \quad (3)$$

où L_i est la longueur du poisson d'âge t_i (i variant de 1 à n). Pour ce faire, on annule les dérivées partielles de Q par rapport aux trois paramètres que l'on cherche à calculer (L , k , t_0).

Afin de simplifier les calculs, TOMLINSON propose de réécrire l'équation (1) sous une forme plus maniable :

$$L_t = A + B.R^t \text{ avec } R = \exp(-k), A = L^\infty, B = -L^\infty \exp(k t_0)$$

Le triplet de valeurs (R, A, B), minimisant la quantité $Q = \sum_i (L_i - A - B R^{t_i})^2$, vérifie le système de trois équations à trois inconnues suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial Q}{\partial A} = 0 \quad \sum_i L_i - nA - B (\sum_i R^{t_i}) = 0 \quad (4) \\ \frac{\partial Q}{\partial B} = 0 \quad \sum_i R^{t_i} L_i - A \sum_i R^{t_i} - B \sum_i R^{2t_i} = 0 \quad (5) \\ \frac{\partial Q}{\partial R} = 0 \quad \sum_i t_i L_i R^{t_i} - A \sum_i t_i R^{t_i} - B \sum_i t_i R^{2t_i} = 0 \quad (6) \end{array} \right.$$

Si R est connu, les équations (4) et (5) forment un système linéaire en A et B facilement soluble. La méthode consiste alors à faire varier R par itérations, à extraire de (4) et (5) les valeurs de A et B correspondantes et enfin à vérifier l'équation (6). En indiquant cette méthode, TOMLINSON utilise le fait que $\frac{\partial Q}{\partial R}$ ne s'annule qu'une fois pour R variant de 0 à 1, ce qui est le cas puisque K est positif, et que donc le premier triplet (A, B, R) qui annule (6) est la solution unique du système.

Résultat (Voir figures 1 et 2)

Tableau 4 : Constantes de l'équation de VON BERTALANFFY calculées selon TOMLINSON et ABRAMSON

Espèce	L^∞ (mm)	K (année ⁻¹)	T_0 (année)	Somme des carrés des écarts
Lethrinus miniatus	532,86	0,71	- 0,00	1832,17
Lutjanus fulvus	262,59	0,90	- 0,43	213,49

La longueur infinie trouvée est sous-estimée dans les deux cas. Plusieurs centaines de poissons ont été mesurés et beaucoup d'entre eux dépassent la longueur infinie calculée. La relation de décrit donc pas de façon adéquate la croissance des derniers groupes d'âges. Ce problème a déjà été rencontré (RALSTON et MIYAMOTO, 1983 et BROTHERS, 1982). La solution est de contraindre cette valeur à un L^∞ que nous estimerons par une autre méthode.

2.3.2. Régression linéaire simple, avec L^∞ fixé

2.3.2.1. Choix du L^∞

Pour fixer une valeur à L^∞ , paramètre mathématique, nous avons à notre disposition deux paramètres biologiques, L_{max} qui est la longueur maximale mesurée et $\overline{L_{max}}$, la longueur maximale moyenne. Assimiler L^∞ à L_{max} reviendrait à prendre en compte des individus à croissance exceptionnelle et fausserait nos courbes, c'est pour cela que nous choisirons de confondre L^∞ et $\overline{L_{max}}$, définie comme étant "la dernière taille significativement présente dans les captures annuelles" (FONTANA, 1979).

