

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES

Contribution à l'étude de la croissance de *Limnothrissa miodon* sur base des pièces osseuses au lac Kivu-bassin de Bukavu (Zaire)

Kabumbanyungu, Wilondja

Award date:
1995

Awarding institution:
Universite de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

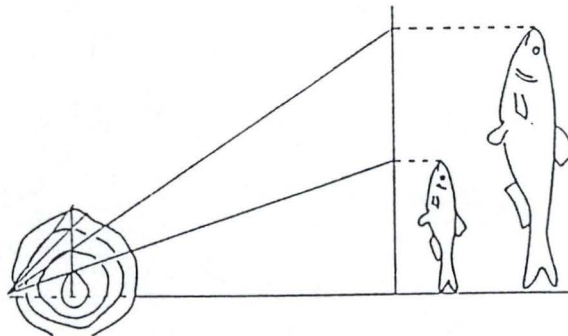
Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



FACULTES UNIVERSITAIRES N.-D. DE LA PAIX
NAMUR
FACULTE DES SCIENCES

Contribution à l'étude de la croissance de
Limnothrissa miodon sur base des pièces
osseuses au lac Kivu-bassin de Bukavu
(Zaïre)



Mémoire présenté pour l'obtention du
CERTIFICAT en
Ecotechnologie des Eaux Continentales
Diplôme d'Etudes Complémentaires

KABUMBANYUNGU Wilondja

Contribution à l'étude de la croissance de *Limnothrissa miodon* sur base des pièces osseuses au lac Kivu-bassin de Bukavu (Zaïre)

par KABUMBANYUNGU Wilondja

Résumé

L'étude de la croissance du poisson Clupeidae *Limnothrissa miodon* (Boulenger, 1906) au lac Kivu-bassin de Bukavu (Zaïre) a été menée à partir d'écaillés depuis décembre 1993 à mai 1994 et des otolithes des larves capturées du lac et gardées en captivité en aquarium et en cage pendant 7 à 30 jours.

L'étude scalimétrique (691 échantillons) montre que seulement 1 poisson sur 17 présente une ou deux marques de croissance ou annuli dans les mêmes proportions tant chez les mâles que chez les femelles. Ceci confirme que la durée de vie de cette espèce est courte (maximum 2 ans). L'équation générale de croissance est : $L_t = 137 (1 - e^{-0,4(t + 2,5)})$

L'otolithométrie a permis d'établir que l'accroissement journalier moyen en longueur des larves est de 0,37 mm .

L'équation générale de croissance à cette taille est : $L_t = 38 (1 - e^{-0,01(t + 16,20)})$.

Les paramètres de croissance (K, L_∞) obtenus paraissent plus crédibles que ceux trouvés par des études antérieures à partir de l'analyse des progressions modales. On sait que le caractère continu du recrutement chez *L.miodon* ne permet pas l'utilisation des méthodes basées sur les tailles. La scalimétrie et l'otolithométrie nous permettent d'obtenir des valeurs nettement plus précises du temps vécu par les poissons.

Mots-clé : *Clupeidae*, *Limnothrissa miodon* , lac Kivu, croissance, scalimétrie, otolithométrie

Mémoire de Certificat en Ecotechnologie des Eaux Continentales

Diplôme d'Etudes Complémentaires

Décembre 1995

Promoteur : J.-C. MICHA

DEDICACE

A toi, ma soeur, Jeanne Ponga Bishobekwa, que l'amour de la maternité a arrachée précocement de notre affection, et que les contraintes de métier ne m'ont pas permis de pleurer ce jour-là

A toi, ma chère épouse, Ely Lugolo, qui as su, avec beaucoup de courage et de dignité, endurer toutes les souffrances et toutes les humiliations liées à ma longue absence d'études en Belgique

A vous, mes chers enfants,

*Nahano Espoir
Kabala Emily
Mulyanga Eric
Sibazuri Elvine*

qui avez subi ce long calvaire:

A vous tous, frères et soeurs, parents et amis,

je dédie ce travail, fruit d'une longue patience et d'un travail laborieux.

REMERCIEMENTS

Au seuil de ce travail, il nous est un agréable devoir de remercier quelques personnes qui ont permis sa réalisation.

Notre pensée va d'abord tout naturellement au Professeur J.-C Micha qui nous a amené à raffermir nos connaissances au Laboratoire d'Ecologie des Eaux douces et qui, en dépit de ses multiples occupations, a bien accepté de diriger ce mémoire. Nous avons été sensible à la confiance qu'il nous a témoignée, à l'appui logistique, à ses précieux conseils et à sa bienveillance tout au long de notre formation.

Nos remerciements s'adressent ensuite au Professeur Vandenhautte qui a tout fait pour rendre possible notre voyage de formation et de recherche. Qu'il veuille trouver ici le témoignage de son attention combien paternelle à notre bien être pendant notre engagement au laboratoire du Projet Biologie et Pêche de L. Miodon au lac Kivu.

Bien entendu, notre séjour serait impensable sans l'appui financier de la FUCID (Fondation Universitaire pour la Coopération Internationale au Développement). Nous avons été frappé par la chaleur de l'accueil et la marque de sympathie de ses membres (Père Jadot, B. Kervyn, Thomas, Mmes Rita Rixen, Catherine Dehalu, Myriam) ainsi que leur compréhension et leur souci de bien de bien être pour les populations du Tiers monde.

Nous avons évolué dans un cadre des plus sympathiques lors de notre formation à Namur. Aussi ne saurions-nous pas passer sous silence l'aide louable que nous a apportée J.L. Noiset en nous initiant à certaines techniques de laboratoire. A travers lui, nous tenons à remercier tous les membres de l'UNECED pour leur signe d'amitié qui nous a beaucoup marqué.

Cette heureuse opportunité nous offre la précieuse occasion d'exprimer vivement nos remerciements envers le Professeur Boniface Kaningini, Directeur opérationnel du Projet Biologie et Pêche, pour son souci permanent de la promotion de ses collaborateurs.

Durant notre séjour en Belgique, nous avons bénéficié de l'affection de certaines familles à qui nous tenons à dire que nous amènerons la bonne nouvelle de leurs sentiments de fraternité à tous les nôtres. Nous pensons, particulièrement, aux familles Karhahunga Yatha, Kape Safi, Fidèle Kape, Tite Kubushishi, Jean Mbayaga, Mandiki Robert, Mulowayi Germain, Tshibangu Grégoire.

Que dire enfin du concours, à Kinshasa que nous avons connu pour la première fois, du Père Jacques Paulus, des familles Wakenge, Kasuku, Itebo, Kissy?

De Bukavu, nous gardons un cordial souvenir des collaborateurs du Projet Biologie et Pêche.

Notre dernière pensée va à nos frères en Christ et à notre ami Justin Bisanswa qui aura eu la chance de nous voir nous débattre tout au long du dernier mois de travail intense en Belgique.

INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1	4
PRESENTATION DU LAC KIVU	4
1.1 POSITION GEOGRAPHIQUE.....	4
1.2 APERÇU GEOLOGIQUE	4
1.3 CLIMATOLOGIE	5
1.4 MORPHOMETRIE	5
1.5 LIMNOLOGIE	6
1.6 ENVIRONNEMENT BIOTIQUE	6
1.7 DESCRIPTION DU BASSIN DE BUKAVU (Fig1-2).....	8
CHAPITRE 2.....	9
BIOLOGIE DE <i>Limnothrissa miodon</i>	9
2.1 POSITION SYSTEMATIQUE.....	9
2.2 DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DE <i>L. miodon</i> (Fig2-2)	10
2.3 COMPORTEMENT	10
2.4 REGIME ALIMENTAIRE.....	10
2.5 REPRODUCTION	12
2.6. CROISSANCE DE <i>L. miodon</i>	14
2.6.1 Relation Longueur-poids de <i>L. miodon</i>	14
2.6.2 Paramètres de croissance de <i>L.miodon</i> estimés par l'équation de VON BERTALANFFY.	16
2.7 METHODES D'ETUDE DE LA CROISSANCE DES POISSONS	17
2.7.1 Généralités.....	17
2.7.2 Méthodes d'estimation de la croissance	18
2.7.2.1 La méthode de Petersen ou analyse des structures de tailles ou des progressions modales.....	18
2.7.2.2 Méthode de rétrocalcul	19
2.7.2.2 .1 LA SCALIMETRIE	20
2.7.2.2 .1.1 Morphologie d'écaille de <i>Limnothrissa miodon</i>	20
2.7.2.2 .1.2. Détermination de l'âge à partir d'écailles.....	21
2.7.2.2.1.3 Facteurs responsables de la formation des marques.....	23
2.7.2.2.1.4 Problèmes d'interprétation des marques	24
2.7.2.2 .2 L'OTOLITHOMETRIE	25
2.7.2.2.2.1 Définition.....	25
2.7.2.2.2.2 Morphologie d'un otolithe.....	25
2.7.2.2.2.3 Détermination de l'âge à partir d'otolithe.....	27
2.7.2.3 Méthode de marquage-recapture.....	27

CHAPITRE 3.....	28
Matériel et méthodes.....	28
3.1 Collecte de données.....	28
3.1.1 Site d'échantillonnage.....	28
3.1.2 Techniques de pêche.....	29
3.1.3 Calendrier d'échantillonnage.....	29
3.1.3.1.Etude scalimétrique.....	29
3.1.3.2 Etude otolithométrique.....	30
3.2 Examen et mesure des poissons.....	31
3.2.1 Travail de terrain.....	31
3.2.2.1 Mensurations.....	31
3.2.2.2 Age et croissance.....	33
3.2.2.2 .1 Prélèvement et montage des écailles.....	33
3.2.2.2 .2 Détermination de l'âge et de la croissance.....	34
3.2.2.2 .2 .1 Scalimétrie.....	34
3.2.2.2 .2 .2 Méthodes otolithométriques.....	36
3.3 MODELISATION ET PARAMETRES DE CROISSANCE.....	38
3.4 Traitement statistique des données.....	39
CHAPITRE 4.....	43
RESULTATS ET DISCUSSION	43
4.1 SCALIMETRIE.....	43
4.1.1 Résultats de lecture d'écaille	45
4.1.2. CROISSANCE LINEAIRE.....	46
4.1.3. ESTIMATION DES PARAMETRES DE CROISSANCE	48
4.2 OTOLITHOMETRIE	52
4.2.1 Microstructure d'otolithe de larves de <i>L. miodon</i>	52
4.2.2 Relation entre la taille des larves et la longueur de l'otolithe.....	53
4.2.3 Croissance de larves de <i>L.miodon</i>	53
4.3.4 Validation du dépôt journalier des accroissements d'otolithe.....	58
RESUME ET CONCLUSION	61
Annexes	71

INTRODUCTION

L'implantation, depuis une trentaine d'années, de *Limnothrissa miodon*, petit poisson pélagique du lac Tanganyika, au lac Kivu, est souvent cité comme une belle illustration de l'occupation d'une espèce dans une niche vacante. Les études économiques de la F.A.O. estiment à environ 2200 à 3000 tonnes la capture totale annuelle de *L.miodon* au lac Kivu (HANEK, 1989).

La réussite d'acclimatation de *L.miodon* observée au lac Kivu pourrait bien être précaire et de courte durée. Il faudrait donc savoir avec certitude si cette population piscicole a atteint un équilibre écologique au moment où l'exploitation commerciale de ces petites sardines ne fait qu'augmenter depuis une dizaine d'années. Pour une gestion halieutique saine du stock piscicole et, par voie de conséquence, pour l'avenir de la pêche au lac Kivu, une connaissance approfondie du biotope concerné serait souhaitable, notamment l'abondance, la distribution et la croissance des espèces dans les eaux à exploiter. C'est dans ce dernier domaine que s'inscrit notre travail.

Outre son grand intérêt scientifique, l'étude de la croissance de *L.miodon*, sur base d'écailles et otolithes, se justifie dans les éléments de réponse qu'elle peut apporter quant à la production de ce poisson au lac Kivu. Divers auteurs ont étudié la croissance de ces petites sardines du lac Kivu. Les études relatives à la détermination de l'âge restent toutefois fragmentaires.

Pourtant, déterminer l'âge et la croissance des poissons commande toute l'étude de la dynamique de populations de poissons. Elle permet, par exemple, de connaître les paramètres de croissance (L_{∞} , K et t_0) utilisés dans l'estimation des paramètres de mortalité et, ensemble, ils servent à fixer la production, le recrutement, le rendement par recrue et les stocks exploitables (PAULY & DAVID, 1981; ISAAC, 1990; BROTHERS, 1979; CARLANDER, 1987 in NOISET, 1994). Pourtant, une erreur suffit pour faire écrouler l'édifice. La détermination de l'âge et de la croissance doit être précise, rigoureuse, validée (NOISET, 1994).

Les otolithes ont été utilisés pour estimer l'âge et la croissance journalière depuis que PANELLA (1971 in MOKNESS, 1989, GAULDIE, 1995) avait rapporté que le dépôt des accroissements dans les otolithes se fait suivant un rythme journalier. MERIT & FLEMING (1991, in BARNES & al, 1994) ont montré que l'âge déterminé par otolithes entiers est plus précis et donne l'âge plus significatif que les autres méthodes (écailles, vertèbres, opercules ...).

La détermination de l'âge des sardines en utilisant écailles et otolithes a été faite depuis 1930 (BARNES & FOREMAN, 1994). BUTLER (1987, in BARNES & al, 1994)) avait trouvé la croissance journalière dans les otolithes des sardines (*Sardinops sagax*) d'âge connu .

Pour vérifier l'hypothèse de la formation journalière des microstries de *L.miodon* du lac Kivu, nous procéderons au comptage par microscope optique des stries sur otolithes des larves gardées en captivité en aquarium et en cage pendant une période de 7, 10, 15, 20 et 30 jours.

Bien des auteurs (BAILLON, 1992, CAMPANA, 1992 in KANINGINI, 1994) attirent l'attention sur le risque de sous-estimation d'âge des poissons , lorsque la lecture des stries circadiennes est effectuée au microscope optique . Cependant, TRESHER (1988 , in KANINGINI, 1994) fixe une limite supérieure d'environ 200 jours, au-delà de laquelle l'âge des poissons ne peut plus être facilement déterminé au microscope optique.

Pour connaître la taille du poisson à la fin de chaque année, il faut procéder, à partir des mesures d'écailles au calcul, des longueurs au cours des années antérieures de sa vie (MICHA, 1971). Les longueurs rétrocalculées permettent de suivre la croissance de poissons. On sait que la croissance au sein d'une espèce peut différer d'un sexe à l'autre. Nous voulons vérifier, sur base des données scalimétriques, s'il existe une différence sexuelle dans la croissance de *L.miodon*.

Le travail va s'articuler autour de cinq parties. Dans la première partie, nous présenterons brièvement le lac Kivu.

Le second chapitre sera essentiellement une sorte de synthèse des connaissances sur la biologie (Taxonomie, comportement, reproduction, régime alimentaire, paramètres de croissance) de *L.miodon*. Dans cette partie, nous exposerons les différentes méthodes utilisées dans l'étude de croissance des poissons.

Le troisième chapitre sera consacré à l'exposé des méthodes et matériels de collecte ainsi qu'au traitement des données.

Le quatrième chapitre interprétera les résultats obtenus en et en otolithométrie.

Le travail se terminera par une conclusion générale.

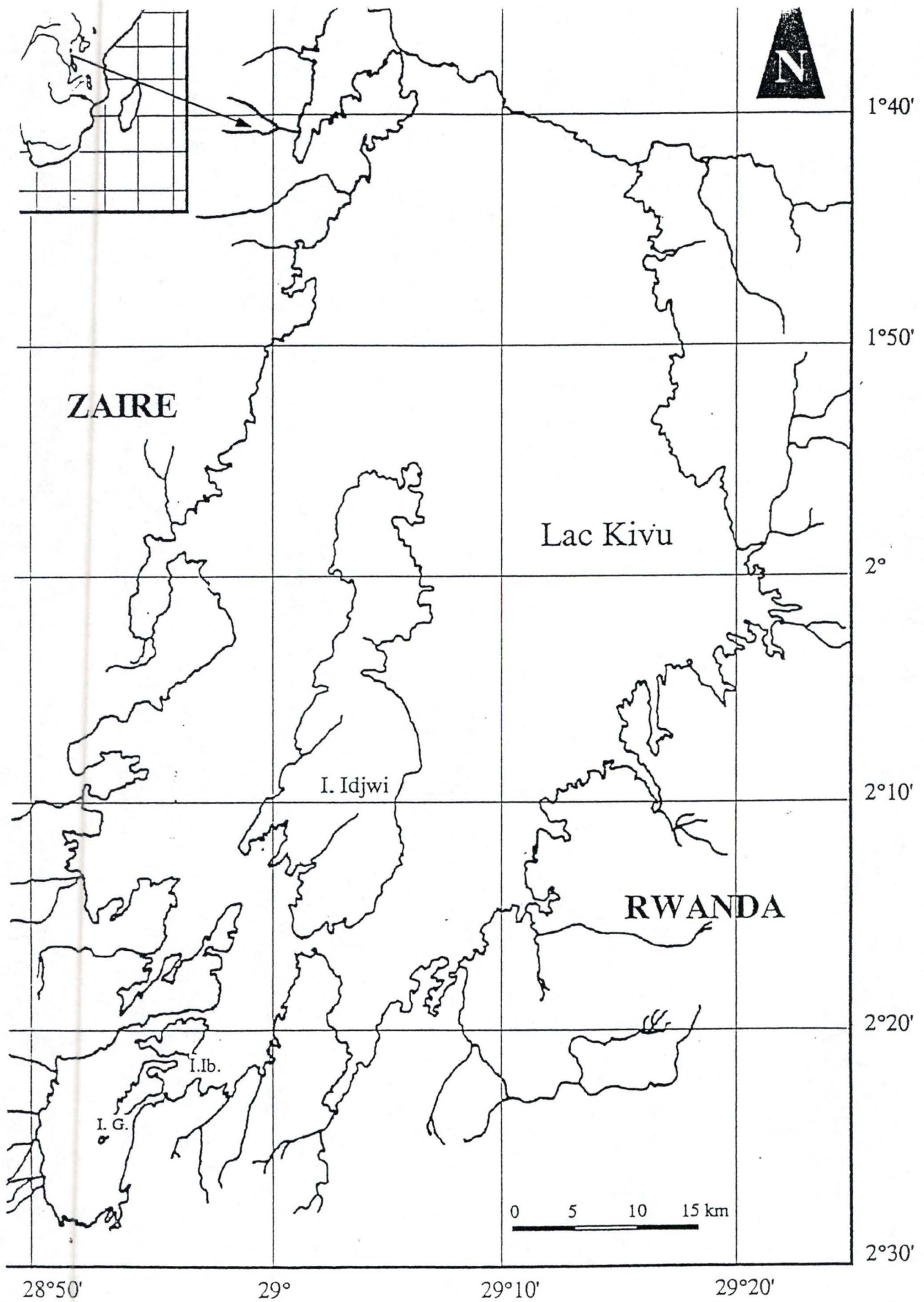


Figure 1-1 : Situation géographique et morphologie du lac Kivu (in KANINGINI , 1994)

CHAPITRE 1.

PRESENTATION DU LAC KIVU

1.1 POSITION GEOGRAPHIQUE

Le lac Kivu est situé au sein du fossé tectonique de l'Est africain (Fig1-1) à 1463 m d'altitude . D'Ouest en Est , il est compris entre 28°50' et 29°23' de longitude Est; 1°34'30' de latitude Sud au point le plus septentrional (baie de Kabuno) et 2°30' de latitude (baie de Bukavu). Il forme sur 102 Km de long et 50 Km de large une frontière naturelle entre le Rwanda (Est) et le Zaïre (Ouest).

1.2 APERÇU GEOLOGIQUE

Vieux d'environ 14.000 ans, le lac Kivu est un lac de barrière volcanique. A la fin du pléistocène, l'éruption de 8 volcans des Virunga dressa une barrière au travers de la vallée à quelque 100 Km au Sud du lac Edouard et modifia considérablement l'hydrologie de la région. Les eaux du Sud, initialement drainées à partir de Bukavu vers le lac Edouard, au Nord, furent détournées vers le Sud. La barrière volcanique de la vallée en provoqua l'inondation permanente. C'est la genèse du lac Kivu. Le niveau continua à s'élever jusqu'à ce que les eaux trouvassent un estuaire vers le Sud à travers une vieille barrière volcanique , les chutes de Panzi vers la rivière Ruzizi et le lac Tanganyika (MICHA, 1994; De IONGH, SPLIETHOFF, FRANK, 1983)

1.3 CLIMATOLOGIE

La cuvette du lac Kivu connaît un climat de type tropical humide et continental caractérisé par une alternance de saisons humide (février-mai; octobre-novembre) et sèche (décembre-janvier; juin-septembre). Des vents réguliers et permanents soufflent principalement en direction du sud-est à l'Est, traversent le lac obliquement ou latéralement. Ce régime est perturbé par des vents nocturnes froids de terre ou de montagne. Ces brises de lac et de montagnes et ces vents exercent une influence déterminante sur le mélange des eaux du lac et leur répartition en profondeur (LAYS, 1979 MICHA, 1994).

1.4 MORPHOMETRIE

Le lac Kivu couvre une superficie de 2699 Km² (WELCOMME, 1972 in SPLIETHOFF, 1983). Ses côtes ont une longueur de 1196 Km et présentent l'aspect dendritique caractéristique des lacs jeunes. Son volume est estimé à 583 Km³. La Ruzizi, l'exutoire du lac, a un débit annuel de 2,3 Km³/an, soit 70 m³/s. Ceci correspond à un temps de renouvellement des eaux de 265 ans (VERBEKE, 1957). La densité élevée des eaux de profondeur est probablement due à l'infiltration d'eaux chaudes et salées de sources volcaniques.(BEADLE, 1981 in DE IONGH & al., 1983). On observe une stratification permanente. La conséquence en est que les matières organiques produites dans l'épilimnion sont perdues de façon presque définitive lorsqu'elles tombent au-dessous de la thermocline.

Les eaux du lac Kivu sont alcalines avec un pH se situant autour de 9. Leur conductivité varie entre 1276 et 1294 µs/cm (BEADLE, 1974, in HANEK, 1987).

1.5 LIMNOLOGIE

Les caractéristiques limnologiques du lac Kivu sont considérées comme exceptionnelles (DESCY, 1990). En effet, le lac est profond méromictique, à la suite d'un gradient de salinité croissant à partir d'une profondeur de 70 m environ. La vie aérobie est réduite à la zone de surface appelée mixolimnion. La zone anoxique ou monolimnion est colonisée par des bactéries. Leur activité, par biodégradation anaérobie des matières organiques, des sédiments et réduction du CO₂, génère du méthane; une partie de ce dernier vers le mixolimnion où il est oxydé, contribuant à l'enrichissement des eaux de surface en CO₂ (DEGENS et al, 1973, TIETZ et al, 1980; TIETZE, 1981, 1981 in DESCY, 1990). La température des eaux varie entre 25°C en surface et 22°C (à 50 m) puis s'élève à nouveau.

1.6 ENVIRONNEMENT BIOTIQUE

A cause de sa jeunesse, le lac Kivu est considéré comme immature au point de vue écologique. Il dispose d'une grande variété de ressources comprenant du zooplancton (copépodes, rotifères) mais aussi du phytoplancton. Les Cyanophycées surtout filamenteuses, et les Chlorophycées représentent 70-90 % de la biomasse phytoplanctonique. Il existe aussi d'autres groupes d'algues significatifs comme les Péridiniens, et les diatomées, *Nitzschia* et *Synedra* spp (DESCY, 1990). Dans la zone littorale relativement rocheuse du lac Kivu, *Cladophora*, une Chlorophycée, constitue l'algue la plus commune sur les rochers.

Le lac présente un habitat limité pour les plantes immergées. Dans les parties peu profondes, on note la présence très espacées des plantes submergées: *Potamogeton pectinatus*, *Ceratophyllum submersum*, *Nymphae*.

La transition avec la terre ferme (berges) est formée principalement de *Paspalidium geminatum*, *Scirpus subulatus*, *Cyperus articulatus* et *Phragmites mauritianus* (VERBEKE, 1957 in SNOEKS, 1994)

Le zooplancton est abondant dans la zone pélagique pendant toute l'année et il présente une augmentation pendant la période des vents (août-septembre). Les densités, les biomasses et les tailles moyennes du zooplancton présentent de fortes fluctuations selon les stations d'étude. Pour l'intégralité du lac, on trouve une biomasse moyenne de 0,104 g MS/m² avec un minimum de 0,211 nm (min : 0,150 ; max 0,300 nm) avec une densité moyenne de 348000 individus/m² (min : 87.300; max : 1.912.300) (FOURNIRET, 1992). Selon ce dernier, les individus zooplanctoniques les plus abondants sont les rotifères, suivis des cyclopo•des, puis des cladocères

Dans cette zone littorale très étroite , présentant un dépôt calcaire sur le fond , la faune est peu dense et pauvre en espèces d'invertébrés benthiques. Les groupes caractéristiques représentant de cette zone lacustre sont nématodes, oligochètes, turbellariés, cladocères, ostracodes, copépodes, hydracariens, insectes et mollusques gastéropodes (in LAYS, 1979, KANINGINI, 1994, MICHA, 1994).

