UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Écologie des parasites des poissons du lac Albert (RD Congo): cas des parasites branchiaux de Lates niloticus (Latidae) et de Haplochromis sp. (Cichlidae

Kamakune Sabiti, Sandrine; Sous la direction de : Pr. Claver Sibomana

2024
UB, FS
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/1776

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES

MASTER EN BIOLOGIE DES ORGANISMES ET ECOLOGIE

Écologie des parasites des poissons du lac Albert (RD Congo): cas des parasites branchiaux de *Lates niloticus* (Latidae) et de *Haplochromis* sp. (Cichlidae

Par :

KAMAKUNE SABITI Sandrine

Mémoire

présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Biologie des Organismes et Ecologie

Spécialité: Biologie et gestion des écosystèmes aquatiques

Sous la direction de :

Pr. Claver SIBOMANA : Directeur

Pr. MASILYA MULUNGURA : Co-directeur

Dr. GOBBIN Tiziana : Co-directeur

Bujumbura, Mai 2024

MEMBRES DU JURY

Pr. Gaspard NTAKIMAZI : Président

Pr. Claver SIBOMANA : Directeur

Pr. MASILYA MULUNGURA : Co-directeur

Dr. GOBBIN Tiziana : Co-directeur

Pr. Simon BAHUNGU : Secrétaire

DEDICACES

A mes chers parents LOSINU Jean-de-Dieu et DHEDASI Victima, pour tous leurs sacrifices, affection, accompagnements et soutiens tout au long de ma vie et plus particulièrement dans mes études.

REMERCIEMENTS

Je remercie l'Eternel Dieu qui ne sommeille ni ne dort et dont les bienfaits dans mes études sont sans pareil.

Sans les efforts de différentes personnes, la réalisation de ce travail ne toucherait pas à sa fin, c'est pourquoi je les remercie sincèrement.

Mes sincères remerciements s'adressent à mes promoteurs, M. le Professeur SIBOMANA Claver du Département de Biologie de l'Université du Burundi et Directeur du Centre de Recherche en Sciences Naturelles et de l'Environnement de l'Université du Burundi (CRSNE); M. le Professeur MASILYA MULUNGULA Pascal, du Département de Biologie-Chimie de l'Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu (ISP/Bukavu) et Directeur Adjoint de l'Unité d'Enseignement et Recherche en Hydrobiologie Appliquée de l'ISP/Bukavu (UERHA-ISP/Bukavu); Dr. GOBBIN Tiziana et Mlle THYS Kelly, toutes deux de l'Université de Hasselt, en Belgique. Je leur exprime toutes mes amicales et sincères reconnaissances pour leurs efforts, expertises en donnant du meilleur d'eux-mêmes pour me diriger, m'orienter et me guider tout au long de ce travail. Leur disponibilité, motivation, patience et leurs conseils m'ont permis de réaliser ce travail. Etant débutante en étude sur les parasites des poissons, certes, je vous demandais trop de choses, parfois même sans importance, mais vous m'avez tous montré le chemin. J'en suis très reconnaissante et fière de vous avoir tous comme promoteurs pour évaluer et encadrer ma recherche.

Je n'oserai laisser passer inaperçue les personnes qui m'ont aidé dans l'étude des Monogènes et des copépodes dans le laboratoire de Biologie du Centre de Recherche en Hydrobiologie d'Uvira (CRH/Uvira), plus particulièrement l'Attaché de Recherche Fidel MUTEREZI Bukinga, pour avoir disponibilisé tout le matériel pouvant m'aider dans l'étude des monogènes et pour m'avoir initié dans les mensurations des monogènes, que seul un expert du domaine pouvait être capable de montrer. Je remercie également le technicien Simon MUKIRANYA qui, pendant deux mois au laboratoire du CRH/Uvira, m'a secondé dans le dépistage des parasites, le montage des lames, la mensuration des monogènes, l'analyse du régime alimentaire de *Haplochromis* sp ramené du lac Albert (RDCongo); car je n'avais jamais fait cela auparavant.

Mes sincères remerciements s'adressent également à ma famille biologique et aux personnes ci-dessous grâce à qui, j'ai réalisé l'échantillonnage en janvier, août et octobre 2023. Il s'agit de Ir LOSINU Flory du ministère provincial de l'agriculture, pêche et élevage de l'Ituri; Ir KAKURA Jean-Henri, Ir KATO Joël, Ir UKETHWENG'U Jean, SEMIRE Musingo, UJUMUGISA Justin tous de la Division de l'Environnement.

Mes sincères remerciements au Professeur NKURUNZIZA Jean-de-Dieu de l'Institut de Statistique de Bubanza/Burundi pour son assistance, dans les analyses statistiques de mes données. Vous m'avez éclairci plusieurs notions statistiques, particulièrement sur le logiciel R que nous avons utilisé durant ce travail, merci infiniment. Je profite aussi pour remercier sincèrement M. le Professeur Arthur-Cyriaque DEKOUGBONTO de l'Université du Burundi, pour ses conseils, orientations et aides diverses.

A tous mes collègues de Master en Biologie des Organismes et Ecologie (MBOE) de l'Université du Burundi, des années académiques 2021-2022 et 2022-2023 pour la bonne endurance effectuée ensemble, pendant notre cursus académique; sentez-vous remercier. Je remercie également nos cadets de MBOE de la promotion 2022-2024 plus particulière M. BWIRABUCIZA Salomon pour sa disponibilité à chaque instant que je le sollicitais pour n'importe quel travail.

Je ne finirai pas cette section sans remercier ma famille biologique, mes premiers amours et bien-aimés parents LOSINU Jean-de-Dieu et DHEDASI Victima. Votre affection, vos soutiens, vos encouragements incomparables. Vous n'avez pas hésité à m'envoyer aux études et à prendre tout en charge: les frais de scolarité, mon logement, mes déplacements, les frais d'échantillonnage et de laboratoire. Vous êtes mes idoles et mes bénédictions, sentez-vous aimer et remercier pour tout ce que vous êtes pour moi et ce que vous faites pour moi. Mes frères et sœurs Patrice KATO et son épouse, Marina KIZA et son époux, Hervé MUKAMA, Immaculée MWANGAZA et Georges BYONA, recevez mes remerciements également, vous avez toujours été là à mes côtés. Mes remerciements s'adressent également, à mes oncles Abbé Joseph DINO et Oscar ISSAMBA pour leurs soutiens et encouragements.

A mon charmant Rey BULOBA Dieu-Merci, pour son attention, amour, soutien, accompagnement, encouragement, patience et endurance pendant ces deux ans d'étude et de distance; reçois ici mes chaleureux remerciements et ma reconnaissance.

A ceux que j'aurais oublié involontairement bien sûr, merci infiniment.

RÉSUME

Le *Lates* a une importance économique sans pareil, pour les populations riveraines du lac Albert et les *Haplochromis* sont connus comme étant un bon modèle, pour étudier l'évolution adaptative, la spéciation et d'autres aspects de l'écologie chez les poissons. Notre travail porte sur l'écologie des parasites branchiaux de *Lates niloticus* et *Haplochromis* sp. du lac Albert afin de contribuer à la gestion durable des ressources halieutiques de ce lac. Les poissons *Lates* et *Haplochromis* ont été échantillonnés en janvier, août et octobre 2023 à Kasenyi-Tchomia. Après analyse de leur distribution spatiale sur les branchies et détermination de leurs paramètres d'infestation, à savoir la prévalence, l'abondance et l'intensité parasitaire, par classe de taille de poissons et par habitat dans le lac, nous avons identifié et dénombré sur les 65 *Lates niloticus* et 65 *Haplochromis* sp., collectés 199 parasites monogènes *Dolicirroplectanum lacustre* et 3506 parasites copépodes *Ergasilus* sp. sur *Lates niloticus* ainsi que 115 parasites copépodes que sont *Lamproglena monodi* et un *Ergasilus* sp. sur les poissons *Haplochromis* sp. Nos résultats montrent que les poissons sont plus parasités par *Ergasilus* sp. que les deux autres parasites. Toutefois la différence n'est pas significative entre l'infestation chez *L. niloticus* et *Haplochromis* sp. En effet, la majorité des poissons hébergent un petit nombre de parasites alors qu'un petit nombre d'individus hébergent un grand nombre de parasites. Cette infestation n'est pas variable en fonction de la taille mais de l'habitat des poissons. La distribution spatiale de *D. lacustre* et *L. monodi* est agrégative tandis que les copépodes *Ergasilus* sp. ont une distribution régulière sur les branchies. Les résultats montrent que la zone médiane est plus parasitée par rapport aux autres. La concurrence interspécifique n'a été observée entre les copépodes et les monogènes. Chez tous ces individus hôtes, le premier arc branchial contient plus de parasites. Les spécimens de *D. lacustre* identifiés sont de morphotype élancé et morphotype gravide, les individus de morphotype élancé présentent deux variations morphologiques à cause de la forte plasticité de cette espèce parasite. Nos résultats ont montré, que l'eau du lac Albert n'est pas dans un état de pollution grâce à la forte prévalence en copépode et monogène; que les monogènes *D. lacustre* et le copépode *L. monodi* effectuent des activités reproductrices sur leurs hôtes et renseignent qu'il y a accroissement d'une variation des facteurs dans le temps et l'espace auxquels ces parasites sont soumis. Cette étude nous a également permis de savoir la variation enrichie de morphotype élancé de *D. lacustre* dans la partie congolaise du lac Albert. L'absence des monogènes sur les *Haplochromis*, nous permet de comprendre, la faible richesse spécifique de ces poissons cichlidés dans le lac Albert.

Mots-clés: Lac Albert, monogène, copépode, *Lates niloticus*, *Haplochromis* sp.

ABSTRACT

Lates is of unparalleled economic importance to the riparian populations of Lake Albert, and *Haplochromis* is known to be a good model for studying adaptive evolution, speciation and other aspects of fish ecology. Our work focuses on the ecology of gill parasites of *Lates niloticus* and *Haplochromis* sp. from Lake Albert, in order to contribute to the sustainable management of the lake's fishery resources. *Lates* and *Haplochromis* fish were sampled in January, August and October 2023 at Kasenyi-Tchomia. After analysis of their spatial distribution on the gills and determination of their infestation parameters, i.e. prevalence, abundance and parasite intensity, by fish size class and habitat in the lake, we identified and counted on the 65 *Lates niloticus* and 65 *Haplochromis* sp., 199 monogenic parasites *Dolicirroplectanum lacustre* and 3506 copepod parasites *Ergasilus* sp. on *Lates niloticus*, as well as 115 copepod parasites *Lamproglena monodi* and one *Ergasilus* sp. on *Haplochromis* sp. Our results show that fish are more parasitized by *Ergasilus* sp. than the other two parasites. However, the difference is not significant between infestation in *L. niloticus* and *Haplochromis* sp. In fact, the majority of fish host a small number of parasites, whereas a small number of individuals host a large number of parasites. This infestation is not a function of fish size, but of fish habitat. The spatial distribution of *D. lacustre* and *L. monodi* is aggregative, while *Ergasilus* sp. copepods are evenly distributed over the gills. The results show that the median zone is more heavily parasitized than the others. Interspecific competition was not observed between copepods and monogeneans. In all these host individuals, the first gill arch contains more parasites. The *D. lacustre* specimens identified are of slender morphotype and gravid morphotype, with slender morphotype individuals showing two morphological variations due to the high plasticity of this parasitic species. Our results show that the water of Lake Albert is not polluted, thanks to the high prevalence of copepods and monogeneans; that monogeneans *D. lacustre* and the copepod *L. monodi* carry out reproductive activities on their hosts, and that there is an increase in the variation of factors in time and space to which these parasites are subjected. This study also enabled us to identify the enriched variation in the slender morphotype of *D. lacustre* in the Congolese part of Lake Albert. The absence of monogenes on *Haplochromis* allows us to understand the low specific richness of these cichlid fishes in Lake Albert.

Key words: Lake Albert, monogene, copepod, *Lates niloticus*, *Haplochromis* sp.

TABLE DES MATIERES

MEMBRE DU JURY ..... **i**
DEDICACES ..... **ii**
REMERCIEMENTS ..... **iii**
RÉSUME ..... **v**
ABSTRACT ..... **vi**
TABLE DES MATIERES ..... **vii**
LISTE DES TABLEAUX ..... **x**
LISTE DES FIGURES ..... **xi**
SIGLES ET ABREVIATIONS ..... **xiii**
AVANT-PROPOS ..... **xiv**
INTRODUCTION GENERALE **1**
CHAPITRE I: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES POISSONS ET LEURS PARASITES **4**
I.1. Généralités sur le Lac Albert 4
I.1.1. Situation géographique 4
I.1.2. Climat et végétation 4
I.2. Généralités sur les Haplochromis 8
I.2.1. Aspects généraux sur les cichlidés 8
I.2.2. Genre Haplochromis du lac Albert 8
I.2.3. Description des Haplochromis du lac Albert 8
I.2.3.1. Haplochromis loati (Greenwood, 1971) 8
I.2.3.2. Haplochromis mahagiensis (David et Poll, 1937) 8
I.2.3.3. Haplochromis albertianus (Regan, 1929) 9
I.2.3.4. Haplochromis avium (Regan, 1929) 9
I.2.3.5. Haplochromis bullatus (Trewavas, 1938) 9
I.2.3.6. Haplochromis wingatii (Boulenger, 1902) 9
I.3. Généralités sur le Lates 9
I.3.1. Aspects généraux sur le Lates 9
I.3.2. Description du Lates niloticus (Linnaeus, 1758) 13
I.3.3. Régime alimentaire de L. niloticus 14
I.4. Généralités sur les parasites 14

I.4.1. Aspects généraux 14
I.4.2. Classification des parasites 16
I.4.2.1. En fonction de la taille 16
I.4.2.2. En fonction de la localisation chez l'hôte 17
I.4.2.3. En fonction de leur cycle biologique 17
I.4.2.4. Selon le spectre d'hôte 17
I.4.2.5. Selon la dépendance à l'hôte 18
I.4.2.6. En fonction de la durée de vie chez l'hôte 18
I.4.3. Rôles du parasitisme dans l'écologie et l'évolution 18
I.5. Généralités sur les monogènes 19
I.6. Monogènes de Lates niloticus Dolicirroplectanum lacustre gen. comb. nov. (Kmentová et al., 2020) 21
I.6.1. Taxonomie et description 21
I.7. Généralités sur les Copépodes (Arthropoda, Copepoda) 23
I.7.1. Parasites Copépodes du lac Albert 23
I.7.1.1. Ergasilus kandti (Van Douwe, 1912) 23
CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES 26
II.1. Zone d'étude 26
II.2. Collecte des poissons 26
II.3. Dépistage parasitaire 27
II.4. Identification des morphotypes de D. lacustre 28
II.5. Morphométrie des parasites 28
II.6. Paramètres d'infestation 29
II.7. Analyse des données 30
II.7.1. Distribution spatiale des parasites dans les branchies 30
II.7.2. Différenciation morphologique de D. lacustre 30
II.8. Agrégation des parasites 31
CHAPITRE III. RÉSULTATS 32
III.1. Identification des parasites 32
III.2. Paramètres d'infestation 33
III.2.1. Répartition globale des paramètres d'infestation 33
III.2.2. Répartition des paramètres d'infestation en fonction des classes de taille 33

III.2.3. Répartition des paramètres d'infestation en fonction de l'habitat 34
III.2.4. Répartition des paramètres d'infestation en fonction des localités du Nord et du Sud 35
III.3. Distribution des parasites dans les microhabitats 35
III.4. Différenciation morphologique de D. lacustre du L. niloticus) dans son aire d'origine, le lac Albert (RD Congo) 39
III.4.1. Les mesures brutes des parties dures haptorales, génitales, la taille et la distance entre les ocelles 43
III.4.2. Différentiation des parties dures haptorales, génitales, la taille et la distance entre les ocelles des deux morphotypes 46
III.4.3. Différenciation des mesures des organes copulateurs mâles 47
CHAPITRE IV. DISCUSSION 49
IV. 1. Identification des parasites 49
IV.2. Paramètres d'infestation 50
IV.2.1. Répartition des paramètres d'infestation en fonction des classes de taille 50
IV.2.2. Répartition des paramètres d'infestation en fonction de l'habitat du littoral et du large 51
IV.2.3. Répartition des paramètres d'infestation en fonction des habitats du Nord et du Sud 52
IV.3. Distribution spatiale sur les branchies 52
IV.4. Différenciation morphologique de D. lacustre de L. niloticus dans son aire d'origine le lac Albert (RD Congo) 55
CONCLUSION ET PERSPECTIVES 57
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 59
ANNEXES 71

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Les espèces de poissons du lac Albert et leurs attributs biologiques et écologiques 5

Tableau 2: Identification des spécimens hôtes et leurs parasites (h: Nombre de spécimens de poissons examinés, T: Intervalle de taille d'hôte en TL mm), n: Nombre de spécimens de poissons infestés, c: Nombre de parasites copépodes, m: Nombre de parasites monogènes)..... 32

Tableau 3: Prévalence, abondance et intensité parasitaire de *D. lacustre*, *Ergasilus* sp. et *Lamproglena monodi* (h: Nombre de spécimens de poissons examinés, n: Nombre de spécimens de poissons infestés, p: Nombre de parasites)..... 33

Tableau 4: Répartition prévalence, abondance et intensité parasitaire de *D. lacustre*, *Ergasilus* sp. chez *Lates niloticus* et de *Lamproglena monodi* chez *Haplochromis* sp. par habitat dans le lac Albert (A: Abondance, P: Prévalence, h: effectif de l'échantillon, n: nombre de poissons parasités, n': nombre de poissons non parasité, p: nombre de parasites, IP : Intensité parasitaire). 34

Tableau 5: Répartition d'abondance, intensité parasitaire et prévalence de D. lacustre, Ergasilus sp. et Lamproglena monodi par localité d'échantillonnage (A: Abondance, P: Prévalence, h: effectif de l'échantillon, n: nombre de poissons parasités, n': nombre de poissons non parasité, p: nombre de parasites). 35

Tableau 6: Vue d'ensemble des mesures morphométriques effectuées sur les parties dures haptorales et génitales, la taille totale du corps, la largeur totale et la distance entre les ocelles des morphotypes de *Dolicirroplectanum lacustre* infestant *Lates niloticus* du lac Albert (RD Congo). Les valeurs représentent les mesures moyennes ± écart-types; les valeurs minimales et maximales; n, le nombre d'individus; les différences des moyennes et p value..... 44

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition naturelle de Lates niloticus d'après Paugy, D., and Lévêque, C. (2007) 11
Figure 2 : Arbre des espèces basé sur 11 marqueurs d'ADNn et un marqueur d'ADNm de l'espèce Lates d'Afrique. Les couleurs représentent l'origine géographique; les étiquettes des nœuds indiquent les probabilités postérieures (Schöggl, 2019). 12
Figure 3: Arbre des espèces mettant en évidence la distribution géographique des échantillons de L. niloticus. La séparation en deux clades majeurs est indiquée par des couleurs différentes. (Schöggl, 2019) 13
Figure 4 : Dolicirroplectanum lacustre comb. nov. collecté sur Lates niloticus dans le lac Albert. 22
Figure 5 : Branchies de Lates niloticus du lac Nasser infestées par Ergasilus spp. 24
Figure 6 : Localisation du lac Albert et sites d'échantillonnage 26
Figure 7: Mesure des spécimens des poissons échantillonnés au lac Albert (RD Congo) 27
Figure 8: Répartition spatiale des microhabitats branchiaux (modifié d'après Gobbin et al., 2021). 28
Figure 9: Mesures des structures dures de l'hapteur et des organes reproducteurs de D. lacustre: structures haptorales (postérieures) A- ancre ventrale 29
Figure 10: Répartition de prévalence, abondance et intensité parasitaire de *D. lacustre* et *Ergasilus* sp. chez *L. niloticus* par classes de taille et de *L. monodi* chez *Haplochromis* sp. 34
Figure 11: Distributions des microhabitats branchiaux exprimées en abondance *D. lacustre* infestant des *L. niloticus* échantillonnés au lac Albert (RD Congo) 37
Figure 12: Distributions des microhabitats branchiaux exprimées en abondance de *Ergasilus* sp. infestant des *L. niloticus* échantillonnés au lac Albert (RD Congo) 38
Figure 13: Distributions des microhabitats branchiaux exprimées en abondance de *L. monodi* infestant des *Haplochromis* sp. échantillonnés au lac Albert (RD Congo) 39
Figure 14: A-spécimen de *D. lacustre* morphotype gravide. B-Opisthapteur *D. lacustre* morphotype gravide 40

Figure 15: A-spécimen de *D. lacustre* morphotype élancé, B-Opisthapteur *D. lacustre* morphotype élancé 41
Figure 16: Structures haptorales de *D. lacustre*. A-Ancre ventrale, B-Ancre dorsale, C-Barre ventrale; D-Barre dorsale 41
Figure 17: A-les ocelles, B-le squamodisque, C-Organe copulateur mâle de *D. lacustre* morphotype élancé, D-Organe copulateur mâle de *D. lacustre* morphotype gravide 42
Figure 18: Vagins de *D. lacustre* morphotype élancé 42
Figure 19: Représentation des variables mesurées dans l'ACP 46
Figure 20: Variation morphométrique des structures haptorales et de la taille du corps chez
Figure 21: Variation morphométrique de l'organe copulatoire mâle de *Dolicirroplectanum lacustre*. 48

SIGLES ET ABREVIATIONS

ACP : Analyse en Composantes Principales

ANOVA : Analyse de la variance

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

GAP : picrate de glycérine et d'ammonium

OCM : Organe Copulateur Mâle

RDC : République Démocratique du Congo

AVANT-PROPOS

Ce travail de mémoire est intitulé « Écologie des parasites des poissons du lac Albert (RD Congo): cas des parasites branchiaux de *Lates niloticus* (Latidae) et de *Haplochromis* sp. (Cichlidae) » est l'aboutissement de nos travaux de recherche qui se sont déroulés sous la supervision des Professeurs Claver SIBOMANA de la Faculté des sciences de l'Université du Burundi, Pascal MASILYA MULUNGULA de l'Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu (ISP/Bukavu) et Tiziana GOBBIN de l'Université de Hasselt, en Belgique. La suggestion de cette recherche est née du constat qu'il y a des êtres vivants parasites sur les poissons mais ils sont moins étudiés dans le lac Albert alors qu'ils contribuent dans plusieurs aspects de la conservation de la nature.

L'objectif de cette recherche est de contribuer à la gestion durable des ressources halieutiques, en disponibilisant les données relatives aux parasites et leur contribution dans l'écosystème du lac Albert. Les données de cette recherche sont obtenues au bout de quatre mois. Ces derniers sont répartis dans deux saisons différentes : la saison pluvieuse (septembre et octobre) et la saison sèche (janvier).

INTRODUCTION GENERALE

Les pêcheries ont toujours procuré des avantages aux populations en fournissant notamment la nourriture et l'emploi. Ce qui contribue à l'allégement de la pauvreté et au développement socio-économique (FAO, 2005). En effet, le poisson constitue une source de protéines animales bon marché et facilement accessible; sa consommation ayant été estimée à 5,63 kg/hab./an en Afrique de l'Est et 10,83 kg/hab./an en Afrique Centrale entre 2017 et 2019 (Van Hecke and Vanderleenen, 2023). De plus, le poisson apporte environ 20% des protéines animales (en moyenne 1,7 g/jour en Afrique de l'Est et 3,2 g/jour en Afrique centrale de 2017 à 2019; Van Hecke and Vanderleenen, 2023). Il permet de lutter contre les effets de l'excès en cholestérol (Bosomworth, 2023). En République Démocratique du Congo (RD Congo), la consommation du poisson a été estimée à 5 kg/hab./an entre 2017 et 2019 (Van Hecke and Vanderleenen, 2023).

La RD Congo est riche en écosystèmes aquatiques de différents types pourvoyeurs de poissons. En effet, en plus de l'océan Atlantique, le pays possède une part importante de grands lacs dans sa partie Est (lacs Tanganyika, Albert, Kivu, Edouard et Moero), des lacs internes notamment, les lacs Tumba, Mai-ndombe, Kamalondo, Tshangalele et N'Zilo ainsi que le fleuve Congo et son réseau hydrographique, qui couvre environ 34.000 Km² (Ministère de l'Environnement, 1997). Dans la partie Nord-Est du pays, le lac Albert est la principale source de poissons et constitue une source de revenus de plusieurs milliers de ménages, malgré que sa biodiversité piscicole est moins élevée que celle d'autres grands lacs. Parmi les 46 espèces de poissons qui y sont identifiées à ce jour, la plupart sont endémiques (Pringle, 2005) et certaines ont une importance économique indéniable. Il s'agit principalement de: *Hydrocynus forskalii*, *H. vittatus*, *Alestes baremose* (Alestidae); *Oreochromis niloticus* (Cichlidae); *Bagrus docmac* (Bagridae); *Synodontis sp* (Mochokidae); *Lates niloticus* (Latidae); *Barbus altianalis*, *Labeo coubie* (Cyprinidae) et *Clarias lazera* (Clariidae) (Kasigwa *et al.*, 2020).

Malgré l'importance de ce lac et des espèces de poissons qu'il héberge, on observe une baisse de capture depuis quelques années. Suite à l'utilisation des engins et techniques de pêche prohibés, à l'augmentation de l'effort de pêche et à la non application de la réglementation de la pêche. Ceci se traduit par l'occupation des zones de frayères et la destruction des habitats (Kasigwa *et al.*, 2020). Cette baisse de capture peut également être due aux effets d'origine naturelle notamment le parasitisme (Filippi, 2013).

En effet, les parasites peuvent occasionner la mort et la réduction de la valeur alimentaire chez certaines espèces de poissons (Adlard and Lester, 1994; Bakke and Harris, 1998; Galli *et al.*, 2001; Johnson and Dick, 2001; Bunkley-williams *et al.*, 2006; Ferguson *et al.*, 2011). En plus, les copépodes parasites peuvent être responsables de la perte de poids, de la perturbation de la reproduction et de la respiration, de la cécité, des lésions épithéliales ainsi que des déformations des branchies (Benmansour *et al.*, 2001; Karvonen, Seppälä and Valtonen, 2004; Ben and El, 2018). Les monogènes peuvent provoquer une hyperplasie étendue de l'épithélium branchial des poissons, une morbidité et la mortalité (Paperna, 1982).

