

BURKINA FASO

Unité-Progrès-Justice

**Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique
et de l'Innovation (MESRSI)**

Université Nazi Boni (UNB)

Institut du Développement Rural (IDR)



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : Eaux et Forêts

THEME :

**Contrôle du cannibalisme au stade post-larvaire chez le
poisson-chat africain, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)**

SANOUE Estèle Pélagie

Maitres de stage : Ingénieur Rokyatou SISSAO

Co-maître de stage : Docteur Saïdou SANTI

Directeur de Mémoire : Professeur Aboubacar TOGUYENI

N°00.....2017/(E & F)

Juillet 2017

Je dédie ce présent document

A ma chère famille SANOU !

Que tous, nous demeurons sous l'abri du Très Haut !

Table des matières

Remerciements	i
Liste des figures	ii
Liste des photos	iii
Liste des tableaux	iii
Sigle et abréviations	iv
Résumé	v
Abstract	vi
Introduction	1
Première partie : Synthèse bibliographique	4
Chapitre I : Présentation de <i>Clarias gariepinus</i>	5
I. Position systématique de <i>C. gariepinus</i>	5
II. Répartition géographique et écologie.....	5
III. Morphologie de l'espèce.....	6
IV. Régime alimentaire	9
V. Reproduction en milieu naturel	10
Chapitre II : L'élevage du poisson-chat africain, <i>Clarias gariepinus</i>	11
I. Aptitudes piscicoles du poisson-chat africain <i>C. gariepinus</i>	11
II. Contraintes existantes dans l'élevage du poisson-chat africain <i>C. gariepinus</i>	11
II.1. Production de semences.....	11
II.2. Cannibalisme	12
II.2.1- Les causes du cannibalisme.....	13
II.2.2- Les conséquences du cannibalisme	14
Deuxième partie : Etude expérimentale	16
Chapitre I : Présentation du site d'étude	17
Chapitre II : Matériel et méthode	18
I. Matériel biologique : Obtention des larves	18

II.	Dispositif expérimental	19
III.	Elevage larvaire et alevinage	22
IV.	Suivi et évaluation du cannibalisme	23
V.	Paramètres zootechniques et indices calculés	24
VI.	Analyses statistiques	25
Chapitre III : Résultats et Discussion.....		26
I.	Résultats	26
I.1.	Résultats de la première expérimentation	26
I.1.1.	Les paramètres physico-chimiques de l'eau	26
I.1.2.	Les paramètres de croissance : poids et longueur	28
I.1.3.	Mortalité.....	29
I.2.	Résultats de la deuxième expérimentation.....	35
I.2.1.	Les paramètres physico-chimiques de l'eau	35
I.2.2.	Les paramètres de croissance : poids et longueur.....	37
I.2.3.	Mortalité.....	39
I.2.4.	Tri de cannibales	43
II.	Discussion	44
II.1.	Efficacité des grilles séparatrices	44
II.2.	Impacts des grilles séparatrices sur la croissance	46
Conclusion et perspectives.....		47
Références bibliographiques		48

Remerciements

La réalisation de ce travail n'aurait été possible sans la participation de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner ma gratitude et mes sincères remerciements. Ainsi mes vifs remerciements s'adressent spécialement :

Au Professeur Aboubacar TOGUYENI, Chef de l'UR-ABAq et aussi mon directeur de mémoire, qui a bien voulu m'accueillir au sein de sa structure pour la réalisation de mes travaux. Merci pour le partage de votre expertise au quotidien, votre assistance, vos conseils, votre disponibilité malgré vos multiples tâches, votre rigueur scientifique et aussi pour votre convivialité tout au long de ce stage.

A Madame Rokyatou SISSAO mon maître de stage, pour le dévouement qu'elle m'a témoigné tout au long de ce stage; vous m'avez guidée dans mon travail et m'avez aidée à trouver des solutions pour avancer. Merci pour votre aide à chaque étape de mes travaux, votre disponibilité, même à distance, votre rigueur scientifique et aussi pour tous les documents mis à ma disposition.

A Monsieur Saïdou SANTI mon co-maitre de stage, pour le temps qu'il a consacré à la réussite de ce travail. Merci pour votre contribution à l'amélioration scientifique de ce document, votre disponibilité même à distance et aussi pour tous les documents mis à ma disposition.

A mes camarades stagiaires et à tout le personnel de l'UR-ABAq qui, en dépit de leurs occupations ont toujours accepté de m'épauler à chaque fois qu'ils ont été sollicités. Merci pour vos apports divers, votre soutien, votre sympathie et pour le temps passé ensemble. Merci donc à : Docteur Inoussa COMPAORE, Morgane ANVO, Olivier AMOUSSOU, Aboubacar SOURABIE, Florence KAGAMBEGA, Eric SILGA, Carmela ZOMA, Abdoul-Aziz TAPSOBA, Charlène SIRIMA/TOE, Mamadou SOME, Alain HEMA, Abdoul Aziz TRAORE, Souleymane SESSOUMA, Pacôme COULIBALY et Ernest KOALA.

A tout le corps enseignant de l'IDR pour les enseignements reçus.

A mes parents pour leur soutien moral et financier, leurs encouragements et les bénédictions formulées à mon endroit.

A Elodie DEMBELE et Olivia SANON, pour leur amitié, leur soutien et leurs encouragements au quotidien.

A tous ceux dont les noms n'ont pu être cités qu'ils trouvent en ce mémoire, l'expression de ma profonde gratitude.

Liste des figures

Figure 1 : Caractéristiques morphologiques du poisson-chat africain <i>Clarias gariepinus</i>	7
Figure 2 : Causes et conséquences du cannibalisme chez <i>C. gariepinus</i>	15
Figure 3 : Variation hebdomadaire des paramètres physico-chimiques (A : température, B : pH ; C : conductivité) dans le circuit fermé au cours de la première expérimentation.	27
Figure 4: Poids moyens et longueurs moyennes en fonction des traitements en fin d'expérimentation à 35 JPE, Moyenne \pm écart type.....	29
Figure 5: Taux de survie en fonction des traitements.	30
Figure 6 : Taux de mortalité naturelle (A), de cannibalisme de type I (B) et de cannibalisme de type II (C) en fonction des différents traitements.....	32
Figure 7 : Evolution hebdomadaire de la mortalité naturelle (A) et du cannibalisme de type I (B) en fonction du traitement durant l'expérimentation.....	33
Figure 8: Proportions moyennes des différentes causes de mortalité par rapport à la mortalité globale	34
Figure 9 : Variations hebdomadaires des paramètres physico-chimiques (A : température, B : pH, C : conductivité) au cours de la deuxième expérimentation.....	36
Figure 10 : Poids moyens et longueurs moyennes selon le traitement en fin d'expérimentation à 45 JPE, Moyenne \pm écart type.....	38
Figure 11: Taux de survie en fonction des traitements.	39
Figure 12: Taux de mortalité naturelle (A), de cannibalisme de type I (B) et de cannibalisme de type II (C) selon les traitements.....	41
Figure 13 : Evolution hebdomadaire de la mortalité naturelle (A) et du cannibalisme de type I durant la deuxième expérimentation	42
Figure 14 : Proportions moyennes des différentes causes de mortalité par rapport à la mortalité globale.....	43

Liste des photos

Photo 1 : Illustration de la coloration marbrée (A) et de la coloration uniforme (B) chez <i>C. gariepinus</i>	8
Photo 2 : Organe supra-branchial chez le poisson-chat africain <i>Clarias gariepinus</i>	8
Photo 3 : Dimorphisme sexuel de la papille urogénitale chez le poisson-chat africain <i>Clarias gariepinus</i>	9
Photo 4: Présentation de l'UR-ABAq	17
Photo 5 : Les différentes étapes de la reproduction artificielle	19
Photo 6 : Cadre en bois (A) ; filet (B) ; grille en aluminium (C).....	21
Photo 7 : Présentation du circuit utilisé pour les deux expérimentations.....	21
Photo 8 : Les différentes granulométries de l'aliment industriel Skretting utilisées pour le nourrissage des poissons.	22
Photo 9: Tri des cannibales à l'aide d'une épuisette.....	23
Photo 10 : Pesée individuelle des alevins échantillonnés (A et B) et mesure de la longueur totale (C) lors des pêches de contrôle.....	23

