

ETUDE DE LA SELECTIVITE ALIMENTAIRE DE *LIMNOTHRISSA MIODON* AU LAC KIVU (Bassin d'Ishungu)

MASILYA Mulungula Pascal*, ISUMBISHO Mwapu* &
KANINGINI Mwenyimali Boniface*

RESUME. - Dans la présente étude, nous examinons la sélectivité alimentaire de *Limnothrissa miodon* au stade adulte, en zone pélagique du lac Kivu. Après détermination de l'importance de différentes proies dans les contenus stomacaux et intestinaux aussi bien que dans le milieu, les indices d'Ivlev et de Chesson ont été calculés. Leur analyse révèle que *Mesocyclops aequatorialis* et *Diaphanosoma excisum* sont deux espèces zooplanctoniques fortement sélectionnées par la sardine à ce stade au lac Kivu.

MOTS- CLES.- *Limnothrissa miodon*, sélectivité alimentaire, zooplancton

ABSTRACT. - In the present study we examine the food selectivity by adults *Limnothrissa miodon*, in the pelagic zone of the Lake Kivu. After determination of the importance of the different prey items in stomach and intestinal contents as well as in water column, Ivlev's and Chesson's indexes have been calculated. Their analysis reveals that *Mesocyclops aequatorialis* and *Diaphanosoma excisum* are the two zooplanktonic species greatly selected by the sardine at the adults stage in the Lake Kivu.

KEYWORDS. - *Limnothrissa miodon*, food selectivity, zooplankton

INTRODUCTION

Les introductions des espèces exotiques ont des conséquences écologiques importantes car elles affectent toujours la structure et le fonctionnement des communautés aquatiques endémiques (Lodge, 1993 in Declerck *et al.*, 2002). La prédation et/ou la compétition exercée par ces nouvelles espèces conduisent à des changements dans les abondances relatives de leurs espèces proies et/ou de leurs compétiteurs et peuvent conduire à leur extinction (Zaret et Paine, 1973 in Declerck *et al.*, 2002). Il a aussi été démontré que les espèces exotiques peuvent affecter le fonctionnement des communautés aquatiques endémiques en modifiant la chaîne alimentaire (Carpenter et Kitchell, 1933 in Liao *et al.*, 2002).

Le lac Kivu, situé dans le Rift Est, - Africain entre la RDC et le Rwanda, n'a attiré que très peu l'attention des scientifiques avant la réussite, sur le plan de la pêche (Spliethoff *et al.*, 1983), de l'introduction de *Limnothrissa miodon*, Clupéidé endémique du lac Tanganyika.

Les études limnologiques de ce lac ont mis en évidence d'importants changements de composition et de biomasse au sein de sa communauté planctonique après l'introduction de *L. miodon* (Verbeke, 1957 ; Reyntjens, 1982 ; Dumont, 1986 ; Descy et Fourniret, 1991 ; Kaningini *et al.*, 2003 ; Isumbisho *et al.*, 2006), incriminant ainsi ce dernier dont le stock fluctue saisonnièrement et annuellement (Spliethoff *et al.*, 1983 ; Lamboeuf, 1989, 1991 ; Lamboeuf *et al.*, 1989 ; Marshall, 1991). Les raisons de ces fluctuations restent inconnues mais l'on pense qu'elles seraient liées aux fluctuations de ses ressources alimentaires (Isumbisho *et al.*, 2006). Dans ce sens, une description des interactions entre la sardine et ses proies pourrait contribuer à élucider ce phénomène.

C'est dans cette perspective que la présente étude préliminaire vise à analyser la sélectivité alimentaire de *L. miodon* au stade adulte en milieu pélagique au lac Kivu. En effet, il a été démontré que les juvéniles de cette espèce sélectionnent les proies de plus grande taille (les cladocères) lorsque celles-ci sont disponibles (Isumbisho *et al.*, 2004). Ce phénomène n'a pas encore été analysé chez les adultes mais l'on sait déjà qu'ils sont éclectiques, allant jusqu'au cannibalisme (e.g. De longh *et al.*, 1983 ; Masilya *et al.*, 2005).