Dans les premières études sur l'identification des parasites de poissons, dans le lac Albert, Thurston and Paperna (1969), ont trouvé sur des espèces de *Lates* une espèce de monogène *D. lacustre* et une espèce de copépode *Ergasilus kandti* qui parasite ce poisson. Une importante population de *L. niloticus* se trouve dans le lac Albert à partir d'où, cette espèce a été introduite à plusieurs reprises dans le lac Victoria (Hauser *et al.*, 1998; Pringle, 2005). En plus du monogène *D. lacustre* gen. nov. comb. nov. (Thurston and Paperna, 1969, Outa *et al.*, 2021) et du copépode *Ergasilus kandti* Van Douwe 1912 (Thurston and Paperna, 1969); les parasites branchiaux connus de *L. niloticus* sont l'Argiloïde *Dolops ranarum* (Stuhlmann 1892); le myxospore *Henneguya ghaffari* Ali, 1999 et le bivalve Glochidia (Outa *et al.*, 2021). *D. lacustre* est le seul parasite branchial monogénéen des poissons Latidés vivant dans plusieurs grands systèmes d'eau douce d'Afrique (Kmentová *et al.*, 2020). Il présente une large gamme de formes et de tailles (Thurston and Paperna, 1969). Dans la description originale de *D. lacustre* (Thurston and Paperna, 1969) et dans les études récentes (Kmentová *et al.*, 2020; Thys *et al.*, 2022), on note deux différentes formes: une dite "élancée" et l'autre dite "gravide". Ces deux morphotypes distincts de *D. lacustre* existent dans le lac Albert et une variation morphologique dans plusieurs systèmes d'eaux douces africaines, ce qui indique une plasticité phénotypique de l'espèce (Thurston and Paperna, 1969). Ainsi, il est nécessaire de déterminer les différents morphotypes de *D. lacustre* trouvés dans la partie congolaise du lac Albert. Du point de vue écologique, les conditions environnementales peuvent modifier l'équilibre hôte-parasite et ainsi entraîner des modifications dans la condition physique de l'hôte par des effets sur, par exemple, la croissance, la reproduction et la survie de l'hôte (Lafferty and Kuris, 2009; Hadou-Sanoun *et al.*, 2012; Segar *et al.*, 2018). Ainsi, il est nécessaire de mener une étude sur l'écologie des parasites en général, particulièrement leur distribution dans l'organe infesté, ainsi que leur répartition dans les habitats du lac dans sa partie congolaise.

Les cichlidés africains font l'objet d'une attention particulière en recherche en raison de leur grande radiation adaptative et de leur importance en tant que poisson à valeur économique considérable (Genner and Turner, 2005 ;Seehausen, 2006; Bezault, Mwaiko and Seehausen, 2011). Les radiations de poissons cichlidés africains constituent un système unique pour tester la théorie de la spéciation (Kaufman and Chapman, 1997; Vanhove *et al.*, 2016). Les cichlidés africains sont classés en un certain nombre de "tribus", dont les haplochromines sont les plus riches en espèces et les plus diversifiées sur le plan écologique (Barlow, 2000). Des études antérieures ont montré que les cichlidés dont les *Haplochromis* sont généralement infestés par plusieurs espèces de parasites, avec différentes communautés parasitaires et abondances entre espèces hôtes (Lac Victoria: Gobbin *et al.,* 2021; Lac Tanganyika: Vanhove *et al.*, 2015). L'étude de parasites de Haplochromis peut permettre la compréhension de l'évolution des cichlidés et leurs parasites ainsi que leurs interactions hôte-parasite.

Etant donné l'importance économique de *L. niloticus* pour les populations riveraines et l'importance évolutive de *Haplochromis* et leur rôle écologique dans le lac Albert, il est intéressant d'étudier le rôle des relations hôtes-parasites pour comprendre comment les parasites affectent les poissons par rapport à la taille et l'habitat qu'ils occupent dans le lac. A notre connaissance, peu de travaux ont été menés sur les parasites des poissons au lac Albert, surtout l'écologie des monogènes et d'autres parasites (Thurston and Paperna, 1969; Kmentová *et al.,* 2020; Thys *et al.,* 2022). Ainsi, notre travail porte sur l'écologie de parasites des poissons du lac Albert en se focalisant sur les parasites branchiaux de *Lates niloticus* et *Haplochromis* sp. et leur distribution spatiale sur les branchies en déterminant les paramètres d'infestation à savoir, la prévalence, l'abondance et l'intensité parasitaire par classe de taille de poissons et par habitat dans le lac.

Le principal objectif de notre étude est de contribuer à la gestion durable des ressources halieutiques du lac Albert. Les objectifs spécifiques sont:

- Identifier les parasites branchiaux de *Lates Niloticus* et *Haplochromis* sp.
- Déterminer les paramètres d'infestation des parasites branchiaux chez *Lates niloticus* et *Haplochromis* sp.
- Déterminer la distribution spatiale de ces parasites dans les branchies des poissons
- Déterminer la variation morphologique du monogène parasite de *Lates niloticus* du lac Albert dans sa partie congolaise.

CHAPITRE I: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES POISSONS ET LEURS PARASITES

I.1. Généralités sur le Lac Albert

I.1.1. Situation géographique

Le lac Albert, fait partie du bassin du Nil. Sa plus grande longueur est d'environ 170 km et sa largeur, assez constante, varie entre 40 et 45 km approximativement. La surface du plan d'eau avoisine 6,800 km^2. Sa plus grande profondeur actuellement sondée est de 58 m et la profondeur moyenne est 25 m. Le lac est partagé entre l'Ouganda (54%) et la République Démocratique du Congo (RDC) 46%) (Laë, 1997). La rive Nord-Ouest du lac est en grande partie constituée par le bord même du graben et dans la région de Mahagi-Port au Nord. Il existe également une plaine alluvionnaire (Verbeke, 1957). La côte sud est marquée par des marais en particulier de papyrus qui dominent le delta de la rivière Semliki et qui relient le lac Edouard au lac Albert. Il reçoit, au sud, les eaux du Lac Édouard par l'intermédiaire de la rivière Semliki. A son extrémité nord, il reçoit les eaux du Nil Victoria, et se déverse lui-même dans le Nil Albert (Laë, 1997).

I.1.2. Climat et végétation

D'après Messen (1951), toutes les zones du lac Albert et la plaine de la Semliki, situées à 616- 618 m d'altitude sont naturellement les plus chaudes de la région. A Kasenyi et Tchomia, la moyenne est 27^o C le jour et 22^o C la nuit. La répartition des pluies est la plus faible de tout le pays: 900-1000 mm sur le bord du lac Albert.

La végétation du lac Albert est constituée par des plantes hydrophytes: *Callitriche stagnalis* (Callitrichaceae), *Ceratophyllum demersum* (Ceratophyllaceae), *Potamotes* spp. (Potamogeyonaceae), *Vallisneria* spp. (Hydrocharitaceae). Des hydrophytes immergés, flottantes: *Azolla caroliniana* (Azollaceae), *Eichhornia crassipes (Pontederiaceae), Hydrocharis morsus* et *Trapanatam* spp. (Hydrocharitaceae), *Lemna minor* (Lemnaceae), *Pistia statiotes* (Araceae) et fixées: *Aponogeton distachyos* (Aponogetonaceae)*; Nuphar lutea, Nymphoides peltata, Nemphar rustica* (Nymphaeaceae). On y trouve également quelques plantes hélophytes: *Pontederia cordata* (Pontederiaceae), *Carex* spp., *Cyperus papyrus* (Cyperaceae) dont la tige et la partie radiculaire sont immergées et leur partie aérienne hors de l'eau.

I.1.3. Faune ichtyologique

Le lac Albert abrite entre 40 et 55 espèces de poissons (Tableau 1) dont la plupart est endémique (Pringle, 2005).

Tableau 1: Les espèces de poissons du lac Albert et leurs attributs biologiques et écologiques

Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Longueur totale (Cm)	Régime alimentaire
MALAPTERURIDAE	*Malapterurus electricus*	Singa-Singa/Ntera	122	Petits poissons
BAGRIDAE	*Bagrus bayad*	Munama/Lanya	40	Larves, petits poissons, insectes
	Bagrus docmac	Munama/Semutundu	100	Petits poissons, crustacés
	Chrysichthys sp.	Barua/Bubu	45	Petits poissons, crustacés
	Auchenoglanis occidentalis	Djokodjo	50	Insectes, larves, crustacés
MOCHOKIDAE	*Synodontis schall*	Fodofodo/Wahrindi	40	Mollusques, petits poissons, larves
	Synodontis frontosus	Fodofodo kidogo/Kokwe	35	Poissons, insectes, mollusques
CICHLIDAE	*Oreochromis niloticus*	Ndakala, Gege, Tsé, Ngege	60	Herbivore, détritivore
	Sarotherodon galilaeus	Kisoro, Ngege	39.5	Herbivore, détritivore
	Tilapia zillii	Ngege	40	Herbivore, macrophytes
	Haplochromis albertianus	Angara, Ngara	10	
	Haplochromis bullatus		6,5	
	Haplochromis wingatii		5,3	
	Haplochromis loati		5,2	Omnivore
	Haplochromis mahagiensis		8,5	
	Haplochromis avium		5,2	

CITHARINIDAE	*Distichodus niloticus*	Mayoli	83	Plantes aquatiques, mollusques, crustacés
	Citharinus citharus	Mpoi	80	Macroplanctons, diatomées
CENTROPOMIDAE	*Lates niloticus albertianus*	Capitaine Isa, Esa, Mputa	182	Poissons, crustacés
	Lates macrophthalmus	Esa, Mputa	29	Poissons, crustacés
LEPIDOSIRENIDAE	*Protopterus aethiopicus*	Mbamba	100	Mollusques, poissons
POLYPTERIDAE	*Polypterus senegalus*	Kambanioka	42	Poissons, petites grenouilles
MORMYRIDAE	*Mormyrops anguilloides*	Tsungma	60	Insectes, mouches du lac
	Marousenius petherioi	Muzundanio	22	Insectes, mouches du lac
	Gnathonemus cyprinoides	Musindani	30	Insectes, chironomidés
	Mormyrus kannume	Muzundanio/Kasulubana	60	Mouches du lac
	Mormyrus cashive	Kasulubana	100	Mouches du lac
	Mormyrus niloticus	Kasulubana	50	Mouches du lac
	Hyperopisus bebe	Kasulubana	47	Mollusques, insectes
CYPRINIDAE	*Labeo horie*	Kitumbi/Karuka	57	Détritus
	Labeo coubie	Kitumbi/Kwangurameli	74	Débris végétaux
	Barbus bynni	Bulaya/Kisinja	82	Plantes aquatiques, mollusques, insectes
	Barilius niloticus	Muzizi	10	Zooplanctonique
	Rastrineobola bredoi	Mukene/Dagaa	5	Planctonique, crustacés

SCHILBEIDAE	*Eutropius niloticus*	Pendakula/Taitai	35	Petits poissons, larves d'insectes
	Schilbe mystus	Kara-Kogere	30	Petits poissons
CLARIIDAE	*Clarias lazera*	Kosso/Mali/Mâle	140	Omnivore
	Heterobranchus longifilis		150	Insectivore, petits poissons
ALESTIDAE	*Hydrocynus forskalii*	Ngassia	45	Poissons
	Hydrocynus vittatus	Niarongassa	105	Poissons
	Alestes baremoze	Sardine/Ngara	30–55	Crustacés, insectes
	Alestes macrolepidotus	Mungezi/Waraga	40–55	Insectes, détritus, petits poissons
	Brycinus grandisquamis	Ngele	26	-

I.2. Généralités sur les Haplochromis

I.2.1. Aspects généraux sur les cichlidés

La richesse des espèces de cichlidés est à peu près 1500 espèces dans environ 220 genres, mais les centres de radiation adaptative des cichlidés sont les trois plus grands lacs d'Afrique: les lacs Malawi, Tanganyika et Victoria. La plupart des espèces des lacs Malawi et Victoria sont des haplochromines. Les cichlidés tilapiines se sont diversifiés dans d'autres lacs, ainsi que dans le lac Malawi, mais ont généralement produit moins d'espèces par lac. Le lac Tanganyika abrite un assemblage de lignées de cichlidés très distinctes. De nombreux autres lacs africains contiennent un nombre de cichlidés endémiques dont le lac Albert contient 10 espèces parmi lesquelles la tribu Haplochromine est la plus diversifiée (Barlow, 2000).

I.2.2. Genre Haplochromis du lac Albert

Selon Pringle (2005), on retrouve six espèces d'*Haplochromis* dans le lac Albert: *Haplochromis wingatii*, Boulenger (1902); *Haplochromis mahagiensi*, David et Poll (1937); *Haplochromis avium*, Regan (1929); *Haplochromis albertianus*, Regan (1929); *Haplochromis bullatus*, Trewavas (1938), *Haplochromis loati* Greenwood (1971). *Haplochromis wingatii*, du haut Nil, est la seule des espèces d'*Haplochromis* du lac Albert à ne pas être confinée au lac. *H. mahagiensis* semble avoir évolué directement à partir de *H. wingatii* par l'élargissement des dents du pharynx, associé à une spécialisation dans le régime alimentaire (Trewavas, 1938).

I.2.3. Description des *Haplochromis* du lac Albert

I.2.3.1. *Haplochromis loati* (Greenwood, 1971)

La distribution de *Haplochromis loati* en Afrique est dans le Nil et le lac Albert. Sa longueur maximale est de 5,2 Cm. Elle occupe le milieu benthopélagique et la frange de jacinthe dans les lacs. Elle se déplace dans la végétation submergée pendant l'inondation. Omnivore, il consomme des algues, des fragments de végétaux, du zooplancton, des caridacés et des insectes (Trewavas, 1938).

I.2.3.2. *Haplochromis mahagiensis* (David et Poll, 1937)

Cette espèce se retrouve dans le Lac Albert. Sa longueur maximale est de 8,5 Cm. Elle occupe un milieu peu profond, son régime alimentaire est molluscivore. Sa mâchoire est moyenne et son pharynx écrasant (Trewavas, 1938).

I.2.3.3. Haplochromis albertianus (Regan, 1929)

Cette espèce n'est connue que dans le lac Albert. Sa longueur maximale est de 10,0 Cm. Cette espèce benthopélagique se retrouve dans les eaux plus profondes, 7 à 40 mètres. Elle se nourrit de mollusques, de crustacés et de divers accessoires. Leurs dents sont grippantes et coniques mais moins fortes que chez *H. mahagiensis*; elles ont de grands yeux (Trewavas, 1938).

I.2.3.4. *Haplochromis avium* (Regan, 1929)

Cette espèce se retrouve dans le Lac Albert. Sa longueur maximale est de 5,2 Cm. Son habitat est le littoral, ses dents sont fortes et pointues (Trewavas, 1938).

I.2.3.5. *Haplochromis bullatus* (Trewavas, 1938)

La longueur maximale de cette espèce est de 6,5 Cm. Elle se retrouve dans les eaux profondes; se nourrit des petits crustacés, des mollusques, des insectes et des vers. Sa mâchoire est forte chez l'adulte et faible chez le jeune. Son pharynx est écrasant et adapté pour tenir. Leurs yeux sont grands avec les cavités muqueuses gonflées; les femelles sont plus petites que les mâles (Trewavas, 1938).

I.2.3.6. *Haplochromis wingatii* (Boulenger, 1902)

La distribution actuelle connue pour cette espèce est le Nil et le Lac Albert. Sa taille standard est de 5,3 Cm. Son régime alimentaire est constitué de petits crustacés et des insectes. Son habitat est le littoral (Trewavas, 1938).

I.3. Généralités sur le *Lates*

I.3.1. Aspects généraux sur le *Lates*

Les perches du Nil ou *Lates* ou encore Capitaine constituent un clade historiquement controversé au sein de l'ordre des Perciformes. En raison de similitudes morphologiques avec la sous-famille des Centropominae, ils ont d'abord été traités comme des Latinae (Schöggl, 2019), une sous-famille à part entière au sein de la famille des Centropomidae. Des analyses phylogénétiques plus récentes (Schöggl, 2019) ont cependant conduit à l'élévation de cette ancienne sous-famille, donnant lieu à une famille distincte appelée Latidae. Le genre *Lates* (Latidae) comprend des espèces présentes dans des habitats marins, saumâtres et d'eau douce. Elles couvrent une vaste aire de répartition géographique couvrant trois continents (Afrique, Asie et Australie) et deux océans (océan Indien, océan Pacifique).

Il s'est également avéré que les espèces africaines de *Lates* se sont séparées en deux clades frères, un clade dans le bassin hydrographique du Congo, y compris le lac Tanganyika, et un clade dans la région sub-saharienne septentrionale (Schöggl, 2019). Les différentes espèces de *Lates* ont également un schéma de distribution remarquablement différent en ce qui concerne leurs habitats (Schöggl, 2019). Quatre espèces de *Lates* (*Lates japonicus* Katayama et Taki, 1984; *Lates calcarifer* Bloch, 1790; *Lates lakdiva* Pethiyagoda et Gill, 2012; *Lates uwisara* Pethiyagoda et Gill, 2012) sont présentes dans les zones côtières et les estuaires de la région indo-pacifique, mais on ne les trouve pas le long des côtes africaines. Dans le lac Tanganyika, on trouve les quatre espèces endémiques (*Lates angustifrons* Boulenger, 1906*; Lates mariae* Steindachner, 1909*; Lates microlepis* Boulenger, 1898 et *Lates stappersii* Boulenger, 1914). Dans le lac Albert, qu'en plus de *Lates niloticus* (Linnaeus, 1758), une deuxième espèce endémique, *Lates macrophthalmus* (Worthington, 1929), est présente. Dans le lac Turkana, une deuxième espèce de Lates est également présente en sympatrie avec *Lates niloticus*, il s'agit de l'endémique *Lates longispinis* (Worthington, 1932) (Schöggl, 2019).

Toutes les espèces du genre *Lates* sont carnivores et s'attaquent principalement à d'autres poissons comme les cichlidés et les cyprinidés et des invertébrés aquatiques et semi-aquatiques (Coulter, 1976; Mkumbo *et al.*, 1992).

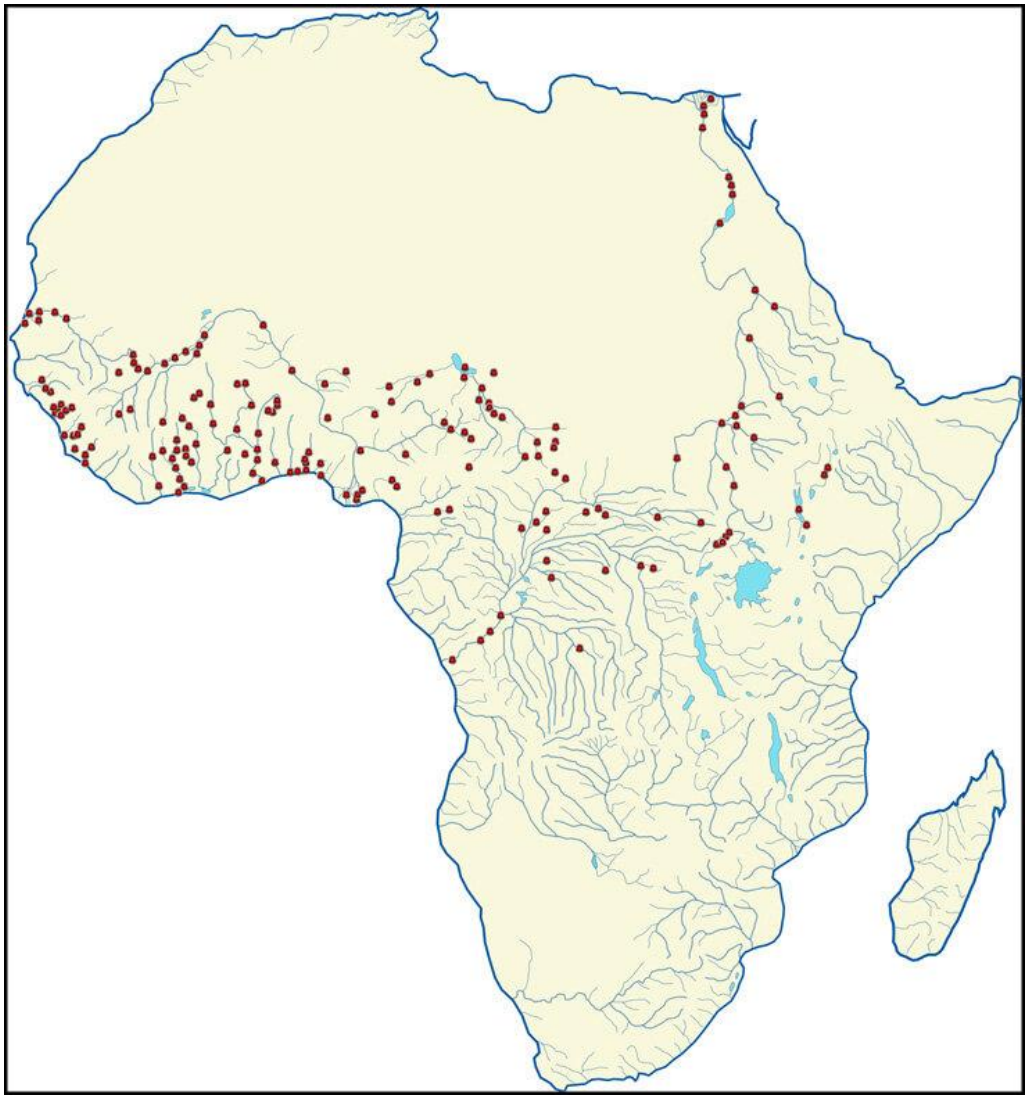


Figure 1 : Répartition naturelle de Lates niloticus d'après Paugy, D., and Lévêque, C. (2007)

Lates niloticus appartient à la même lignée que toutes les autres espèces africaines de *Lates*. Les espèces du Tanganyika constituent une lignée monophylétique et sont génétiquement relativement proches du *Lates niloticus* du bassin du Congo, dont elles ont divergé il y a environ 2,5 millions d'années. La lignée ouest-africaine présente de plus grandes différences génétiques avec la lignée du bassin du Nil et la lignée du bassin du Congo (figure 3). Elle est néanmoins clairement associée au clade niloticus. Cependant, la lignée congolaise de *Lates niloticus* est plus étroitement liée à l'espèce Tanganyika (figure 2) (Schöggl, 2019).

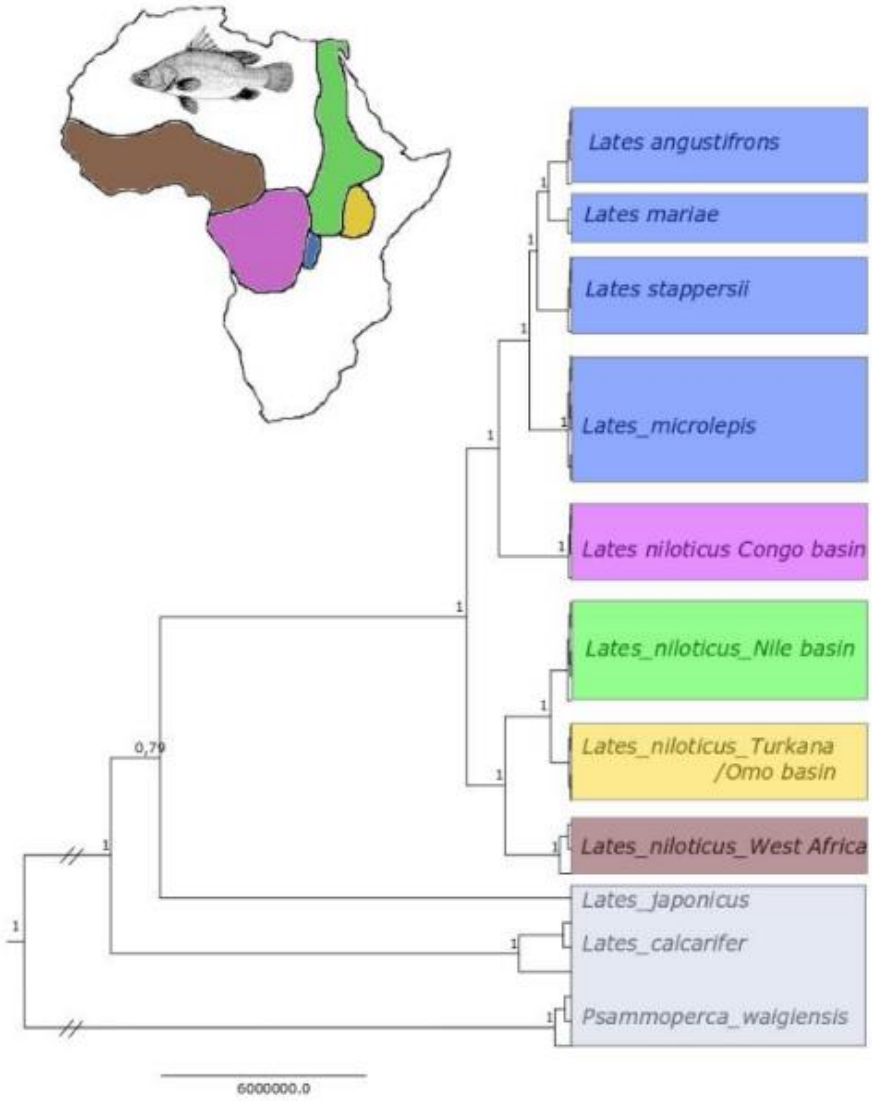


Figure 2 : Arbre des espèces basé sur 11 marqueurs d'ADNn et un marqueur d'ADNm de l'espèce Lates d'Afrique. Les couleurs représentent l'origine géographique; les étiquettes des nœuds indiquent les probabilités postérieures (Schöggl, 2019).

Les deux lignées très proches de *Lates niloticus*, la lignée du bassin du Nil et la lignée du bassin Turkana/Omo ne présentent que de très légères différences génétiques (Schöggl, 2019), puisque le bassin Turkana/Omo a été peuplé à partir du Nil et seulement il y a environ 1,9 - 1,3 million d'années, lorsque les deux bassins étaient encore reliés (Johnson and Malala, 2009) (Figure 2).

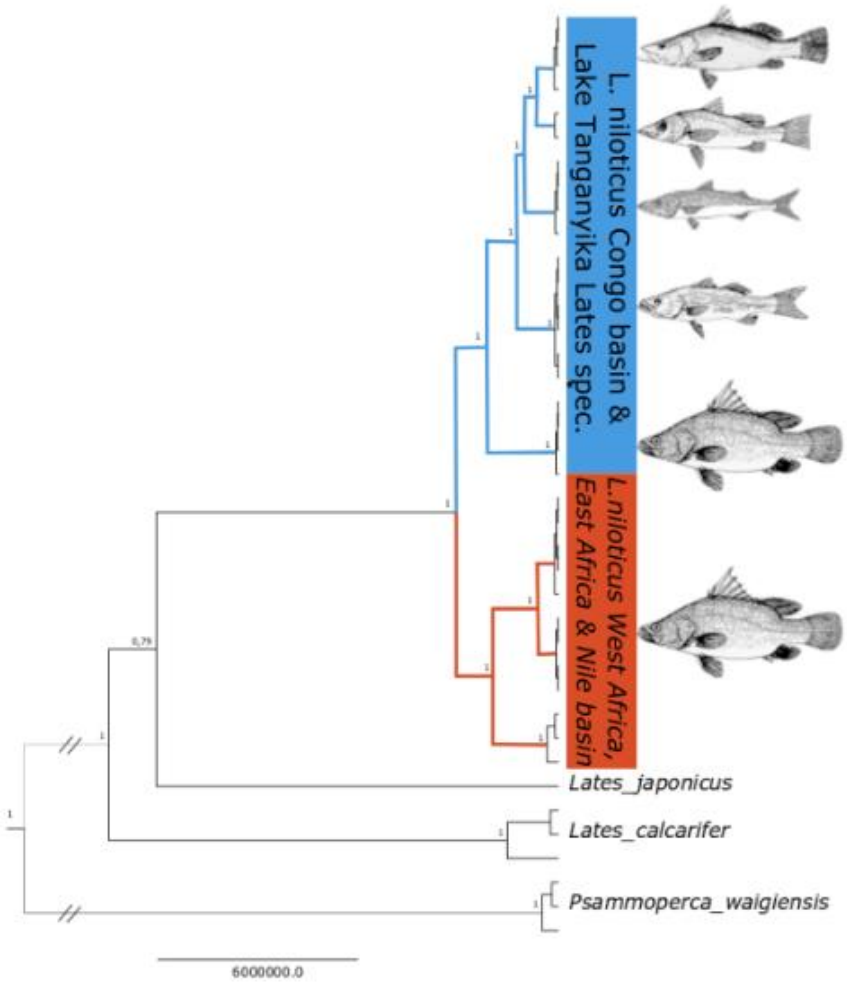


Figure 3: Arbre des espèces mettant en évidence la distribution géographique des échantillons de L. niloticus. La séparation en deux clades majeurs est indiquée par des couleurs différentes. (Schöggl, 2019)

I.3.2. Description du *Lates niloticus* (Linnaeus, 1758)

Cette espèce d'eau douce vit dans une profondeur de 10 - 60 m. Elle atteint son âge de maturité dans une gamme de 53 - 85 Cm, sa longueur maximale est de 200 Cm et son poids maximal est de 200,0 kg. Elle préfère les fonds sablonneux, mais on la trouve également dans les fonds rocheux et vaseux. Les zones de végétation dans les eaux calmes offrent un abri aux larves et aux jeunes. Les adultes vivent dans les eaux profondes, tandis que les juvéniles se trouvent dans les eaux peu profondes (Froese and Pauly, 2023). Elle est un prédateur vorace qui se nourrit principalement des poissons (Ogutu-Ohwayo, 2004) et de crevettes, bien que les juvéniles se nourrissent de crustacés et d'insectes plus gros et sont planctonivores. Les femelles sont plus grandes que les mâles.