Liste des tableaux

Tableau I: classification systématique de <i>C. gariepinus</i> (Teugels, 1986)	5
Tableau II : Stades de développement chez le poisson chat-africain <i>Clarias gariepinus</i>	10
Tableau III : ration journalière appliqué pour les alevins de poisson-chat africain, <i>Clarias gariepinus</i> , au cours des deux expérimentations (adapté de Gilles <i>et al.</i> , 2001).	22
Tableau IV: fréquence de tri de cannibales dans les lots T1 et T3	43

Sigle et abréviations

COFI:	<i>Committee on Fisheries</i>
CPEPESC:	Commission de Protection des Eaux, du Patrimoine, de l'Environnement du sous-sol et des chiroptères
DGRH:	Direction Générale des Ressources Halieutiques
FAO:	<i>Food and Agricultural Organization</i>
GTH II:	<i>Gonadotropic Hormone II</i>
IDR :	Institut du Développement Rural
INED:	Institut National d'Etudes Démographiques
JPE :	Jour Post Eclosion
LERNSE :	Laboratoire d'Etude et de Recherche sur les Ressources Naturelles et les Sciences de l'Environnement
SONABEL :	Société Nationale d'Electricité du Burkina
TCI :	Taux de cannibalisme de type I
TCII :	
TM :	Taux de cannibalisme de type II
TS :	Taux de survie
UNB :	Université Nazi Boni
UR-ABAq :	Unité de Recherche en Aquaculture et Biodiversité Aquatique

Résumé

Le poisson-chat africain *Clarias gariepinus*, très utilisé en pisciculture, est une espèce chez laquelle il existe un cannibalisme qui apparaît très précocement (dès le stade larvaire) et entraîne une très forte diminution du nombre d'individus au cours des stades larvaire et post larvaire. Pour atténuer ce cannibalisme, il est pratiqué un tri manuel quotidien des individus cannibales, tri qui s'avère très fastidieux et qui demande beaucoup de temps. La présente étude a évalué l'efficacité d'un système refuge qui permettrait aux proies de s'échapper en utilisant des grilles de séparation pour contrôler ce cannibalisme pendant l'élevage post larvaire. Pour ce faire, deux expériences ont été menées successivement dans un circuit fermé d'aquariums de 300 litres. Pour la première expérience, trois traitements (élevage sans tri ; élevage avec pêche régulière de cannibales et élevage avec grille séparatrice) ont été testés. En ce qui concerne la deuxième expérience, quatre traitements (élevage sans tri ; élevage avec pêche régulière de cannibales ; élevage avec grille séparatrice et élevage avec grille séparatrice et pêche régulière de cannibales) ont été testés. Les post-larves obtenues par reproduction artificielle ont été repartis suivant un dispositif en duplicata. Les résultats ont montré des taux de cannibalisme significativement plus élevés au niveau des lots élevés sans tri ($p < 0,05$) comparativement aux autres traitements. Les taux de cannibalisme des lots avec la pêche régulière de cannibales, des lots avec grille séparatrice et des lots élevés avec l'association de la grille séparatrice et la pêche régulière de cannibales, ne sont pas significativement différents ($p > 0,05$). La combinaison de la grille séparatrice et pêche régulière de cannibales permet d'obtenir un meilleur taux de survie et une croissance plus homogène. Ces résultats suggèrent que l'utilisation des grilles associée ou non au tri quotidien, est aussi efficace que la méthode conventionnelle du tri manuel régulier pour réduire le cannibalisme. Les méthodes alternatives de contrôle du cannibalisme mises en évidence dans cette étude, pourraient donc être utilisées pour un contrôle efficace du cannibalisme dans les centres de production d'alevins.

Mots clés : *Clarias gariepinus*, cannibalisme, tri, grille de séparation, croissance

Abstract

The African catfish *Clarias gariepinus*, which is widely used in fish farming, is a species in which there is a cannibalism that appears very early (from the larval stage) and results in a very large decrease in the number of individuals during the larval and post-larval stages. To diminish the importance of this cannibalism, it is practiced a daily manual sorting of the cannibal individuals, sorting which is very tedious and consuming. This study evaluated the effectiveness of a refuge system that would allow prey to escape using separation grids to control cannibalism during post-larval rearing. To do this, two experiments were carried out successively in a closed circuit of 300 liters aquariums. For the first experiment, three treatments (non-sorting breeding, breeding with regular fishing of cannibals and breeding with separating grid) were tested. For the second experiment, four treatments (non-sorting breeding, breeding with regular cannibal fishing, breeding with separation grid, breeding with separation grid and regular fishing of cannibals) were tested. The post-larvae obtained by artificial reproduction were distributed according to a duplicate plan. The results showed significantly higher levels of cannibalism in the treatment without sorting ($p < 0.05$) compared to the other treatments. The cannibalistic rates of the batches with regular cannibalistic fishing, separation grid and the separation grid and regular cannibalistic fishing were not significantly different ($p > 0.05$). Also, the combination of the separation grid and regular fishing of cannibals allows a better survival rate and a more homogeneous growth. These results suggest that the use of grids, associated or not with daily sorting, is as effective as the conventional method of regular manual sorting to reduce cannibalism. The alternative methods of cannibalism control highlighted in this study could therefore be used for effective control of cannibalism in in fry production centers.

Key words: *Clarias gariepinus*, cannibalism, sorting, separation grid, growth.

Introduction

Face à l'un des plus grands défis de notre temps qui est la croissance démographique (plus de 7,5 milliard de personnes actuellement selon l'INED (2017)), et dans un contexte de changement climatique, d'incertitude économique et de concurrence de plus en plus vive autour des ressources naturelles, la production aquatique est passée d'une exploitation principalement axée sur la capture de poissons sauvages à l'élevage d'un nombre croissant d'espèces (FAO, 2016). Le poisson est une source abordable de protéines animales de grande qualité. Il couvre une part importante de nos besoins en acides gras essentiels, en vitamines, notamment en vitamine A, B et D ainsi qu'en minéraux notamment le calcium, l'iode, le zinc, le fer et le sélénium (Worldfish, 2005).

À l'échelle mondiale, la consommation de poisson par habitant est passée d'une moyenne de 9,9 kg en 1960 à plus de 20 kg en 2015 ; c'est à la pisciculture que l'on doit cette croissance impressionnante de l'offre de poisson car la production de la pêche de capture est relativement stable depuis la fin des années 1980 (FAO, 2016).

En Afrique, la pisciculture connaît également une évolution croissante en général mais cette progression demeure inférieure à celle des autres régions dans le monde (FAO, 2016). Les pêches de capture sont également en stagnation, alors que la population ne cesse de croître. Selon le COFI (2015), l'Afrique sera le seul continent où la consommation de poisson par habitant devrait baisser d'ici 2030 et des problèmes sanitaires pourraient en résulter. En effet, représentant 32% des aliments d'origine animale consommés en Afrique, le poisson est une source de protéines essentielle et une diminution de sa consommation pourrait occasionner des carences nutritionnelles sévères au sein de la population (COFI, 2015).

Au Burkina Faso, la productivité piscicole naturelle des plans d'eau est en baisse continue, du fait de la surexploitation des zones de pêche et de la dégradation des biotopes, liée aux activités anthropiques dans les bassins versants (DGRH, 2011). La pisciculture quant à elle, n'a pas encore atteint un niveau de développement significatif, en dépit des nombreux efforts entrepris depuis les années 1980 pour introduire et vulgariser différentes techniques d'élevage des espèces telles que *Oreochromis niloticus* et *Clarias gariepinus* (Bambio, 2015). Les dernières statistiques indiquent que la population consomme 100 000 tonnes de poisson par an alors que la production domestique se chiffre à 20 300 tonnes, dont seulement 300 tonnes issus de la pisciculture (DGRH, 2014). Ce déficit de l'offre domestique est comblé par des importations massives de près de 80 000 tonnes de poisson par an, soit 80% de sa

consommation annuelle (DGRH, 2014 ; Bambio, 2015); il est donc impérieux de développer la pisciculture afin de réduire la dépendance du pays vis-à-vis de l'approvisionnement extérieur. Aussi, la pisciculture peut dans une large mesure contribuer à lutter contre la pauvreté et à assurer la sécurité alimentaire de par sa création de revenu rural et sa contribution à satisfaire les besoins nutritionnels des populations.