* Département de Biologie-Chimie, Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée (VERHA),
ISP/Bukavu, R.D. Congo

MATERIEL ET METHODES

L'étude a été menée dans le bassin d'Ishungu, qui présente les caractéristiques semblables au reste du lac Kivu, exceptés les baies de Bukavu et de Kabuno – Kashanga, qui semblent s'isoler du reste du lac (Isumbisho *et al.*, 2006).

Les échantillons ont été collectés au cours des 3 cycles de 24 heures de pêche organisés pendant la saison des pluies (le 30/03/06, le 14/04/06 et le 13/09/06), chaque cycle ayant été subdivisé en 8 tranches horaires de 3 heures d'intervalle. Au cours de chaque tranche horaire, les poissons ont été pêchés à l'aide des filets maillants de 10 mm des mailles d'entre – nœuds et le zooplancton a été collecté au centre de la zone de pêche en utilisant un filet à plancton de 100 µm des mailles sur 50 cm de diamètre d'ouverture.

Sur le terrain, après la pesée de toute la production, les mesures individuelles des tailles (Lt, Ls en mm) et des poids ont été effectuées respectivement en utilisant une planchette graduée et une balance de marque AND – FR – 200 MK II précise à 0,1 mg, sur un échantillon de 30 poissons au cours de chaque tranche horaire (quand les captures le permettaient). Les poissons étaient ensuite disséqués, le sexe et le stade de maturité sexuelle déterminés. Le tube digestif (estomacs et intestins) était retiré et conservé dans un pilulier étiqueté contenant du formol à 5 %. Le zooplancton contenu dans le collecteur du filet à plancton a été conservé aussi dans du formol à 5 %.

Au laboratoire, les échantillons de zooplancton étaient laissés à décanter pendant au moins 48 heures sur une surface plane pour être ramenés au volume final de 20 ml. L'observation et le comptage ont été réalisés sous microscope inverse. Les identifications ont été faites d'après Dussart (1967a, 1967b, 1982), Harding and Smith (1974), Pontin (1978), Amoros (1984) et Kořinek (1999).

Les estomacs conservés dans le formol étaient vidés de leur contenu qui était pesé et analysé. L'identification et le comptage des proies ont été réalisés sous microscope inverse au grossissement 100 fois. Les contenus de 36 intestins ont aussi été observés et les proies comptées. Les indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (Iv) et alimentaire (IA) (Hynes, 1950 ; Windel, 1968 ; Lauzanne, 1976 ; Hyslop, 1980 ; Ulyel, 1991) ont ensuite été calculés pour les contenus stomacaux tandis que pour ceux intestinaux, seuls les indices d'occurrence (Io) et d'abondance (Iab) ont été calculés. Pour mettre en évidence la sélectivité alimentaire des individus adultes de *L. miodon*, nous avons calculé et analysé les indices d'Ivlev (Ivlev, 1961) et de Chesson (Chesson, 1978).

L'indice d'Electivité d'Ivlev (Ei) se calcule de la manière suivante :

$$E_i = \frac{r_i - p_i}{r_i + p_i}$$

avec r_i : proportion de la proie i dans le bol alimentaire du prédateur et p_i : sa proportion dans le milieu de vie du prédateur.

Si $E_i > 1$: la proie i est sélectionnée

Si $E_i < 1$: la proie i n'est pas sélectionnée et ;

Si $E_i = 0$: le prédateur est indifférent face à la proie i .

Quant à l'indice de Chesson (α), il se calcule comme suit :

$$\alpha_i = \frac{r_i}{n_i} \left(\sum_{i=1}^m r_i / n_i \right)^{-1}$$

avec r_i : proportion de la proie i dans le bol alimentaire du prédateur ; n_i : sa proportion dans le milieu de vie du prédateur et m : le nombre total des proies disponibles pour le prédateur.

Si $\alpha_i > 1/m$: la proie i est sélectionnée

Si $\alpha_i < 1/m$: la proie i n'est pas sélectionnée et ;

Si $\alpha_i = 1/m$: le prédateur est indifférent face à la proie i .

Notons que seuls les indices des zooplanctons Copépodes et Cladocères ont été calculés, étant donné qu'ils constituent ses principales proies, mais aussi vu la difficulté d'échantillonner les autres proies dans le milieu.

Aussi, nous avons mesuré la taille de 103 Copépodes retrouvés dans le milieu d'échantillonnage et de 114 de ceux retrouvés dans les contenus stomacaux de *L. miodon* adultes.