I.3.3. Régime alimentaire de *L. niloticus*

D'après la littérature sur le régime alimentaire de *L. niloticus* de Ogutu-Ohwayo (2004); dans le lac Albert, l'habitat de référence de la perche du Nil, les proies les plus importantes sont les suivantes: *Alestes* spp, les haplochromines, *Caridina nilotica*, les nymphes d'anisoptères et les juvéniles de perche du Nil. La longueur et le nombre de proies varient en fonction de la taille de la perche du Nil (Ogutu-Ohwayo, 2004). Les proies de *L. niloticus* sont réparties par classes de taille comme suit:

- *C. nilotica* et les haplochromines sont importantes pour les perches du Nil de moins de 20 Cm.
- Les perches du Nil de 20 Cm à 60 Cm consomment des *Alestes spp*, des haplochromines, des nymphes d'anisoptères, *C. nilotica*, et des juvéniles de perches du Nil
- Tandis que celles de 60 Cm à 100 Cm se nourrissent *d'Alestes* spp, d'haplochromines, de *C. nilotica*, d'*Hydrocynus* spp, de juvéniles de perche du Nil et de tilapines.
- Les perches du Nil de plus de 100 Cm consomment une variété de poissons proies *Alestes spp*, des juvéniles de perche du Nil, *Polypterus senegalensis*, des mormyrides et *Bagrus* spp.

Il faut noter que la taille à la première maturité chez les femelles est proche de la taille à laquelle *L. niloticus* passe à des proies plus grandes. La consommation de proies plus grandes pourrait être liée à la nécessité d'augmenter l'apport énergétique nécessaire à la reproduction (Ogutu-Ohwayo, 2004).

I.4. Généralités sur les parasites

I.4.1. Aspects généraux

Un parasite est un être vivant qui tire profit d'un organisme hôte pour se nourrir, s'abriter ou se reproduire (Poulin, 1994). Les parasites n'engendrent d'effets pathogènes que lorsque leur accumulation devient anormale par rapport à l'équilibre généralement observé dans la nature (Euzet and Pariselle, 1996). Tous les organismes vivants hébergent des parasites. Leur diversité est considérable tant en nombre d'espèces (probablement la moitié des espèces vivantes), en cycle ainsi qu'en taille (de quelques microns à plusieurs mètres). Les impacts des parasites sur la reproduction, la croissance ou la survie de leurs hôtes en font

potentiellement des agents importants de régulation au sein des communautés et des écosystèmes (Benchikh and Fegoun El, 2016).

Les parasites jouent, comme l'affirme Poulin (1999) pour les communautés animales, « beaucoup de rôles à différents niveaux » en « structurant les communautés » (Dobson and Hudson, 1986), par leur intervention dans la compétition interspécifique, où en influant sur la biodiversité. Cela a fait que leur étude a pris de l'importance dans les dernières années (Thomas *et al.,* 2005, Collinge and Ray, 2006). Des études, faites dans une perspective plus systémique, ont montré que de nombreuses formes de parasitisme étaient également « utiles » à l'hôte et/ou à son espèce ou à la biocénose (Hudson, Dobson and Lafferty, 2006). Par exemple, dans la nature, de nombreux parasites interviennent, efficacement dans le rétrocontrôle de la démographie de populations dont les individus, sans parasitisme pullulent rapidement, jusqu'à faire disparaître leurs ressources alimentaires.

Plus de dix pour cent des espèces décrites de métazoaires sont des parasites (Poulin and Morand, 2004). Si on inclut les micro-organismes parasites, certaines estimations portent à plus de 50% la proportion d'espèces parasites au sein du monde vivant (De Meeûs and Renaud, 2002), et il n'existerait pas d'espèce libre indemne d'infestation parasitaire. Les relations hôtes-parasites se caractérisent par deux aspects:

- Une forte variabilité (entre individus et espèces hôtes face à l'infestation par les parasites)
- Une asymétrie (chaque espèce hôte fait face à de nombreux parasites tandis qu'un parasite fait face à un ou quelques espèces hôtes).

Les parasites sont à l'origine des êtres libres qui, se sont adaptés progressivement et dans des conditions physico-chimiques particulières d'un organisme à la vie parasitaire. L'adaptation parasitaire des formes primitivement libres se traduit, le plus souvent par des modifications morphologiques, biologiques et physiologiques (Benchikh and Fegoun El, 2016) telles que:

- Le parasitisme étant à l'origine de l'apparition d'éléments morphologiques nouveaux tels les organes de fixation (ventouses, crochets des ténias) permettant au parasite d'adhérer à leur hôte. D'autres parasites, par contre, n'ont pas eu des adaptations morphologiques par la vie parasitaire (ex: protozoaires flagellés et ciliés).
- Certains parasites ayant pu s'adapter dans des milieux avec peu d'oxygène ou complètement dépourvus d'oxygène (anaérobiose). D'autres parasites ont réussi à développer une immunité contre les enzymes de l'hôte (ex: larve du stade L1

d'*Hypoderma bovis* en migration dans les masses musculaires du bovin). En effet, les parasites sécrètent des substances qui neutralisent l'action des enzymes de l'hôte.

Les parasites sont utilisés dans différents aspects de la recherche scientifique. Ils permettent d'étudier les migrations de l'hôte (Canel *et al.*, 2021), par exemple la migration humaine préhistorique (Araújo *et al.*, 2011); leur spéciation (Levy *et al.*, 2021; Gobbin *et al.*, 2023) ainsi que leur régime alimentaire (Münster *et al.*, 2015). Ils sont régulièrement utilisés pour évaluer la structure des stocks de diverses espèces de poissons marins et d'eaux douces (Boudaya *et al*., 2020; Marcogliese and Jacobson, 2014; Timi and Poulin, 2020). Ils sont utilisés dans la détection des animaux difficilement observables et capturables (Allen *et al.*, 2020). Ils sont utilisés dans l'évaluation de processus de régénération d'un écosystème (Sáez-Durán *et al*., 2018).

L'écologie parasitaire permet de développer les connaissances dans plusieurs domaines: la position trophique d'un hôte dans une chaîne alimentaire, l'utilisation des parasites faite et le temps passé dans les différents microhabitats, l'impact du parasite sur l'hôte, les changements alimentaires de l'hôte au cours de son cycle de vie, ainsi que le potentiel migratoire de l'hôte (Brooks and Hoberg, 2000).

I.4.2. Classification des parasites

Les parasites sont divisés en plusieurs catégories selon différents critères.

I.4.2.1. En fonction de la taille

On les regroupe en microparasites et les macroparasites. Des traits de vie, tels que la taille et la durée de l'infestation, aident à définir ces deux catégories de parasites (Morand and Deter, 2012).

- Les microparasites regroupent les virus, les bactéries, les Fungi (champignons microscopiques) et les protozoaires mesurant quelques micromètres.
- Les macroparasites incluent des métazoaires mesurant de micromètres à mètres tels que des helminthes (vers parasites) et des arthropodes.

I.4.2.2. En fonction de la localisation chez l'hôte

Tenant compte de ce critère, les parasites sont groupés en trois catégories (Euzet, 1990) de la manière ci-après:

- Les ectoparasites: peuvent vivre et se reproduire à la surface externe des hôtes (ils vivent sur le tégument et/ou sur les branchies).
- Les mésoparasites: on les rencontre dans les cavités internes ouvertes sur le milieu, surtout dans le système digestif (l'estomac, les intestins), le système respiratoire (les poumons, ...).
- Les endoparasites: ils sont dans le corps, cavités ou tissus où ils entrent et sortent par effraction, dans les liquides internes (vaisseaux sanguins, vaisseaux lymphatiques) et même en tant qu'organismes intracellulaires comme certains nématodes.

I.4.2.3. En fonction de leur cycle biologique

Euzet et Combes (1980) regroupent les parasites en deux catégories:

- Les parasites à cycle direct monoxène ou holoxène: il s'agit d'un cycle avec un seul hôte obligatoire.
- Les parasites à cycles indirects ou hétéroxènes sont des parasites dont leur cycle de vie possède plus d'un hôte obligatoire.

I.4.2.4. Selon le spectre d'hôte

En fonction du spectre d'hôte, on distingue trois catégories de parasites (Euzet et Combes, 1980):

- Parasites à spécificité stricte ou oioxènes ou spécialistes: sont des espèces parasites qui ne peuvent vivre que dans une seule espèce hôte.
- Les parasites sténoxènes sont des espèces de parasites qui exploitent un petit groupe d'espèces, a priori apparentées phylogénétiquement, comme celles du même genre.
- Les parasites généralistes, ou parasites à spécificité large, ou euryxène: sont des espèces parasites qui peuvent exploiter plusieurs espèces hôtes qui ne sont pas obligatoirement apparentées du point de vue phylogénétique. Les hôtes peuvent présenter des convergences écologiques, éthologiques et/ou physiologiques.

I.4.2.5. Selon la dépendance à l'hôte

D'après Combes (1997), on retrouve les catégories ci-après:

- Parasites obligatoires: ce sont des individus qui dépendent étroitement de leur hôte pour leur subsistance et sont alors incapables de mener une vie libre en dehors de l'hôte (ex : ascaris, ténia, puce, pou…).
- Parasites facultatifs: ce sont des êtres vivants animaux ou végétaux qui vivent normalement dans les matières organiques en décomposition et, qui dans certaines conditions du milieu (plaie, contusion…) peuvent passer de la vie libre à la vie parasite (ex : larves de certaines mouches se développant habituellement sur des cadavres).

I.4.2.6. En fonction de la durée de vie chez l'hôte

Euzet (1989) reconnaît que ces notions répondent à un but de catégorisation des parasites très souvent subjective, alors que les limites entre les catégories sont très floues et difficiles à tracer. Il distingue:

- Les parasites permanents étant ceux qui mènent un mode de vie parasite pendant la plus grande partie de leur existence.
- Les parasites temporaires étant ceux ayant une durée d'occupation se limitant au contact avec l'hôte lors de la prise de nourriture.
- Les parasites périodiques, qui infestent leurs hôtes pendant une période qui peut correspondre à leur phase de vie larvaire ou adulte.

I.4.3. Rôles du parasitisme dans l'écologie et l'évolution

Le parasitisme joue des rôles essentiels dans des processus aussi importants que la stabilité, la régulation et la structuration des écosystèmes (Combes, 2001), l'évolution du milieu (Begon *et al.,* 1990), la sélection naturelle et l'évolution (Vázquez *et al.*, 2005). Les modifications de l'équilibre hôte-parasite entraînent des modifications considérables de l'environnement, affectent la condition physique de l'hôte, par des effets sur par exemple la croissance, la reproduction et la survie de l'hôte (Lafferty and Kuris, 2009; Hadou-Sanoun *et al.*, 2012; Segar *et al.*, 2018). Plusieurs études ont rapporté des différences dans l'infestation entre des espèces hôtes. Les hôtes peuvent différer dans leur tolérance à l'infestation, avec plus de tolérance pour les hôtes hébergeant relativement plus de parasites (ou survivants plus

longtemps), malgré une sensibilité égale (Jokela, Schmid-Hempel and Rigby, 2000; Roy and Kirchner, 2000).

Les hôtes peuvent varier également considérablement dans leur exposition aux parasites dans l'environnement (Keymer and Anderson, 1979; Karvonen, Seppälä and Valtonen, 2004; Hechinger and Lafferty, 2005; Poulin and Mouritsen, 2006). Cette exposition peut contribuer à la sélection médiée (Karvonen and Seehausen, 2012), à la différenciation des espèces hôtes (Decaestecker *et al.*, 2007; Gandon *et al.*, 2008) et à la spéciation de l'hôte (Gobbin *et al.*, 2020; Santacruz, Barluenga and Pérez-Ponce, 2022).

I.5. Généralités sur les monogènes

La classe des Monogènes est composée de vers plats hermaphrodites, chez les poissons. Ils sont rencontrés principalement sur les branchies et la surface externe. Ils sont rarement considérés comme une menace pour les poissons en conditions naturelles. Cependant, ils peuvent avoir de sérieux impacts sur l'état sanitaire des peuplements piscicoles en conditions d'aquaculture, présentant une forte concentration d'hôtes dans un espace restreint (Roberts and Janovy, 1996).

Les monogènes présentent généralement une symétrie bilatérale. Leur corps est incolore ou gris et peut être divisé en trois régions distinctes: la région céphalique antérieure au pharynx, le corps ou tronc et l'organe d'attachement postérieur ou opisthapteur (Roberts and Janovy, 1996). Les œufs, les organes internes ou la nourriture ingérée peuvent colorer les monogènes.

Leur taille varie généralement entre 1 et 10 mm de longueur, les formes marines étant en général plus grandes que les formes d'eau douce (Roberts and Janovy, 1996).

D'une façon générale, les monogènes ont un cycle de vie direct (aucun hôte intermédiaire impliqué) incluant les stades œuf, oncomiracidie et adulte. Quand l'oncomiracidie sort de l'œuf, elle possède des cils, permettant une nage active jusqu'à la rencontre avec l'hôte dans un bref délai, sinon le parasite meurt. Lors du contact avec l'hôte, elle s'attache à celui-ci, perd ses cellules ciliées et se développe jusqu'au stade adulte (Roberts and Janovy, 1996). Bien que ceci soit le cas pour la plupart des Monogènes, il y a quelques exceptions notamment dans le cas des Gyrodactylidae.

Les monogènes sont de bons marqueurs de la phylogénie et de la taxonomie des poissons (Pariselle *et al.*, 2015). Ils sont principalement des parasites de poissons et présentent un niveau élevé de spécificité d'hôte qui serait lié à leur cycle de vie direct (un seul hôte est

nécessaire) combiné à l'évolution adaptative des parties dures monogéniques responsables de l'attachement (Poulin, 2002). Ils ont tendance à se diversifier plus rapidement que leurs hôtes en raison de leur temps de génération court et de leur taux de mutation plus rapides (Nieberding *et al.*, 2004). Cela devrait être particulièrement évident par rapport aux hôtes de grande taille et à longue durée de vie, comme on pourrait s'y attendre pour *D. lacustre* de ses hôtes Latidés (Kmentová *et al.,* 2020). La morphologie des organes d'attachement est une adaptation importante à l'hôte du monogène et à des microhabitats spécifiques au sein de l'hôte, car ces structures peuvent influencer la capacité du parasite à infester, à se nourrir et à se reproduire sur une espèce hôte spécifique (Šimková *et al.*, 2002).

Comme il a été déjà dit, les Monogenea sont hautement spécifiques dans le choix de leurs hôtes, ce qui indique que les membres de ce groupe de parasites atteignent un niveau avancé d'adaptation évolutive pour co-exister avec leur hôte. Pour cette raison, on ne peut ordinairement remarquer de changements histopathologiques lors des examens des branchies infestées, même lors de fortes infestations. Il existe toutefois des exceptions où le parasite induit des changements histopathologiques.

- L'infestation de *Lates niloticus* par *Dolicirroplectanum lacustre* a stimulé une hyperplasie étendue de l'épithélium branchial autour du point d'attache du parasite sur les branchies (Paperna, 1982). Un effet morbide des infestations à diplectanidae a été signalé chez des poissons marins en élevage (Paperna, 1982); c'est ainsi que *Dolicirroplectanum lacustre* peut constituer un agent pathogène potentiel de *Lates* sp. en conditions d'élevage.
- Pour *Dactylogyrus vastator*, la présence du parasite sur les branchies, même en faible nombre, induit une hyperplasie étendue de l'épithélium branchial. Ces changements cellulaires interfèrent éventuellement avec la fonction respiratoire branchiale et sont cause directe de la mort du poisson (Paperna, 1982).
- Dans les infestations de la carpe par *Dactylogyrus extensus* et *Dactylogyrus anchoratus*, l'érosion focale du tissu branchial plus que l'hyperplasie, a été la cause de la morbidité et de la mortalité. *Dactylogyrus lamellatus* a causé chez la carpe chinoise une sévère érosion cellulaire et une dégénérescence au point d'attache du ver sur les branchies ainsi qu'une prolifération périphérique très vaste de l'épithélium branchial (Paperna, 1982).

I.6. Monogènes de *Lates niloticus Dolicirroplectanum lacustre* gen. comb. nov. (Kmentová *et al.*, 2020)

Une seule espèce de diplectanidae, identifiée morphologiquement comme étant *Dolicirroplectanum lacustre*, a été observée sur les *Lates* entre autres *L. niloticus* des lacs Albert, Kossou, Nasser et Victoria, de la rivière Taja en Sierra Leone et de l'embouchure de la rivière Mandoul au Tchad, embouchure du fleuve Mandoul au Tchad. Un nouveau genre *Dolicirroplectanum* gen. nov. est décrit avec *Dolicirroplectanum lacustre* comb. nov. comme espèce type (Kmentová *et al.*, 2020).

I.6.1. Taxonomie et description

Dolicirroplectanum gen. nov. Kmentová, Gelnar et Vanhove

Famille: Diplectanidae Monticelli, 1903

Genre: *Dolicirroplectanum* gen. nov.

Espèce type: *Dolicirroplectanum lacustre* (Thurston and Paperna, 1969)

Hôte type: *Lates niloticus* L. (Latidae)

Description: *Dolicirroplectanum* gen. nov. (Figure 4) est caractérisé par deux paires d'ancres dorsales et ventrales avec une pointe de tige régulièrement incurvée, une grande et large barre ventrale et deux barres dorsales. Les ancres dorsales sont plus petites que les ancres ventrales et n'ont pas de racine externe développée.

Les crochets marginaux (14) de taille similaire et relativement petits par rapport aux autres structures haptorales. Les squamodisques (2), ventrales et dorsales, formées par des rangées ouvertes concentriques de largeur similaire dans toutes les rangées. La bifurcation intestinale suit le pharynx, l'œsophage est absent. Les cæcums sont simples et se terminent aveuglément. Testicule sphérique, intercaecal. Le canal déférent émerge de la partie antérieure du testicule et s'élargit en vésicule séminale. La vésicule séminale, unique dans la région médiane du corps, se transforme en un canal allongé relié à la partie sclérifiée de l'organe copulatoire. Leur réservoir prostatique est simple, l'organe copulateur mâle est légèrement sclérifié, composé de deux tubes droits, l'un à l'intérieur de l'autre, presque aussi larges que longs. L'ovaire intercaecal, prétesticulaire, encerclant le caecum droit. L'oviducte passe au milieu de l'ovocyte, entouré par la glande de Mehlis, l'ovocyte est court et pénètre dans l'utérus qui est

sinistré. L'atrium vaginal est sclérosé ou musclé. Il possède plusieurs paires d'organes céphaliques et deux paires d'ocelles.

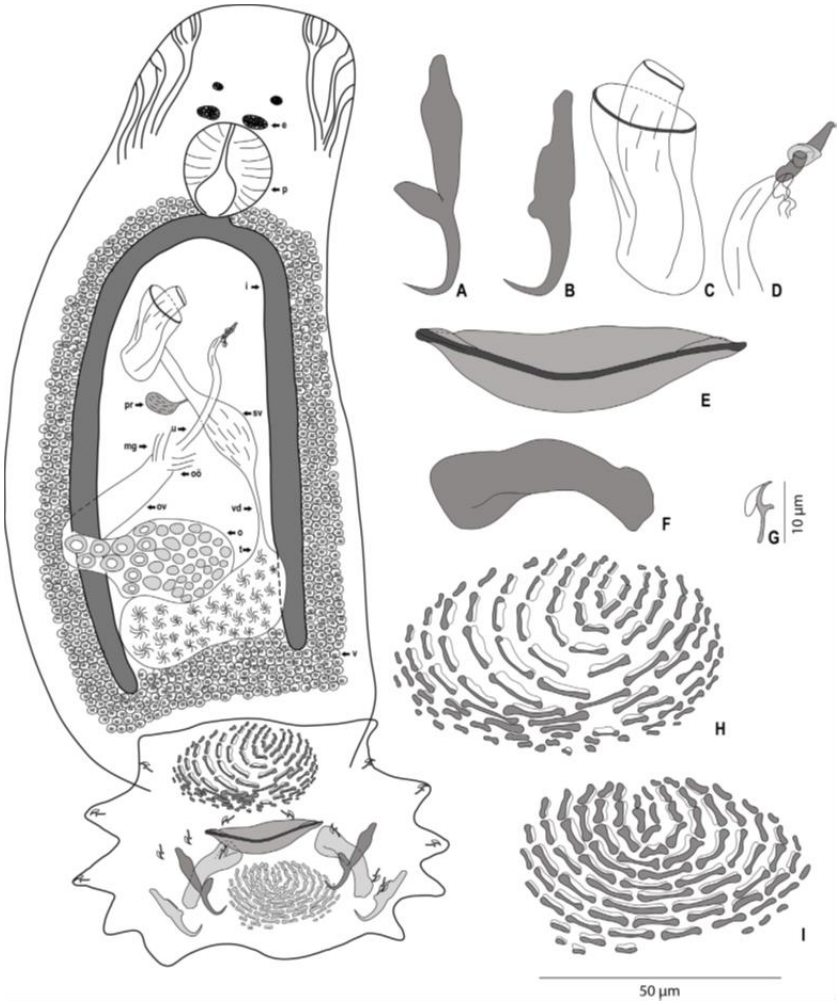


Figure 4 : Dolicirroplectanum lacustre comb. nov. collecté sur Lates niloticus dans le lac Albert.

e, ocelles; i, intestin; mg, glandes de Mehlis; o, ovaire; oö, oötype; ov, oviducte; p, pharynx; pr, réservoir prostatique; sv, vésicule séminale; t, testicules; u, utérus; v, vittelaria; vd, canal déférent, A, ancre ventrale; B, ancre dorsale; C, organe copulatoire mâle; D, vagin, E, barre ventrale; F, barre dorsale; G, crochet; H, squamodisque ventral; I, squamodisque dorsal. Structures dessinées de D. lacustre (HU XIV.4.14) du lac Victoria (Kmentová et al., 2020).

I.7. Généralités sur les Copépodes (Arthropoda, Copepoda)

L'ordre des Copépodes comprend à la fois les formes libres et parasites. Les formes parasites sont connues pour infester les poissons d'eau douce, saumâtre et marine et présentent des adaptations à ce mode de vie allant de la plus simple à la plus évoluée (Hoffman, 1999).

Comme une réduction de la taille des appendices locomoteurs, une modification des appendices utilisés pour l'attachement à l'hôte, une réduction du nombre d'organes sensoriels, et le développement de nouvelles structures morphologiques. Un changement au niveau des proportions et de la segmentation du corps est aussi observé. Les copépodes parasites présentent généralement des régions génitales et reproductrices plus développées, ainsi qu'une segmentation externe moins marquée. Pour finir, il a également été observé une réduction du nombre de stades libres, compensés par un développement accru de stades pré-éclosion ainsi que de stades larvaires parasites (Hoffman, 1999).

I.7.1. Parasites Copépodes du lac Albert

I.7.1.1. *Ergasilus kandti* (Van Douwe, 1912)

Famille: Ergasilidae

Genre *Ergasilus*:

Les antennes sont quatre à cinq fois plus longues que les antennules. Le segment céphalique, le reste du thorax et l'abdomen sont également grands. Les Ergasilus ne possèdent aucune réserve de nourriture. Chez les nouveaux parasites, le pigment est fortement développé mais son intensité diminue peu à peu. Il n'y a pas attirance des Ergasilidés par l'hôte à grande distance (Boxshall and Halsey, 2004).

Les adultes mâles sont libres et les femelles parasites (Boxshall and Halsey, 2004) se nourrissent des cellules épithéliales et des cellules muqueuses des branchies. Si le poisson meurt, les parasites meurent avec lui (Figure 5).

Espèce: *Ergasilus kandti*

Description: Ergasilus kandti sa longueur totale est de 0,67 mm; son céphalothorax mesure 0,37 mm de largeur, 0,45 mm de longueur; sa forme est pentagonale allongée; son premier segment thoracique plus étroitement fusionné que le segment céphalique; la longueur de l'antenne égale à celle du céphalothoracique, le troisième segment est légèrement arqué avec une projection conique en forme de dent sur la partie distale; ses quatre premières paires sont

bien développées, la cinquième paire est réduite à un seul segment court. Dans le lac Albert, son hôte est *Lates niloticus* (Linné, 1758).