Comparativement aux autres lacs du Rift Est africain, l'ichtyofaune du lac Kivu est relativement pauvre. Les groupes présents (in SNOEKS, 1994) sont :

- Clupeidae :** *Limnothrissa miodon* (introduit)
- Cyprinidae :** *Raiamas moori*, *Barbus kerstenii*, *Barbus pellegrini*,
Barbus apleurogramma , *Barbus altianalis*
- Clariidae :** *Clarias liocephalus*, *Clarias gariepinus*
- Cichlidae :** *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis macrochir*
(introduit), *Tilapia rendalli* (introduit),
Haplochromis spp (15 espèces)

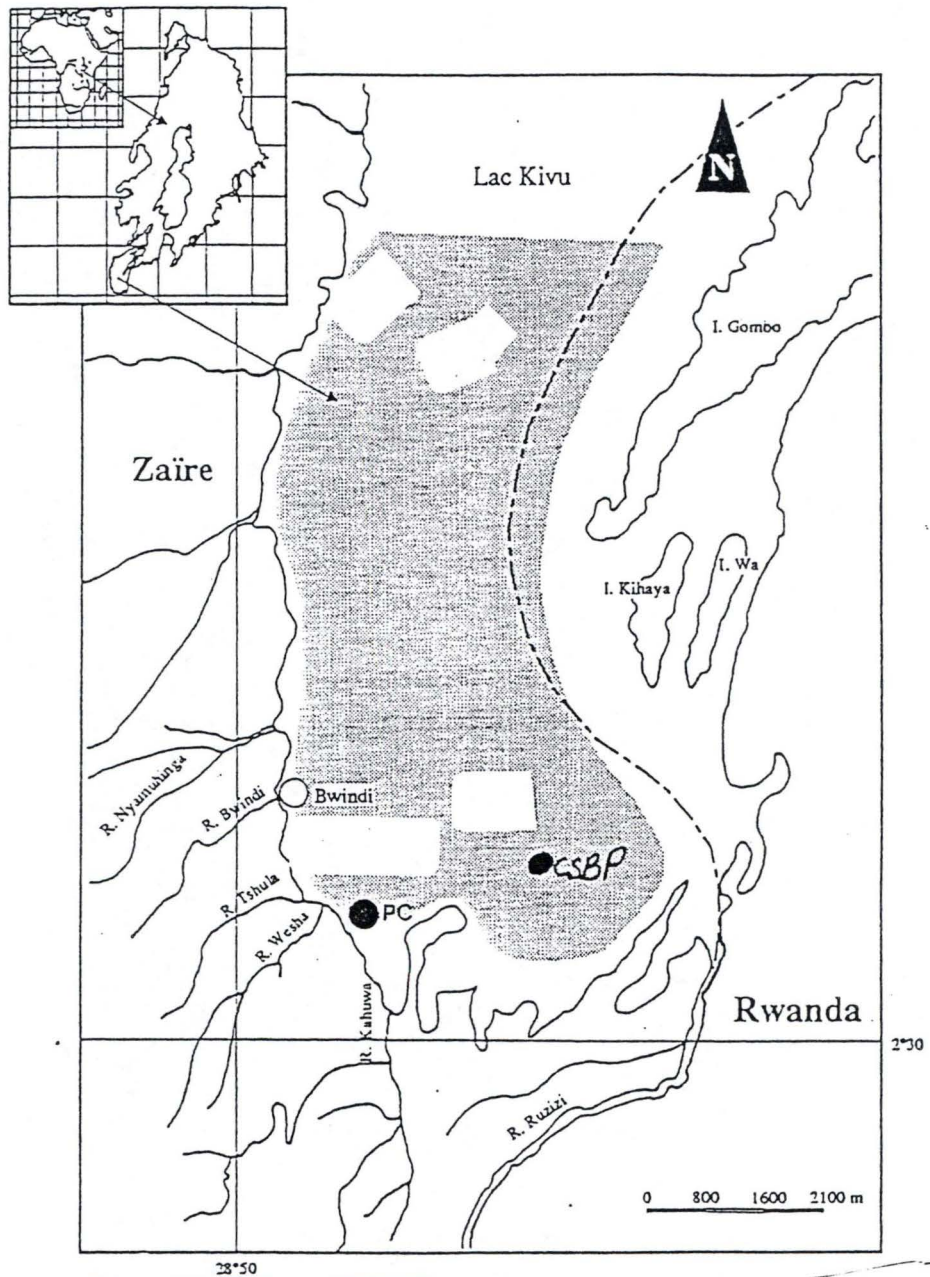


Figure 1-2 Lac- Bassin de Bukavu : localisation des sites d'échantillonnage de *L.miodon* (Modifié in KANIGINI , 1994)

O Sites d'échantillonnages

PC :LA PIROGUE (zone côtière)

CSBP : Cercle Sportif de Bukavu (Zone pelagique)

1.7 DESCRIPTION DU BASSIN DE BUKAVU (Fig1-2)

DAMAS (1937, in SNOEKS, 1994) et CAPART (1960) divisent le lac en 5 grands bassins: Kabuno, Kashanga, Ishungu, Kalehe et Bukavu. Il n'y a pas de rivière très large qui se jette dans le lac Kivu.

Le bassin de Bukavu constitue la partie extrême Sud du lac Kivu. Il est bordé au Nord-Ouest par l'isthme de Birava et au Nord-Est par les îles Gombo et Ibindja. Il couvre une superficie de 96 ha. La profondeur maximale de ce bassin est de 105 m avec une moyenne autour de 75 m . Le lac Kivu est relié au lac Tanganyika par la rivière Ruzizi avec un débit estimé entre 70 et 100 m³/s (VERBEKE, 1957, VILIMUMBALO, 1993 in KANINGINI, 1994).

CHAPITRE 2

BIOLOGIE DE *L.imnothrissa miodon*

2.1 POSITION SYSTEMATIQUE

La taxonomie succincte de *L.miodon* (GOURENNE & TEUGELS, 1988) est la suivante :

- Phylum CHORDATA
- Subphylum CRANIATA
- Superclasse GNATHOSTOMES
- Classe OSTEICHTHYENS
- Sous-classe ACTINOPTERYGII
- Infra-classe TELEOSTEI
- Superordre CLUPEOMORPHA
- Ordre CLUPEIFORMES
- Sous-ordre CLUPEODEI
- FAMILLE CLUPEIDAE
- Sous-famille PELLONULINAE
- Genre *Limnothrissa*
- Espèce *Limnothrissa miodon* Boulenger, 1906

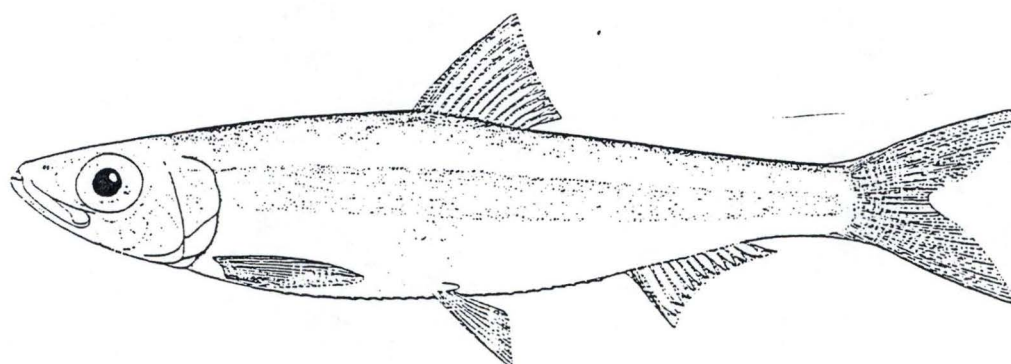


Fig.2-1 Morphologie générale de *L. miodon* (tiré de WHITEHEAD, 1985 in KANINGINI, 1994)

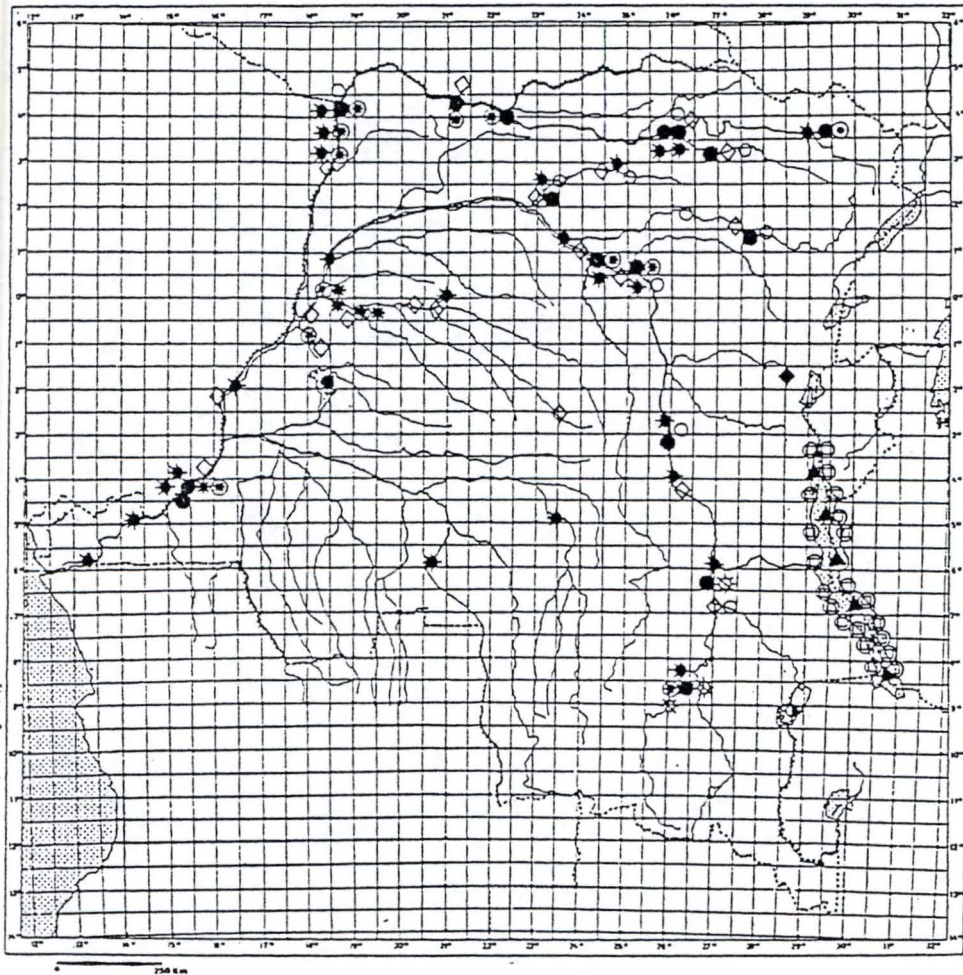


Fig 2-2 . Distribution géographique des Pellonulinae dans le bassin du Zaïre (D'après POLL, 1974 ; GOURENE et TEUGELS, 1989, 1994). (in KANINGINI, 1994)

- | | |
|--|--|
| * <i>Odaxothrissa losera</i> BLGR, 1906 | ◇ <i>Microthrissa moeruensis</i> POLL, 1948 |
| ⊗ <i>Odaxothrissa ansorgii</i> BLGR, 1910 | ■ <i>Nannothrissa stewarti</i> POLL & ROBERTS, 1976 |
| ● <i>Microthrissa royauxi</i> BLGR, 1902 | ⊗ <i>Microthrissa whiteheadi</i> GOURENE & TEUGELS, 1988 |
| ⊙ <i>Microthrissa minuta</i> POLL, 1974 | ◇ <i>Potamothrissa acutirostris</i> BLGR, 1899 |
| ○ <i>Limnothrissa miodon</i> BLGR, 1906 | ○ <i>Potamothrissa obtusirostris</i> BLGR, 1909 |
| ⊕ <i>Nannothrissa parva</i> REGAN, 1917 | ◆ <i>Potamothrissa whiteheadi</i> POLL, 1974 |
| ▲ <i>Stolothrissa tanganicae</i> REGAN, 1917 | |

2.2 DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DE *L. miodon* (Fig2-2)

L. miodon est un clupéidae endémique du lac Tanganyika. Son implantation réussie a été effectuée au cours des années 1958-1959 et 1967, respectivement aux lacs Kivu et Kariba. Il semble avoir l'aptitude à s'adapter à l'habitat côtier et pélagique (MATTHES, 1966; COLLART, 1989, in KANINGINI, 1994).

2.3 COMPORTEMENT

Limnothrissa miodon appelé Sambaza au Kivu, Isambaza au Rwanda, et Kapenta au Zimbabwe, est un poisson pélagique grégaire, qui constitue des bancs plus ou moins denses pendant le jour s'établissant en une couche située principalement entre 20 et 40 m de profondeur. La nuit, les bancs se dispersent pour former une couche de poissons éparpillés qui se situent un peu à la surface.

Lorsqu'on s'éloigne de la côte vers le large, la distribution des *L. miodon* reste pélagique et les concentrations restent entre deux eaux à la même immersion, quelle que soit la profondeur du fond (LAMBOEUF, 1991). Son attirance par une source lumineuse est exploitée pour la pêche. Le caractère migratoire se manifeste par le déplacement des concentrations en fonction de la disponibilité de la nourriture (HANEK & al , 1987)

2.4 REGIME ALIMENTAIRE

Le tableau 2-1 résume les différentes proies de ce poisson dans les différents écosystèmes.

Tableau 2-1 Proies de *Limnothrissa miodon* aux lacs Kivu, Tanganyika et Kariba (in SPLIETHOFF & DE IONGH, 1980, NIMUBONA, 1979)

Lac Kivu	Lac Tanganyika	Lac Kariba
Zooplancton	Zooplancton	Zoolancton
Copépodes	Copépodes	Bosmina
		longirostris
<i>Nauplii</i>	<i>Atyidae</i>	<i>Mesocyclops</i>
		<i>leukarti</i>
<i>Rotatoria</i>		<i>Daphnia</i> sp.
<i>Ciliates</i>		<i>Ceriodaphnia dubia</i>
		<i>Trichoceroa</i> sp.
		<i>Keratella cochlearis</i>
		<i>Keratellatropica</i>
Phytoplankton	Phytoplankton	Phytoplankton
<i>Microcystis</i>	Chlorophycée	<i>Microcystis</i>
		<i>aeruginosa</i>
<i>Chrysophyta</i>	Diatomées	<i>Volvox</i> sp.
	Algues	<i>Eudornia</i> sp.
		<i>Ceratium</i> sp.
		<i>Spirogyra</i> sp.
		<i>Staurastrum</i> sp.
Insectes	Insectes	Insectes
Chironomidae	Larves	<i>Ephemeroptera</i>
Insectes terricoles		<i>Trichoptera</i>
Trichoptère		Chironomidae
Larves		<i>Thysanoptera</i>
Autres	Autres	
Alevins de	Alevins de	
<i>Limnothrissa</i>	<i>Stolothrissa</i>	
	Alevins de	
	<i>Limnothrissa</i>	

Tableau 2-1 Proies de *Limnothrissa miodon* aux lacs Kivu, Tanganyika et Kariba (in SPLIETHOFF & DE IONGH, 1980, NIMUBONA, 1979)

Lac Kivu	Lac Tanganyika	Lac Kariba
Zooplancton	Zooplancton	Zoolancton
Copépodes	Copépodes	Bosmina
		longirostris
<i>Nauplii</i>	<i>Atyidae</i>	<i>Mesocyclops</i>
		<i>leukarti</i>
<i>Rotatoria</i>		<i>Daphnia sp.</i>
<i>Ciliates</i>		<i>Ceriodaphnia dubia</i>
		<i>Trichoceroa sp.</i>
		<i>Keratella cochlearis</i>
		<i>Keratellatropica</i>
Phytoplankton	Phytoplankton	Phytoplankton
<i>Microcystis</i>	Chlorophycée	<i>Microcystis</i>
		<i>aeruginosa</i>
<i>Chrysophyta</i>	Diatomées	<i>Volvox sp.</i>
	Algues	<i>Eudornia sp.</i>
		<i>Ceratium sp.</i>
		<i>Spirogyra sp.</i>
		<i>Staurastrum sp.</i>
Insectes	Insectes	Insectes
Chironomidae	Larves	<i>Ephemeroptera</i>
Insectes terricoles		<i>Trichoptera</i>
Trichoptère		Chironomidae
Larves		<i>Thysanoptera</i>
Autres	Autres	
Alevins de	Alevins de	
<i>Limnothrissa</i>	<i>Stolothrissa</i>	
	Alevins de	
	<i>Limnothrissa</i>	

Selon DE IONGH et al (1983), *L.miodon* présente deux moments de nutrition: l'après-midi et le jour. Il se nourrit l'après-midi (vers 17h) et digère la nuit. La seconde nutrition commence à l'aube (vers 5h). *L.miodon* n'est pas très sélectif pour sa nourriture et s'en tient aux organismes entrant dans la composition du plancton des différentes zones.

2.5 REPRODUCTION

La reproduction de *L.miodon* a été étudiée par plusieurs auteurs (MATTHES, 1968; NDUGUMBI et al. (1976), MULIMBWA (1989) , MOREAU et al., 1991; SPLIETHOFF & DE IONGH, 1980, MAHY, 1981, REUSENS 1988; KANINGINI, 1994).

Tous ces auteurs reconnaissent que la reproduction de *L.miodon* s'étale sur toute l'année, même si certaines époques paraissent être caractérisées par un recrutement plus important.

Dans la partie Sud du lac Kivu, KANINGINI (1994) distingue trois à quatre pics de reproduction plus marquée, sans toutefois préciser les époques de l'année, étant donné la forte variabilité interannuelle.

Dans la partie Nord du lac Kivu, MAHY (1981), DE IONGH et al (1983) distinguent deux grandes périodes de reproduction (août-octobre; mars -mai). Au lac Tanganyika, les périodes maximales de fraie ont été observées à des époques différentes d'une zone à l'autre et d'inégale longueur (MAHY, 1979). Il s'agit de décembre-février (Tanzanie), mars-juillet (Burundi-Zambie), août-septembre (Tanzanie), septembre-janvier (Burundi-Zambie).

N'SIBULA & SHIRAKIHARA (1994) ont également constaté que la reproduction de *L.miodon* est continue pendant toute l'année. Toutefois, les valeurs élevées de RGS maximales ont été observées pendant la saison de pluie (entre novembre et mai). On n'a pas cependant observé une reproduction saisonnière claire.

La présence de larves, au lac Kivu, en zone côtière et à toutes les profondeurs au large exclut de conclure que la zone littorale constitue un site privilégié pour la reproduction (KANINGINI, 1994). MATTHES (1965-1966), pense que, au lac Tanganyika, *L.miodon* pourrait frayer dans les zones profondes .

La première maturité de *L.miodon* au lac Tanganyika est atteinte à 70-80 mm de longueur standard et à un âge d'environ 6 mois (MATTHES, 1968). Selon KANINGINI (1994) au lac Kivu , la maturité sexuelle de *L.miodon* est atteinte à 69 mm (longueur totale) chez les mâles à 73 mm (longueur totale) chez les femelles. A ce moment , ces poissons sont âgés de 5 mois. MAHY (1981) estime que, dans la partie Nord du lac Kivu, les jeunes de *L.miodon* deviennent sexuellement mûrs après 50 mm (longueur à la fourche) avec 100 % à maturité à 75 mm.

La taille de la reproduction n'est pas la même dans tous les milieux habités par *L.miodon*. Elle varie en fonction des ressources disponibles. *L.miodon*, comme d'ailleurs tous les clupéidés, est capable d'adapter sa biologie en fonction de la disponibilité alimentaire dans les milieux (MARSHALL, 1984).

Au lac Kivu , le sex ratio est de 0,62, soit environ un mâle pour deux femelles. Ce déséquilibre de rapport de sexes en faveur des femelles se manifeste pratiquement dans toutes les classes de taille (KANINGINI, 1994). Les observations faites au lac Tanganyika et dans la partie Nord du lac Kivu font état d'une prédominance des femelles dans les captures. Au lac Kariba , par contre, le rapport des sexes serait en situation d'équilibre (LANGERMAN, 1979).

A ce stade, rien ne permet de dire si ce rapport des sexes en faveur des femelles constituerait une caractéristique propre de *L.miodon*. Ce dernier a des moeurs grégaires . Les poissons se déplacent en banc homogène constitué d'individus de taille assez proche.

Au lac Kivu, *L.miodon* a une fécondité élevée. Une femelle de longueur totale de 121 mm au stade de maturité 4/4 peut pondre 51146 oeufs mûrs (KANINGINI, 1994). Sur base des observations de terrain, KANINGINI (1994) émet l'hypothèse d'une ponte fractionnée.

La croissance rapide, la maturation précoce, la fécondité élevée et la faible longévité de *L.miodon* sont les caractéristiques garantissant le renouvellement rapide de la population et la production de cette espèce.

2.6. CROISSANCE DE *L. miodon*

Notre objectif est de dresser une synthèse de certaines données disponibles sur la croissance de *L.miodon*. Nous nous intéresserons particulièrement à la relation Longueur-poids et aux paramètres de croissance de l'équation de Von Bertalanffy.

2.6.1 Relation Longueur-poids de *L. miodon*

La relation longueur-poids permet d'apprécier directement le type de croissance présenté par une population ou une partie de population de poisson. Elle est de type exponentielle représentée par :

$$P = aL^b \text{ (in SPARRE, 1989) où}$$

P= poids du poisson(g) ;

L= longueur du poisson(mm) ;

a et b sont des facteurs caractéristiques du milieu et de l'espèce ;

b peut prendre des valeurs comprises entre 2 et 4 (BAGENAL et TESCH, 1978).

Par transformation logarithmique, on obtient une relation de type linéaire :

$$\text{Log}P = \text{Log} a + b \text{Log}L$$

Tableau 2-2 : Paramètres a et b de *L.miodon* dans différents lacs africains (complété d'après KANINGINI, 1994)

Lac	Source	Unités		a	b	Observations
		Longueur	Poids			
Kivu	LAYS(1979)	Lf(mm)	g	0,000029	2,74	n=805
Kivu	MAHY(1981)	Lf(mm)	mg	0,000011	3,5(2,89à3,23)	40<Lf<80
Kivu	MAHY(1981)	Lf(mm)	mg	0,000032	2,7(2,11à3,42)	80<Lf<105
Kivu	MAHY(1981)	Lf(mm)	mg	0,0000036	3,2	Lf>105
Kivu	KANINGINI(1994)	Lt(mm)	g	0,62419	2,66	n=19665
Kivu	KANINGINI(1994)	Lt(mm)	g	0,03456	3,72	larves de Bwindi
Kivu	KANINGINI(1994)	Lt(mm)	g	0,09329	2,87	larves de Kalengera
Tanganyika	MATTHES(1975)	Lf(mm)	g	0,00001085	2,9811	65<Lf<145
Tanganyika	CAYRON(1979)	Lf(mm)	g	0,0000492	3,16	30<Lf<145(n=318)
Tanganyika	NIMUBONA(1979)	Lf(mm)	g	0,0000026	3,29	
Tanganyika	KIMURA(1991)	Lf(mm)	g	9,43E-10	6,252	Lf<25mm(n=25)
Tanganyika	KIMURA(1991)	Lf(mm)	g	0,00000368	3,232	Lf>25mm(n=152)
Tanganyika	MULIMBWA(1993)	Ls(mm)		3,99E-06	3,28	n=1116
Kariba	COCHRANE(1978)	Lf(cm)	g	0,02248	2,3682	in CAYRON(1979)
Kariba	MARSHALL(1987)	Lt(mm)		0,000012	2,863	
Kariba	FranciscoS.B.T,JR(1993)	Ls(cm)	g	0,0192	2,681	in KANINGINI(1994)

Le coefficient b représente la pente de la droite de régression. Il est souvent proche de 3. Il exprime la forme relative du corps d'un poisson. On parle de croissance isométrique lorsque b est égal à 3.

Dans ces conditions, la forme et la densité du poisson ne changent pas au cours de la croissance. Pour des valeurs de b supérieures ou inférieures à 3, on parle de croissance allométrique. Lorsque la taille augmente, le volume et, par conséquent, le poids augmente plus vite ou moins vite, proportionnellement au cube de la longueur.

Les résultats obtenus par différents auteurs sur l'étude de la relation Longueur- poids de *L.miodon* sont regroupés dans le tableau 2-2.

Ce tableau révèle que, aux lacs Kivu et Kariba, où ce poisson a été introduit, il semble moins adapté par rapport à son milieu d'origine, le lac Tanganyika. En effet, il présente, dans les milieux d'introduction, un coefficient de pente b inférieur à 3. En d'autres termes, à longueur totale égale, *L.miodon* présente des poids totaux différents et inférieurs aux poids rencontrés par ce poisson du lac Tanganyika. On constate donc des différences d'estimation. Cela reflète les différences des paramètres inhérentes aux conditions géographiques, variations annuelles ou réponses de croissance aux fluctuations de la population. La valeur de b varie d'une année à l'autre. Cette variation traduirait l'influence exercée différemment par le même milieu sur les catégories de taille considérée. Il est possible que la quantité et la qualité des proies consommées par catégories de taille puissent connaître des fluctuations au cours du temps. L'abondance ou la rareté des proies peut affecter mensuellement ou saisonnièrement les individus concernés.

Tableau 2-3 : Paramètres de croissance de *L.miodon* estimés d'après l'équation VON BERTALANFFY (complété in CIFA,1993; KANINGINI,1994)

Lac	Lieu et période	Loo(mm)	K(1/an)	t0(an)	Références	Observation
Tanganyika	Tanzanie 1974-75	159(175)	0,672		NDUGUMBI et al,1976(in MULIMBWA et SHIRAKIHARA,1994)	Loo=Ls; (Lf)
Tanganyika		175	0,0765		NDUGUMBI1976(cité par BAYONA &ROEST,1992)	
Tanganyika		151,9	0,14	0	NIMUBONA1979	Loo=Lf
Tanganyika	Zambie1963-85	150(165)	0,948		PEARCE,1985(in MULIMBWA et SHIRAKIHARA,1994)	
Tanganyika	Uvira1988	118	1,1		MAMBONA, B & FRYD,M,1992	
Tanganyika	Burundi1988	141	1,04		MAMBONA, B & FRYD,M,1992	
Tanganyika	1988	164	0,96		MUNYANDORERO1989	
Tanganyika	Uvira1989	126	1,22		MAMBONA, B & FRYD,M,1992	
Tanganyika	Burundi,1989	148,2	1,19		MAMBONA, B & FRYD,M,1992	Loo=Ls
Tanganyika	Zaire1987-89	135	1,152		MULIMBWA&SHIRAKIHARA,1994	
Tanganyika	1989	160,5	1,15		MAMBONA, B & FRYD,M,1992	
Tanganyika	1989	172	1,31		MAMBONA, B & FRYD,M,1992	
Tanganyika	Uvira 1990	126	1		MAMBONA, B & FRYD,M,1992	
	Burundi 1990	141	1,29		MAMBONA, B & FRYD,M,1992	
Kivu		149	1,3	-0,14	MANNINI 1990	
Kivu		154	1,31	-0,14	MANNINI 1990	
Kivu		138	1,32	-0,15	MANNINI 1990	
Kivu		144	1,28	-0,15	MANNINI 1990	Loo=Lf
Kivu		145	1,2		MANNINI,1991	
Kivu	Bukavu 1987-1989	170,4	1,2	-0,08	KANINGINI,1994	
Kivu		150	1,45		MARSHALL1993	
Kariba		74,2	3,05		MARSHALL1987	
Kariba		15	14	-1,64	MTSAMBIWA,1992	Loo pour les larves
Cahora Bassa		70	5,4		MARSHALL1987	

2.6.2 Paramètres de croissance de *L.miodon* estimés par l'équation de VON BERTALANFFY.

Le modèle de Von Bertalanffy permet de décrire de manière satisfaisante la croissance de nombreuses espèces de poissons (SPARRE et al, 1989). Il exprime la longueur totale (L_t) du poisson comme une fonction de son âge selon l'équation suivante:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

où:

- L_t = longueur totale (mm)
- L_∞ = longueur asymptotique (mm) ou longueur maximale théorique atteinte par le poisson
- K = coefficient de croissance, paramètre décrivant la forme de la courbe, c'est-à-dire la vitesse avec laquelle le poisson se rapproche de la taille maximale L_∞
- t_0 = âge théorique correspondant à une longueur nulle.