Enfin, nous avons identifié et compté les proies entières retrouvées dans les intestins ; ce qui indiquerait que celles-ci n'ont pas été digérées au niveau de l'estomac.

RESULTATS

En analysant les résultats présentés dans la figure 1, on remarque que *L. miodon* manifeste une sélectivité sur deux types de proies zooplanctoniques. Il s'agit de *Mesocyclops aequatorialis* et *Diaphanosoma excisum* pour lesquels les valeurs de l'indice de sélectivité d'Ivlev sont positives et celles de l'indice de Chesson sont les plus élevées.

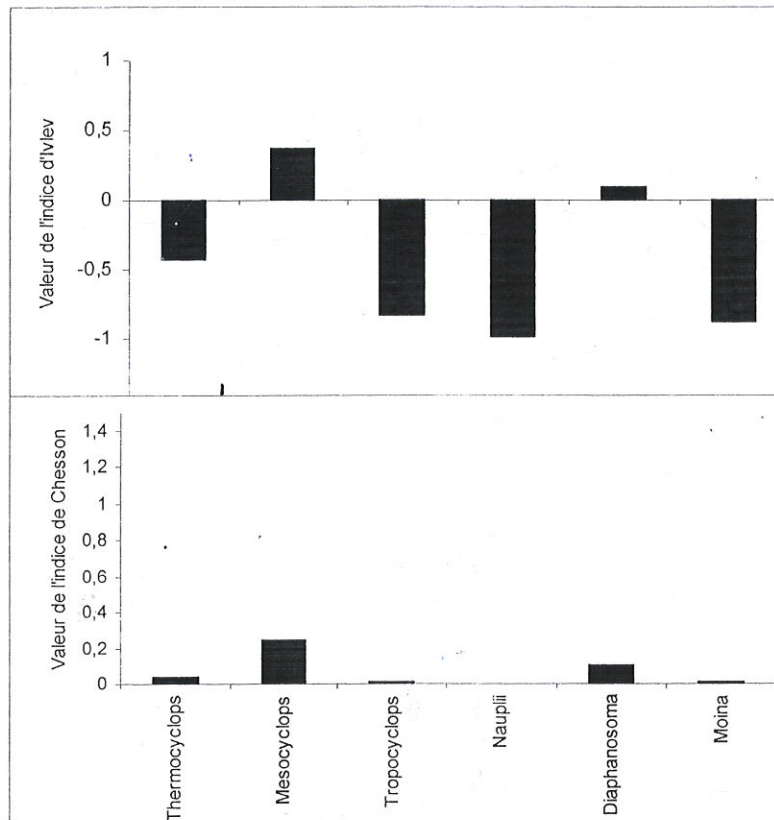


Figure 1 : Indices de sélectivité alimentaire des différentes proies zooplanctoniques consommées par *L. miodon* adultes.

Par ailleurs, la taille des proies copépodes retrouvés dans les bols alimentaires des individus de *L. miodon* examinés ($0,672 \text{ mm} \pm 0,124$) est comparable à celle des mêmes proies retrouvées dans le milieu où ils ont été capturés ($0,666 \text{ mm} \pm 0,129$) (Test t, $p < 0,05$) ; ce qui signifie que ces poissons se sont alimentés sur les proies disponibles dans le milieu. Cependant, comme le montre la figure 2 ci – dessous, les *L. miodon* adultes s'attaqueraient plus aux proies de grandes tailles ($> 0,70 \text{ mm}$ de longueur) qui représentent en effet 41,23 % d'individus trouvés dans les contenus stomacaux contre seulement 35,29 % d'individus de cette gamme trouvés dans leur milieu de vie.

