

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE

HIGHER TEACHER TRAINING  
COLLEGE



DÉPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES

DEPARTMENT OF BIOLOGICAL SCIENCE

**Écologie des monogènes ectoparasites de *Phenacogrammus major* (Boulenger, 1903) de la rivière Akono à Binguela (Région du Centre): Structure du biotope branchial et Distribution des infracommunautés**

Mémoire soutenu en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur des Lycées d'Enseignement Secondaire Général de 2<sup>ème</sup> grade (D.I.P.E.S.II)

**Filière:** Sciences Biologiques

Par

**ONANA NGONO Michel Thierry**

Matricule: 10Q0574

*Licencié ès-sciences*

Sous la direction de

**Dr TOMBI Jeannette Épouse BOLL**

*Chargée de cours/Université de Yaoundé I*

*Année académique 2015/2016*

## DÉDICACE

*À*

*Toute ma famille, en particulier Pepa Tony, Massita et Merci.*

## REMERCIEMENTS

Je voudrais, Dr TOMBI Jeannette épouse BOLL, vous exprimer ma profonde reconnaissance pour la confiance que vous avez placée en ma modeste personne. Vous m'avez accepté comme votre étudiant et m'avez encadré dans le strict respect des normes scientifiques. Pendant les manipulations, vous m'avez donné votre précieuse attention. Je n'oublierai jamais votre cœur d'une dame tolérante, ouverte et compréhensive. Soyez-en sincèrement remerciée.

Dr LEKEUFACK FOLEFACK Guy Benoît, vous m'avez accompagné sur le terrain le jour même que j'ai découvert mon site d'étude. Durant nos entretiens, j'ai pu apprécier votre conception originale de la parasitologie. Soyez persuadé de ma profonde reconnaissance.

Je voudrais, Pr Sévilor KEKENOU et Pr Abraham FOMENA, vous exprimer ma vive gratitude pour les conseils et encouragements que vous m'avez toujours prodigués, lesquels m'ont servis de motivation, lorsque des circonstances imprévues m'obligèrent à changer de site d'étude. Je formule le vœu de pouvoir bénéficier encore de vos conseils.

Je remercie tous les enseignants de la faculté des sciences de l'Université de Yaoundé I et de l'Ecole Normale de Yaoundé qui ont consacré beaucoup d'efforts pour ma formation académique, intellectuelle et professionnelle. Je retiens par votre exemple le comportement, l'attitude et l'efficacité d'un bon enseignant. Je vous promets d'en faire bon usage durant toute ma carrière d'enseignant.

Ma profonde reconnaissance va aussi à l'endroit de M. DJOUKENG Janvier, Professeur des Lycées de l'Enseignement secondaire Général, qui a initié mes premiers pas dans les sciences biologiques et dont les conseils m'ont été précieux.

J'adresse mes vifs remerciements à mes camarades de promotion NOAH VODONO Yannick, NGUIME MAKOLLO Richard, WANGNAMOU Marcel, MBALA Félix, TOUNA Sena et TCHINDA FOKOUA Serge Hervé pour leur précieuse aide et leur soutien judicieux.

M. AKOUMBA John Francis, M. DEFOUENG NZA Alex Sorel, Mlle FONGANG TSEKENG Charlotte Vanessa, M. MBAH Guy Roland, Mlle DJOMI TCHAMGA Lylle Audrey, Mlle NGADJEU Carmène Sandra et M. NDONGO Ivan; trouvez ici l'expression de ma profonde gratitude pour l'aide amicale que vous m'avez toujours accordée.

Que M. NGONO Thomas Romain, Mme MANGA Marcelline, M. ESSIMI NTERE Marcel, Mme FOUA Marguerite, M. ESSIMI NTERE Charles, M. le Curé Stanislas, M.

FOUDA NGONO Emmanuel Kisito, M. NGONO Lucien et M. MEKONGO Nazaire trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance, pour tous les sacrifices consentis pour mon éducation, le soutien moral et matériel qu'ils m'ont apportés durant ce travail.

Je n'oublierai pas d'adresser mes remerciements à mon pêcheur M. ONANA, son Épouse et ses enfants pour le chaleureux accueil qu'ils m'ont réservé dès mon arrivée à Binguela.

Enfin, j'exprime ma vive gratitude à tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce travail. Que chacun d'eux soit remercié pour l'aide et le soutien dont j'ai été l'heureux bénéficiaire.

# SOMMAIRE

<b>DÉDICACE</b> .....	<b>i</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>ii</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>x</b>
<b>CHAPITRE I : REVUE DE la LITTÉRATURE ET PROBLEMATIQUE</b> .....	<b>1</b>
I.1. Revue de littérature .....	2
I.1.1 – Classification sommaire de <i>Phenacogrammus major</i> .....	2
I.1.2 – Description du système branchial des Téléostéens .....	2
I.1.3. Généralités sur les Monogènes .....	3
I.1.4. Classification sommaire des Monogènes .....	4
I.1.5. Cycle de développement des Monogenea .....	7
I.1.6. Pathogénicité des Monogènes .....	7
I.1.7. Traitement contre les infections causées par les monogènes .....	8
I.2. Problématique .....	9
<b>CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES DE COLLECTES ET D’ANALYSE DES DONNÉES</b> .....	<b>10</b>
II.1. Matériel.....	11
II.1.1. Cadre géographique .....	11
II.1.2. Matériel biologique .....	13
II.2. Méthodes .....	16
II.2.1. Pêche et conservation des poissons hôtes .....	16
II.2.2. Prise des paramètres biométriques .....	16
II.2.3. Détermination du sexe du poisson hôte .....	17
II.2.4. Dissection du système branchial.....	17
II.2.5. Recherche, montage et identification des parasites .....	17
II.2.6. Détermination du statut écologique des parasites .....	17
II.2.7. Analyse des données.....	18
II.2.8. Terminologie .....	19

<b>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>21</b>
III.1 Résultats .....	22
III.1.1. Variation du nombre de filaments branchiaux .....	22
III.1.2. Évolution du nombre de filaments branchiaux en fonction de la taille du poisson .....	26
III.1.3 – Distribution des monogènes dans la population hôte échantillonnée .....	31
III.1.4 – Statut écologique de chaque espèce parasite .....	32
III.1.5. Parasitisme en fonction du sexe de <i>Phenacogrammus major</i> .....	33
III.1.6. Parasitisme en fonction de l’arc branchial .....	33
III.1.7. Parasitisme en fonction de la taille de <i>Phenacogrammus major</i> .....	34
III.2 – Discussion .....	36
<b>CHAPITRE IV : INTÉRÊT DIDACTIQUE DU SUJET.....</b>	<b>41</b>
IV.1 - Fiche pédagogique de préparation d’une leçon des sciences de la vie et de la terre selon l’Approche Pédagogique par Objectif (APO) .....	42
IV.2 – Contenu du cours .....	44
IV. 3 – Planches relatives aux activités du cours .....	45
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>45</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>54</b>

## ABSTRACT

Fish is subject to various parasites attacks which reduce their population. As remedy, it is important to conduct taxonomic and ecological studies of different fish parasites. Regarding *Phenacogrammus major* (Boulenger, 1903), the first studies on this species revealed the presence of three monogenean gill parasites, namely, *Annulotrema amieti* Birgi, 1988; *Annulotrema gabrioni* Birgi, 1988 and *Characidotrema spiropenis* Birgi, 1988. The aim of this study is to investigate some ecological aspects of the various monogenean gills parasites of this Characidae in Akono River at Binguela locality. From April to September 2015, 72 fishes were captured and taken to the laboratory where the sex and length of each specimen have been determined. After counted the number of gills filaments on a stereoscopic microscope, the monogenean species were observed and mounted, and then, identified using with the light microscope.

Gill system of *Phenacogrammus major* in the Akono River at Binguela locality was heterogeneous: on one hand the number of the gills filaments was not distributed uniformly through different arches and hemibranches, on the other hand this system alters with the standard size of fish. Only two fishes were not parasitized. The remaining 70 fishes harbored 3109 monogeneans (5 to 153 parasites per fish). The monogeneans guild of *P. major* consists of six species: *Characidotrema spiropenis*, *Annulotrema amieti*, *Annulotrema gabrioni*, *Annulotrema* sp. 1, *Annulotrema* sp. 2 and *Annulotrema* sp. 3. The parasitic load was either low or very low. Except for *Annulotrema* sp. 3, all of individuals of this component community have been over-dispersed. Sex was found to have no effect on parasites distribution. The occupation model of gill arches by *C. spiropenis* was an equi-partition. *A. amieti* and *A. gabrioni* have been respectively more frequent on the second and the medians of gill arches. The infestation rate gradually increased with the host standard length.

**Keys words:** Akono River, *Phenacogrammus major*, Gill filaments, Monogenean, Bioecology.

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**A<sub>I</sub>** ou **A<sub>1</sub>**: Arc branchial I

**A<sub>II</sub>** ou **A<sub>2</sub>**: Arc branchial II

**A<sub>III</sub>** ou **A<sub>3</sub>**: Arc branchial III

**A<sub>IV</sub>** ou **A<sub>4</sub>**: Arc branchial IV

**CD** : Côté droit ;

**CG** : Côté gauche ;

**ddl** : Degré de liberté ;

**E** : Est

**HA** : Hémibranchie antérieure ;

**HA<sub>I</sub>** ou **HA<sub>1</sub>**: Hémibranchie antérieure de l'arc I ;

**HA<sub>II</sub>** ou **HA<sub>2</sub>**: Hémibranchie antérieure de l'arc II ;

**HA<sub>III</sub>** ou **HA<sub>3</sub>**: Hémibranchie antérieure de l'arc III ;

**HA<sub>IV</sub>** ou **HA<sub>4</sub>**: Hémibranchie antérieure de l'arc IV ;

**HP** : Hémibranchie postérieure ;

**HP<sub>I</sub>** ou **HP<sub>1</sub>**: Hémibranchie postérieure de l'arc I ;

**HP<sub>II</sub>** ou **HP<sub>2</sub>**: Hémibranchie postérieure de l'arc II ;

**HP<sub>III</sub>** ou **HP<sub>3</sub>**: Hémibranchie postérieure de l'arc III ;

**HP<sub>IV</sub>** ou **HP<sub>4</sub>**: Hémibranchie postérieure de l'arc IV ;

**K** : Kruskal Wallis ;

**MD** : Moyenne des filaments branchiaux du côté droit ;

**MG** : Moyenne des filaments branchiaux du côté gauche ;

**MHA** : Moyenne des hémibranchies antérieures ;

**MHP** : Moyenne des hémibranchies postérieures ;

**N** : Nord ;

**ns** : Non significatif ;

**ORSTOM** : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer ;

**P** : Probabilité ;

**s** : Significatif ;

**sp.** : Species ;

**t** : Test *t* de Student.



## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Photographie des branchies d'un poisson Téléostéen (www.fututra-sciences.com). ....	2
<b>Figure 2</b> : Photographie d'un arc branchial (Photo prise par Onana Ngono 2016). ....	3
<b>Figure 3</b> : Organisation générale d'un monogène Monopisthocotylea (Bilong Bilong 1995 modifié). ....	5
<b>Figure 4</b> : Organisation générale d'un monogène Polyopisthocotylea (Neifar <i>et al.</i> 1999 modifié). ....	6
<b>Figure 5</b> : Cycle de développement d'un Monogène (Lambert & El Gharbi 1995 modifié). ....	7
<b>Figure 6</b> : Carte du site d'étude (ORSTOM, 1993) modifié .....	11
<b>Figure 7</b> : Photographie du site d'étude (Photo prise par Onana Ngono 2015). ....	12
<b>Figure 8</b> : Photographie de <i>Phenacogrammus major</i> (Photo prise par Onana Ngono 2015). ....	13
<b>Figure 9</b> : Exemple d'un monogène du genre <i>Characidotrema</i> Paperna & Thurston, 1968 (Birgi 1988 modifié). ....	14
<b>Figure 10</b> : Organisation générale d'un monogène du genre <i>Annulotrema</i> Paperna & Thurston, 1969 (Birgi 1988 modifié). ....	16
<b>Figure 11</b> : Nombre moyen de filaments branchiaux en fonction du côté .....	22
<b>Figure 12</b> : Variation du nombre moyen de filaments branchiaux en fonction de l'arc branchial. ....	23
<b>Figure 13</b> : Variation du nombre de filaments branchiaux en fonction de l'hémibranchie .....	24
<b>Figure 14</b> : Variation du nombre moyen de filaments branchiaux de chaque arc branchial en fonction de l'hémibranchie. ....	24
<b>Figure 15</b> : Évolution du nombre total de filaments branchiaux du poisson en fonction de la longueur standard. ....	26
<b>Figure 16</b> : Évolution du nombre de filaments branchiaux d'un côté du poisson en fonction de sa taille. ....	27
<b>Figure 17</b> : Évolution du nombre de filaments branchiaux d'un arc branchial en fonction de la taille du poisson. ....	28
<b>Figure 18</b> : Variation du nombre total de filaments d'une hémibranchie en fonction de la taille du poisson. ....	29

<b>Figure 19:</b> Évolution du nombre moyen de filaments d'une hémibranchie de chaque arc en fonction de la taille du poisson. ....	30
<b>Figure 20:</b> Proportions par genre des monogènes parasites branchiaux de <i>Phenacogrammus major</i> de la rivière Akono à Binguela .....	32
<b>Figure 21:</b> Variation de la charge parasitaire moyenne en fonction du sexe du poisson .....	33
<b>Figure 22:</b> Variation de la charge parasitaire moyenne en fonction de l'arc branchial.....	34
<b>Figure 23 :</b> Variation de la charge parasitaire en fonction de la taille du poisson. ....	35
<b>Figure 24:</b> Planches des activités relatives à la leçon. ....	45

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Résultats du test $t$ relatifs à la comparaison du nombre total moyen de filaments inter-arcs ; ddl = 142 .....	23
<b>Tableau 2</b> : Résultats du test $t$ de Student relatif à la comparaison des nombres moyens des filaments branchiaux inter-hémibranchies; ddl = 142.....	25
<b>Tableau 3</b> : Équations de croissance du nombre de filaments total d'une holobranchie en fonction de la taille de <i>Phenacogrammus major</i> .....	28
<b>Tableau 4</b> : Équations de croissance du nombre de filaments par hémibranchie en fonction de la taille de <i>Phenacogrammus major</i> .....	31
<b>Tableau 5</b> : Prévalence, intensité d'infestation et abondance moyennes des monogènes parasites branchiaux de <i>P. major</i> de la localité de Binguela.....	32

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les ressources halieutiques, en particulier le poisson, jouent un rôle crucial dans l'alimentation des milliards de consommateurs. Le poisson est une excellente source de divers nutriments tels que les protéines, les vitamines et les sels minéraux. Dans leur milieu de vie les poissons sont soumis à diverses pressions parmi lesquelles le parasitisme. Selon Euzet & Raibaut (1985) les parasites infligent aux poissons des dommages qui affectent plus ou moins leur santé. Au nombre de parasites aux quels sont exposés les poissons, on cite les Monogenea Carus, 1863 qui donnent la possibilité d'effectuer différents types d'études écologiques. Ces organismes sont des précieux outils pour l'étude du partage du biotope (Silan *et al.* 1987, Silan & Le Pommelet 1995, Rubio-Godoy 2008). Ils rendent possible l'étude des interactions intra et interspécifiques (Koskivaara & Valtonen 1991, El-Hafidi *et al.* 1998). L'étude de la distribution des monogènes a donné des résultats intéressants (El Madhi & Belghyti 2006, Turgut *et al.* 2006). De nombreux travaux portent sur la répartition longitudinale de ces Plathelminthes (Blahoua *et al.* 2009, Luo & Wang 2010, Silan *et al.* 1999).

Au Cameroun, la systématique des monogènes branchiaux de *Phenacogrammus major* (Boulenger, 1903) faite par Birgi (1988) a indiqué la présence de trois espèces: *Annulotrema amieti* Birgi, 1988; *Annulotrema gabrioni* Birgi, 1988 et *Characidotrema spiropenis* Birgi, 1988. Aucun travail écologique sur les monogènes branchiaux de ce Characidae n'a encore été fait. Le présent travail a pour objectif d'étudier quelques aspects écologiques des monogènes parasites branchiaux de *Phenacogrammus major*. Pour se faire, trois objectifs spécifiques ont été retenus :

- étudier la variation du nombre de filaments branchiaux en fonction du côté, de l'arc et de l'hémibranchie;
- étudier l'évolution du nombre de filaments branchiaux en fonction de la taille du poisson ;
- étudier la distribution des monogènes dans la population hôte échantillonnée.

Après l'introduction générale, ce travail sera bâti autour de quatre chapitres: le premier chapitre traite de la revue de littérature, le deuxième présente le matériel et les méthodes utilisés, le troisième présente les résultats et leur discussion et le quatrième montre son intérêt pédagogique. La conclusion et les perspectives vont clôturer ce document.

**CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE ET  
PROBLÉMATIQUE**

## I.1. Revue de littérature

### I.1.1 – Classification sommaire de *Phenacogrammus major*

Selon Paugy (1986), la position systématique du poisson-hôte (Figure 8) dont les monogènes branchiaux sont étudiés est la suivante :

- Règne Animal,
  - Embranchement des Vertébrés,
    - Sous-embranchement des Gnathostomes,
      - Superclasse des Poissons,
        - Classe des Ostéichthyens,
          - Sous-classe des Actinoptérygiens,
            - Superordre des Téléostéens,
              - Ordre des Characiformes,
                - Famille des Alestidae,
                  - Genre *Phenacogrammus* (Eigenmann, 1907),
                    - Espèce *Phenacogrammus major* (Boulenger, 1903).

*Phenacogrammus major* (Boulenger, 1903) est retrouvé en basse Guinée, dans le bassin central du fleuve Congo mais aussi au Cameroun dans le Nyong, le Ntem, la Sanaga et le Dja (Amiet & Nzeyimana 1990, Stiassny *et al.* 2007).

### I.1.2 – Description du système branchial des Téléostéens

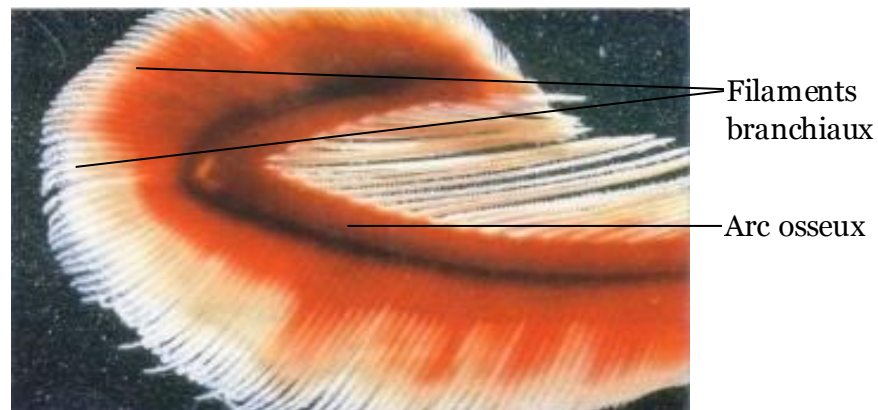
Le système branchial des Téléostéens présente quatre paires d'arcs branchiaux (Figure 1) logées dans la cavité branchiale (Paugy 1986, Stiassny *et al.* 2007). Les branchies sont protégées par un organe appelé opercule.



**Figure 1** : Photographie des branchies d'un poisson Téléostéen ([www.fututra-sciences.com](http://www.fututra-sciences.com)).

Chaque branchie est constituée par une succession de feuillets ou lamelles branchiales appartenant à deux fentes branchiales successives, disposées perpendiculairement à un arc

squelettique ou arc osseux (Paugy 1986, Figure 2). L'irrigation des branchies est assurée par un courant d'eau entretenu par les mouvements de l'opercule. L'eau est aspirée dans la cavité buccale puis refoulée à travers la chambre branchiale par la fente de l'opercule (Stiassny *et al.* 2007).



**Figure 2:** Photographie d'un arc branchial (Photo prise par Onana Ngono 2016).

Le fin épithélium richement vascularisé qui tapisse les branchies des poissons associé à d'importantes quantités de particules alimentaires retrouvées dans la cavité branchiale favorisent le développement des ectoparasites et en particulier les monogènes (Bilong Bilong & Tombi 2004). Les branchies des téléostéens hébergent très souvent des effectifs énormes de monogènes (Euzet & Raibaut 1985).

### **I.1.3. Généralités sur les Monogènes**

Les Monogenea Carus, 1863 ou simplement Monogènes, forment une classe au sein de l'embranchement des Plathelminthes. Ils regroupent des parasites de petite taille (quelques dizaines de micromètres à six millimètres). Ces organismes sont hautement spécifiques à leurs hôtes (Silan *et al.* 1999). Ils infestent les vertébrés aquatiques, essentiellement les poissons. On les retrouve aussi chez les Amphibiens et les tortues aquatiques (Sophie *et al.* 2003). En outre, *Oculotrema hippopotami* est un monogène retrouvé sur l'œil d'hippopotames. Les monogènes vivent principalement fixés sur les filaments branchiaux de leurs hôtes (poissons). Toutefois, ils peuvent coloniser d'autres sites comme la peau, les nageoires, les cavités buccale et rectale, etc... (Blahoua *et al.* 2009).

L'organisation générale des monogènes se caractérise par la présence de deux organes de fixation. La partie antérieure ou prohaptor est de nature glandulaire. Elle accentue la fixation du monogène sur l'hôte (Rohde 1993). En plus des glandes céphaliques, on n'y retrouve également des ocelles. La partie postérieure appelée opisthohaptor (haptor) est un organe de fixation constitué de crochets (grippi), de crochetons (uncinuli), d'épines, de ventouses et/ou de pinces.