Biologiquement, ce paramètre n'a pas de sens, puisque la croissance commence au moment où le poisson éclot (DE MERONA et al, 1988, SPARRE et al, 1989).

Le tableau 2-3 résume le résultat des paramètres de croissance de *L.miodon*.

L'analyse de ce tableau montre que les paramètres de croissance de *L.miodon* varient fortement dans les 4 lacs. La différence alimentaire serait le facteur principal responsable (KANINGINI, 1994).

La valeur de L_∞ dans l'étude de N'SIBULA et SHIRAKIHARA (1994) semble être plus faible que chez d'autres auteurs. Ils expliquent cela par le fait que l'échantillonnage s'est fait plus dans la zone pélagique, alors que *L.miodon* tend à occuper aussi la zone littorale.

Selon NDUGUMBI, VANWEIL & CHAPMAN (1976, in KANINGINI, 1994), le taux de croissance de *L.miodon* est linéaire pendant les 9 premiers mois de vie au lac Tanganyika. Les taux de croissance mensuels varient autour de 1 cm .

Plusieurs auteurs , MATTHES, (1965-66), MANNINI(1990) , MARSHALL (1993) estiment que la plupart des individus de la population de *L.miodon* ne dépassent pas 1 an de vie. D'où la faible représentation des poissons de taille supérieure à 120 mm, conséquence de la faible longévité de cette espèce.

2.7 METHODES D'ETUDE DE LA CROISSANCE DES POISSONS

2.7.1 Généralités

Le terme de croissance de poisson est ambigu, car il recouvre un certain nombre de concepts différents depuis l'analyse des processus cellulaires jusqu'à l'étude de la croissance des populations (MERONA, HECHT, MOREAU,1988). Il faut donc distinguer la croissance individuelle de celle de populations. La première concerne les variations des dimensions des organismes (taille, poids), alors que la seconde représente l'augmentation en nombre d'une population (MICHA, 1994).

Les études de croissance sont utiles en vue d'analyser la structure et la dynamique des populations, d'évaluer la mortalité naturelle et d'estimer la production. Pour beaucoup d'ichtyologistes, l'objectif est dans ce cas de faire une description de la croissance moyenne pour l'ensemble des individus d'une population (MOREAU & al, 1988).

Dans les paragraphes suivants, nous voulons rappeler sommairement les principales méthodes d'étude de croissance de poissons.

2.7.2 Méthodes d'estimation de la croissance

Les principales méthodes d'étude de la croissance sont :

- la méthode de Petersen,
- la méthode de rétrocalcul
- la méthode de marquage- recapture

2.7.2.1 La méthode de Petersen ou analyse des structures de tailles ou des progressions modales

(PHILIPPART, 1972, MICHA, 1994, SPARRE 1989)

Elle est la première appliquée dans l'art de la détermination de l'âge redécouverte vers la fin du 19ème siècle (RICKER, 1980). La méthode consiste à analyser les distributions de fréquence de taille d'une espèce. Il s'agit, en fait, de suivre le déplacement de taille modale de chaque groupe d'âge.

Cette méthode implique des mesures individuelles d'un grand nombre de poissons d'une population, afin de calculer des moyennes représentatives et avoir une distribution unimodale de fréquence de taille des poissons et que les groupes d'âge adjacents présentent des classes de taille séparées.

Divers logiciels ont récemment été mis au point pour l'analyse de ce type de données. Il s'agit notamment des programmes ELEFAN (Electronic Length Frequencies analysis de BREY, SORANO et PAULY (1988) et du logiciel MIX ou MAC DONALD et GREEN (in SPARRE, 1989; PLISNIER, 1990).

La méthode de Petersen n'échappe pas à des critiques, à la suite des faiblesses suivantes :

- Elle ne renseigne jamais sur la croissance individuelle des poissons

- Elle est applicable facilement à des poissons à reproduction saisonnière. Ce qui n'est pas habituellement le cas pour les poissons tropicaux où la période de reproduction s'étale sur presque toute l'année.

Il importe donc de vérifier dans la mesure du possible les résultats obtenus par l'analyse de progression modale par une autre méthode d'étude de la croissance : par exemple le rétrocalcul.

2.7.2.2 Méthode de rétrocalcul

Mise au point par le biologiste norvégien LEA, la méthode consiste à interpréter des anneaux de croissance sur les pièces osseuses (écailles, opercules, otolithes, vertèbres). Elle se base sur la relation existante définie entre la croissance en longueur d'un poisson et la croissance de ses pièces osseuses. Elle permet donc de reconstituer l'histoire de la croissance individuelle de chaque poisson en calculant la taille qu'il avait au moment de l'apparition des "annuli" successifs. L'observation du nombre de marques permet d'attribuer un âge au poisson. En plus donc de révéler l'âge du poisson, les marques observées sur les pièces osseuses servent régulièrement au calcul des longueurs (RICKER,1980).

Dans notre travail, nous nous intéresserons essentiellement à la scalimétrie et à l'otolithométrie. Nous développerons, dans les grandes lignes, les principes et la méthodologie, et nous examinerons les problèmes liés au recours de ces méthodes en vue de déterminer l'âge des poissons.

2.7.2.2 .1 LA SCALIMETRIE

Selon RICKER (1980), pour traduire l'âge, les écailles furent, pour la première fois, utilisées par Hoffbauer (1898), les otolithes par Reibisch(1899).

La scalimétrie se fonde sur l'existence d'une relation définie entre la croissance en longueur d'un poisson et la croissance de ses écailles.

Avant d'aborder la méthodologie, rappelons d'abord la morphologie d'écailles de *L.miodon*.

2.7.2.2 .1.1 Morphologie d'écaille de *Limnothrissa miodon*

La description morphologique d'écaille de ce poisson a été faite par BALON (1974, in KANINGINI (1994). Elle peut se résumer en ces termes:

- écaille type cyclo•de, mince et légèrement allongée suivant le plan antéro-postérieur
- ornement des parties latérales et antérieures des écailles par des stries curvilignes à orientation latérale. Ces structures circulaires, dépôts de calcaire, sont appelées circuli ou sclérites (SYCH, 1971, in MUGHANDA, 1989)
- nucleus , peu apparent
- absence de stries dans le champ postérieur
- présence de deux types de stries coexistantes ou non. Un groupe d'écailles est constitué de crêtes curvilignes régulières et fines à orientation latérale arquée. Un autre groupe formé de stries moins régulières plus robustes, moins denses et constituées de segments discontinus et pertubés.

Selon BRUTON & ALLANSON (1974, in MUGHANDA, 1989), il arrive que, à la suite d'un ralentissement ou, au contraire, d'une accélération de la croissance du poisson, il se forme sur l'écaille une zone plus claire ou opaque. On parle alors d'anneau ou annulus. L'anneau de croissance, formé soit par agrandissement de l'espace inter-circuli, soit par leur rapprochement, doit parcourir tout le champ antérieur de l'écaille.

2.7.2.2 .1.2. Détermination de l'âge à partir d'écailles

La détermination de l'âge du poisson est basée sur la relation corps-écaille. Si la relation est linéaire, c'est que la croissance de l'écaille est directement proportionnelle à celle du corps. C'est le cas du poisson à croissance isométrique.

La longueur de poisson est donnée par la formule de LEE (1920 in BAGENAL & TESCH, 1978, MICHA, 1994, PHILIPPART, 1972) lorsque la relation Corps-Ecaille est de type : $L = a + bR$:

$$L_t = a + \frac{S_n}{S} * (L_t - a) \text{ dans laquelle :}$$

- L_{tn} est la taille (en mm) du poisson à la formation de l'annulus;
- a est l'ordonnée à l'origine (intercept) de la relation taille du poisson - rayon antérieur de l'écaille ; coefficient de correction pour non proportionnalité directe de la relation Corps-Ecaille
- S_n : rayon antérieur (mm) de l'écaille jusqu'à l'annulus;
- S : rayon antérieur (mm) de l'écaille de poisson à la capture, c'est-à-dire jusqu'au bord;
- L_t : taille du poisson à la capture.

Cette relation tient beaucoup compte de la variabilité individuelle de chaque poisson.

De BONT (1967) énumère un certain nombre de conditions à remplir pour qu'une étude de la croissance à partir des écailles soit correcte, telles que :

- le nombre d'annuli observés sur l'écaille doit être le même pour les poissons du même âge ;
- l'accroissement de la taille des écailles doit être proportionnel à celui de la taille individuelle des poissons ;
- le rapport entre l'accroissement annuel de la taille du poisson et celui de l'écaille doit être constant ;
- l'anneau de croissance doit être formé régulièrement, soit annuellement, soit à la même période au cours de l'année. Cette condition est, de loin, la plus importante. Sinon, il n'est pas possible de situer les annuli dans le temps et, donc, d'attribuer un âge aux poissons.

2.7.2.2.1.3 Facteurs responsables de la formation des marques

Les facteurs souvent cités comme responsables de la formation de marque sont principalement :

- la basse température de l'eau : la technique d'analyse des marques sur les pièces dures de poissons est courante dans les milieux tempérés. En effet, pendant la saison froide, les poissons voient leur activité métabolique diminuer et se maintenir à un niveau d'entretien minimal. La hausse de la température au printemps active les réactions métaboliques et entraîne ainsi une reprise de croissance accélérée qui provoque sur l'écaille la formation de marques. Cette explication est généralement insuffisante pour les régions tropicales, dans la mesure où les écarts de température sont faibles.

Néanmoins, certaines variations saisonnières, telles que les saisons des pluies et sèche, suffisent parfois pour provoquer la formation d'une marque annuelle ou bisannuelle (OKEDI, 1969, in PLISNIER, 1990; De BONT, 1967). Souvent, dans ces milieux, il est observé des arrêts de croissance ne coïncidant pas avec les mois les plus froids. On y observe des marques parfois pendant les mois les plus chauds qui correspondent au niveau d'eau les plus bas (MOREAU & al. 1988).

- la formation des marques liées à la reproduction (MOREAU et & al., 1988) ou à un stress particulier (PLISNIER, 1990).

Les facteurs associés à l'arrêt de croissance et à la formation des marques sont reliés à l'activité alimentaire (MOREAU et al., 1988; DE BONT, 1967). Les variations de température provoquent des changements dans le potentiel alimentaire du milieu. Dans l'étude de *O. niloticus*, MOREAU (1988) constate que la proportion de phytoplancton ingérée passe par un minimum pendant les périodes d'arrêt de croissance. L'auteur émet l'hypothèse d'un ensemble de facteurs, tels que la diminution de l'ensoleillement, l'augmentation de la turbidité du fait du lessivage des sols par les premières pluies

orageuses du lac et, par voie de conséquence, de ressources alimentaires disponibles pour les poissons.

Les facteurs potentiels responsables des arrêts de croissance et de la formation des marques peuvent agir conjointement. Il faut donc se garder de considérer hâtivement un des facteurs comme cause unique de l'arrêt de croissance. En effet, beaucoup de phénomènes, climatiques, hydrologiques ou même biologique sont étroitement liés. La périodicité des marques peut donc s'expliquer par les effets des conditions hydrologiques, de température ou de la reproduction (MOREAU et al., 1988).

2.7.2.2.1.4 Problèmes d'interprétation des marques

Le premier problème qui se pose est celui de la périodicité de la formation des marques. Dans les régions tempérées, les marques sont annuelles, répétitives, de lecture aisée généralement, car les poissons subissent un arrêt de croissance en hiver. La reprise de croissance correspond à la période de formation de la marque intervenant lorsque la température augmente. Il n'est pas de même dans les milieux tropicaux où les variations de température sont beaucoup plus discrètes. MOREAU et al. (1988) citent beaucoup d'exemples où les auteurs relèvent 2 marques annuelles dans les groupes de poissons africains.

Le problème de caractère incertain de la périodicité des marques sur écailles, c'est-à-dire les difficultés pour interpréter les marques qui existent pourtant toujours sur les pièces osseuses, mais dont le dépôt ne semble pas se faire suivant une périodicité constante. La détermination précise de la périodicité des marques apparaît donc comme le préalable indispensable à toute étude, et susceptible de fournir ensuite une interprétation possible.

Il peut exister des ralentissements et accélérations de croissance qui ne se traduisent pas par une marque sur les écailles.

La validité d'estimation de l'âge de poissons par scalimétrie se heurte au problème de la surestimation ou de la sous-estimation de

l'âge à la suite de la formation de faux annuli dus à une modification brusque des conditions d'environnement (température, changement de milieu, perturbations internes du poisson comme la maturation sexuelle, le régime alimentaire, la maladie, la blessure) (WALLIN, 1967; VAN OSEN, 1957, in PHILIPPART, 1970; DE BONT, 1967, BAGENAL & TESCH, 1978).

Les faux annuli peuvent se différencier par l'irrégularité, la discontinuité et la disposition concentrique rares, l'apparition sur nombre limité d'écailles dans le lot d'échantillons d'écailles observées. La sous-estimation de l'âge des poissons peut être due à un comptage erroné d'annuli, si ceux-ci sont très rapprochés, une lecture sur des écailles régénérées de façon anarchique, car dépourvues de circuli et de radii (VAN STEN, 1957 in PHILIPPART, 1970), un décalage difficile du 1er annulus de poisson à croissance lente, un manque de formation d'annulus.

2.7.2.2 .2 L'OTOLITHOMETRIE

2.7.2.2.1 Définition

La méthode consiste en la détermination de l'âge des poissons à partir des microstries de l'otolithe, pièce dure calcaire de l'oreille interne des poissons téléostéens. PANNELLA (1971, in MOKSNESS et al., 1989) rapporte que le nombre de dépôts primaires se fait quotidiennement. Depuis lors, les otolithes sont utilisés pour estimer l'âge journalier et la croissance de poissons. L'otolithe donne l'âge des larves en jour, et le taux journalier de croissance (MOKSNESS, 1992).

2.7.2.2.2 Morphologie d'un otolithe

L'otolithe est une large concrétion formée de CaCO_3 ou aragonite dans le labyrinthe de la cavité crânienne. Dans les poissons téléostéens, il ya trois paires d'otolithes : lapillus, asteriscus et sagita. La dernière paire, pour sa taille et sa visibilité de zone de

marque , est utilisée pour les études de l'âge et de la croissance (DRAGANIK & RUCZYNSK, 1993, De BONT, 1967).

L'otolithe n'a pas la même forme chez tous les poissons. Pour les individus d'une même espèce, elle varie suivant la taille . L'otolithe, la sagita, de larves de *L. miodon* répondent en gros aux caractéristiques décrites par DRAGANIK & KUCZYNSKI (1993) et KANINGINI (1994).

Cet otolithe est de forme ovo-circulaire . Le nucleus est légèrement excentrique et se positionne dans le champ postérieur. La structure interne est constituée de microstries concentriques au focus. Ces stries se présentent comme une succession de bandes sombres qui alternent avec des zones claires.

2.7.2.2.3 Détermination de l'âge à partir d'otolithe

La relation entre l'otolithe et la taille du poisson peut être utilisée en vue de déterminer le taux de croissance individuelle par la mise en évidence des structures élémentaires supposées journalières de l'otolithe. L'étude de l'âge des poissons se fait au moyen de l'observation des microstries (RUZICK, 1992) à partir :

- soit du comptage exhaustif de ces microstructures , c'est la détermination de l'âge absolu d'un individu
- soit de la mesure de la densité des microstries supposées journalières pour diverses zones situées entre le nucleus et le bord marginal de l'otolithe où la largeur des dépôts intrazones est supposée constante. On divise le rayon de l'otolithe en n intervalles de taille constante C . Pour chacun de ces intervalles , une densité moyenne est calculée. Ainsi, pour un intervalle i ($1 \leq i \leq n$), le nombre de microstries est $N_i = D_i C$. Le nombre de microstries, donc l'âge du poisson, est obtenu par la sommation des N_i (Ral 1976 & 1985 RALTON & WILLIAMS 1976 & 1985 in BACH & CHAUVELON, 1994).

L'estimation de l'âge par observation des microstries nécessite certaines conditions, dont l'identification facile des microstries depuis le nucleus jusqu'au bord de l'otolithe, la supposition de la diminution de la largeur des microstries en fonction de l'âge qui résulte de la croissance.

2.7.2.3 Méthode de marquage-recapture

Elle est appliquée lorsque les deux méthodes précédentes sont inadéquates. En d'autres termes, on recourt à cette technique, lorsque les structures de taille ne sont pas interprétables et que les marques sont irrégulières ou inexistantes.

Les méthodes de marquage-recapture ne peuvent être appliquées à *L. miodon*, cette espèce étant très fragile et, par conséquent, irrésistible aux manipulations de marquage (KANINGINI, 1994).



Photo 1 : Chargement de la cage par des larves de *L. miodon* au lac Kivu

CHAPITRE 3

Matériel et méthodes

3.1 Collecte de données

3.1.1 Site d'échantillonnage

Tous les échantillons étudiés ont été prélevés dans le bassin de Bukavu. Trois zones de pêche ont été choisies: deux côtières (La Pirogue et Bwindi) et l'autre pélagique (CSB: Cercle Sportif de Bukavu) à raison de leur proximité de la pêcherie du Projet FUCID (Fondation Universitaire pour la Coopération Internationale au Développement)-CERUKI (Centre de Recherches Universitaires du Kivu) de Biologie et Pêche de *L.miodon* au lac Kivu. La configuration topographique entre les deux sites distants d'environ 2 Km de l'autre n'est pas très différente (fig 1-2). Le site de Bwindi se situe à environ 5 m de l'exutoire de la rivière du même nom dans le lac. Il est distant d'environ 6 Km de la pêcherie. Il semble favorable aux larves de *L.miodon* , car leur pêche est possible tout au long de l'année.

La pêche des poissons adultes s'est effectuée à La PIROGUE et au CSB, tandis que les larves ont été capturées à Bwindi et ramenées dans des bacs plastics par pirogue motorisée pour être placées en cage et en aquarium à la pêcherie au CSB (Photo1)

3.1.2 Techniques de pêche

Les poissons étudiés par scalimétrie ont été capturés par la technique de pêche aux filets maillants .

Les caractéristiques des filets maillants à nylon monofilament utilisés sont les suivantes :

- Longueur : 105 m , 50 m
- Hauteur : 7,5 m ; 7 m
- Dimension des mailles à l'entre-noeud : 11 mm , 10 mm

La ralingue supérieure est maintenue à environ 1,5 m en dessous de la surface de l'eau grâce à des flotteurs en tige des bambous . Les filets sont relevés après environ deux heures d'immersion.

Après relevage, les pêcheurs sont tenus de ramener les poissons à la pêcherie où se fait le travail de démaillage .

Les larves élevées en aquarium et cage ainsi que les juvéniles ont été pêchés au rivage à Bwindi par senne de plage.

Le principe de la capture consiste à entourer une surface d'eau par un filet de grande dimension horizontale muni d'une poche de tuile moustiquaire de 1 mm de maille de côté placé au centre de l'engin par deux filins fixés à ses extrémités , servant à la fois au halage et au rabattement du poisson (NEDELEC, 1982)

3.1.3 Calendrier d'échantillonnage

3.1.3.1. Etude scalimétrique

Des échantillons ont été prélevés à intervalles réguliers pendant six mois (décembre 1993- mai 1994). Tous les vendredis, entre 3h et 4h , les pêcheurs vont placer deux filets, respectivement en zones côtière et pélagique .

Tableau 3-1 Calendrier d'échantillonnage de larves de *L.miodon* du lac Kivu gardées en aquarium et cage

Date	Durée de séjour en captivité(j)	Nombre d'individus sacrifiés	milieu	otolithes utilisés
30/11/93	0	20	lac	13
10/12/93	10	10	aquarium	7
20/12/93	20	10	aquarium	9
18/02/94	0	51	lac	-
5/03/94	15	19	cage	6
20/03/94	30	15	aquarium	10
19/07/94	0	10	lac	-
26/07/94	7	3	cage	3
3/08/94	15	10	cage	4

L'objectif fixé étant d'étudier la variation sexuelle éventuelle de *L.miodon*, le même nombre de poissons pour chaque sexe était étudié par mois, soit 16 individus mâles et 16 individus femelles par classe de taille.

3.1.3.2 Etude otolithométrique

Elle porte sur les larves de *L.miodon* gardées en captivité en aquarium et cage. La capacité de l'aquarium est de $0,605 \text{ m}^3$ (1,84 m x 0,45 m x 0,6 m). Au début de l'étude, la cage d'une contenance de $1,5 \text{ m}^3$ a été construite en tamis de fils métalliques. A la suite de l'oxydation rapide de ce matériel, cette procédure a été abandonnée. Les fils métalliques ont été remplacés par des tissus moustiquaires en nylon de 1mm de maille de côté. La cage était placée au lac à environ 10 mètres du rivage au CSB. Elle était maintenue flottante grâce à 6 bidons vides en plastic. La cage métallique, quant à elle, était fixée par des cordelettes à des piliers (photo 1).

Les larves gardées en aquarium n'étaient pas nourries, mais l'aquarium était vidé au 1/6 après 48 heures. La quantité d'eau vidée était remplacée par une nouvelle eau puisée du lac. L'oxygénation de l'aquarium était assurée par un orifice dans le couvercle et le jet d'eau des gouttes d'eau sortant de la pompe à filtre.

Les individus sacrifiés pour étude étaient prélevés de la cage ou de l'aquarium par petit filet à plancton. Le calendrier d'échantillonnage est résumé par le tableau 3-1

3.2 Examen et mesure des poissons

3.2.1 Travail de terrain

Après le travail de démaillage des filets par les pêcheurs, 2 Kg pour la pêche pélagique et côtière étaient pesés, à l'aide des pesons à ressort de marque pesola d'une précision 0,1Kg et gardés au froid (bac glacière) et amenés au laboratoire du Projet Biologie et Pêche CERUKI-ISP Bukavu. Cette quantité de poissons permettait d'avoir quatre poissons par classe taille fixée /sexe.

3.2.2 Traitement des poissons ramenés au laboratoire

3.2.2.1 Mensurations

L'observation par KANINGINI (1994) des marques de croissance sur des écailles de *L.miodon* de taille supérieure ou égale à 100 mm nous a amené à focaliser notre échantillonnage sur des poissons de ces tailles .

Cependant, 89 individus de taille 40-99 mm ont été pris dans le but de permettre une bonne estimation de la relation entre la longueur de poisson et celle des écailles. En effet , selon SPARRE (1989), lors de la récolte d'échantillons, il est important d'inclure quelques petits et grands poissons, afin d'éviter de ne pas savoir attribuer l'âge à un poisson par manque de représentation de classe de taille.

Mensuellement, au total 16 individus mâles et 16 individus femelles étaient étudiés par classe de taille, sauf pour la classe de taille 130-139 mm rare dans les captures.

TABLEAU 3-2 : Détermination de maturité de *L.miodon* (MICHA, 1976, PLISNIER et al., 1988 in KANINGINI, 1994)

Stade	Mâles	Femelles
i	Gonades de petites dimensions, accolées à la colonne vertébrale Sexe non reconnaissable au binoculaire au x40	Gonades de petites dimensions, accolées à la colonne vertébrale Sexe non reconnaissable au binoculaire au x40
1 / 4	Gonades transparentes à l'observation	Gonades transparentes à l'observation Ovocytes discernables au binoculaire (x 10 ou x 40)
2 / 4	Les testicules sont rose-rougeâtres ou rose-blanchâtres	Les ovaires sont rosâtres, rose-clairs ou rougeâtres d'aspect granuleux Ovocytes bien visibles mais non discernables
3 / 4	Testicules blanchâtres ou rose-blanchâtres et bien développés avec des pointes de laitance	Ovaires jaunâtres , rose-jaunâtres ou jaune-blanchâtres Ovules bien visibles et dissociables
4 / 4	Testicules blancs. Laitance expulsable par pression des doigts sur l'abdomen. Spermiducte gorgé de laitance	Ovaires jaunes, jaune-orangé ou jaune citron. Présence d'ovules engagés dans oviducte
5 / 4	Testicules rose-pâle, flasques et vidés de sperme	Ovaires rose mat, rouge-brique ou rose -brique. Ils sont vidés , flasques et présentent par endroit parfois de petites granulations blanchâtres.

Diverses mesures et observations ont été faites sur chaque poisson:

- **la longueur totale (LT)** est la distance horizontale de l'extrémité antérieure du museau à l'extrémité du plus grand lobe de la nageoire caudale, les deux lobes étant ramenés et superposés, c'est-à-dire la longueur maximale du poisson (THYS, 1968, in MICHA & al., 1988). Les longueurs sont exprimées en mm, on les mesure en déposant le poisson sur une planchette avec butoir terminal contre lequel l'extrémité antérieure du museau de poisson est accolée. La mesure se fait grâce à une latte en acier permettant une lecture en mm.