Le poisson-chat Africain *Clarias gariepinus*, espèce endémique à l'Afrique, reste l'une des espèces les plus adaptées à pisciculture africaine de par sa large répartition sur le continent, son alimentation omnivore, sa croissance rapide et sa résistance au stress et aux manipulations (Lacroix, 2004). L'une des entraves à l'élevage de cette espèce est le manque de disponibilité en alevins due à la non-maîtrise des techniques de productions. En effet, cette espèce ne se reproduit pas de façon spontanée en captivité et durant les premières phases de vie le taux de cannibalisme est très élevé. Ce cannibalisme résulterait d'une très forte hétérogénéité initiale de croissance (Dabrowski *et al.*, 1985) ; il peut entraîner des pertes considérables lorsqu'il n'est pas contrôlé (Hecht et Pienaar, 1993 ; Tabaro *et al.*, 2005 ; Onwuteaka et Onyinye, 2015).

Le contrôle du cannibalisme est donc un enjeu crucial pour optimiser les productions d'alevins de *C. gariepinus*. La technique la plus utilisée dans les fermes piscicoles pour atténuer l'ampleur du cannibalisme sur la rentabilité de l'élevage, est la réalisation de tris réguliers. Cette méthode, même si elle permet de maintenir la mortalité due au cannibalisme à des seuils acceptables, est très fastidieuse pour le pisciculteur, et peut occasionner des morts accidentels et/ou des mortalités consécutives au stress induit par l'opération (Atse *et al.*, 2012). Ainsi, dans l'optique d'optimiser les techniques de contrôle du cannibalisme, la présente étude se propose de tester un système de refuge avec des grilles de différents maillages.

L'objectif global de cette étude est de contribuer à l'amélioration des techniques de production d'alevins de *C. gariepinus* dans les systèmes d'élevage.

Plus spécifiquement l'étude vise d'abord à évaluer l'effet des grilles séparatrices sur le taux de cannibalisme des alevins de *C. gariepinus*, ensuite à évaluer l'effet de la substitution des tris manuels réguliers par les grilles séparatrices sur le taux de survie et les performances de croissance et enfin à comparer l'efficacité des tris et celle des tris combinés aux séparateurs.

Les hypothèses sous-tendant cette étude sont les suivantes :

- Le taux de mortalité dû au cannibalisme baisse avec la présence des grilles séparatrices ;
- la pratique des tris réguliers aboutit aux mêmes résultats de survie et de croissance que l'utilisation des grillages séparateurs ;
- l'action combinée des tris et des séparateurs donnent un meilleur résultat que la pratique unique des tris réguliers.

Le présent mémoire est articulé autour de deux principales parties que sont la synthèse bibliographique et l'étude expérimentale qui inclut la méthodologie utilisée, les résultats obtenus et la discussion.

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Présentation de *Clarias gariepinus*

I. Position systématique de *C. gariepinus*

C. gariepinus avait été décrit sous les noms de *C. lazera*, (Valenciennes, 1840), *C. senegalensis* (valenciennes, 1840), *C. mossambicus* (Peters, 1852) et *C. gariepinus* (Burchell, 1822) respectivement en Afrique du Nord et du centre, en Afrique orientale, en Afrique occidentale, et en Afrique méridionale. Suite à une révision de la systématique du genre *Clarias*, Teugels conclut en 1986 qu'il s'agit dans toutes ces régions d'une seule espèce : *C. gariepinus*. Le tableau I ci-dessous résume la classification systématique de l'espèce.

Tableau I: classification systématique de *C. gariepinus* (Teugels, 1986)

Règne	Animale
Embranchement	Chordata
Sous-Embranchement	Vertébrés
Superclasse	Ostéichthyens
Classe	Actinoptérygiens
Sous-classe	Neopterygiens
Infra-classe	Téléostéens
Superordre	Ostariophyses
Ordre	Siluriformes
Famille	Clariidae
Genre	<i>Clarias</i>
Sous-genre	<i>Clarias</i>
Espèce	<i>Clarias gariepinus</i>
Noms communs	Poisson-chat africain, silure
Nom local (Dioula et bobo)	Manôgô et Sôgôlônou

II. Répartition géographique et écologie

C. gariepinus est une espèce presque panafricaine et est originaire du Nil inférieur. Sa distribution naturelle couvre presque tout le continent africain à l'exception du Maghreb, de la Guinée et de la province du Cap en Afrique du Sud (Picker et Griffiths, 2011). Selon Skelton

(2001), c'est probablement l'espèce la plus répandue en Afrique. Très utilisée dans l'élevage aquacole, cette espèce a été introduite en Asie, en Amérique, et en Europe. (Na-Nakorn et Brummett, 2009).

C. gariepinus se rencontre dans les eaux généralement calmes, de composition chimique variée. Les habitats les plus fréquentés sont surtout les plaines inondées, et les zones marécageuses dans lesquelles il peut survivre pendant la saison sèche grâce à un organe accessoire appelé organe supra-branchial (Lacroix, 2004). Cet organe supra-branchial lui permet de vivre dans des eaux polluées pauvres en oxygène ; rend possible ses déplacements terrestres lorsqu'il change de point d'eau et lui permet de survivre pendant plusieurs semaines, dans la boue humide, lorsque la collection d'eau où il vit s'est asséchée (FAO, 2010).

III. Morphologie de l'espèce

L'espèce *C. gariepinus* est caractérisée par un corps anguilliforme recouvert de mucus et dépourvu d'écailles, et une tête large et aplatie pourvu de petits yeux. Sa bouche large est entourée de quatre paires de barbillons qui jouent un rôle sensoriel (Figure 1). Les nageoires dorsale et anale sont allongées et constituées de rayons mous tandis que les pectorales sont munies chacune d'une forte épine (Skelton et Teugels, 1991).

D'un point de vue morphologique, *C. gariepinus* est semblable à *C. anguillaris*. De ce fait, leur identification est surtout basée sur la *détermination* du nombre de branchiospines situées sur le premier arc branchial. L'espèce *C. gariepinus* est caractérisée par un nombre plus élevé de branchiospines (28 à 120) par rapport à *C. anguillaris* qui lui, en possède entre 13 et 39 (Compaoré, 2017).