L INFINI = 532.86 mm
VALEUR DE T_0 = -.03 années
VALEUR DE K = .71
NOMBRE DE MESURES = 82.00

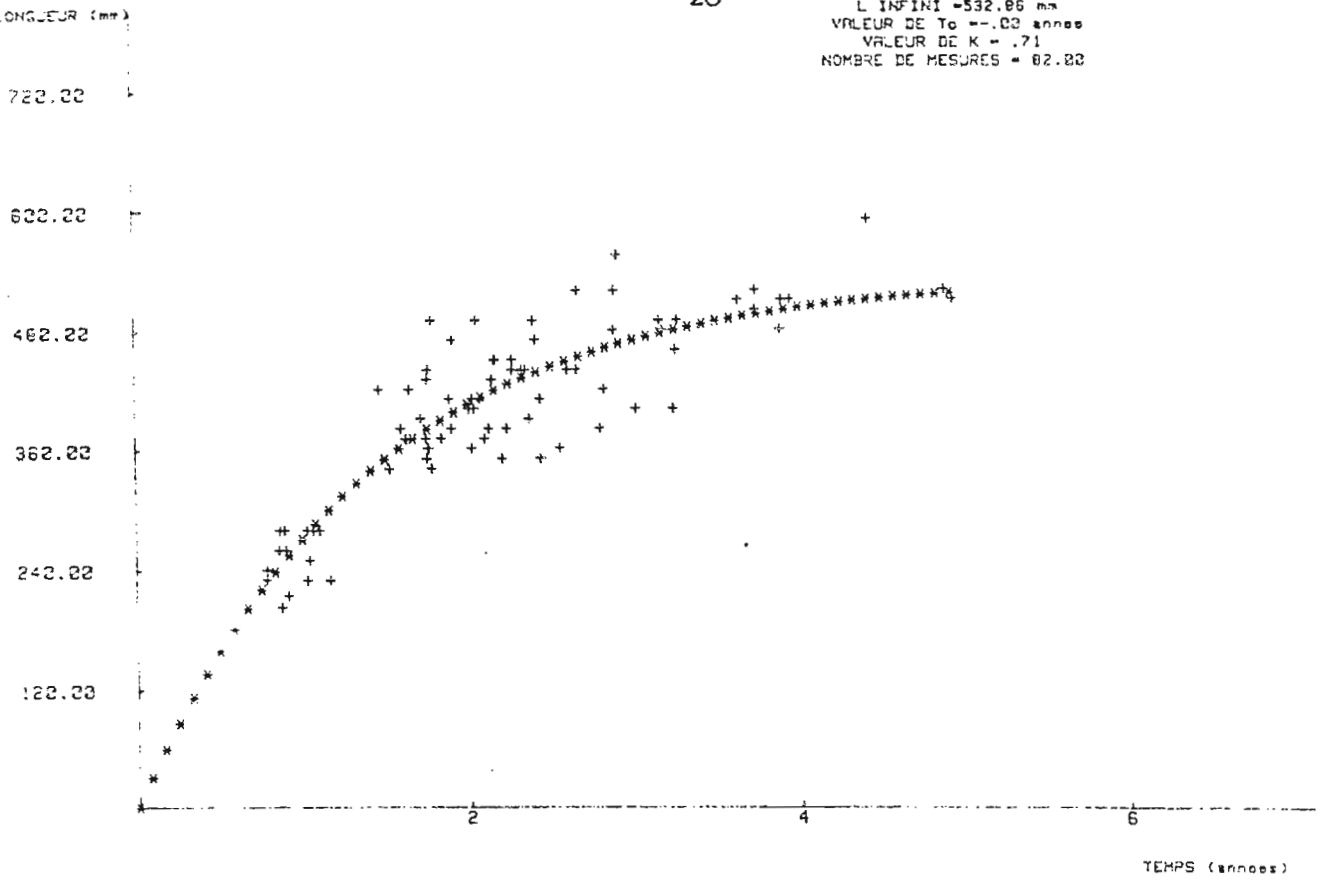


Fig 1 : COURBE DE CROISSANCE DE *Lethrinus miniatus* DU LAGON DE TIKEHAU

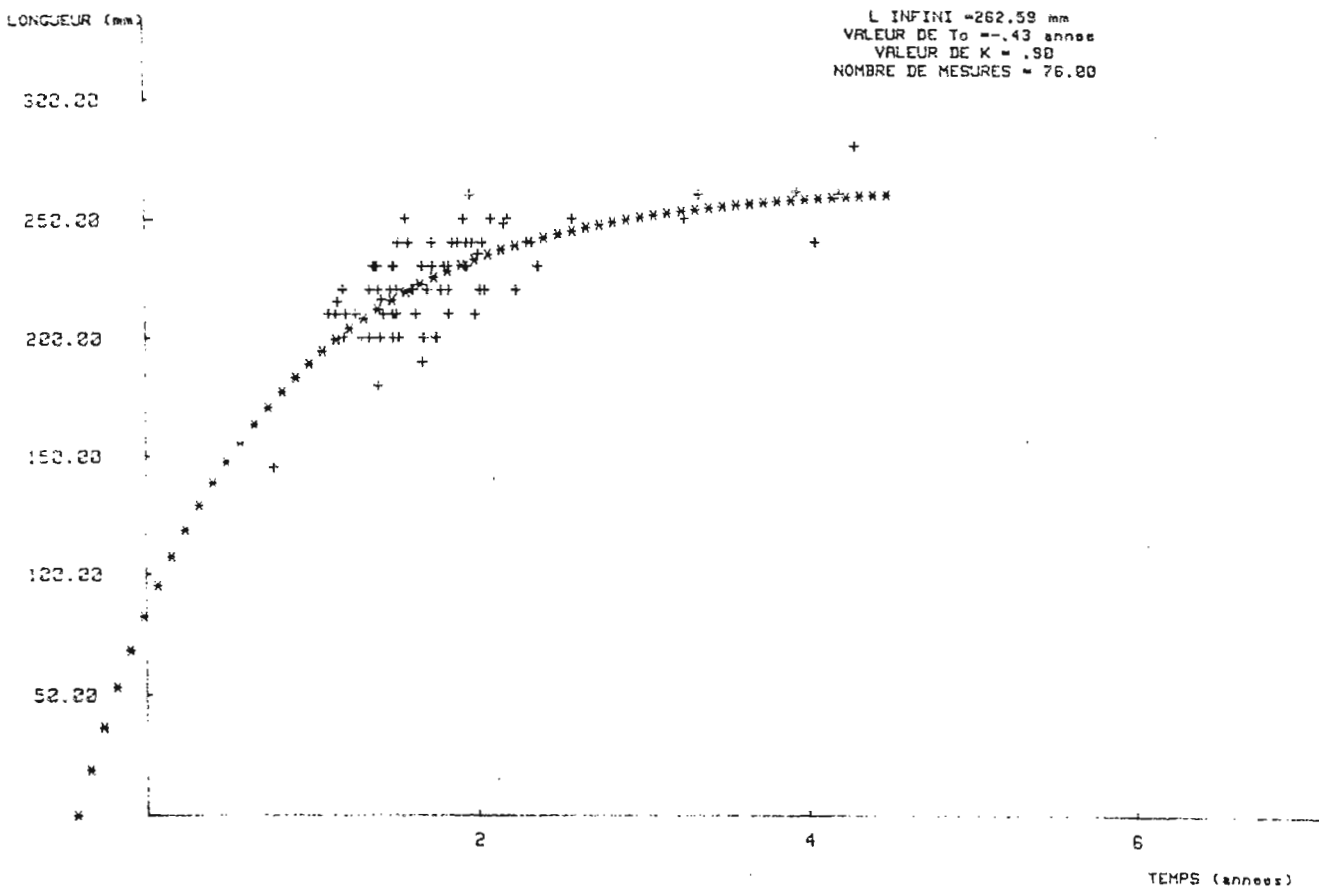


Fig 2 : COURBE DE CROISSANCE DE *Lutjanus fulvus* DU LAGON DE TIKEHAU

Depuis 1982, de nombreux échantillonnages de structures de taille ont été réalisés. Dans le tableau 5 est récapitulé pour chaque classe de taille, le nombre de poissons mesurés ainsi que l'importance relative de cette classe (en pour cent) par rapport au nombre total de poissons mesurés.

Arbitrairement, pour $\overline{L_{max}}$, nous choisirons la taille au-delà de laquelle la somme des effectifs non pris en compte est égale à 0,5 % des effectifs totaux.

Cela nous amène donc à fixer le L^∞ de *Lethrinus miniatus* à 630 mm et celui de *Lutjanus fulvus* à 280 mm.

Si ce seuil de sélection de 0,5 % paraît faible, c'est que les espèces étudiées, soumises à de fortes pressions de pêche depuis plusieurs années, ne produisent que peu d'individus âgés. Choisir un seuil de 1 % comme l'ont fait BROUARD et GRANDPERRIN (1984) sur le stock encore vierge des poissons profonds du Vanuatu nous aurait conduit à une sous-estimation de la longueur asymptotique.

2.3.2.2. Calcul des paramètres (k, t_0)

On écrit l'équation (1) sous la forme

$$t = -\frac{1}{K} \text{Log} \left(1 - \frac{Lt}{L^\infty} \right) + t_0 \quad (7)$$

La régression linéaire de t contre $\text{Log} \left(1 - \frac{Lt}{L^\infty} \right)$ nous donne par le coefficient directeur de la droite, la valeur de k , et par l'intersection de la droite avec l'axe des t , la valeur de t_0 .

Résultat : (fig. 3 et 4)

Tableau 6 : Paramètres de l'équation de Von Bertalanffy calculés par régression linéaire avec L_{∞} fixé.

Espèce	L_{∞} (mm)	K (année ⁻¹)	T_0 (année)	Somme des carrés des écarts
Lethrinus miniatus	630	0,55	0,26	3152,91
Lutjanus fulvus	280	0,89	- 0,05	288,55

Ces nouveaux paramètres sont sensiblement différents de ceux calculés par la méthode de TOMLINSON et ABRAMSON. La comparaison des courbes obtenues suivant les deux méthodes nous indiquera la meilleure solution ou, du moins, la plus satisfaisante.

2.3.3. Comparaison des deux courbes de croissance obtenues
(Fig. 5 et 6)

Dans le tableau 7, les longueurs des poissons sont calculées suivant les deux modèles possibles pour des âges fixés, de 0,25 année à 5 ans (limite supérieure de nos observations).

La lecture de ce tableau ainsi que l'observation des figures 5 et 6 nous montrent que quand l'âge augmente et pour les deux espèces étudiées, les longueurs théoriques rétrocalculées suivant TOMLINSON et ABRAMSON, sont tout d'abord supérieures à celles données par la régression linéaire avec L_{∞} fixé, puis l'écart diminue, passe par zéro et change de signe en augmentant, les valeurs rétrocalculées par la première méthode devenant inférieures à celles obtenues par la deuxième.