La forme des organes copulateurs est une importante caractéristique taxonomique (Birgi 1988). Les monogènes sont hermaphrodites mais incapables d'autofécondation. L'appareil reproducteur mâle présente un ou plusieurs testicules tandis que l'ovaire est unique. Les différences morphologiques du génitalia sont à l'origine du phénomène d'isolement sexuel (Lambert 1977).

#### **I.1.4. Classification sommaire des Monogènes**

Sur la base des critères morphologiques tels l'armature haptorale et la structure du génitalia, la classe des Monogènes se divise en deux sous-classes: la sous-classe des Monopisthocotylea (Odhner 1912) et la sous-classe des Polyopisthocotylea (Odhner 1912).

##### **I.1.4.1. La sous-classe des Monopisthocotylea (Odhner 1912)**

Les monogènes monopisthocotylea sont de petite taille (quelques millimètres), ovipares et fréquents sur les branchies et le tégument des poissons (Euzet & Raibaut 1985). Les organes céphaliques glandulaires ou prohaptateur sont bien développés (Birgi 1988). L'opisthohaptateur est constitué d'une à deux paires de crochets (grippi) et de douze à seize crochets (Silan & Maillard 1990).

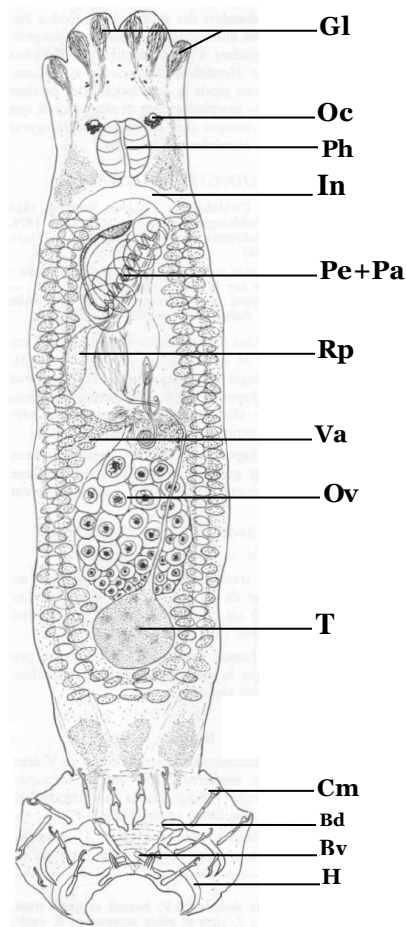
L'intestin forme des branches simples, qui s'unissent postérieurement ou non. Ils se nourrissent en broutant les cellules épithéliales de leurs hôtes (Rohde 2005). L'appareil reproducteur est sclérifié, présentant une pièce accessoire associée à un ou deux réservoirs prostatiques (Yamada *et al.* 2009). Le testicule est postérieur. L'ouverture vaginale unique est médiane, sub-médiane ou latérale (Birgi 1988).

Les monogènes qui font l'objet de notre étude appartiennent à la sous-classe des Monopisthocotylea. Leur position systématique jusqu'au rang générique est :

- Règne Animal
- Classe des Monogenea Carus, 1863 ;
- Sous-classe des Monopisthocotylea (Odhner 1912) ;
- Ordre des Dactylogyridea Bychowsky, 1937 ;
- Famille des Ancyrocephalidea Bychowsky & Nagibina, 1978 ;
- Sous-famille des Ancyrocephalinae Bychowsky, 1963 ;
- Genre *Annulotrema* Paperna & Thurston, 1969.
- Genre *Characidotrema* Paperna & Thurston, 1968.

Le genre *Annulotrema* infeste uniquement les Characidae, les Hepseptidae et certains Distichodontidae d'Afrique tandis que le genre *Characidotrema* regroupe des monogènes parasites des Characidae des cours d'eau et rivières africains (Birgi 1988).

La figure 3 ci-après présente l'organisation générale d'un monogène monopisthocotylea.



**Figure 3:** Organisation générale d'un monogène Monopisthocotylea (Bilong Bilong 1995 modifié).

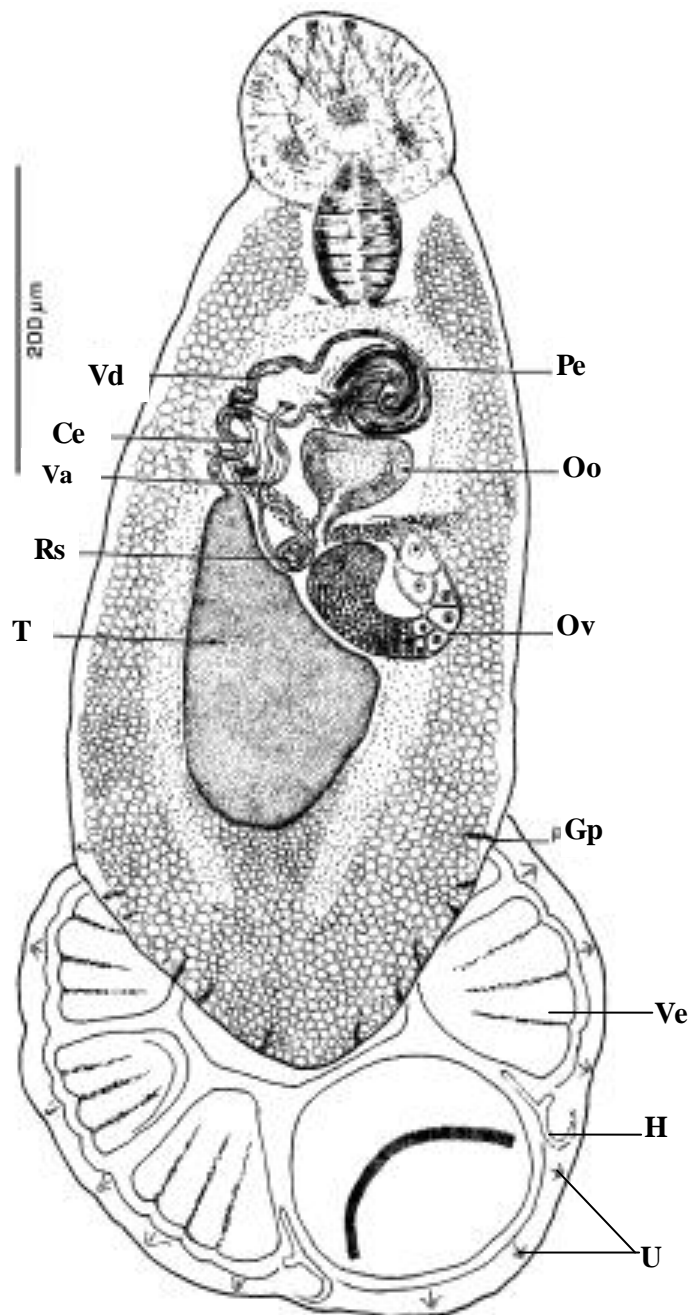
**Légende:** **Bd** : Barre dorsale, **Bv** : Barre ventrale, **Cm**: Crochet marginal ou Uncinuli, **Gl**: Glande céphalique, **H**: Hamulus, **In**: Intestin, **Oc**: Ocelle, **Ov**: Ovaire, **Pa**: Pièce accessoire du pénis, **Pe**: Pénis, **Ph**: Pharynx, **T**: Testicule, **Va**: Vagin, **Rp**: Réservoir prostatique.

#### **I.1.4.2. La sous-classe des Polyopisthocotylea (Odhner 1912)**

Cette sous-classe regroupe des spécimens de grande taille possédant deux lobes céphaliques. Les ocelles sont absents. Les branches intestinales ne se rejoignent pas postérieurement (Beverley-Burton 1984). Ces helminthes se caractérisent par un organe de fixation complexe. Ce dernier a la forme d'un disque pédonculé muni de ventouses, de crochets, de pinces et dépourvu de crochets (Rohde 2005).

L'appareil reproducteur mâle comprend un pénis, un bulbe musculaire armé d'épines et de testicules médians. L'appareil reproducteur femelle, l'ovaire médian est immédiatement postérieur à l'utérus. Le gonopore est médian ou sub-médian et postérieur au pharynx (Beverley-

Burton 1984). En général, les monogènes polyopisthocotylea s'organisent tel que traduit par la figure 4.



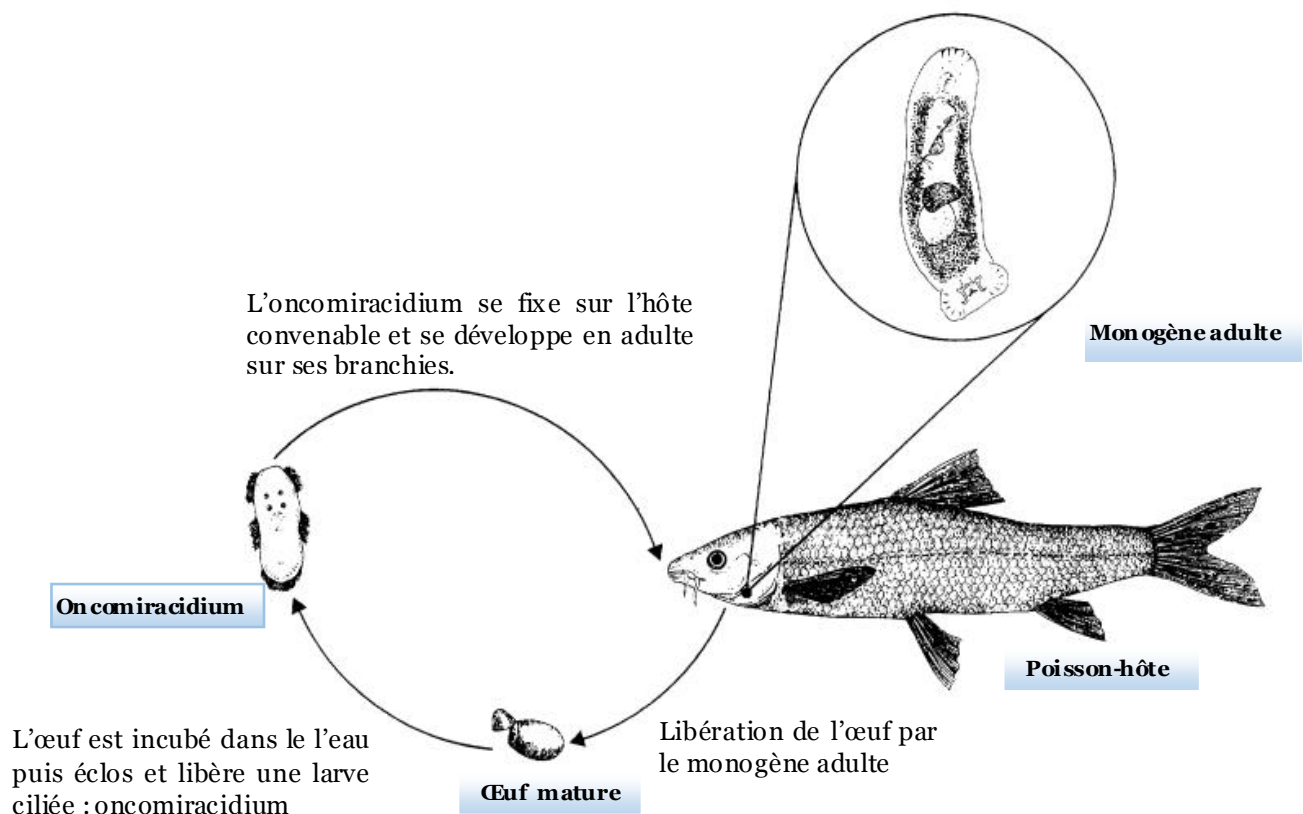
**Figure 4:** Organisation générale d'un monogène Polyopisthocotylea (Neifar *et al.* 1999 modifié).

**Légende :** **Ce** : Canal énigmatique; **Gp** : Glande postérieure; **H**: Hamulus; **Ov** : Ovaire; **Oo** : Ootype; **Pe** : Pénis; **Va**: Vagin; **Vd** : Vas deferens ; **Rs** : Réceptacle séminal; **T** : Testicule; **U**: Uncinuli; **Ve** : Ventouse.

La bouche se trouve à la partie antérieure. Ces organismes sont hématophages (Rohde 2005). Par ailleurs, ils peuvent consommer du mucus et des fragments tissulaires issus de leurs hôtes (Rohde 1993).

### I.1.5. Cycle de développement des Monogenea

En général, les Monogenea présentent un cycle de développement direct ou holoxène (figure 5). Après fécondation, l'œuf mature est libéré dans le milieu aquatique où il éclos au bout de quelques jours pour libérer une larve ciliée mobile appelée oncomiracidium. Après sa fixation sur un hôte convenable, la larve se transforme en adulte (Silan *et al.* 1999).



**Figure 5:** Cycle de développement d'un Monogène (Lambert & El Gharbi 1995 modifié).

Cependant, certains Monopisthocotylea tels que les représentants de la famille des Gyrodactylidae, marquent l'exception. Ils sont vivipares et pratiquent la polyembryonie. En effet, un individu unique peut porter plusieurs générations d'embryons emboîtés les uns dans les autres, et prêts à être relâchés dans la nature (Silan *et al.* 1999, Cable & Harris 2002).

### I.1.6. Pathogénicité des Monogènes

Les infestations naturelles sont généralement bénignes. Cependant, en aquaculture, les monogènes représentent une menace non négligeable (El Madhi & Belghyti 2006). En effet, leur

cycle de développement court et leur contagiosité facile sont souvent à l'origine de fortes charges parasitaires généralement responsables d'énormes pertes en aquaculture intensive (Birgi 1988). Par ailleurs, l'action mécanique exercée par l'opisthoptère peut provoquer la destruction des branchies et la peau de leurs hôtes suite à l'hyperplasie des lamelles branchiales, la nécrose et aux ulcérations cutanées. Ces importants dommages prédisposent l'hôte aux infections secondaires par des bactéries, des champignons et des virus (Reed *et al.* 2012). Grâce aux lésions de l'épithélium branchial de l'hôte, les Monogenea diminuent sa surface respiratoire. En outre, le mode de reproduction des Gyrodactylidae les rend redoutables dans les bassins piscicoles par accumulation (Euzet & Pariselle 1996, Cable & Harris 2002). Et généralement, ceci entraîne la léthargie, le retard de croissance, la perte de poids et même la mort de l'individu hôte. En Chine par exemple, de nombreuses mortalités ont été enregistrées dans les étangs d'élevage de *Carassius intermedius* (poisson rouge) dues aux infestations par le monogène *Dactylogyrus intermedius* (Wang *et al.* 2010).

### **I.1.7. Traitement contre les infections causées par les monogènes**

Le contrôle des infestations causées par des monogènes au moyen d'anthelminthiques chimiques est courant. En effet, les produits tels que le peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (Ogawa 2002) et le permanganate de potassium (KMnO<sub>3</sub>) (Stetter *et al.* 2003) provoquent une destruction rapide des monogènes ectoparasites de poissons. Le mébendazole, anthelminthique à large spectre, tue les monogènes en provoquant des dommages nerveux, musculaires et tégumentaires (Schmahl 1993). Toutefois, le praziquantel représente le traitement de choix contre ces helminthes en entraînant la paralysie des muscles contractiles et la destruction du tégument (Thoney & Hargis 1991, Schmahl 1993).

De nos jours, l'utilisation d'extraits de plantes médicinales est un moyen efficace pour contrôler les pathologies dues aux monogènes. Ainsi des extraits de *Radix angelicae pubescentis* permettent de lutter efficacement contre les *Dactylogyrus* (Wang *et al.* 2010). Les extraits aqueux et méthanolique de *Piper guineense* provoquent une destruction complète des monogènes de la peau et des branchies de poissons (Ekanem *et al.* 2004). L'asthole contrôle l'infection du poisson rouge *Carassius auratus* par *Dactylogyrus intermedius* (Yao *et al.* 2011). D'autres extraits de plantes peuvent inhiber le développement embryonnaire ainsi que l'éclosion des œufs (Huston *et al.* 2012). En ce qui concerne les parasitoses dues aux monogènes ovipares, il est nécessaire de vidanger, nettoyer et désinfecter régulièrement les étangs piscicoles à cause de la résistance des œufs (Ogawa 2002).

## I.2. Problématique

L'étude du biotope branchial a révélé que le système branchial des poissons est hétérogène et se modifie au fur et à mesure que le poisson grandit (Bilong Bilong *et al.* 1999, Bilong Bilong & Tombi 2004). De plus, les travaux de Bilong Bilong (1995), Bilong Bilong *et al.* (1999), Bilong Bilong & Tombi (2004), Tombi *et al.* (2016) sur des espèces de Poissons différentes ont démontré que le système branchial des téléostéens est doté d'une symétrie bilatérale. L'étude de la distribution des parasites a indiqué dans la plupart des cas que les monogènes parasitent indifféremment les hôtes des deux sexes et que le parasitisme augmente avec la taille du poisson (Nack *et al.* 2010). Il a par ailleurs été observé que les monogènes présentent généralement une préférence pour certains sites de fixation (Tombi & Bilong Bilong 2013, Tombi *et al.* 2014). L'étude des associations parasitaires menées chez *Barbus martorelli* a montré que les différentes infracommunautés sont isolationnistes (Tombi *et al.* 2011). La répartition longitudinale des monogènes a révélé une saisonnalité dans l'apparition des différentes espèces. Il a par ailleurs été noté qu'il existe une corrélation négative entre la température et l'intensité moyenne des vers adultes (Bilong Bilong 1995, Bilong Bilong & Njiné 1998, Tombi 2005).

Au Cameroun, l'écologie des monogènes parasites des poissons est une discipline en plein développement. En ce qui concerne certaines espèces de Poissons, des grands progrès ont déjà été faits. À l'opposé, il existe des familles entières de Poissons qui n'ont jamais fait l'objet d'une étude de leurs monogènes ectoparasites et/ou de l'écologie de leurs helminthes. Il s'y ajoute des manquements cruciaux dans la littérature disponible, limitée qu'à un certains nombre individus hôtes. Ces constats nous amènent à prendre en compte la tâche qui nous incombe. Il s'agit d'apporter un supplément d'information sur la diversité parasitaire, d'amorcer l'écologie des monogènes de diverses espèces de poissons d'eau douce et d'étendre nos études dans différentes localités du pays. C'est dans cette perspective que nous avons entrepris d'étudier l'écologie des monogènes branchiaux de *Phenacogrammus major* (Boulenger 1903) de la rivière Akono à Binguéla, région du Centre, Cameroun.

## **CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES DE COLLECTES ET D'ANALYSE DES DONNÉES**

## II.1. Matériel

### II.1.1. Cadre géographique

Les poissons examinés dans le présent travail ont été capturés dans la rivière Akono à Binguéla. Le village Binguéla est situé entre 3°46'00"N et 11°24'00"E dans l'arrondissement de Mbankomo, département de la Mefou et Akono, région du Centre, Cameroun (Figure 6).

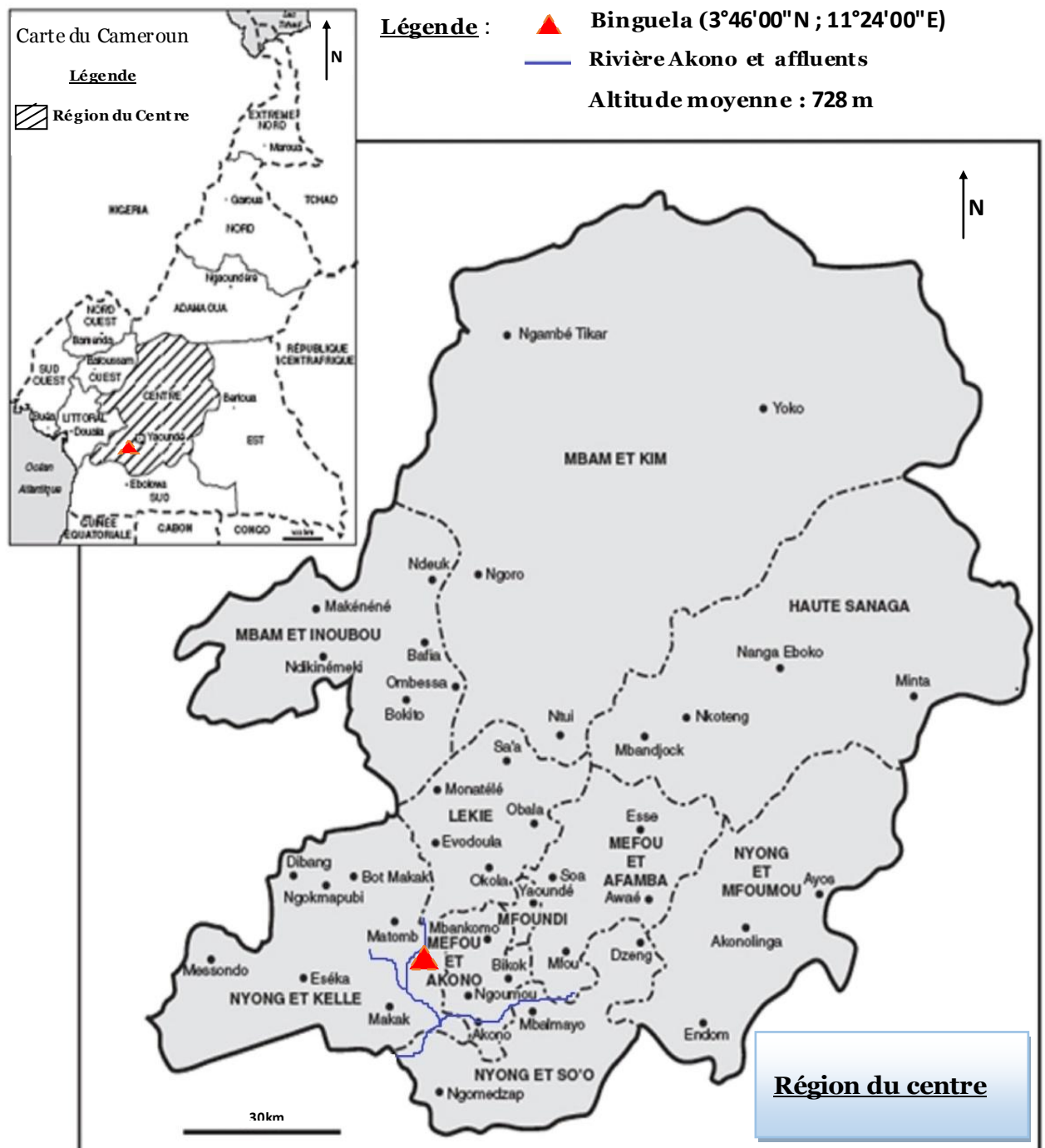


Figure 6: Carte du site d'étude (ORSTOM, 1993) modifié



### II.1.1.1 Relief

L'altitude du département de la Mefou et Akono varie entre 700 et 800 mètres. Le relief est en général très accidenté. Il se caractérise par la prédominance des petits sommets dont le principal est « Nkolngok » c'est-à-dire « colline de pierres ». On n'y trouve également des bas-fonds marécageux (Onguene 1993).