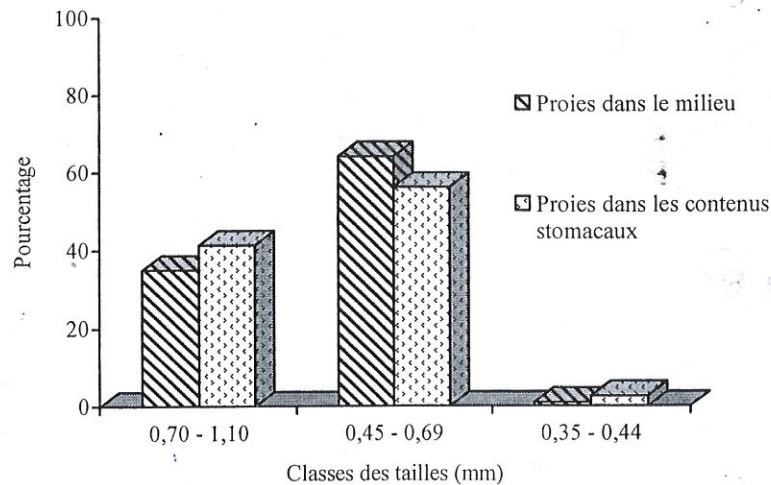


Figure 2 : Proportion de différentes classes des tailles du zooplancton dans les contenus stomacaux des *L. miodon* adultes et dans son milieu de vie.

Cette tendance à s'attaquer aux proies les plus visibles se remarque également dans les contenus intestinaux des *L. miodon* (Fig. 3). Dans les intestins, les *Microcystis* qui forment généralement de grosses colonies visibles même à l'œil nu sont les plus abondants (lab = 66.3 %) et les plus fréquents (lo = 97.2 %).

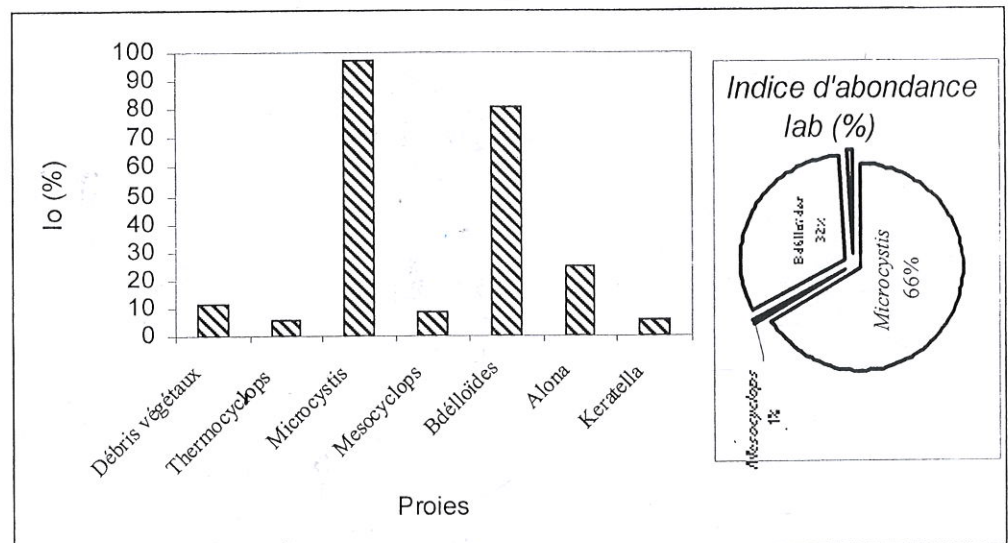


Figure 3 : Indices d'occurrences et d'abondance des proies retrouvées dans les intestins de *L. miodon*.

Cette figure montre également une part non négligeable des Bdelloïdes (lab = 32.28 %) dans les contenus intestinaux des *L. miodon*.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les indices d'électivité d'Ivlev et de Chesson montrent que, dans la zone pélagique du lac Kivu, *L. miodon* adulte sélectionne fortement deux espèces de zooplancton, *Mesocyclops aequatorialis* et *Diaphanosoma excisum*. Ainsi, la visibilité dépend de la coloration du corps et/ou de certains organes du corps et de la taille des proies, deux facteurs importants qui dictent le choix des proies par la sardine. En effet, la visibilité de *M. aequatorialis* se justifierait par le fait qu'il s'agit de l'espèce zooplanctonique de plus grande taille dans ce lac (Isumbisho, 2006). Pour le Cladocère, *D. excisum*, tout en étant de petite taille et