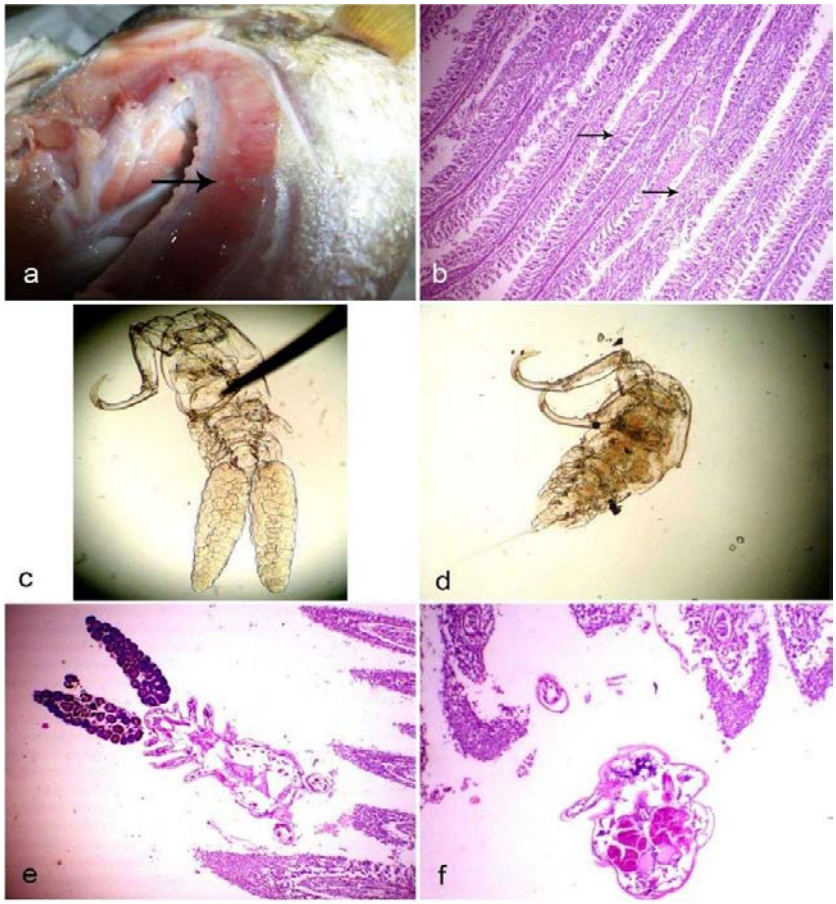


Figure 5 : Branchies de Lates niloticus du lac Nasser infestées par Ergasilus spp.

a. Branchies pâles de *L. niloticus* présentant un excès de mucus et des points blancs (*Ergasilus* spp.- flèche). b. Branchies de *L. niloticus* présentant une hyperplasie interlamellaire et une adhésion des lamelles secondaires. flèche). c. *Ergasilus latus* infestant les branchies de *L. niloticus*. d. *Ergasilus kandti* infestant les branchies de *L. niloticus*. e, f. Branchies de *L. niloticus* montrant des sections longitudinales de *Ergasilus latus* et *Ergasilus kandti* ainsi qu'une hyperplasie des cellules pilaires à l'extrémité des lamelles primaires. D'après (Hamouda *et al.*, 2018)

I.7.1.2. *Lamproglena monodi* (Capart, 1944)

Le copépode *Lamproglena monodi* (Capart, 1944) est un parasite connu qui infeste plusieurs espèces de poissons de la famille des Cichlidae dans les pays africains, notamment le Congo, le Zimbabwe, la Namibie et l'Ouganda (AbdelGaber *et al.*, 2017).

Le genre *Lamproglena* a été découvert pour la première fois par Von Nordmann (1832) et comprend plus de 40 espèces nominales (Yambot and Lopez, 1997; Moll and Avenant-Oldewage, 2008). Les femelles adultes de *Lamproglena monodi* ont été décrites pour la première fois à Pweto, Lac Moero, Katanga, République démocratique du Congo (Horobin and Murgatroyd, 1971; Douëllou and Erlwanger, 1994).

Et ont été redécrites sept fois à partir de différentes espèces de cichlidés en Égypte (Ibraheem and Izawa, 2000), au Burkina Faso et au Brésil (Azevedo *et al.*, 2012), toutes présentant des variations morphologiques. Les mâles vivent en liberté tout au long de leur vie (Ho, 1984).

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Zone d'étude

Les poissons *Lates* et *Haplochromis* ont été échantillonnés en janvier, août et octobre 2023 à Kasenyi-Tchomia (N 1º21.894; E 30º25.845 et N 1º27.164; E 30º29.242) et à Mahagi (N 2º5'35.389; E 31º11'5.612) situés respectivement au Sud-Ouest et au Nord-Ouest du lac Albert, en République Démocratique du Congo (Figure 6).

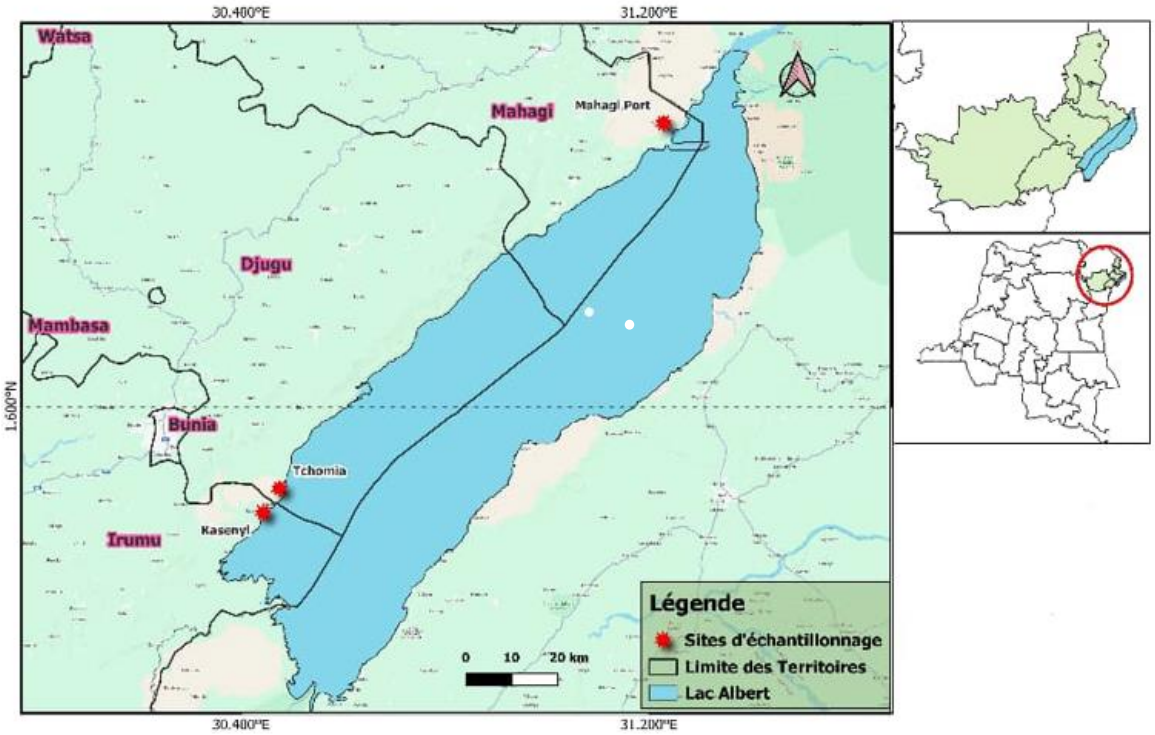


Figure 6 : Localisation du lac Albert et sites d'échantillonnage

II.2. Collecte des poissons

Les poissons, 65 spécimens pour *Lates niloticus* et 65 pour *Haplochromis* sp. ont été collectés à l'aide des sennes de plage, de la senne tournante, des filets maillants de maillage adapté à l'espèce recherchée (3–8 cm) posés à différentes profondeurs (4-31 m). D'autres spécimens de *Lates niloticus* ont été achetés auprès des pêcheurs.

Immédiatement après la collecte, chaque individu de poisson a été mesuré (Figure 7) et la longueur totale (LT) et la longueur prélevée standard (LS)) puis pesé avant le prélèvement des branchies. Les paires de branchies de chaque poisson ont été et conservées dans de l'éthanol à 99%.



Figure 7: Mesure des spécimens des poissons échantillonnés au lac Albert (RD Congo)

Parallèlement, à l'échantillonnage du matériel biologique, les paramètres physico-chimiques de l'eau ont été mesurés *in situ* avec un appareil multi-paramètre, de marque AM200: la température (°C), le pH, la salinité, la conductivité électrique (µs/cm) et l'oxygène dissous (mg/l). La profondeur (m) du site d'échantillonnage a été mesuréé à l'aide d'un fil calibré.

II.3. Dépistage parasitaire

Nous avons examiné les branchies du côté gauche et droit de chaque poisson selon le protocole standard d'Ergens et Lom (1970) à l'aide d'une loupe biloculaire. Tous les macroparasites ont été comptés et identifiés d'après la littérature monogénique (Vanhove *et al.*, 2011; Muterezi *et al.*, 2012).

Au cours de ces observations, les parasites ont été détachés à l'aide d'aiguilles entomologiques et de plumes. Les copépodes ont été conservés dans de l'alcool à 70%. Les parasites branchiaux monogéniques ont été extraits et montés en entier sur des lames en utilisant une solution de picrate de glycérine et d'ammonium (GAP) comme fixateur pour la caractérisation morphologique sous un microscope optique de marque Olympus CX43 équipé d'un tube de tirage et d'un éclairage LED OLYMPUS KL 1500 à un grossissement de 1000 (objectif 100; 1,25 huile; Ph3 WHB; oculaire 10).

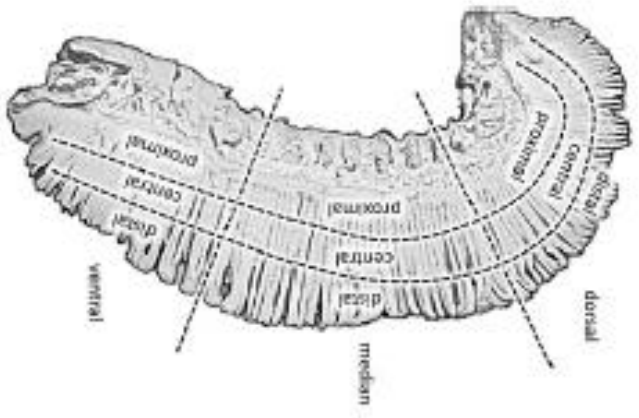


Figure 8: Répartition spatiale des microhabitats branchiaux (modifié d'après Gobbin et al., 2021).

II.4. Identification des morphotypes de *D. lacustre*

Les morphotypes sont distingués sur la base de la forme et de la taille des parties sclérotisées de l'organe d'attachement (hapteur) et, en particulier, sur celles de l'organe copulateur mâle (OCM) (Kmentová *et al*., 2020; Thys *et al*, 2022).

II.5. Morphométrie des parasites

Les mesures des parties dures, de la taille totale du corps et des distances entre les ocelles des deux paires ont été obtenues sur 167 spécimens de *D. lacustre* à un grossissement de 1000 (objectif 100; 1,25 huile; Ph3 WHB; oculaire 10) sous un microscope optique (Olympus CX43 en utilisant le logiciel Toupview (v. 3.7).

Au total, 22 paramètres des parties dures de l'hapteur et du OCM ont été mesurés (Figure 9). La terminologie de Justine and Henry (2010) a été adoptée.

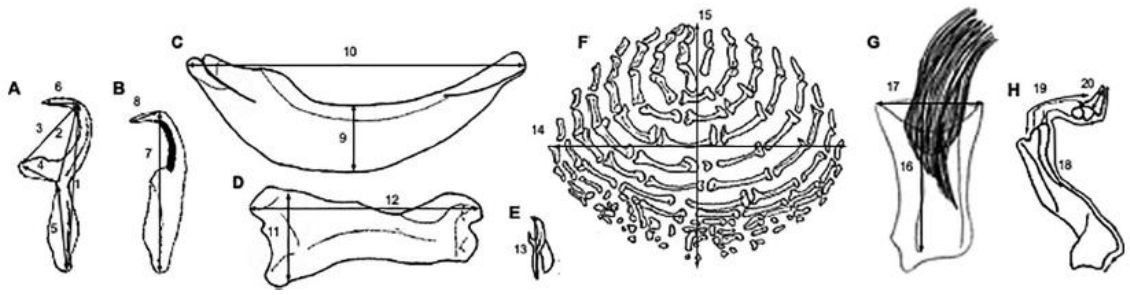


Figure 9: Mesures des structures dures de l'hapteur et des organes reproducteurs de D. lacustre: structures haptorales (postérieures) A- ancre ventrale

1, longueur totale; 2, longueur jusqu'à l'échancrure; 3, longueur jusqu'à la racine interne; 4, longueur de la racine interne; 5, longueur de la racine externe; 6, longueur de la pointe; B - ancre dorsale: 7, longueur totale; 8, longueur de la pointe; C - barre ventrale: 9, largeur maximale; 10, longueur droite; D - barre dorsale: 11, largeur maximale; 12, longueur droite; E - crochet: 13, longueur du crochet; F - squamodisque: 14, largeur du squamodisque; 15, longueur du squamodisque; structures copulatoires (antérieures); G - organe copulatoire mâle: 16, longueur du tube copulatoire; 17, largeur du tube copulatoire; H - vagin: 18, longueur totale; 19, longueur du tube; 20, longueur de la pointe. Structures dessinées de *D. lacustre* (HU XIV.4.14) du lac Victoria par Thys et al., 2022.

II.6. Paramètres d'infestation

Pour examiner les facteurs qui influencent la fixation des parasites sur les branchies, nous avons étudié les paramètres d'infestation à savoir la prévalence, l'abondance et l'intensité parasitaire de monogènes et de copépodes de *Lates* et *Haplochromis* par classe de taille, par habitat (littoral et large) et l'habitat du Nord et du Sud. La prévalence de l'infestation (P), l'abondance (A) et l'intensité moyenne de l'infestation (MI) ont été calculées selon Bush *et al.* (1997):

- Prévalence (P): Rapport du nombre d'hôtes infestés (n) par une espèce donnée de parasites sur le nombre d'hôtes examinés (h); elle est exprimée en pourcentage: P = n/h*100.
- Abondance parasitaire (A): Rapport du nombre total d'individus d'une espèce de parasite (p) dans un échantillon d'hôtes sur le nombre total d'hôtes examinés (h). C'est le nombre moyen d'individus d'une espèce de parasites par hôte examiné: A = p/h.

- Intensité parasitaire moyenne (MI): Rapport du nombre total d'individus de parasites dans un échantillon d'hôtes (p) sur le nombre d'hôtes infestés dans un échantillon (n). C'est donc le nombre moyen d'individus d'une espèce parasite par hôte parasité dans l'échantillon: MI = p/n.

II.7. Analyse des données

II.7.1. Distribution spatiale des parasites dans les branchies

Nous avons étudié la distribution spatiale des parasites *D. lacustre* et *Ergasilus* sp. dans les branchies du *Lates niloticus* et de parasite *Lamproglena monodi* dans les branchies des *Haplochromis* du lac Albert.

Nous avons observé les modèles / motifs de distribution des parasites dans les branchies et comment ils diffèrent entre les espèces hôtes, les localités (du Nord et du Sud du lac), les habitats dans le lac (le littoral et le large), les tailles.

Les analyses ont été effectuées avec le logiciel RStudio v. 5604.12.0.0 (R Core Team, 2024).

Les microhabitats parasitaires ont été visualisés sur les branchies par individu hôte, la distribution spatiale de tous les individus peut être résumée dans une carte thermique à l'aide de la fonction *geom_tile* qui fait partie du paquetage *ggplot2*.

Pour étudier la distribution spatiale de chaque taxon parasitaire sur les 36 microhabitats branchiaux, nous avons utilisé des modèles linéaires généralisés dans R suivis de tests de *Tukey post-hoc*; Les effets fixes comprennent les microhabitats des branchies (dorsal, médian, ventral, proximal, central, distal), les arcs (I, II, III et IV) et l'intensité totale du parasite respectif par individu de poisson, afin de corriger la variation interindividuelle de l'infestation. Les effets aléatoires comprenaient l'identité individuelle des poissons, pour tenir compte des échantillonnages répétés (car chaque individu de poisson pouvait être infesté par plusieurs parasites).

La contribution de chaque effet fixe a été évaluée par *ANOVA.*

II.7.2. Différenciation morphologique de *D. lacustre*

Pour étudier la différenciation morphologique de l'hapteur entre les morphotypes, les mesures brutes des hapteurs ont été analysées à l'aide de techniques statistiques multivariées dans RStudio v. 5604.12.0.0 (R Core Team, 2024).

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée à partir de 22 mesures de 167 individus à l'aide du logiciel *FactoMineR*.

Les résultats ont été visualisés à l'aide des packages *ggplot2*, *reshape2*, *factoextra*, *tidyr* et *MASS*.

Pour étudier le niveau de différenciation des mesures du MCO, des tests paramétriques ont été appliqués.

L'ANOVA a été appliquée pour les effets globaux; pour les comparaisons par paire entre les populations, des tests t non appariés ont été appliqués, mis en œuvre dans le paquet stats (R Core Team, 2024), les hypothèses de normalité et d'homogénéité de la variance ont été testées par la méthode de Shapiro-Wilk, à partir du package *stats* (R Core Team, 2024) et les tests de Levene du package, respectivement, ainsi que par un examen graphique des résidus.

II.8. Agrégation des parasites

L'abondance moyenne, ou moyenne du nombre de parasites par individu hôte, ne suffit pas à renseigner sur la distribution des parasites qui est rarement régulière ou aléatoire. La majorité des individus parasites sont hébergés par un faible nombre d'individus hôtes : les parasites sont agrégés au sein de leurs populations hôtes. Plusieurs mesures de l'agrégation ont été proposées, entre autres, le rapport variance de l'abondance sur l'abondance parasitaire (Morand and Deter, 2012).

Cette approche consiste à regarder le rapport de la variance de l'abondance parasitaire Var(M) ou s2 sur l'abondance parasitaire moyenne M (nombre moyen de parasites par individu hôte) :

- Var(M) / M = 1 correspond à une distribution de Poisson ou aléatoire
- Var(M) / M <1 correspond à une dispersion sous- dispersée ou régulière ou encore uniforme
- Tandis que Var(M) / M > 1 correspond à une distribution sur-dispersée ou agrégée.

CHAPITRE III. RÉSULTATS

III.1. Identification des parasites

Parmi les Latidés, 22 sur les 65 poissons examinés ont été parasités par 199 individus de monogènes *D. lacustre* (Figure 13) et 50 poissons par 3506 copépodes *Ergasilus* sp. (Figure S1). Pour les Cichlidés, 12 *Haplochromis* sp. ont été parasités par 115 copépodes *Lamproglena monodi* (Figure S2) et par 1 individu *Ergasilus* sp. Aucun monogène n'a été trouvé sur les poissons du genre *Haplochromis*; quelques kystes ont été prélevés, mais nous ne les avons pas considérés dans les analyses à cause de leur nombre (12) très réduit. Après dépistage parasitaire identique sur les échantillons examinés, les copépodes étaient très nombreux sur les poissons collectés au Sud du lac à Kasenyi-Tchomia et les monogènes étaient très nombreux sur les poissons collectés au Nord du lac à Mahagi. Tous les *Haplochromis* infestés étaient ceux du Sud du lac (Tableau 2). Les poissons du milieu littoral ont été moins parasités que les poissons du large.

Nos résultats ont permis de noter des valeurs des prévalences variant avec les espèces de parasites soit 76,92% pour *Ergasilus* sp., 33,84 % pour *D. lacustre* et 18,46% pour *Lamproglena monodi*.

Tableau 2: Identification des spécimens hôtes et leurs parasites (h: Nombre de spécimens de poissons examinés, T: Intervalle de taille d'hôte en TL mm), n: Nombre de spécimens de poissons infestés, c: Nombre de parasites copépodes, m: Nombre de parasites monogènes)

Sites	Espèces hôtes	Espèces parasites	h	T	n	c	m
		Ergasilus sp.					
Tchomia	*L. niloticus*	*D. lacustre*	30	210-740	18	1878	57
Kasenyi	*L. niloticus*	*Ergasilus* sp.	5	340-450	5	1268	0
		Ergasilus sp.					
Mahagi	*L. niloticus*	*D. lacustre*	35	300-1260	24	360	142
Tchomia	*Haplochromis* sp.	*L. monodi*	15	70	12	128	0
Mahagi	*Haplochromis* sp.	—	50	40-100	0	0	0

III.2. Paramètres d'infestation

III.2.1. Répartition globale des paramètres d'infestation

Les résultats globaux sur la prévalence, l'abondance et l'intensité parasitaire nous montrent que les poissons sont plus parasités par *Ergasilus* sp. que les deux autres parasites (Tableau 3). Le t-test montre qu'il n'y a pas de différence significative de l'infestation entre *L. niloticus* et *Haplochromis* sp. (p=0,577). L'abondance moyenne, ou moyenne du nombre de parasites par individu hôte, ne suffit pas à renseigner sur la distribution des parasites qui est rarement régulière ou aléatoire; ainsi, le rapport de la variance de l'abondance sur l'abondance parasitaire 5, 97 pour *D. lacustre*, -0, 02 pour *Ergasilus* sp. et 19,09 pour *L. monodi* nous renseigne que la distribution de *D. lacustre* sur les branchies de *L. niloticus* est agrégative, celle de *Ergasilus* sp. est régulière. La distribution de *L. monodi* sur les branchies de *Haplochromis* sp. est agrégative également.

Tableau 3: Prévalence, abondance **et intensité parasitaire de *D. lacustre*, *Ergasilus* sp. et *Lamproglena monodi* (h: Nombre de spécimens de poissons examinés, n: Nombre de spécimens de poissons infestés, p: Nombre de parasites)**

Hôtes	Parasites	h	n	p	Prévalence	Abondance	Intensité parasitaire	Variance
L. niloticus	*D. lacustre*	65	22	199	33,84	3,06	9,04	18,28
L. niloticus	*Ergasilus* sp.	65	50	3506	78,38	53,93	70,12	-0,97
Haplochromis sp.	*L. monodi*	65	12	115	18,46	1,76	9,58	33,77

III.2.2. Répartition des paramètres d'infestation en fonction des classes de taille

Les classes de taille des poissons Latidés sont réparties en tenant compte de la littérature sur le régime alimentaire de *Lates niloticus* (Ogutu-Ohwayo, 2004). Les tests statistiques ne montrent pas de différence significative (p=0.2361) entre la prévalence, l'abondance et l'intensité parasitaire de ces classes de tailles chez *L. niloticus* (Figure 10).

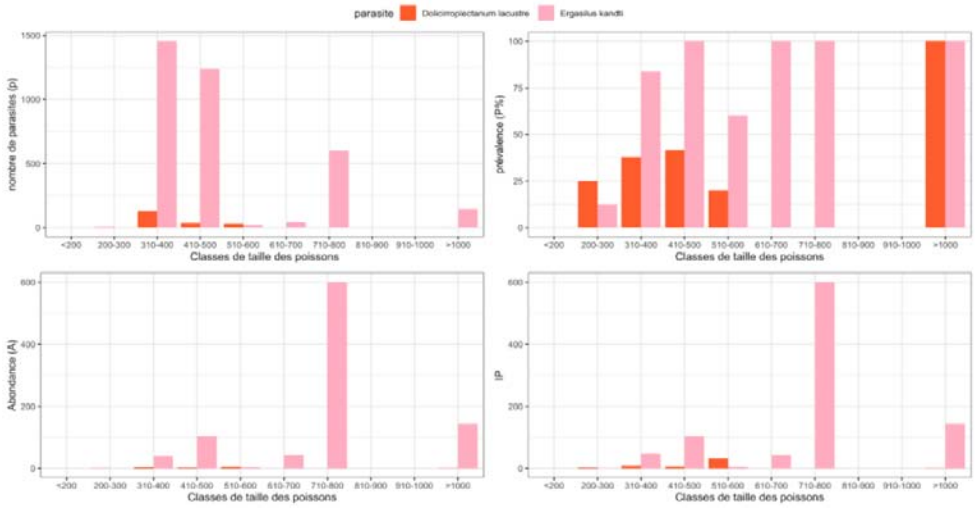


Figure 10: Répartition de prévalence, abondance et intensité parasitaire de *D. lacustre* et *Ergasilus* sp. chez *L. niloticus* par classes de taille et de *L. monodi* chez *Haplochromis* sp.

III.2.3. Répartition des paramètres d'infestation en fonction de l'habitat

Les tests statistiques montrent que les prévalences au large et au littoral (t=1,871; dl=4; p=0,933) ne sont pas différentes alors que les abondances (t=3,674; dl=4; p=0,021) comparables aux intensités parasitaires (t=3,674; dl=4; p=0,021) sont différentes entre les deux habitats (Tableau 4).

Tableau 4: Répartition prévalence, abondance et intensité parasitaire de *D. lacustre*, *Ergasilus* sp. chez *Lates niloticus* et de *Lamproglena monodi* chez *Haplochromis* sp. par habitat dans le lac Albert (A: Abondance, P: Prévalence, h: effectif de l'échantillon, n: nombre de poissons parasités, n': nombre de poissons non parasité, p: nombre de parasites, IP : Intensité parasitaire).

Hôtes	Parasites	Habitat	h	n	n'	p	P	A	IP
L. niloticus	*D. lacustre*	Littoral	13	3	10	11	23,07	0,84	3,66
		Large	52	20	32	188	38,46	3,61	9,4
L. niloticus	*Ergasilus* sp.	Littoral	13	8	5	1437	61,53	110,53	179,62
		Large	52	42	10	2069	80,76	39,78	49,26
H. sp.	*L. monodi*	Littoral	50	0	50	0	0	0	0
		Large	15	12	3	115	80	7,66	9,58

III.2.4. Répartition des paramètres d'infestation en fonction des localités du Nord et du Sud

Les tests statistiques de comparaisons de paramètres d'infestation nous ont renseigné qu'il n'y a pas de différence (p=0.3739) entre ces localités du nord et du Sud (Tableau 5).

Tableau 5: Répartition d'abondance, intensité parasitaire et prévalence de D. lacustre, Ergasilus sp. et Lamproglena monodi par localité d'échantillonnage (A: Abondance, P: Prévalence, h: effectif de l'échantillon, n: nombre de poissons parasités, n': nombre de poissons non parasité, p: nombre de parasites).

Hôtes	Parasites	Localité	h	n	n'	p	P	A	IP
L. niloticus	*D. lacustre*	Tchomia	30	8	22	57	26,66	1,9	7,125
		Kasenyi	5	0	5	0	0	0	0
		Mahagi	35	15	20	142	42,85	4,05	9,46
L. niloticus	*Ergasilus* sp.	Tchomia	30	21	9	1878	70	62,6	89,42
		Kasenyi	5	5	0	1268	100	253,6	253,6
		Mahagi	35	24	11	360	68,57	10,28	15
H. sp.	*L. monodi*	Tchomia	15	12	3	115	80	7,66	9,58
		Mahagi	50	0	50	0	0	0	0

III.3. Distribution des parasites dans les microhabitats

La distribution spatiale des microhabitats branchiaux de *D. lacustre, Ergasilus* sp. et *L. monodi* est visualisée sur les figures 11, 12 et 13. L'abondance de chaque taxon de parasite pour chaque catégorie (arcs branchiaux, segments longitudinaux et zones verticales) est reprise dans les tableaux supplémentaires en annexe.

La distribution spatiale des parasites *D. lacustre* sur les 36 microhabitats n'est pas aléatoire (Tableau S1): les localités Nord et Sud ($p<0,001$, $Chi2=13,91$ et $dl=2$), l'espèce hôte ($p<0,001$, $Chi2=20,48$ et $dl=1$) et le nombre d'individus parasites ($p<0,001$, $Chi2=352,81$ et $dl=1$) influencent significativement cette distribution. Chez *Ergasilus* sp., outre la localité ($p<0,001$, $Chi2=107,29$ et $dl=2$), l'espèce hôte ($p<0,001$, $Chi2=459,40$ et $dl=1$) et l'abondance parasitaire ($p<0,001$, $Chi2=1560,39$ et $dl=1$); l'habitat ($p<0,001$, $Chi2=10,88$ et $dl=1$) a

également positivement influencé la distribution de ce parasite. La distribution de *L. monodi* ne dépend d'aucun facteur (p=1).