- **Le Poids total (PT)** est mesuré à l'aide d'une balance de marque OHAUS, permettant une précision jusqu'au millième de gramme. Le poisson est pesé frais avant toute dissection éventuelle.

- **Le sexe** est déterminé après dissection et examen des gonades.

- **Le stade de maturité (M)** est estimé après dissection par l'examen des ovaires ou des testicules. L'échelle utilisée est l'échelle conventionnelle (tableau 3-2) de degré de maturité légèrement modifiée d'après DE KIMPE (MICHA, 1976; PLISNIER et al., 1988, in KANINGINI, 1994)

Après mensuration, les larves ont été séchées au soleil et emballées dans des piluliers étiquetés et conservés pour extraction ultérieure des otolithes au laboratoire de l'Unité d'Ecologie des Eaux douces à Namur.

3.2.2.2 Age et croissance

3.2.2.2.1 Prélèvement et montage des écailles

La technique de prélèvement est celle préconisée par la F.A.O. (HOLDEN & RAITT, 1974 in MUGHANDA, 1989). Un prélèvement à l'aide des pinces est effectué sur le flanc gauche du poisson à la base antérieure de la nageoire dorsale et au-dessus de la bande latérale sur les cinq premières rangées. Les écailles sont prises dans une même région et sur la même rangée pour chaque poisson. Cela donne une très faible variation d'écailles de longueur donnée. Cinq des écailles prélevées de forme régulière sont montées entre lames porte-objet réunis par scotch et bien étiquetées. Ce nombre élevé d'écailles est requis (BAGENAL & TESCH, 1978) pour identifier les marques annuelles, car il existe des différences de taille et de morphologie entre les écailles. En plus, une marque qui apparaît douteuse sur une écaille peut être claire sur d'autres. Les préparations des lames ont été gardées pour lecture, nécessaire à la détermination de l'âge et de la croissance.

3.2.2.2 Détermination de l'âge et de la croissance

3.2.2.2 .1 Scalimétrie

La détermination de l'âge se base sur la disposition régulière des marques ou anneaux de croissance ou annulus. Pour éviter l'ambiguïté de langage, il est nécessaire de définir le terme annulus.

La définition originelle de TAYLOR (1914) et complétée par OMBREDANE & BAGLINIERE (1992, in NOISET, 1994) est la suivante:

L'annulus correspond au bord externe d'une zone à circuli rapprochés (...); l'annulus peut être considéré comme la partie centrale de la zone à croissance lente ou l'ensemble de cette zone".

Cette dernière spécification est importante pour les espèces des régions tropicales où, généralement, la croissance se ralentit durant certaines périodes de l'année (circuli rapprochés), mais ne s'arrête pas (NOISET, 1994).

Le comptage d'annuli nous a permis d'estimer l'âge des poissons. L'âge est fixé au nombre d'annuli vrais comptés. La reconnaissance de l'annulus se fonde sur le fait que l'anneau doit parcourir tous les champs de l'écaille et se retrouvent sur toutes les cinq écailles montées.

Pour ce faire, l'appareil utilisé est un projecteur de profil 6 C NIKON au grossissement x 50 de l'UNECED. La lecture se fait dans le bord (champ) antérieur de l'écaille.

Un poisson ne présentant aucune marque annuelle est qualifié de 0+. Si la 1ère marque est dépassée, il est qualifié de 1+. Deux marques annuelles apparentes correspondent à un poisson de classe d'âge 2+ (in MICHA, 1994).

Parallèlement à cette estimation de l'âge, une étude de la croissance a été entreprise. Elle a nécessité les mesures entre le centre géométrique de l'écaille et les différents annuli, de la longueur (rayon) antérieure de l'écaille. Comme le nucleus de l'écaille de *L.miodon* n'est pas très apparent, le centre de l'écaille est pris comme point de repère à la place du foyer (KANINGINI, 1994).

Toutes les mesures ont été effectuées sur le rayon antérieur de l'écaille. La figure 3-1 indique aussi les mesures que nous avons effectuées sur les écailles observées.

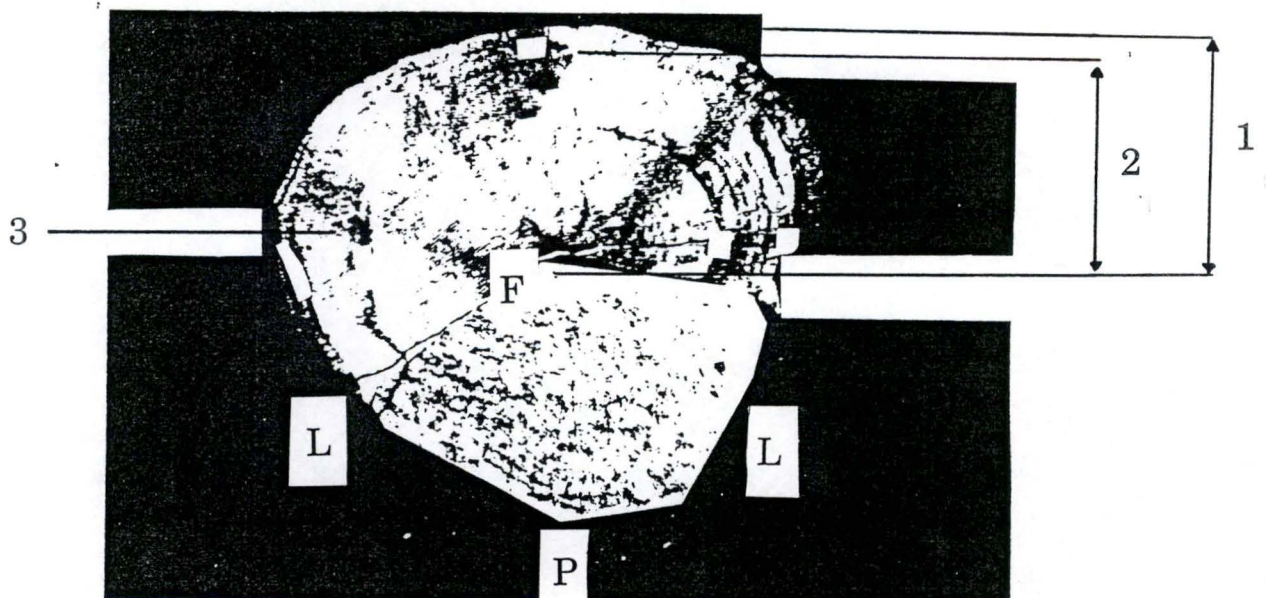


Figure 3-1 : Différentes mensurations effectuées sur les écailles de *L. miodon*

- 1 = rayon intérieur de l'écaille
- 2 = distance foyer-marque de croissance
- 3 = circuli
- L = champs latéraux de l'écaille
- P = champ postérieur de l'écaille
- F = foyer

3.2.2.2.2 Méthodes otolithométriques

Le spécimen a été rehydraté dans quelques gouttes d'eau distillée. Ceci permet de procéder à une entaille à l'aide d'aiguilles ou des pinces à pointes très fines à l'extraction de la paire d'otolithes sagita. Transparente, celle-ci est apparente dans la boîte crânienne inférieure d'où on la retire au moyen des pointes d'aiguilles. On nettoie les sagita dans l'eau distillée et l'alcool pour les débarrasser de la partie charnue qui les recouvre. Il faut noter que l'incision casse certains otolithes (sagita). Ce qui réduit le nombre de spécimens analysés.

Les otolithes soigneusement nettoyés et séchés subissent une déshydratation accélérée par chauffage sur réchaud avant inclusion dans une résine transparente sur lame porte-objet. L'observation de certains échantillons a nécessité le polissage et le meulage. Pour ce faire, le polissage a été fait sur papier carborandum n° 1200L. Le meulage a été réalisé au moyen d'une crème d'aluminium (micropolishII Alumina-0,3 micron- n°40-6363-006 de Buehler Ltd) sur un tissu de polissage (microcloth polishing de Buehler Ltd n° 40-7218). L'opération est réalisée sous contrôle d'un binoculaire NIKON TYPE 102 (grossissement 8 x35), afin de passer au centre de l'otolithe. On obtient ainsi une coupe sagittale comprenant le centre de l'otolithe (in NOISET, 1994, KANINGINI, 1994)

La lecture ou le comptage des microincrements, appelés aussi microstries, ou des accroissements supposés journaliers, a été effectuée au grossissement x400 du microscope optique Leitz de l'UNECED. La microscopie optique est particulièrement adaptée pour l'examen d'otolithes au stade larvaire pour des raisons suivantes (NOISET, 1994, KANINGINI, 1994, MORALES-NIN, 1995) :

- les microstries sont bien individualisés
- la préparation des échantillons est rapide

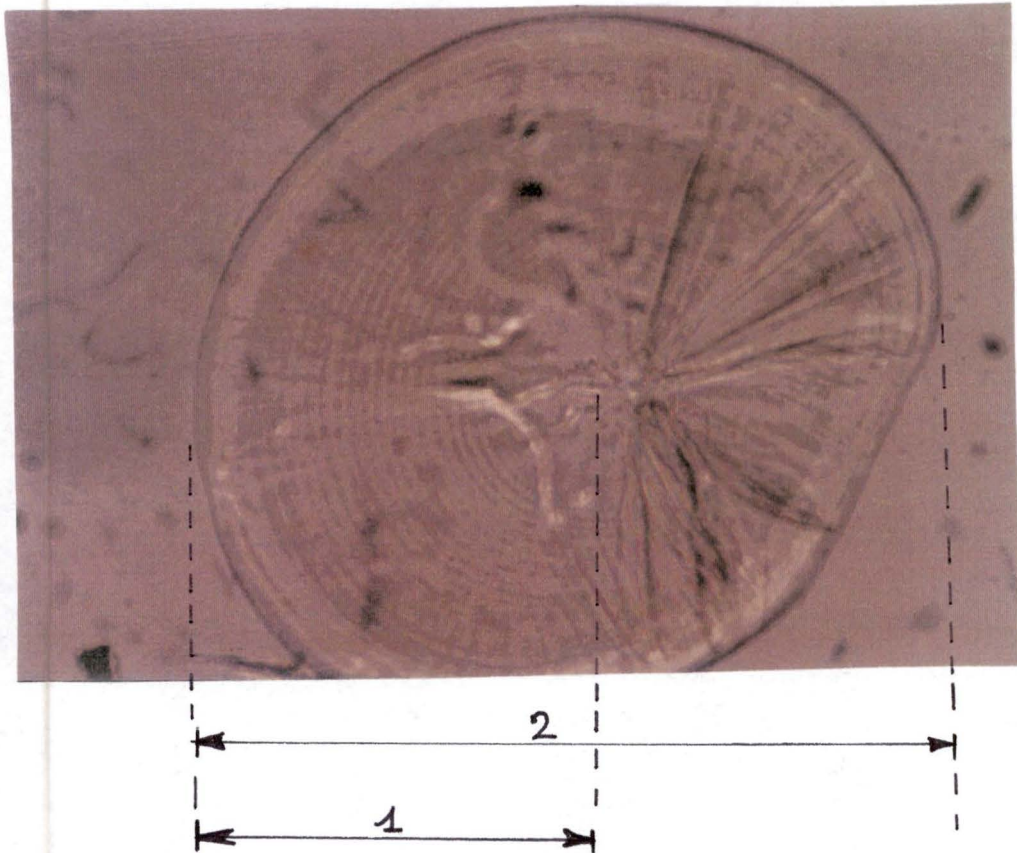


Figure 3-2 : Différentes mensurations effectuées sur les otolithes de *L. miodon*

1 = distance nucleus-bord de l'otolithe

2 = longueur de l'otolithe

Bien que la reconnaissance des microstructures soit limitée , on préfère la MO à la microscopie électronique (ME) à cause des exigences et du coût onéreux de cette dernière inadaptée aux réalités de terrain.

Le comptage se fait suivant l'axe le plus long nucleus-bord d'otolithes rigoureusement constant. L'usage des graduations du micromètre incorporé au MO rend aisée la délimitation d'intervalles lors du comptage pour tous les échantillons. Toutefois, la lecture n'est pas toujours aisée surtout au niveau des zones marginales. Pour certains specimen, la lecture est facile sur les 2/3 de l'axe choisi. Devant cette difficulté, nous avons opté pour la méthode utilisée par MIRANDA (1994). Elle consiste à mesurer ces zones où les stries sont invisibles . Le nombre de stries est extrapolé en prenant le nombre d'accroissements de la partie égale où la zone est visible.

Pour chaque specimen, trois lectures différentes ont été faites. Le nombre moyen obtenu a été retenu comme nombre de microstries de la larve.

La longueur de chaque otolithe a été mesurée grâce au micromètre incorporé au MO en vue d'établir la relation entre la longueur de chaque larve et celle de l'otolithe (MERAYO & VILLEGAS, 1994).

La figure 3-2 montre les différentes mesures effectuées sur otolithe.

3.3 MODELISATION ET PARAMETRES DE CROISSANCE

Les indices de croissance utilisés sont la vitesse instantanée de croissance linéaire et les constantes de WALFORD. La vitesse instantanée de croissance linéaire G est donnée par la formule suivante :

$$G = \frac{\ln L_n - \ln L_{(n-1)}}{t} \quad (\text{RICKER, 1980})$$

$\ln L_n$ et $\ln L_{n-1}$ représentent respectivement le logarithme népérien des tailles moyennes (en mm) rétrocalculées aux temps (t) n et $n-1$ exprimés en années.

Le calcul de la taille asymptotique L_∞ et le paramètre de K a été fait par la méthode de FORD-WALFORD (RICKER, 1975, SPARRE, 1989). Cette méthode consiste à établir la régression linéaire de la taille moyenne rétrocalculée à l'âge $t+1$ (Y) en fonction de la taille moyenne à t (X). L'équation de référence est :

$$L_{t+1} = L_\infty(1-K) + K L_t$$

à partir de laquelle on obtient K et L_∞ :

$$K = -\ln b \quad \text{et} \quad L_\infty = a / (1 - b)$$

On peut aussi obtenir la longueur asymptotique graphiquement : elle correspond à l'abscisse du point où la droite de régression croise la diagonale du graphique (45°).

Nous avons, en outre appliqué, l'équation de VON BERTALANFFY sous la forme (SPARRE, 1989) :

$$-\ln(1 - Lt/L^\infty) = -Kt_0 + Kt$$

qui est une droite de régression de la forme $Y = a + bX$ où

$$Y = -\ln(1-LT/L^\infty)$$

On détermine $K=b$ et $t_0 = -a/K = -a/b$

Cependant, L^∞ reste à déterminer.

Dans notre étude, nous avons adopté la méthode préconisée par SPARRE (1989), c'est-à-dire prendre le poisson le plus grand, si l'échantillon est petit et considérer une moyenne des plus grands (par exemple les 10 plus grands) dans un grand échantillon. Il est plus courant d'utiliser comme L^∞ la plus grande taille observée dans les captures de l'espèce. Cette taille n'est pas nécessairement égale à la plus grande taille que peut atteindre l'espèce, mais elle s'en rapproche le plus et elle a l'avantage d'être une donnée de terrain (DEVRESSE, 1988, in MUGHANDA, 1989). Les valeurs trouvées ont été incorporées à l'équation de Von Bertalanffy. Elles permettent de modéliser la croissance moyenne linéaire de l'espèce. Nos courbes sont comparées à celles établies par d'autres études antérieures de *L.miodon*.

3.4 Traitement statistique des données

Les résultats ont été introduits sur ordinateur Macintosh IIsi et les données traitées au moyen de divers logiciels (Excel 1.4 Cricket 1.3 et III).

Pour vérifier la valeur de la corrélation linéaire des variables analysées par régression linéaire, le coefficient de corrélation a été

utilisé. Dans le but de comparer les moyennes de nos échantillons utilisés en otolithométrie, nous avons fait l'analyse de la variance à un critère ou à un facteur (ANOVA 1) sur ordinateur IBM PC. Les moyennes de ces échantillons et la moyenne générale de l'ensemble des observations permettent de définir deux types de variations (DAGNELIE, 1970): les écarts existant entre les différents échantillons (variation factorielle ou variation due au facteur contrôlé) et les écarts existant à l'intérieur des échantillons ou variation résiduelle. L'importance de ces deux sources de variation est mesurée par deux quantités communément appelées carrés moyens (CM) ou variances: CM_F (carré moyen factoriel) définies à partir des écarts entre les moyennes des différents échantillons et la moyenne générale et CM_R (carré moyen résiduel qui est fonction des écarts existant chaque fois entre les valeurs observées et la moyenne de l'échantillon correspondant).

Le rapport du carré moyen factoriel au carré moyen résiduel est une mesure observée du degré de fausseté de l'hypothèse nulle. La statistique utilisée pour H_0 est donc :

$$F_{\text{observé}} = CM_F / CM_R \quad (\text{in DAGNELIE, 1969})$$

qui est une variable aléatoire de Fischer- Snedecor à $(na-1)$ et $(N-na)$ degrés de liberté. Le rejet de l'hypothèse d'égalité des moyennes doit correspondre aux valeurs élevées de ce rapport.

Nous considérons deux variables: le nombre de microstries (Y) et celui de jours de captivité (X). La prise en considération simultanée de ces deux variables permet de préciser les rapports qui peuvent exister entre elles. On y parvient en substituant au nuage de points une droite de régression, au sens des moindres carrés, de Y en fonction de X dont l'équation est

$$Y = b_0 + b_1 X_i$$

où :

b₀ est l'ordonnée à l'origine,

b₁ la pente, c'est-à-dire l'augmentation de Y correspondant à une augmentation unitaire de X.

Cette droite est calculée selon la méthode des moindres carrés (FEYTMANS et al., 1988), étant donné que la variable nombre de stries (Y) est expliquée par la variable non aléatoire, à savoir le nombre de jours en captivité (X).

Comme nous disposons de plusieurs observations de Y pour chacune des valeurs de X, nous avons testé aussi la linéarité de la régression. Pour ce faire, l'effet factoriel est décomposé (FEYTMANS, 1991) en un contraste mesurant l'effet de régression (1 degré de liberté) et un effet non linéarité (na-2 degrés de liberté). Dans chaque cas, il y aura rejet de l'hypothèse nulle au niveau $\alpha=5\%$ si la valeur observée $F > F_{1-\alpha}$.

Le test de signification du coefficient de régression a été réalisé par l'analyse de la variance (DAGNELIE, 1970). L'équation de l'analyse de la variance s'écrit en abrégé de la façon suivante :

$$SCET = SCE F + SCE R \text{ (FEYTMANS, 1991)}$$

représentant la somme des carrés des écarts totale, factorielle et résiduelle. Les détails de formules sont repris dans les annexes n° 10

Le test de signification du coefficient de régression n'a été fait que quand l'hypothèse de linéarité est acceptée.

Le taux moyen de la formation des microstries a été estimé comme la pente de la droite de régression obtenue entre le nombre de stries comptées en fonction des jours de captivité des larves en aquarium et en cage. L'hypothèse nulle est acceptée si la pente de la droite de régression n'est pas significativement différente de 1 et si l'interception (ordonnée à l'origine) n'est pas différente de l'ordonnée à l'origine (in DEANW, A & al, 1995, AMANI, H. et al., 1989). Nous avons considéré la moyenne des larves à la capture comme l'ordonnée à l'origine, étant donné que les individus pris en captivité ne proviennent pas directement de l'éclosion et avaient déjà une taille non négligeable et impossible à considérer comme nulle. Dans ce cas, la valeur de l'interception est de 44 , moyenne de stries pour les larves pêchées directement du lac, et non gardées donc en captivité. Ce test peut permettre de vérifier si les circuli des otolithes correspondent au nombre connu de jours des poissons gardés en captivité.

CHAPITRE 4.

RESULTATS ET DISCUSSION

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats de lecture des écailles de 691 *L.miodon*. La détermination de l'âge et les mesures nécessaires pour le rétrocalcul ont été effectuées.

Les résultats otolithométriques portent sur les larves pêchées directement du lac et sur celles gardées pendant un certain temps en aquarium et en cage. La durée du séjour en aquarium est de 10, 20 et 30 jours, tandis que le séjour en cage est de 7 et 15 jours. L'observation au microscope optique (MO) a permis de compter les stries et de décrire la microstructure des sagita. La période de captivité étant connue, on pourrait tenter une validation du rythme de croissance chez les larves de *L.miodon*. Cette étude otolithométrique offre l'avantage d'apprécier la croissance de ces larves de *L.miodon* au lac Kivu.

4.1 SCALIMETRIE

Des écailles provenant de 691 poissons ont été examinées. Nous avons considéré comme anneau de croissance les zones à nettes variations d'espacement entre les circuli. Mais, en plus, l'anneau doit parcourir tout le champ antérieur de l'écaille. Toutefois, la plupart de ces écailles étaient illisibles, phénomène fréquent pour les poissons tropicaux, contrairement à ceux des régions tempérées où, en hiver, la croissance des poissons est arrêtée ou, tout au moins, ralentie. Finalement, des écailles provenant de 40 poissons ont été retenues comme présentant de véritables marques de croissance. La vérification de la présence de ces dernières a été faite de concert avec le Professeur MICHA.

La taille de ces poissons dont les écailles ont été examinées varie entre 40 et 139 mm. La longueur des poissons présentant des marques varie entre 105 et 129 mm pour les mâles, et 110 à 139 mm pour les femelles.

Tableau 4-1 : Résultat de lecture des écailles de 691 *L.miodon* pêchés au lac Kivu , bassin de Bukavu de Déc.1993 à Mai1994

Classe de taille(mm)	G R O U P E D ' A G E											
	0+			1+			2+			TOTAL		
	i	M	F	M	F	M	F	i	M	F		
40-49	15	-	-	-	-	-	-	27	-	-		
50-59	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
60-69	7	1	-	-	-	-	-	7	1	-		
70-79	3	10	3	-	-	-	-	3	10	3		
80-89	-	9	10	-	-	-	-	-	9	10		
90-99	-	10	9	-	-	-	-	-	10	9		
100-109	-	94	96	2	-	-	-	-	96	96		
110-119	-	87	93	8	1	1	2	-	96	96		
120-129	-	85	90	5	6	6	-	-	96	96		
130-139	-	13	4	-	6	-	3	-	13	13		
Total /sexe	37	309	305	15	13	7	5	37	331	323		
Total sexes confondus (%)	651(94,2)			28 (4,1)			12 (1,7)					
Sex ratio		1		1,15		1,4						

4.1.1 Résultats de lecture d'écaille

Nous devons préciser au préalable que notre intention n'était nullement de présenter ici une étude exhaustive de la croissance de *L.miodon* par scalimétrie. En effet, il faudrait signaler que les échantillons d'écailles étaient très faibles, et que l'échantillonnage ne portait pas sur un cycle annuel complet.

L'objectif principal est de préciser et de compléter les données de croissance de *L.miodon* dans le lac Kivu (KANINGINI, 1994) et d'examiner s'il existe une différence sexuelle de croissance chez ces poissons. Nous déterminerons donc la courbe et les paramètres de croissance des poissons selon le sexe. Les résultats de la détermination de l'âge de *L.miodon* indiqués dans le tableau 4-1 montrent la répartition des individus par groupe d'âge et par sexe pour les différentes classes de taille examinées. L'âge maximal enregistré est de deux ans. Tous les poissons de taille < 100 mm n'ont pas de marque. Seuls 5,8 % des échantillons présentent des marques, soit 1 poisson sur 17. Les marques s'observent presque dans les mêmes proportions tant chez les mâles (22 individus) que chez les femelles (18 individus) à divers stades de maturité sexuelle. La quasi totalité de l'échantillon (94,2 %) est constituée d'individus d'âge 0+ (651 individus). Ces groupes ne présentaient pas d'annuli, définis comme des zones de discordance dans l'arrangement des circoli. Cette absence d'annuli suggère que le poisson ne subit pas de véritable arrêt de croissance en longueur, mais plutôt des ralentissements annuels de la croissance (LAUZANNE, 1978).

L'ensemble des résultats obtenus sur la croissance des groupes d'âge est rassemblé dans le tableau 4-2. Nous y avons indiqué la longueur totale moyenne (en mm) à la capture ainsi que la longueur totale moyenne (avec l'intervalle de confiance 95 %) rétrocalculée (en mm) à la fin de chaque année de croissance. La longueur moyenne générale rétrocalculée en a été déduite, de même que l'accroissement linéaire annuel moyen.

La détermination scalimétrique de l'âge nous autorise, à présent, à calculer la croissance linéaire de *L.miodon*.

Tableau 4-2 Tailles moyennes à l'âge rétrocalculées et paramètres associées d'après la scalimétrie de 691 *L.miodon* au lac Kivu, bassin de Bukavu - Déc.1993-Mai 1994

MALES ; FEMELLES; IMMATURES							KANINGINI, 1994	
GROUPE	N	Lt(mm) MOYENNE A LA CAPTURE		Lt MOYENNE RETROCALCULEE (mm)		Lt MOYENNE RETROCALCULEE (mm)		
D'AGE		INTERVALLE		MARQUE1	MARQUE2	Marque1	MARQUE 2	
0+	651	93 ±9	40-139	106 ± 3,3		111 (+1,06)		
1+	28	121±8,5	100-137	95 ±3,2	113 ± 2,5	104 (+1,06)	(+1,05)	
2+	12	123 8	117-137					
TOTAL	691							
Nombre de poissons utilisés pour								
le rétrocalcul				40	12	43	26	
Lt moy.gén.rétro-calculée				102 ± 2,9	113 ± 5,6	108	119	
Vitees instantanée de croissance : G								
Accroissements linéaires moyens (mm)				102	11	108	11	
MALES								
GROUPE	N	Lt(mm) MOYENNE A LA CAPTURE		Lt MOYENNE RETROCALCULEE (mm)				
D'AGE		INTERVALLE		MARQUE1	MARQUE2			
0+	287	99 ± 1,1	60-137					
1+	15	117 ±3,9	100-127	100 ±3,9				
2+	7	120 ±1,6	117-122	99 ± 3,1	114 ± 3,4			
TOTAL	309							
Nombre de poissons utilisés pour								
le rétrocalcul				22	7			
Lt moy.gén.rétro-calculée				99 ± 7	114 ± 3,6			
Vitesse instantanée de croissance								
Accroissements linéaires moyens (mm)				99	13			
FEMELLES								
GROUPE	N	Lt(mm) MOYENNE A LA CAPTURE		Lt MOYENNE RETROCALCULEE (mm)				
D'AGE		INTERVALLE		MARQUE1	MARQUE2			
0+	287	102 ±9	72-139					
1+	13	127 ± 3	119-133	112 ± 5,6				
2+	5	127 ±11,4	117-137	96 ± 7,4	112 ± 5,4			
TOTAL	305							
Nombre de poissons utilisés pour								
le rétrocalcul				18	5			
Lt moy.gén.rétro-calculée				107 ± 4,6	112 ± 5,4			
Vitesse instantanée de croissance : G								
Accroissements linéaires moyens (mm)				107	5			

4.1.2. CROISSANCE LINEAIRE

Pour connaître la taille du poisson à la fin de chaque année ou période de croissance, nous avons procédé, à partir des mesures d'écaïlles, au calcul des longueurs au cours des années antérieures de sa vie. Dans cette perspective, il faut vérifier (MICHA, 1971; RICKER, 1975) si la relation entre le rayon de l'écaïlle et la longueur du corps est linéaire.