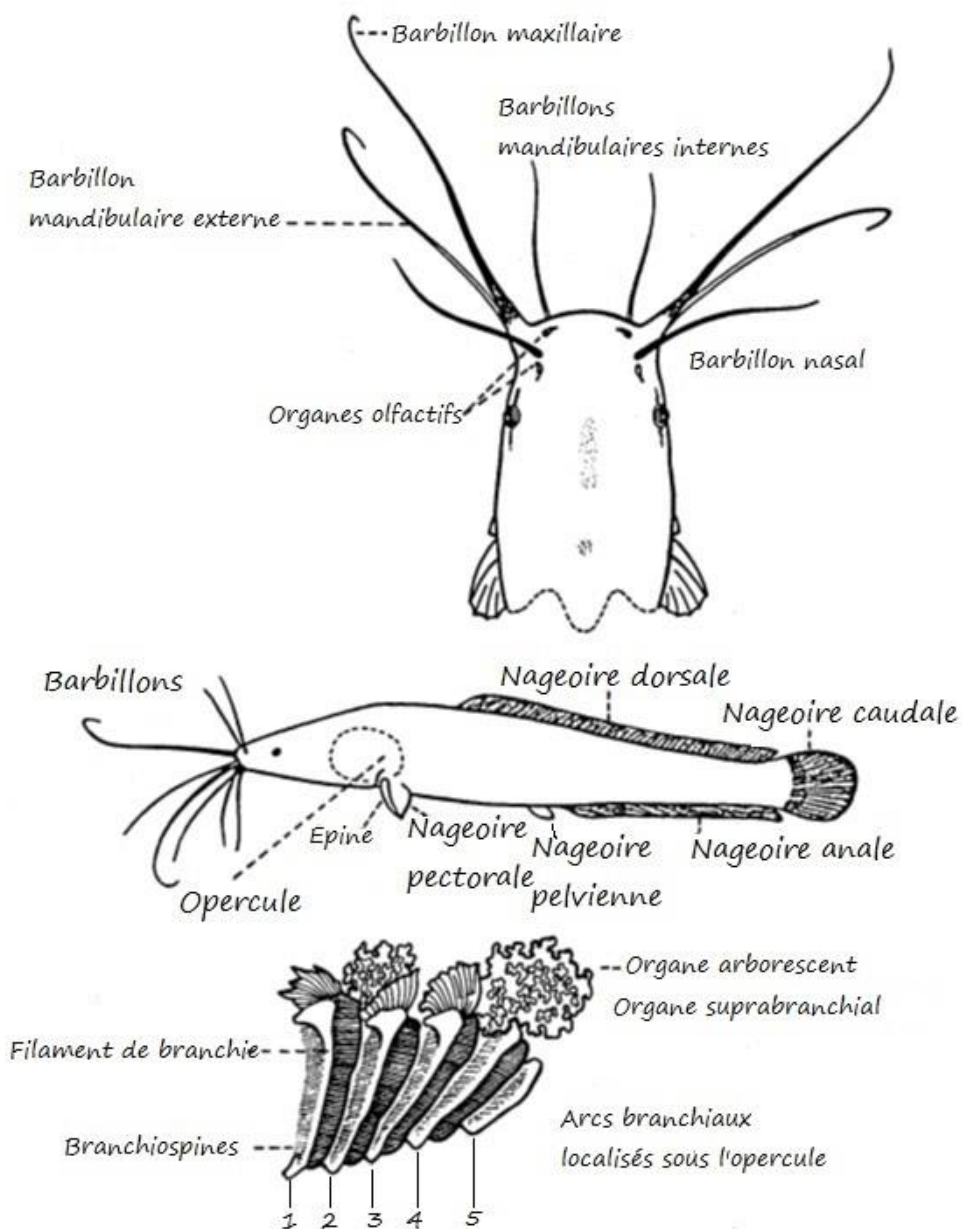


Figure 1 : Caractéristiques morphologiques du poisson-chat africain *Clarias gariepinus* (Lacroix, 2004)

D'après Teugels (1986), *C. gariepinus* présente deux types de coloration : une coloration marbrée et une coloration uniforme (Photo 1). Pour la première, on observe des tâches irrégulières noirâtres sur fond clair sur le dos et les flancs, tandis que le ventre est blanchâtre. Pour la seconde, le dos et les flancs sont généralement gris foncé à noirâtres, tandis que le

ventre est blanchâtre. Les deux types de coloration pourraient dépendre de la turbidité de l'eau ainsi que de la nature du substrat dans le biotope. Sur certains individus, la partie antérieure de la nageoire caudale est plus claire que la partie postérieure. Il peut également y avoir des tâches noirâtres irrégulières sur la caudale.

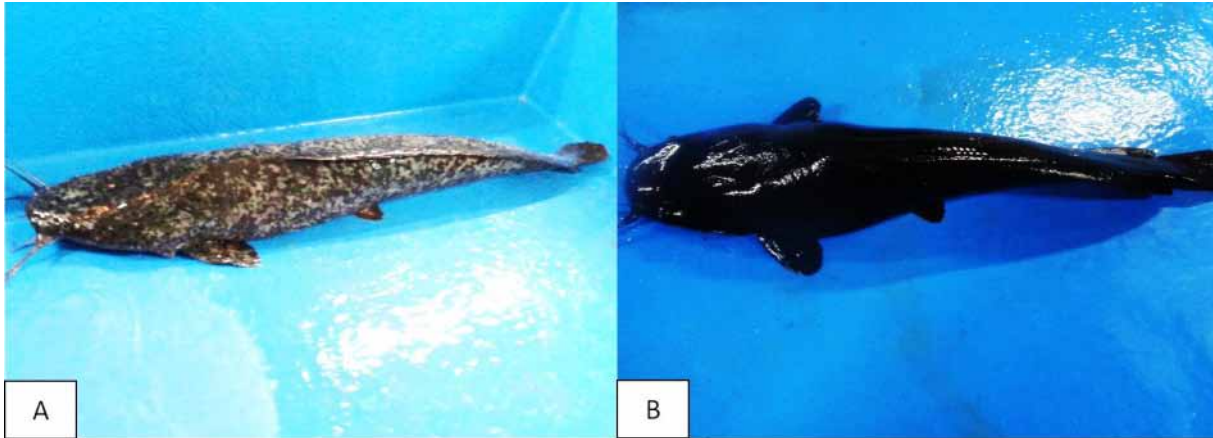


Photo 1 : illustration de la coloration marbrée (A) et de la coloration uniforme (B) chez *C. gariepinus*.

L'espèce *C. gariepinus* a la particularité de posséder un organe supra-branchial arborescent muni de tissus fortement vascularisés qui lui sert d'organe accessoire de respiration (Figure 1, photo 2). Grâce à cet organe, il peut vivre dans les marais et survivre plusieurs heures hors de l'eau car il lui permet de respirer l'air atmosphérique (FAO, 2010).



Photo 2 : organe supra-branchial chez le poisson-chat africain *Clarias gariepinus*

Le poisson-chat africain *C. gariepinus* présente un dimorphisme sexuel qui est visible à partir du stade juvénile. Chez le mâle la papille uro-génitale est allongée et se prolonge vers l'arrière de l'anus tandis que chez la femelle, elle se limite à un orifice ovale (photo 3).

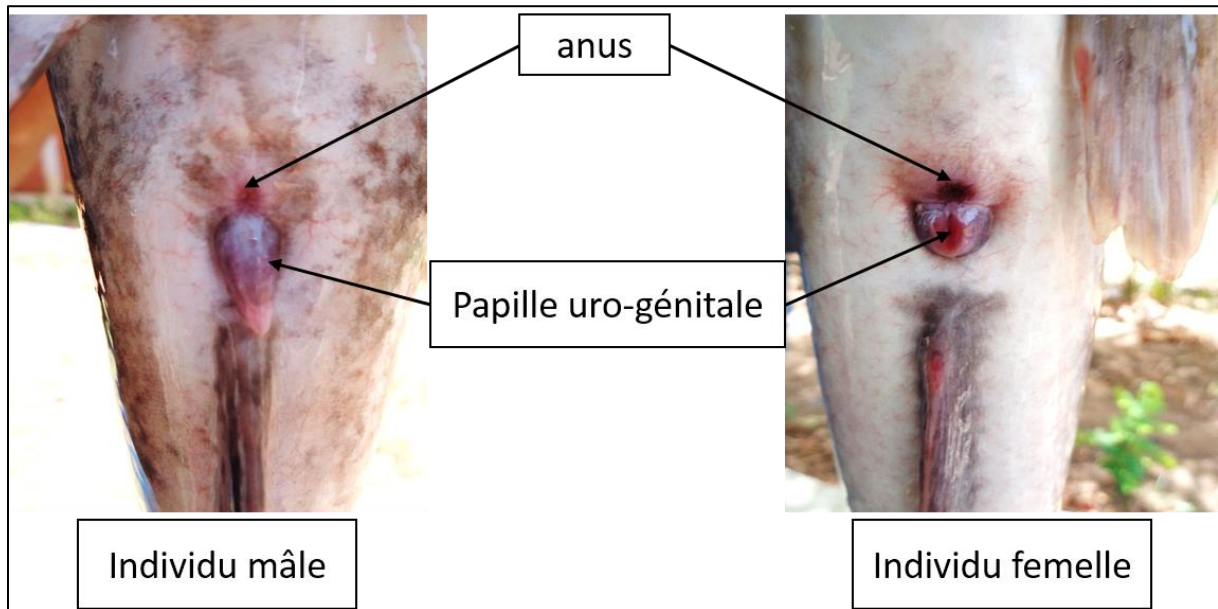


Photo 3 : Dimorphisme sexuel de la papille urogénitale chez le poisson-chat africain *Clarias gariepinus*

IV. Régime alimentaire

C. gariepinus est une espèce très active la nuit, bon prédateur, avec un régime alimentaire omnivore à tendance carnivore ; sa bouche large lui permet de prendre une grande variété de nourriture, depuis les organismes minuscules de zooplancton jusqu'aux petits poissons (De Graaf et Janssen, 1996). Il est capable d'aspirer le benthos du fond, de déchiqueter des animaux morts au moyen des petites dents et d'avalier des proies telles que des poissons entiers (Lacroix, 2004). Selon la FAO (2010), son régime alimentaire en milieu naturel est en grande partie déterminé par l'abondance des proies dans l'environnement ; il est capable de changer son alimentation selon la disponibilité : c'est un opportuniste omnivore.

Les études qui ont porté sur les besoins nutritionnels de *C. gariepinus* ont montré que les besoins généraux de ce poisson sont de 36 à 42% en protéines, 4 à 20% en lipides et 11 à 18 kj/g en énergie brute (Fagbenro, 1999; Kerdchuen, 1992; Toko *et al.*, 2007).