transparent, ce qui le rendrait invisible, possède cependant un œil médian noir (Korinek, 1999) et nage lentement mais continuellement (Giussani, 1974; Skurdal *et al.*, 1985; Kerfoot & Sih, 1987 *in* Mookerji *et al.*, 1998). Cela le rend alors plus visible pour être facilement prédaté que les Copépodes, de même taille que lui (*Tropocyclops confinis*) et même plus grande que lui (*Termocyclops consimilis*) (Isumbisho *et al.*, 2006), qui nagent rapidement même si c'est d'une manière discontinue et qui possèdent beaucoup d'aptitudes évatives (Giussani, 1974; Skurdal *et al.*, 1985; Kerfoot & Sih, 1987 *in* Mookerji *et al.*, 1998). Comme il nage lentement, son prédateur dépense alors moins d'énergie pour sa capture. Dans ce sens, Paŭgy et Lévêque (1999) signalent que la meilleure proie pour un prédateur est théoriquement celle qui, dans un contexte donné, lui apporte le maximum d'énergie pour un coût de capture minimal.

Cette technique de chasse visuelle utilisée par *L. miodon*, observée aussi par Mandima (1999) au lac Kariba, comme mode de sélection des proies, a comme conséquence la réduction des tailles du zooplancton et même la disparition des organismes de plus grande taille (Hrbacek *et al.*, 1958 *in* Wetzel, 1975; Lazzaro, 1987; Northcote 1988 *in* Zagarese, 1991). Dans ce sens là, ce sont les herbivores qui sont les plus exposés car les plus visibles (Stenson, 1997 *in* Zagarese, 1991; Mills *et al.*, 1987 *in* Zagarese, 1991 et Luecke et Litt, 1987 *in* Zagarese, 1991). C'est ce qui a été observé au lac Kivu après l'introduction de *L. miodon* où à côté de la disparition de certaines espèces de zooplancton de grande taille (Dumont, 1986), la taille moyenne du zooplancton a baissé (Dumont, 1986; Fourniret, 1992; Descy et Fourniret, 1991) et, les observations faites par Isumbisho (2006) indiquent que *D. excisum* est l'espèce zooplanctonique dont la taille a fortement été affectée, vraisemblablement par la prédation de la sardine.

La forte abondance des Cyanobactéries (*Microcystis sp.*) dans les intestins (lab = 66.3 %) de *L. miodon* traduit qu'ils ne sont pas digérés au niveau de l'estomac et qu'ils seraient mal ou pas digérés du tout par ce dernier. En effet, Fish (1960), Moriarty (1973) et Caulton (1976) ont montré que la transformation de la pectine, abondante dans la paroi des Cyanobactéries (algues bleues), en acide pectique chez les poissons se réalise au niveau de l'estomac suite à une activation par le jus gastrique de l'enzyme lysant cette paroi, lyse pouvant être provoquée aussi par un pH stomacal faible (autour de 1,5) et que les poissons qui ne remplissent pas ces deux conditions ou l'une des deux digèrent mal cette proie susmentionnée. Une étude approfondie sur la digestibilité des proies consommées par *L. miodon* et sur sa physiologie nutritive est donc très importante pour élucider cet aspect.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amoros, C. (1984) Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. Crustacés Cladocères. Bull. Soc. Linnéenne Lyon, 53(3), 72-107.
- Beadle, L.C. (1974): The inland Waters of Tropical Africa. An introduction to Tropical Limnology, Longman, London, 322p.
- Beukers-Stewart, B.D. and Jones, G.P. 2004. The influence of prey abundance on the feeding ecology of two piscivorous species of coral reef fish. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 299: 155 – 184.
- Caulton, M.S. (1976). The importance of pre-digestive food preparation to *Tilapia rendalli* Boulenger when feeding on aquatic macrophytes. *Trans. Rhod. Sci. Ass.* 57 (3): 22 – 28.
- Chesson, J. (1978). Measuring preference in selective predation. *Ecology* 59: 211 – 215.
- Cochrane, K.L. (1978). Seasonal fluctuations in the catches of *Limnothrissa miodon* (Boulenger) in lake Kariba. Thesis, Master of Philosophy, University of Rhodesia. 157 p.
- Collart, A. (1960). Le lac Kivu. Les naturalistes belges 41 : 397 – 417.
- De longh, H.H., Spliethoff, P. C. and Frank, V.G. (1983). Feeding habits of the Clupeid *Limnothrissa miodon* (Boulenger) in Lake Kivu. *Hydrobiologia* 102: pp. 113 – 122.
- Descy, J.P. et Fourniret, Y. (1991) : Quelques données récentes sur la production planctonique du lac Kivu (Rwanda). In VERNET, P. (ed.): „Hommage à F.A. Forel“, 3è CILEF, Morges, Suisse, pp.147 – 149
- Dumont, H.J. (1986): The Tanganyika sardine in lake Kivu : Another Ecodisaster for Africa? *Environnemental conservation*.
- Dussart, B. (1967a). Les copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale. I. Calanoïdes et Harpacticoïdes. Boubée and Cie, Paris, 500 pp.