La figure 4-1 et la corrélation élevée satisfaisante ($r^2 = 0,962$) montrent que cette relation est linéaire. Ce rapport entre la longueur totale (Lt) et le rayon antérieur de l'écaïlle (S) est représentée par :

$$Lt(\text{mm}) = 11,217 + 1,2522 S$$

Cela veut dire que les accroissements annuels d'écaïlles sont proportionnels aux accroissements annuels de la longueur du corps.

La relation entre la taille du poisson à la capture et celle du rayon antérieur de l'écaïlle étant linéaire et ne passant pas par l'origine, la détermination des longueurs moyennes rétrocalculées se fait par l'équation de LEE (1920, in BAGENAL & TESCH, 1978) Cette relation est représentée par :

$$Lt(\text{mm}) = 11,217 + 1,2522 (Lt - 11,217) \quad (\text{mâles, femelles et immatures}).$$

Nous avons posé l'hypothèse de la différence de croissance entre les mâles et les femelles. A cet effet, nous avons réalisé une analyse séparée par sexe (Tableau 4-2).

La différence de taille entre les sexes se remarque, suivant l'hypothèse de la formation annuelle des annuli, à la première année (Fig4-2). Les femelles atteignent 107 mm à 1 an, 112 mm à 2 ans. Les mâles s'en tiennent à des tailles de 99 mm à un an, soit 7 mm de

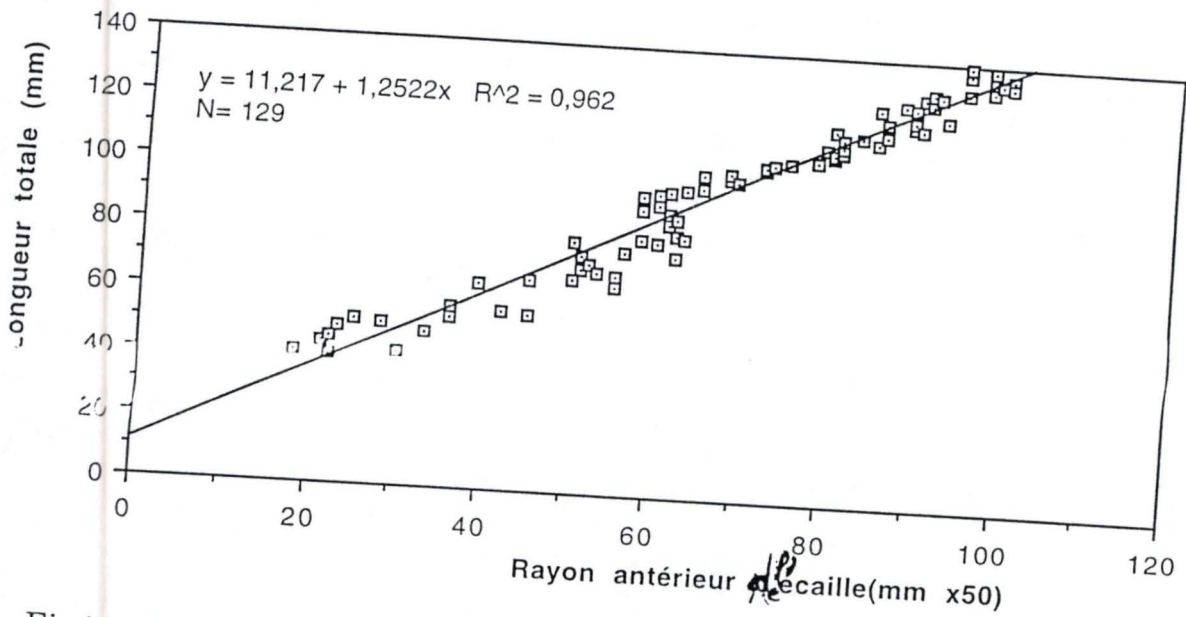


Fig4-1 Relation entre la longueur totale et le rayon antérieur d'écaille de *L.miodon* (N=129) pêchés au lac Kivu -bassin de Bukavu -Déc 1993-Mai 1994

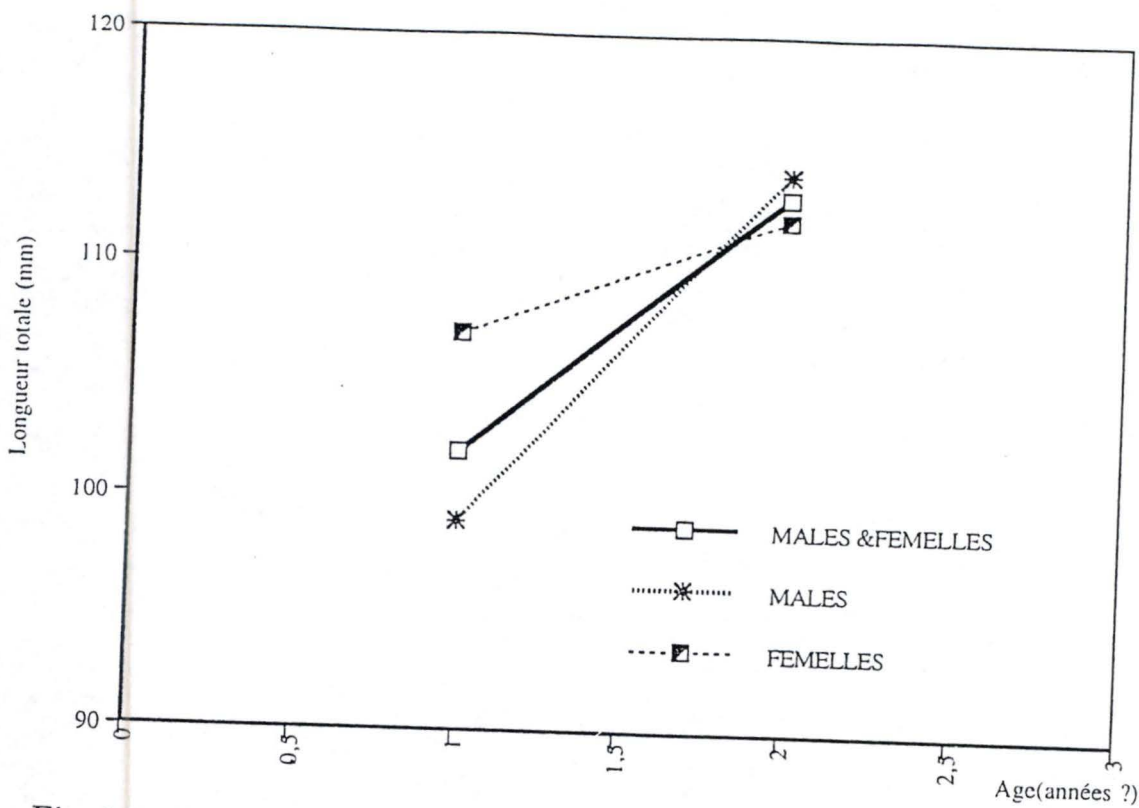


Fig 4-2 Courbe de croissance linéaire de *L.miodon* sur base des données de lecture des écailles.

moins que les femelles, et 114 mm après deux ans, soit 2 mm de différence.

En d'autres termes, la taille moyenne des poissons mâles à la fin de la première année de croissance est plus petite que celle des femelles. Elle est presque la même pour les deux sexes à la fin de la deuxième année. Cela justifierait la plus faible valeur de vitesse de croissance des femelles (0,03) par rapport à celle des mâles (0,1). Les individus plus âgés (grands) croissent moins vite que les jeunes (SPARRE, 1989).

Pendant la première année de vie, on peut conclure que les *L.miodon* mâles et femelles du même âge n'ont pas la même taille. Toutefois, cette différence n'est pas statistiquement significative. Ceci est en accord avec l'étude de la reproduction de ces poissons. On sait que la taille de première maturité de mâle est plus petite que celle de la femelle.

Du tableau 4-2 on remarque aussi un recoupement des tailles de poissons aux différents âges. En effet, les poissons (sexes confondus) dont les écailles portent un annulus mesurent 100-129 mm, tandis que ceux âgés de deux ans (2 annuli) mesurent 110-139 mm.

Ce même tableau reprend nos résultats ainsi que ceux de KANINGINI (1994). Il faut noter que les deux études aboutissent à une conclusion identique : l'accroissement linéaire de *L.miodon* dans le bassin de Bukavu serait de 11mm. Selon NDUGUMBI, VANWEIL & CHAPMAN (1976, in KANINGINI, 1994), le taux de croissance de *L.miodon* est linéaire pendant les 9 premiers mois de la vie au lac Tanganyika. Les taux de croissance mensuels varient autour de 1 cm.

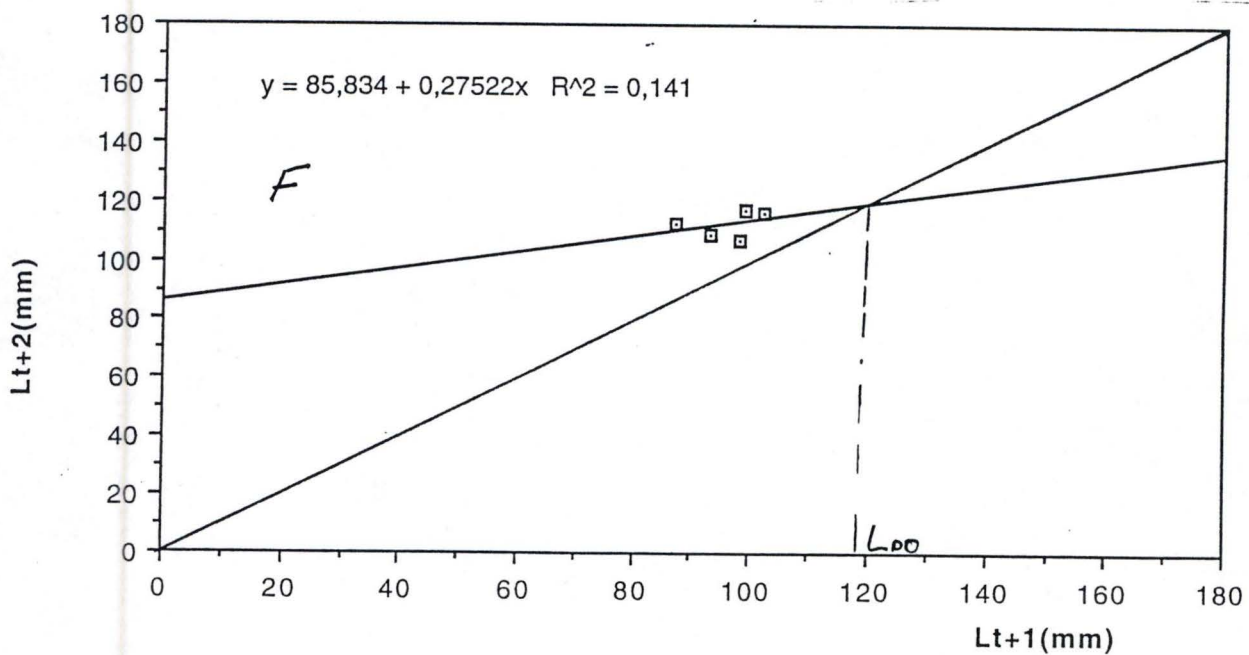
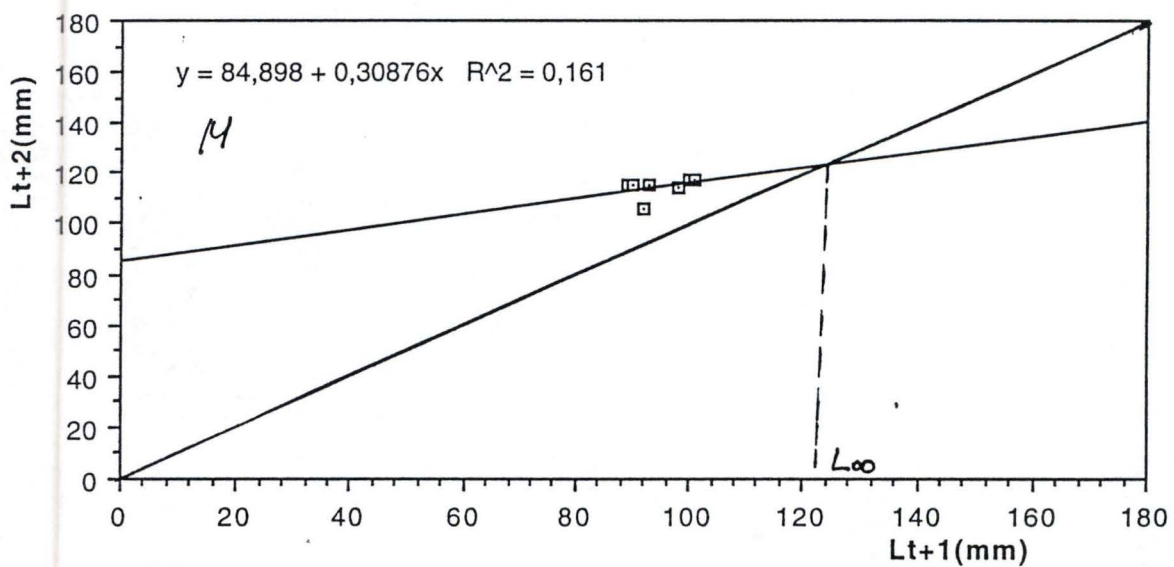
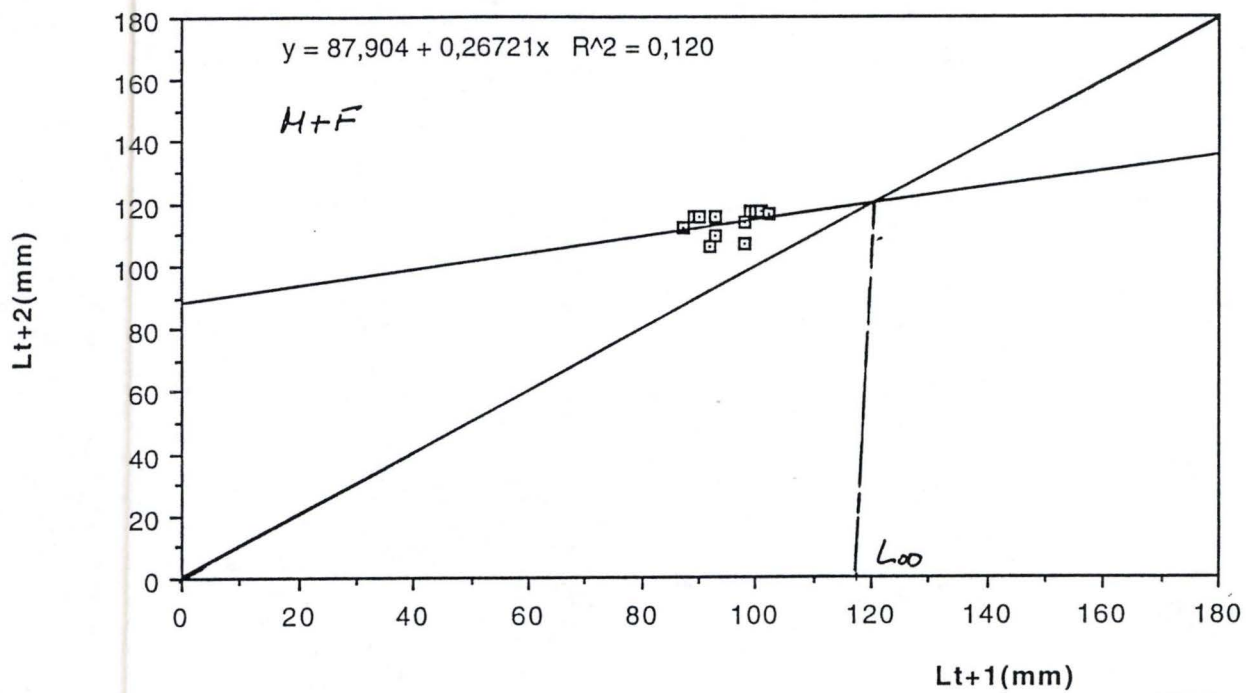


Fig 4-3 Graphiques de FORD-WALFORD établis à partir des tailles moyennes rétrocalculées sur base des données scalimétriques de *L.miodon* au lac Kivu-bassin de Bukavu-Déc.1993-Mai 1994.

4.1.3. ESTIMATION DES PARAMETRES DE CROISSANCE

Le tableau 4-2 présente les résultats des rétrocalculs. Ces résultats nous permettent d'établir la régression linéaire de la taille rétrocalculée à l'âge 2+(Y) en fonction de la taille à l'âge 1+(X). Nous distinguons deux groupes d'âge. Ce qui nous situe à la limite d'utilisation de la méthode de FORD-WALFORD, étant donné que nous n'avons que deux points .

Les équations de droite de régression sont les suivantes :

$$Y = 87,904 + 0,26721 X : \text{Mâles et Femelles}$$

$$Y = 84,898 + 0,30876 X : \text{Mâles}$$

$$Y = 85,834 + 0,27522 X : \text{Femelles}$$

Les calculs donnent les valeurs suivantes des paramètres :

Mâles	Femelles	Mâles & Femelles
$L_{\infty} = 123$	$L_{\infty} = 118$	$L_{\infty} = 119$
$K = 1,17$	$K = 1,29$	$K = 1,3$

Par méthode graphique, L_{∞} correspond à l'abscisse du point où la droite de régression croise la diagonale du graphique (Fig.4-3). Les valeurs obtenues par lecture des graphiques et par calcul sont semblables.

Comparativement aux études antérieures (MAHY, 1980; MANNINI, 1990; KANINGINI, 1994) de *L.miodon* dans divers écosystèmes, ces valeurs de L_{∞} et K sont plausibles. Les valeurs de L_{∞} paraissent plus basses dans notre étude. Ces différences seraient liées, d'une part, aux méthodes utilisées en vue de déterminer les paramètres de croissance. D'autre part, ces derniers varient selon les stocks pour une même espèce, en fonction du sexe et des conditions d'environnement (SPARRE, 1989).

Les L_{∞} paraissent sous-estimées par rapport aux longueurs maximales (137 mm pour les mâles et 139 mm pour les femelles) observées sur le terrain . Nous sommes donc obligé de recourir à une

autre méthode en vue de déterminer les valeurs de L_{∞} à utiliser dans la méthode de Von Bertalanffy. En plus, la méthode de FORD-WALFORD ne permet pas de déterminer t_0 .

Par la méthode Von Bertalanffy, nous visons à estimer t_0 , K et L_{∞} . Pour déterminer cette dernière, nous avons considéré la taille du plus vieux poisson dans le cas des mâles et femelles pris séparément (cas des petits échantillons). Dans le cas des sexes confondus, nous considérons la moyenne de dix poissons les plus vieux de tout l'échantillon étudié.

Les longueurs moyennes rétrocalculées (tableau 4-2) à l'âge 1+ et 2+ sont celles que nous considérons dans l'équation de Von Bertalanffy.

Après calcul, les valeurs des paramètres obtenues sont les suivantes :

Mâles	Femelles	Mâles & Femelles
$L_{\infty} = 137$	$L_{\infty} = 139$	$L_{\infty} = 137$
$K = 0,50$	$K = 0,2$	$K = 0,4$
$t_0 = -1,55$	$t_0 = -7,64$	$t_0 = -2,5$

Ces valeurs sont tout à fait plausibles. Dans l'hypothèse que le temps qui s'écoule entre la formation de deux annuli successifs soit bien une année, nous pouvons envisager la modélisation de la croissance moyenne linéaire de l'espèce comme suit:

- Pour *L.miodon* mâle : $L_t = 137 (1 - e^{-0,5 (t + 1,6)})$
- Pour *L.miodon* femelle : $L_t = 139 (1 - e^{-0,2 (t + 7,64)})$
- Mâles et femelles : $L_t = 137 (1 - e^{-0,4 (t + 2,5)})$

A partir de ces équations, nous avons établi les courbes de croissance en longueur indiquées à la figure 4-4.

A 1 an, *L.miodon* aurait 103 mm. Le mâle aurait 99 mm contre 114 mm pour la femelle.

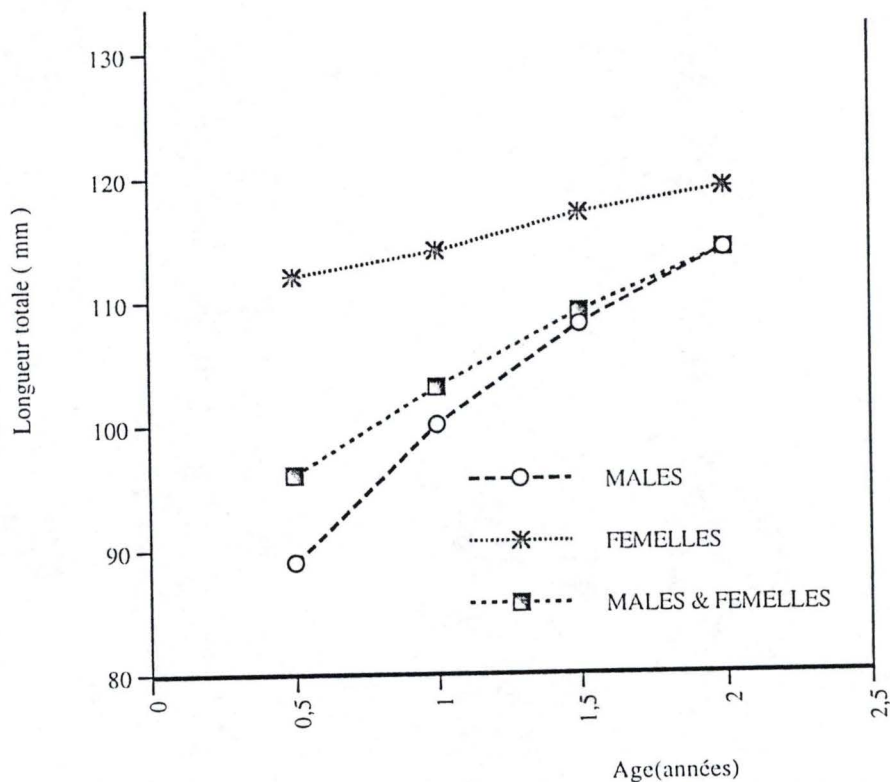


Fig4-4 Courbes de croissance de *L. miodon* ajustée aux données de longueur -âge obtenues par rétrocalcul à partir de la lecture des écailles.

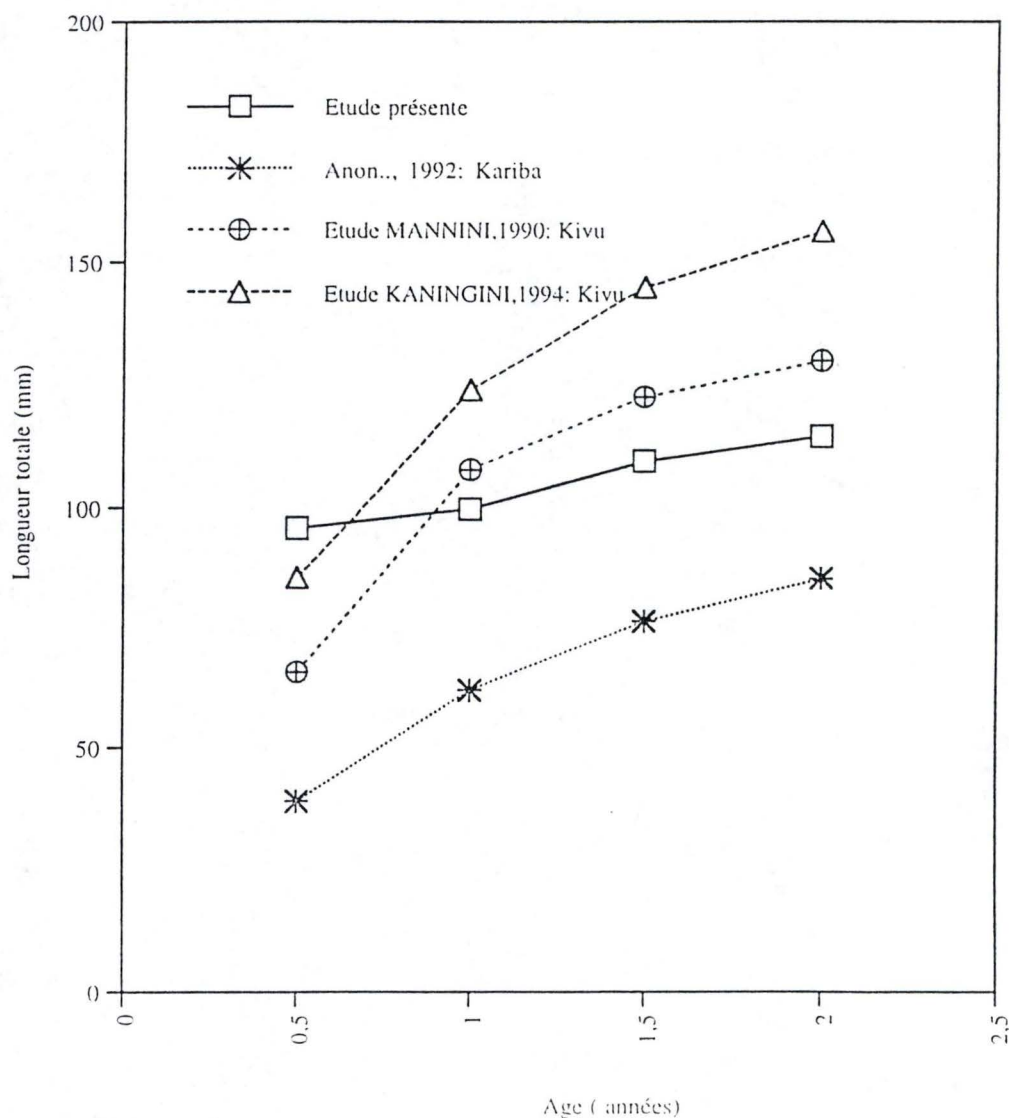


Fig 4-5 Comparaison des courbes de croissance linéaire de *L. miodon* aux lacs Kariba et Kivu selon le modèle de Von Bertalanffy.