L INFINI = 630.00 mm
VALEUR DE To = .26 annee
VALEUR DE K = .55
NOMBRE DE MESURES = 82.00

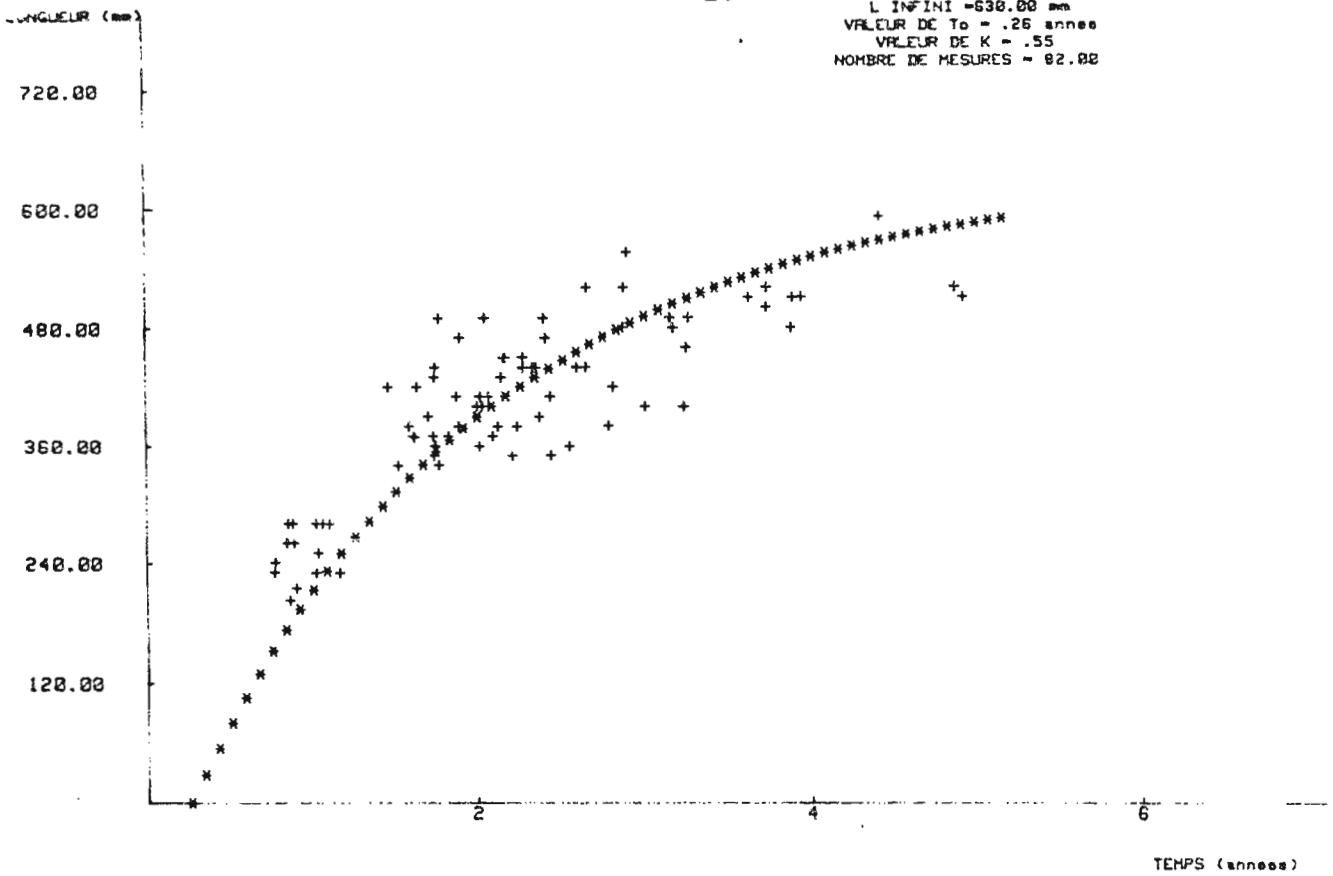
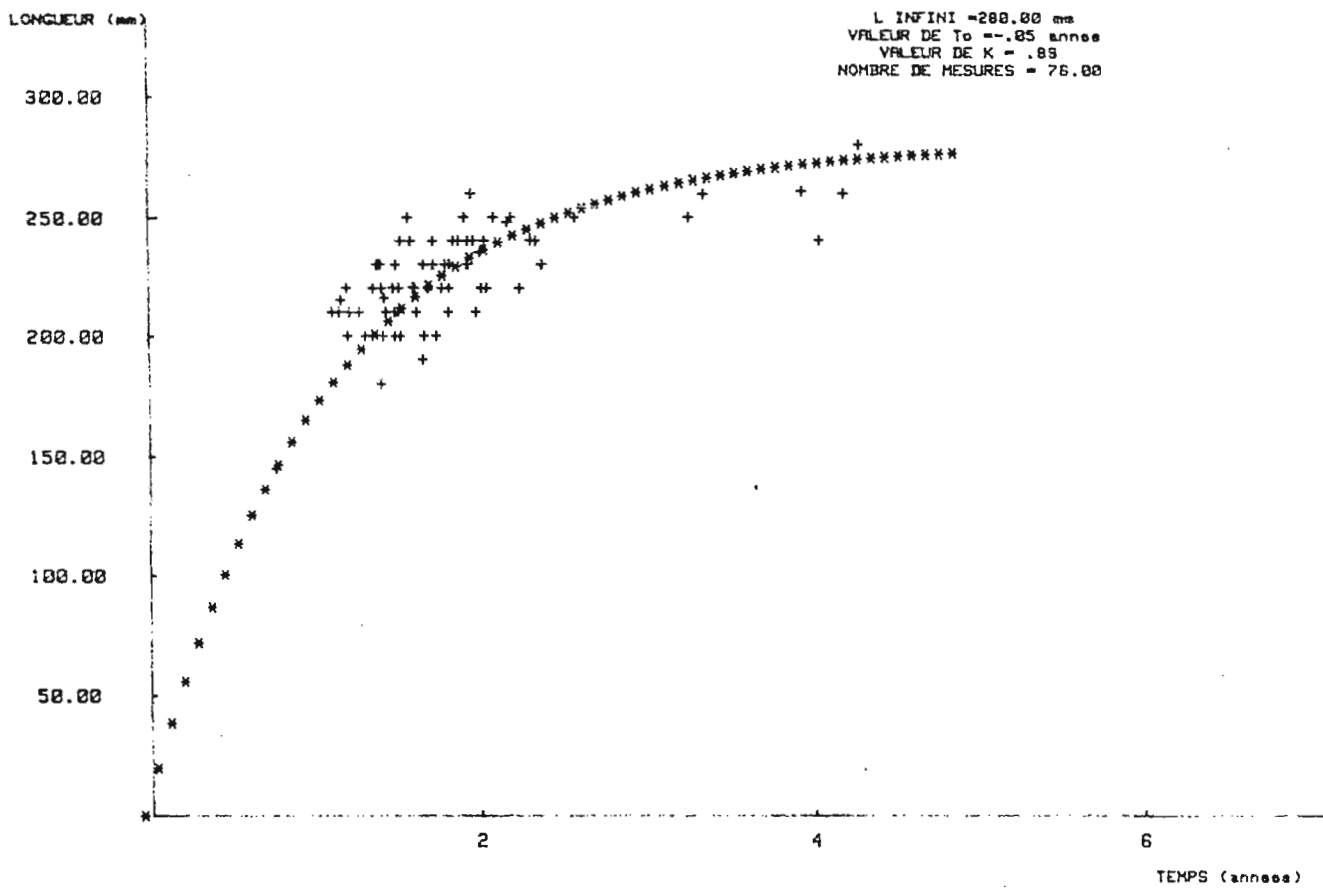