V. Reproduction en milieu naturel

La taille et l'âge de la première maturité sexuelle chez *C. gariepinus* peuvent varier entre 150 et 750 mm de longueur totale et entre un et quatre ans (FAO, 2010). Dans le milieu naturel, la reproduction a lieu en saison pluvieuse et est influencée par la photopériode, la température et la conductivité de l'eau, ainsi que les crues. Ces stimuli, provoquent une réaction psychique de l'hypothalamus puis de l'hypophyse aboutissant à la libération des hormones qui ont pour effet immédiat de provoquer la maturation finale des ovules en quelques heures en fonction de la température de l'eau (Janssen, 1985). Pendant la période de reproduction, les géniteurs (femelles et mâles) se regroupent en nombre important dans un seul endroit (en bordures des eaux) pour la fraie. Après une courte mais agressive parade nuptiale, le mâle s'enlace autour de la tête de la femelle qui dépose ses œufs par petits tas. Ces œufs lâchés partiellement et distribués sur une zone de frayère assez importante sont ensuite fertilisés par le mâle qui les asperge avec un nuage de laitance. Les spermatozoïdes immobiles dans les glandes séminales deviennent mobiles lorsqu'ils entrent en contact avec l'eau. Les œufs fécondés sont par la suite dispersés par les femelles à grands coups de queue et vont ainsi adhérer à la végétation ou tout autre type de substrat avoisinant. L'éclosion des œufs a lieu entre 24 et 48h après la fécondation en fonction de la température (Hecht et Appelbaum, 1988 ; Viveen *et al.*, 1985 ; De Graaf et Janssen, 1996 ; Lacroix, 2004). Cependant à l'éclosion, les larves de petites tailles sont soumises à une intense prédation par les batraciens et les insectes aquatiques mais aussi au cannibalisme. Le tableau II ci-dessous présente les différents stades de développement chez *C. gariepinus*

Tableau II : Stades de développement chez le poisson chat-africain *Clarias gariepinus*

Stade de développement	Taille	Poids
Œufs	1-1,6 mm	1,2-1,6 mg
Larves	5-7 mm	1,2-3 mg
Alevins	8-30 mm	3-1000 mg
Juvéniles	3-10 cm	1-10 g
Poissons adultes	32-140 cm	0,3-16 kg

Source : Lacroix (2004)

Chapitre II : L'élevage du poisson-chat africain, *Clarias gariepinus*

I. Aptitudes piscicoles du poisson-chat africain *C. gariepinus*

Les potentialités aquacoles de *C. gariepinus* ont été mises en évidence par plusieurs études (Janssen, 1985 ; Ducarme et Micha, 2003) ; c'est l'une des espèces les plus adaptées à l'élevage en milieu artificiel en raison de sa résistance aux manipulations, aux stress et aux maladies. En effet, c'est une espèce tolérante aux variations de température, aux faibles niveaux d'oxygène, aux fortes salinités ainsi qu'aux fortes densités de stockage. Son régime alimentaire omnivore est aussi un atout important pour la pisciculture (Hengsawat *et al.*, 1997 ; Mfwana Inabanza *et al.*, 2016).

En plus de ce large spectre d'adaptation au milieu d'élevage, ses performances de croissance sont remarquables et comparativement aux autres espèces de la famille des Clariidae, son taux de conversion alimentaire est significativement meilleur (Van Weerd, 1995).

Enfin, il faut noter l'importance commerciale de *C. gariepinus* aussi bien en Afrique que dans le reste du monde. En effet, sa chair non n'incrustée d'arêtes est adapté au filetage, et est très appréciée pour sa qualité nutritionnelle (44,28 % de protéines) et gustative (Hengsawat *et al.*, 1997 ; Fawolé *et al.*, 2007). En Afrique subsaharienne, il est généralement consommé à l'état frais ou fumé ; son prix varie entre 1500 et 2000 FCFA par kilogramme sur les marchés des grandes villes (Mfwana Inabanza *et al.*, 2016).

II. Contraintes existantes dans l'élevage du poisson-chat africain *C. gariepinus*

II.1. Production de semences

La disponibilité de semences piscicoles est un préalable fondamental pour le développement de la pisciculture.

Le poisson-chat africain, *C. gariepinus* ne se reproduit pas de manière spontanée en captivité. En effet, dans ces conditions, l'ovogenèse se déroule normalement, mais la maturation finale,

l'ovulation et la ponte ne se produisent pas. Cela est dû à l'absence de production de GTH II (*Gonadotropic Hormone II*) qui est l'hormone responsable de la maturation finale des ovocytes et de l'ovulation. La sécrétion de cette hormone est liée à celle de la neuro-hormone GnRH (*Gonadotropin-releasing hormone*) produite au niveau de l'hypothalamus suite à des stimuli environnementaux tels que la température et les précipitations (Janssen, 1985).

La production de semences de *C. gariepinus* se fait donc par reproduction artificielle. La technique est basée sur l'utilisation d'inducteurs de ponte (extrait hypophysaire ou hormone de synthèse). Elle est accessible, mais nécessite une main d'œuvre qualifiée pour garantir des taux d'éclosion acceptables.

Aussi, les géniteurs mâles sont généralement sacrifiés au cours de cette opération. Toutefois, ce sacrifice peut être évité en retirant juste une seule gonade; cette technique nécessite également une main d'œuvre qualifiée pour recoudre l'incision du ventre après le retrait de la gonade.

La difficulté majeure liée à la production de semences de *C. gariepinus*, est l'élevage larvaire et post-larvaire, compte tenu notamment des taux de mortalité élevés. Cette forte mortalité serait consécutive à une alimentation insuffisante et inadaptée aux premiers stades de développement (type d'aliment, ration, taille de l'aliment, fréquence de distribution, etc). Elle serait également imputable aux densités d'élevage inappropriées ou d'autres conditions d'élevage tel que la qualité de l'eau (température, taux d'oxygène, pH, etc.) ou la photopériode (Tabaro *et al.*, 2005).

Toutes ces insuffisances favorisent l'apparition du cannibalisme qui amplifie considérablement la mortalité pendant l'élevage larvaire et post-larvaire (Atsé *et al.*, 2012 ; Otémé *et al.*, 1997 ; Gilles *et al.*, 2001).

II.2. Cannibalisme

Le cannibalisme est l'acte de tuer et de consommer une partie ou la totalité d'un individu de la même espèce, quel que soit son stade de développement (Smith et Reay, 1991). C'est une forme de prédation intra-spécifique.

Selon Baras et Jobling (2002), il existe deux formes de cannibalisme chez les poissons :

- **le cannibalisme de type I** : le prédateur n'est pas assez grand pour consommer entièrement sa proie qui est alors ingérée en partie ;
- **le cannibalisme de type II** : la différence de taille entre le prédateur et sa proie est suffisante pour que cette dernière soit totalement ingérée.

Chez *C. gariepinus*, le cannibalisme est un phénomène récurrent, surtout en milieu artificiel où la proie peut avoir peu ou pas de chance d'échapper à la prédation à cause du confinement. Le cannibalisme peut avoir lieu entre individus parentés ou non-parentés ; on parle alors de cannibalismes parental et non-parental (Baras et Jobling, 2002).

Les attaques lors du cannibalisme peuvent être orientées vers la queue, la tête, et surtout le flanc qui est très souvent ciblé (Baras 1999). En règle générale, c'est le cannibalisme de type I qui survient en premier car il n'exige pas une grande différence de taille entre le prédateur et la proie. Ce cannibalisme de type I accentue davantage l'hétérogénéité de croissance et il en résulte une prédominance progressive du cannibalisme de type II (Baras et Jobling, 2002).

II.2.1- Les causes du cannibalisme

D'une manière générale, le cannibalisme est dû à une hétérogénéité de taille qui est principalement induite par des facteurs génétiques et environnementaux (Solomon et Udoji, 2011). Ainsi, tout facteur susceptible d'accroître l'hétérogénéité de taille est susceptible de causer une émergence plus précoce du cannibalisme et d'en accroître l'intensité (Baras et d'Almeida, 2001 ; Baras et Jobling, 2002).

- **Les facteurs génétiques** : les causes génétiques du cannibalisme sont essentiellement l'hétérogénéité de taille et le comportement agressif au sein d'une cohorte. En effet, l'hétérogénéité de taille est influencée par les différences génotypiques qui dictent la croissance de chaque individu ; de même, le comportement agressif est intimement lié au génome de l'individu (Baras et Jobling, 2002).
- **Les facteurs environnementaux** : plusieurs facteurs externes tels que la disponibilité de l'aliment, la densité de population, l'intensité lumineuse, la présence de refuge et la turbidité de l'eau, peuvent influencer l'ampleur du cannibalisme à travers l'hétérogénéité de taille (Baras & Jobling, 2002 ; Kestemont *et al.*, 2001). Toutefois, selon Braton *et al.* (2002), l'hétérogénéité de taille est perçue à la fois comme une cause et une conséquence du cannibalisme (figure 2).