Sur base des données puisées dans la littérature (Tableau 2-3), nous avons établi quatre autres courbes de croissance de *L.miodon* aux lacs Kivu, Tanganyika et Kariba, et nous les avons comparées (Fig. 4-5) à celles que nous avons tracées (cas des sexes confondus).

Les équations de courbe de croissance prises sont les suivantes :

- KANINGINI(1994) : $L_t = 170,4 (1 - e^{-1,2(t+0,08)})$: lac Kivu
- MANNINI(1990) : $L_t = 138 (1 - e^{-1,32(t+0,147)})$: lac Kivu
- CIFA (1995) $L_t = 135 (1 - e^{-0,95(t+0,020)})$: lac Kariba.

L'examen de ces données indique que les valeurs de longueur totale obtenues dans notre étude restent plus faibles que celles obtenues par KANINGINI (1994). Elles se rapprochent, toutefois, de celles faites par MANNINI(1990) et celles trouvées au lac Kariba (Anon 1992 , in CIFA, 1995). Elle n'est pas non plus différente de celle ($L_\infty=140$ mm) trouvée par MULIMBWA (1993) au lac Tanganyika. En effet, selon SPARRE (1989), si L_∞ est surestimé, K sera sous-estimé, et, ensemble, ils se contrebalancent, si bien que la courbe de croissance qui en résultera sera la même pour les groupes d'âges représentés dans l'échantillon.

Nous pensons que ces différences sont dues, en grande partie, à l'estimation des paramètres de croissance suivant des méthodes différentes. En effet, ces auteurs ont tous déterminé la valeur de L_∞ par la méthode Elefan I . Cette dernière surestime la valeur de L_∞ car on la calcule en multipliant la taille maximale du poisson par un certain facteur égal à 0,95 pour les poissons dont la taille est inférieure à 50 cm (in BEVERTON,1963; TAYLOR, 1962).

Dans l'étude de KANINGINI (1994), la longueur L_∞ a été calculée par la moyenne des longueurs des 10 plus grands poissons multipliée par 0,95. En plus, la plupart des travaux ont été réalisés sur base de l'analyse des fréquences de longueurs avec des échantillons des pêches commerciales. Ces derniers peuvent réunir toutes les classes de taille. Il est, cependant, difficile de s'assurer que tous les échantillons proviennent d'une même population, et que, par

voie de conséquence, les individus croissent suivant le même rythme. On trouverait une autre raison probablement dans l'étroitesse des échantillons de tailles de poissons examinés.

En revanche, il n'était pas possible de disposer d'une gamme de taille plus large, étant donné que les anneaux n'apparaissent qu'au-delà de la taille de 100 mm et que les poissons de taille supérieure à 130 mm sont rarement capturés (soit du fait de la méthode de pêche, soit du fait de la mortalité naturelle des poissons à cause de la faible longévité de *L.miodon*).

4.2 OTOLITHOMETRIE

Nous avons examiné 148 otolithes, mais 53 sagita seulement ont été retenus pour l'étude (tableau 4-3). Lors de l'extraction, certains sagita se sont cassés et n'ont pas été pris en considération pour le comptage des stries. Estimé à plus de 99 %, le taux de mortalité des larves en captivité est très élevé. La taille des individus pêchés directement du lac varie entre 14 et 21 mm. Treize sagita ont été retenus pour l'étude de croissance. A partir des larves gardées en aquarium pendant 10-20-30 jours, 27 sagita ont été extraits. La taille de ces larves varie entre 14 et 20 mm. Les 13 sagita restant ont été retirés des larves gardées en captivité dans une cage. Ils sont issus des individus de taille comprise entre 17 et 34 mm.

A partir de ces données, nous avons étudié la morphologie des otolithes, la relation entre la longueur des otolithes et celle du corps ainsi que la croissance des larves de *L.miodon* au lac Kivu. Nous tenterons également de vérifier la méthode de formation journalière des stries chez *L.miodon*.

4.2.1 Microstructure d'otolithe de larves de *L. miodon*

L'observation des sagita au MO (grossissement X 400) nous a permis de constater que ces otolithes présentent des multiples zones opaques et hyalines comme tous les poissons téléostéens (GAULDIE, 1995). Chaque microstrie comprend deux éléments, un qui est continu et riche en aragonite ou CaCO₃, et un autre discontinu prédominé par la matière organique (MORALES-NIN, 1995). L'observation montre également une série continue des microstries depuis le nucleus jusqu'au bord de l'otolithe (Photo 2-4). Les microstructures semblent se faire en un rythme régulier.

La microscopie optique ne nous a pas permis d'apprécier correctement les différences entre les dimensions des stries situées près du nucleus et celles se trouvant dans la zone proximale. Chez d'autres espèces tropicales dont, notamment *Haplochromis obesus*,

Photos 2 à 4 : Microstructure d'otolithes de larves de *L. miodon*
N : nucleus (grossissement 400x)

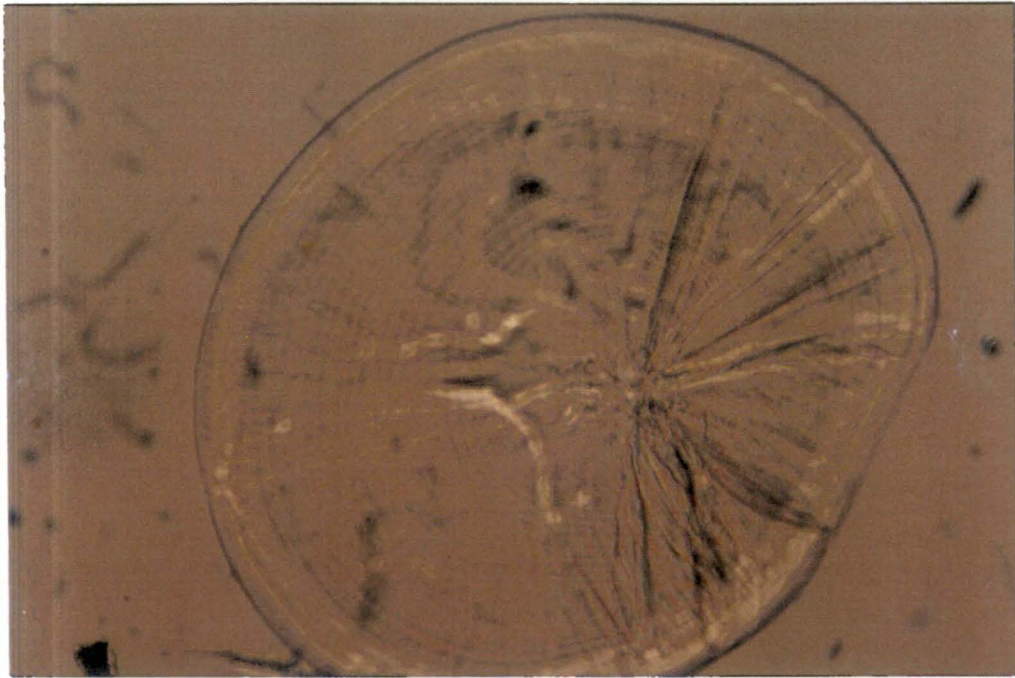


Tableau 4-3: Résultats de comptage de stries de larves de *L.miodon* du lac Kivu-bassin de Bukavu gardées en captivité en aquarium et en cage - Déc. 93.;Fév.;Jlt 94

	Durée de captivité(jours)	Lt (mm)	N stries
LAC	0	14	40
		14	37
		15	42
		15	34
		16	52
		17	42
		17	40
		18	41
		18	38
		19	46
		19	45
		20	52
		21	50
		AQUARIUM	10
14	32		
15	34		
15	38		
16	45		
16	40		
16	42		
20	16		49
	18		55
	18		55
	18		49
	18		56
	18		49
	18		47
	19		60
30	20		52
	16		44
	16		41
	16		43
	16		42
	17		37
	17		41
	17		43
	18	55	
	18	53	
	18	55	
	19	66	
CAGE	7	17	51
		17	50
		21	61
	15	18	65
		19	69
		20	57
		21	63
		30	86
		30	86
		30	94
		31	74
		33	97
34		126	

Tableau 4-4 Comparaison entre la taille observée et celle estimée, par équation de Von Bertalanffy, des larves de *L.miodon* du lac Kivu (bassin de Bukavu) gardées en aquarium et cage(Déc93-Fév-Jlt94)

LAC			AQUARIUM			CAGE		
Nombre de stries			Nombre de stries			Nombre de stries		
(age en jours)	Lt(mm) observé	Lt(mm) estimé par Von Bertalanffy	(age en jours)	Lt(mm) observé	Lt(mm) estimé par Von Bertalanffy	(age en jours)	Lt(mm) observé	Lt(mm) estimé par Von Bertalanffy
39	14	15,45	33	14	14,01	51	17	16,94
38	15	15,25	36	36	14,78	65	18	18,10
52	16	17,81	43	43	16,4	69	19	18,40
41	17	15,91	40	17	15,69	57	20	17,48
40	18	15,69	53	18	18,41	63	21	17,96
46	19	16,99	63	19	20,27	89	30	38,00
52	20	18,20	52	20	18,2	97	33	20,50
50	21	17,81				126	34	22,43

Lates niloticus, *Oreochromis niloticus* (LINNE, 1771) du lac Victoria, les observations au microscope électronique à balayage (MEB) révèlent que les microstructures de sagitta sont typiquement larges près du nucleus et étroites au niveau de la bordure de l'otolithe (MORALES-NIN, 1995). Cela pourrait aussi être valable pour *L.miodon*, étant donné que le comptage se fait facilement sur 2/3 de l'axe nucleus-bord otolithe de certains spécimens. La difficulté de comptage dans la zone marginale résulterait de l'étroitesse des microstries à ce niveau.

4.2.2 Relation entre la taille des larves et la longueur de l'otolithe

Les mesures effectuées suivant l'axe le plus long passant par le nucleus permettent de représenter la relation longueur (Lt) totale d'individus et longueur d'otolithes (Lot).

Une droite de régression au sens des moindres carrés a été ajustée à un échantillon de 53 couples de valeurs Lt, Lot.

L'expression de cette droite (fig.4-6) est :

$$Lt = 8,83 + 37,87 Lot \quad r^2 = 0,91$$

où Lt et Lot sont exprimés en millimètre. r^2 est le coefficient de détermination. Le coefficient de corrélation entre les deux paramètres est très élevé et la régression aussi est statistiquement significative ($p > 0,01$). La croissance des otolithes est donc en rapport avec la croissance somatique.

4.2.3 Croissance de larves de *L.miodon*

Au total, 53 otolithes des larves de taille de 14 mm à 33 mm ont été retenus. La relation entre le nombre de microstries et la taille des individus est représentée par la figure 4-7 a. La corrélation entre ces deux variables est très élevée ($r^2 = 0,84$). Ce qui suggère que le nombre de stries augmente avec la taille de l'individu. Sur cette même figure, on remarque aussi des différences individuelles relatives au nombre de stries pour des individus de taille égale.

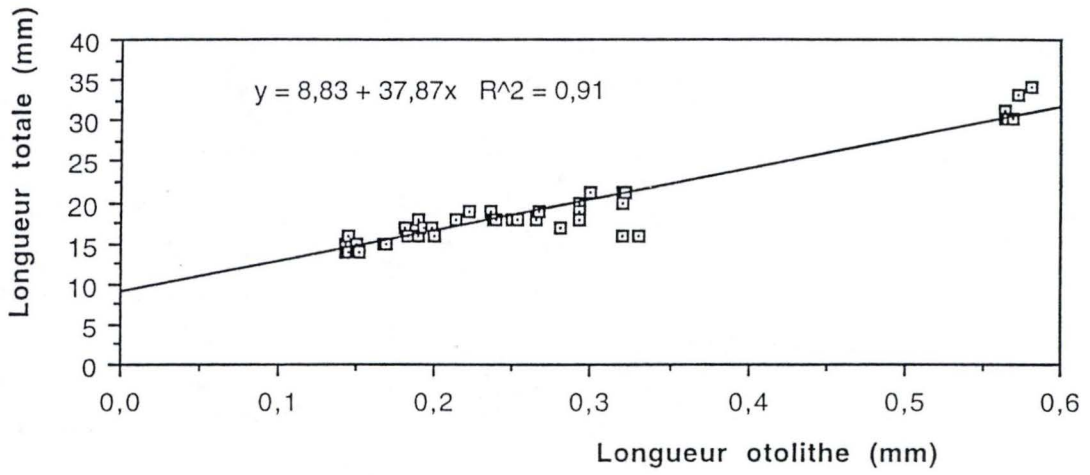


Fig 4-6 Relation entre la longueur totale et la longueur de sagita des larves de *L.miodon* au lac Kivu

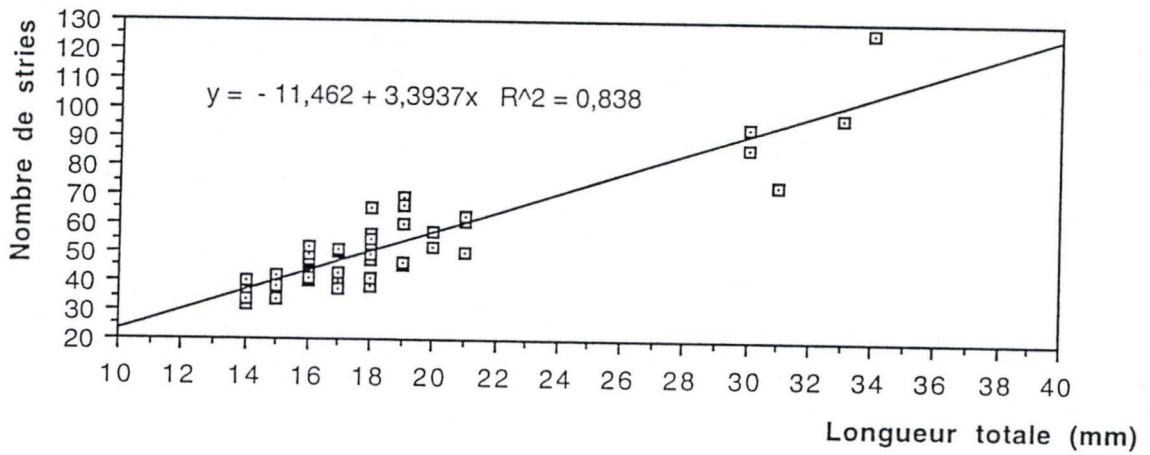


Fig 4-7a : Relation entre le nombre de stries et la longueur des larves de *L.miodon* au lac Kivu

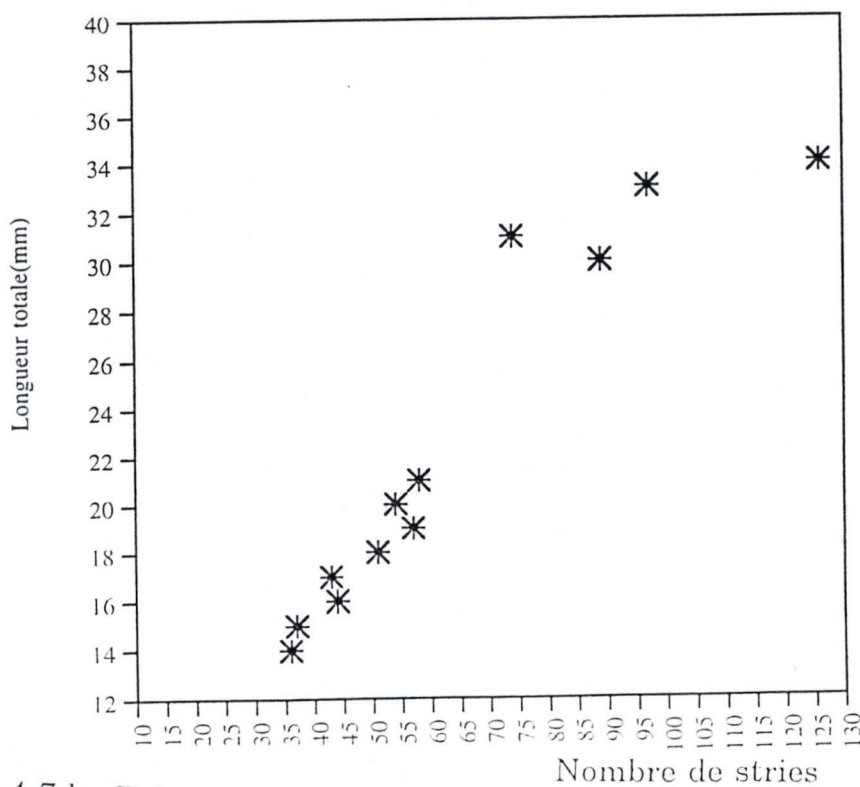


Fig 4-7 b : Relation entre la longueur totale et le nombre de stries de larves de *L.miodon* au lac Kivu

Nous avons calculé, pour les 53 otolithes étudiés, le nombre moyen de stries pour les individus de même taille. La figure 4-7 b représente le rapport entre la longueur totale et ce nombre. L'observation du graphique semble montrer une répartition de nuage de points sur une trajectoire que l'on peut assimiler à une courbe de croissance. Cela se confirme par la figure 4-7 c représentant la relation longueur- nombres stries pour les données transformées en logarithme népérien. Ces deux figures montrent une relation non-linéaire entre la longueur et le nombre de stries.

Depuis les études de PANELLA (1975), on sait que le nombre de microstries sur otolithe représente le nombre de jours chez les poissons téléostéens. Selon GALLUCI et QUINN (1979, in MTSAMBIWA, 1992), la non-linéarité de la relation des données longueur-âge, transformées ou non, peut justifier le recours à la méthode de Von Bertalanffy pour étudier la croissance des poissons. Nous avons estimé les paramètres de croissance (K, t_0) par les formules suivantes (SPARRE, 1989) :

$$K = \frac{1}{t_2 - t_1} \frac{\ln(L_\infty - L(t_1))}{L_\infty - L(t_2)}$$

$$t_0 = t(L) + 1/K(1 - L/L_\infty)$$

dans lesquelles :

\ln = logarithme népérien;

L_∞ = longueur asymptotique (en mm);

t_1 et t_2 = âge (en jour) au temps 1 et 2;

$L(t_1)$ et $L(t_2)$ représentent les longueurs moyennes (en mm) aux temps 1 et 2;

K = paramètre de courbure (j^{-1});

t_0 = paramètre de condition initiale.

Nous avons fixé L_∞ en nous basant sur la méthode préconisée par Begg (1974, in CIFA, 1993). Cette dernière considère la longueur asymptotique comme la taille maximale que peut

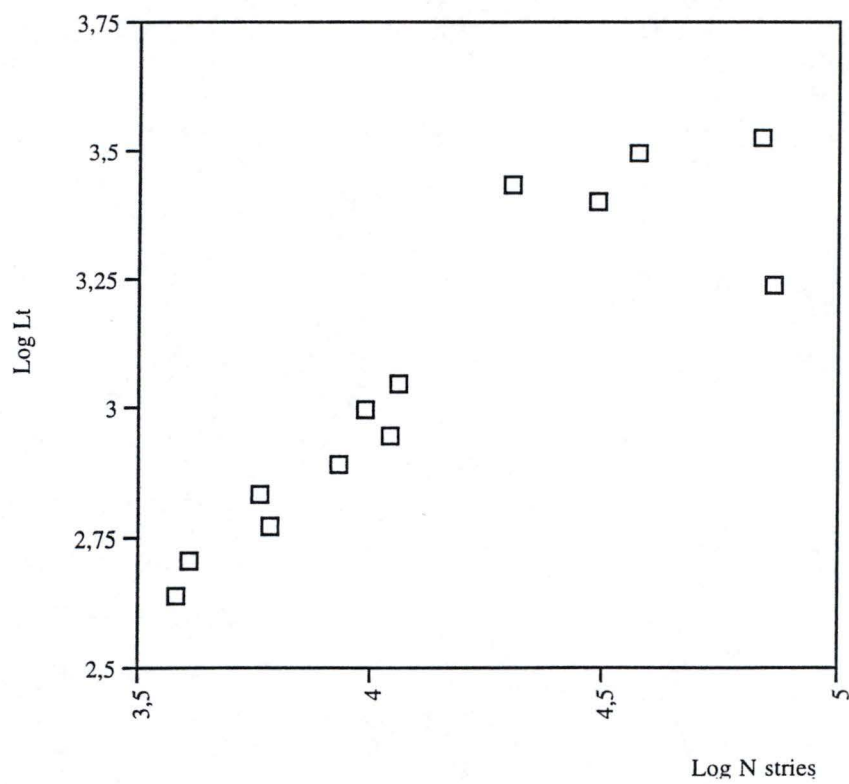


Figure 4-7c : Relation logarithmique de la longueur totale- nombre de microstries de larves de *L. miodon* au lac Kivu.

atteindre la larve avant de passer au stade juvénile. Par nos observations de terrain, la valeur de L_{∞} a été fixée à 38 mm pour les larves de *L.miodon* au lac Kivu. La valeur de t_1 est également fixée au préalable. Les valeurs prises sont de 14 mm et de 17mm pour les échantillons pêchés directement du lac, celles provenant d'aquarium et de cage. Pour l'ensemble des échantillons, t_1 a été fixé à 17 mm.

Après calcul, les valeurs obtenues de paramètres de croissance sont :

Echantillons lac (a)	Aquarium (b)	Cage (b)	(a)+ (b) + (c)
$L_{\infty} = 38$ mm mm	$L_{\infty} = 38$ mm	$L_{\infty} = 38$ mm	$L_{\infty} = 38$
$K = 0,01/j$	$K = 0,01 / j$	$K = 0,004/j$	$K = 0,01/j$
$t_0 = -13,25$	$t_0 = -13,25$	$t_0 = -97$	$t_0 = -16,20$

Les valeurs de K et t_0 sont les mêmes pour les échantillons non placés en captivité et pour celles obtenues des spécimens d'aquarium. Cela s'explique par le fait que, dans les deux cas, les individus examinés sont de même taille. Par contre, il faut noter une différence avec les échantillons de larves gardées en cage. La valeur du coefficient K est très faible. Les individus étudiés sont de plus grande taille que les larves gardées en aquarium. Cette différence de taille s'expliquerait par la différence des conditions physico-chimiques entre l'aquarium et le lac.

La détermination des paramètres de croissance nous permet, à présent, d'estimer les tailles des individus aux différents âges par l'équation de Von Bertalanffy. Aussi pouvons-nous comparer les tailles des individus observées à celles calculées. Nous remarquons que, sur la figure 4-7, a un point ($L_t = 31$ mm, âge : 74 jours) se situe en dehors de l'allure générale de la courbe. Cela s'expliquerait par une erreur de comptage de stries. Par conséquent, nous l'avons écarté dans le calcul.