Fig 3: COURBE DE CROISSANCE DE *Lethrinus miniatus* DU LAGON DE TIKEHAU



L INFINI = 280.00 mm
VALEUR DE To = -.85 annee
VALEUR DE K = .89
NOMBRE DE MESURES = 76.00

Fig 4: COURBE DE CROISSANCE DE *Lutjanus fulvus* DU LAGON DE TIKEHAU

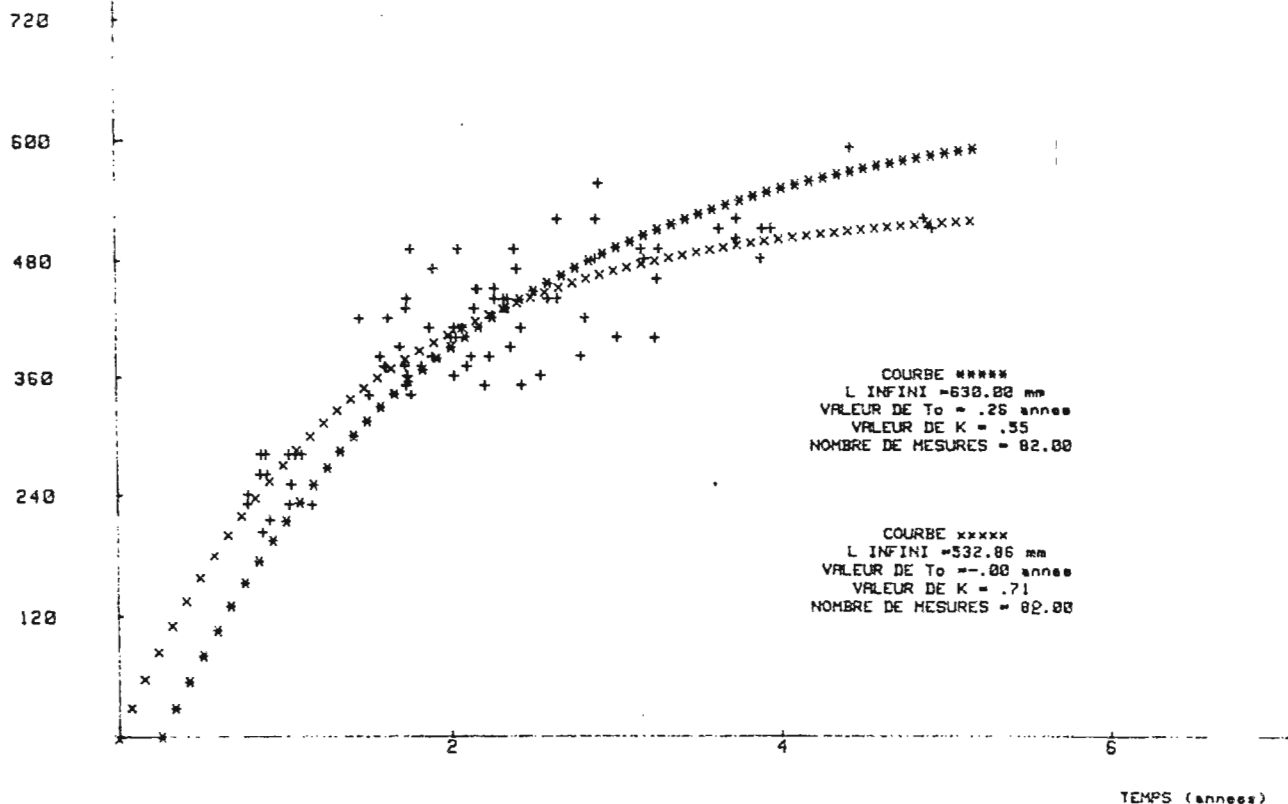


Fig 5 : COMPARAISON DES COURBES DE CROISSANCE DE Lethrinus miniatus

Tableau 7 : COMPARAISON DE DEUX COURBES DE CROISSANCE POUR Lethrinus miniatus

Age (année)	Courbe 1 longueur(mm)	Courbe 2 longueur(mm)	Ecart absolu (mm)	Ecart relatif (en %)
.25	86.66	-3.47	90.14	104.01
.50	159.23	77.91	81.33	51.07
.75	220.00	146.83	71.17	32.35
1.00	270.00	210.64	60.24	22.24
1.25	313.49	264.52	48.97	15.62
1.50	349.17	311.47	37.70	10.80
1.75	379.04	352.39	26.65	7.03
2.00	404.06	388.05	16.01	3.96
2.25	425.01	419.13	5.87	1.38
2.50	442.55	446.22	-3.67	-.83
2.75	457.24	469.63	-12.60	-2.75
3.00	469.54	490.41	-20.87	-4.45
3.25	479.04	508.34	-28.51	-5.94
3.50	488.46	523.97	-35.51	-7.27
3.75	495.68	537.59	-41.91	-8.46
4.00	501.73	549.46	-47.74	-9.51
4.25	506.79	559.01	-53.02	-10.46
4.50	511.03	566.83	-57.00	-11.31
4.75	514.50	576.68	-62.10	-12.07
5.00	517.55	583.53	-65.98	-12.75

COURBE 1 : L infini : 532.86 mm , K : .71 année⁻¹ , To : -.00 années

COURBE 2 : L infini : 630.00 mm , K : .55 année⁻¹ , To : .26 années

Pour mieux comparer les modèles de croissance, nous allons étudier l'écart entre les deux courbes pour les classes de taille qui intéressent la pêche.

Le tableau 5 nous indique que 90 % des *Lethrinus miniatus* mesurés depuis 1982 se situent dans la fourchette de taille comprise entre 300 mm et 560 mm, et que pour *Lutjanus fulvus*, ce même pourcentage est compris entre les longueurs de 210 mm et de 260 mm.

Cas de *Lethrinus miniatus* : L'écart absolu varie de + 49 mm à - 53 mm de façon quasiment linéaire. L'écart relatif passe de + 16 % à - 10,5 % en variant de façon identique. Les courbes se coupent au point de coordonnées $t = 2,4$ années et $L = 435,9$ mm.

Cas de *Lutjanus fulvus* : La différence est moindre que pour *L. miniatus* du fait de l'écart moins important entre les paramètres des deux modèles de croissance. L'écart absolu décroît de 7 mm à - 11 mm et l'écart relatif de 3 % à - 4,5 %. Les courbes se coupent au point $t = 1,9$ année et $L = 230,1$ mm.

En conclusion, pour les deux espèces étudiées, les modèles sont peu différents pour décrire la croissance des poissons qui intéressent la pêche. L'écart entre les deux courbes est d'ailleurs à son minimum pour les classes de taille présentant le pourcentage d'individus capturés le plus élevé. Cependant, nous préférons au premier modèle, le deuxième modèle, c'est-à-dire celui obtenu par régression linéaire avec L infini fixé car il décrit de façon plus satisfaisante, en accord avec les observations biologiques faites sur le terrain, la croissance des individus âgés.

2.3.4. La méthode de FORD-WALFORD

Nous n'en parlerons que succinctement car elle n'a pas donné de résultats cohérents du fait de la forte variabilité des âges estimés pour une longueur donnée.

Nous avons regroupé les données par classes d'âge t_i séparées d'une année, puis la longueur moyenne L_i de chaque classe a été calculée.

Pour deux points consécutifs (t_i, L_i) et $(t_i + 1, L_{i+1})$, la fonction prend les valeurs :

$$L_i = L^\infty (1 - \exp (K (t_i - t_0))) \quad (8)$$

$$L_{i+1} = L^\infty (1 - \exp (k (t_i - t_0) - k)) \quad (9)$$

En soustrayant (8) de (9), puis en extrayant le facteur commun et en remplaçant $L^\infty (1 - \exp (-k (t_i - t_0)))$ par sa valeur L_i , on obtient :

$$L_{i+1} - L_i = \Delta L_i = L^\infty (1 - e^{-k}) - (1 - e^{-k}) L_i$$

soit, en posant :

$$A = L^\infty (1 - e^{-k}) \text{ et } B = (1 - e^{-k})$$

$$\Delta L_i = A - B L_i$$

La régression linéaire de $\Delta L_i = L_{i+1} - L_i$ contre L_i , permet d'obtenir des estimations de A et B et donc à fortiori de K et L^∞ .

A titre indicatif, le tableau 8 donne les résultats obtenus pour les deux espèces :

Tableau 8 : Paramètres de l'équation de VON BERTALANFFY
estimés par la méthode de FORD-WALFORD

Espèce	L^∞ (mm)	K (année ⁻¹)
<i>L. miniatus</i>	669,9	0,29
<i>L. fulvus</i>	260,1	1,1

Remarque : Les valeurs de L infini sont d'un bon ordre de grandeur, mais les valeurs du coefficient de croissance (K) sont beaucoup trop extrêmes. Une courbe de croissance tracée avec ces paramètres, passe en dessous de tous les points expérimentaux dans un cas, au-dessus dans l'autre cas (**L. fulvus**).

2.4. Relation longueur - poids

2.4.1. Calcul de la relation

On utilise pour établir cette relation, l'équation de croissance allométrique $W = aLt^b$ (10)

avec W : poids total en grammes

Lt : longueur de référence en mm

a et b : constantes

Pour effectuer les calculs, on écrit l'équation (10) sous forme logarithmique : $\text{Log } W = b\text{Log } Lt + \text{Log } a$.

La valeur des coefficients s'obtient en effectuant la régression linéaire de $\text{Log } W$ contre $\text{Log } Lt$.

La mesure des couples (W, Lt) est faite soit sur le terrain sur du poisson frais, soit en laboratoire sur du poisson congelé. MORIZE (1984) montre qu'il n'y a pas de différences significatives au seuil de 5 % entre les valeurs des coefficients de la régression pour ces deux types de mesures.

Résultats : (fig. 7 et 8)

Tableau 9 : Relations taille-poids

Espèce	A	B	$W_{(g)} = AL^B_{(mm)}$
* <i>Lethrinus miniatus</i>	$3,43 \cdot 10^{-5}$	2,85	$W = 3,4310^{-5} L_t^{2,85}$ (11)
<i>Lutjanus fulvus</i>	$1,06 \cdot 10^{-4}$	2,69	$W = 1,0610^{-4} L_t^{2,69}$ (12)

* D'après MORIZE (1984).