### II.1.1.2. Climat

Banlieue de Yaoundé, Binguéla bénéficie d'un climat équatorial de type guinéen avec deux saisons de pluies et deux saisons sèches (Onguene 1993). La température annuelle varie de 22,3°C (août) à 24,5°C (février). Affluent du Nyong, la rivière Akono (Figures 7) qui arrose cette localité a un régime hydrologique de type équatorial (Onguene 1993).



**Figure 7:** Photographie du site d'étude (Photo prise par Onana Ngono 2015).

### II.1.1.3. Végétation

La végétation primitive était la forêt dense ombrophile ou héli-ombrophile (Letouzey 1958). Suite à l'activité anthropique, le couvert végétal actuel est une forêt secondaire composée d'arbres, de lianes et d'arbustes. Les principales espèces végétales sont *Lophira alata*, *Saccoglottis gabonensis*, *Cynometva hankel*, *Coula edulis*,... On y trouve également diverses espèces de légumineuses et de cultures vivrières. Les végétaux appartenant aux genres *Pandanus*, *Raphia*, *Mitvagyzae*, *Uapaca* poussent dans les bas-fonds marécageux.

#### II.1.1.4. Sols

Binguela se situe dans le domaine des sols ferrallitiques (Onguene 1993). Ce sont des sols très pauvres en bases et présentant un bon potentiel de fertilité qui a permis la création de l'Ecole Pratique d'Agriculture de Binguela (EPAB). Le Pipelines Tchad – Cameroun et la voie ferrée Yaoundé – Douala traversent cette localité.

Les « Éwondos » constituent l'essentiel des habitants de Binguela (ORSTOM 1993). L'agriculture de rente est l'une de leurs principales activités. Ils cultivent du plantain, du manioc, du piment, du maïs et même du cacao. Par ailleurs, l'aviculture, la pisciculture, la chasse, la vente du charbon et du bois de chauffage domestique sont d'autres moteurs de l'activité économique (Fodouop 2003).

#### II.1.2. Matériel biologique

##### II.1.2.1. Description du poisson-hôte

Le corps de *Phenacogrammus major* (Boulenger, 1903) est assez robuste et comprimé latéralement. Le mâle a tendance à être plus haut que la femelle. La longueur standard maximale est de 95mm. Le museau est légèrement supère avec la mâchoire inférieure proéminente. Les flancs sont argentés, le bord des écailles du dos est souvent pigmenté. Il existe une large bande noire très prononcée sur le pédoncule caudal. Située en dessous de la ligne latérale, elle s'étend depuis l'origine de la nageoire anale vers la nageoire caudale jusqu'au bord postérieur des rayons médians de celle-ci. La pointe des nageoires ventrales est noire.



**Figure 8:** Photographie de *Phenacogrammus major* (Photo prise par Onana Ngono 2015).

Chez les spécimens vivants, la nageoire dorsale adipeuse est rouge, rouge-violet chez les mâles. Les autres nageoires sont jaunâtres ou grisâtres. Il existe souvent une tache humérale. La

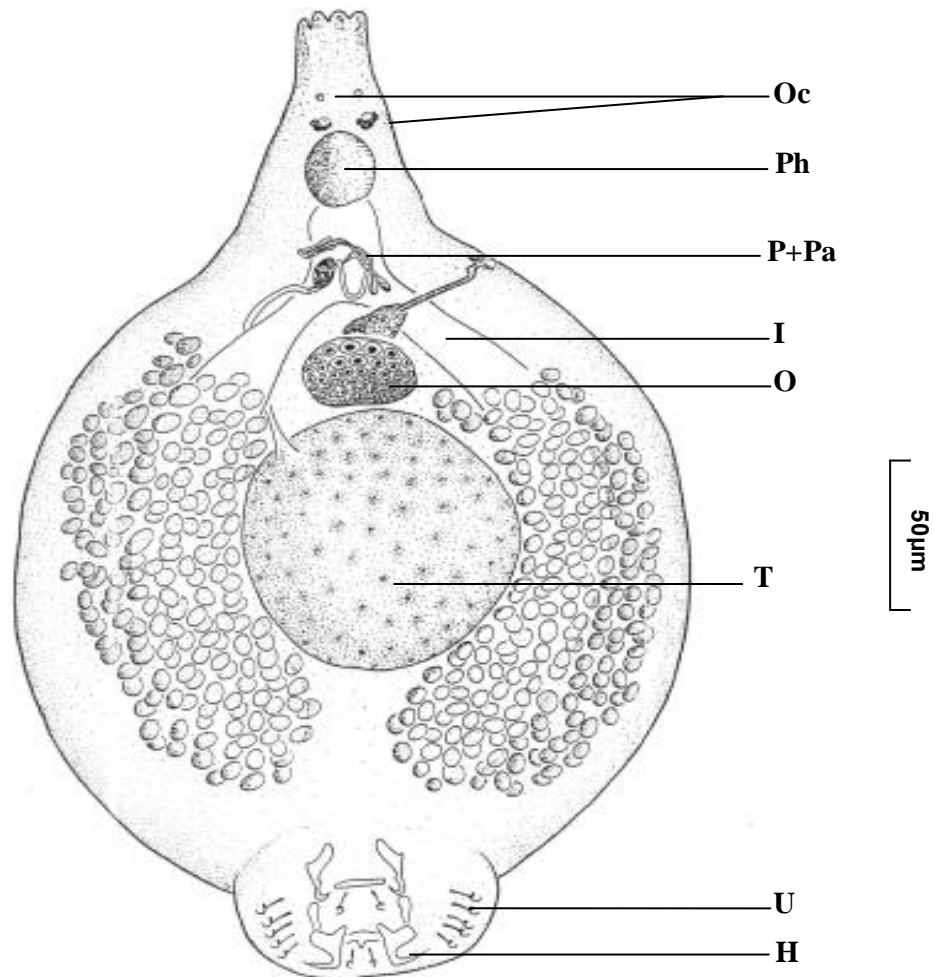
nageoire anale présente 18-22 rayons. La nageoire dorsale adipeuse est importante. Le long de la ligne longitudinale, on compte 24-26 écailles. La ligne latérale est incomplète (Amiet & Nzeyimana 1990, Paugy 1986, Stiassny *et al.* 2007).

### II.1.2.2. Caractéristiques génériques de monogènes parasites de *P. major*

Dans le but de mieux se représenter les espèces parasites dont la distribution est étudiée, nous avons trouvé nécessaire de préciser dans les lignes qui suivent la diagnose des genres auxquels elles appartiennent.

### II.1.3.1. Genre *Characidotrema* Paperna & Thurston, 1968

Dans notre étude, l'unique espèce de ce genre récoltée est *Characidotrema spiropenis* (Annexe 1, Figure 9).



**Figure 9:** Exemple d'un monogène du genre *Characidotrema* Paperna & Thurston, 1968 (Birgi 1988 modifié).

**Légende :** H : Hamulus; I : Intestin; O : Ovaire; Oc : Ocelle P : Pénis; Pa : Pièce accessoire; Ph : Pharynx; T : Testicules; U : Uncinuli.

Le genre *Characidotrema* redécrit par Birgi (1988) se caractérise par la présence d'une cuticule épaisse généralement annelée à l'extrémité postérieure du corps. L'opisthohapteur en cupule ventrale est constitué de deux paires de gripi ou hamuli, deux barres transversales (avec des expansions latérales sur la ventrale) et 14 crochetons. Les deux premières paires de crochetons sont en position antérieure. Les ocelles sont au nombre de quatre et les glandes céphaliques sont bien individualisées. Les taches oculaires postérieures, plus larges, possèdent un cristallin. L'intestin est simple, il présente deux branches se terminant en cul de sac à l'extrémité du corps.

L'appareil reproducteur mâle est constitué d'un testicule médian postérieur et d'un pénis avec pièce accessoire. Le canal déférent entoure la branche digestive gauche. La vésicule séminale est présente ainsi que deux réservoirs prostatiques. L'appareil reproducteur femelle se compose d'un ovaire pré-testiculaire, d'un réceptacle séminal et d'un vagin qui s'ouvre latéralement du côté droit.

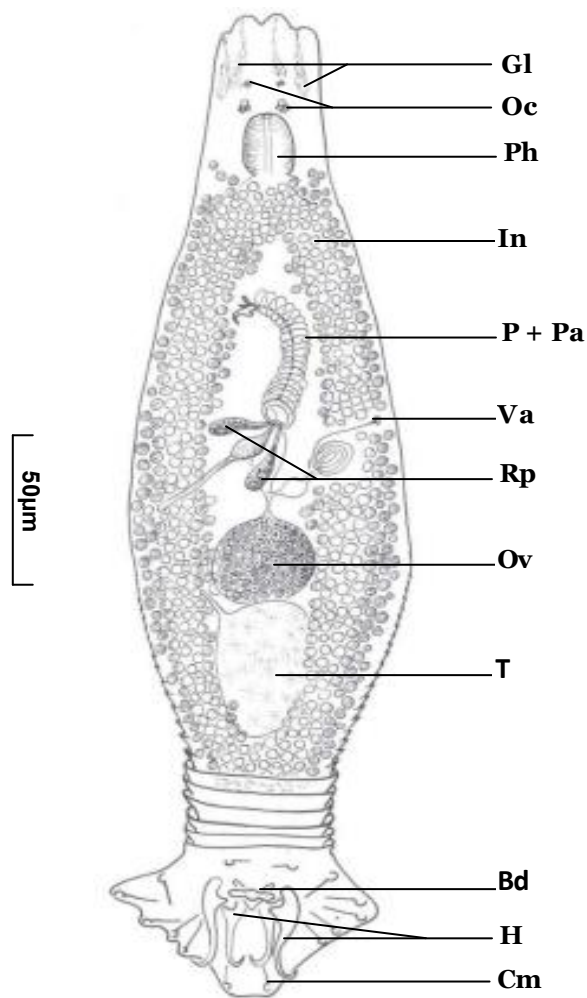
### **II.1.3.2. Genre *Annulotrema* Paperna & Thurston, 1969**

Selon les redescriptions faites par Birgi (1988) et N'Douba *et al.* (1997), les espèces du genre *Annulotrema* présentent quatre taches oculaires ou ocelles (avec deux postérieurs pourvus de cristallin). Le tégument est annelé dans la moitié postérieure du corps.

L'opisthohapteur est constitué de quatre gripi ou hamuli, deux barres transversales et 14 crochetons. Les gripi ventraux sont munis d'une garde et d'un manche généralement en forme de U tandis que pour les gripi dorsaux, la garde et le manche forment généralement un V. Les deux premières paires de crochetons sont les plus petites. Les paires de crochetons III à VII sont munies d'une hampe. Les branches intestinales sont simples et s'unissent postérieurement.

L'appareil reproducteur mâle montre un pénis avec pièce accessoire et un testicule médian postérieur. Le canal déférent gauche n'entoure pas la branche intestinale et les réservoirs prostatiques sont au nombre de deux. L'appareil reproducteur femelle est constitué d'un ovaire pré-testiculaire médian et d'un vagin s'ouvrant latéralement du côté droit. Les espèces de ce genre recensées dans le cadre de cette étude sont *Annulotrema gabrioni* Birgi, 1988 (Annexe 2) et *Annulotrema amieti* Birgi, 1988 (Annexe 3).

L'organisation générale d'un monogène du genre *Annulotrema* est présentée par la figure 10 ci-après.



**Figure 10:** Organisation générale d'un monogène du genre *Annulotrema* Paperna & Thurston, 1969 (Birgi 1988 modifié).

**Légende:** **Bd:** Barre dorsale, **Cm:** Crochet marginal ou Uncinuli, **Gl:** Glande céphalique, **H:** Hamulus, **In:** Intestin, **Oc:** Ocelle, **Ov:** Ovaire, **Pa:** Pièce accessoire du pénis, **Pe:** Pénis, **Ph:** Pharynx, **T:** Testicule, **Va:** Vagin, **Rp:** Réservoir prostatique.

## II.2. Méthodes

### II.2.1. Pêche et conservation des poissons hôtes

Les poissons ont été capturés à l'aide d'une canne-à-pêche ou d'un filet maillant. Une fois sorti de l'eau, une boutonnière d'environ un centimètre a été réalisée en avant de la papille ano-uro-génitale de chaque spécimen. Le poisson a ensuite été immédiatement plongé dans une solution de formol diluée à 8%. Le transport au laboratoire s'est fait dans un seau en plastique hermétiquement fermé.

### II.2.2. Prise des paramètres biométriques

Au laboratoire, le poisson est retiré du formol et déposé dans un récipient contenant de l'eau de robinet. Après l'avoir rincé, il est retiré de l'eau. À l'aide d'une règle graduée au

millimètre près, la longueur totale (distance comprise entre l'extrémité antérieure du museau et l'extrémité de la nageoire caudale) ainsi que la longueur standard (distance comprise entre l'extrémité antérieure du museau et la dernière vertèbre postérieure) du poisson sont mesurées.

### **II.2.3. Détermination du sexe du poisson hôte**

Au niveau de la boutonnière abdominale, deux incisions ont été réalisées à l'aide d'une paire de ciseaux et de pinces à bouts fins : l'une latérale et l'autre longitudinale. Après ouverture de l'abdomen, les gonades visibles ont été prélevées puis déposées dans une boîte de Pétri contenant de l'eau du robinet. L'observation des gonades s'est faite à l'œil nu et/ou sous la loupe binoculaire si nécessaire. Les testicules apparaissent blancs laiteux tandis que les ovaires sont granuleux et de coloration brunâtre.

### **II.2.4. Dissection du système branchial**

L'opercule de chaque côté de la tête est dégagé à l'aide d'une paire de ciseaux. Une fois l'arc branchial bien individualisé, deux incisions (l'une dorsale et l'autre ventrale) ont permis de détacher chaque arc branchial. Les différents arcs branchiaux ont été progressivement prélevés à l'aide d'une pince à bouts fins, et placés dans des boîtes de Pétri étiquetés de 1 à 4, contenant de l'eau de robinet.

### **II.2.5. Recherche, montage et identification des parasites**

Chaque arc branchial a été minutieusement examiné filament par filament sous la loupe binoculaire de marque NOVEL. Le monogène détecté a été détaché à l'aide d'une pince à bouts fins (qui stabilise l'arc branchial) et d'une aiguille montée sur mandrin d'horloger, puis placé dans une gouttelette d'eau préalablement déposée sur une lame porte objet. La préparation a alors été recouverte par une lamelle couvre-objets. L'identification spécifique du monogène s'est faite au microscope optique de marque *Optic Ivymen® System*. La reconnaissance des différentes espèces de monogènes s'est faite par l'observation des pièces sclérifiées du génitalia conformément aux descriptions faites par Birgi (1988).

### **II.2.6. Détermination du statut écologique des parasites**

Dans ce travail le statut écologique d'une espèce sera défini en fonction de la valeur de sa prévalence. Une espèce sera considérée comme principale (fréquente) si sa prévalence (P) est supérieure à 50, secondaire (peu fréquente) si  $10 \leq P \leq 50\%$  et rare (satellite) si  $P < 10\%$  (Koskivaara & Valtonen 1992, Valtonen *et al.* 1997). Quant à l'intensité moyenne ( $I_m$ ), elle sera forte lorsque  $I_m > 100$ , moyenne si  $50 < I_m \leq 100$ , faible si  $10 < I_m \leq 50$  et très faible si  $I_m < 10$  (Bilong Bilong & Njiné 1998).

## II.2.7. Analyse des données

### II.2.7.1. Calcul de la moyenne, de la variance et de l'écart-type

La moyenne, la variance et l'écart-type d'une variable  $x$  de l'échantillon ont été calculés.

- Moyenne :  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$
- Variance :  $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$
- Écart-type :  $S = \sqrt{S^2}$

### II.2.7.2. Tests statistiques

#### ▪ Test de $\chi^2$ (Chi-deux)

Il s'agit d'un test permettant de comparer deux ou plusieurs proportions. La statistique  $\chi^2$  est donnée par la formule suivante :

$$\chi^2 = \sum \frac{(E_o - E_c)^2}{E_c}$$

Avec  $E_o$  et  $E_c$  sont respectivement les effectifs observés et calculés.

Pour un  $\chi^2$  calculé supérieur ou égal à la valeur lue dans la table de  $\chi^2$  avec un risque  $\alpha$  donné et un nombre de degré de liberté (ddl) égal au nombre de classes - 1, la différence entre les diverses distributions est significative (Combes 1989).

#### ▪ Test K (Kruskal - Wallis)

Il s'agit d'un test de comparaison des moyennes de plusieurs échantillons. La formule permettant de calculer K est :

$$K = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^n \frac{(R_i)^2}{n_i} - 3(N+1)$$

Où,  $N$ : Le nombre des effectifs des différents échantillons,

$n_i$ : La taille d'un échantillon  $i$ ,

$R_i$ : La somme des rangs d'un échantillon  $i$ .

Si K calculé est supérieur à la valeur lue sur la table de K pour une probabilité  $\alpha$  donnée, la différence est significative (Combes 1989).

## ▪ Test t de Student

Il s'agit d'un test de comparaison des moyennes de deux échantillons donnés. Soient  $n_1$  et  $n_2$  les tailles de deux échantillons.

Si  $n_1 \geq 30$  et  $n_2 \geq 30$ , on calcule les moyennes  $\bar{x}_1$  et  $\bar{x}_2$  puis leurs variances  $S_1^2$  et  $S_2^2$ .

On fait le rapport :

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Si  $n_1 < 30$  et  $n_2 < 30$ , en raison de la normalisation des données sous forme  $\log(x_0+1)$ , la statistique  $t$  de Student s'écrit :

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\left(\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}\right) \left(\sqrt{\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}\right)}$$

Dans les deux cas, on compare la valeur  $t$  obtenue à celle lue dans la table de Student pour le nombre de degré de liberté (ddl) égal à  $n_1 + n_2 - 2$  et pour un risque  $\alpha$  fixé. Pour  $t$  calculé strictement supérieur à la valeur correspondante lue dans la table de Student, la différence entre les moyennes est significative (Combes 1989).

Les analyses statistiques ont été faites par les logiciels *Statistic* version 2.0 et *Past*. La différence est statistiquement acceptée si  $P < 0,05$ . Autrement dit le degré de sécurité retenu pour les analyses statistiques est de 95%.

### II.2.8. Terminologie

Dans le but de faciliter la compréhension du texte, nous avons jugé utile de définir les termes employés dans ce mémoire.

- **L'abondance moyenne** est le rapport du nombre total d'individus d'une espèce parasite dans un échantillon d'hôtes sur le nombre d'hôtes examinés (Kaouachi *et al.* 2013).
- **L'infracommunauté** est l'ensemble des individus parasites, toutes espèces confondues, rencontrés chez un individu (Combes 1995).
- **L'infrapopulation** est l'ensemble des individus parasites d'une espèce donnée infestant un individu hôte ou un organe donnée (Combes 1995).



- **L'intensité moyenne** ( $I_m$ ) est le rapport du nombre total d'individus d'une espèce parasite dans un échantillon d'hôtes sur le nombre d'hôtes hébergeant cette espèce de parasite (Kaouachi *et al.* 2013).
- **La population** est un ensemble d'individus d'une même espèce capables de se reproduire entre eux (Combes 1995).
- **La prévalence** ( $P$ ) est le rapport entre le nombre d'individus d'une espèce hôte infestés par une espèce de parasite donnée sur le nombre total d'individus de l'espèce hôte examiné. Elle s'exprime en pourcentage (Bush *et al.* 1997).
- **La sex-ratio** est le rapport entre l'effectif des mâles et celui des femelles. elle est généralement voisine de 1 à la naissance (Dajoz 2000).
- **La xénocommunauté** est un ensemble d'individus parasites, toutes espèces confondues, qui infestent une population donnée (Combes 1995).