- **L'alimentation** : le taux de cannibalisme est intimement lié à la disponibilité de l'aliment, au type d'aliment, à sa composition et à sa fréquence de distribution. En effet, lorsque l'aliment est insuffisant ou inapproprié, ou lorsque la fréquence de distribution n'est pas adaptée, il peut ne pas être accessible à tous et les plus forts se nourrissent au détriment des plus faibles ce qui entraîne une variation de la croissance augmentant ainsi le taux de cannibalisme.
- **La densité de stockage** : une forte densité de stockage favorise le cannibalisme car plus la densité est forte, plus la probabilité de rencontre entre le prédateur et la proie aussi augmente.
- **La lumière et turbidité de l'eau**: *C. gariepinus* a un caractère photophobe et est plus actif la nuit (Gilles *et al*, 2001) ; une exposition à l'action directe de la lumière, peut accroître le stress, l'agressivité et le cannibalisme (Appelbaum et Kalmer, 2000). En général, le cannibalisme est plus faible dans des conditions de faible intensité lumineuse et de turbidité de l'eau (Baras et Jobling, 2002).
- **La température** : chez *C. gariepinus*, lorsque la température est élevée, on a une accélération du métabolisme et de la vitesse de digestion en général. En milieu artificiel où les poissons ne sont pas nourris 24 heures sur 24, les poissons élevés à haute température digèrent plus rapidement la dernière ration offerte et ressentent la sensation de faim au cours de la nuit où aucune ration n'est distribuée ce qui accentue le cannibalisme (Daffé, 2002).

II.2.2- Les conséquences du cannibalisme

La conséquence immédiate du cannibalisme est la mortalité. Le cannibalisme peut occasionner des pertes considérables, surtout pendant le stade larvaire et le début du stade juvénile car les jeunes poissons ont une capacité de croissance plus élevée que les adultes et ont besoin de consommer de grandes rations ce qui intensifie le cannibalisme à leur niveau (Hecht et Pienaar, 1993; Baras, 1998). La mortalité due au cannibalisme peut atteindre plus de 50% de la production totale (Baras *et al*, 2002 ; Onwuteaka et Onyinye, 2015). En plus de la mortalité, le cannibalisme donne naissance à une variation de taille, une évolution de la croissance et une modification du génotype (figure 2) (Hecht et Pienaar, 1993).

II.2.3- Les techniques de contrôle du cannibalisme en milieu d'élevage

- **Contrôle des facteurs génétiques**

Le cannibalisme peut être atténué grâce à une hybridation basée au préalable sur une sélection judicieuse des géniteurs chez qui le phénomène du cannibalisme est réduit ; Il faut également éviter de choisir des géniteurs ayant une croissance rapide (Hecht et Pienaar, 1993).

- Contrôle des facteurs environnementaux

Pour minimiser le cannibalisme à ce niveau, il est impératif de déterminer les conditions optimales de stockage, de nourrir les larves et les juvéniles à satiété ou en excès avec la granulométrie adéquate et avec une fréquence optimale de nourrissage et aussi, d'apporter de l'aliment vivant en supplément (surtout aux premiers stades de développement). Par ailleurs, l'intensité du cannibalisme peut être réduite en déterminant la température et l'intensité lumineuse optimales d'élevage et en effectuant régulièrement des tris de cannibales.

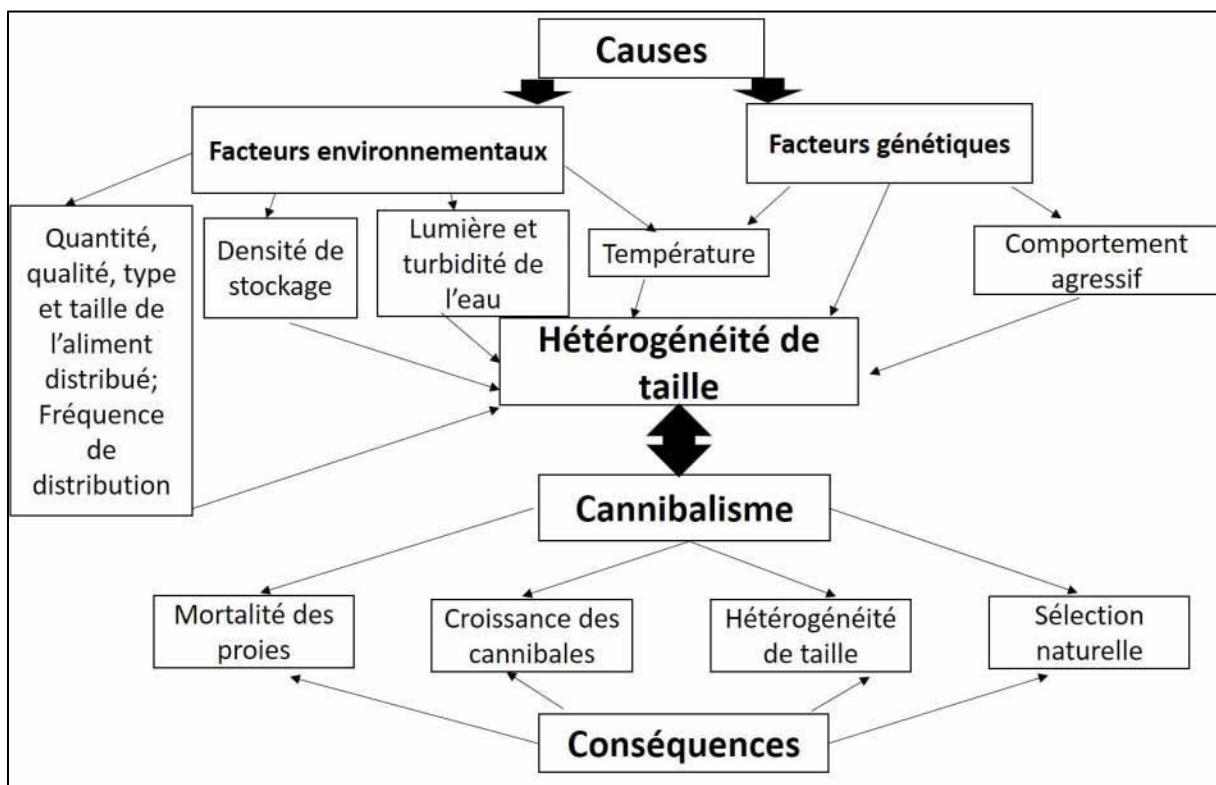


Figure 2 : Causes et conséquences du cannibalisme chez *C. gariepinus* (adaptée de Hecht et Pienaar, 1993)

Deuxième partie : Etude expérimentale

Chapitre I : Présentation du site d'étude

La présente étude a été menée à l'Université Nazi Boni (UNB), plus précisément au sein de l'Unité de Recherche Aquaculture et Biodiversité Aquatique (UR-ABAq) du Laboratoire d'Etudes et de Recherche des Ressources Naturelles et des Sciences de l'Environnement (LERNSE) (photo 4). L'unité est localisée sur deux sites de l'UNB, à savoir le Centre de Formation et de Recherche qui abrite les laboratoires de biologie moléculaire et le site de Nasso où sont localisés les laboratoires d'élevage et de nutrition. Nos travaux ont été réalisés sur ce dernier qui abrite environ 280 aquariums montés en circuits fermés et 52 bassins bétonnés en circuit ouvert. Le ravitaillement en eau est assuré par deux forages tandis que l'alimentation en électricité est assurée par le réseau électrique de la SONABEL, les panneaux solaires et un groupe électrogène.

L'unité mène diverses activités de recherche-développement, dans le but de contribuer au développement durable de l'aquaculture, la préservation des ressources aquacoles naturelles et l'accompagnement des promoteurs piscicoles. Les principales thématiques de recherche sont liées à la production de semences piscicoles et l'alimentation : amélioration génétique, biologie de la reproduction, valorisation des sous-produits agricoles pour l'alimentation, etc.