2.4.2. La courbe de croissance pondérale (Fig. 9 et 10)

La courbe de croissance en poids est établie à partir de l'équation de croissance en longueur définie au paragraphe 2.3.2. et de la relation longueur-poids. Son équation est :

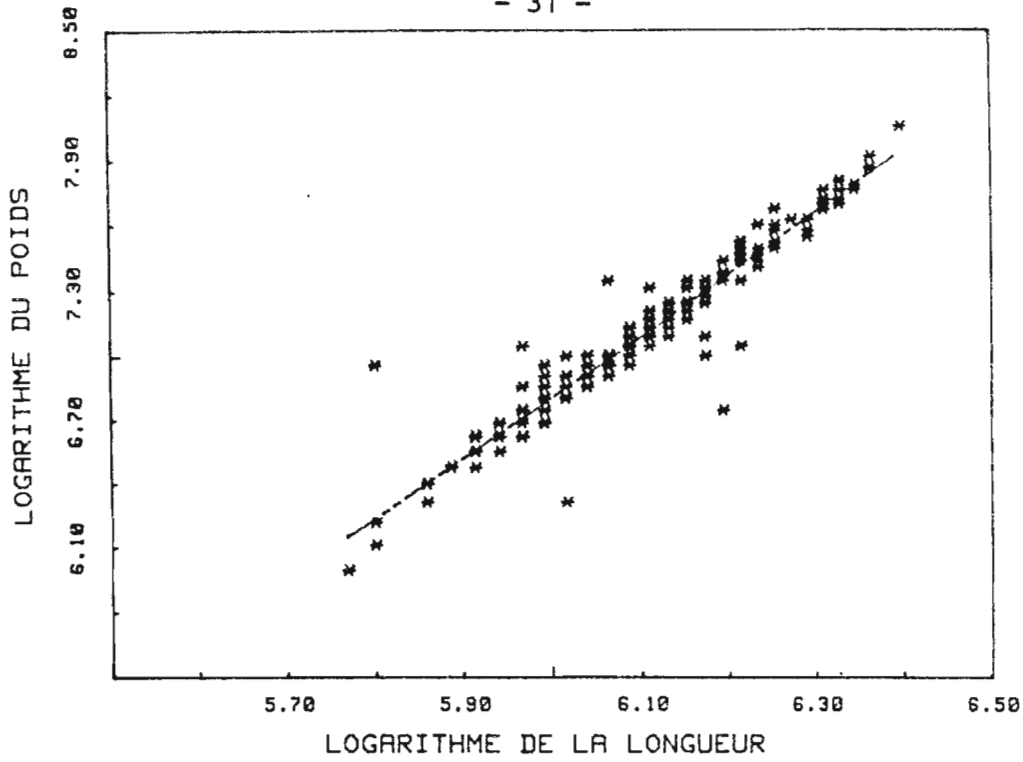
Pour *Lethrinus miniatus*

$$W = 3261,5 \left[1 - e^{-0,55 (t - 0,26)} \right]^{2,85}$$

Pour *Lutjanus fulvus*

$$W = 405,7 \left[1 - e^{-0,89 (t + 0,05)} \right]^{2,69}$$

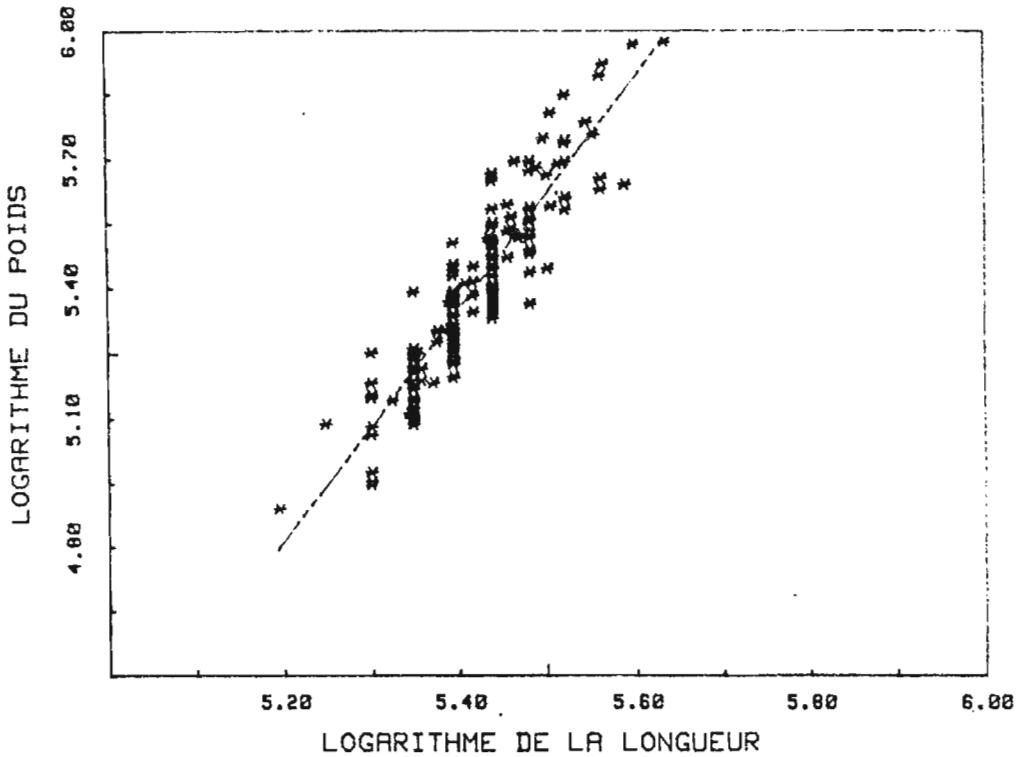
W exprimé en grammes et t en année.



DROITE DE REGRESSION $\text{LOG}(P)=A+B*\text{LOG}(L)$

ORDONNEE A L'ORIGINE=-10.28
 PENTE DE LA DROITE = 2.85
 COEFFICIENT DE CORRELATION= .96
 NOMBRE DE DONNEES= 212.00
 ERREUR MOYENNE SUR Y= .01

FIG. 7: CORRELATION TRILLE / POIDS DE OEO UTURORA DU LAGON DE TIKEHAI



DROITE DE REGRESSION $\text{LOG}(P)=A+B*\text{LOG}(L)$

ORDONNEE A L'ORIGINE=-9.15
 PENTE DE LA DROITE = 2.69
 COEFFICIENT DE CORRELATION= .91
 NOMBRE DE DONNEES= 170.00
 ERREUR MOYENNE SUR Y= .01