## **CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION**

### III.1 Résultats

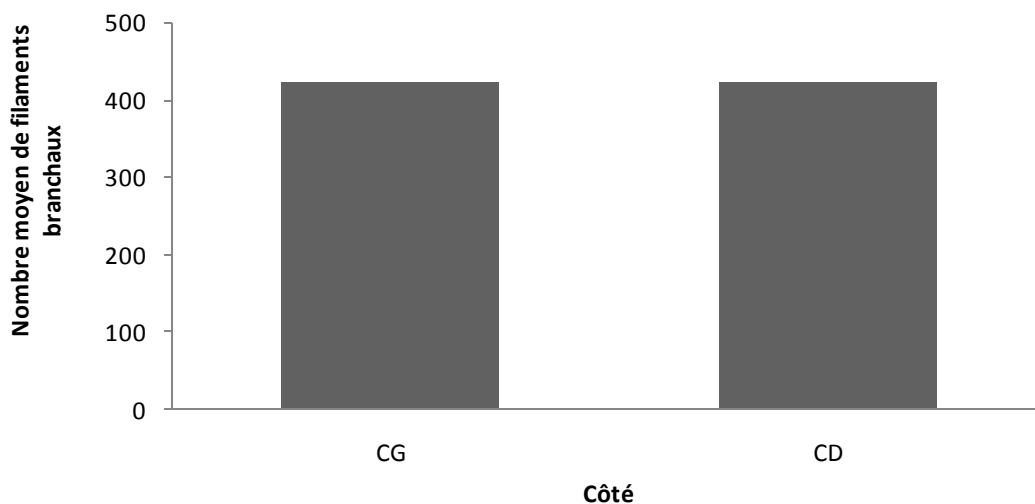
D'avril à septembre 2015, 72 *P. major* ont été capturés et examinés. La longueur standard (LS) a varié de 57 à 89mm. La répartition en fonction du sexe a permis de dénombrer 40 mâles et 32 femelles, soit une sex-ratio de 1,25 en faveur des mâles.

#### III.1.1. Variation du nombre de filaments branchiaux

Pour mener à bien cette étude, trois niveaux de perception ont été retenus : le côté, l'arc et l'hémibranchie.

##### III.1.1.1. Variation du nombre de filaments branchiaux en fonction du côté

Les filaments branchiaux ont semblé plus abondants sur le côté droit du poisson (Figure 11). La comparaison des moyennes inter-côtés montre une différence non significative ( $t = 0,6 < 2$  ;  $ddl = 142$  ;  $p > 0,05$ ).



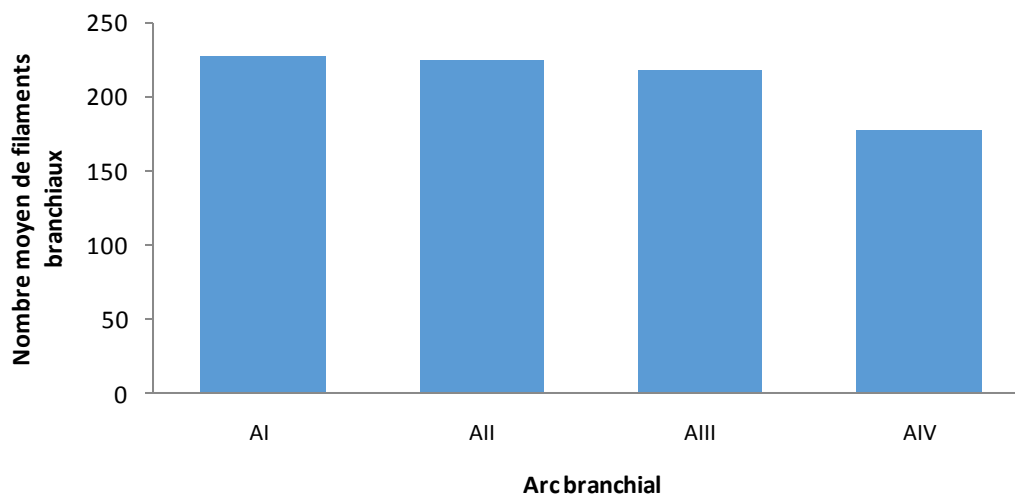
**Figure 11:** Nombre moyen de filaments branchiaux en fonction du côté

**Légende :** CG : Côté gauche ; CD : Côté droit.

En définitive, le système branchial de *P. major* présente une symétrie bilatérale. Le model de variation du nombre de filaments branchiaux à cette échelle est  $CD = CG$ .

##### III.1.1.2. Variation du nombre de filaments branchiaux en fonction de l'arc branchial

La **figure 12** illustre la variation du nombre total moyen de filaments branchiaux à travers le gradient transversal. Ce nombre a diminué progressivement de l'arc I vers l'arc IV. La comparaison des moyennes inter-arcs a donné une différence globalement significative ( $K = 163,1 > 7,81$ ;  $ddl = 3$ ).



**Figure 12:** Variation du nombre moyen de filaments branchiaux en fonction de l'arc branchial.

La comparaison du nombre de filaments des différents arcs pris deux à deux (Tableau 1) a montré que les deux premiers arcs branchiaux ( $A_I$  et  $A_{II}$ ) ont d'une part le même nombre de ces structures ( $P > 0,05$ ) et d'autre part, que chacun d'eux compte plus de filaments que chacun de leurs homologues postérieurs ( $P < 0,05$ ). Il ressort par ailleurs de cette étude que l'arc IV présente statistiquement moins de filaments que les trois autres.

**Tableau 1 :** Résultats du test  $t$  relatifs à la comparaison du nombre total moyen de filaments inter-arcs ; ddl = 142

|           |                         |                        |                         |
|-----------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| $A_{II}$  | 0,7; $P = 0,4946$ ; ns  |                        |                         |
| $A_{III}$ | 3,93; $P = 0,0004$ ; s  | 3,1; $P = 0,0049$ ; s  |                         |
| $A_{IV}$  | 22,97; $P = 0,0000$ ; s | 21,1; $P = 0,0000$ ; s | 17,91; $P = 0,0000$ ; s |
|           | $A_I$                   | $A_{II}$               | $A_{III}$               |

**Légende :** ns : non significatif, s : significatif

Le modèle de variation du nombre de filaments à travers le gradient transversal est donc le suivant :  $A_I = A_{II} > A_{III} > A_{IV}$ .

### III.1.1.3. Variation du nombre de filaments branchiaux en fonction de l'hémibranchie

#### III.1.1.3.1. Sans distinction d'arcs

En ne distinguant pas d'arcs branchiaux, les hémibranchies antérieures ont statistiquement portés plus de filaments que leurs homologues postérieures ( $t = 3,12$ ; ddl = 142;  $P = 0,001$ ). Le modèle de variation est le suivant  $HA > HP$  (Figure 13).



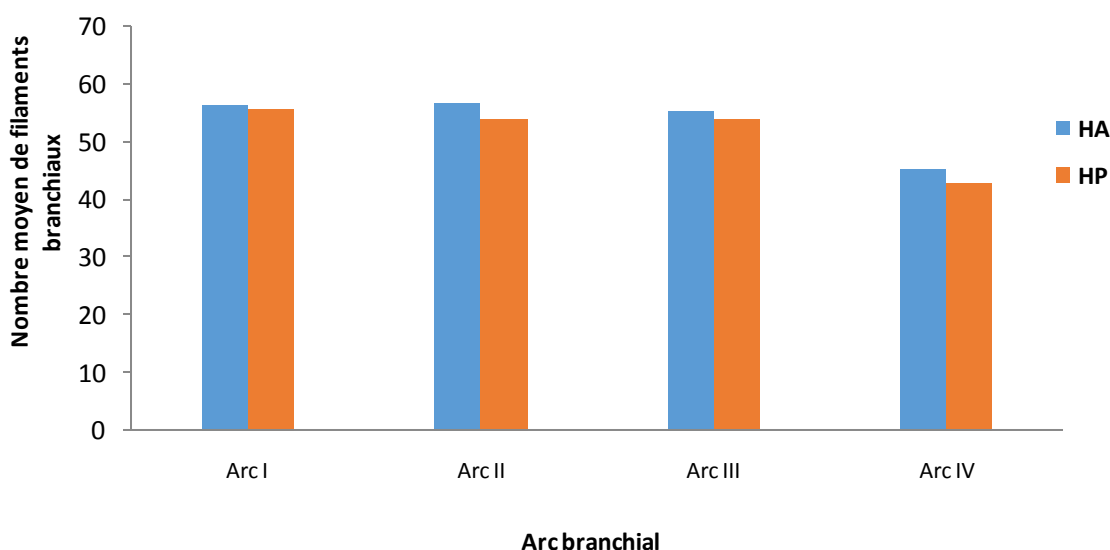
**Figure 13:** Variation du nombre de filaments branchiaux en fonction de l'hémibranchie

**Légende :** **HA** : Hémibranchie antérieure; **HP** : Hémibranchie postérieure

À ce stade de l'étude, il serait utile de savoir si le modèle de variation du nombre moyen des filaments de chaque côté de l'arc branchial respecte le modèle précédemment défini. Cette étude fera l'objet des lignes suivantes.

### III.1.1.3.2. Variation en fonction de chaque arc branchial

Il apparait que pour chaque arc branchial, l'hémibranchie antérieure a hébergé plus de filaments que son homologue postérieur :  $HA < HP$  (Figure 14).



**Figure 14:** Variation du nombre moyen de filaments branchiaux de chaque arc branchial en fonction de l'hémibranchie.

**Légende :** **HA** : Hémibranchie antérieure; **HP** : Hémibranchie postérieure

La comparaison des moyennes inter-hémibranchies a donné les valeurs suivantes :  $t = 2,12$  ( $A_I$ ),  $t = 2,69$  ( $A_{II}$ ),  $t = 2,50$  ( $A_{III}$ ) et  $t = 2,99$  ( $A_{IV}$ );  $P < 005$  (Annexe 4). Quel que soit l'arc considéré le modèle de variation des filaments branchiaux est calqué sur le modèle général :  $HA > HP$ .

La comparaison des nombre des filaments de toutes les hémibranchies du système branchial de *P. major* prise deux à deux (Tableau 2) a permis de ressortir le model suivant :  $HA_1 = HA_2 = HP_1 = HP_2 = HA_3 > HP_3 > HA_4 > HP_4$ .

**Tableau 2** : Résultats du test  $t$  de Student relatif à la comparaison des nombres moyens des filaments branchiaux inter-hémibranchies; ddl = 142.

|                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| HP <sub>1</sub> | 2,12; s         |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| HA <sub>2</sub> | 0,33; ns        | 1,72; ns        |                 |                 |                 |                 |                 |
| HP <sub>2</sub> | 3,13; s         | 0,99; ns        | 2,69; s         |                 |                 |                 |                 |
| HA <sub>3</sub> | 3,60; s         | 1,19; ns        | 3,08; s         | 0,13; ns        |                 |                 |                 |
| HP <sub>3</sub> | 5,91; s         | 3,47; s         | 5,31; s         | 2,43; s         | 2,50; s         |                 |                 |
| HA <sub>4</sub> | 24,42; s        | 19,60; s        | 22,44; s        | 18,01; s        | 19,98; s        | 15,75; s        |                 |
| HP <sub>4</sub> | 23,61; s        | 19,76; s        | 22,13; s        | 18,41; s        | 19,89; s        | 16,38; s        | 2,99; s         |
|                 | HA <sub>1</sub> | HP <sub>1</sub> | HA <sub>2</sub> | HP <sub>2</sub> | HA <sub>3</sub> | HP <sub>3</sub> | HA <sub>4</sub> |

**Légende** : **HA** : Hémibranchie antérieure; **HP** : Hémibranchie postérieure ; **ns** : Non significatif ;  
**s** : Significatif

Il ressort de cette étude que le système branchial de *P. major* est hétérogène. En effet, le nombre de filaments branchiaux n'est pas uniformément reparti sur les gradients transversal et latéral.

Un autre aspect non négligeable de l'hétérogénéité du système branchial des poissons concerne le profil de variation du nombre de filaments branchiaux avec le temps. Les différents modèles précédemment obtenus sont-ils statiques ou dynamiques? Cette étude permettra de savoir si le système branchial de *P. major* subit des modifications au fur et à mesure que ce Téléostéen grandit.

### III.1.2. Évolution du nombre de filaments branchiaux en fonction de la taille du poisson

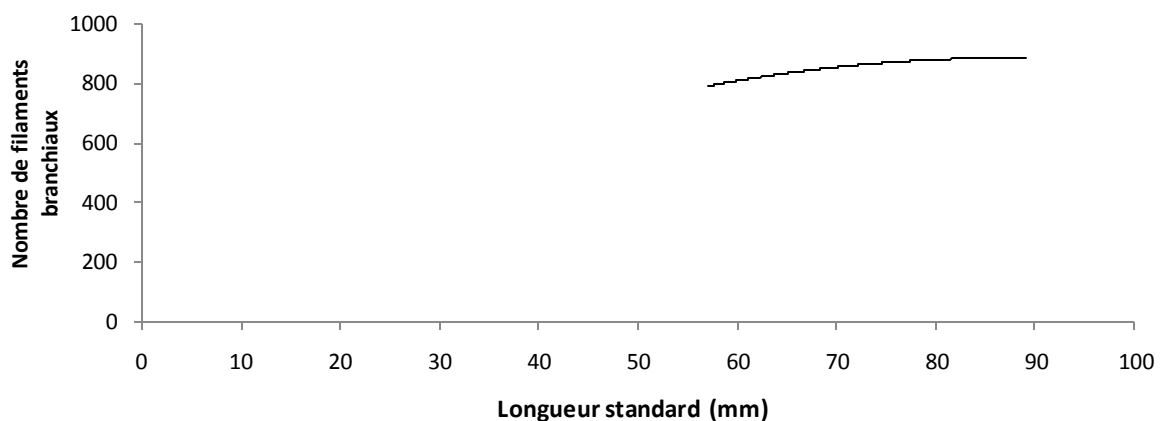
Cette étude sera premièrement menée à l'échelle de l'individu et ensuite suivant les trois niveaux de perception considérés dans la première partie des résultats. Pour chaque niveau de perception, il sera question de déterminer comment varie le nombre de filaments branchiaux avec la longueur standard du poisson.

#### III.1.2.1. Évolution du nombre de filaments branchiaux total en fonction de la longueur standard

Le nombre total de filaments branchiaux a progressivement augmenté avec la taille de *P. major* (Figure 15). En effet, ce nombre a rapidement évolué pour des spécimens de longueur standard  $\leq 70$  mm. Au-delà de cette taille la croissance du nombre de ces structures a été lente et s'est stabilisée à l'âge adulte (LS > 70mm). L'équation polynomiale d'ordre 2 qui traduit cette évolution est la suivante :

$$Y = -0,101LS^2 + 17,61LS + 115,8 ; R^2 = 0,320.$$

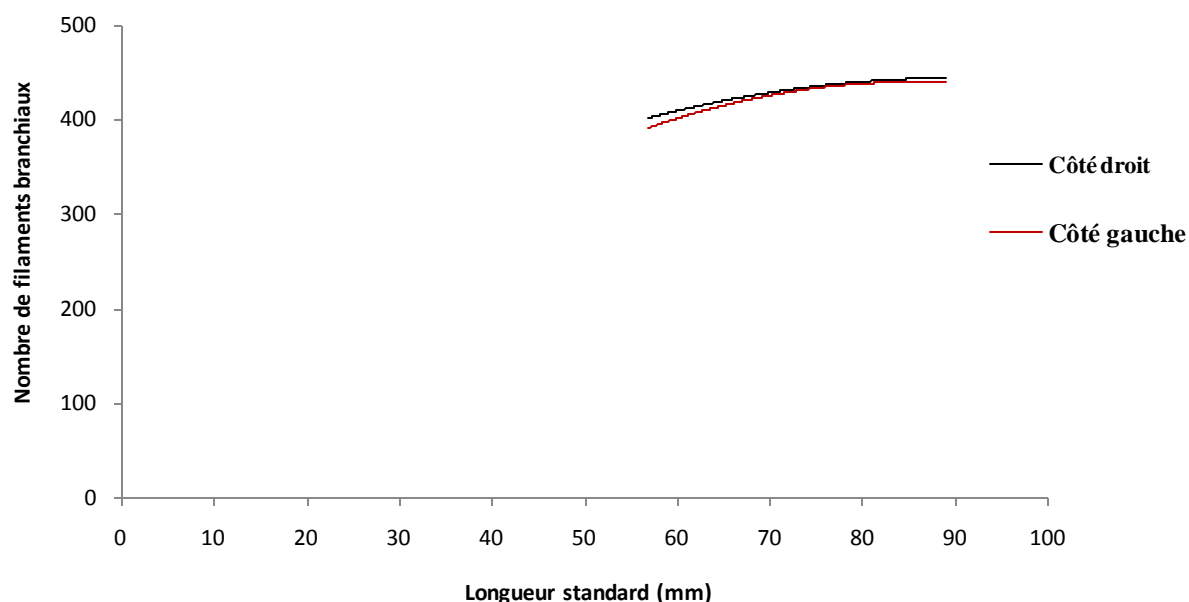
La valeur de  $R^2 = 0,32$  permet de penser que le nombre de filaments branchiaux de *P. major* est fonction de sa taille. Il en ressort que 80% des filaments du système branchial de ce Téléostéen se mettent en place avant que la taille du poisson n'atteigne 70 mm.



**Figure 15:** Évolution du nombre total de filaments branchiaux du poisson en fonction de la longueur standard.

#### III.1.2.2. Évolution du nombre de filaments branchiaux d'un côté du poisson en fonction de la longueur standard

Les filaments branchiaux du côté gauche de *P. major* ont été moins nombreux comparé à ceux du côté droit jusqu'à LS < 68mm (figure 16). Au delà de cette taille, ce nombre est resté similaire sur les deux côtés du poisson.



**Figure 16:** Évolution du nombre de filaments branchiaux d'un côté du poisson en fonction de sa taille.

La symétrie bilatérale de *P. major* n'est pas parfaite au début de sa vie à cause du déséquilibre du nombre de filaments branchiaux à travers ses deux côtés. Il s'agit néanmoins d'un phénomène temporaire; en effet, une fois que l'équilibre est atteint la symétrie bilatérale s'observe jusqu'à l'âge adulte.

Les équations polynomiales d'ordre 2 qui décrivent ces deux profils d'évolution sont les suivantes:

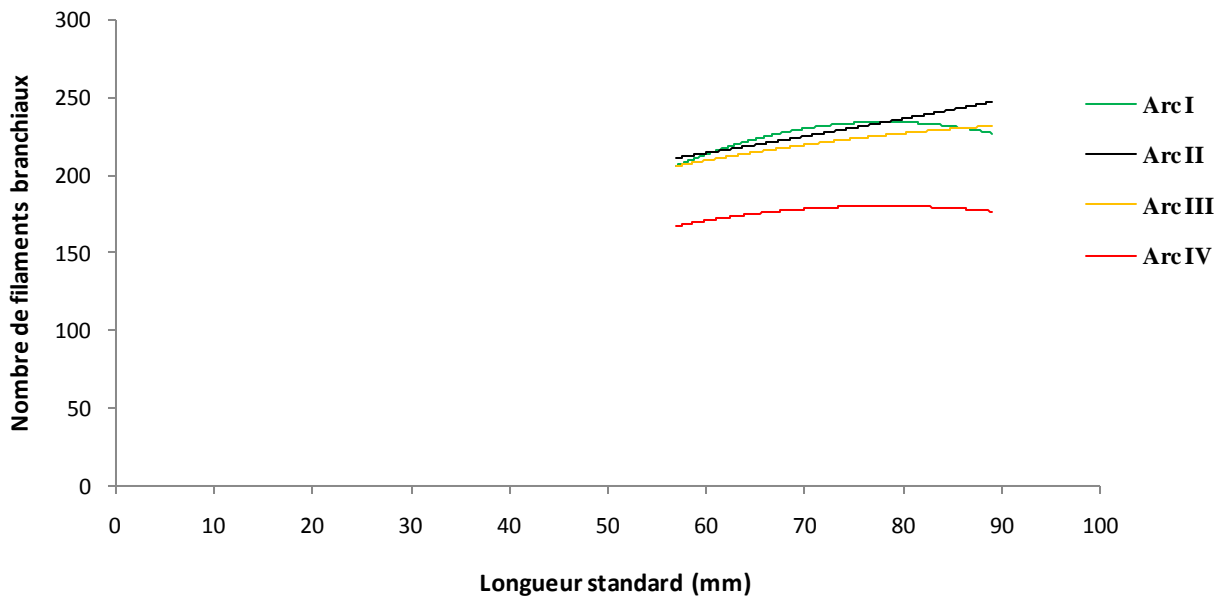
$$\text{Côté droit : } Y = -0,0392LS^2 + 7,0558LS + 125,94 ; R^2 = 0,2373$$

$$\text{Côté gauche : } Y = -0,0618LS^2 + 10,558LS - 10,081 ; R^2 = 0,2852.$$

### III.1.2.3. Évolution du nombre de filaments branchiaux d'un arc en fonction de la taille du poisson

Le nombre de filaments de chaque arc branchial a augmenté avec la taille de *P. major* (Figure 17). Tout au long de la vie de *P. major* et quelle que soit la taille considérée, le nombre de filaments branchiaux a évolué dans le sens antéro-postérieur. En effet, les deux premiers arcs ont toujours porté le plus grand nombre de ces éléments excepté à l'âge adulte où leur nombre a été plus élevé sur l'arc III que sur l'arc I. Par ailleurs, l'arc IV a toujours porté moins de filaments.





**Figure 17:** Évolution du nombre de filaments branchiaux d'un arc branchial en fonction de la taille du poisson

Hormis les arcs I et II, le nombre des filaments branchiaux inter-arcs est statistiquement différent ( $P < 0,05$ ; test  $t$ ). Les équations polynomiales d'ordre 2 qui décrivent le profil d'évolution du nombre de filaments branchiaux par holobranchie sont regroupées dans le tableau 3.