En considérant les distributions sur les arcs branchiaux, nous avons observé une distribution spatiale de *D. lacustre* en fonction de localité (p<0,001, Chi2=16,08 et dl=2), l'espèce hôte (p<0,001, Chi2=21,16 et dl=1) et le nombre d'individus parasites (p<0,001, Chi2=355,70 et dl=1) et de *Ergasilus* sp. en fonction de l'habitat (p<0,001, Chi2=7,12 et dl=1), de localité (p<0,001, Chi2=114,00 et dl=2), l'espèce hôte (p<0,001, Chi2=474,12 et dl=1) et le nombre d'individus parasites (p<0,001, Chi2=1581,61 et dl=1) (Tableau S2). Dans l'ensemble, ils sont plus abondants sur le premier arc et moins abondants sur le quatrième arc branchial. La comparaison par paire nous montre une inexistence des différences de nombre entre le premier et le deuxième arc; sur le troisième et le quatrième arc. Toutefois chez tous ces individus hôtes, le premier arc branchial contient plus de parasites par rapport aux autres.

La comparaison par paire nous renseigne que les parasites *D. lacustre* sont plus abondants sur le segment médian (p<0,001); pour *L. monodi* (p>0,900) et *Ergasilus* sp. (p>0,100) la comparaison par paire nous renseigne que la répartition de ces parasites est au hasard sur les différents segments (Tableau S3). Les comparaisons par paire pour les zones verticales nous renseignent que la plupart des parasites se trouvent dans la zone centrale (p<0,001) pour *D. lacustre*. Chez *Ergasilus* sp., les zones proximales (p<0,001) et centrales (p<0,001) regorgent plus de parasites et chez *L. monodi* (p<0,01), la zone proximale est plus infestée (Tableau S4).

La distribution des microhabitats, exprimée en abondance, de *D. lacustre* est plus répandue sur le premier arc avec 61 individus, suivi du deuxième, troisième et quatrième arc avec respectivement 58, 41 et 39 individus au total. Sur le premier arc, les microhabitats dorsal-central et ventral-central ont regorgé plus d'individus parasites que les autres; sur le deuxième arc, le microhabitat dorsal-central regorge plus de parasites ainsi que sur le troisième et le quatrième arc. Dans l'ensemble, l'abondance de *D. lacustre* est plus observée sur le segment central (Figure 11).

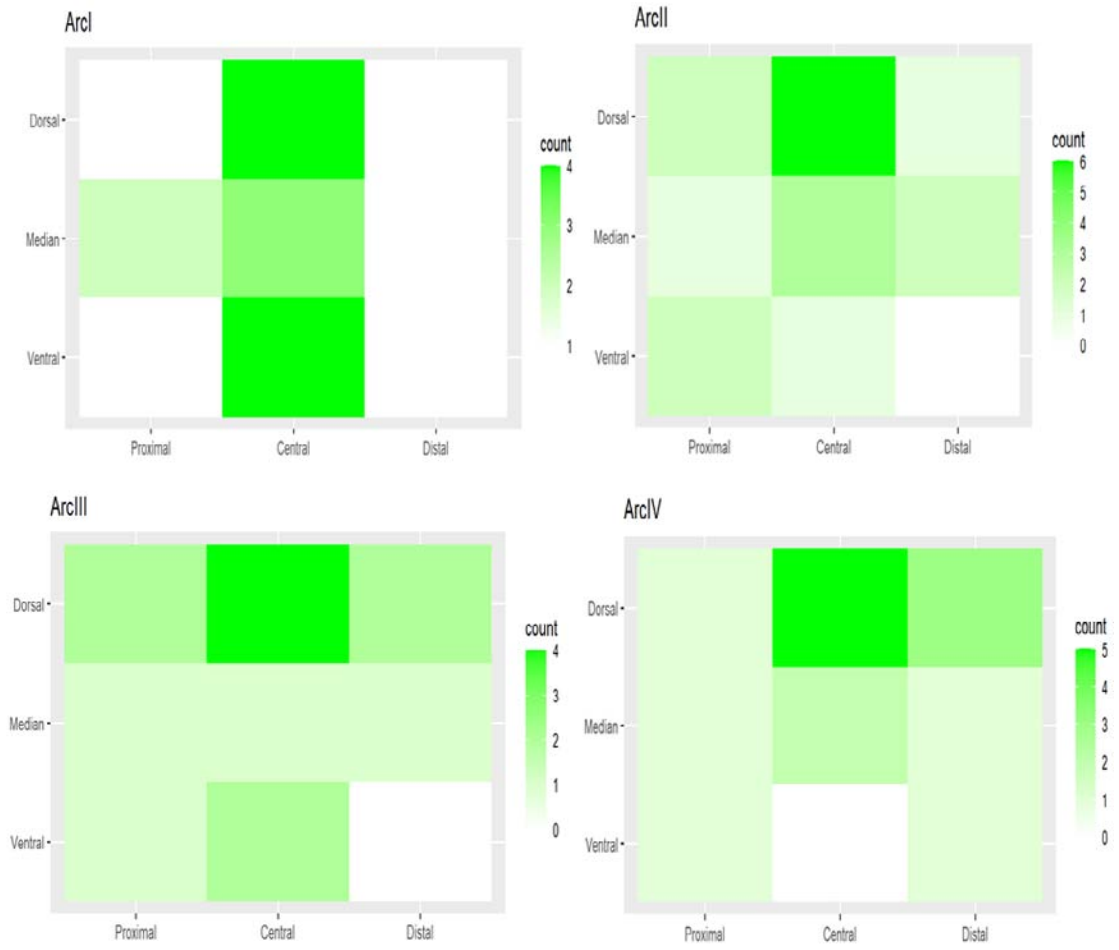


Figure 11: Distributions des microhabitats branchiaux exprimées en abondance *D. lacustre* infestant des *L. niloticus* échantillonnés au lac Albert (RD Congo)

La distribution du parasite *Ergasilus* sp. infestant le *L. niloticus* (Figure 12) montre que le premier arc regorge plus de parasites que les autres avec 1125 individus sur les 3516 trouvés; le deuxième arc a 1098 individus, le troisième contient 683 individus et enfin, le quatrième n'en a que 572 individus. Sur le premier arc, le microhabitat medio-proximal regorgeait 59 individus de *Ergasilus* sp.; le deuxième arc regorge plus d'individus sur le microhabitat ventral-central (30 individus). Sur le troisième arc, le microhabitat médian-proximal est plus infesté (27 parasites). Enfin, le microhabitat dorsal-central du dernier arc est celui avec la plus grande abondance de *Ergasilus* sp. (29 individus). Globalement, le segment médian et la zone proximale sont plus parasités que les autres par *Ergasilus* sp.

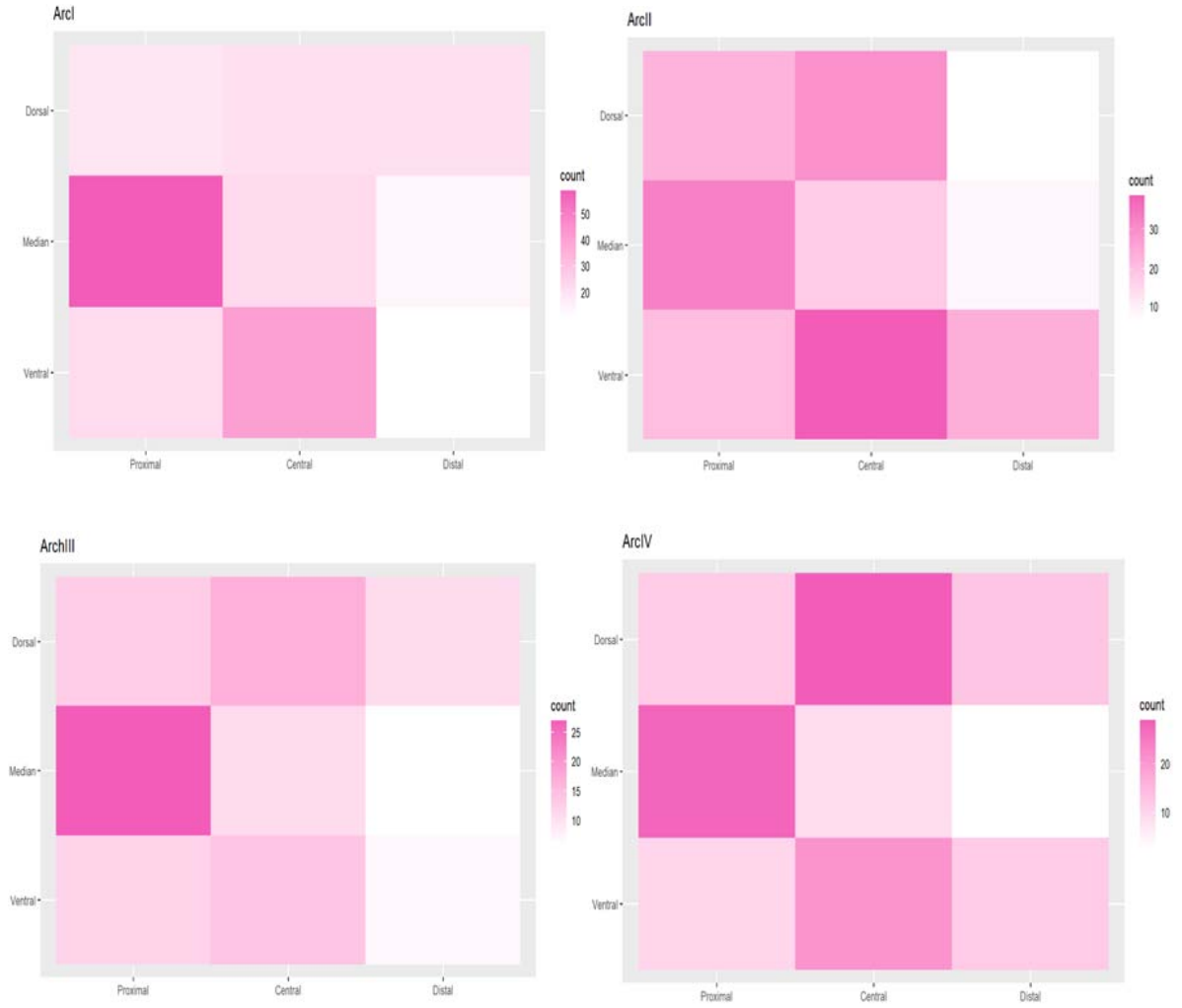


Figure 12: Distributions des microhabitats branchiaux exprimées en abondance de *Ergasilus* sp. infestant des *L. niloticus* échantillonnés au lac Albert (RD Congo)

Les poissons du genre *Haplochromis* ont été parasités par le copépode *L. monodi* dont la répartition sur les arcs est presque uniforme. Les segments longitudinaux ventral et médian étaient plus infestés que les autres et la zone centrale était plus infestée par rapport aux autres zones verticales (Figure 13).

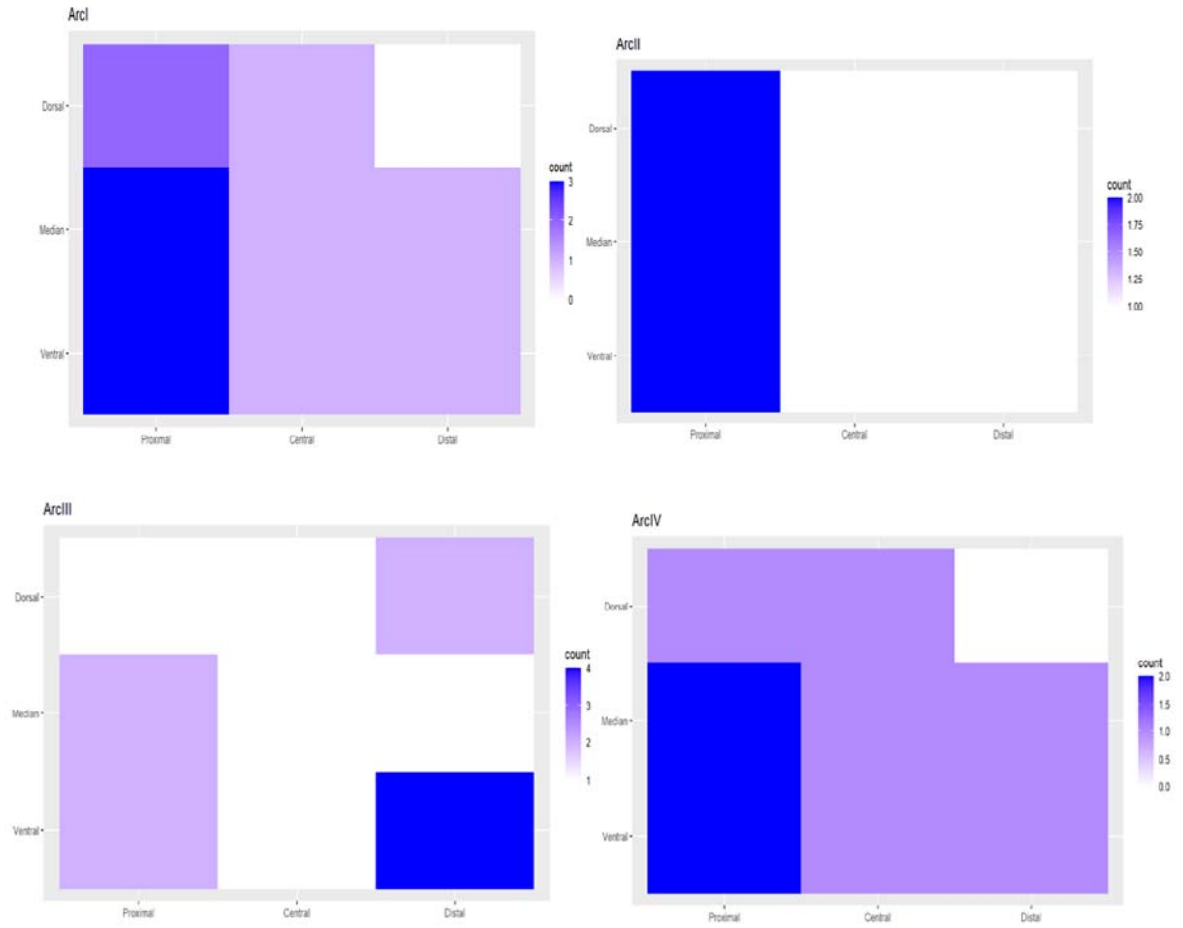


Figure 13: Distributions des microhabitats branchiaux exprimées en abondance de *L. monodi* infestant des *Haplochromis* sp. échantillonnés au lac Albert (RD Congo)

III.4. Différenciation morphologique de *D. lacustre* du *L. niloticus)* dans son aire d'origine, le lac Albert (RD Congo)

Au total, 199 parasites branchiaux monogènes ont été extraits de 22 spécimens d'hôtes infestés dans le cadre de cette étude. Les spécimens ont été morphologiquement identifiés comme étant *D. lacustre* dont 197 individus *D. lacustre* de morphotype gravide (Figure 14) et deux individus *D. lacustre* de morphotype élancé (Figure 15). Plusieurs caractéristiques ont été observées: les ancres ventrales, les ancres dorsales, les barres dorsales en forme d'os avec une large base pointant vers le centre de l'hapteur, la barre ventrale est en forme ovale et allongée (Figure 16).

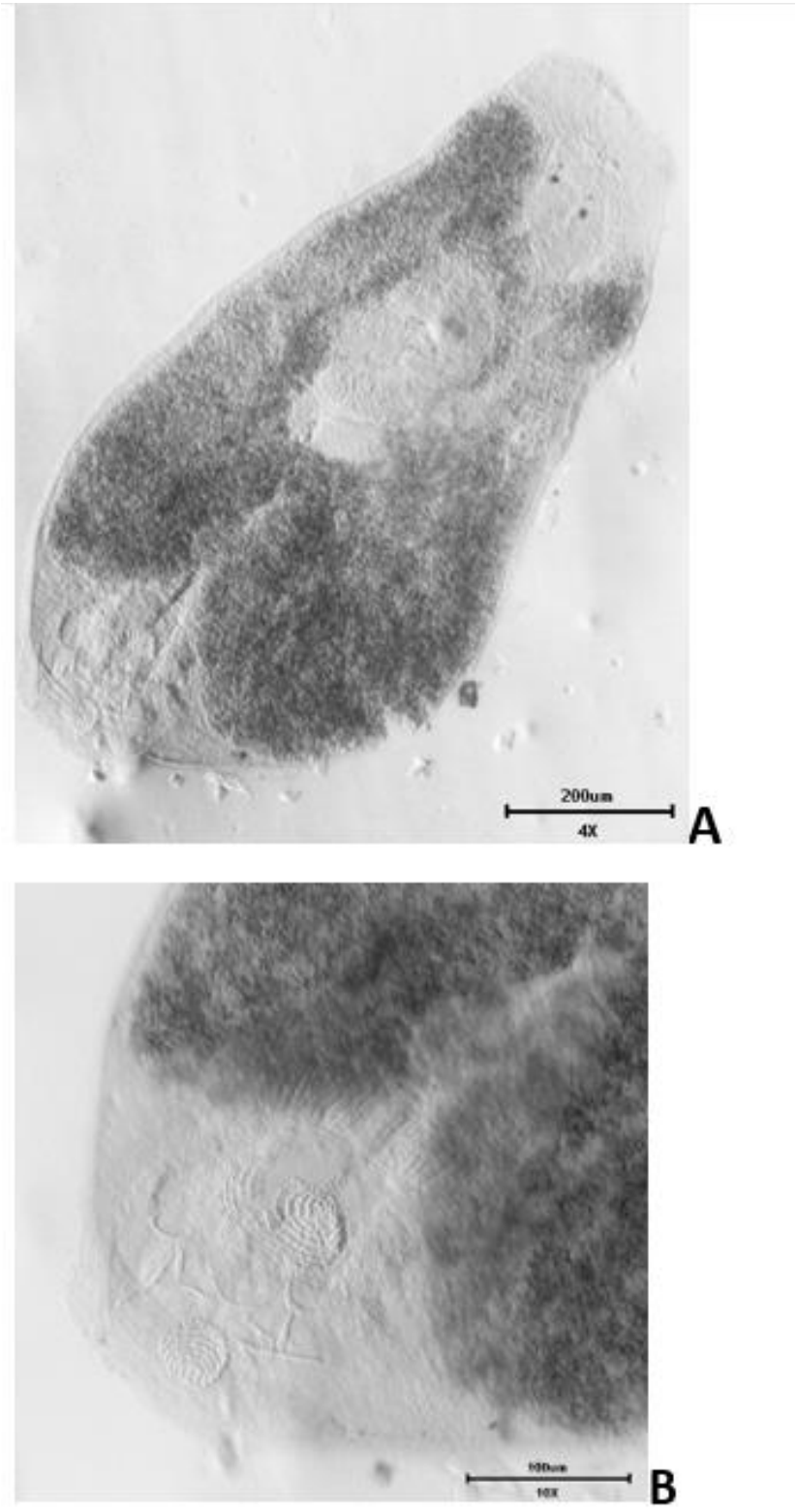


Figure 14: A-spécimen de *D. lacustre* morphotype gravide. B-Opisthapteur *D. lacustre* morphotype gravide

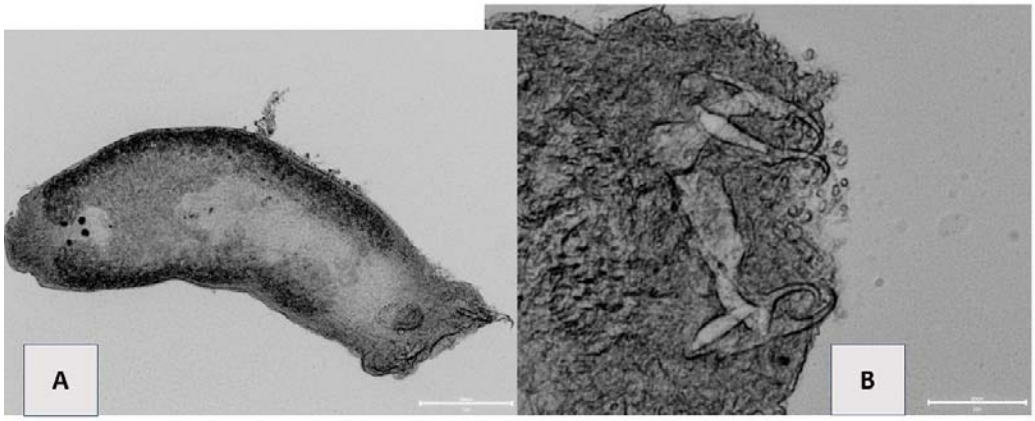


Figure 15: A-spécimen de *D. lacustre* morphotype élancé, B-Opisthapteur *D. lacustre* morphotype élancé

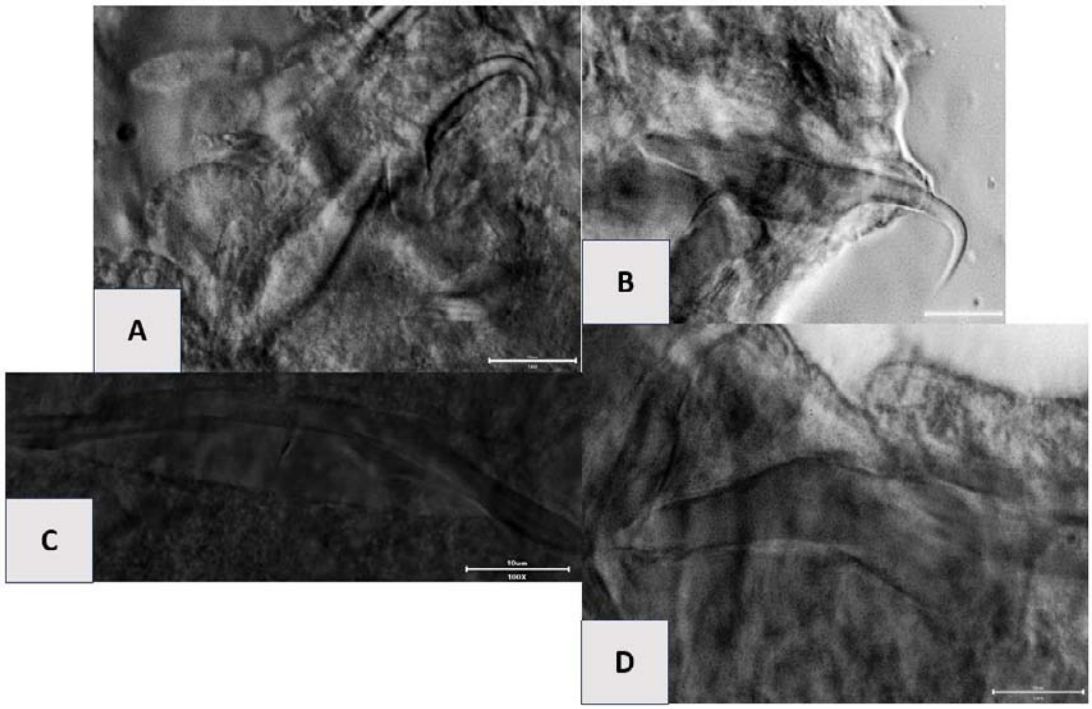


Figure 16: Structures haptorales de *D. lacustre*. A-Ancre ventrale, B-Ancre dorsale, C-Barre ventrale; D-Barre dorsale

Des squamodisques composés de rangées concentriques variables de bâtonnets en forme osseuse formant des anneaux ouverts, les organes copulateurs mâles large, robuste et en forme de tonneau formé par deux tubes imbriqués orientés vers l'avant, l'un enveloppant l'autre étaient observés chez tous les individus, deux paires d'ocelles, dont les ocelles postérieurs sont

plus grands et plus proches les uns des autres, 14 crochets rudimentaires de taille égale (Figure 17). Le vagin sclérifié a été observé chez 83 des 167 spécimens mesurés (Figure 18).

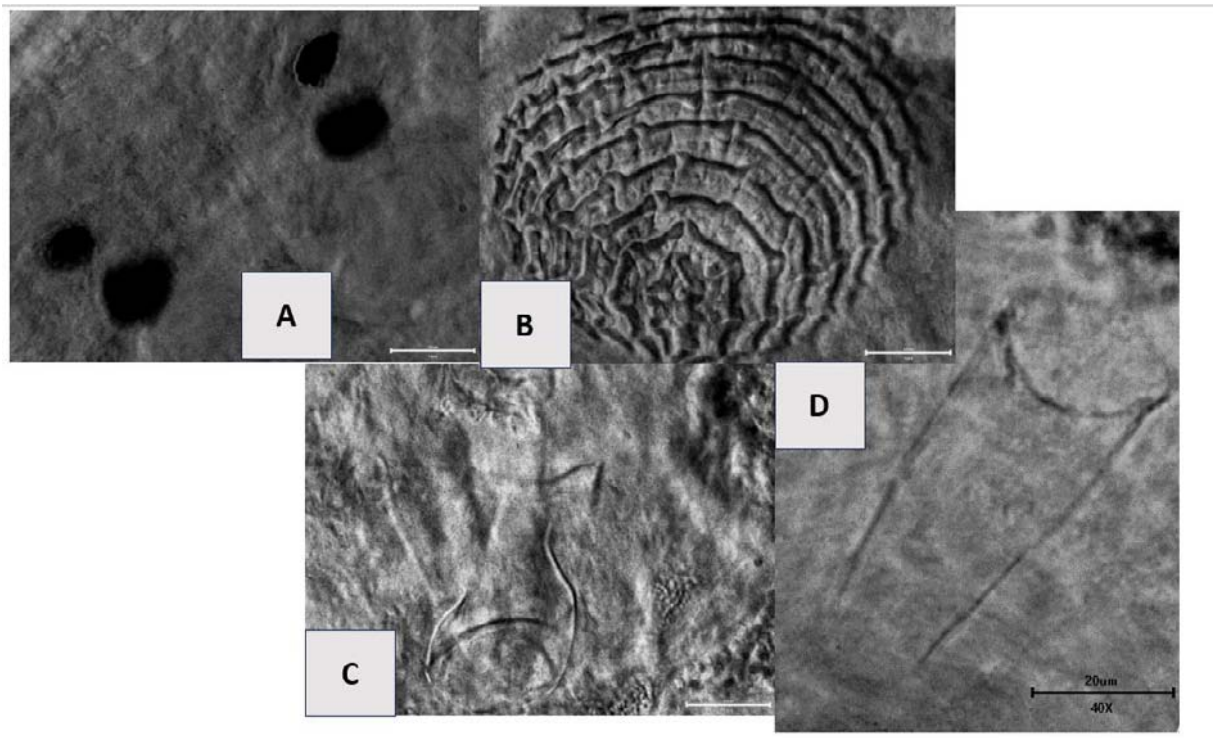


Figure 17: A-les ocelles, B-le squamodisque, C-Organe copulateur mâle de *D. lacustre* morphotype élancé, D-Organe copulateur mâle de *D. lacustre* morphotype gravide

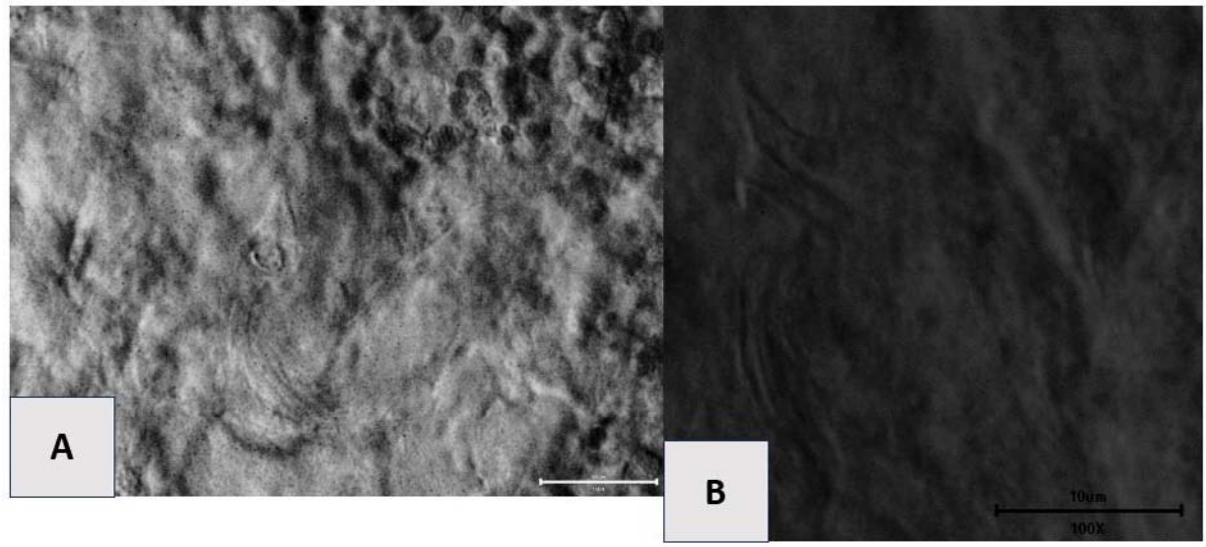


Figure 18: Vagins de *D. lacustre* morphotype élancé

III.4.1. Les mesures brutes des parties dures haptorales, génitales, la taille et la distance entre les ocelles

Au cours des mensurations, des différences de taille dans la longueur totale du corps et des structures dures haptorales entre les individus de *D. lacustre* du lac Albert ont été répertoriés. Nous avons classé les spécimens du lac Albert sous le morphotype gravide et morphotype élancé (Tableau 6). Les spécimens du morphotype gravide ont été identifiés par un corps proportionnellement plus long par rapport au morphotype élancé.