Photo 4 : Présentation de l'UR-ABAq

Chapitre II : Matériel et méthode

I. Matériel biologique : Obtention des larves

Deux familles monogames ont été utilisées pour cette étude. Les progénitures ont été obtenues par reproduction artificielle en suivant le protocole décrit par Santi (2014).

Choisis sur la base d'un certain nombre de critères morphologiques qui montrent qu'ils sont sexuellement matures (forte corpulence pour les mâles ; abdomen mou et flasque pour les femelles), les géniteurs sélectionnés ont été injectés avec un inducteur de ponte appelé Ovaprim® (Syndel, Canada). Les doses étaient de $0,5 \text{ ml.kg}^{-1}$ pour les femelles et $0,25 \text{ ml.kg}^{-1}$ pour les mâles. L'Ovaprim est une hormone de synthèse prête à l'emploi (vendue sous forme de solution injectable), composée de S-GnRH (*Salmon Gonadotropin Releasing Hormone*) et d'un inhibiteur de la dopamine (Domperidone) et a pour rôle d'induire la maturation des gamètes. Avant toute manipulation, les géniteurs ont préalablement été anesthésiés dans une solution de benzocaïne à raison de $0,5 \text{ ml.l}^{-1}$ d'eau.

Le délai d'action de l'hormone étant fonction de la température de l'eau, les ovules ont été récoltés par *stripping* (légère pression abdominale) 8 heures 30 minutes à $28,5^{\circ}\text{C}$ ($243 \text{ degré.heure}^{-1}$), après l'injection hormonale et fécondés avec la laitance des mâles préalablement sacrifiés dans une solution létale de benzocaïne (200mg/l).

Chez *C. gariepinus*, il est impossible de récolter la laitance par simple pression de l'abdomen, d'où la nécessité de sacrifier le mâle. La laitance a été obtenue par incision des testicules du mâle. La fécondation s'est faite selon le principe de la fécondation dite « sèche ». Elle a consisté à recueillir les ovules par *stripping* dans un récipient sec, puis à y ajouter 10 à 20 ml de sperme par kg ovules. L'ensemble a été délicatement mélangé à l'aide d'une cuillère pour que tous les ovules soient fécondés. La fécondation des ovules a ensuite été finalisée en ajoutant de l'eau ; la quantité d'eau ajoutée était plus ou moins égale au volume des ovules à féconder. En effet, l'eau active les spermatozoïdes et déclenche la réaction corticale de l'ovule, qui le rendra perméable au passage des spermatozoïdes. Durant la fécondation, les œufs ont été légèrement remués (2 à 3 minutes environ) afin que la fécondation ait lieu de manière homogène. Les œufs ont ensuite été rincés puis transférés en écloserie dans des claies disposées dans des aquariums de 180l. La température de l'écloserie a été maintenue entre 27 et 29°C . L'éclosion a lieu 20 à 24 heures après la fécondation et les claies ont été retirées 36 heures après la mise en incubation. La photo 5 montre les différentes étapes de la reproduction artificielle.



Photo 5 : Les différentes étapes de la reproduction artificielle

II. Dispositif expérimental

Un circuit fermé de 12 aquariums de 300 litres (120cm × 50cm × 50cm) a été utilisé. Ce circuit alimenté par de l'eau de forage est muni d'un bio-filtre pour le recyclage de l'eau. Pour analyser la variabilité du taux de cannibalisme, deux dispositifs de trois et quatre traitements ont été mis en place successivement au sein du même circuit (photo 6). A cet effet, certains aquariums ont été compartimentés à l'aide de séparateurs de différents maillages. Ces séparateurs ont été confectionnés à l'aide de cadres en bois (49cm × 48,5cm) sur lesquels, des grilles de différents maillages ont été montées (photo 7).

Une première expérimentation avec 3 traitements (Témoin, Tri régulier, séparateur sans tri) a été réalisée comme suit :

- T0 (témoin) : aquariums sans séparateurs et élevage sans tris manuels réguliers de cannibales ;
- Traitement T1 : aquariums sans séparateurs et tris manuels réguliers des cannibales à chaque fois que ceux-ci ont été observés ; un individu est considéré comme cannibale lorsqu'il atteint trois fois la taille des autres et peut ainsi, les blesser ou les manger (Santi *et al*, 2016) ;
- Traitement T2 : aquariums divisés en deux compartiments à l'aide d'une grille de séparation et élevage sans tris manuels réguliers de cannibales ; trois maillages ont été utilisés selon la taille des alevins :
 - 5 à 11 JPE : grille séparatrice de maillage 3×3 mm
 - 12 à 24 JPE : grille séparatrice de maillage 5×5 mm
 - 25 à 35 JPE : grille séparatrice de maillage 7×7 mm

Des larves provenant d'une même descendance ont été répartis dans 6 aquariums (deux par traitement) en respectant une densité de 7 larves.l⁻¹. L'expérimentation a débuté à 5 JPE avec des alevins de poids moyen estimé à 0.004 g et elle a duré 30 jours.

Sur la base des résultats de la première expérimentation, une seconde a été réalisée en ajoutant un quatrième traitement T3. Des larves provenant d'une autre descendance non apparentée à la première ont été utilisées. Cette deuxième expérimentation, qui a duré également 30 jours, se distingue de la première par le nombre de traitements, l'âge initial des alevins, et par la densité de mise en charge. En effet, elle a débuté à 15 JPE, avec des alevins de 0.015 g ; la densité de mise en charge était de 4 larves.l⁻¹ et quatre traitements ont été appliqués en duplicata.

- T0 (témoin) : aquariums sans séparateurs et élevage sans tris manuels réguliers de cannibales ;
- Traitement T1 : aquariums sans séparateurs et tris manuels réguliers des cannibales à chaque fois que ceux-ci ont été observés ;
- Traitement T2 : aquariums divisés en deux compartiments à l'aide d'une grille de séparation et élevage sans tris manuels réguliers de cannibales ;

- Traitement T3 : aquariums divisés en deux compartiments à l'aide d'une grille de séparation et tris manuels réguliers des cannibales uniquement dans le compartiment-refuge des plus petits individus.

Pour les traitements T2 et T3, la taille des mailles variait également en fonction de la taille des alevins :

- 15 à 22 JPE : séparateur de maillage 5×5 mm
- 23 à 34 JPE : séparateur de maillage 7×7 mm
- 35 à 45 JPE : séparateur de maillage 10×10 mm

De même, pour les aquariums concernés le tri manuel de cannibales a été réalisé sur la base de la croissance différentielle des alevins comme dans la première expérimentation.



Photo 6 : présentation du circuit utilisé pour les deux expérimentations

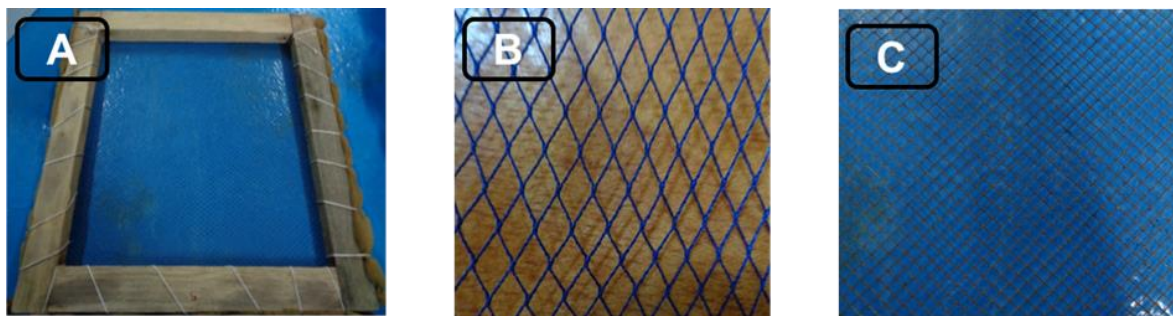


Photo 7 : cadre en bois (A) ; filet (B) ; grille en aluminium (C)

III. Elevage larvaire et alevinage

Pour les deux expérimentations, le dispositif expérimental a été soumis à une photopériode de 12h de lumière et 12h d'obscurité et était alimenté par de l'eau de forage. Quelques paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, température) de l'eau étaient également contrôlés deux fois par jour à l'aide d'un multi-paramètre *HANNA*. Le nourrissage se faisait à satiété apparente, avec un aliment commercial (*Skretting*) dosant : 55% de matières protéiques brutes et 15% de matières grasses brutes, de différentes granulométries (150µm, 300µm, 0,5 mm, et 0,7mm). La quantité d'aliment distribué par jour a été calculée sur la base de la ration journalière (Tableau III) proposé par Gilles *et al.* en 2001. L'aliment a été distribué manuellement toutes les 90 minutes pendant la phase diurne (photo 8).