**Tableau 3:** Équations de croissance du nombre de filaments total d'une holobranchie en fonction de la taille de *Phenacogrammus major*

| Arc              | Équation   |
|------------------|--|
| A <sub>I</sub>   | $Y = -0,0616LS^2 + 9,6371LS - 142,47$ ; $R^2 = 0,267$  |
| A <sub>II</sub>  | $Y = 0,003LS^2 + 0,6705LS + 163,8$ ; $R^2 = 0,2826$    |
| A <sub>III</sub> | $Y = -0,0125LS^2 + 2,6228LS + 96,868$ ; $R^2 = 0,2016$ |
| A <sub>IV</sub>  | $Y = -0,03LS^2 + 4,6838LS - 2,3407$ ; $R^2 = 0,073$    |

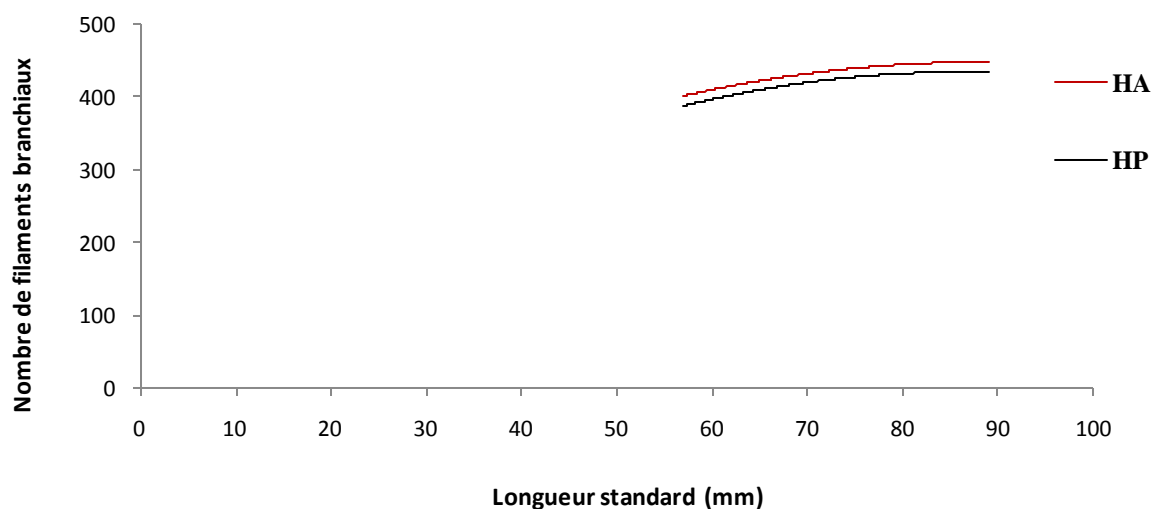
La valeur du coefficient de détermination de l'arc II ( $R^2 = 0,2826$ ) indique que l'évolution des filaments branchiaux a été mieux corrélée à la taille du poisson. D'autre part la valeur du coefficient de détermination de l'arc IV ( $R^2 = 0,073$ ) indique que le nombre de ses filaments branchiaux a évolué lentement avec la taille de *P. major* de la rivière Akono à Binguela.

Toutefois, les spécimens de grande taille ont toujours présenté un nombre élevé de filaments branchiaux.

### III.1.2.4 - Variation du nombre total moyen de filaments d'une hémibranchie en fonction de la taille du poisson

#### III.1.2.4.1 – Étude sans distinction d'arcs

Le nombre total moyen de filaments d'une hémibranchie a augmenté en fonction de la taille du poisson (Figure 18). Quelle que soit la taille de *P. major*, l'hémibranchie antérieure a présenté plus de filaments que l'hémibranchie postérieure.



**Figure 18:** Variation du nombre total de filaments d'une hémibranchie en fonction de la taille du poisson.

**Légende :** **HA** : Hémibranchie antérieure, **HP** : Hémibranchie postérieure.

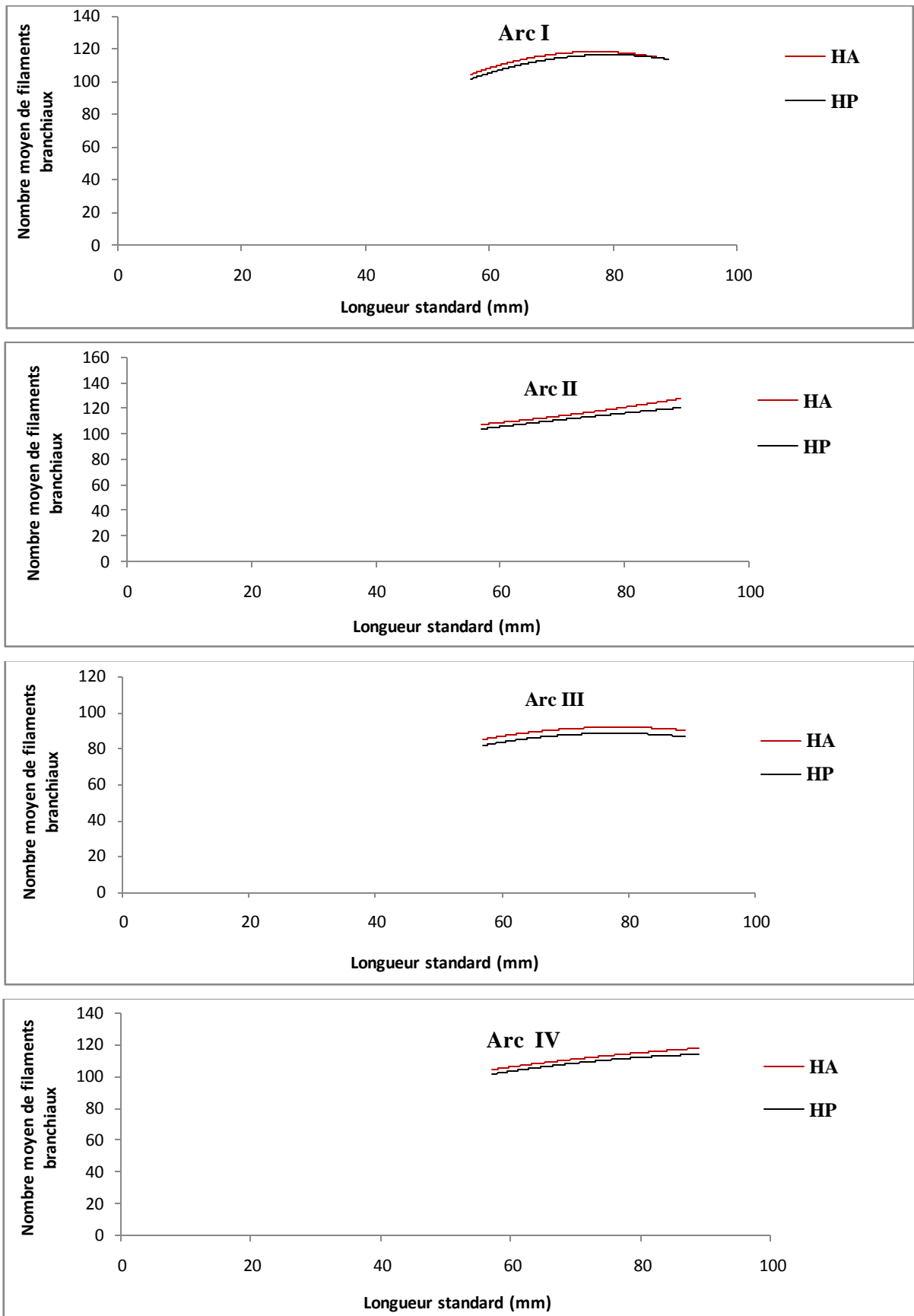
La variation du nombre de filaments avec l'âge du poisson s'est faite selon les équations polynomiales ci-après :

$$\text{Hémibranchie antérieure : } Y = -0,0467LS^2 + 8,2529LS + 83,986 ; R^2 = 0,3983$$

$$\text{Hémibranchie postérieure : } Y = -0,0543LS^2 + 9,3613LS + 31,876 ; R^2 = 0,2351.$$

#### III.1.2.4.2 – Étude en fonction de l'arc branchial

Il ressort de la figure 19 que la variation du nombre moyen de filaments d'une hémibranchie de chaque arc est calquée sur le modèle globale (sans distinction d'arc). Une petite particularité a été observée au niveau de l'arc II. En effet, chez les poissons adultes, le nombre des filaments branchiaux des deux hémibranchies de cet arc ont été identiques.



**Figure 19:** Évolution du nombre moyen de filaments d'une hémibranchie de chaque arc en fonction de la taille du poisson.

**Légende :** HA : Hémibranchie antérieure, HP : Hémibranchie postérieure.

L'évolution du nombre de filaments par arc branchial en fonction de l'hémibranchie se traduit par les équations polynomiales du Tableau 4.

**Tableau 4** : Équations de croissance du nombre de filaments par hémibranchie en fonction de la taille de *Phenacogrammus major*

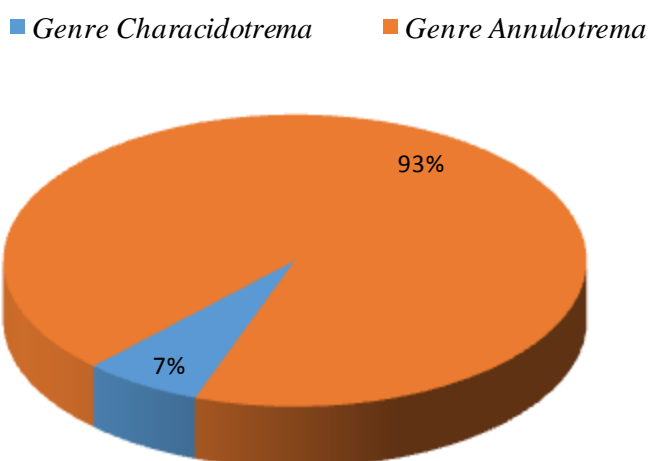
| Arc        | hémibranchie | Équation   |
|------------|--------------|--|
| <b>I</b>   | HA           | $Y = -0,033LS^2 + 5,0904LS - 78,208 ; R^2 = 0,2682$  |
|            | HP           | $Y = -0,0286LS^2 + 4,5467LS - 64,258 ; R^2 = 0,2264$ |
| <b>II</b>  | HA           | $Y = 0,0052LS^2 - 0,1583LS + 99,725 ; R^2 = 0,3434$  |
|            | HP           | $Y = -0,0022LS^2 + 0,8287LS + 64,076 ; R^2 = 0,2077$ |
| <b>III</b> | HA           | $Y = -0,0045LS^2 + 1,0595LS + 59,087 ; R^2 = 0,1073$ |
|            | HP           | $Y = -0,0079LS^2 + 1,5633LS + 37,781 ; R^2 = 0,1627$ |
| <b>IV</b>  | HA           | $Y = -0,0144LS^2 + 2,2612LS + 3,3823 ; R^2 = 0,0893$ |
|            | HP           | $Y = -0,0155LS^2 + 2,4226LS - 5,723 ; R^2 = 0,0499$  |

**Légende** : **HA** : Hémibranchie antérieure, **HP** : Hémibranchie postérieure.

En définitive, cette étude a montré que le système branchial de *P. major* est hétérogène car d'une part le nombre de filaments branchiaux n'est uniformément reparti ni à travers les différents arcs, ni à travers les différentes hémibranchies et d'autre part ce système se modifie avec la taille (LS) du poisson. Cette hétérogénéité aurait-elle un impact sur la distribution des parasites dans ce biotope ?

### III.1.3 – Distribution des monogènes dans la population hôte échantillonnée

Dans le cadre de cette étude, 72 poissons ont été capturés et examinés. Seuls 02 se sont montrés indemnes de tout monogène. Les 70 autres ont hébergé un total de 3109 helminthes appartenant à six espèces : 204 *Characidotrema spiropenis*, 1735 *Annulotrema amieti*, 952 *Annulotrema gabrioni*; 74 *Annulotrema* sp. 1; 85 *Annulotrema* sp. 2 et 60 *Annulotrema* sp. 3. Le nombre de parasites par poisson infesté a varié de 5 à 153. L'effectif total d'individus recensés par genres est de : 204 *Characidotrema* et 2905 *Annulotrema*. Ces effectifs correspondent aux proportions représentées par la figure 20.



**Figure 20:** Proportions par genre des monogènes parasites branchiaux de *Phenacogrammus major* de la rivière Akono à Binguéla

Cette figure relève la présence majoritaire des représentants du genre *Annulotrema*.

#### II.1.4 – Statut écologique de chaque espèce parasite

Les valeurs de la prévalence, l'intensité et l'abondance moyennes des monogènes branchiaux de *P. major* sont résumées dans le tableau 5.

**Tableau 5 :** Prévalence, intensité d'infestation et abondance moyennes des monogènes parasites branchiaux de *P. major* de la localité de Binguéla.

| Espèce parasite                  | Prévalence | Intensité moyenne (S) | Abondance moyenne (S) |
|----------------------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Characidotrema spiropenis</i> | 56,94 %    | 4,98 (5,19)           | 2,83 (4,62)           |
| <i>Annulotrema amieti</i>        | 93,06 %    | 25,97 (21,36)         | 24,17 (21,65)         |
| <i>Annulotrema gabrioni</i>      | 84,72 %    | 15,52 (10,57)         | 13,15 (11,23)         |
| <i>Annulotrema</i> sp. 1         | 37,5 %     | 2,59 (1,72)           | 0,97 (1,64)           |
| <i>Annulotrema</i> sp. 2         | 38,89 %    | 3,04 (2,06)           | 1,18 (1,96)           |
| <i>Annulotrema</i> sp. 3         | 33,33 %    | 2,5 (1,35)            | 0,83 (1,41)           |

**Légende :** S : erreur standard

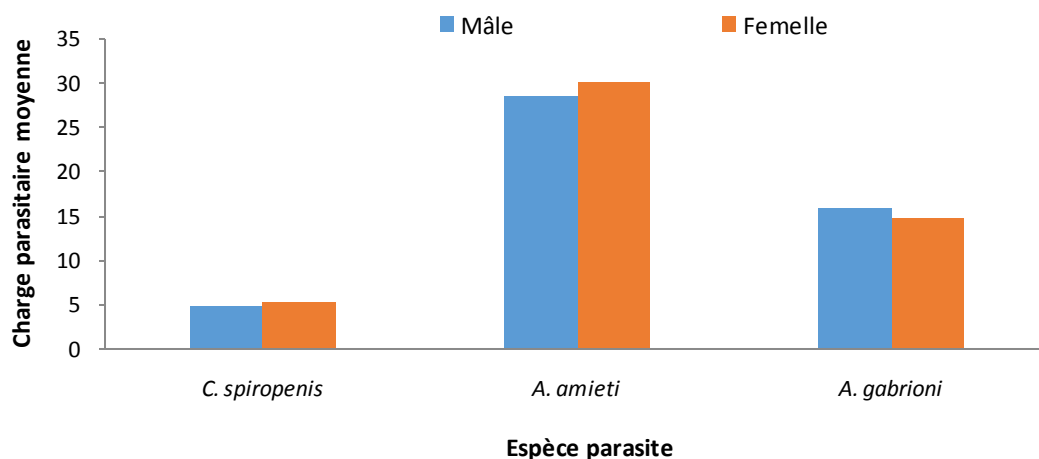
Sur la base des prévalences, il apparaît que: *A. amieti*, *A. gabrioni* et *C. spiropenis* sont des espèces core (principales ou très fréquentes) alors que *Annulotrema* sp. 1, *Annulotrema* sp. 2 et *Annulotrema* sp. 3 sont des espèces secondaires (peu fréquentes). L'intensité moyenne d'infestation a été faible chez *A. amieti* et *A. gabrioni* mais très faible chez *C. spiropenis*, *Annulotrema* sp. 1, *Annulotrema* sp. 2 et *Annulotrema* sp. 3. La variation des abondances

parasitaires moyennes est calquée sur celle des intensités moyennes. La considération des variances a montré que toutes ces espèces ont adopté une distribution agrégative ( $S^2 > Im$ ).

Les résultats obtenus ne nous permettent pas de mener l'étude des relations hôte/parasites avec toutes les espèces de monogènes récoltées. *Annulotrema* sp. 1, *Annulotrema* sp. 2 et *Annulotrema* sp. 3 étant peu fréquentes et en nombre très réduit, leur présence très sporadique rend leur contribution très négligeable dans cette étude. Pour la suite du travail, il ne sera retenu que les espèces apparaissant en fréquence et en nombre suffisant, en l'occurrence *C. spiropenis*, *A. amieti* et *A. gabrioni*.

### III.1.5. Parasitisme en fonction du sexe de *Phenacogrammus major*

La Figure 21 présente les charges parasitaires moyennes des diverses espèces de monogènes chez les mâles et les femelles.



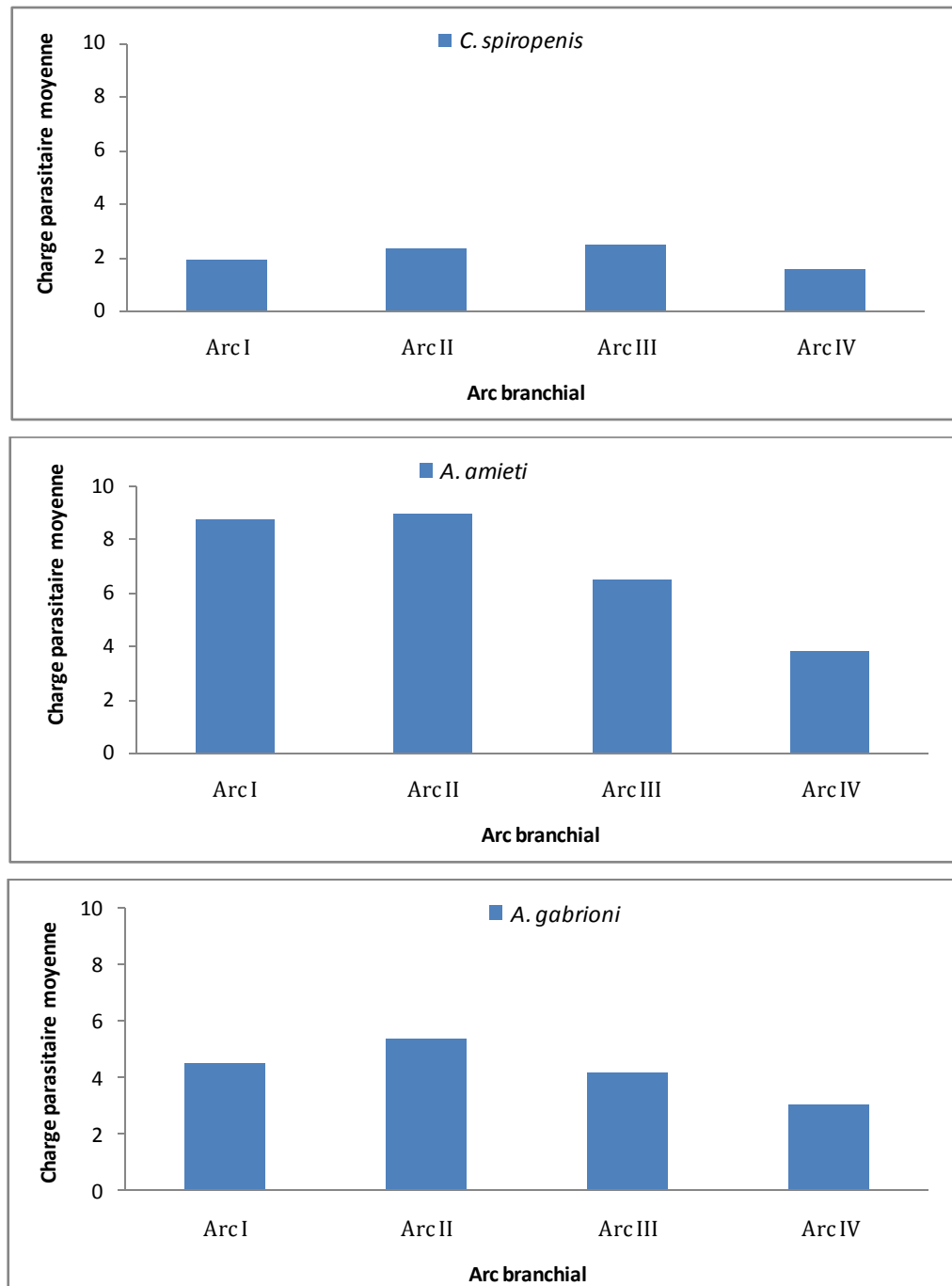
**Figure 21:** Variation de la charge parasitaire moyenne en fonction du sexe du poisson

Bien que *C. spiropenis* et *A. amieti* soient plus concentrés chez les femelles, et que *A. gabrioni* soit plus fréquent chez les mâles ; le test *t* a donné à chaque fois une différence non significative ( $P > 0,05$  ; test de *t*). De ce fait, le sexe de l'hôte n'a donc aucune influence sur la répartition des monogènes branchiaux de *P. major* de la rivière Akono à Binguéla (annexe 5).