Des différences significatives sont observées entre la taille totale du parasite (p=0,000) et sa largeur totale (p=0,000), la longueur totale de l'ancre ventrale (p=0,000) et celle de sa racine externe (p=0,000), la longueur totale de l'ancre dorsale (p=0,002), la longueur maximale de la barre ventrale (p=0,000), la longueur de squamodisque ventrale (p=0,006) et de squamodisque dorsale (p=0,003), la distance entre les ocelles (p=0,000) et la longueur du tube copulatoire (p=0,000).

Certains individus du morphotype élancé étaient plus petits en termes de taille corporelle totale (306,48 µm) et très larges (235,28 µm), ils avaient des ancres ventrales (51,74 µm) et dorsales plus longues (47,58µm), des barres ventrales (60,83 µm) et dorsales plus larges (42,94 µm), les squamodisques étaient plus étroits (41,16 µm).

Tableau 6: Vue d'ensemble des mesures morphométriques effectuées sur les parties dures haptorales et génitales, la taille totale du corps, la largeur totale et la distance entre les ocelles des morphotypes de *Dolicirroplectanum lacustre* infestant *Lates niloticus* du lac Albert (RD Congo). Les valeurs représentent les mesures moyennes ± écart-types; les valeurs minimales et maximales; n, le nombre d'individus; les différences des moyennes et p value.

Paramètres (µm)	***D. lacustre* morphotype élancé**	***D. lacustre* morphotype gravide**	***Différence moyennes (élancé-gravide)***	***p value***
Longueur totale	517,18±104,38 (306,48-820,76); n=165	886,04±220,68 (730,00-1042,09); n=2	-368,86	p=0,000
Largeur totale	222,95±43,15 (116,21-408,98); n=165	486,36±51,15 (450,20-522,53); n=2	-263,41	p=0,000
Ancre ventrale				
Longueur totale	51,26±3,67 (41,80-62,85); n=165	63,23±2,80 (61,25-65,21); n=2	-11,97	p=0,000
Longueur jusqu'à l'échancrure	20,39±2,24 (13,23-28,23); n=165	21,55±0,26 (21,36-21,73); n=2	-1,15	p=0,233
Longueur jusqu'à la racine interne	25,31±2,11 (20,40-32,55); n=165	27,90±0,99 (27,20-28,60); n=2	-2,58	p=0,042
Longueur de la racine interne	11,40±1,48 (7,66-15,64); n=165	12,52±1,27 (11,62-13,42); n=2	-1,11	p=0,145
Longueur de la racine externe	30,76±3,23 (21,78-40,09); n=165	39,74±0,49 (39,39-40,09); n=2	-8,97	p=0,000
Longueur de la pointe	8,90±1,27 (5,41-12,70); n=165	8,96±0,37 (8,69-9,22); n=2	-0,05	p=0,474
Ancre dorsale				
Longueur totale	46,48±4,16 (36,79-58,27); n=165	54,98±4,34 (51,91-58,05); n=2	-8,50	p=0,002
Longueur de la pointe	8,55±1,21 (5,38-12,25); n=165	8,18±0,27 (7,99-8,37); n=2	0,36	p=0,6657
Barre ventrale				
Largeur maximale	52,11±7,76 (28,84-82,02); n=165	73,41±1,20 (72,57-74,26); n=2	-21,30	p=0,000
Longueur droite	12,10±2,75 (3,25-18,28); n=165	4,84±0,27 (4,65-5,03); n=2	7,50	p=0,99
Barre dorsale				

Largeur maximale	39,17±3,66 (28,59-53,03); n=165	41,33±3,80 (38,64-44,01); n=2	-2,15	p=0.204
Longueur droite	11,68±2,84 (6,50-17,63); n=165	11,25±1,22 (10,39-12,11); n=2	0,43	p=0,584
Squamodisque ventral				
Longueur	41,11±7,59 (20,92-61,41); n=165	54,77±18,93 (41,39-68,16); n=2	-13,66	p=0,006
Largeur	54,19±8,20 (36,26-76,33); n=165	58,93±21,93 (43,42-74,44); n=2	-4,73	p=0.213
Squamodisque dorsal				
Longueur	37,14±6,84 (20,43-57,66); n=165	50,74±12,23 (42,09-59,39); n=2	-13,59	p=0,003
Largeur	49,34±7,95 (33,27-70,50); n=165	56,33±4,09 (53,44-59,22); n=2	-6,99	p=0,108
Crochet				
Longueur du crochet	12,45±1,12 (9,35-15,38); n=165	13,70±0,69 (13,22-14,19); n=2	-1,09	p=0,057
Ocelle				
Distance entre petite pair	30,39±7,47 (16,25-67,79); n=165	50,49±6,15 (46,14-54,84); n=2	-20,09	p=0,000
Distance entre grande pair	19,00±5,59 (6,88-39,32); n=165	48,97±7,01 (44,01-53,93); n=2	-29,97	p=0,000
Organe copulateur mâle				
Longueur du tube copulatoire	45,12±7,21 (31,09-75,30); n=165	69,84±12,16 (61,24-78,44); n=2	-24,71	p=0,000
Largeur du tube copulatoire	28,28±4,74 (18,44-45,86); n=165	28,32±0,38 (28,05-28,59); n=2	-0,03	p=0,495
Vagin				
Longueur totale	39,44±6,84 (26,57-61,95); n=77	-		
Longueur du tube	5,61±1,26 (3,23-10,10); n=83	-		
Longueur de la pointe	5,91±1,11 (3,77-9,13); n=83	-		

III.4.2. Différentiation des parties dures haptorales, génitales, la taille et la distance entre les ocelles des deux morphotypes

Une analyse en composantes principales (ACP) (Figure 19) a été réalisée à partir de mesures de l'hapteur, la taille du corps et la distance entre les points oculaires de 167 individus de deux morphotypes afin de comparer la variation de la morphologie. Les contributions des dimensions sont faibles, où la Dim1 explique 20 % et la Dim 2 explique 11,7 % de la variabilité totale avec comme principaux contributeurs: la distance entre les yeux de la paire la plus petite, la distance entre les yeux de la paire la plus grande, la longueur totale du corps, longueur totale de l'ancre dorsale, longueur totale de l'ancre ventrale, longueur de la racine interne et longueur jusqu'à la racine interne.

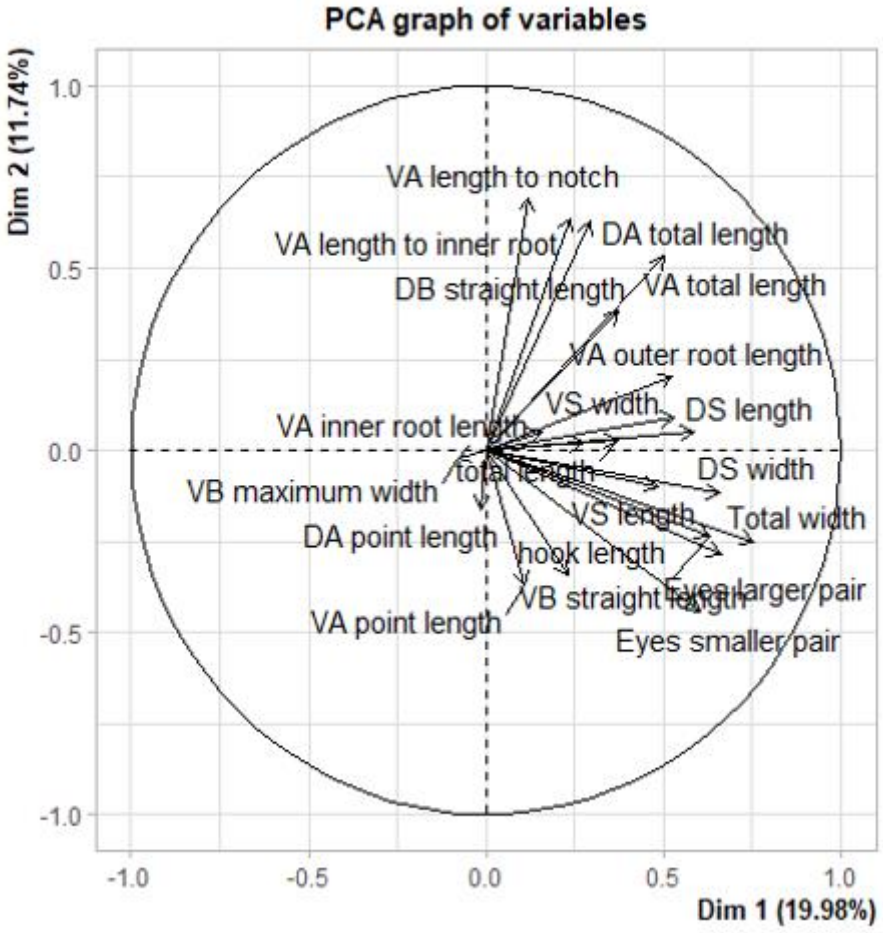


Figure 19: Représentation des variables mesurées dans l'ACP

Le Biplan basé sur l'Analyse en Composantes Principales (ACP) à partir des caractéristiques mesurées avec des spécimens morphotype élancé (n =165) et des spécimens morphotype gravide du lac Albert (RD Congo) (n = 2) avec 95% d'intervalle de confiance (Figure 20A) et le graphique de densité des scores illustrent 31,7% de la variation des mesures morphométriques, pour tous les individus parasites mesurés (Figure 20B). La distinction morphométrique claire distincte au niveau des structures haptorales, de la taille du corps et la distance entre les ocelles entre le morphotype gravide et élancé n'est pas visible.

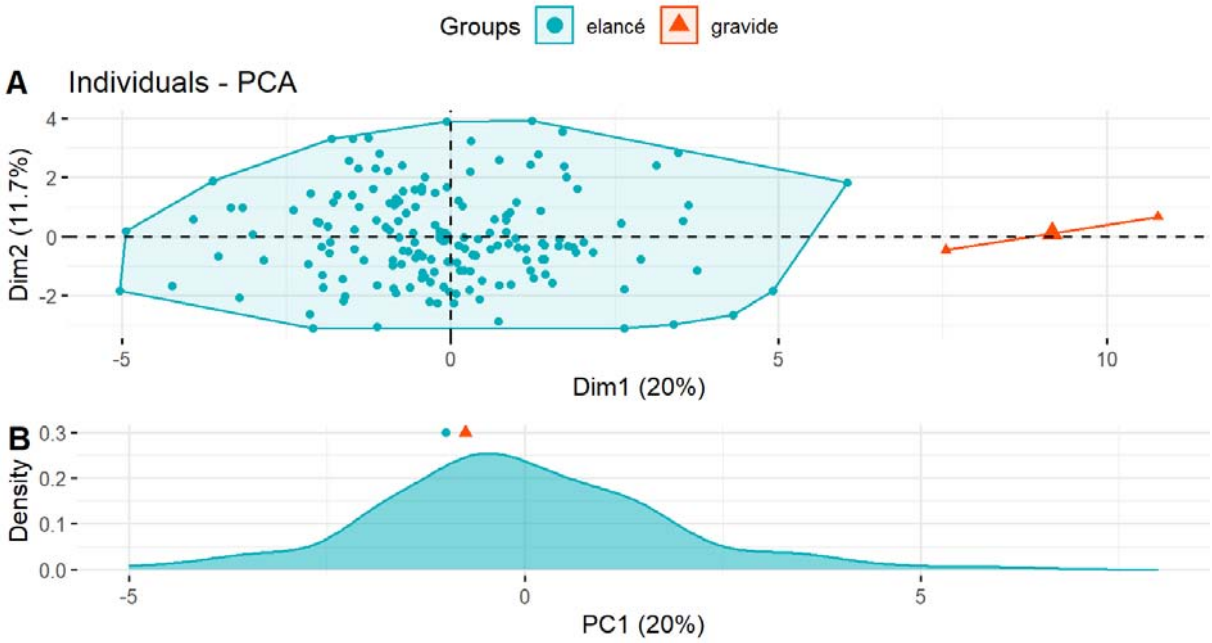


Figure 20: Variation morphométrique des structures haptorales et de la taille du corps chez Dolicirroplectanum lacustre. (B) Diagrammes de densité décrivant la variation morphométrique des structures haptorales à travers les populations. Les couleurs et les symboles représentent les différents morphotypes et leurs populations.

III.4.3. Différenciation des mesures des organes copulateurs mâles

Les résultats des comparaisons des tailles des organes copulateurs mâles des individus des deux morphotypes montrent que la longueur moyenne des organes copulateurs mâles des individus du morphotype gravide (69,84±12,16µm) est supérieure (p<0,000) à celle des individus du morphotype élancé (45,12±7,21µm), alors que la largeur moyenne des organes copulateurs mâles des individus de ces deux morphotypes (28,28±4,74µm vs 28,32±0,38µm) ne diffèrent pas entre elles (p= 0,495) (Tableau 6). Les résultats de test ANOVA, pour la longueur des organes copulateurs mâles (df=1, F=22,946, p<0,000) et la largeur des organes

copulateurs mâles (df=1, F=1e-04, p=0,991) combinés avec toutes les comparaisons par paire (test t avec correction de Bonferroni) ont révélé des différences significatives, entre les longueurs des organes copulateurs mâles et des différences non significatives, entre les largeurs des organes copulateurs mâles (Figure 21). Le test de Kruskal-Wallis pour la longueur (p=0,01) et la largeur (p=0,713) réalisé vient confirmer les résultats de test ANOVA.

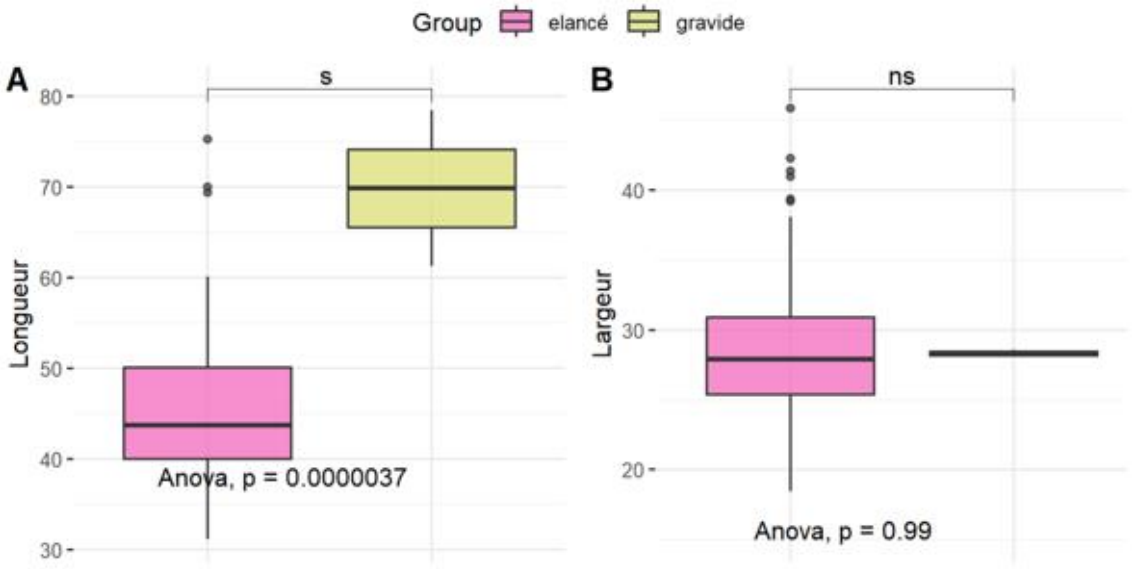


Figure 21: Variation morphométrique de l'organe copulatoire mâle de *Dolicirroplectanum lacustre*.

(A) Variation de la longueur de l'organe copulateur mâle entre les morphotypes. (B) Variation de la largeur de l'organe copulateur mâle entre les morphotypes**.**

CHAPITRE IV. DISCUSSION

IV. 1. Identification des parasites

Les différents parasites observés sur les spécimens des poissons et analysés dans cette étude, ont déjà été observés sur d'autres espèces de poissons dans plusieurs autres études, menées dans d'autres écosystèmes aquatiques. Pour *D. lacustre* Kmentová *et al.*, 2020; Thys *et al.*, 2022; Alghamdi *et al.*, 2023; Porter *et al.*, 2023. *L. monodi:* Maan *et al.*, 2008; Al Malki *et al.*, 2021; Gobbin *et al.*, 2021*;* Gobbin, Tiemersma, *et al.*, 2021; Outa *et al.*, 2021. *Ergasilus* sp: Muterezi *et al.*, 2012; Outa *et al.*, 2021.

Nos résultats ont permis de noter des valeurs des prévalences variant avec les espèces de parasites, soit 76,92% pour *Ergasilus* sp., 33,84 % pour *D. lacustre* et 18,46% pour *Lamproglena monodi*. Ceci traduirait une faible résistance des poissons du lac Albert vis-à-vis de *Ergasilus.* sp. La forte prévalence de *Ergasilus kandtii* sur *L. niloticus* dans le lac Albert a été également mentionnée auparavant par Thurston and Paperna (1969). Cependant, Outa *et al.* (2021) quant à eux ne rapportent aucun parasite *E. kandtii* sur *L. niloticus* dans le lac Victoria, absence qu'ils expliquent par la mauvaise qualité de l'eau dans la partie kenyane du lac Victoria. Cette eau est fortement polluée par l'eutrophisation et les métaux lourds et qui affectent directement le copépode *E. kandtii*. Dès lors, la prévalence élevée de *Ergasilus* sp. dans le lac Albert (RD Congo) serait une des indications d'une faible dégradation de la qualité des eaux de ce lac. Il est rapporté en effet que la faible prévalence et diversité des monogènes, des crustacés et des glochidies sur les poissons correspond à une augmentation de la pollution dans le lac (Outa *et al.*, 2021). Par ailleurs, Lafferty (2008) indique que la dégradation de l'environnement peut conduire à une diminution de l'abondance des parasites au fil du temps.

L'absence d'individu monogène sur les *Haplochromis* dans la présente étude, bien que rencontrant en partie les résultats du travail de Outa *et al.* (2021) au lac Victoria, où ils avaient observé une faible prévalence et une faible richesse en espèces des monogènes sur les haplochromines, contraste fortement avec les autres résultats des études des parasites rencontrés sur les haplochromines dans d'autres lacs de la région. Ainsi, Maan *et al.* (2008) ont trouvé une forte prévalence des espèces non identifiées de *Cichlidogyrus* sur les haplochromines *Pundamilia pundamilia* et *P. nyererei* du golfe de Speke du lac Victoria en Tanzanie. Aussi, dans le lac Tanganyika, 22 *Cichlidogyrus* spp. ont été identifiés chez différentes espèces de cichlidés: *Benthochromis horii, Trematocara unimaculatum, Bathybates minor, Bathybates fasciatus, Bathybates vittatus, Astatotilapia burtoni,*

Tylochromis polylepis, Oreochromis tanganicae, Boulengerochromis microlepis (Muterezi *et al.*, 2012, Pariselle *et al.*, 2015, Kmentová *et al.*, 2020). Gobbin *et al.* (2020) dans le lac victoria, en Tanzanie, ont identifié quatre genres de parasites sur 14 espèces de cichlidés sympatriques.

Seul le parasite *Lamproglena monodi* était retrouvé sur les *Haplochromis* dans cette étude avec une prévalence de 18,46% de la même manière que cela avait été enregistrée auparavant sur les haplochromines *P. pundamilia* et *P. nyererei* du golfe de Speke, en Tanzanie chez lesquels Maan *et al.* (2008) avaient calculé une prévalence (14%) de *L. monodi*. Le travail de Outa *et al.* (2021) dans le lac Victoria montre une distinction nette dans la richesse des espèces et la diversité des parasites entre les taxons de *L. niloticus* et *Haplochromis spp.; L. niloticus* étant le plus dépourvu de parasites.

IV.2. Paramètres d'infestation

IV.2.1. Répartition des paramètres d'infestation en fonction des classes de taille

Des études sur la répartition des paramètres d'infestation sur les classes de taille des poissons ont rapporté que toutes les classes de taille ne peuvent être touchées à des degrés similaires (Hadou-Sanoun *et al.*, 2012). Dans cette étude, toutes les classes de taille échantillonnées ont été parasitées, donc les *L. niloticus* de 200 mm à >1000 mm de longueur totale. Ces résultats contredisent ainsi ceux d'Attir (2018) qui montrent que les spécimens de *Barbus biscarensis* de grande taille étaient plus parasités par les monogènes de genre *Dactylogyrus sp* (43,9 %) et des copépodes de genre *Lernaea sp* (2,34 %) que ceux de petite taille. Nos résultats s'écartent également à ceux de Hadou-Sanoun *et al.* (2012) qui avaient eux trouvé que ce sont les petits individus de *Barbus setivimensis* qui étaient le plus exposés au parasitisme. Nous pensons que cela est dû à l'amélioration de la qualité de site de fixation (branchies), suite au régime alimentaire riche chez ces *Lates niloticus,* qui à partir de 200 mm se nourrissent de plusieurs sortes de proies, mais principalement ichtyophage car ce stade caractérise le début de leur maturité sexuelle (Ogutu-Ohwayo, 2004).

IV.2.2. Répartition des paramètres d'infestation en fonction de l'habitat du littoral et du large

L'analyse des répartitions des taux de prévalences selon l'habitat concerné, montre que ce sont les poissons du large qui sont plus infestés par rapport à ceux du littoral. A notre connaissance, les effets des habitats littoral et large sur les parasites aquatiques ont été peu étudiés.

Toutefois les quelques rares études qui se sont intéressées à cet aspect révèlent que les facteurs environnementaux tels que la profondeur, la température et les conditions physico-chimiques de l'eau sont importants, dans la détermination de l'habitat de la faune parasitaire (Holmes 1990). Ces facteurs diffèrent entre les zones littorale et pélagique traduisant ainsi la possibilité d'assister à des différences de répartition des prévalences des parasites entre ces deux zones.

Au-delà de ces facteurs environnementaux naturels, des facteurs anthropiques comme la pollution, très souvent différente entre le littoral et le pélagique, sont aussi évoqués comme pouvant influencer ces différences de distribution du littoral vers le pélagique (Moller, 1987). Ces différences ont déjà été observées par exemple chez *Odontogadus merlangus* (Gadidae) provenant d'une zone côtière et d'une zone hauturière au large de l'île de Man (Shotter, 1973). Elles ont également été observées chez les merlans provenant du large de Bradda Head chez lesquels, des helminthes tels que l'acanthocéphale *Echinorhynchus gadi* et les digéniens *Podocotyle atomon* et Cryptocotyle *Lingua* (métacercaires) ont été trouvés en nombre significativement moins élevé de poissons, que dans un groupe équivalent provenant du littoral (Shotter, 1973).

Pour les différences observées dans le cas de cette étude, nous pensons que cela serait dû au nombre réduit d'échantillons prélevés au littoral car la plupart des poissons *Lates* se trouvent au large sauf les juvéniles et aussi aux différentes conditions physico-chimiques entre les eaux du littoral et celles du large. Nous ne les confirmons pas directement, car la qualité physico-chimique des eaux du large n'est pas bien documentée par rapport à celle du littoral (Cikwanine *et al.*, 2020). Les différences entre ces paramètres d'infestation seraient en relation aussi avec le milieu littoral, moins profond que le large. Nous n'allons pas exclure également les activités anthropiques et leurs conséquences sur les eaux du littoral, même si elles ne sont pas encore documentées au niveau du lac Albert.

La différence nette observée pour les *Haplochromis* dans notre étude doit être due, à la profondeur de prélèvement de ces poissons car aucun poisson du littoral n'a été parasité.

IV.2.3. Répartition des paramètres d'infestation en fonction des habitats du Nord et du Sud

La richesse des espèces parasites dans les habitats répartis au Nord et au Sud n'est que mal comprises ou pas connues du tout (Rohde, 2002). Nous avons détecté un effet antagoniste le long du lac Albert. Les paramètres d'infestation ont varié avec plus de copépodes, dans la partie Sud du lac, que dans sa partie Nord et l'inverse pour les parasites monogènes.

Il s'agit de l'une des rares études à rapporter de tels effets de la distribution spatiale des parasites dans un lac. A notre connaissance, les effets de localité Nord-Sud des parasites aquatiques n'ont été étudiés qu'expérimentalement dans peu d'études. Selon Wolinska *et al.* (2011), les parasites de Daphnia semblent être affectés par des gradients environnementaux et longitudinaux car *Caullerya mesnili* a été retrouvé dans les hôtes des parties amont des réservoirs, tandis que *Metschnikowia* sp. et les oomycètes ont été plus fréquents dans les zones centrales et en aval. Nous pensons qu'au lac Albert, cette répartition observée serait due au fait que, la partie Sud du lac est moins profonde et reçoit les eaux du lac Edouard qui l'alimente et par conséquent sa composition physique et chimique seraient différentes de celles du Nord.