- Dussart, B. (1967b). Les copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale. II. Cyclopoïdes et Biologie. Boubée and Cie, Paris, 292 pp.
- Dussart, B. (1982). Faune de Madagascar: crustacés copépodes des eaux intérieures. ORSTOM-CNRS, Paris, 146 pp.
- Fish, G.R. (1960). The comparative activity of some digestive enzymes in the alimentary canal of Tilapia and Perch. *Hydrobiologia* 15:161 – 178.
- Fourniret, Y. (1992). Etude du zooplancton du lac Kivu et relations avec son prédateur : *Limnothrissa miodon* (échantillonnage de mai - juin 1990) . Rapport scientifique, UNECED, 16p.
- Hanek, G.J., Baziramwabo, T., Reusens, M., Bru, H. et Diquelou, J. (1988) : La pêche d'Isambaza (*Limnothrissa miodon*) au lac Kivu. Projet FAO – RWA/87/012/DOC/TR/06 (Fr). 90 p.
- Harding, J. P. and Smith, W. A. (1974). A key to the British freshwater cyclopoid and calanoid copepod with ecological notes. *Freshw. Biol. Assoc.*, 18, 54.
- Hynes, H.B.N. (1950). The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungutius*) with a review of methods used in studies of the food of fishes. *J. Anim. Ecol.* 19: pp 36 – 58.
- Hyslop, E.J. (1980). Stomach contents analysis – a review of methods and their application. *J. Fish Biol.* 17: pp 411 – 429.
- Isumbisho, M. (2000) : Régime alimentaire des larves et juvéniles de *Limnothrissa miodon* (Boulenger, 1906) dans le lac Kivu, R.D. Congo. Mémoire de DES, Liège, 32p.
- Isumbisho, M., Kaningini, M., Descy, J.-P. and Baras, E. (2004). Seasonal and diel variations in diet of the young stages of *Limnothrissa miodon* in Lake Kivu, Eastern Africa. *Trop. Ecol.*, 20: pp. 73 – 83.
- Isumbisho, M., Sarmiento, H., Kaningini, B., Micha, J.-C. and Descy, J.-P. (2006). Zooplankton of Lake Kivu, East Africa, half a century after the Tanganyika sardine introduction. *Journal of Plankton Research*, 28 (11): 971 – 989.
- Isumbisho, M. (2006). Zooplankton ecology of Lake Kivu (Eastern Africa). Thèse de doctorat. FUNDP, Namur, Belgique, 192p.
- Ivlev, V.S. (1961). *Experimental Ecology of the feeding of Fishes*. New Haven, Yale University Press, pp 1 – 302.
- Kaningini, M., Isumbisho, M., Ndayike, N. et Micha, J.-C. (2003) : L'étude du zooplancton du lac Kivu : composition, variations saisonnières d'abondance et distribution . *Bull. Séanc. Acad. r. Sci. Outre – Mer* 49 (– 2) : pp. 145 – 160.
- Kořinek, V. (1999). A guide to limnetic species of Cladocera of African inland waters (Crustacea, Branchiopoda) (using the morphology of parthenogenetic females). *International Association of Theoretical and Applied Limnology*, n°1, Geneva, 57 p.
- Lauzanne, L. (1976). Régimes alimentaires et relations trophiques des poissons du lac Tchad. *Cah. Orstom, sér. Hydrobiol.*, 10 : pp 267 – 310.
- Lazzaro, X. (1987). A review of planktivorous fishes : their evolution, feeding behaviors, selectivities, and impacts. *Hydrobiologia* 146: 97 - 167.
- Liao, H., Pierce, C.L. and Larscheid, J.D. (2002). Diet dynamics of the adult piscivorous fish community in Spirit Lake, Iowa, USA 1995–1997. *Ecology of Freshwater Fish* 11: 178–189.
- Mandima, J.J. (1999). The food and feeding behaviour of *Limnothrissa miodon* (Boulenger, 1906) in Lake Kariba, Zimbabwe. *Hydrobiologia* 407: pp. 175 – 182.
- Mandima, J.J. (2000): Spatial and temporal variations in the food of sardine *Limnothrissa miodon* (Boulenger, 1906) in Lake Kariba. *Fisheries Research* 48: pp. 197 – 203.
- 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, 40 p.
- Marshall, B.E. (1987). Growth and mortality of the introduced Lake Tanganyika clupeid, *Limnothrissa miodon*, in Lake Kariba. *J. Fish Biol.* 31: 603 – 615
- Masilya, M. (2005). Etude des relations trophiques de *Limnothrissa miodon* (Boulenger, 1906) avec le zooplancton au lac Kivu (bassin de Bukavu, RDCongo). Mémoire de DEA, inédit, 51 p.
- Masilya, M., Kaningini, B., Isumbisho, M., Micha, J.-C. and Ntakimazi, G. (2005). Food and feeding activity of *Limnothrissa miodon* (Boulenger, 1906) in the southern part of Lake Kivu, Central Africa. *In*