### III.1.6. Parasitisme en fonction de l'arc branchial

Les charges parasitaires moyennes des trois espèces en fonction de l'arc branchial sont résumées sur la figure 22. *C. spiropenis* s'est plus accumulé sur les arcs II et III. *A. amieti* quant à lui a été statistiquement plus concentré sur l'arc II ( $K = 29,4 > 7,81$ ; ddl = 3). La charge parasitaire de *A. gabrioni* a été statistiquement plus élevée sur la deuxième paire d'arc branchial ( $K = 11,08 > 7,84$ ; ddl = 3). Dans l'ensemble, quelle que soit l'espèce parasite considérée la comparaison des charges parasitaires des arcs pris deux à deux a donné des différences

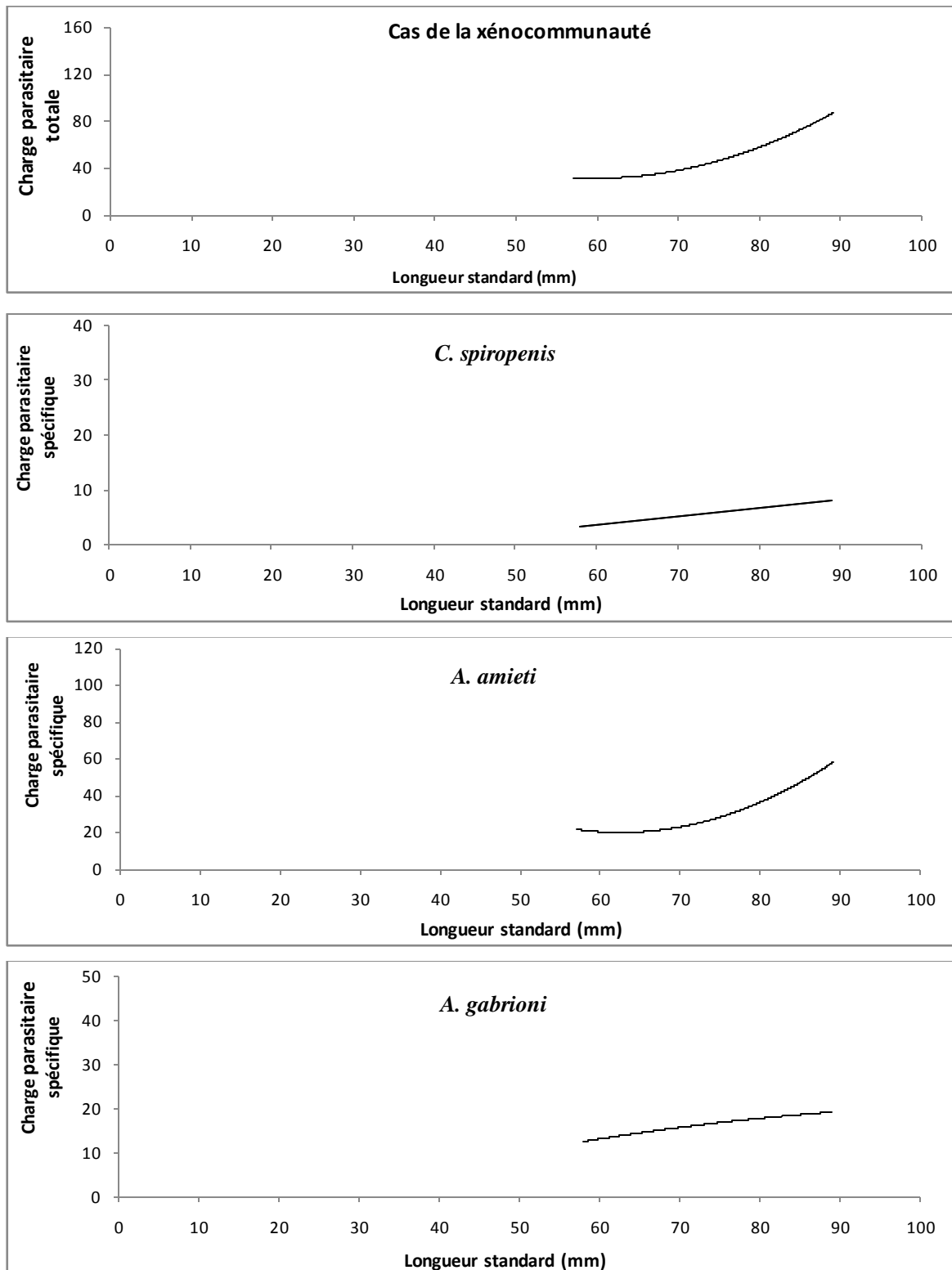
significatives ( $P < 0,05$ ) entre l'arc IV et chacun de ses homologues antérieurs. En d'autres termes, l'arc branchial IV qui porte le plus petit nombre de filaments est également celui qui héberge le plus petit nombre de parasites.



**Figure 22:** Variation de la charge parasitaire moyenne en fonction de l'arc branchial

### III.1.7. Parasitisme en fonction de la taille de *Phenacogrammus major*

Les parasites ont infesté les poissons de toutes les tailles. La charge parasitaire de la xénocommunauté ainsi que celles de *C. spiropenis*, *A. amieti* et *A. gabrioni* ont augmenté avec la taille du poisson (Figure 23).



**Figure 23 :** Variation de la charge parasitaire en fonction de la taille du poisson.

Il en ressort que les charges parasitaires totale et spécifique augmentent avec la taille du poisson. Ceci permet de conclure que les spécimens de *P. major* de grande taille hébergent plus de parasites. Toutefois, les résultats obtenus ne permettent pas de préciser à quelle taille *P. major* est plus vulnérable à l'action de ces parasites.



### III.2 – DISCUSSION

La première partie de ce travail visait à étudier la variation du nombre de filaments branchiaux de *Phenacogrammus major* en fonction du côté, de l'arc branchial et de l'hémibranchie. Cette démarche est une étape essentielle dans l'étude de l'hétérogénéité du système branchial des poissons.

Il ressort de cette étude que le système branchial de ce Téléostéen présente une symétrie bilatérale car les deux côtés ont hébergé le même nombre de filaments. Par une méthodologie identique à la notre, Tombi *et al.* (2016) ont fait le même constat chez le Téléostéen *Barbus camptacanthus*. D'autres études qui en plus du nombre de filaments branchiaux ont tenu compte de la surface branchiale, ont obtenu des résultats similaires. C'est le cas des travaux de Caltran & Silan (1996), Bilong Bilong *et al.* (1999) et Bilong Bilong & Tombi (2004) respectivement effectués sur le système branchial de *Liza ramada*, *Hemichromis fasciatus* et *Barbus martorelli*. Nos observations confirment la conclusion faite par Bilong Bilong (1995) et Silan & Le Pommelet (1995) selon laquelle le système branchial des Téléostéens est pourvu d'une symétrie bilatérale.

Le nombre total moyen de filaments branchiaux à travers le gradient transversal de *P. major* a varié selon le modèle  $A_I = A_{II} > A_{III} > A_{IV}$ . Quelques modèles de variation de ce nombre ont été établis par d'autres auteurs. Les études faites sur *Hemichromis fasciatus* ont signalé le modèle  $A_{II} > A_{III} = A_I > A_{IV}$  (Bilong Bilong *et al.* 1999). Chez *B. martorelli*, le modèle établi a été  $A_{II} > A_I = A_{III} > A_{IV}$  (Bilong Bilong & Tombi 2004). Tombi *et al.* (2016) ont obtenu chez *B. camptacanthus* le modèle  $A_I > A_{II} > A_{III} > A_{IV}$ . Dans tous les cas, l'arc branchial IV a toujours présenté le plus petit nombre de filaments. À ce stade de l'étude, il devient évident que le système branchial de *P. major* est hétérogène. Il découle du modèle obtenu que les filaments branchiaux de cet Alestidea ne soient pas uniformément repartis à travers le gradient transversal.

Suivant le gradient latéral, le nombre de filaments branchiaux a diminué selon le modèle:  $HA_1 = HA_2 = HP_1 = HP_2 = HA_3 > HP_3 > HA_4 > HP_{IV}$ . Par ailleurs, quel que soit l'arc branchial considéré, l'hémibranchie antérieure a hébergé plus de filaments que son correspondant postérieur. Chez *B. camptacanthus*, la variation du nombre de filaments inter-hémibranchies a obéi au modèle  $HA_1 > HA_2 = HP_1 = HP_2 = HA_3 > HP_3 > HA_4 < HP_4$  (Tombi *et al.* 2016). Sur *B. martorelli*, bien que le nombre moyen des filaments de l'arc I soit identique entre ses deux faces, Bilong Bilong & Tombi (2004) ont remarqué qu'à l'échelle de l'hémibranchie, la face antérieure de chacun des trois autres arcs a toujours porté plus de filaments que la postérieure selon le modèle :  $A_2 > A_3 > P_1 = A_1 > P_2 > A_4 = P_3 > P_4$ . D'autres modèles ont été trouvés dans les travaux

antérieurs en fonction de l'espèce de poisson étudiée: Silan *et al.* (1987) sur *D. labrax*; Caltran & Silan (1996) sur *Liza ramada* et Bilong Bilong *et al.* (1999) sur *Hemichromis fasciatus*. Quel que soit le modèle considéré, l'hémibranchie postérieure a toujours été plus petite. La répartition des filaments branchiaux à travers le gradient latéral de *P. major* est aussi révélatrice de l'hétérogénéité de ce biotope. Ces structures ne sont toujours pas uniformément réparties entre les deux faces de chaque arc.

L'objectif de la deuxième partie de cette étude était d'étudier le profil de variation du nombre de filaments branchiaux en fonction de la taille de *P. major*. Cette étude a été menée à l'échelle de l'individu, du côté, de l'arc branchial et de l'hémibranchie. À chaque fois, le nombre de filaments branchiaux a augmenté avec la taille du poisson. Les observations faites sur le système branchial de *B. camptacanthus* ont signalé le même phénomène (Tombi *et al.* 2016). Bilong Bilong & Tombi (2004) ont observé une croissance progressive du nombre total moyen et par hémibranchie des filaments branchiaux avec la taille de *B. martorelli*. De même, le nombre total de ces structures a évolué de manière croissante avec la longueur standard de *Liza ramada* (Caltran & Silan 1996). Selon Silan *et al.* (1987), le système branchial de *Dicentrarchus labrax* se met en place progressivement. Un tel constat a également été fait par Bilong Bilong (1995), Silan & Le Pommelet (1995) et Caltran & Silan (1996) sur d'autres espèces de poisson. Il ressort du présent travail que le système branchial de *P. major* se modifie au fur et à mesure qu'il grandit.

Le système branchial de *P. major* a hébergé 3109 monogènes appartenant à six espèces. Il s'agit de *Characidotrema spiropenis*, Birgi, 1988; *Annulotrema amieti*, Birgi, 1988; *Annulotrema gabrioni*, Birgi, 1988; *Annulotrema* sp. 1; *Annulotrema* sp. 2 et *Annulotrema* sp. 3. En Afrique, des travaux antérieurs ont mis en évidence divers cas de parasitisme plurispécifique. Au Tchad, Birgi (1987) a dénombré la présence de quinze espèces de monogènes sur les branchies de *Brycinus nurse*. Au Cameroun, Tombi *et al.* (2016) ont signalé la présence de trois espèces de monogènes monopisthocotylea sur le système branchial de *B. camptacanthus*. De même, l'infestation des branchies de *Oreochromis niloticus* par *Cichlidogyrus thurstonae*, *C. halli*, *C. tilapiae* et *Scutogyrus longicornis* a été rapportée par Tombi *et al.* (2014). Des observations similaires ont aussi été faites par Tombi & Bilong Bilong (2004) et Nack & Bilong Bilong (2007) chez *Barbus martorelli* et *Clarias camerunensis* respectivement. L'examen des branchies de *Mormyrus rume* capturée dans le lac de retenue d'Ayamé I en Côte d'Ivoire, a révélé la présence de trois monogènes du genre *Bouixella* (Blahoua *et al.* 2009). Au Maroc, El Hafidi *et al.* (2013) ont décrit trois espèces de monogènes sur le système branchial de *Mugil cephalus*. Le polyparasitisme a également été mentionné ailleurs qu'en Afrique. Au Brésil, les travaux de Yamada *et al.* (2009) sur *Satanoperca pappaterra*, *Crenicichla niederleinii* et *C.*

*britskii* ont révélé la présence de plusieurs espèces de monogènes Dactylogyridea. Les Branchies de *Salminus hilarii* de la rivière Paranapanema au Brésil sont parasitées par *Anacanthorus contortus*, *A. bicuspidatus*, *Annulotrematoides parisellei*, *Jainusio censis*, *Tereancis trumarcuatus*, *A. franciscanus* et *A. brevicirrus* (Brandao *et al.* 2013). L'observation sur les branchies de *P. major* du parasitisme plurispécifique habituellement expliqué par l'existence des vides écologiques dans un écosystème (Tombi 2005), nous autorise à conclure que ce biotope présenterait plusieurs niches vacantes. En effet, c'est l'une des conditions qui favorise la coexistence d'espèces taxonomiquement proches (Lim 1990).

Toutes les espèces parasites recensées dans le cadre de cette étude ont adopté une distribution agrégative sauf *Annulotrema* sp. 3. Tombi & Bilong Bilong (2004) ont observé une distribution agrégative de *Dactylogyrus bopeleti*, *D. insolitus*, *D. simplex* et *D. maillardi* ectoparasites branchiaux de *Barbus martorelli*. De même, Tombi *et al.* (2014) ont signalé la surdispersion de *Cichlidogyrus thurstonae*, *C. halli*, *C. tilapiae* et *Scutogyrus longicornis* chez *Oreochromis niloticus* de la station piscicole de Mélen. Il ressort des travaux de Anderson & Gordon (1982) que les contacts hétérogènes entre les hôtes et les larves infestantes d'une part et/ou la susceptibilité différentielle des hôtes aux attaques des parasites d'autre part peuvent expliquer la surdispersion des parasites. En général, les parasites sont sur-dispersés à travers leurs hôtes (Poulin 1998). Selon Rohde (1979), l'agrégation favorise la reproduction parce que les parasites très agrégés ont peu de difficultés pour se reproduire même si les charges parasitaires sont faibles. La concentration de la majeure partie des parasites de *P. major* sur un petit nombre d'individus hôtes est avantageuse à cette xénocommunauté car cela facilite la fécondation croisée. En effet, les charges parasitaires étant faibles, la rencontre d'un partenaire sexuel serait aléatoire en cas de distribution régulière.

*Annulotrema amieti*, *A. gabrioni* et *C. spiropenis* sont les espèces principales ou très fréquentes tandis que *Annulotrema* sp. 1; *Annulotrema* sp. 2 et *Annulotrema* sp. 3 sont secondaires (peu fréquentes). Les charges parasitaires ont été faibles ou très faibles. Des observations similaires ont été faites en milieu naturel par Nack *et al.* (2010); Monteiro *et al.* (2010) et Brandao *et al.* (2013). Dans de telles conditions, les effectifs des monogènes sont généralement restreints à cause de l'équilibre avec les poissons hôtes (Obiekezie 1991). Pour Ferrari-Hoeinghaus *et al.* (2006), les faibles charges parasitaires sont indicatrices des environnements peu perturbés. En définitive, les charges parasitaires obtenues dans cette étude seraient directement liées aux conditions biotiques et abiotiques de la rivière Akono à Binguela.

Chaque paire d'arcs branchiaux a hébergé toutes les espèces de monogènes récoltées. S'agissant du taux d'infestation, il en ressort que chaque espèce les a parasités indifféremment

exception faite de *A. gabrioni* qui a été plus fréquente sur les paires d'arcs médians. Quant aux charges parasitaires, le modèle adopté par *C. spiropenis* a été l'équipartition. *A. amieti* et *A. gabrioni* ont été plus abondantes sur la deuxième paire d'holobranchies. Différents modèles d'exploitation du gradient transversal sont présentés dans la littérature. Il ressort des travaux de Tombi *et al.* (2014) que *Cichlidogyrus magnus* et *Scutogyrus longicornis* ont respectivement affiché une préférence pour les arcs II et III de *Oreochromis niloticus* de la station piscicole de Melen. Chez *Gymnocephalus cernuae*, le premier arc branchial a été le plus sollicité par *Dactylogyrus amphibothrium* (Turgut *et al.* 2006). Plusieurs hypothèses permettent d'expliquer la colonisation du gradient transversal par les monogènes. Selon Koskivaara & Valtonen (1991), la préférence des arcs médians est associée à la grande surface colonisable qu'ils offrent aux monogènes. Pour expliquer le choix de certains arcs par les monogènes, Tombi *et al.* (2011) prennent en compte l'action combinée du courant d'eau respiratoire et de l'hétérogénéité du système branchial. Nack *et al.* (2010) ont justifié la préférence de l'arc IV de *Clarias camerunensis* par *Birgiellus kellensis* et *Quadriacanthus* sp. par le mode de colonisation du gradient transversal par les oncomiracidiums des monopisthocotylea.

Le sexe de *P. major* de la rivière Akono à Binguéla n'a eu aucune influence sur la répartition de chaque représentant de la xénocommunauté étudiée lorsqu'on considère aussi bien la charge parasitaire que le taux d'infestation. El Madhi & Belghyti (2006) indiquent que *Gotocotyla acanthura* parasite de *Trachinotus ovatus* a indifféremment affecté les hôtes mâles et femelles. Des observations similaires ont été faites par Siqueira *et al.* (2002) et Tombi & Bilong Bilong (2004). En effet, la plupart des monogènes sont insensibles au sexe de leur hôte. Nos résultats sont contraires à ceux de Lizama *et al.* (2005) qui ont noté l'infestation préférentielle des femelles par le monogène *Tetreancistrum cirimba*. De même, les travaux de Silan (1984) ont signalé l'infestation préférentielle des femelles de *Dicentrachus labrax* par le monogène *Diplectanum aequans*. Selon Rohde (1993), un nombre limité d'espèces parasites afficherait une préférence par rapport au sexe de l'hôte. La sédentarité des hôtes femelles et les différences hormonales entre mâles et femelles sont des facteurs qui permettent d'expliquer la variation du parasitisme en fonction du sexe du poisson (Esch *et al.* 1998, Tombi & Bilong Bilong 2004).

Les résultats obtenus dans le présent travail montrent que tous les poissons ont hébergé les différentes espèces de monogènes récoltées. La charge parasitaire a graduellement augmenté avec la longueur standard de l'hôte. Les travaux de Luo & Yang (2010) montrent qu'en milieu naturel, le parasitisme de *Pseudorhabdosynochus coioidesis* et *P. serrani* monogènes branchiaux de *Epinephelus* sp. a augmenté avec la taille de l'hôte. La hausse progressive de la charge parasitaire avec la taille de l'individu a été observée chez *B. martorelli* (Tombi & Bilong Bilong

2004). Blahoua *et al.* (2009) ont obtenu des résultats similaires lors de l'étude du parasitisme de *Sarotherodon melanotheron* par les monogènes monopisthocotylea. L'augmentation de la charge parasitaire en fonction de la taille de *P. major* de Binguela aurait comme explication : les larges surfaces colonisables par les monogènes qu'offrent les poissons de grande taille (Cable *et al.* 2002, Bilong Bilong & Tombi 2004, Zelmer & Arai 1998). Nous pensons aussi comme Simkova *et al.* (2006) que le grand volume d'eau qui passe à travers les branchies des gros poissons augmenterait les chances d'invasion par les oncomiracidiums.

## CHAPITRE IV : INTÉRÊT DIDACTIQUE DU SUJET

A l'issu de ce travail de recherche, il est nécessaire de présenter son apport dans le système éducatif de notre pays. La présente étude développe chez l'apprenant comme chez l'enseignant : l'esprit scientifique, permet de maîtriser les méthodes de recherche et les techniques de laboratoire afin d'acquérir des connaissances nouvelles. Une fiche pédagogique de préparation d'une leçon de SVT en classe de Seconde (2<sup>nd</sup>e) est élaborée pour montrer le lien entre ce thème de recherche et un programme éducatif.