Du tableau 4-4, on observe que plus la taille de la larve augmente, plus grand est l'écart entre la taille observée et la taille

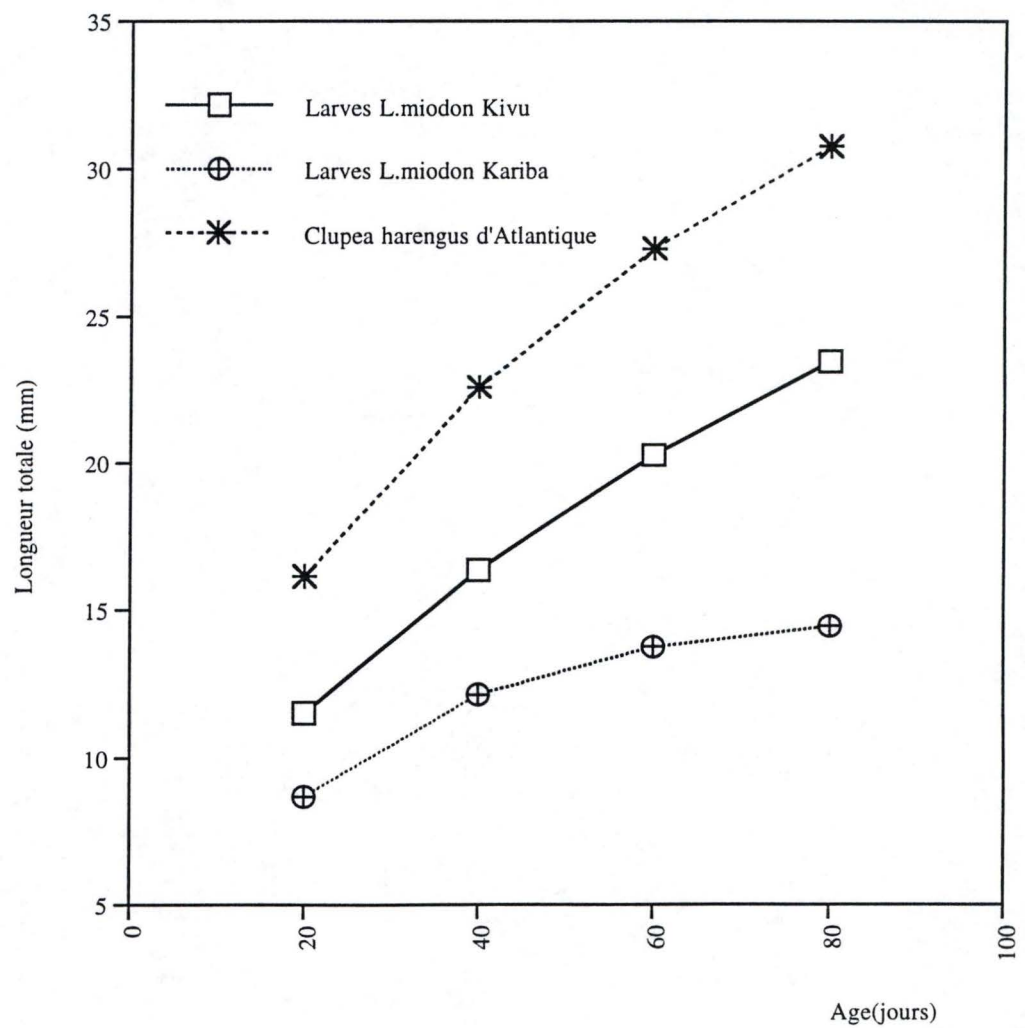


Figure 4-8 : Comparaison des courbes de croissance des larves de *L. miodon* aux lacs Kivu, Kariba et *C. harengus* (in CIFA, 1993 et Robert et Gordon, 1987)

estimée (calculée). Cela s'expliquerait en partie par les erreurs liées au comptage de stries à partir des otolithes. Quand le sagitta devient grand, par voie de conséquence, la taille somatique, les stries deviennent très rapprochés. Cela rend difficile le comptage, comme l'ont remarqué aussi certains auteurs, notamment GAULDIE (1985), PLISNIER (1990), NOISET (1994), KANINGINI (1994), MORALES-NIN(1994).

Les paramètres de croissance calculés dans notre étude sont tout à fait plausibles, car ils se rapprochent des valeurs trouvées par d'autres auteurs pour les larves de *L.miodon* au lac Kariba et curieusement de celles de *Clupea harengus* (L) dans l'Atlantique à ce stade très jeune (SHOUKRI & al., 1985 in ROBERT C. SUMMERFELT & GORDON E. HALL, 1987).

Les équations de croissance dans les 3 cas sont les suivantes :

$L_t = 15 (1 - e^{-0,04(t + 1,639)})$: Lac Kariba (MTSAMBIWA, 1992, in CIFA OP 19,1993)

$L_t = 39,8(1 - e^{-0,016(t + 12,48)})$ *Clupea harengus* d'Atlantique (SHOUKRI & al., 1985, in ROBERT C. SUMMERFELT & GORDON E. HALL, 1987)

$L_t = 38 (1 - e^{-0,01(t + 16,20)})$: lac Kivu , présente étude (tous les échantillons combinés).

La figure 4-8 représente les graphiques établis à partir de ces trois équations. Les trois ont une allure générale commune. On remarque, toutefois, que les valeurs obtenues dans notre étude sont plus élevées que celles observées au lac Kariba. Cela paraît vraisemblable, car les études antérieures ont montré que la taille de *L.miodon* au lac Kivu est plus grande que celle de ce poisson au lac Kariba. Ce qui explique la plus grande valeur de L_∞ (38 mm) des larves au Kivu que celles du lac Kariba (15 mm).

Il a été constaté une relation inverse entre la taille L_∞ et le coefficient de croissance (PLISNIER, 1990). D'autre part, de nombreuses études ont été réalisées, afin de connaître l'influence de

certains facteurs de l'environnement sur la formation de l'otolithe (CAMPANA & NEILSON, 1985; WRIGHT et al. , 1991). Il s'agit , notamment , de la température, la photopériode (TANAKA et al. , 1981) , la fréquence, le moment , la périodicité et l'absence de nourriture (PANELLA, 1980, NEILSON & GEEN, 1982, GEFFEN, 1982). Nos données restent légèrement plus basses que celles obtenues pour *C. harengus*.. Cela pourrait s'expliquer par les différences spécifiques ou génotypiques et les conditions environnementales fort différentes des milieux de vie de ces deux espèces de larves.

Sur base de données de 52 couples de valeurs de longueur-âge, l'accroissement moyen journalier en longueur de larves de *L.miodon* est estimé à $0,37 \pm 0,02$ mm (Min : $0,27 \pm 0,02$ mm; Max. : $0,47 \pm 0,02$ mm). Il correspond à la formation d'une microstrie sur l'otolithe. Dans ces conditions, une larve de *L.miodon* de 14 mm au lac Kivu serait âgée de 38 jours. Cette valeur est égale à celle (36 jours) trouvée par KANINGINI (1994). Toutefois, elle est inférieure à celles trouvées par MOKSNESS et al. (1989) pour le Hareng du Pacifique, *Clupea pallasii* (Moyenne : $0,66$ mm/j; Min.: $0,31$ mm/j et Max. : $1,48$ mm/j).

Ces paramètres de croissance obtenus par la méthode otolithométrique nous semble beaucoup plus crédible que ceux qui pourraient être obtenus par les progressions modales. En effet, cette dernière méthode est utilisée, alors qu'on n'observe pas de périodes de reproduction précises donnant lieu à des cohortes distinctes chez *L.miodon*. La méthode otolithométrique permet d'obtenir des valeurs nettement plus précises du temps vécu par les poissons. Il convient, cependant, de considérer ces résultats comme provisoires, vu le faible nombre d'observation (52) et vu la méthode de comptage exhaustif de stries en elle-même . Le risque de sous-estimation du nombre de stries (âge) n'est pas à exclure pour certains poissons. Les poissons plus vieux (grande taille) peuvent montrer des stries très rapprochées, ce qui conduirait à la sous-estimation de leur âge.

4.3.4 Validation du dépôt journalier des accroissements d'otolithe

Plusieurs méthodes existent pour valider la formation journalière de stries chez les larves de poissons. La validation a pour but (GEFFEN, 1985) :

- de tester si le critère de dépôt journalier est constant;
- d'estimer dans le temps si le nombre de circuli reflète l'âge des larves;

- de tester si la formation des stries est indépendante du taux de croissance et d'alimentation des larves;

- de vérifier que la formation des stries est contrôlée par les mêmes facteurs pour toute la population.

Les contraintes réelles limitent la faisabilité de la validation complète mais dans quelques circonstances , des méthodes alternatives peuvent être employées. Ces méthodes peuvent conduire à l'inférence du dépôt journalier des stries. Mais elles sont plus probablement limitées pour indiquer le taux de formation (GEFFEN, 1987). La meilleure méthode souhaitée (GEFFEN, 1987) est l'élevage des larves depuis le stade oeuf jusqu'à la métamorphose complète. Dans la présente étude, seule la méthode fait l'objet d'une vérification, et non pas la vitesse de croissance, étant donné que les conditions du milieu sont, bien entendu, différentes des conditions d'aquarium ou de cage. En plus, l'âge des larves gardées n'est pas connu.

Les larves en captivité ont été sacrifiées pour examen d'otolithes après 7 et 15 jours (dans la cage); 10, 20, 30 jours dans l'aquarium. Nous considérons deux variables : le nombre de microstries (Y) et les jours de captivité (X).

L'aquarium et la cage ont été chargés de larves juste après la pêche de celles-ci dans le lac. Ce jour est défini comme zéro.

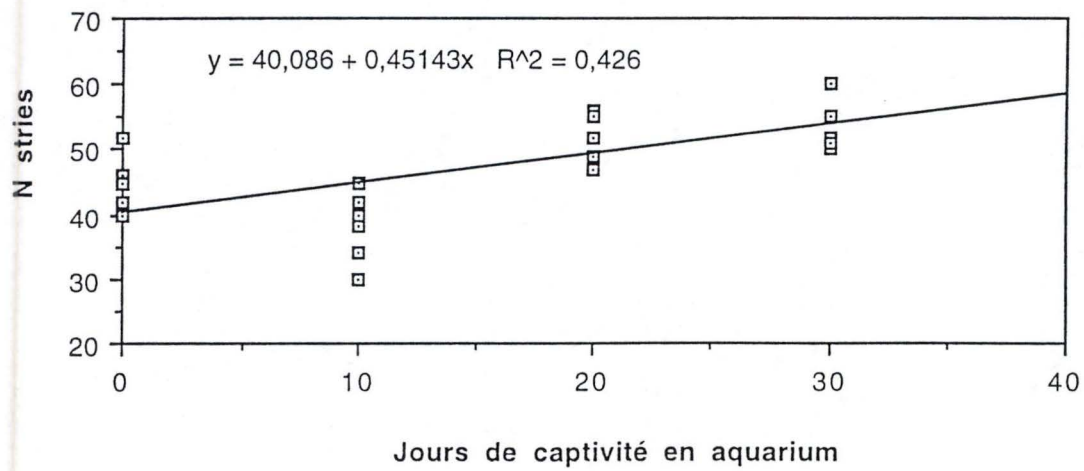
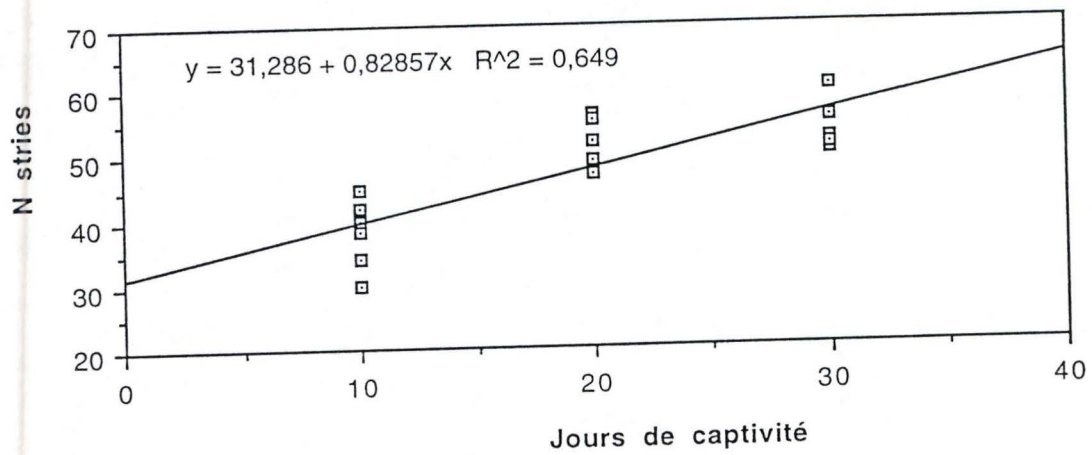
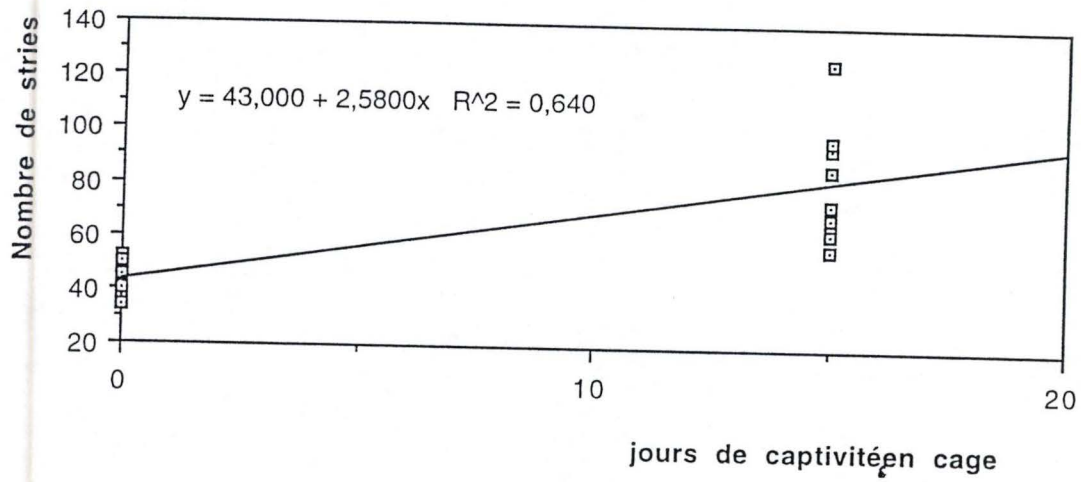


Fig 4-9 Relation entre nombre de stries et jours de captivité de larves de *L.miodon* en aquarium et cage.

La lecture des résultats de comptage des stries semble montrer une forte variabilité. Pour permettre une bonne comparaison des variances de nos résultats, nous avons été amené à trier au hasard le même nombre (7) d'individus. Le nombre d'individus sacrifiés le 7ème jour dans la cage est très faible. Nous l'avons écarté dans les calculs statistiques. L'analyse des variances a été faite par ANOVA1.

La relation entre nombre de microstries et jours de captivité est représentée par les Figures 4-9 a, b, c. Les régressions sont exprimées par les équations réunies dans le tableau 4-5.

Après calcul permettant d'établir l'analyse des variances, la démarche a consisté à tester l'inférence sur le coefficient de détermination, sur les coefficients de pente et les ordonnées à l'origine. L'inférence sur le coefficient de détermination nous permet de déterminer s'il y a une corrélation entre les variables étudiées. Nous testons l'hypothèse nulle qu'une microstrie se forme par jour dans les otolithes des larves de *L.miodon*. L'hypothèse nulle est acceptée si la régression, entre le nombre de stries et le nombre de jours de larves en captivité, est significative, la pente n'est pas significativement différente de 1 et l'interception n'est pas différente de l'ordonnée à l'origine : 44 (moyenne de stries avant séjour en captivité). Le test t de student a été utilisé pour tester l'inférence des coefficients de régression et le coefficient de détermination.

Tableau 4-5 : Equations de régression obtenues pour les différentes périodes de captivité de larves de *L.miodon* en aquarium et en cage Déc93-Fév-Jlt 94

Période de captivité (jours)	Equations	r ²	INFERENCE(α= 0,05)		Ordonnée
			r ²	penne	
			t _{1-α/2; n-2}	t _{1-α/2; n-2}	t _{1-α/2; n-2}
0-15	Y = 43 + 2,6 X	0,64	P>0,05	2,6±0,9(P<0,05)	43±11,8(P>0,05)
10-20-30	Y = 31,3 + 0,8 X	0,65	P <0,05	0,8±0,33(P>0,05)	31,3±8,4(P<0,05)
0-10-20-30	Y = 41,4 + 0,5 X	0,21	P>0,05	0,5±0,20(P<0,05)	41,4±5,5(P>0,05)

A partir du tableau 4-5 on constate que :

- **la période 0-15 j** : Le coefficient de corrélation est élevé. L'ordonnée à l'origine est égale à 44. Toutefois, la pente (2,6) est significativement différente de 1. On ne prouve pas la formation journalière de microstries.

- **La période 10-20-30 j** : Les deux variables sont collinéaires. La pente de la droite (0,8) n'est pas significativement différente de 1. Il y aurait dans ces conditions un rythme journalier d'accroissement. L'ordonnée est toutefois différente de 44.

- **la période 0-10-20-30 j** : le faible coefficient de corrélation montre que les variables étudiées ne sont pas nécessairement linéaires. Cela ne permet pas de faire une prédiction entre l'âge réel et celui observé chez les larves de *L.miodon*.

RESUME ET CONCLUSION

L'introduction réussie de *L.miodon* au lac Kivu engendre un problème nouveau, à savoir celui d'assurer la pérennité de l'exploitation de ressources piscicoles dans cet écosystème. D'où la nécessité d'une meilleure connaissance de la biologie de ces petites sardines.

Ce travail avait l'ambition de :

- chercher à déterminer s'il existe une différence sexuelle de croissance chez ces petits poissons;
- préciser le taux de croissance chez les larves par comptage exhaustif des microstries au microscope optique.

Bien entendu, nous n'avions pas la prétention de présenter une étude exhaustive de la croissance de *L.miodon* du lac Kivu par scalimétrie pour des raisons que nous avons avancées tout au long du travail. Toutefois, les résultats obtenus restent plausibles car ils concordent avec ceux des études antérieures. Il serait intéressant de poursuivre ce travail par un échantillonnage suffisant, comprenant toutes les classes de taille et s'étalant sur un temps relativement plus long.

La lecture d'écaillés de 691 poissons nous a permis d'observer que 5,8 % des échantillons, soit 1 poisson sur 17, présentent des marques de croissance ou annuli. Ces derniers s'observent dans les mêmes proportions tant chez les mâles que chez les femelles. Les écaillés présentaient tout au plus 2 marques. Les longueurs rétrocalculées au moment de la formation de ces marques sont de 102 mm et 113 mm, soit un accroissement linéaire de 11 mm. Les marques s'observent uniquement chez les individus de taille supérieure à 100 mm. Ces observations rencontrent celles des études antérieures (KANINGINI, 1994). La taille moyenne des poissons mâles à la fin de la première année de croissance est plus petite que celle des femelles.

Les longueurs moyennes de taille rétrocalculées ont permis de déterminer les paramètres de croissance par la méthode de FORD-WALFORD (L_{∞} : 123 mm ; $K= 1,3$) . Ces valeurs sont plausibles même si L_{∞} nous a paru sous-estimée par rapport aux longueurs maximales trouvées sur terrain. La méthode de Von Bertalanffy nous a fourni les valeurs de L_{∞} (137mm), K (0,4) ; t_0 (-2,5 ans) tout à fait plausibles.

Cinquante-trois otolithes de larves de *L.miodon* ont été observées au microscope optique pour comptage de microstries. Les échantillons examinés montrent, pour la plupart, une série des microstries bien visibles depuis le nucleus jusqu'au bord de l'otolithe. Il existe une corrélation très élevée ($r^2 = 0,91$) entre la longueur d'otolithe et la taille de la larve. Le nombre de microstries semble augmenter avec la taille de l'individu.

Sur base de larves gardées en captivité, une piste de la validation du rythme journalier de la croissance est tracée. Certaines expériences réalisées semblent montrer une formation journalière de microstries chez la larve de *L.miodon*.. La principale difficulté a résidé dans la détermination de l'âge des individus gardés en captivité. La piste mérite d'être examinée en profondeur dans l'avenir pour vérifier l'hypothèse émise. Il faudrait, par exemple , envisager une fécondation artificielle de *L.miodon* dans le but d'avoir des larves d'âge connu. Les résultats de comptage nous ont permis de déterminer les paramètres de croissance au stade juvénile. Nos estimations concordent bien avec celles effectuées par d'autres auteurs sur cette même espèce .

Le développement actuel de la pêche du lac Kivu est la conséquence du succès de l'introduction, en 1959, du *L.miodon* en provenance du lac Tanganyika par COLLART (1960). La gestion et l'aménagement des ressources halieutiques nécessitent de bonnes estimations des paramètres de la population de cette espèce. Une estimation de la croissance reste nécessaire, pour beaucoup d'études , en particulier sur la production. Bien qu'il existe actuellement une grande variété de méthodologie pour les estimations de croissance chez les poissons, un certain nombre de

difficultés rendent les études lentes et laborieuses, et les résultats souvent critiquables.

De larges variations existent, dans les estimations des paramètres, entre les différentes études de croissance de *L. miodon* au lac Kivu. Le recours à la scalimétrie et à l'otolithométrie nous a permis de calculer les paramètres de croissance de *L. miodon* dans le bassin de Bukavu. On a obtenu dans certains cas un paramètre de croissance inférieur à celui obtenu par l'analyse des progressions modales. On sait que le caractère continu du recrutement chez *L. miodon* ne permet pas l'utilisation des méthodes basées sur les tailles. La détermination des paramètres de croissance (K , L_{∞}) par scalimétrie et otolithométrie pour cette espèce de poisson nous semble beaucoup plus crédible que celle obtenue par les progressions modales.

La scalimétrie et l'otolithométrie nous permettent d'obtenir des valeurs nettement plus précises du temps vécu par les poissons. Le recours à ces méthodes reste un outil complémentaire aux autres méthodes pour l'estimation des paramètres de croissance de *L. miodon* au lac Kivu. La poursuite de l'étude de *L. miodon* sur base des pièces osseuses est souhaitable à l'avenir.

BIBLIOGRAPHIE

AHRENHOLZ, D.W., DW., FITZHUGH, G., R., & RICE, J.A., 1995. Confidence of otolith ageing through the juvenile stage for Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*. IN Fishery Bulletin 93 : 209-216

AMANE, H. , YAMASHITA, Y., & KAWAGUCHI, K., & ISHII, T., 1989. Rearing method and daily otolith ring of Japanese Sardine Larvae. Ippon suisan Gakkaishi 55(6), 997-1000

AMANE, H. & YAMASHITA, Y., 1994. Growth and daily otolith increments of reared round herring *Etrumeus teles* larvae. Fisheries Science 60 (5), 619

BAGENAL , T.B & TESCH., F.W. 1978. Age and growth 101-136 in T.B. Bagenal , editor, Methods for the assessment of fish production in freshwater, 3rd edition. Blackwell Science Publications, Oxford, England.

BARNES, T.J & FOREMANT, J., 1994. Recent evidence for the formation of annual growth increments in the otoliths of young Pacific sardines (*Sardinops sagax*). In Calif. Fish and Game (80)1 : 29-35

BEVERTON, R.J.H , 1963. Maturation growth and mortality of Clupeid and Engraulid stocks in relation to fishing. Conseil Permanent de l'Exploration de la Mer. Rapport 154 : 44 - 67

CAMPANA , S.E. & NEILSON, J.D., 1985. Microstructure of fish otoliths. Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences 42: 1014-1032.

CAPART, A., 1960. Le lac Kivu. Les Naturalistes Belges , Tome 41 N° 10, 397-417.

CHAUVELON, P. & BACH, P., 1994. Relation entre la densité des microstries et le rayon de l'otolithe compatible avec le modèle de von Bertalanffy : application à *Lutjanus sebae* (Cuvier, 1828) aux Seychelles. SFA/R & D/027

COLLART, A., 1960 - L'introduction du *Stolothrissa tanganyikae* (Ndagala) au lac Kivu. Bull. Agric. Congo Belge, 51, 975-985.

CRUL, R.C.M. & ROEST, F.C., 1995 - Current status of the fisheries and fish stocks of the four largest African reservoirs : Kainji, Kariba, Nasser/Nubia, and Volta. CIFA Technical Paper, N° 30. Rome FAO. 134p.

Be BONT, A.F., 1967. Some aspects of age and growth of fish in temperate and tropical waters. In S. D. Gerking (Ed.). The biological basis of freshwater fish production , 67-88

DAGNELIE, P, 1970 - Théorie et Méthodes Statistiques - Applications agronomiques , Vol I&II, Ed. Duculot, S.A-Gembloux

DRAGANIK, B. & KUCZYNSKI, J. , 1993.- A review of growth rate of the baltic flounder (*Platichthys flesus* (L)) derived from otolith measurements .

DE IONGGH, H.H., SPLIETHOFF, PC. & FRANK, V.G. 1983 - Feeding habits of the Clupeid *Limnothrissa miodon* (Boulenger), in lake Kivu. Hydrobiologia, 102, 113-122.

DESCY, J.P , 1990 - Etude de la production planctonique au lac Kivu. Projet PNUD/FAO - RWA/87/012. Rapport de mission (26/09/90-08/10/90), 34p.

FEYTMANS, E., GENETTE, A. & GOHY, J.M., 1988. - Statistique élémentaire pour les sciences bio-médicales -Apprentissage par lamicro-informatique. De Boeck-Wesmael, s.a, Bruxelles. 168 p.

FEYTMANS , E. 1991 - Notes de cours de Statistique appliquée aux Sciences biomédicales à l'usage des étudiants de Sciences et de Sciences Vétérinaires- Inédit, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix- Namur, Belgique 175 p.

FOURNIRET, Y 1992. - Etude du zooplancton du lac Kivu et relations avec son prédateur : *Limnothrissa miodon* (échantillonnage de mai - juin 1990). Rapport scientifique UNECED, 16 p.

GAULDIE, R.W., 1995 - Biological history and age estimate from the zones, checks, and microincrements of the otolith of the alfonsin, *Beryx splendens* (Berycidae). IN *Cybium* , 19 (2) : 107-129.

GOURENNE, G. & TEUGELS, G.G., 1988, A new species of herring-like fish *Microthrissa* (Pisces, Clupeidae, Pellonulinae) from the Zaire basin, Central Africa. *Cybium*, 12 (4) 357-363.

GOURENNE, G. 1988. Révision systématique des Clupéidae d'eau douce de l'Ouest et du Centre Africain: Morphologie, Biométrie, Ostéologie et Zoogéographie des genres *Pellonula*, *Odaxothrissa*, *Cynothrissa*, *Poecilothrissa* et *Microthrissa*. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse, 256 p.

HANEK, G. 1989 - Rapport de voyages n°s 46-60 du projet PNUD/FA0-RWA/87/012. Gisenyi , projet/87/012, 117 p. RWA/87/012/DOC/TR/16

KANINGINI, M. 1994 - Etude de la croissance, de la reproduction et de l'exploitation de *Limnothrissa miodon* au lac Kivu, bassin de Bukavu (Zaire). Dissertation présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences. Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix-Namur, Belgique, 211p.

LAMBOEUF, M., 1989. - Estimation de l'abondance du stock d'Isambaza (*Limnothrissa miodon*), résultats de la prospection acoustique de septembre 1989. Gisenyi, Projet, Projet /RWA/87/012, 13 p. RWA/87/012/DOC/TR/46.

LANGERMAN, J.D, 1979. - The Biology *Limnothrissa miodon* in lake Kariba. The Rhodesian Science News. 13? 106-107.

LAUZANNE, L. 1978.- Croissance de *Sarotherodon galilaeus* (Pisces, Cichlidae) dans le lac Tchad. Cybium 3è série , 1978, 3 , 5-14.