- International Conference *Africa's Great Rift: Diversity an Unity*. Royal Academy for Overseas Sciences. Royal Museum for Central Africa. Brussels, 29-30 September: 83-93.
- Mookerji, N., Heller, C., Meng, H.J., Burgi, H.R. and Muller, R. (1998). Diel and seasonal patterns of food intake and prey selection by *Coregonus* sp. in re-oligotrophicated Lake Lucerne, Switzerland.. *Journal of Fish Biology* 52: 443-457
- Moriarty, D.J.W. (1973). The physiology of digestive of the blue green algae in the cichlid fish, *Tilapia nilotica*. *J. Zool.* 171: 25 - 39.
- Paugy, D. et Lévêque, C. (1999) : Régimes alimentaires et réseaux trophiques. In Paugy, D et Lévêque, C. (eds) : Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme. Editions de l'IRD, Paris, pp 167 - 190.
- Pontin, R. M. (1978). A Key to British Freshwater Planktonic Rotifera. Scientific Publications 38, Freshwater Biological Association. Titus Wilson and Son Ltd, Kendal, 178 pp.
- Reusens, M (1988) : Début d'étude de l'évaluation du stock de *Limnothrissa miodon* au lac Kivu. In *Predatory - prey relationships, population dynamics and fisheries productivities of Large African Lakes*. CIFA Occasional Paper n° 5 : pp 88 - 103.
- Sarmiento, H., Isumbusho, M. and Descy, J.-P. (2006) Phytoplankton ecology of Lake Kivu (Eastern Africa). *J. Plankton Res.* 28(9): 815-829.
- Spliethoff, P.C. et De longh, H.H. (1981) : Résumé d'un programme d'échantillonnage biologique dans le lac Kivu. Janvier - Décembre 1980. Projet FAO RWA/77/010, 45 p.
- Spliethoff, P.C., De longh, H.H. and Frank, V. (1983) : Success of the introduction of the freshwater Clupeid *Limnothrissa miodon* (Boulenger) in Lake Kivu. *Fish Manage.* 14 : 17 - 31.
- Turesson, H., Persson, A. and C. Brönmark (2002). Prey size selection in piscivorous pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) includes active prey choice. *Ecology of Freshwater Fish* 11: 223-233.
- Ulyel A.-P. (1991). Ecologie alimentaire des Haplochromis Spp. (Teleostei Cichlidae) du lac Kivu en Afrique centrale. UCL, Belgique. 250p.
- Wetzel, R.G. (1975): *Limnology*. WB Saunders, Philadelphia, 743 p.
- Windell, J.T. (1968). Food analysis and rate digestion. In W.E. RICKER (Eds). *Methods for assesment of fishes production in ffreshwaters*. IBP handbook, blackwell Scientific Publications : pp 197 - 203.
- Zagarese, H. E. (1991). Planktivory by larval *Odontesthes bonariensis* (Atherinidae: Pisces) and its effects on zooplankton community structure. *Journal of Plankton Research* 13 (3): 549 - 560.