#### IV.1 - Fiche pédagogique de préparation d'une leçon des sciences de la vie et de la terre selon l'Approche Pédagogique par Objectif (APO)

**Établissement** : ..... **Date** : .....

**Domaine** : Sciences de la vie et de la Terre **Enseignant** : M. ONANA NGONO M. T.

**Thème I** : La terre planète de vie **Classe** : 2<sup>nd</sup>e A & C

**Chapitre 2**: La biosphère et le monde vivant **Effectif** : ..... **G** : ..... **F** : .....

**Séquence 1** : Diversité du monde vivant et le peuplement des milieux **Période** : ..... **Durée** : 1h

**Leçon 3** : Notions de biotope, biocénose, écosystème et écologie

**OPO** : À la fin de cette leçon, chaque apprenant sera capable de dégager les notions de biotope, de biocénose, d'écosystème et d'écologie.

| Étapes              | OPI   | Contenu spécifique aux OPI   | Matériel  | Activités d'apprentissage  |  | Évaluations  | Durée       |
|---------------------|---|--|---|--|--|--|-------------|
|                     |   |  |   | Enseignant   | Apprenants   |  |             |
| <b>Introduction</b> | 1- Établir le contrat apprenant-professeur et communiquer le titre de la leçon et les OPI | <b>Leçon 3 : Notions de biotope, biocénose, écosystème et écologie</b>   | <b>Programme officiel, craie, tableau noir, Vécu quotidien, ...</b> | Communique et écrit le titre de la leçon au tableau                                      | -Recopient le titre de la leçon dans leur cahier   |  | <b>5min</b> |
|                     | 2-Vérifier les pré-requis   | <b>Pré-requis</b><br>- Biosphère ;<br>- Diversité des milieux de vie ;<br>- Diversité du monde vivant;...  |   | -Pose des questions aux apprenants   | <b>R1</b> :Atmosphère, Hydrosphère, Biosphère et Lithosphère                                     | <b>Q1</b> : Citer les enveloppes externes de la Terre  |             |
|                     | 3- Déterminer l'intérêt de la séquence d'apprentissage                                    | <b>Intérêt de la séquence d'apprentissage</b><br>- Identifier les subdivisions de biosphère  |   | -Pose les questions de l'évaluation diagnostique   | <b>R2</b> : Présence de l'eau liquide, du O <sub>2</sub> ; lumière; sol; température (15°C); ... | <b>Q2</b> : Citer les caractéristiques de la biosphère |             |
|                     | 4- Formuler le problème scientifique et hypothèses  | <b>Problèmes scientifiques</b><br>Qu'appelle-t-on écosystème ?<br><b>Hypothèse</b><br>La biosphère est constituée des communautés végétales et animales. Leur diversité est en relation avec celle des milieux dans lesquels ils vivent. |   | - Pose des questions qui amènent les élèves à formuler eux même le problème scientifique | La biosphère se subdivise en entités fonctionnelles.<br><b>R4</b> : écosystème                   | <b>Q4</b> : Donner le nom de ces entités               |             |

|                      |   |   |   |   |   |  |               |
|----------------------|---|---|---|---|---|--|---------------|
| <b>Développement</b> | -Définir biotope  | <p><b>Leçon 3: Notions de biotope, biocénose, écosystème et écologie</b></p> <p>Le <b>biotope</b> est la partie de l'écosystème caractérisée par ses éléments physiques et chimiques ainsi que par son étendue. Le biotope correspond au milieu de vie.</p>             | <b>Science de la vie et de la Terre 2<sup>nd</sup>e A&amp;C et planches</b> | -Guide l'observation des planches<br>-Dicte la leçon et vérifie la bonne prise des notes<br><b>Activité</b> (Planche A) | -Observent les documents, suivent et recopient la leçon<br><b>R5:</b> Le biotope correspond au milieu de vie. | <b>Q5:</b> Définir biotope                               | <b>35 min</b> |
|                      | -Définir biocénose  | La <b>biocénose</b> est l'ensemble des êtres vivants rencontrés dans un biotope donné.  |   | <b>Activités</b> (Planches B & C)   | <b>R6:</b> Ensemble des êtres vivants qui vivent dans un biotope.   | <b>Q6:</b> Donner la définition du terme biocénose       |               |
|                      | -Définir écosystème   | Un <b>écosystème</b> est un ensemble formé par deux éléments en interaction permanente : un environnement de nature physico-chimique, abiotique et bien délimité dans le temps et l'espace (biotope) et l'ensemble des êtres vivants (biocénose) qui habite ce biotope. |   | <b>Activités</b> (Planches B, C et D)   | <b>R7:</b> Biotope + Biocénose. C'est l'élément fonctionnel de base de la biosphère.                          | <b>Q7:</b> Donner la signification du terme d'écosystème |               |
|                      | -Définir écologie   | L' <b>écologie</b> est la science qui étudie les rapports entre les différentes espèces vivantes entre-elles et avec leur milieu de vie.  |   | <b>Activité</b> (Figure E)  | <b>R8:</b> étude des rapports entre les êtres vivants entre eux et avec leur milieu de vie                    | <b>Q8:</b> Donner la définition du terme écologie        |               |
| <b>Conclusion</b>    | -Récapitulatif<br>-Rappel des objectifs   | <b>Devoir à faire à la maison:</b> Citer les exemples d'écosystèmes rencontrés sur la Terre   |   |   |   | <b>5 min</b>   |               |
| <b>Références</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sciences de la vie et de la Terre 2<sup>nd</sup>e A&amp;C</li> <li>- Dajoz, R. (2000). <i>Précis d'écologie pour le parasitisme</i>, 7<sup>e</sup> ed. Dunod, Paris. 90p.</li> <li>- Rohde, K 1993. <i>Ecology of marine parasites. An introduction of marine parasitology</i>. 2<sup>e</sup> ed. CAB International, Wallingford. Oxon: 298p.</li> </ul> |   |   |   |   |  |               |



## IV.2 – Contenu du cours

### CHAPITRE 2 : LA BIOSPHÈRE ET LE MONDE VIVANT (Suite)

#### **Leçon 3 : Notions de biotope, biocénose, écosystème et écologie**

La biosphère est constituée des communautés d'organismes végétaux et animaux diversifiés qui vivent en équilibre dynamique. La diversité de ces communautés est en relation avec la diversité des milieux dans lesquels ils vivent.

Un **biotope** est la partie de l'écosystème caractérisée par ses éléments physiques et chimiques ainsi que par son étendue. Le biotope correspond au milieu de vie.

Une **biocénose** est l'ensemble des êtres vivants rencontrés dans un biotope donné. Avec le milieu, la biocénose forme l'écosystème qui se caractérise par les différentes relations existant entre les êtres vivants entre eux et avec leur milieu.

Un **écosystème** est un ensemble formé par deux éléments en interaction permanente : un environnement de nature physico-chimique, abiotique et bien délimité dans le temps et l'espace (biotope) et l'ensemble des êtres vivants (biocénose) qui habitent ce biotope. L'écosystème constitue l'élément fonctionnel de base de la biosphère.

L'**écologie** est la science qui étudie les rapports entre les différentes espèces vivantes entre-elles et avec leur milieu de vie.

**Devoir à faire à la maison** : Citer les exemples d'écosystèmes rencontrés sur la Terre.

### IV. 3 – Planches relatives aux activités du cours

Observer et décrire chacune des figures (A, B, C, D et E) ci-après et dégager les notions de biotope, biocénose, écosystème et écologie.



(A) Plantation



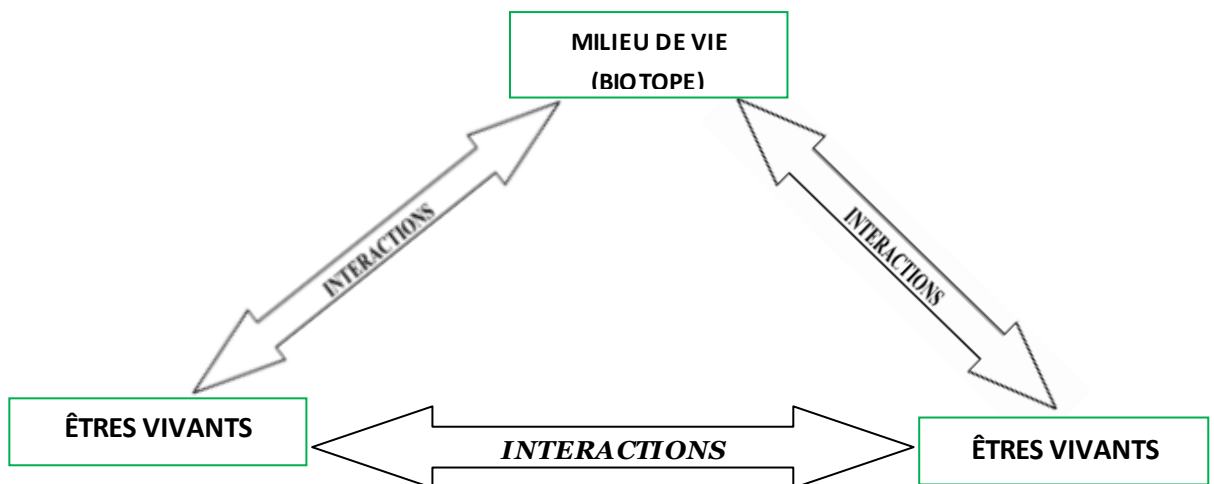
(B) Savane



(C) Poissons en mer



(D) Branchies d'un poisson



(E) Schéma montrant les interactions entre les êtres vivants d'une part et entre ces derniers et leur milieu de vie.

Figure 24: Planches d'activités relatives à la leçon.

## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

Le présent travail a montré que le système branchial de *Phenacogrammus major* de la rivière Akono à Binguela présente une symétrie bilatérale. Par ailleurs, ce biotope est hétérogène car d'une part le nombre de filaments branchiaux n'est pas uniformément reparti à travers les différents arcs et les différentes hémibranchies et d'autre part ce système se modifie avec la taille du poisson. L'helminthofaune branchial de *P. major* est constituée de trois espèces principales (*Characidotrema spiropenis*, *Annulotrema amieti* et *Annulotrema gabrioni*) et trois espèces secondaires (*Annulotrema* sp. 1, *Annulotrema* sp. 2 et *Annulotrema* sp. 3). Les charges parasitaires ont été faibles dans le cas de *A. amieti* et *A. gabrioni* et très faibles dans le reste des cas. Les conditions biotiques et abiotiques de la rivière Akono à Binguela justifieraient ces résultats. De plus, le non-confinement des hôtes dans un espace réduit et leur contact limité rendrait difficile la rencontre avec les stades infestants. Toutes les espèces parasites récoltées ont adopté une distribution agrégative sauf *Annulotrema* sp. 3 qui a été sous-dispersée. La surdispersion des parasites sur leur hôte favorise la reproduction sexuée. En ce qui concerne l'exploitation du gradient transversal et pour ce qui est du taux d'infestation, il ressort de cette étude que toutes les paires d'arcs branchiaux ont indifféremment hébergé les diverses espèces de monogènes exception faite de *A. gabrioni* qui a été plus fréquent sur les paires d'arcs médians. Les parasites se sont repartis équitablement entre les mâles et les femelles. Le sexe de l'hôte n'a eu aucune influence sur la répartition de chaque représentant de la xénocommunauté étudiée. Les poissons de toutes les tailles ont hébergé les différentes espèces de monogènes récoltés. Les taux d'infestation global et spécifiques ont graduellement augmenté avec la taille du poisson.

D'autres aspects écologiques et systématiques non-étudiés dans le présent travail renseigneraient sur les dommages infligés par chaque parasite ou association de parasites, la classe de taille d'hôtes subissant les plus grands dommages et les stratégies de lutttes contre les monogènes d'une part; et de donner l'identité spécifique de certains parasites d'autre part. Dans le cadre de nos travaux ultérieurs, nous envisageons :

- faire la systématique de *Annulotrema* sp. 1, *Annulotrema* sp. 2 et *Annulotrema* sp. 3 afin de donner à chacune de ces trois espèces un statut définitif;
- étudier la répartition spatio-temporelle des monogènes branchiaux de *Phenacogrammus major* ;
- élargir notre champ d'étude sur d'autres espèces de poisson.

## BIBLIOGRAPHIE

- Amiet J. & Nzeyimana F. (1990) Notes d'ichthyologie camerounaise (1). À propos de *Phenacogrammus major* (Boulenger, 1903) et de *Hemigrammopetersius pulcher* (Boulenger, 1907). *Revue française d'Aquariologie* 17: 1 – 8.
- Anderson R. C., Gordon D. M. (1982) Processes influencing the distribution of parasite numbers within host populations with special emphasis on parasite-induced host mortality. *Parasitology* 85: 373 – 389.
- Beverley-Burton M. (1984) Monogenea and Turbellaria, In L. Margolis and Z. Kabata [cd.] Guide to the parasites of fishes of Canada. Part I. *Canadian Fisheries and Oceans-Scientific Information and Publications Branch*: 5-209.
- Bilong Bilong C.F. (1995) Les monogènes parasites des poissons 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.
- Bilong Bilong C. F. & Njiné T. (1998) Dynamique de populations de trois Monogènes parasites d'*Hemichromis fasciatus* Peters, 1858 dans le lac municipal de Yaoundé, et intérêt possible en pisciculture intensive. *Annales de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, Série Sciences & Nature et vie*. 34 (2): 295-303.
- Bilong Bilong C. F. & Tombi J. (2004) Hétérogénéité du système branchial de *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Poisson : Cyprinidae) et modèle de croissance. *Journal of the Cameroon Academy of Sciences*. 4 (3): 211-2118.
- Bilong Bilong C. F., Le Pommelet E. & Silan P., (1999) The gills of *Hemichromis fasciatus* Peters, 1858 (Teleostei, Cichlidae), a biotope for ectoparasites: structure, heterogeneity and growth model. *Ecologie*. 30 (2): 125 – 130.
- Birgi E. (1987) Monogènes parasites branchiaux des poissons d'eau douce du Tchad et du Sud-Cameroun : Taxinomie et essai de biogéographie comparée. Thèse de Doctorat, Université des sciences et techniques du Languedoc : 479p.
- Birgi E. (1988) Les Monogènes de Characoidae de la zone forestière du Cameroun. *Annale de la Faculté des Sciences Biologique et Biochimique* 3 (5): 59-111.
- Blahoua K. G., N'Douba V., Kone T. & N'Guessan J. K. (2009) Variations saisonnières des indices épidémiologiques de trois monogènes parasites de *Sarotherodon melanotheron*

(Pisces : Cichlidae) dans le lac d'Ayamé I (Côte d'Ivoire). *Sciences et nature*. 6 (1): 39 – 47.

- Brandao H., Yamada F. H., Toledo G. M. Carvalho E. D., Silva R. J. (2013) Monogeneans (Dactylogyridae) parasitizing gills of *Salminus hilarii* from neotropical reservoir, Brazil. *Revue Brésilienne de Parasitologie Jaboticabal* 22 (4): 579 – 587.
- Bush A. O., Kevin D., Lafferty J., Lotz M. & Allen S. W. (1997) Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et Al.* revisited. Department of Zoology, Brandon University, Manitoba, Canada R7A 6A9. *Journal of Parasitology* 83 (4): 575 – 583.
- Cable J. & Harris P. D. (2002) Gyrodactylid development biology: historical review, current status and future trends. *International Journal for Parasitology* 32: 255-280.
- Cable J., Tinsley R.C. & Harris P.D. (2002) Survival and embryo development of *Gyrodactylus gasterostei* (Monogenea: Gyrodactylae). *Parasitology* 124: 53-68.
- Caltran H. & Silan P. (1996) Gill filaments of *Liza ramada*, a biotope for estoparasites: surface area acquisition using image analysis and growth models. *Journal of the Fish Biology* 49: 1267-1279.
- Combes C. (1989) *ABC de parasitologie probabiliste et statistique*. U.R.A. 698 C.N.R.S. 2<sup>e</sup> Edition. 92p.
- Combes C. (1995) *Interactions durables. Ecologie et évolution du parasitisme*. In : Collection d'écologie, n°26. Paris. Ed Masson.
- Dajoz R. (2000) *Précis d'écologie pour le parasitisme*, 7<sup>e</sup> ed. Dunod, Paris. 195p.
- Ekanem A., Wang M., Simon J., Obiekezie A. & Morah F. (2004) In vivo and in vitro activities of the seed extract of *Piper guineense* against skin and gill monogenean parasites of goldfish (*Carassius auratus*). *Phytother research* 18: 793-797.
- El-Hafidi F., Berrada-Rkhami O., Benazzou T., & Gabrion C. (1998) Microhabitat distribution and coexistence of Microcotylidae (monogenea) on the gills of the striped mullet *Mugil cephalus*: chance or competition? *Parasitology Research* 84: 315 – 320.
- El-Hafidi F., Rkhami O. B., Isaure de Buron, Durand J.-D. & Pariselle A., (2013) *Ligophorus* species (Monogenea: Ancyrocephalidae) from *Mugil cephalus* (Teleostei: Mugilidae) of

- Morocco with the description of a new species and remarks about the use of *Ligophorus* spp. as biological markers of host populations, *Folia Parasitologica* 60 (5): 433–440.
- El Madhi Y. & Belghyti D. (2006) Distribution de deux Monogènes dans les individus hôtes de *Trachinotus ovatus* (L, 1758) de la côte de Mehdia. *Biologie & Santé* 6 (2): 65 – 76.
- Esch G. W., Kennedy C. R., Bush A. O. & Aho J. M. (1998) Patterns in helminth communities in freshwater fish in Great Britain: alternative strategies for colonization. *Parasitology* 96: 519 – 532.
- Euzet L. & Pariselle A. (1996) Le parasitisme des *Siluroidei* : un danger pour l'aquaculture ? *Aquatic Living Resources* 9: 145 – 151.
- Euzet L. & Raibaut A. (1985) Les maladies parasitaires en pisciculture marine. *Symbioses*. vol. XVII. N° 1.
- Ferrari-Hoeninghaus A. P., Takemoto R. M., Oliveira L. C., Makrakis M. C. & Baumgartner G. (2006) Host-parasite Relationship of Monogeneans gills of *Astyanax altiparanae* and *Rhamdia quelen* of the Sao Francisco Verdadeiro River, Brazil. *Parasite* 9: 315 – 320.
- Fodouop K. (2003) Développement rural dans la province du centre au Cameroun. *Les Cahiers d'Outre-Mer* 221: 87 – 102.
- Huston K. S., Matal, Paul A. N. & De Nys R. (2012) Seaweed extracts as a natural control against the monogenean ectoparasite, *Neobenederia* sp. , infecting farmed barramundi (*Lates calcarifer*). *International Journal of Parasitology* 42: 351-376.
- Kaouachi N., Seridi M., Boualleg C., Djebbari N., Bensouilah M. (2013) Analyse de la richesse spécifique des Monogènes parasites des poissons de l'Est du Littoral algérien, *Bulletin de la Société Zoologique de France* 138 (1-4): 127–138.
- Koskivaara M. & Valtonen E.T. (1991) *Paradiplozoon homoion* (Monogenea) and some other gill parasites on roach *Rutilus rutilus* in Finland. *Aquaculture Fennica* 21 (2): 137-143.
- Koskivaara M. & Valtonen E.T. (1992) *Dactylogyrus* (Monogenea) communities on the gill of roach in three lakes in Central Finland. *Parasitology* 104: 263 – 272.
- Lambert A. (1977) Les monogènes Monopisthocotylea parasites d'eau douce de la France méditerranéenne. *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle* 3<sup>e</sup> série. N°429, Zoologie. 299p.



- Lambert A. & El Gharbi S. (1995) Monogenean host specificity as a biological and taxonomic indicator for fish. *Biological conservation* 72: 227 – 235.
- Lim L. H. S. (1990) Freshwater Monogeneans of Peninsular Malaysia. *Asian Fisheries Science* 3: 275–285.
- Lizama M., De Los A. P., Takemoto R. M. & Pavanelli G.C. (2005) Influence of host sex and age on infracommunities of metazoan parasites of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Prochilodontidae) of the Upper Parana river floodplain, Brasil. *Parasite* 12: 299 – 304.
- Letouzey R. (1958) Phytogéographie camerounaise. *Atlas du Cameroun*. Yaoundé, 5p.
- Luo Y. F. & Yang T. B. (2010) Seasonal population dynamic of monogeneans *Pseudorhabdosynochus coioidesis* and *P. serrani* on wild versus cultured groupers in Daya Bay, south China sea. *Helminthologia* 47 (4): 241–250.
- Monteiro C. M., Kritsky D. C., Brasil-Sato M. C. (2010) Neotropical Monogenoidea 56 new species of Anacanthorus (Dactylogyridae) from the gills of matrinxã, *Brycon orthotaenia* (Characiformes: Characidae), in the Rio Sao Francisco, Brazil. *Folia Parasitologica* 57 (3): 1674–168.
- Nack J. & Bilong Bilong C. F. (2007) Biotope des ectoparasites branchiaux de *Clarias camerunensis* Lonnberg, 1895 (Pisces Clariidae): modèle de croissance de l'aire colonisable. *Journal of Cameroon Academy of Sciences* 7: 11–16.
- Nack J., Tombi J., Bitja N. A. & Bilong Bilong C. F. (2010) Sites de fixation de deux monogènes Dactylogyridea parasites branchiaux de *Clarias camerunensis*: évidence sur le mode d'infestation par les Monopisthocotylea. *Journal of Applied Biosciences* 33: 2076–2083.
- N'Douba V., Pariselle A. & Euzet L. (1997) Espèces nouvelles du genre *Annulotrema* Paperna et Thurston, 1969 (Monogenea, Ancyrocephalidae) parasites de *Hepsetus odoe* (Bloch, 1794) (Teleostei, Hepsetidae) en côte d'ivoire. *Parasite* 4: 55–61.
- Neifar L., Euzet L. & Ben Hassine O. K. (1999) *Heliocotyle kartasi* gen. et sp. n. (Monogenea: Monocotylidae) parasitic on *Pteromylaeus bovinus* (Euselachii: Myliobatinae) from Tunisia. *Folia parasitologica* 46: 29–32.

- Obiekezie A.I. (1991) The principal pathogens and diseases of cultured fishes in Nigeria. *In aquaculture in Africa*, IFS Ed: 197 – 207.
- Ogawa K. (2002) Impacts of diclidophorid monogenean infections on fisheries in Japan. *International Journal of Parasitology* 32: 373 – 380.
- Onguene M. (1993) Différenciations pédologiques dans la région de Yaoundé (Cameroun): Transformation d'un sol rouge ferrallitique en sol à horizon jaune et relation avec l'évolution du modelé. Thèse de Doctorat, *Université de Paris VI*. 398p.
- ORSTOM (1993) Dictionnaire des villages de la Mefou. *Répertoire géographique du Cameroun fascicule 7* : 11–12.
- Paugy D. (1986) Révision systématique des *Alestes* et *Brycinus* africains (Pisces, Characidae). Paris, ORSTOM Éditions, Collection Études et thèses.
- Poulin R. (1998) *Evolutionary ecology of parasites*. New York: Chapman and Hall.
- Reed P. A., Francis-Flyord R. & Klinger R. E. (2012) Monogenean parasites of fish. FAO28/FAO33.
- Rohde K. A. (1979) Critical evaluation of intrinsic and extrinsic factors responsible for niche restriction in parasites. *Marine biology* 114: 648–671.
- Rohde K 1993 Ecology of marine parasites. *An introduction of marine parasitology*. 2<sup>e</sup> ed. CAB International, Wallingford. Oxon: 298p.
- Rohde K. (2005) Marine Parasitology. ed *CSIRO PUBLISHING*. 559p.
- Rubio-Godoy M. (2008) Microhabitat selection of *Discocotyle sagittata* (Monogenea: Polyopisthocotylea) in farmed rainbow trout. *Folia Parasitologica* 55: 270-276.
- Schmahl G. (1993) Treatment of fish parasites: 10. Effects of new triazine derivative. HOE. 092V, on Monogenea: a light and transmission electron microscopy study. *Parasitology Research* 79 (7): 559 – 566.
- Silan P. (1984) Biologie comparée des populations de *Diplectanum aequans* et *D. laubieri* Monogènes branchiaux de *Dientrachus labrax*. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. U.S.T.L. Montpellier. 275p.