FIG. 8: CORRELATION TRILLE / POIDS DE TORU DU LAGON DE TIKEHAI

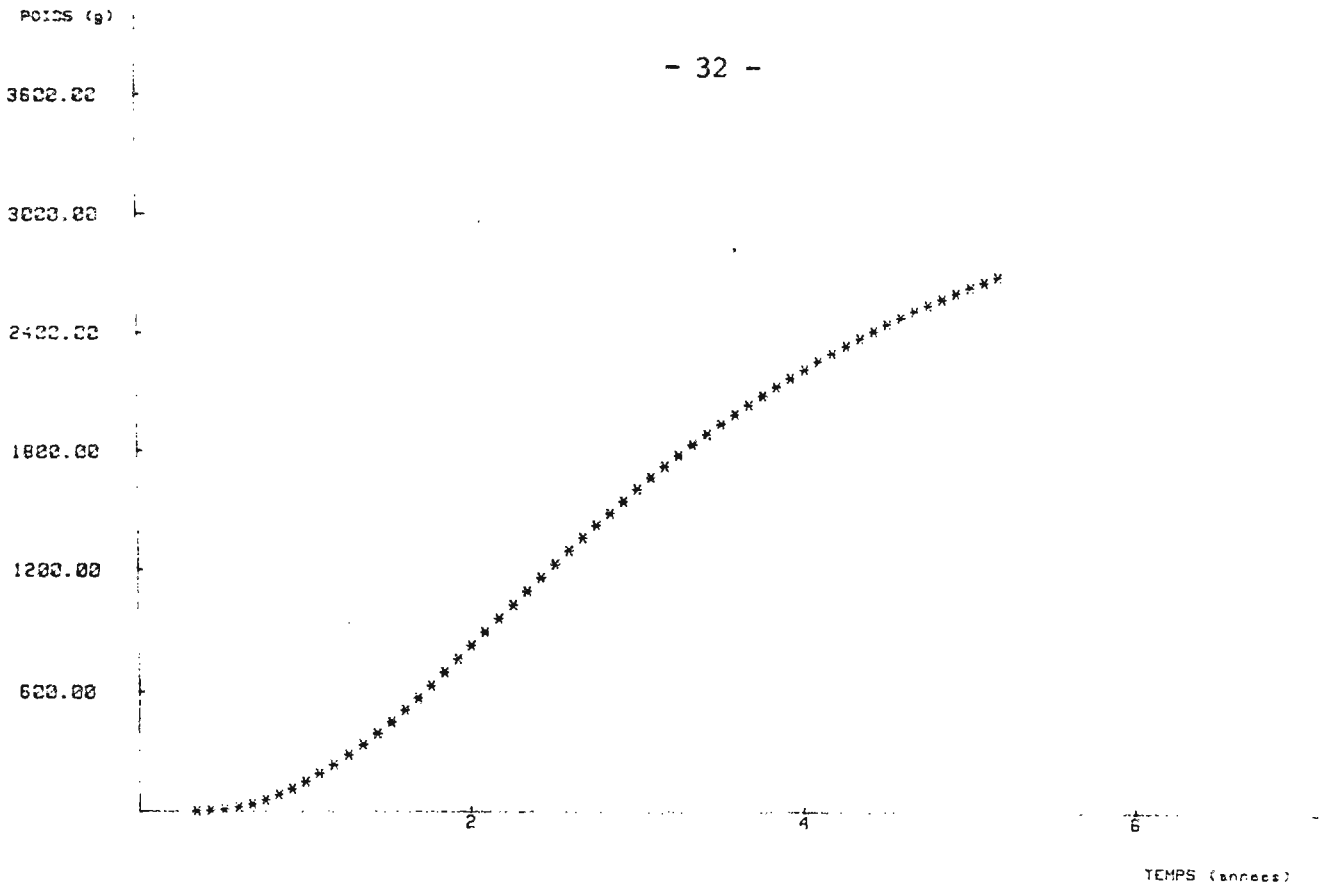


Fig 9: COURBE DE CROISSANCE PONDERALE DE *Lethrinus miniatus*

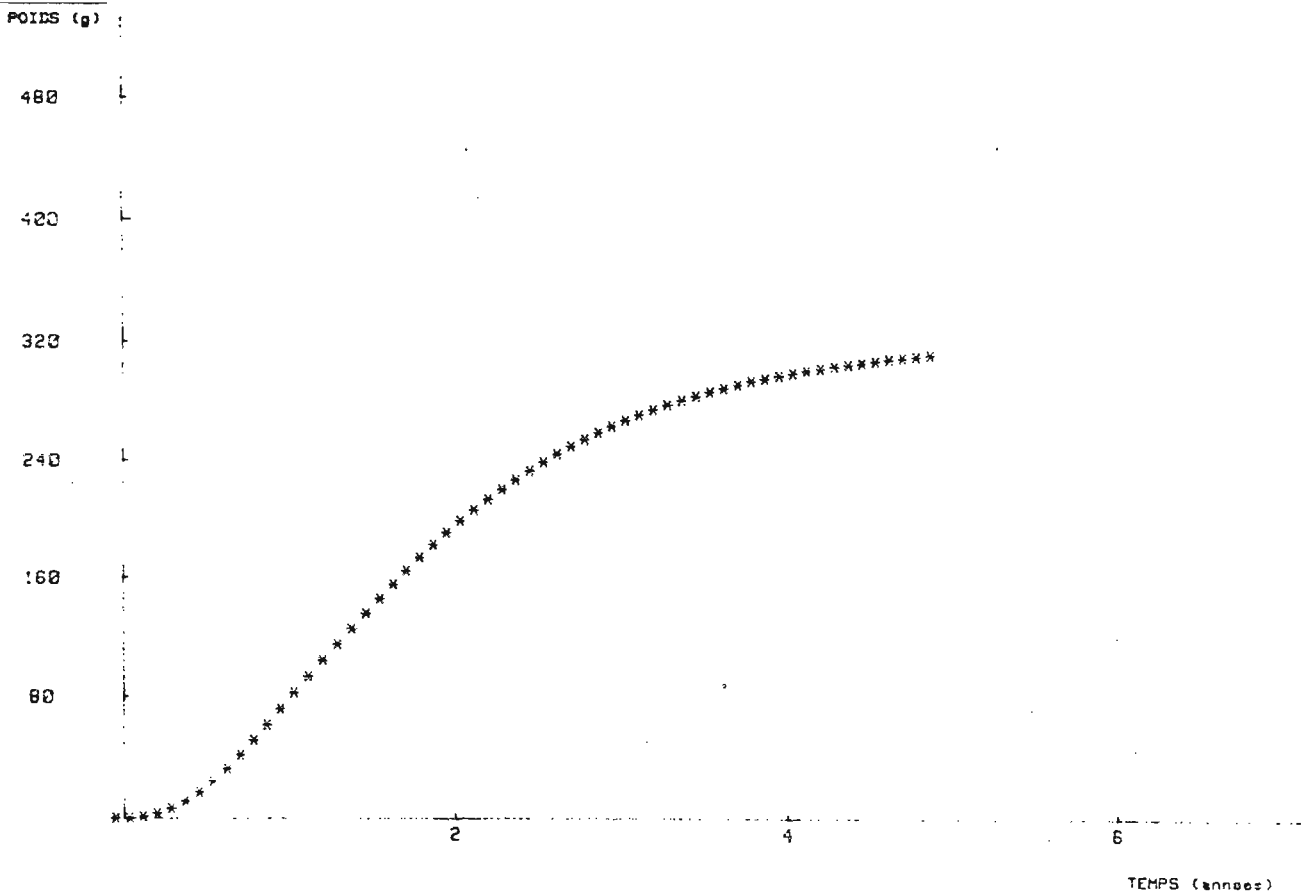


Fig 10: COURBE DE CROISSANCE PONDERALE DE *Lutjanus fulvus*

2.5. L'indice de performance de croissance (P)

PAULY (1980) définit un indice de potentialité de croissance ("Index of Growth performance") comme suit

$$P = \log_{10} (K \times W_{\infty}) \quad K : \text{Coefficient de croissance en année}^{-1}$$

W_{∞} : Poids "infini" en grammes

Cet indice présente l'avantage d'être relativement constant pour des espèces proches d'un point de vue taxonomique et écologique.

Tableau 10 : Indice de performance de croissance pour les deux espèces étudiées.

Espèce	$K_{\text{année}^{-1}}$	$L_{\infty \text{ mm}}$	$W_{\infty \text{ g}}$	$P = \text{Lg}_{10}(K \times W)$
Lethrinus miniatus	0,55	630	3261,5	3,25
Lutjanus fulvus	0,89	280	405,7	2,56

Dans la littérature, il n'existe pas de valeurs de cet indice calculées pour des **Lutjanidae** ou **Lethrinidae** de Polynésie Française. Dans le tableau 11, nous avons calculé l'indice de performance de croissance pour des poissons de Nouvelle-Calédonie (LOUBENS, 1980).

Etant données les différences de conditions naturelles, la comparaison est difficile. On observe simplement que les valeurs obtenues pour nos poissons sont supérieures aux indices des poissons du lagon Néo-Calédonien, cela confirme que la croissance des poissons étudiés en Polynésie Française, est plus rapide que celle des poissons de Nouvelle-Calédonie.

Tableau 11 : Indice de performance de croissance de quelques **Lutjanus sp.** et **Lethrinus sp.** du lagon néo-calédonien calculé d'après les données de croissance de LOUBENS (1980).

Espèce	$K_{\text{année}^{-1}}$	ω^{∞} g	$P = \log (K \cdot \omega^{\infty})$
<i>Lutjanus amabilis</i> (m.)	0,26	1140	2,47
<i>L. amabilis</i> (f.)	0,34	760	2,41
<i>L. bohar</i>	0,11	4200	2,05
<i>L. kasmira</i>	0,38	295	2,05
<i>L. quinquelineatus</i>	0,37	177	1,82
<i>L. vitta</i> (m.)	0,32	655	2,32
<i>L. vitta</i> (f.)	0,30	372	2,05
<i>Lethrinus chrystosomus</i> (m.)	0,26	3290	2,93
<i>L. chrystosomus</i> (f.)	0,27	2730	2,87
<i>L. Lentjan</i>	0,33	735	2,38
<i>L. mahsena</i>	0,29	1240	2,56
<i>L. nebulosus</i> (m.)	0,22	3460	2,88
<i>L. nebulosus</i> (f.)	0,21	4130	2,94
<i>L. nematacanthus</i> (m.)	0,87	113	1,99
<i>L. nematacanthus</i> (f.)	0,86	74	1,81
<i>L. variegatus</i>	0,43	745	2,51

3 - DISCUSSION

3.1. La périodicité des stries de croissance

Aux vues de tous les travaux effectués dans le domaine de l'ostéochronologie, il apparaît qu'il est raisonnable d'estimer la période des stries comme journalière pour les poissons juvéniles soumis à des conditions naturelles. Cependant, les expériences faisant varier les facteurs biotiques et abiotiques montrent que l'on doit s'attendre à une certaine variabilité. Par contre, à partir de la première maturité, le rythme des dépôts se perturbe et semble diminuer. BROTHERS (1979) recommande de contrôler pour chaque étude entreprise la fréquence des stries journalières.