IV.3. Distribution spatiale sur les branchies

Dans notre étude nous avons trouvé une distribution agrégative des parasites *D. lacustre, L. monodi* et régulière pour *Ergasilus* sp.; les distributions agrégatives ont déjà été observées chez deux monogènes *Protoancylodiscoides combesi* et *P. auratum* monogènes parasites branchiaux de *Chrysichthys auratus* (Siluriformes, Claroteidae) (Nack *et al.,* 2018). Le même type de distribution a été notée aussi chez *P. mansourensis* chez le même hôte en Egypte (Ahmed *et al.,* 2003) et chez *Cichlidogyrus thurstonae, C. halli, C. tilapiae,* et *Scutogyrus longicornis* parasites branchiaux de *O. niloticus* d'une part et *Dactylogyrus bopeleti, D. insolitus, D. maillardi, D. simplex* parasites branchiaux de *Barbus martorelli* d'autre part (Tombi et Bilong Bilong, 2004; Tombi *et al.,* 2014). Une étude récente de Gobbin *et al.* (2021) a observé également des distributions non aléatoires de microhabitats, pour *Cichlidogyrus spp.* et pour *L. monodi*, ce qui suggère qu'ils se sont adaptés à des niches différentes dans les branchies. Plusieurs hypothèses expliquent la distribution agrégative des

monogènes parasites branchiaux parmi lesquelles l'hétérogénéité dans le système hôte / population de parasites (Combes, 1995), l'accroissement de l'opportunité pour un parasite de rencontrer un partenaire en vue de la reproduction (Kennedy, 1977) ainsi que l'exposition plus proche de certains individus par rapport aux parasites que d'autres (Ahmed *et al.*, 2003).

Pour le cas de cette étude, cette distribution agrégative observée s'expliquerait par l'absence de compétition interspécifique pour le site de fixation, car il y a suffisamment des ressources, d'espaces et d'opportunités de rencontre entre partenaires sexuels. *Ergasilus* sp. a une distribution régulière, car ce sont les femelles qui sont parasites, mais les mâles sont généralement libres (Boxshall and Halsey, 2004).

Par conséquent pas de compétition intraspécifique pour la rencontre des partenaires sexuels et les ressources à exploiter sont suffisantes.

Nos résultats montrent que la répartition *D. lacustre*, *Ergasilus* sp et *L. monodi* sur les quatre arcs branchiaux diminue dans le sens antéro-postérieur (de l'arc I à l'arc IV), avec une tendance à l'homogénéité dans la répartition de ces parasites. Les résultats similaires ont été observés par Nack *et al.* (2018) et Ahmed *et al.*, (2003) chez *C. auratus*, et par Tombi *et al.* (2014) chez *O. niloticus*. De même, Rubio-Godoy (2008) avait signalé que la prévalence de *Discocotyle sagittata* sur les quatre arcs branchiaux de *Oncorhynchus mykiss* diminue de l'arc I à l'arc IV. Nous pensons que cette variation est liée à la direction de courant d'eau, d'un arc branchial à un autre. Au Cameroun, Bilong Bilong (1995), Tombi and Bilong Bilong (2004) considèrent la synergie de deux facteurs, l'hétérogénéité du système branchial et le modèle d'écoulement du courant d'eau respiratoire, pour expliquer les abondances parasitaires sur les arcs branchiaux.

Dans cette étude, les parasites *D. lacustre* sont plus abondants sur le microhabitat médian-central pourtant *Ergasilus* sp est plus abondant sur le microhabitat median-proximal et *L. monodi* sur le microhabitat ventral-central. Beaucoup de cas de préférence des arcs branchiaux par les monogènes sont connus (Bagge and Valtonen, 1999; Dzika, 1999). De nombreuses hypothèses ont été formulées pour expliquer le choix de certains arcs, segments ou zones branchiaux par les monogènes. Nos hypothèses soutiennent deux principales raisons de la préférence du segment médian par les parasites: il est traversé par un grand volume d'eau et le courant respiratoire d'eau y est important (Lo and Morand, 2001) et il offre une grande surface d'attache aux parasites (Koskivaara, Valtonen and Vuori, 1992). Nous pensons que la forme et la taille des hapteurs de *D. lacustre* et les antennes chez Ergasilus sp.

développées jouent un grand rôle dans leur préférence de s'attacher sur la partie médiane des branchies.

L. monodi était observé sur les branchies de deux côtés: gauche et droit et la distribution est identique sur tous les côtés, d'où aucune préférence dans la localisation branchiale. Des résultats semblables ont été trouvés par Ahmed *et al.*, (2003); Nack *et al.* (2010); Soyul *et al.* (2013); Tombi *et al.* (2014); Nack *et al.* (2018). Rohde 1994, explique la préférence d'un côté donné de l'hôte par l'anatomie asymétrique des parasites et de leur hôte. Nos résultats montrent également que *L. monodi* est plus abondant dans le microhabitat ventral-central. Des résultats similaires sont trouvés chez *L. monodi* sur les cichlidés du lac Victoria (Gobbin *et al.,* 2021), chez *Lamproglena clariae* (Tsotetsi *et al.,* 2006), favorisant probablement l'exposition des pontes à l'écoulement de l'eau.

Thys *et al.,* (2022) a signalé que *D. lacustre* se trouvait surtout sur la partie médiane-ventrale de la branchie; nous avons trouvé qu'il préfère la partie médiane-centrale. D'autres études ont mentionné, que certains monogènes aiment les secteurs dorsal ou ventral (Buchmann and Uldal, 1997; El-Madhi and Belghyti, 2006). Lo and Morand (2001) et Tombi *et al.* (2014) n'ont par contre établi aucune préférence sectorielle quant à la fixation des monogènes. D'autres auteurs pensent que la préférence de certains sites par les monogènes serait liée à la compétition intra et interspécifique (Ramassamy *et al.,* 1985) et rapportent que des facteurs intrinsèques comme la reproduction restreignent les monogènes à certains sites.

Globalement nos résultats montrent qu'il y a différentes préférences de microhabitats branchiaux, d'où il n'y a pas de concurrence entre les parasites étudiés. Des études de la distribution de microhabitat des parasites branchiaux chez les cichlidés et d'autres poissons montrent, que les parasites avec de faibles abondances au sein de l'hôte ne saturent pas l'espace de niche disponible dans les branchies, et donc ils manquent de concurrence (Rohde, 1991; Rohde, 1994). Par conséquent la restriction de niche spatiale observée, pourrait être entraînée par d'autres processus que la concurrence, comme la facilitation de la recherche de partenaires (Geets, Coene and Ollevier, 1997; Lo, 1999). L'étude récente sur les cichlidés du lac Victoria démontrent que les ectoparasites les plus abondants sont distribués de manière non aléatoire, sur les branchies de l'hôte et leur distribution spatiale, diffère selon les espèces d'hôtes. Cela peut indiquer une sélection des microhabitats par les parasites et des différences cryptiques dans l'interaction hôte-parasite, parmi les espèces d'hôtes (Gobbin *et al.,* 2020).

IV.4. Différenciation morphologique de *D. lacustre* de *L. niloticus* dans son aire d'origine le lac Albert (RD Congo)

Nous avons identifié morphologiquement deux morphotypes distincts de *D. lacustre* monogène infestant le *L. niloticus*. L'un des deux morphotypes est le morphotype élancé identifié comme celle du lac Albert dans des études antérieures (Thurston and Paperna, 1969; Kmentová *et al.,* 2020; Thys *et al.,* 2022), avec d'autres individus du même morphotype mais possédant des caractéristiques très proches du morphotype élancé retrouvé dans le lac Victoria (Kmentová *et al.,* 2020; Thys *et al.,* 2022). Le morphotype gravide n'est représenté que par deux individus. La présence de différentes espèces de *Lates* (Hauser *et al.,* 1998), qui sont présentes en sympatrie dans le lac Albert, peut avoir fourni à *D. lacustre* des habitats branchiaux différents et pourrait expliquer la variation morphologique entre les morphotypes dans les spécimens du lac Albert (Thys *et al.,* 2022).

Nous pensons qu'il y a une forte plasticité de *D. lacustre* surtout pour le morphotype élancé dans le lac Albert. D'où il s'agit d'une progression et un chevauchement au sein des morphotypes élancé et gravide. Nous soutenons l'hypothèse selon laquelle, le morphotype élancé de *D. lacustre* serait co-introduit dans le lac Victoria (Pringle, 2005; Thys *et al.,* 2022) partant des différents paramètres mesurés et observés sur nos échantillons. Mais nous pensons qu'il n'aurait pas un "effet fondateur" dans le lac Victoria mais partant de nos résultats. Nous avons trouvé plutôt que c'est la variation du morphotype élancé qui existe exactement dans le lac Albert. Surtout que, les deux spécimens du lac Albert, d'après les structures sclérotiques haptorales, les structures sclérotisées et l'OCM, sont plus proches de *D. lacustre* dans les autres lacs Tanganyika, Volta, Victoria, Kossou, et la rivière Taja (Kmentová *et al.,* 2020).

L'analyse en composantes principales (ACP) réalisée à partir de mesures haptorales, la taille du corps et la distance entre les points oculaires de 167 individus de deux morphotypes n'a pas montré une grande différence entre ces deux morphotypes, les paramètres mesurés qui sont des éléments de différence sont: la distance entre les yeux de la paire la plus petite et la plus grande, la largeur totale du corps, longueur totale de l'ancre dorsale, longueur totale de l'ancre ventrale et longueur jusqu'à la racine interne. Ces résultats sont presque similaires à ceux de Thys *et al.* (2022) dont les principaux contributeurs sont la distance entre les yeux de la paire la plus grande, la largeur totale du corps, longueur totale de l'ancre dorsale, la largeur maximale de la barre ventrale et la longueur droite de la barre ventrale.

Les résultats de Kmentová *et al.* (2020) montrent un niveau élevé de variabilité dans les spécimens de *D. lacustre* comb. nov. infestant *L. niloticus* et un gradient de taille continu non lié à la localité d'origine, avec une position intermédiaire des spécimens du lac Kossou et du lac Victoria. De même le graphique de densité des scores en accord avec le biplot dans notre étude et dans Thys *et al.* (2022), indique une morphométrie clairement distincte au niveau des structures haptorales, de la taille du corps et la distance entre les ocelles entre les deux morphotypes présents au lac Albert.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce travail s'est principalement focalisé sur l'écologie des parasites branchiaux des poissons Latidés et cichlidés du lac Albert plus particulièrement *Lates niloticus* et *Haplochromis* sp. Plusieurs paramètres ont été étudiés: la répartition des parasites dans les différents habitats du lac (littoral et large, Nord et Sud du lac), par classe de taille de *Lates niloticus* et sur les branchies de leurs hôtes; la différenciation de parasite monogène *D. lacustre* de *L. niloticus*. Les parasites branchiaux retrouvés chez *Lates niloticus* sont le monogène *D. lacustre* et le copépode *Ergasilus* sp. alors que chez *Haplochromis* sp., nous avons retrouvé plutôt les copépodes *Ergasilus* sp. et *Lamproglena monodi*. Les copépodes étaient très nombreux sur les poissons collectés au Sud du lac et les monogènes étaient très nombreux sur les poissons collectés au Nord. Jusqu'à présent, il n'y a pas d'explication claire de cette répartition antagoniste; cela n'est guère surprenant, car il est susceptible d'impliquer une étude approfondie de la composition des branchies de ces poissons de différents habitats. Les poissons de l'habitat du large ont hébergé plus de parasites que les poissons du littoral, conséquence probable d'une forte concentration en matières en suspension, en nutriments et une plus grande exposition aux activités anthropiques du littoral par rapport au large. Cependant, une question importante se pose sur les *Haplochromis*: comment seulement ceux du large ont été infestés? Cela doit être dû à la profondeur de prélèvement de ces poissons.

Les espèces de parasite *D. lacustre* et *Lamproglena monodi* ont une distribution est agrégative, cela étant le résultat de la recherche des partenaires sexuels; *Ergasilus* sp a une distribution régulière car ce sont les femelles qui sont parasites mais les mâles sont généralement libres, par conséquent pas de compétition intraspécifique pour la rencontre des partenaires sexuels. La Zone médiane est préférée par les parasites, car un grand volume d'eau y traverse et le courant respiratoire d'eau y est important.

Deux morphotypes ont été identifiés au sein de *D. lacustre* sur le *L. niloticus*. Cependant, sa forte plasticité surtout pour le morphotype élancé nous amène à confirmer qu'il y a plus une progression et un chevauchement au sein des morphotypes élancé et gravide partant des différents paramètres observés et mesurés; et que le morphotype élancé présente deux formes différentes dans le lac Albert; y ajoutant la forme gravide, le *L. niloticus* du lac Albert a trois formes différentes de parasite monogène *D. lacustre*.

Nos résultats montrent que le lac n'est pas dans l'état de pollution. Ainsi, nous recommandons à la population riveraine du lac Albert ainsi qu'à toutes les parties prenantes de gestion de ce dernier, de multiplier les efforts de la protection du lac Albert, afin de ne pas arriver au stade la pollution. Nous demandons aux pêcheurs d'utiliser les engins de pêche, autorisés par la loi de la République Démocratique du Congo.

Les résultats obtenus nous ouvrent un grand nombre de perspectives d'étude sur les poissons du lac Albert dont *L. niloticus* et *Haplochromis* sp. et leur environnement ainsi que sur la communauté de parasites qu'ils hébergent ; il serait donc intéressant :

- D'identifier les espèces des cichlidés du genre *Haplochromis* et d'entreprendre des études sur tous leurs parasites (endo- et ectoparasites).
- D'élargir ces études sur le *Lates macrophthalmus* qui vit en sympatrie avec le *L. niloticus* dans le lac Albert pour vérifier la diversification de *D. lacustre*.
- D'étudier les parasites des autres familles de poissons du lac Albert et d'approfondir leurs études par la phylogénie et la génétique.
- D'évaluer les mécanismes d'infestation par les parasites chez les espèces hôtes par la compréhension des mécanismes de défense mis en place par les hôtes et des facteurs de virulence utilisés par les parasites.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AbdelGaber, R. *et al.* (2017) 'Diversity and host distribution of the external gill parasite *Lamproglena monodi* (Copepoda: Lernaeidae) among Tilapia species in Egypt: Light and scanning electron microscopic studies', *The egyptian journal of experimental biology (Zoology)*, 13(1), p. 1. Available at: https://doi.org/10.5455/egysebz.20170307052047.
2. Adlard, R.D. and Lester, R.J.G. (1994) 'Dynamics of the interaction between the parasitic isopod , *Anilocra pomacentri* , and the coral reef fish , *Chromis nitida*'.
3. Ahmed M, El-Naggar, and Enayat S, Reda. 2003. 'Distribution of *Protoancylodiscoides mansourensis* El- Naggar, 1987, a monogenean gill parasite from the long catfish *Chrysichthys auratus* Geoffroy, 1809'. *Egypt. Journal of Aquatic Biotechnology and Fisheries*, 7(4): 331 – 357.
4. Al Malki, J.S. *et al.* (2021) 'Drastic parasitic infestations among cultured tilapias at el-abbassa fish farms, egypt, with respect to stressors of abiotic factors', *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 25(3), pp. 281–295. Available at: https://doi.org/10.21608/ejabf.2021.175524.
5. Alghamdi, M. *et al.* (2023) '*Protolamellodiscus senilobatus* (Monogenea: Diplectanidae), a gill parasite infecting the soldier bream *Argyrops filamentosus* (Sparidae)', *Journal of King Saud University - Science*, 35(1), p. 102417. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102417.
6. Allen, S., *et al.* (2020). 'Dna footprints: Using parasites to detect elusive animals, proof of principle in hedgehogs'. *Animals*, 10(8), 1–13. https://doi.org/10.3390/ani10081420.
7. Araújo, A., *et al.* (2011). 'Paleoepidemiology of intestinal parasites and lice in pre-Columbian South America'. *Chungara*, 43(2), 303–313. https://doi.org/10.4067/S0717-73562011000200011.
8. Azevedo, R.K. *et al.* (2012) 'Expanded description of *Lamproglena monodi* (Copepoda: Lernaeidae), parasitizing native and introduced fishes in Brazil', *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 21(3), pp. 263–269. Available at: https://doi.org/10.1590/s1984-29612012000300015.
9. Bagge AM and Valtonen ET. (1999). 'Development of monogenean communities on the gill of roach fry (Rutilus rutilus)'. *Parasitology*. 118: 479 – 487
10. Bakke, T.A. and Harris, P.D. (1998) 'Diseases and parasites in wild Atlantic salmon (Salmo salar) populations'.

11. Barlow, G. (2000). 'The Cichlid Fishes Nature's Grand Experiment in Evolution'. *Cambridge, Massachusetts: Perseus Publishing*.
12. Begon M, Harper JL, and Townsend CR, (1990). 'Ecology: individuals, populations and communities'. *Blackwell*, Oxford. 945 pp. ref. 45 pp. of
13. Ben, C., and El, D. (2018). 'L'infestation de *Luciobarbus callensis* (cyprinidés) par les copépodes parasites dans le barrage foum el khanga'. *Parasitologie*, *143*(4), 199–212.
14. Benchikh, and Fegoun El. (2016). 'Généralités sur le Parasitisme'.
15. Benmansour, B., *et al.* (2001). 'On two species of lernaeopodid copepod (Siphonostomatoida) parasite on the striped *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758). *Zoosystema*, *23*(4), 695–703.
16. Bezault, E., Mwaiko, S., and Seehausen, O. (2011). 'Population genomic tests of models of adaptive radiation in Lake Victoria region cichlid fish'. *Evolution*, *65*(12), 3381–3397. https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2011.01417.x
17. Bilong Bilong CF. (1995). 'Les monogènes parasites d'eau douce du Cameroun: biodiversité et spécificité ; biologie des populations inféodées à *Hemichromis fasciatus*'. *Thèse de Doctorat d'État, Université de Yaoundé* I. 341p.
18. Bosomworth, N. John. (2023). 'Indications relatives à un supplément d'acides gras oméga-3 pour prévenir les maladies cardiovasculaires. Du poisson aux produits pharmaceutiques'. *Canadian Family Physician*, 69 (7) e134-e144; https://doi.org/10.46747/cfp.6907e134
19. Boudaya, L., *et al.* (2020). 'Stock discrimination of *Chelidonichthys obscurus* Triglidae in the central Mediterranean Sea using morphometric analysis and parasite markers'. *Journal of Helminthology*, 94(May). https://doi.org/10.1017/S0022149X19000695
20. Boxshall, G.A. and Halsey, S.H., (2004). 'An Introduction to Copepod Diversity'. Ray Society, London.
21. Brooks, D. R. and Hoberg, E. P. (2000). 'Triage for the biosphere: The need and rationale for taxonomic inventories and phylogenetic studies of parasites'. *Comparative Parasitology*, *67*(1), 1–25.
22. Buchmann, K. and Uldal, A. (1997) '*Gyrodactylus derjavini* infections in four salmonids: Comparative host susceptibility and site selection of parasites', *Disease of Aquatic Organisms*, 28(3), pp. 201–209. Available at: https://doi.org/10.3354/dao028201.

23. Bunkley-Williams L, Williams EH and Bashirullah AKM. (2006). 'Isopods (Isopoda: Aegidae, Cymothoidae, Gnathiidae) associated with Venezuelan marine fishes (Elasmobranchii, Act inopterygii)'. *Rev. Biol. Trop*., 54(Suppl 3): 175-188.
24. Bush AO, *et al.* 1997. 'Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. Revisited'. *J. Parasitol*., 83(4): 575–583.
25. Campbell R.A. (1983). 'Parasitism in deep sea'. In: *The sea. John Wiley and Sons, Rowe,* G.T., New York., 473-552.
26. Canel, D., *et al.* (2021). 'Ontogenetic asynchrony in fish migrations may lead to disparate parasite assemblages: Implications for its use as biological tags'. Fisheries Research, 239, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.105941
27. Cikwanine, K.D. *et al.* (2020) 'Qualité physico-chimique des eaux littorales de la partie Sud-Ouest du Lac Albert, RD Congo', *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(5), pp. 1831–1842. Available at: https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i5.26.
28. Collinge, S.K. and Ray, C. (2006) 'Disease Ecology: Community'. *Ecology and Pathogen Dynamics,* Oxford University Press
29. Combes C., (1995). 'Interaction durable. Ecologie et évolution du parasitisme'. *Masson, Paris, collection écologie* n° 26, Paris, 524 p.
30. Combes C., (1997). 'Fitness of parasites: pathology and selection'. *Int. J. Parasitol*., 27, 1– 10.
31. Combes, C. (2001). 'Parasitism: The Ecology and Evolution of Intimate Interactions'. *University of Chicago Press, Chicago*, p. 2001
32. Coulter, J. A. (1976). 'The literary microcosm: theories of interpretation of the later neoplatonists' (Vol. 2). Brill.
33. Decaestecker, E., *et al.* (2007). 'Host-parasite "Red Queen" dynamics archived in pond sediment'. *Nature, 450*(7171), 870–873. https://doi.org/10.1038/nature06291
34. DeMeeuˆs, T., and F. Renaud. (2002). 'Parasites within the new phylogeny of eukaryotes'. *Trends in Parasitology* 18:247–251.
35. Dobson, A.P., and Hudson, P.J., (1986). Parasites, disease and the structure of ecological communities. *Trends Ecol. Evol*. 1, 11–15
36. Douëllou L, and Erlwanger KH. (1994). 'Crustacean parasites of fishes in Lake Kariba, Zimbabwe, preliminary results'. *Hydrobiologia,* 287(3): 233–242.
37. Dzika, E. (1999) '(Monogenea : Dactylogyridae) on the gills of large-size European eel', (Table 2), pp. 33–36.

38. Ergens, R., and Lom, J. (1970). 'Causative agents of fish diseases'. *Prague: Academia*.
39. Euzet 1,. (1990). 'Ecologie et parasitologie'. *Bull. Ecol*. 20 (1989), 277-280.
40. Euzet L., and Combes C., (1980). 'Les problèmes de l'espèce chez les animaux parasites'. *Mémoires de la Société Zoologique de France*, 40, 239–285 (1980)
41. Euzet, L. (1989). 'Ecologie et parasitologie'. *Bull. Ecol*., 20(4), 277–280. G19/009
42. Euzet, L. and Pariselle, A. (1996) 'Le parasitisme des poissons Siluroidei: Un danger pour l'aquaculture ?', *Aquatic Living Resources*, 9(5), pp. 145–151. Available at: https://doi.org/10.1051/alr:1996049.
43. FAO (2005). 'Guide de gestionnaire des pecheries. Les mesures d'aménagement et leur application'. *FAO Document technique sur les peches*. No. 424. Rome, 235p.
44. Ferguson, J.A. *et al.* (2011) 'Mortality of coho salmon (Oncorhynchus kisutch) associated with burdens of multiple parasite species', *International Journal for Parasitology*, 41(11), pp. 1197–1205. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2011.07.005.
45. Filippi Jean-José. (2013). 'Étude parasitologique de *Anguilla anguilla* dans deux lagunes de Corse et étude ultrastructurale du tégument de trois digènes parasites de cette anguille'. https://theses.hal.science/tel-00819285
46. Froese, R., and Pauly, D., (2023). 'Fishbase'. *World Wide Web Electronic Publication*.
47. Galli, B.P. *et al.* (2001) 'Populations of *Lamproglena pulchella* von Nordmann 1832 (Copepoda : Eudactylinidae) in cyprinid fish in rivers with different pollution levels', 17, pp. 93–96.
48. Gandon, S., *et al.* (2008). 'Host-parasite coevolution and patterns of adaptation across time and space'. *Journal of Evolutionary Biology*, *21*(6), 1861–1866. https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2008.01598.x
49. Geets, A., Coene, H. and Ollevier, F. (1997) 'Ectoparasites of the whitespotted rabbitfish, *Siganus sutor* (Valenciennes, 1835) off the Kenyan Coast: Distribution within the host population and site selection on the gills', *Parasitology*, 115(1), pp. 69–79. Available at: https://doi.org/10.1017/S0031182097001054.
50. Genner, M. J. and Turner, G. F. (2005). 'The mbuna cichlids of Lake Malawi: a model for rapid speciation and adaptive radiation'. *Fish Fish*. 6, 1–34.
51. Gobbin, T. (2020). 'The role of parasites in host speciation'. *Journal of Evolutionary Biology*, *33*(5), 556–575. https://doi.org/10.33612/diss.168426043

52. Gobbin, T.P., Tiemersma, R., *et al.* (2021) 'Patterns of ectoparasite infection in wild-caught and laboratory-bred cichlid fish, and their hybrids, implicate extrinsic rather than intrinsic causes of species differences in infection', *Hydrobiologia*, 848(16), pp. 3817–3831. Available at: https://doi.org/10.1007/s10750-020-04423-7.
53. Gobbin, T. P., Vanhove M., *et al.*. (2021). 'Microhabitat distributions and species interactions of ectoparasites on the gills of cichlid fish in Lake Victoria, Tanzania'. *International Journal for Parasitology*, *51*(2–3), 201–214. https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2020.09.001
54. Gobbin, T.P. *et al.* (2023) 'Variation in parasite infection between replicates of speciation in Lake Victoria cichlid fish', *Evolution*, 77(7), pp. 1682–1690. Available at: https://doi.org/10.1093/evolut/qpad080.
55. Hadou-Sanoun, G., *et al.* (2012). 'Impact de *Ligula intestinalis* (L.1758) (Cestode) sur la croissance de *Barbus setivimensis* (Cyprinidae) dans un système lacustre Algérien'. *Comptes Rendus - Biologies*, *335*(4), 300–309. https://doi.org/10.1016/j.crvi.2012.03.010.
56. Hamouda, A.H. *et al.* (2018) 'Parasitic infection with emphasis on Tylodelphys spp. as new host and locality records in Nile perch; *Lates niloticus* from Lake Nasser, Egypt', *World's Veterinary Journal*, 8(1), pp. 19–33
57. Hauser, L., *et al.* (1998). 'Genetic affinities of an introduced predator: Nile perch in Lake Victoria, East Africa'. *Molecular Ecology*, *7*(7), 849–857. https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.1998.00399.x
58. Hechinger, R. F., and Lafferty, K. D. (2005). 'Host diversity begets parasite diversity: Bird final hosts and trematodes in snail intermediate hosts'. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *272*(1567), 1059–1066. https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3070
59. Ho JS. (1984). 'New family of poecilostomatoid copepods (Spiophanicolidae) parasitic on polychaetes from Southern California with a phylogenetic analysis of nereicoliform families'. *J. Crustacean Biol*., 4(1): 134–146.
60. Hoffman, G.L. (1999). 'Parasites of North American freshwater fishes'. *University of California Press, Berkeley.*
61. Holmes, J. C., and Zohar, S. (1990). 'Pathology and host behaviour'. *Parasitism and host behaviour*, 34-63.
62. Horobin RW, and Murgatroyd LB. (1971). 'The staining of glycogen with best carmine and similar hydrogen bonding dyes. A mechanistic study'. *Histochem. J.*, 3(1):1-9