LAYS, F. 1979. - Contribution à l'étude écologique d'un poisson Clupeide , *Limnothrissa miodon* introduit dans le lac Kivu, au Rwanda. Mémoire présenté pour l'obtention du grade d'ingénieur agronome. Université Catholique de Louvain, faculté des Sciences agronomiques, 132 p.

MAHY, G. 1981, Synthèse des résultats des recherches effectuées par l'UNR (Octobre 79 - mai 81) et par les experts associés (février-décembre 80), sous la direction du professeur Gérard MAHY, de l'UNR. Projet RWA/77/010 Développement de la pêche au lac Kivu, Revue tripartite - juin 1981, 10 p.

MANNINI, P., 1990. Paramètres de la population de *Limnothrissa miodon* du lac Kivu (1980-1989) . Projet de Développement de la Pêche au lac Kivu, Document de travail N° 32, 40p.

MARSHALL, B.E., 1988. - Why are sardines in lake Kariba so small? The Zimbabwe Science News, 22, 31-35.

MARSHALL, B.E., 1984. Small pelagic fishes and fisheries in African inland waters. Espèces de petits pélagiques et leurs pêcheries dans les eaux intérieures de l'Afrique., CIFA Tech. Pap./Doc. Tech. CPCA, 14,25.

MARSHALL, B.E; MUBAMBA, R. ,1993 - Papers presented at the Symposium on Biology, Stock Assessment and Exploitation of Small Pelagic Fish Species in the African Great Lakes Region. Bujumbura, Burundi, from 25 to 28 November 1992. CIFA Occasional Paper. N°19, Rome, FAO. 1993. 270 p.

MATTHET, H., 1965-1966,. Preliminary investigations into the Biology of the lake Tanganyika Clupeidae. Fish. Res. Bull. Zambia, 4, 39-45

MERAYO, C.R. & VILLEGAS, 1994. Age and growth of *Trisopterus luscus* (Linnaeus, 1758) (Pisces, Gadidae) of the coast of Asturias. Hydrobiologia 281: 115 -122

MERONA, B. 1983. - Modèle d'estimation rapide de la croissance des poissons . Application aux poissons d'eau d'Afrique. Rev. Hydrobiol. Trop.,16 (1), 103-113.

MICHA, J.-C., 1971. Densité de population , âge et croissance du barbeau *Barbus barbuis* (L.) et de l'ombre *Thymallus thymallus* (L.) dans l'Ourthe; In Ann. Hydrobiol.2 (1), 47-68

MICHA, J.-C., PLISNIER, P.-D. & FRANK, V.G., 1988. Biologie et exploitation des poissons du lac IHEMA (Bassin Akagera, Rwanda). O.R.T.P.N - A.G.C.D., C.E.C.D.EL. (ULg), P.U.Namur, 212 p.

MICHA, J.C., 1994 - Ecologie des Eaux douces - Notes de cours- Inédit, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix-Namur, Belgique

MIRANDA, E.W., 1994 - Validation of annuli of the South African anchovy, *Engraulis capensis*, using daily otolith growth increments. In ICES J. mar. Sci, 51: 233-234

MOKSNESS, E & WESPESTAD, V. 1989. Ageing and back-calculating growth rates of herring larvae (*Clupea harengus* L.) by otolith microstructure. ICES J. mar.Sci., 48, 61-66.

MOKSNESS, E;, 1992. Validation of daily increments in the otolith microstructure of Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.). ICESJ. mar. Sci. 49, 231-235

MORALES-NIN,B. 1987 - Ultrastructure of the organic and inorganic constituents of the otoliths of the sea bass . In The Age and Growth of Fish, edited by Robert C. Summerfelt and Gordon E. Hall, The Iowa State University Press, Ames, Iowa

MORALES-NIN, B. 1995. - Age and growth of three species of lake Victoria determined by means of otolith daily growth rings. NAGA , THE ICLARM QUARTERLY, January : 39-41

MOREAU, J. & al., 1988. Les introductions d'espèces étrangères dans les eaux continentales africaines. Intérêt et limites. In **LEVEQUE, BRUTON & SSENTONGO (Ed.)**, Biologie et Ecologie des poissons d'eau douce africains, ORSTOM, Paris, 395-425.

MTSAMBIWA, MZ., 1992. - Fitting a von Bertalanffy growth model to length at age data for larval *Limnothrissa miodon* from lake Kariba. FAO/CIFA Occasional Paper (19) , 68-74.

MUGHANDA, M., 1989. - Etude du peuplement piscicole du lac Ihema (Rwanda) et de l'exploitation des *Tilapia* spp. A. SMITH 1840 (Pisces, Cichlidae) et de *Clarias gariepinus* BURCHELL 1822 (Pisces, Clariidae) en relation avec quelques variables abiotiques et biotiques. Thèse de doctorat en Sciences . UCL, Louvain-La-Neuve: 202 p.

MULIMBWA, N., 1991, Life cycles, growth and spawning seasons of Ndakala, *Stolothrissa tanganyicae* and *Limnothrissa miodon*, in the northwestern part of Lake Tanganyika. In KAWANABE and NAGOSHI (Ed.), Ecological and limnological study on Lake Tanganyika and its adjacent regions, 45-46.

MULIMBWA, N. & SHIRAKIHARA, K. 1994. - Growth, Recruitment and Reproduction of Sardines (*Stolothrissa tanganyikae* and *Limnothrissa miodon*) in Northwestern Lake Tanganyika in TROPICS Vol. 4(1) 57-67

NEDELEC, C., 1982. Définition et Classification des catégories d'engins de pêche, FAO, Doc. Tech. Pêche, (222): 51 p.

NIMUBONA, S., 1979. Contribution à l'étude du poisson *Limnothrissa miodon* . Clupéide endémique du lac Tanganyika. Inédit.

Mémoire présenté pour l'obtention du grade d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Bujumbura.

NOISET, J.L., 1994 - Dynamique de populations et exploitation de trois Cichlidae (Teleostei) de la zone inondable de la rivière San Pedro (Tabasco, Mexique). Dissertation présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences - Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur-Belgique, 409 p.

PANELLA, G, 1974. Otolith growth patterns : an aid in age determination in temperate and tropical fishes. In **BAGENAL (Ed.)** Ageing of fishes, Unwin Brothers LTD, England, 26-39

PANFILI, J., M.-C & CRIVELLI, A.J., 1994 Sources of variation in growth of the European eel (*Anguilla anguilla*) estimated from otoliths. In Can. J.Fish. Aquat. Sci. 51 : 506 -515`

PHILIPPART, J., 1970. Age et croissance de *Leuciscus leuciscus* (L), *Leuciscus cephalus* (L), et *Chondrostoma nasus* (L.) poissons Cyprinidae dans l'Ourthe. Université de Liège , Facultés des Sciences , Département de Biologie Générale, Laboratoire de l'Aquarium, Liège : 173 p.

PHILIPPART, J. 1975 - Dynamique des populations de poissons d'eau douce non exploités - Ed. MASSON ET Cie, Paris VI , 393 p.

PLISNIER, P-D. ,1990. - Ecologie comparée et exploitation rationnelle de deux populations d'*Haplochromis* spp. (Teleostei, Cichlidae) des lacs Ihema et Muhazi (Rwanda). Dissertation présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences Agronomiques, Unité des Eaux et Forêts, 328 p.

RICKER, W.E 1979. - Growth rates and models, In **HOAR, RANDALL & BRETT (Ed.)**, Fish physiology. New York, 8,677-743.

RICKER, W.E 1980. Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. Bull. Fish. Res. Board Can. 191F., 409 p.

ROBERTS, C.S. & GORDON , E.H. 1987. - Age and Growth of Fish, 1987., The Iowa State University Press, First Edition , 544 p.

RUZICKA, J.J. 1992. Otolith techniques to study age and growth of larval *Notothenia gibberifrons* and *Nototheniops larseni*. Antarctic journal of the United States, Review Volume XXVII-N°. 5

SPARRE, P. , 1989 - Introduction to tropical fish stock assessment. Part I : Manual. FAO Fish.Tech. Pap.N° 306/1. Rome, FAO, 337 p.

SNOEKS, J. 1994 - The Haplochromines (Teleostei, Cichlidae) of lake Kivu (East Africa) : a taxonomic revision with notes on their ecology. Musée Royale de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique, Annales Sciences Zoologiques Vol. 270. 221 p.

SHOUKRI N. MESSIEH, DAVID, S.M. & PETER, R.1987.- Estimation of age and growth of larval Atlantic herring as inferred from examination of daily growth increments of otoliths . In The age and Growth of Fish, edited by **ROBERT C. SUMMERFELT & GORDON E.H.**, The Iowa State University Press, Ames, Iowa

TANAKA, R., 1981. Effects of photoperiod and feeding on daily growth patterns in otoliths of juvenile *Tilapia nilotica.*, Fishery Bulletin, U.S. 79:459-466.

TAYLOR, C.C 1962. - Growth equation with metabolic parameters. Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer 27 : 270-286

VERBEKE, 1957. Recherches écologiques sur la faune des grands lacs de l'Est Congo Belge. Explor. Hydrobiol. Lacs Kivu, Edouard et Albert (1952-54). Inst. Roy. Sci. Nat.Belg., B 3 (1), 177 p.

Annexes

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 Résultats des mesures d'écaillés présentant des marques de croissance
- Annexe 2 Résultats de la détermination de stries des larves de *L. miodon* récoltées dans le lac.
- Annexe 3 Nombre de stries d'otolithes de *L. miodon* du lac gardées en cage pendant 7 jours, en juillet 1994.
- Annexe 4 Nombre de stries d'otolithes de larves de *L. miodon* du lac Kivu gardées en aquarium pendant 10 jours.
- Annexe 5 Nombre de stries d'otolithes de larves de *L. miodon* du lac Kivu gardées en cage pendant 15 jours, en juillet 1994.
- Annexe 6 Nombre de stries d'otolithes de larves de *L. miodon* de durée de vie contrôlée en aquarium pendant 30 jours.
- Annexe 7 Nombre de stries d'otolithes de larves de *L. miodon* du lac Kivu gardées en aquarium pendant 30 jours.
- Annexe 8 Tableau d'analyse de la variance dans le cas de la relation entre le nombre de stries et les jours de captivité des larves de *L. miodon* en cage (février à juillet 1994).
- Annexe 9 Tableau d'analyse de la variance dans le cas de la relation entre le nombre de stries et les jours de captivité des larves de *L. miodon* en aquarium (Décembre 1993, février et juillet 1994).
- Annexe 10 Quelques formules utilisées dans le calcul

Annexe 1 : Résultats des mesures d'écaillés de *L.miodon* présentant des marques de croissance

Lt(mm)	S(mm x50)	Sn1(mmx50)	Sn2(mmx50)	Ltn1(mm)	Ltn2(mm)	Sexe	Age(+)
119	80	71		107		F	1
120	75	70		113		F	1
122	65	57		108		F	1
124	97	89		115		F	1
125	96	76		101		F	1
126	86	75		111		F	1
127	77	70		116		F	1
130	90	75		110		F	1
130	80	75		123		F	1
131	83	64		104		F	1
132	82	70		114		F	1
132	87	75		115		F	1
133	89	72		110		F	1
100	65	59		92		M	1
102	60	52		90		M	1
111	85	70		93		M	1
113	73	70		109		M	1
114	72	63		101		M	1
114	73	61		97		M	1
115	77	65		99		M	1
116	65	52		95		M	1
116	73	60		97		M	1
118	64	52		98		M	1
120	80	65		100		M	1
121	69	56		100		M	1
121	77	65		104		M	1
122	82	74		111		M	1
127	88	78		114		M	1
117	75	58	69	93	109	F	2
119	81	65	72	98	107	F	2
131	77	48	65	86	112	F	2
133	91	65	79	98	117	F	2
137	95	68	79	101	116	F	2
117	67	55	65	98	114	M	2
120	80	59	70	91	106	M	2
120	70	57	68	100	117	M	2
120	74	61	72	101	117	M	2
121	74	55	70	93	115	M	2
122	80	56	75	89	115	M	2
122	82	58	77	90	115	M	2

Légendes : Ltn =taille du poisson à la formation du nième annulu; Sn = rayon antérieur de l'écaillé de poisson jusqu'à l'annulus; S = rayon antérieur de l'écaillé de poisson à la capture

Annexe 2 Résultats de la détermination de stries des larves de *L. miodon* récoltées dans le lac.

Lt(mm)	Poids(g)	Lotolithe(mm)	Nombre de stries			Moyenne	S
			Intervalle	Lec1	Lec2		
			70-80	14	18	16	
			80-90	12	11	11	
			90-100	12	13	14	
14	0,006	0,144	total	38	42	41	40 2
			70-80	14	18	11	
			80-90	10	11	11	
			90-100	12	9	14	
14	0,006	0,143	total	36	38	36	37 1
			0-10	9	8	10	
			010-20	10	9	12	
			20-30	11	11	12	
			30-35	11	11	12	
15	0,012	0,169	total	41	39	46	42 4
			20-30	11	12	10	
			30-40	11	10	14	
			40-50	13	11	10	
15	0,012	0,167	total	35	33	34	34 1
			0-10	9	10	9	
			010-20	10	10	11	
			20-30	8	8	7	
			30-40	6	7	7	
			40-50	6	7	7	
			50-60	12	11	12	
16	0,014	0,319	total	51	53	53	52 1
			010-20	6	7	6	
			20-30	11	10	10	
			30-40	14	11	13	
			40-50	12	13	13	
17	0,019	0,181	total	43	41	42	42 1
			50-60	11	12	13	
			60-70	10	11	10	
			70-80	7	10	8	
			80-90	10	11	8	
17	0,019	0,181	total	38	44	39	40 3
			50-60	11	12	13	
			60-70	12	11	9	
			70-80	9	10	8	
			80-90	10	11	8	
18	0,03	0,189	total	42	44	38	41 3
			60-70	12	10	10	
			70-80	8	8	8	
			80-90	9	9	9	
			90-100	11	9	10	
18	0,02	0,214	total	40	36	37	38 2
			010-20	8	7	8	
			20-30	10	11	10	
			30-40	10	11	10	
			40-50	11	10	11	
			50-60	7	6	8	
19	0,026	0,222	total	46	45	47	46 1
			0-10	13	11	12	
			010-20	10	9	11	
			20-30	11	13	11	
			30-40	12	11	11	
19	0,031	0,236	total	46	44	45	45 1
			0-10	12	10	11	
			010-20	12	11	10	
			20-30	11	11	10	
			30-40	10	11	10	
			40-50	9	9	10	
20	0,034	0,292	total	54	52	51	52 2
			0-10	10	12	11	
			010-20	9	11	10	
			20-30	9	10	9	
			30-40	6	7	7	
			40-50	8	7	7	
			50-60	5	7	6	
21	0,04	0,3	total	47	54	50	50 4

Annexe 3 Nombre de stries d'otolithes de *L. miodon* du lac gardées en cage pendant 7 jours, en juillet 1994.

Lt(mm)	Poids(g)	Lot(mm)	Intervalle	Nombre de stries			Moyenne	S
				Lec1	Lec 2	Lec3		
			40-50	12	13	12		
			50-60	8	9	9		
			60-70	8	8	8		
			70-80	8	7	9		
			80-90	6	7	7		
			90-100	7	7	8		
17	0,014	0,28	total	49	51	53	51	2
			40-50	12	13	11		
			50-60	8	9	8		
			60-70	9	8	8		
			70-80	9	9	8		
			80-90	6	7	6		
			90-100	6	7	7		
17	0,015	0,281	total	50	53	48	50	3
			20-40	15	15	17		
			40-50	9	10	9		
			50-60	9	10	8		
			60-70	10	11	10		
			70-80	16	18	15		
21	0,056	0,322	total	59	64	59	61	3

Annexe 4 Nombre de stries d'otolithes de larves de *L. miodon* du lac Kivu gardées en aquarium pendant 10 jours.

Lt(mm)	Poids(g)	Lotolithe(mm)	Nombre de stries			Moyenne	S
			Intervalle	Lec1	Lec2		
			0-10	10	11	11	
			010-20	11	12	13	
			20-30	14	11	10	
14	0,006	0,15	total	35	34	34	34 1
			0-10	10	11	11	
			010-20	11	12	9	
			20-30	12	11	10	
14	0,08	0,151	total	33	34	30	30 2
			010-20	12	11	13	
			20-30	10	10	11	
			30-40	12	13	11	
15	0,012	0,15	total	34	34	35	34 1
			0-10	12	13	14	
			010-20	11	12	12	
			20-30	14	12	14	
15	0,01	0,142	total	37	37	40	38 2
			0-10	12	8	11	
			010-20	12	10	13	
			20-30	9	11	13	
			30-45	12	13	11	
16	0,014	0,183	total	45	42	48	45 3
			0-10	14	15	14	
			010-20	10	12	15	
			20-30	15	14	12	
16	0,014	0,144	total	39	41	41	40,333 1
			0-10	10	14	15	
			010-20	15	15	12	
			20-30	16	14	14	
16	0,013	0,144	total	41	43	41	41,667 1

Lt(mm)	Poids(g)	Lot(mm)		Nombre de stries			Moyenne	S
				Lec1	Lec2	Lec 3		
			0-10	10	11	12		
			010-20	12	11	12		
			20-30	10	10	9		
			30-40	8	9	10		
			40-50	12	10	12		
			50-60	16	17	15		
19	0,265	0,265	total	68	68	70	69	1,155
			0-10	8	7	6		
			010-20	11	10	10		
			20-30	10	9	10		
			30-40	10	10	11		
			40-50	16	14	17		
			50-60	14	12	10		
18	0,036	0,264	total	69	62	64	65	3,606
			20-40	15	15	17		
			40-50	9	10	9		
			50-60	9	10	8		
			60-70	10	11	10		
			70-80	13	12	14		
20	0,051	0,321	total	56	58	58	57	1,155
			20-40	15	15	17		
			40-50	9	10	9		
			50-60	9	10	9		
			60-70	10	16	10		
			70-80	16	18	15		
21	0,056		total	59	69	60	63	5,508

Annexe 5 · Nombre de stries d'otolithes de larves de *L. miodon* du lac Kivu gardées en cage pendant 15 jours, en juillet 1994.

Lt(mm)	Poids(g)	Lotolithe(mm)	Nombre de stries			Moyenne	S
			Intervalle	Lec1	Lec2		
			0-10	7	8	7	
			010-20	8	9	8	
			20-30	8	7	8	
			30-40	7	8	7	
			40-50	7	7	7	
			50-60	8	9	9	
			60-70	7	8	7	
			70-80	8	9	8	
			80-90	9	9	10	
			90-100	14	16	13	
30	0,22	0,569	total	83	90	84	86 4
			0-20	15	14	13	
			20-30	10	9	11	
			30-40	9	10	9	
			40-50	9	8	9	
			50-60	7	8	8	
			60-70	8	7	9	
			70-80	7	8	8	
			80-90	8	7	8	
			90-100	13	11	14	
30	0,265	0,564	total	86	82	89	86 4
			0-10	14	15	15	
			010-20	10	10	9	
			20-30	9	10	9	
			30-40	8	9	9	
			40-50	10	9	9	
			50-60	9	10	9	
			60-70	8	7	8	
			70-80	8	7	7	
			80-90	12	10	10	
			90-100	7	8	7	
30	0,216	0,565	total	95	95	92	94 2
			40-50	14	15	12	
			50-60	15	12	11	
			60-70	11	12	14	
			70-80	13	11	10	
			80-90	12	11	14	
			90-100	10	11	13	
31	0,235	0,564	total	75	72	74	74 2
			20-30	8	14	10	
			30-40	14	13	12	
			40-50	14	15	12	
			50-60	15	12	11	
			60-70	11	12	14	
			70-80	13	11	10	
			80-90	12	11	14	
			90-100	10	11	13	
33	0,314	0,572	total	97	99	96	97 2
			0-10	15	16	18	
			010-20	14	12	11	
			20-30	8	14	10	
			30-40	14	13	12	
			40-50	14	15	12	
			50-60	15	12	11	
			60-70	11	12	14	
			70-80	13	11	10	
			80-90	12	11	14	
			90-100	10	11	13	
34		0,581	total	126	127	125	126 1

Annexe 6 Nombre de stries d'otolithes de larves de *L. miodon* de durée de vie contrôlée en aquarium pendant 30 jours.

Lt(mm)	Poids(g)	Lotolithe(mm)	Nombre de stries			Moyenn	S
			Interval	Lec1	Lec2		
			50-60	9	9	9	
			60-70	11	11	12	
			70-80	10	14	10	
			80-90	13	12	13	
16	0,013	0,2	total	43	46	44	44 2
			50-60	10	11	12	
			60-70	11	10	12	
			70-80	12	14	13	
			80-90	5	6	6	
16	0,014	0,2	total	38	41	43	41 3
			40-50	11	11	12	
			50-60	9	12	12	
			60-70	10	10	12	
			70-80	10	9	11	
16	0,017	0,189	total	40	42	47	43 4
			40-50	10	13	12	
			50-60	11	10	14	
			60-70	12	14	13	
			70-80	5	5	6	
16	0,017	0,2	total	38	42	45	42 4
			30-40	11	13	12	
			40-50	13	11	12	
			50-60	9	8	10	
			60-70	5	4	4	
17	0,019	0,192	total	38	36	38	37 1
			40-50	11	12	11	
			50-60	10	10	10	
			70-80	8	8	8	
			80-90	3	3	3	
17	0,019	0,197	total	41	41	40	41 1
			40-50	11	12	11	
			50-60	10	10	10	
			60-70	9	8	8	
			70-80	8	10	8	
			80-90	3	6	5	
17	0,019	0,197	total	41	46	42	43 3
			40-50	10	10	13	
			50-60	8	13	10	
			60-70	11	8	9	
			70-80	9	13	10	
			80-90	13	11	12	
18	0,03	0,264	total	51	55	54	53 2
			0-10	9	10	10	
			010-20	12	11	12	
			20-30	10	12	10	
			30-40	11	11	12	
			40-50	12	11	12	
18	0,02	0,25	total	54	55	56	55 1
			40-50	10	13	11	
			50-60	9	9	9	
			60-70	11	13	12	
			70-80	15	16	14	
			80-90	13	12	14	
			90-100	6	5	7	
19	0,026	0,266	total	64	68	67	66 2

Annexe 7 : Nombre de stries d'otolithes de larves de *L.miodon* du lac Kivu gardées en aquarium pendant 20 jours en Décembre 1993

Lt(mm)	Poids(g)	Lotolithe(mm)	Intervalle	Nombre de stries			Moyenne	S
				Lec1	Lec2	Lec3		
			20-30	15	13	13		
			30-40	10	14	15		
			40-50	9	10	16		
			50-60	10	14	7		
16	0,011	0,33	total	44	51	51	49	4
			0-10	12	14	11		
			010-20	12	14	13		
			20-30	14	15	13		
			30-45	15	15	16		
18	0,027	0,253	total	53	58	53	55	3
			0-10	12	14	11		
			010-20	12	14	13		
			20-30	14	15	13		
			30-45	15	15	16		
18	0,024	0,25	total	53	58	53	55	3
			40-50	13	12	14		
			50-60	10	11	10		
			60-70	9	8	9		
			70-80	10	7	10		
			80-90	5	7	5		
18	0,0217	0,239	total	47	45	48	47	2
			0-10	16	18	19		
			010-20	19	23	26		
			20-30	14	15	18		
18	0,027	0,238	total	49	56	63	56	7
			40-50	13	15	14		
			50-60	10	11	10		
			60-70	9	8	9		
			70-80	10	9	10		
			80-90	5	7	6		
18	0,027	0,239	total	47	50	49	49	2
			40-50	13	11	12		
			50-60	11	12	10		
			60-70	12	13	14		
			70-80	10	12	14		
			80-90	14	9	13		
19	0,031		total	60	57	63	60	3
			0-10	3	4	5		
			010-20	7	8	7		
			20-30	7	7	8		
			30-40	11	10	10		
			40-50	10	9	11		
			50-60	13	14	12		
20	0,045	0,25	total	51	52	53	52	1

Annexe 9 Tableau d'analyse de la variance dans le cas de la relation entre le nombre de stries et les jours de captivité des larves de *L. miodon* en aquarium (Décembre 1993, février et juillet 1994).

PERIODE(j)	Source de variation	SCE	dl	CM	F
	Totale	1480,57	20		
	Factorielle	1129,14	6	188,19	7,50
10-20-30	Régression	961,14	1	961,14	38,29
	Ecart à linéarité	168,00	5	33,60	1,34
	Résiduelle	351,43	14	25,10	
0-10-20-30	Totale	1673,4	27		
	Factorielle	1213,1	6	202,2	9,225
	Régression	713,26	1	713,3	32,55
	Ecart à linéarité	499,88	5	99,98	4,561
	Résiduelle	460,29	21	21,92	

Annexe 10 Quelques formules utilisées dans le calcul

$$\begin{aligned}
 \text{SPE} &= \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij} (X_i - \bar{X}) = \sum_{i=1}^{n_a} (X_i - \bar{X}) \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij} \\
 &= \sum_{i=1}^{n_a} (X_i - \bar{X}) T_i = \sum_{i=1}^{n_a} X_i T_i - \bar{X} \sum_{i=1}^{n_a} T_i \\
 &= \sum_{i=1}^{n_a} X_i T_i - \bar{X} T
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SCE}_X &= \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{j=1}^{n_i} (X_i - \bar{X})^2 = \sum_{i=1}^{n_a} n_i (X_i - \bar{X})^2 \\
 &= \sum_{i=1}^{n_a} n_i X_i^2 - N \bar{X}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{SCE}_Y = \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{T^2}{N}$$

$$\text{SCE}_F = \sum_{i=1}^{n_a} \frac{T_i^2}{n_i} - \frac{T^2}{N}$$

$$\text{SCE}_{\hat{\gamma}} = \frac{\text{SPE}^2}{\text{SCE}_X}$$

$$\text{SCE}_N = \text{SCE}_F - \text{SCE}_{\hat{\gamma}}$$

$$\text{SCE}_R = \text{SCE}_Y - \text{SCE}_F$$