Dans l'étude qui nous intéresse, une telle expérience sera mise en place. Elle utilisera des poissons de tous âges, préalablement marqués à la terramycine (contenant de l'oxytétracycline) et élevés en captivité sous des conditions naturelles. Les animaux recevront une injection de 50 mg de terramycine par kilo de poids vif. Ce mode d'administration du produit a été choisi car plus facile d'utilisation que l'ingestion pratiquée par ODENSE et LOGAN (1974), où l'immersion du poisson dans une solution d'eau de mer et de tétracycline, expérimentée par SCHMITT (1984). Des sacrifices seront faits à intervalles réguliers.

La finalité de cette expérience sera de vérifier si réellement une strie est déposée par jour et sinon d'établir un coefficient de conversion nombre de jours/nombre de stries qui serait évidemment variable suivant la taille du poisson. Une telle démarche a été pratiquée par LAURS et al. (1985) sur **Thunnus alalunga**.

Ces auteurs, en étudiant les saggitae de poissons marqués à la tétracycline, relâchés puis recapturés, ont montré que les zones de croissance discernables se forment sur l'otolithe à un taux moyen quotidien de 0,954. Ils proposent un coefficient de conversion âge/nombre de stries de 1,05 pour ces germes et dont la longueur à la fourche varie de 50 cm à 100 cm, la taille de première maturité se situant à 85 cm. Si l'on reprend

les observations de LE GUEN (1978 in WILD et FOREMAN, 1980), la valeur de ce coefficient de conversion pourrait atteindre environ 1,30 pour les vieux poissons (exemple de **Pseudolithus elongatus**).

3.2. L'adaptation des données aux modèles de croissance

L'adaptation des données des otolithes au modèle de croissance de VON BERTALANFFY ne va pas sans difficultés. Les méthodes "classiques" de TOMLINSON-ABRAMSON et de FORD-WALFORD ne nous donnent pas satisfactions. Pour expliquer cela, deux hypothèses sont possibles :

- La lecture des otolithes et notamment pour les individus âgés ne donnerait pas l'âge du poisson avec une marge d'erreur raisonnable.

- Nos données expérimentales sont trop nombreuses pour de petites fourchettes de longueur : Pour **Lethrinus miniatus**, 67 % des mesures concernent des poissons dont la longueur est comprise entre 350 mm et 500 mm. Ce pourcentage atteint 86 % pour **Lutjanus fulvus** dans l'intervalle de taille 200 mm-250 mm. On accorde ainsi un "poids statistique" beaucoup trop important à une certaine fourchette de longueur au détriment des autres classes. Il semble donc nécessaire avant d'entreprendre une telle étude d'établir une stratégie d'échantillonnage qui attribuerait à chaque classe de taille un nombre similaire de données.

L'option que nous avons choisi et qui consiste à choisir la longueur infinie a été souvent employée par plusieurs auteurs (BROTHERS (1982), RALSTON et MIYAMOTO (1983)). Cela reste toutefois une opération assez délicate. Le paramètre L_{∞} n'a pas de réelle signification biologique et n'est pas directement assimilable à la longueur maximale moyenne observée. En effet, une espèce peut garder un potentiel de croissance important jusqu'à des âges théoriques avancés mais que sa longévité naturelle ne lui permet pas d'atteindre.

Dans notre étude, il paraît raisonnable de penser que la longueur infinie calculée selon la méthode de TOMLINSON et ABRAMSON est sous-estimée. En effet, L_{∞} qui représente la longueur à un âge infini,

c'est-à-dire quand tout phénomène de croissance est terminé, ne peut être inférieure aux tailles effectivement mesurées d'une partie significative des poissons étudiés. Il est cependant concevable que quelques individus développent une croissance exceptionnelle, supérieure à la moyenne. Cela leur fait atteindre des longueurs maximales importantes, dépassant sensiblement la longueur infinie calculée pour décrire la croissance moyenne de la population des poissons.

Nous avons tenu compte de cette dernière remarque au moment de choisir le L^∞ . Le fait de fixer un seuil au delà duquel la croissance est considérée comme exceptionnelle doit nous préserver d'une surestimation du L^∞ . Notons qu'une certaine part de subjectivité compensée par l'expérience sur le terrain intervient dans le choix de ce seuil.

En choisissant le L^∞ de cette façon, nous admettons implicitement que la croissance des deux espèces étudiées est terminée quand on approche des dernières classes de taille recensées dans les captures. Pour **Lutjanus fulvus**, cette hypothèse semble réaliste car les données des otolithes sont sensiblement les mêmes pour les longueurs de 260 à 280 mm, compte tenu de la forte variabilité des lectures à ces âges. Par contre, pour **Lethrinus miniatus**, nous ne disposons pas d'éléments qui nous permettraient de discuter cette hypothèse et il nous faut donc l'admettre. En effet, nous n'avons aucune donnée pour des poissons d'une longueur supérieure à 590 mm (Rappel : la longueur infinie fixée pour cette espèce est de 630 mm).

Si le nombre de stries correspond bien au nombre de jours de la vie du poisson, le fait de sous-estimer la longueur infinie en la calculant selon la méthode de TOMLINSON et ABRAMSON pourrait montrer que pour les vieux individus, on surestimerait l'âge réel. Pour s'en rendre compte, nous avons systématiquement minoré de 25 % l'âge de tous les poissons vieux de plus de deux ans. Les paramètres recalculés deviennent :

- Pour **Lethrinus miniatus** L^∞ : 557 mm $K = 0,88 \text{ année}^{-1}$
- Pour **Lutjanus fulvus** L^∞ : 270 mm $K = 1,0 \text{ année}^{-1}$

On obtient alors des valeurs qui se rapprochent plus de la réalité. Il faut cependant rester prudent car cette affirmation contredit les résultats de PANNELLA (1971), BROTHERS et al. (1976), LE GUEN (1978 in WILD et FOREMAN, 1980) qui annoncent au contraire que pour les individus âgés, la lecture des otolithes conduit à une sous-estimation de l'âge. Le contrôle de la périodicité des stries (cf. 3.1) devra permettre de vérifier cela.

CONCLUSION

L'établissement de modèles de croissance est un point essentiel pour toute étude de dynamique des populations. L'étude des otolithes nous a permis de construire des courbes de croissance satisfaisantes moyennant un choix de méthode de calcul adapté à nos données.

Les croissances estimées des deux espèces qui nous intéressent sont assez rapides. Pour **Lethrinus miniatus**, les paramètres de l'équation de VON BERTALANFFY retenus sont $L = 630$ mm, $K = 0,55$ année⁻¹ et $T_0 = 0,26$ année. Cela donne des accroissements annuels de 210 mm la première année, 177 mm la deuxième, 102 mm la troisième et 59 mm la quatrième. Pour **Lutjanus fulvus**, les paramètres de la courbe de croissance sont $L = 280$ mm, $K = 0,89$ année⁻¹ et $T_0 = -0,05$ année. Le taux de croissance est alors de 170 mm la première année, 65 mm la deuxième et 27 mm la troisième. Ces deux espèces seraient commercialisables dès l'âge de un an - un an et demi.

L'étude engagée va se poursuivre avec la détermination par les mêmes méthodes des paramètres de croissance des autres espèces intéressant la pêche, à savoir **Lutjanus gibbus**, **Epinephelus microdon**, **Naso brevirostris** et **Caranx melampygus**. Enfin d'autres méthodes d'évaluation de la croissance seront utilisées (Analyse des structures de taille, marquage) et comparées à la méthode ostéochronologique.