63. Hudson, P.J., Dobson, A.P. and Lafferty, K.D. (2006) 'Is a healthy ecosystem one that is rich in parasites?', *Trends in Ecology and Evolution*, 21(7), pp. 381–385. Available at: https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.04.007.
64. Johnson TC, and Malala JO (2009) 'Lake Turkana and Its Link to the Nile'. *Monographiae Biologicae book series* (MOBI) Vol:89, 287-304. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9726-3_15
65. Johnson, M.W. and Dick, T.A. (2001) 'Parasite effects on the survival, growth, and reproductive potential of yellow perch (Perca flavescens Mitchill) in Canadian Shield lakes', *Canadian Journal of Zoology*, 79(11), pp. 1980–1992. Available at: https://doi.org/10.1139/cjz-79-11-1980.
66. Jokela, J., Schmid-Hempel, P., and Rigby, M. C. (2000). 'Dr. Pangloss restrained by the Red Queen - Steps towards a unified defence theory'. *Oikos*, *89*(2), 267–274. https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.890207.x
67. Justine, J. Lou, and Henry, É. (2010). 'Monogeneans from *Epinephelus chlorostigma* (Val.) (Perciformes: Serranidae) off New Caledonia, with the description of three new species of diplectanids'. *Systematic Parasitology*, *77*(2), 81–105. https://doi.org/10.1007/s11230-010-9263-x
68. Karvonen, A. and Seehausen, O. (2012) 'The role of parasitism in adaptive radiations-when might parasites promote and when might they constrain ecological speciation?', *International Journal of Ecology*, 2012. Available at: https://doi.org/10.1155/2012/280169.
69. Karvonen, A., Seppälä, O., and Valtonen, E. T. (2004). 'Parasite resistance and avoidance behaviour in preventing eye fluke infections in fish'. *Parasitology*, *129*(2), 159–164. https://doi.org/10.1017/S0031182004005505
70. Kasigwa, C., *et al.* (2020). 'Socio-economic study of fisheries in the southwest part of Lake Albert (Ituri, DR Congo)'. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, *14*(6), 2049–2068. https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i6.10
71. Kennedy CR. (1977). 'The regulation of fish parasite populations'. In: *G.W. Esh (Ed). Regulation of parasite populations*. New York: Academic Press. 253p.
72. Keymer, A. E., and Anderson, R. M. (1979). 'The dynamics of infection of *Tribolium conjusum* by Hymenolepis diminuta: The influence of infective-stage density and spatial distribution'. *Parasitology*, *79*(2), 195–207. https://doi.org/10.1017/S0031182000053282

73. Kmentová, N., *et al.* (2020). 'Failure to diverge in African Great Lakes: The case of *Dolicirroplectanum lacustre* gen. nov. comb. nov. (Monogenea, Diplectanidae) infecting latid hosts'. *Journal of Great Lakes Research*, *46*(5), 1113–1130. https://doi.org/10.1016/j.jglr.2019.09.022
74. Koskivaara, M., Valtonen, E.T. and Vuori, K.M. (1992) 'Microhabitat distribution and coexistence of *Dactylogyrus* species (monogenea) on the gills of roach', *Parasitology*, 104(2), pp. 273–281. Available at: https://doi.org/10.1017/S0031182000061710.
75. Laë, R. (1997). 'Estimation des rendements de pêche des lacs africains au moyen de modèles empiriques'. *Aquatic Living Resources*, *10*(2), 83–92. https://doi.org/10.1051/alr:1997009
76. Lafferty, K. D., and Kuris, A. M. (2009). 'Parasitic castration: the evolution and ecology of body snatchers'. *Trends in Parasitology*, *25*(12), 564–572. https://doi.org/10.1016/j.pt.2009.09.003
77. Levy, E. *et al.* (2021) 'Estuarine , Coastal and Shelf Science Parasite assemblages as indicators of an incipient speciation process of *Odontesthes argentinensis* in an estuarine environment'. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107168.
78. Lo, C.M. and Morand, S. (2001) 'Gill parasites of *Cephalopholis argus* (Teleostei: Serranidae) from Moorea (French Polynesia): Site selection and coexistence', *Folia Parasitologica*, 48(1), pp. 30–36. Available at: https://doi.org/10.14411/fp.2001.006.
79. Lo, C.M., (1999). 'Mating Rendezvous in Monogenean Gill Parasites of the Humbug *Dascyllus aruanus* (Pisces: Pomacentridae)'. *J. Parasitol*. 85, 1178–1180.
80. Maan, M., *et al.* (2008). 'Parasite-mediated sexual selection and species divergence in Lake Victoria cichlid fish'. *Biol. J. Linn. Soc*. 94, 53–60.
81. Marcogliese, D.J. and Jacobson, K.Y.M.C. (2014) 'Parasites as biological tags of marine , freshwater and anadromous fishes in North America from the tropics to the Arctic'. Available at: https://doi.org/10.1017/S0031182014000110.
82. Messen JTH. (1951). 'Monographie de l'Ituri: Histoire, Géographie et Economie'. *Ministère des Colonies: Royaume de Belgique*; 327p.
83. Ministère de l'environnement, C.D.L.N.E.T. (1997) 'Rapport intermédiaire sur la mise en oeuvre de la Convention relative à la biodiversité en République Démocratique du Congo', pp. 24–25.

84. Mkumbo OC, and Ligtvoet W (1992) 'Changes in the diet of Nile perch, *Lates niloticus* (L), in the Mwanza Gulf, Lake Victoria'. *Hydrobiologia* Vol: 232, 79–83. doi: 10.1007/BF00014615
85. Moll J, and Avenant-Oldewage A. (2008). ''n Oorsig oor die verspreiding, taksonomie en aspekte van die ekologie van die genus Lamproglena (copepoda), 'n ektoparasiet op die kieue van visse'. *Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie,* 27: 107–124.
86. Moller H. (1987). Pollution and parasitism in the aquatic environment. Intern. J. Parasitol., 17, 353-361.
87. Morand S. and Deter, J. (2012). 'Parasitisme et régulation des populations hôtes'. In *Ecologie et évolution des systèmes parasités*.
88. Münster, J., *et al.* (2015). 'Parasites as biological tags to track an ontogenetic shift in the feeding behaviour of *Gadus morhua* off West and East Greenland'. *Parasitology Research,* 114(7), 2723–2733. https://doi.org/10.1007/s00436-015-4479-y
89. Muterezi Bukinga, F. *et al.* (2012) 'Ancyrocephalidae (Monogenea) of Lake Tanganyika: III: *Cichlidogyrus* infecting the world's biggest cichlid and the non-endemic tribes Haplochromini, Oreochromini and Tylochromini (Teleostei, Cichlidae)', *Parasitology Research,* 111(5), pp. 2049–2061. Available at: https://doi.org/10.1007/s00436-012-3052-1.
90. Nack J., *et al.* (2010). 'Sites de fixation de deux monogènes Dactylogyridae parasites branchiaux de Clarias camerunensis : évidence sur le mode d'infestation par les Monopisthocotylea'. *Journal of Applied Biosciences*. 33: 2076-2083.
91. Nack, J., Massende, J. and Messu, M.D.F. (2018) 'Distribution spatiale de deux monogènes du genre Protoancylodiscoides Paperna, 1969 (Dactylogyridea, Ancyrocephalidae) parasites branchiaux de *Chrysichthys auratus* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1808) (Siluriformes, Claroteidae) dans le Lac Ossa (Littoral -Came)', *Journal of Applied Biosciences*, 121(1), p. 12157. Available at: https://doi.org/10.4314/jab.v121i1.6.
92. Nieberding, C., *et al.* (2004). 'A parasite reveals cryptic phylogeographic history of its host'. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *271*(1557), 2559–2568. https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2930
93. Ogutu-Ohwayo, R. (2004). 'Management of the Nile perch, *Lates niloticus* fishery in Lake Victoria in light of the changes in its life history characteristics'. *African Journal of Ecology*, *42*(4), 306–314. https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2004.00527.x

94. Outa, J. O., *et al.* (2021). 'Parasite diversity of introduced fish *Lates niloticus*, *Oreochromis niloticus* and endemic *Haplochromis* spp. of Lake Victoria, Kenya'. *Parasitology Research*, *120*(5), 1583–1592. https://doi.org/10.1007/s00436-021-07095-x
95. Paperna, I. (1982). 'Parasites, infections et maladies du poisson en Afrique'. CPCA.Doc. Tech. (7): 202 p.
96. Pariselle, A. *et al.* (2015) 'Ancyrocephalidae (Monogenea) of Lake Tanganyika: IV: *Cichlidogyrus* parasitizing species of *Bathybatini* (Teleostei, Cichlidae): reduced host-specificity in the deepwater realm?', *Hydrobiologia*, 748(1), pp. 99–119. Available at: https://doi.org/10.1007/s10750-014-1975-5.
97. Paugy, D., and Lévêque, C. (2007). 'Le lac Victoria (Afrique de l'Est) malade de la perche du Nil: Rŕealiťe, mythe ou mystification?' *Natures Sciences Societes*, *15*(4), 389–398. https://doi.org/10.1051/nss:2008005
98. Porter, M. *et al.* (2023) 'Description of two new species of *Diplectanum* Diesing , 1858 (Monogenea: Diplectanidae) collected from *Protonibea diacanthus* (Teleostei: Sciaenidae) from waters off northern A' *International Journal for Parasitology*': *Parasites and Wildlife*, 21(April), pp. 99–109.
99. Poulin, R. (1994). 'The evolution of parasite manipulation of host behavior a theoretical analysis'. *Parasitology* 109, S109-S118.
100. Poulin, R. (1996). 'Parasite faunas of freshwater fish: the relationship between richness and the specificity of parasites'. *International Journal for Parasitology* 27, 1091–1098.
101. Poulin, R. (1999). 'The functional importance of parasites in animal communities: many roles at many levels?' *Int J Parasitol* Vol 29: 6.
102. Poulin, R. (2002). 'The evolution of monogenean diversity'. *International Journal for Parasitology*, *32*(3), 245–254. https://doi.org/10.1016/S0020-7519(01)00329-0
103. Poulin, R., and Mouritsen, K. N. (2006). 'Climate change, parasitism and the structure of intertidal ecosystems'. *Journal of Helminthology*, *80*(2), 183–191. https://doi.org/10.1079/joh2006341
104. Pringle, R.M. (2005) 'The origins of the Nile perch in Lake Victoria', *BioScience*, 55(9), pp. 780–787. Available at: https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0780:TOOTNP]2.0.CO;2.
105. R Core team (2024).'R: A Language and Environment for Statistical Computing'. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.* https://www.R-project.org/

106. Ramasamy P, *et al.* (1985). 'Microhabitats of gill arasites (Monogenea and Copepoda) of teleosts (Scomberoides spp.)'. *International Journal of Parasitology*. 15(4): 385-397.

107. Roberts LS, and Janovy J, (1996). 'Foundations of Parasitology'. *Brown, W. C., Dubuque.* 659 p.

108. Rohde, K. (1991). 'The evolution of protonephridia of the Platyhelminthes'. *Hydrobiologia, 227*(1), 315–321. https://doi.org/10.1007/BF00027617

109. Rohde, K. (1994). 'Niche restriction in parasites: Proximate and ultimate causes'. *Parasitology, 109* (SUPPL.). https://doi.org/10.1017/s0031182000085097

110. Rohde, K. (2002) 'Ecology and biogeography of marine parasites'. Advances in Marine Biology, 43, 1–86.

111. Roy, B. A., and Kirchner, J. W. (2000). 'Evolutionary dynamics of pathogen resistance and tolerance'. *Evolution, 54*(1), 51–63. https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2000.tb00007.x

112. Rubio-Godoy M. (2008). 'Microhabitat selection of *Discocotyle sagittata* (Monogenea: Polyopisthocotylea) in farmed rainbow trout'. *Folia Parasitologica*. 55: 270-276.

113. Sáez-Durán, S., *et' al.* (2018). 'The helminth community component species of the wood mouse as biological tags of a ten post-fire- year regeneration process in a Mediterranean ecosystem'. *Parasitology Research*, 117(7), 2217– 2231. https://doi.org/10.1007/s00436-018-5909-4

114. Santacruz, A., Barluenga, M., and Pérez-Ponce de León, G. (2022). 'The macroparasite fauna of cichlid fish from Nicaraguan lakes, a model system for understanding host–parasite diversification and speciation'. *Scientific Reports*, *12*(1), 1–14. https://doi.org/10.1038/s41598-022-07647-w

115. Schöggl, C.A. (2019) 'Phylogeny and biogeography of African freshwater lates perches (Teleostei, Latidae)', (01414237).

116. Segar, S. T., *et al.* (2018). 'Detecting the elusive cost of parasites on fig seed production'. *Acta Oecologica*, *90* (March), 69–74. https://doi.org/10.1016/j.actao.2018.03.002

117. Shotter, R.A. (1973) 'A comparison of the parasite fauna of young whiting, *Odontogadus merlangus* (L.) (Gadidae) from an inshore and an offshore location off the Isle of Man', *Journal of Fish Biology*, 5(2), pp. 185–195. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1973.tb04447.x.

118. Šimková, A., *et al.* (2002). 'Morphology and coexistence of congeneric ectoparasite species: Reinforcement of reproductive isolation?' *Biological Journal of the Linnean Society, 76*(1), 125–135. https://doi.org/10.1046/j.1095-8312.2002.00056.x

119. Soylu E., *et al.* (2013). 'Microhabitat distribution of *Pseudodactylogyrus anguillae* (Monogenea), *Ergasilus gibbus* and *Ergasilus lizae* (Copepoda) on the gills of European Eels (*Anguilla anguilla*, L.)' *Acta zoologica Bulgarica*. 65(2): 251-257

120. Thomas, F., Adamo, S. and Moore, J. (2005). 'Parasitic manipulation: where are we and where should we go?' *Behavioural Processes* 68, 185-199.

121. Thurston, J. P., and Paperna, I. (1969). '*Diplectanum lacustris* sp.nov. (Dactylogyroidea: Diplectanidae), a monogenetic trematode from the gills of the Nile perch'. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington, 36*(2), 214–218.

122. Thys, K. J. M., *et al.*, (2022). 'Co-introduction of *Dolicirroplectanum lacustre*, a monogenean gill parasite of the invasive Nile perch *Lates niloticus*: intraspecific diversification and mitonuclear discordance in native versus introduced areas'. *International Journal for Parasitology*, *52*(12), 775–786. https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2022.09.001

123. Timi, J. T., and Poulin, R. (2020). 'Why ignoring parasites in fish ecology is a mistake'. *International Journal for Parasitology*, 50(10–11), 755–761. https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2020.04.007

124. Tombi J., Akoumba JF, and Bilong Bilong CF. (2014). 'The monogenean community on the gills of *Oreochromis niloticus* from Melen Fish station in Yaoundé, Cameroun'. *International Journal of Modern Biological Research* 2: 16 – 23.

125. Tombi, J. and Bilong Bilong, C.F., 2004. 'Distribution of gill parasites of the freshwater fish *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Teleostei: Cyprinidae) and tendency to inverse intensity evolution between Myxosporidia and Monogenea as a function of the host age'. *Revue d'Élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 57 : 71-76.

126. Trewavas, E. (1938) ' Lake Albert fishes of the genus *Haplochromis* ', *Annals and Magazine of Natural History*, 1(4), pp. 435–449. Available at: https://doi.org/10.1080/00222933808526788.

127. Tsotetsi, A.M. *et al.* (2006) 'aspects of the Ecology of *Lamproglena clariae* (Copepoda : Lernaeidae) from the vaal river system, south Africa rivers, ponds, dams, and lakes, and it is com-armature of legs. Marx and Avenant-Oldewage collected in the Olifants River , Kruger Nati', 24(4), pp. 529–536.

128. Van Hecke, E. and Vanderleenen, F. (2023) 'Poisson et nutrition en Afrique', *Belgeo*, (2), pp. 0–10. Available at: https://doi.org/10.4000/belgeo.60869.

129. Vanhove, M. P. M., *et al.* (2011). 'First description of monogenean parasites in Lake Tanganyika: The cichlid *Simochromis diagramma* (Teleostei, Cichlidae) harbours a high diversity of *Gyrodactylus* species (Platyhelminthes, Monogenea)'. *Parasitology*, *138*(3), 364–380. https://doi.org/10.1017/S0031182010001356

130. Vanhove, M. P. M., *et al.* (2015). 'Hidden biodiversity in an ancient lake: Phylogenetic congruence between Lake Tanganyika tropheine cichlids and their monogenean flatworm parasites'. *Scientific Reports*, *5*(September), 1–15. https://doi.org/10.1038/srep13669

131. Vanhove, M. P. M., *et al.* (2016). 'Cichlids: A Host of Opportunities for Evolutionary Parasitology'. *Trends in Parasitology*, *32*(10), 820–832. https://doi.org/10.1016/j.pt.2016.07.002

132. Vázquez, D. P., *et al.* (2005). 'Species abundance and the distribution of specialization in host-parasite interaction networks'. *Journal of Animal Ecology*, *74*(5), 946–955. https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2005.00992.x

133. Verbeke, J. (1957). 'Recherches écologiques sur la faune des grands lacs de l'est du Congo Belge'. *Bulletin de l'Institut Royal Des Sciences Naturelles de Belgique: Résultats Scientifiques de l'exploration Hydrobiologique (1952-1954)*, *3*, 3–177.

134. Wolinska, J. *et al.* (2011) 'Spatial variation of Daphnia parasite load within individual water bodies', *Journal of Plankton Research*, 33(8), pp. 1284–1294. Available at: https://doi.org/10.1093/plankt/fbr016.

135. Yambot AV, and Lopez EA. 1997. 'Gill parasite, *Lamproglena monodi* Capart, infecting the *Nile tilapia*, *Oreochromis niloticus* L., cultured in the Phillipines'. In: "Diseases in Asian Aquaculture III. Fish Health Section. (Flegel TW, MacRae IH. eds.)". *Asian Fisheries Society, Manila*, pp. 175–177.

ANNEXES

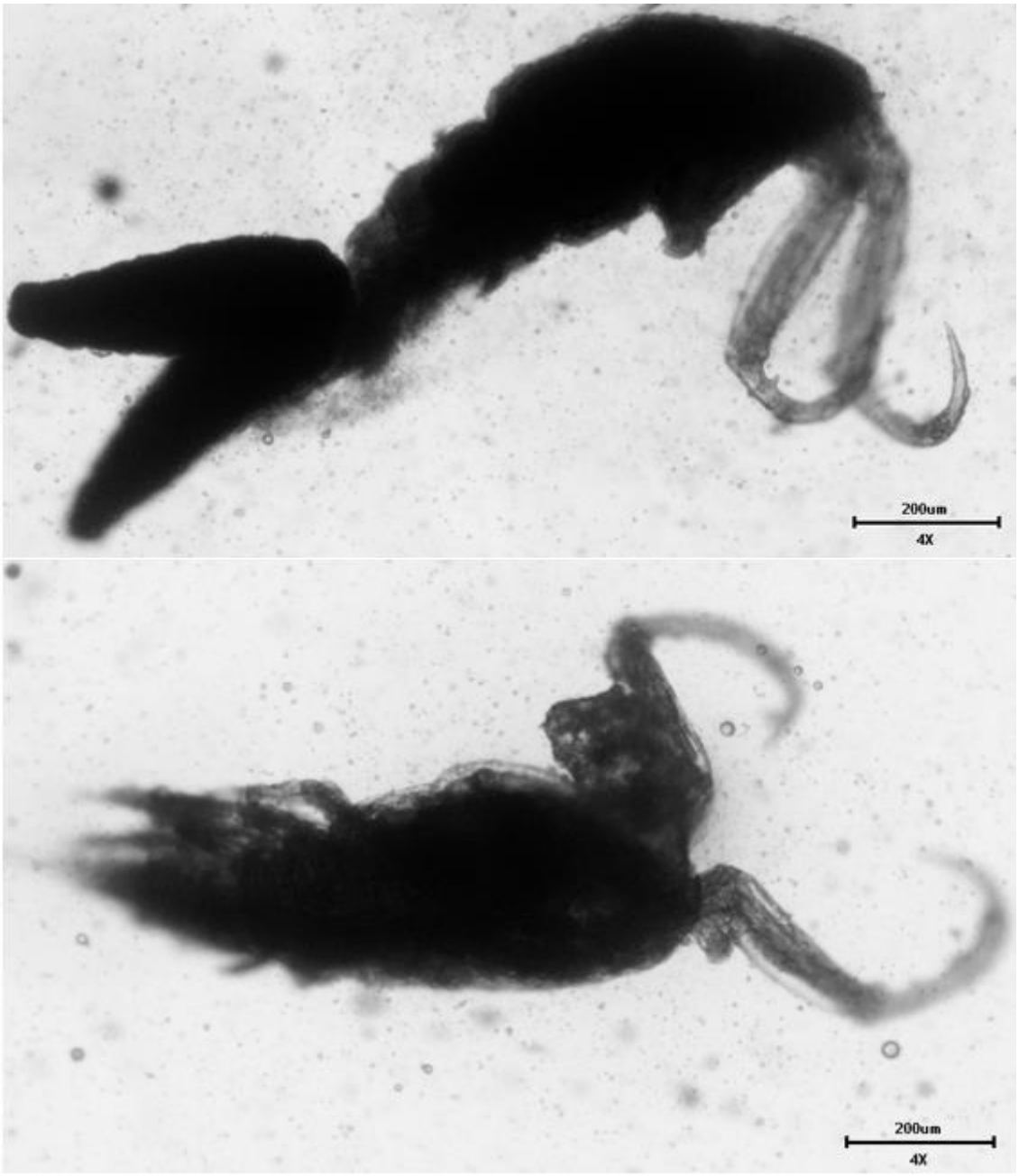


Figure supplémentaire 1: *Ergasilus* sp. du lac Albert



Figure supplémentaire 2: *Lamproglena monodi* du lac Albert

Tableau supplémentaire 1: Différences dans la distribution spatiale des parasites sur les branchies de *L. niloticus* et *H.* sp du lac Albert, RD Congo

	Parasites	Effets fixes	Chi^2	df	P
Microhabitats (36)	*D. lacustre*	Espèce	20,48	1	6,031e-06
		Habitat	1,40	1	0,236
		LS	1,86	1	0,172
		Localité	13,91	2	0,001
		N parasites	352,81	1	< 2,2e-16
	Ergasilus sp.	Espèce	459,40	1	< 2,2e-16
		Habitat	10,88	1	0,001
		LS	2,24	1	0,134
		Localité	107,29	2	< 2,2e-16
		N parasites	1560,39	1	< 2,2e-16
	L. monodi	Espèce	9,1523e-08	1	0,999
		Habitat	0,0000	1	1,000
		LS	0,0000	1	1,000
		Localité	0,0000	2	1,000
		N parasites	0,0000	1	1,000

Tableau supplémentaire 2: Différences dans la distribution spatiale des parasites sur les branchies de *L. niloticus* et *H.* sp du lac Albert, RD Congo (arcs branchiaux).

Parasite	Effets fixes	Chi^2	df	P	Comparaison	Estimation	lwr		
s(4) *D. lacustre*	Espèce	21,16	1	4,224e-06 ***	II-I	-0,01	-0,30	0,26	0,99
	Habitat	3,28	1	0,0701761.	III-I	-0,32	-0,61	-0,04	0,01
	LS	2,34	1	0,1259561	IV-I	-0,36	-0,64	-0,07	0,00
	Localité	16,08	2	0,0003222 ***	III-II	-0,31	-0,59	-0,02	0,02
	n parasites	355,70	1	< 2,2e-16 ***	IV-II	-0,34	-0,63	-0,05	0,01
					IV-III	-0,03	-0,32	0,25	0,98
rgasilus sp.	Espèce	474,12	1	< 2,2e-16 ***	II-I	-0,55	-4,99	3,89	0,98
	Habitat	7,12	1	0,007619 **	III-I	-7,62	-12,06	-3,17	0,00
	LS	0,42	1	0,514740	IV-I	-9,53	-13,97	-5,09	0,00
	Localité	114,00	2	< 2,2e-16 ***	III-II	-7,06	-11,51	-2,62	0,00
	n parasites	1581,61	1	< 2,2e-16 ***	IV-II	-8,98	-13,42	-4,53	0,00
					IV-III	-1.91	-6.35	2.52	0.68
L. monodi	Espèce	0,000	1	1	II-I	-0,55	-11,65	10,55	0,99
	Habitat	0,000	1	1	III-I	-7,62	-18,72	3,48	0,28
	LS	0,000	1	1	IV-I	-9,53	-20,63	1,57	0,12
	Localité	0,000	2	1	III-II	-7,06	-18,17	4,03	0,35
	n parasites	77,459	1	<2e-16 ***	IV-II	-8,98	-20,08	2,12	0,15
					IV-III	-1,91	-13,01	9,19	0,97

Tableau supplémentaire 3: Différences dans la distribution spatiale des parasites sur les branchies de *L. niloticus* et *H.* sp du lac Albert, RD Congo (segments longitudinaux).

	Parasite	Effets fixes	Chi^2	df	P	Comparaisons	estimations	lwr	upr	p
Segments longitudinaux (3)	*D. lacustre*	Espèce	21,92	1	2,841e-06 ***	Médian-dorsal	1,39	0,50	2,28	0,00
		Habitat	5,64	1	0,01752 *	Ventral-dorsal	-0,29	-1,18	0,59	0,71
		LS	2,93	1	0,08717.	Ventral-médian	-1,68	-2,58	-0,79	0,00
		Localité	18,44	2	9,900e-05 ***					
		n parasites	360,54	1	< 2,2e-16 ***					
	Ergasilus sp.	Espèce	456,53	1	< 2,2e-16 ***	Médian-dorsal	-0,17	-2,56	2,22	0,98
		Habitat	11,07	1	0,0008781 ***	Ventral-dorsal	1,36	-1,03	3,75	0,37
		LS	2,72	1	0,0992479.	Ventral-médian	1,53	-0,85	3,92	0,28
		Localité	107,01	2	< 2,2e-16 ***					
		n parasites	1554,39	1	< 2,2e-16 ***					
	L. monodi	Espèce	0,000	1	1	Médian-dorsal	-0,17	-12,81	12,46	0,99
		Habitat	0,000	1	1	Ventral-dorsal	1,36	-11,27	14,00	0,96
		LS	0,000	1	1	Ventral-médian	1,53	-11,10	14,17	0,95
		Localité	0,000	2	1					
		n parasites	77,459	1	<2e-16 ***					

Tableau supplémentaire 4: Différences dans la distribution spatiale des parasites sur les branchies de *L. niloticus* et *H.* sp du lac Albert, RD Congo (zones verticales).

	Parasite	Effets fixes	Chi^2	df	P	Comparaisons	Estimations	lwr	upr	P
Zones verticales (3)	*D. lacustre*	Espèce	21,27	1	3,987e-06 ***	Distale-centrale	-1,01	-1,73	-0,29	0,00
		Habitat	3,25	1	0,07127.	Proximale-centrale	-1,68	-2,41	-0,96	0,00
		LS	2,39	1	0,1220395	Proximale-distale	-0.67	-1,39	0,04	0,07
		Localité	16,17	2	0,0003083 ***					
		n parasites	356,82	1	< 2,2e-16 ***					
	Ergasilus sp.	Espèce	457,63	1	< 2,2e-16 ***	Distale-centrale	3,12	-3,65	9,89	0,52
		Habitat	11,17	1	0,0008319 ***	Proximale-centrale	-13,17	-19,94	-6,39	0,00
		LS	2,53	1	0,1117565	Proximale-distale	-16,29	-23,06	-9,51	0,00
		Localité	105,88	2	< 2,2e-16 ***					
		n parasites	1556,35	1	< 2,2e-16 ***					
	L. monodi	Espèce	0,000	1	1	Distale-centrale	3,12	-11,01	17,25	0,86
		Habitat	0,000	1	1	Proximale-centrale	-13,17	-27,30	0,9651	0,07
		LS	0,000	1	1	Proximale-distale	-16,29	-30,43	-2,15	0,01
		Localité	0,000	2	1					
		n parasites	77,459	1	<2e-16 ***					