- Silan P. & Maillard C. (1990) Comparative structures and dynamics of some population of helminths parasites of fishes : the sea bass-*Diplectanum* model. *Acta Ecology* 11: 857 – 874.
- Silan P., Langlais M. & Latu G. (1999) Dynamique des populations des monogènes ectoparasites des Téléostéens : Stratégies démographiques et implication mathématiques. *Bulletin d'Ecologie*, 30 (4): 31-44.
- Silan P. & Le Pommelet E. (1995) Le biotope des ectoparasites branchiaux: définition de l'espace colonisé et des unités d'échantillonnage. *Ecologie* 26(1): 9-16.
- Silan P., Euzet L., Maillard C. & Cabral P. (1987) Le biotope des ectoparasites branchiaux de poissons: facteurs de variation dans le modèle Bar-monogènes. *Bulletin d'Ecologie* 18 (4): 383-391.
- Simkova A., Verneau O., Gelnar M. & Morand S. (2006) Specificity and specialisation of congeneric Monogeneans parasiting Cyprinid. *Evolution* 60: 1023–1037.
- Sophie B., Combes C., Euzet L., Ruitord J. J. & Verneau O. (2003) Evolution of Monogenean parasites across vertebrate host illuminated by the phylogenetic position of *Euzetrema* Combes, 1965 within the Monopisthocotylea. *Biological Journal of the Linnean Society* 80: 727–734.
- Siqueira S. R., Seriani R., Ranzani-Paiva M. J. T., Romagosa E., Paiva P. & Andrade-Talmelli E. F. (2002) Infestacao de monogenea em branquias de cachara. *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) (Siluriforme Pimelididae) em viveiros, relacionada ao sexo estadios de maturacao gonadal. In: *Encontro Brasileiro de Patologistas de Organismos Aquaticos*. 112p.
- Stetter F., Untergasser D., Iglauer F., Schreckenbach K. (2003) Case report: treatment of the gillworm disease (Dactylogyrosis) of some South American cichlids and catfish. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 11 (1): 23–30.
- Stiassny M. L. J., Teugels G. G. & Hopkins C. D. (2007) *Poissons d'eaux douces et saumâtres de basse guinée, ouest de l'Afrique Centrale*. Volume 1. Tervuren, Belgique. MRHC. IRD, Paris France *Faune tropicale* 42 : 352-353.
- Thoney D. A., & Hargis W. J. (1991) Monogenea (Plathelminthes) as hazard for fish in confinement, *Annual Review of Fish Diseases* 133–153.

- Tombi J. (2005) Monogènes et myxosporidies ectoparasites de *Barbus martorelli* (Pisces : Cyprinidae): structure temporelle des infracommunautés en milieu forestier secondarisé et impact sur la santé des hôtes. *Thèse de Doctorat / PhD. Université de Yaoundé I*. 135p.
- Tombi J. & 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'Elevage de Médecine Veterinaires des Pays tropicaux* 57 (1–2): 71–76.
- Tombi J., Nack J. & Bilong Bilong C. F. (2010) Spatial distribution of Monogenean and Myxosporidian gill parasites of *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Teleostei: Cyprinid): The role intrinsic factors. *African Journal of Agricultural Research* 5 (13): 1662 – 1669.
- Tombi J., Bilong Bilong C. F. & Morand S. (2011) Gill ectoparasites of *Barbus martorelli* (Teleostean: Cyprinidae) from a tropical watercourse (Cameroon, Africa): Conflict or coexistence?. *Parasite* 18: 71–78.
- Tombi J., Akoumba J. F., & Bilong Bilong C. F., (2014) The monogenean community on the gills of *Oreochromis niloticus* from Melen fish station in Yaounde, Cameroon. *International Journal of Modern Biological Research* : (2) 16–23.
- Tombi J., Sandje B. A. S., Akoumba J. F., & Bilong Bilong C. F., (2016) Variation du nombre de filaments et leur importance dans l'hétérogénéité du système brachial de *Barbus camptacanthus* Bleeker, 1863. *Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences* 24: 35-40.
- Turgut E., Shinn A. & Wootten R. (2006) Spatial distribution of *Dactylogyrus* (Monogenean) on gills of the host fish. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 6: 93-98.
- Valtonen E.T., Holmes J. C. & Koskivaara M. (1997) Eutrophication, pollution and fragmentation: effects on parasite communities in roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) in four lakes in the Central Finland. *Canadian Journal and Aquatic Sciences* 54: 572-585.
- Wang G. X., Zhou Z., Jiang D. X., Han J., Wang J. F., Zhao L. W. & Li J. (2010) In vivo anthelmintic activity of five alkaloids from *Macleaya microcarpa* (maxim) Fedde

against *Dactylogyrus intermedius* in *Carassius auratus*. *Veterinary Parasitology* 171: 305-313.

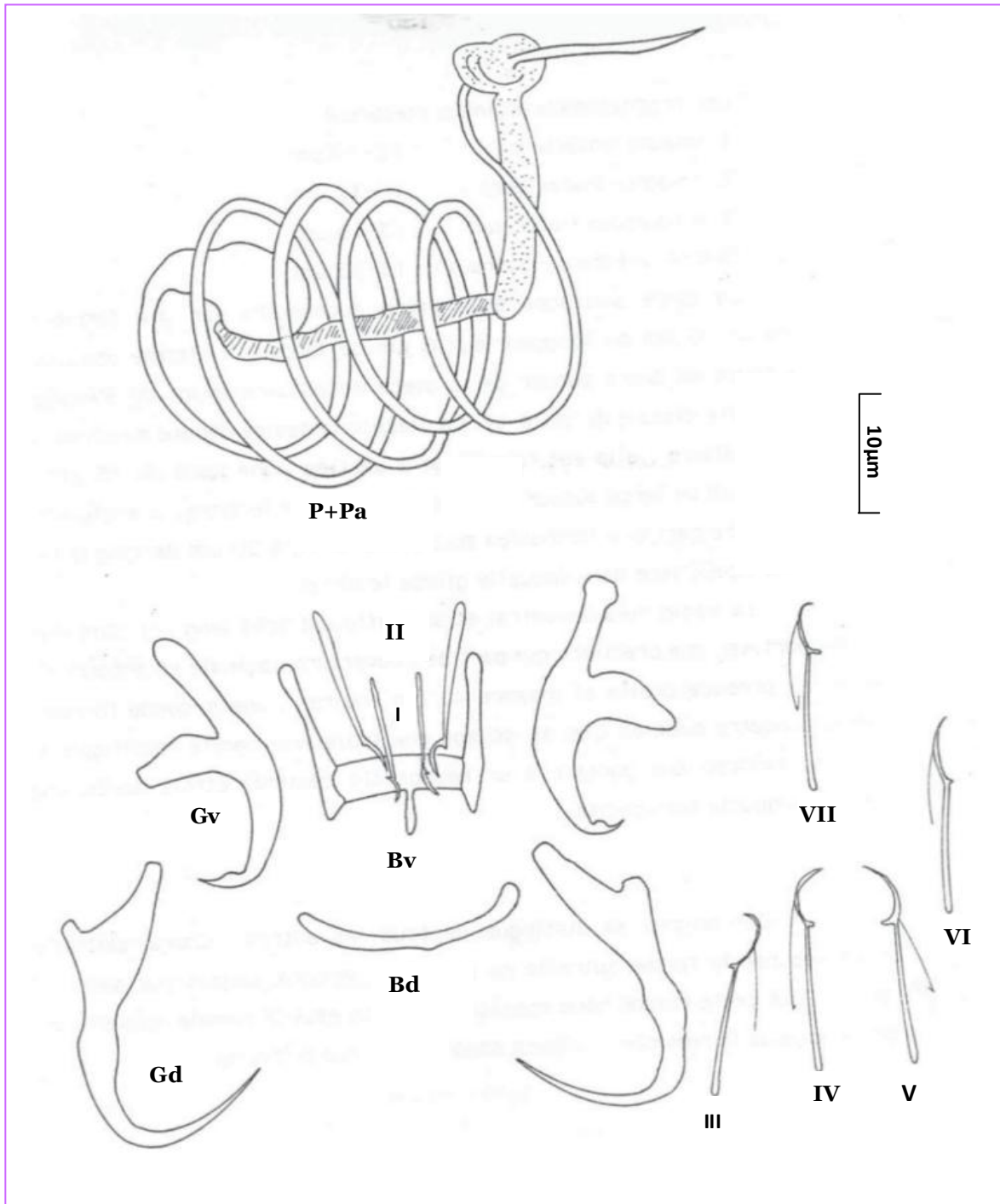
www.futura-sciences.com / Branchie / consulté le 16 mai 2016 à 16h.

Yamada F. H., Takemoto R. M., Bellay S., & Pavanelli G. C. (2009) Two new species of *Sciadicleithrum* (Monogenea, Dactylogyridae) parasites of Neotropical cichlid fishes from the paraná River, Brazil. *Acta Parasitologica* 54(1): 6–11.

Yao, Wang K., Duh, Xie H. J. & Yin Z. (2011) Anthelmintic activity of the crude extracts, fractions and osthole from *Radis angelica pubescentis* against *Dactylogyrus intermedius* in goldfish (*Carassius auratus*) in vivo. *Parasitology research* 108: 95-200.

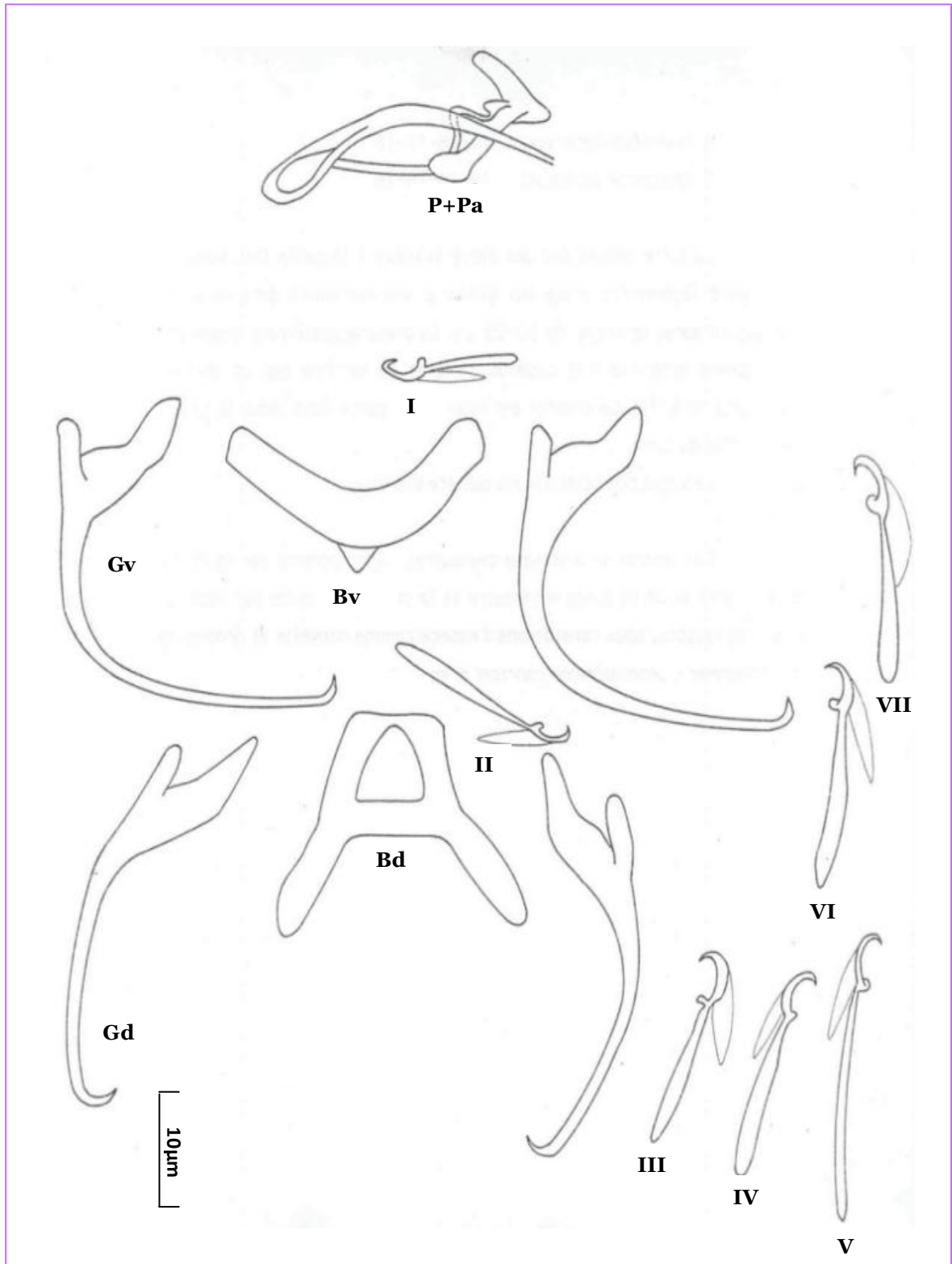
Zelmer D. A. & Arai H. P. (1998) The conditions of hosts age and size to the aggregated distribution of parasites in yellow perch, *Perca flavescens*, from Garner lake, Alberta, Canada. *Journal of Parasitology* 84: 24–28.

# ANNEXES



**Annexe 1** : Hapteur et génitalia de *Characidotrema spiropenis* (Birgi 1988 modifié).

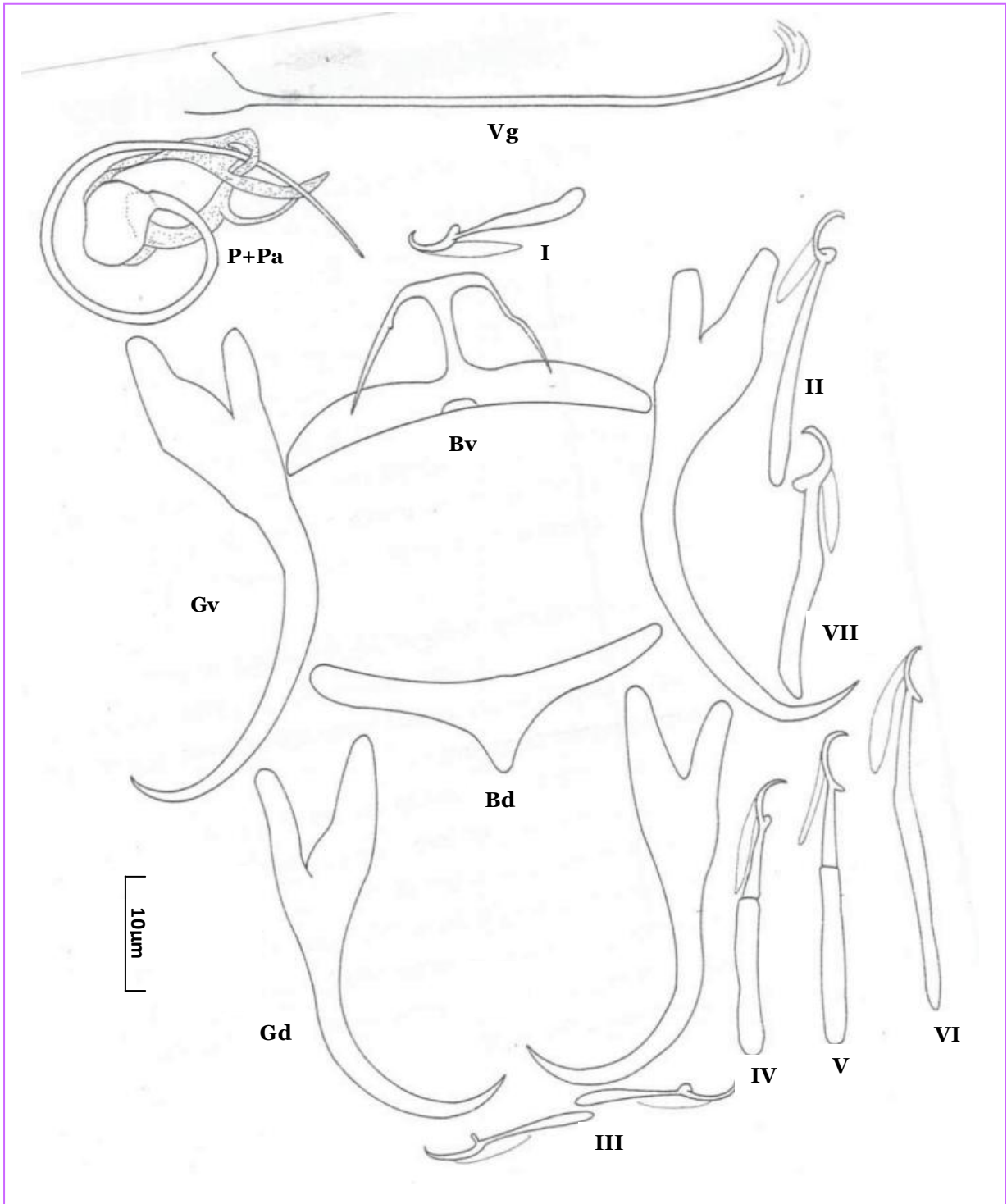
**Légende** : **Bd** : Barre dorsale ; **Bv** : Barre ventrale ; **Gv** : Grippi ventral ; **Gd** : Grippi dorsal ;  
**P** : pénis ; **Pa** : pièce accessoire ; **I – VII** : Uncinuli.



**Annexe 2** : Hapteur et génitalia de *Annulotrema gabrioni* (Birgi 1988 modifié).

**Légende** : **Bd** : Barre dorsale ; **Bv** : Barre ventrale ; **Gv** : Grippi ventral ; **Gd** : Grippi dorsal ;  
**P** : pénis ; **Pa** : pièce accessoire ; **I – VII** : Uncinuli.





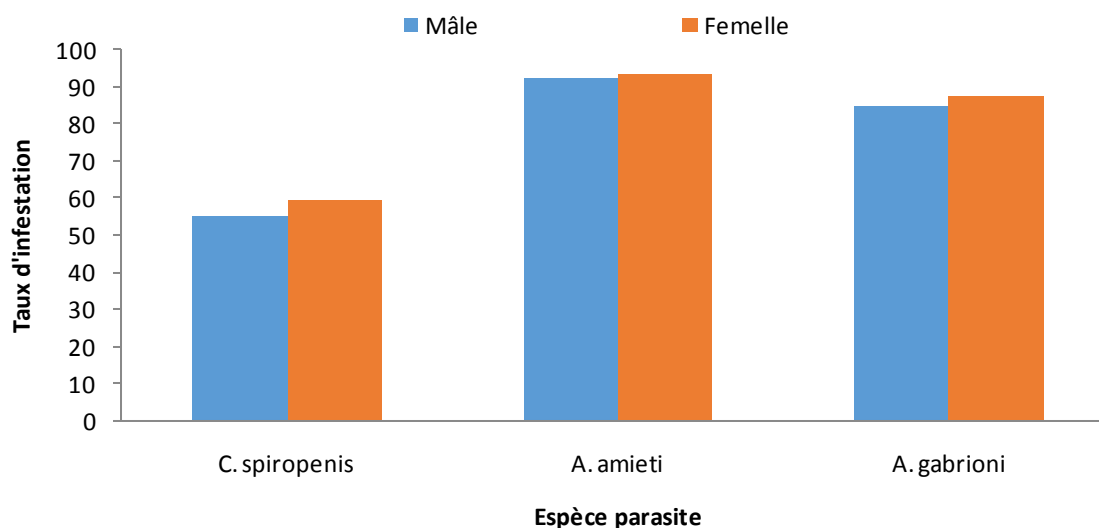
**Annexe 3** : Hapteur et génitalia de *Annulotrema amieti* (Birgi 1988 modifié).

**Légende** : **Bd** : Barre dorsale ; **Bv** : Barre ventrale ; **Gv** : Grippi ventral ; **Gd** : Grippi dorsal ; **P** : pénis ; **Pa** : pièce accessoire ; **I – VII** : Uncinuli ; **Vg** : vagin.

**Annexe 4** : Évolution et comparaison du nombre de filaments branchiaux par hémibranchie de chaque arc branchial de *Phenacogrammus major*

| Arc        | Hémibranchie  |               | Test <i>t</i> de Student                   |
|------------|---------------|---------------|--|
|            | HA            | HP            |  |
| <b>I</b>   | 114,6 ± 6,477 | 112,1 ± 7,752 | <i>t</i> = 2,12; ddl = 142; P = 0,0335; s  |
| <b>II</b>  | 114,3 ± 7,264 | 110,8 ± 8,044 | <i>t</i> = 2,69; ddl = 142; P = 0,0000; s  |
| <b>III</b> | 110,7 ± 6,751 | 107,7 ± 7,662 | <i>t</i> = 2,50; ddl = 142; P = 0,0129; s  |
| <b>IV</b>  | 90,08 ± 5,553 | 86,75 ± 7,65  | <i>t</i> = 2,99 ; ddl = 142; P = 0,0034; s |

**Légende** : HA : Hémibranchie antérieure; HP : Hémibranchie postérieure; **ddl** : degré de liberté; **P** : probabilité; **s** : Significatif.



**Annexe 5** : Variation du taux d'infestation en fonction du sexe de *Phenacogrammus major*.