BIBLIOGRAPHIE

- BARKMAN (R.C.), 1978.- The use of otolith growth rings to age young Atlantic silversides, *Menidia menidia*. **Trans. Am. Fish. Soc.** 107 : 790-792.
- BEAMISH (R.J.) and CHILTON (D.E.), 1982.- Preliminary evaluation of a method to determine the age of sable fish (*Anoplopoma fimbria*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 39 : 277-287.
- BROTHERS (E.B.), MATHEWS (C.P.) and LASKER (R.), 1976.- Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. **Fish. Bull.** 74 : 1-8.
- BROTHERS (E.B.), 1978.- Exogenous factors and the formation of daily and subdaily growth increments in fish otoliths. **Am. Zool.** 18 : 631
- BROTHERS (E.B.), 1979.- Age and Growth studies on tropical fishes. In : **Proceeding of a workshop on tropical Small-Scale Fishery stock held at the University of Rhode Island.** September 1979.
- BROTHERS (E.B.) and Mc FARLAND (W.N.), 1981.- Correlations between otolith microstructure, growth, and life history transitions in newly recruited French grunts (*Haemulon flavolineatum* (Desmaret), **Hamulidae**). In R. Lasker and K. Sherman (editors), **the early life history of fish : recent studies.** **Rapp. P.V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer** 178 : 369-374.
- BROTHERS (E.B.), 1982.- Aging of reef fishes. In **Proceedings of a workshop held october 7-10, 1980 at St. Thomas, Virgin Islands of the United States.** **NOAA** : 3-23.
- BROUARD (F.), GRANDPERRIN (R.), 1984.- Les poissons profonds de la pente récifale externe à Vanuatu. **ORSTOM Vanuatu, Notes et Doc. Oceanogr.**, 11 : 1-131.

- CAMPANA (S.E.) and NEILSON (J.D.), 1982.- Daily growth increments in otoliths of starry Flounder (**Platichthys stellatus**) and the influence of some environmental variables in their production. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 39 : 937-942.
- CAMPANA (S.), 1984.- Interactive effects of age and environmental modifiers on the production of daily growth increments in otoliths of **Parichthys notatus**. **Fish. Bull.** 82 : 165-177.
- DEGENS (E.T.), DEUSER (W.G.) and HAEDRICH (R.L.), 1969.- Molecular structure and composition of fish otoliths. **Int. J. Life Oceans Coastal Waters** 2 (2) : 105-113.
- DRUZHININ (A.D.), 1970.- The range and biology of snappers (Family **Lutjanidae**). **J. ichthyology**, 10 : 717-736.
- FONTANA (A.), 1979.- Etude du stock démersal côtier congolais. **Thèse doctorat d'état Paris VI/Museum**, 300 p.
- GALZIN (R.), 1985.- Ecologie des poissons récifaux de Polynésie Française. **Thèse doctorat d'état, Montpellier**, 195 p., 45 fig., 49 tabl.
- KIMURA (D.K.), 1980.- Likelihood methods for the Von Bertalanffy growth curve. **Fish. Bull.** 77 : 765-776.
- LAROCHE (J.L.), RICHARDSON (S.L.) and ROSENBERG (A.A.), 1982.- Age and growth of a **Pleuronectid, Parophrys vetulus**, during the pelagic larval period in Oregon coastal waters. **Fish. Bull.** 80 : 93-104.
- LAURS (R.M.), NISHIMOTO (R.) and WETHERALL (J.A.), 1985.- Frequency of increment formation on saggitae of North Pacific Albacore (**Thunnus alalunga**). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 42 : 1551-1555.
- LE GUEN (J.C.), 1976.- Utilisation des otolithes pour la lecture de l'âge des Scianidés intertropicaux. Marques saisonnières et journalières. **Cah. ORSTOM, Ser. Oceanogr.** 14 : 331-338.

- LOUBENS (G.), 1978.- Biologie de quelques espèces de poisson du lagon Néo-Calédonien. I - Détermination de l'âge (otolithométrie). **Cah. ORSTOM. Ser. Océanogr.**, 16 (3,4): 263-283.
- LOUBENS (G.), 1980.- Biologie de quelques espèces de poissons du lagon néo-calédonien. III - Croissance. **Cahiers de l'Indo-Pacifique**, 2 (2) : 101-153.
- LOUGH (R.G.), PENNINGTON (M.), BOLZ (G.R.) and ROSENBERG (A.A.), 1982.- Age and growth of larval atlantic herring, **Clupea harengus L.**, in the gulf of Marine-Georges Bank region based on otolith growth increments. **Fish. Bull.** 80 : 187-199.
- MANDOCH (C.S.), III. 1982.- Aging reef fishes in the southeast fisheries center. In **Proceeding of a workshop held October 7-10, 1980 at St. Thomas, Virgin Islands of the United States.** NOAA : 24-43.
- MARSHALL (S.L.) and PARKER (S.S.), 1982.- Pattern identification in micro-structure of sokeye salmon (**Oncorhynchus nerka**) otoliths. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 39 : 542-547.
- METHOT (R.D. jr) and KRAMER (D.), 1979.- Growth of Northern Anchovy, **Engraulis mordax**, larvae in the sea. **Fish. Bull.** 77 : 413-423.
- MORIZE (E.), 1984.- Contribution à l'étude d'une pêcherie artisanale et de la dynamique des populations des principales espèces de poissons exploitées in "L'atoll de Tikehau (archipel des Tuamotu, Polynésie Française) premiers résultats". **ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.**, 22 : 35-80.
- MORIZE (E.), 1985.- La pêche dans le lagon : étude d'une pêcherie artisanale in Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (archipel des Tuamotu, Polynésie Française". **ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Oceanogr.**, 24 : 64-72.

- RADTKE (R.L.) and DEAN (J.M.), 1982.- Increment formation in the otoliths of embryos, larvae and juveniles of the mummichog, **Fundulus heteroclitus**. **Fish. Bull.** 80 : 201-215.
- RALSTON (S.), 1976.- Age determination of a tropical reef butterflyfish utilizing daily growth rings of otoliths. **Fish. Bull.** 74 : 990-994.
- RALSTON (S.) and MIYAMOTO (G.T.), 1983.- Analysing the width of daily otoliths increments to age the Hawaiian snapper, **Pristipomoides filamentosus**. **Fish. Bull.** 81 : 523-536.
- SCHMITT (P.D.), 1984.- Marking growth increments in otoliths of larval and juvenile fish by immersion in tetracycline to examine the rate of increment formation. **Fish. Bull.** 82 : 237-241.
- STRUHSAKER (P.) and UCHIYAMA (J.H.), 1976.- Age and growth of the nehu, **Stolephorus purpureus** (Engraulidae), from the Hawaiian islands as indicated by daily growth increments of sagittae. **Fish. Bull.** 74 : 9-17.
- TANAKA (K.) MUGIYA (Y.) and YAMADA (J.), 1981.- Effects of photoperiod and feeding on daily growth patterns in otoliths of juvenile **Tilapia nilotica**. **Fish. Bull.** 79, 459-466.
- TAUBERT (B.D.) and COBLE (D.W.), 1977.- Daily rings in otoliths of three species of *Lepomis* and **Tilapia mossambica**. **J. Fish. Res. Bd Can.** 34 : 332-340.
- TOMLINSON (P.K.) and ABRAMSON (N.J.), 1961.- Fitting a Von Bertalanffy growth curve by least squares. **Calif. Fish Game, Fish. Bull.** 116 : 1-69.

- UCHIYAMA (J.M.) and STRUHSAKER (P.), 1981.- Age and growth of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, and yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, as indicated by daily growth increments of sagittae. **Fish. Bull.** 79 : 151-162.
- VICTOR (B.C.), 1982.- Daily otolith increments and recruitment in two coral reef wrasses, *Thalassoma bifasciatum* and *Halichoeres bivittatus*. **Mar. Biol.** 71 : 203-208.
- WILD (A.) and FOREMAN (T.J.), 1980.- The relationship between otolith increments and time for yellowfin and skipjack tuna marked with tetracycline. **Inter-am. Trop. Tuna. Comm., Bull.** 17 : 509-560.
- WILSON (K.H.) and LARKIN (P.A.), 1980.- Daily growth rings in the otoliths of juvenile Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 37 : 1495-1498.
- WOODHEAD (P.M.J.), 1968.- Seasonal changes in the calcium content of the blood of Arctic cod. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.** 48 : 81-91.