Les aquariums ont été nettoyés deux à trois fois par semaine, tandis que les filtres et le bac de charge ont été nettoyés une fois par semaine.

Tableau III : ration journalière appliqué pour les alevins de poisson-chat africain, *Clarias gariepinus*, au cours des deux expérimentations (adapté de Gilles *et al.*, 2001).

Age des poissons (JPE)	0-5	6-10	11-20	21-30	31-40	41-45
Ration journalière par alevin (g)	0,006	0,04	0,15	0,75	2	3

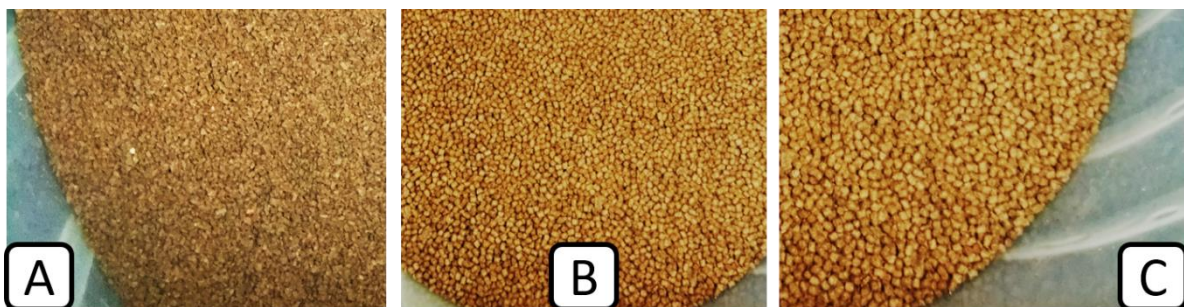


Photo 8 : les différentes granulométries de l'aliment industriel *Skretting* utilisées pour le nourrissage des poissons. A=300µm ; B= 0,5 mm ; C= 0,7 mm

IV. Suivi et évaluation du cannibalisme

Pour les deux expérimentations, le tri a consisté à pêcher dans les aquariums concernés, les individus ayant atteint trois fois au moins la taille des autres (photo 9). Le tri s'est fait à chaque fois qu'un cannibale a été observé et la fréquence de tri a été notée. Cependant, pour le traitement T3 de la deuxième expérimentation, le tri a eu lieu uniquement dans les compartiments où se réfugiaient les plus petits alevins car un premier tri était déjà réalisé grâce aux séparateurs permettant ainsi de séparer les plus gros des plus petits. A la fin de chaque expérience, les cannibales isolés ont été pesés globalement à l'aide d'une balance de précision 0,001g (*KERN®*) pour évaluer le poids moyen.

Les poissons morts ont été dénombrés et prélevés des aquariums lors du siphonage à chaque fois que la mortalité était constatée, afin d'évaluer le taux de mortalité. Le cannibalisme de type I (poissons morts mutilés) a été enregistré de façon journalière. A la fin de chaque expérimentation, une pêche de contrôle a été effectuée. A cet effet, les poissons survivants de chaque aquarium et chaque compartiment ont été dénombrés ; un échantillon de 30 poissons a été prélevé au hasard dans chaque aquarium et chaque compartiment pour être pesé (précision de 0,001g) et mesuré individuellement à l'aide d'un pied à coulisse numérique (précision de 0,001cm) afin d'analyser l'hétérogénéité de la croissance (photo 10). Les poissons manquants lors des pêches de contrôle (hors mis la mortalité constatée) ont été considérés comme ayant succombé au cannibalisme complet (type II).



Photo 9 : Tri régulier des cannibales à l'aide d'une épauvette

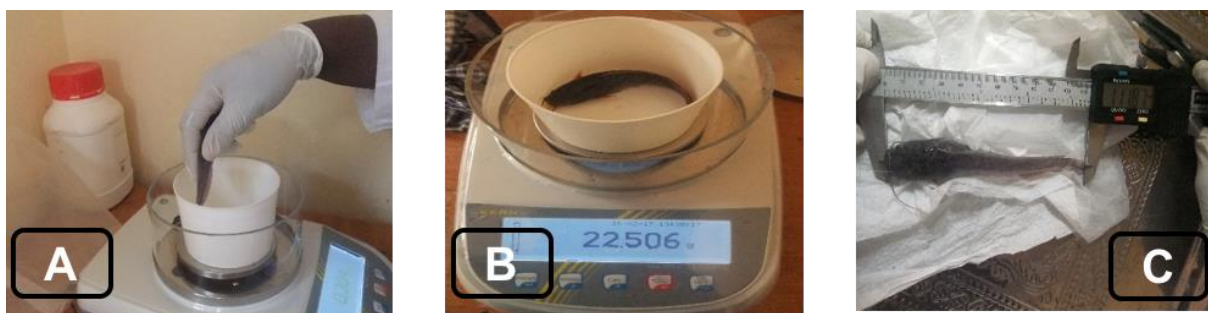


Photo 10 : pesée individuelle des alevins échantillonnés (A et B) et mesure de la longueur totale (C) lors des pêches de contrôle.

V. Paramètres zootechniques et indices calculés

- le taux de cannibalisme TCI pour évaluer le cannibalisme de type I suivant la formule :

$$\text{TCI} = 100 \times \frac{\text{Nombre d'alevins morts mutilés}}{\text{Nombre total initial}}$$

- le taux de cannibalisme TCII pour évaluer le cannibalisme de type II suivant la formule :

$$\text{TCII} = 100 \times \frac{\text{Nombre d'alevins ayant disparus}}{\text{Nombre total initial}}$$

- le taux de mortalité naturelle TMN, calculé pour évaluer la mortalité naturelle suivant la formule :

$$\text{TMN} = 100 \times \frac{\text{Nombre d'alevins morts retrouvés entiers}}{\text{Nombre total initial}}$$

- le taux de survie TS calculé pour évaluer l'impact des différents traitements sur la survie des poissons suivant la formule :

$$\text{TS} = 100 \times \frac{\text{Nombre d'alevins survivants}}{\text{Nombre total initial}}$$

VI. Analyses statistiques

Le logiciel Statistica 12.0 a été utilisé pour les analyses statistiques. Les moyennes obtenues à la fin de chaque expérimentation, ont été soumises à une analyse de variance ANOVA et comparés à l'aide du test de Tukey en cas de différence significative. Le seuil de probabilité significatif est $p \leq 0,05$. Les différents taux obtenus à la fin de chaque expérimentation ont été analysés à l'aide du test de Newman-Keuls. Les graphiques ont été réalisés avec le tableur Microsoft Office Excel 2013.

Chapitre III : Résultats et Discussion

I. Résultats

I.1. Résultats de la première expérimentation

I.1.1. Les paramètres physico-chimiques de l'eau

Pour contrôler la qualité de l'eau d'élevage, trois paramètres physico-chimiques (la température, le pH et la conductivité) ont été régulièrement mesurés.

Au niveau de la température, une moyenne de $28,49 \pm 0,11^\circ\text{C}$ et de $28,57 \pm 0,14^\circ\text{C}$ a été enregistrée respectivement le matin et le soir. Ce paramètre est resté stable tout au long de l'élevage, avec des valeurs extrêmes très proches (figure 3.A). Ainsi l'analyse n'a révélé aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les différentes moyennes hebdomadaires (figure 3.A).

Les moyennes hebdomadaires du pH ont varié de $8,60 \pm 0,64$ à $10,65 \pm 0,25$ le matin avec une moyenne de $9,82 \pm 0,37$ et de $8,87 \pm 1,38$ à $10,61 \pm 0,42$ le soir, avec une moyenne de $9,64 \pm 0,56$ (figure 3.B). Par ailleurs ces moyennes ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

A l'instar des deux premiers paramètres, la conductivité de l'eau a peu fluctué pendant cet élevage. Une moyenne de $16,14 \pm 2,61 \mu\text{S/cm}$ le matin et de $16,10 \pm 1,88 \mu\text{S/cm}$ le soir été obtenue ; il n'y a pas de différence significative entre les moyennes hebdomadaires (figure 3.C).

Les valeurs de ces différents paramètres physico-chimiques sont restées dans les gammes de tolérance pour l'élevage de *C. gariepinus*.

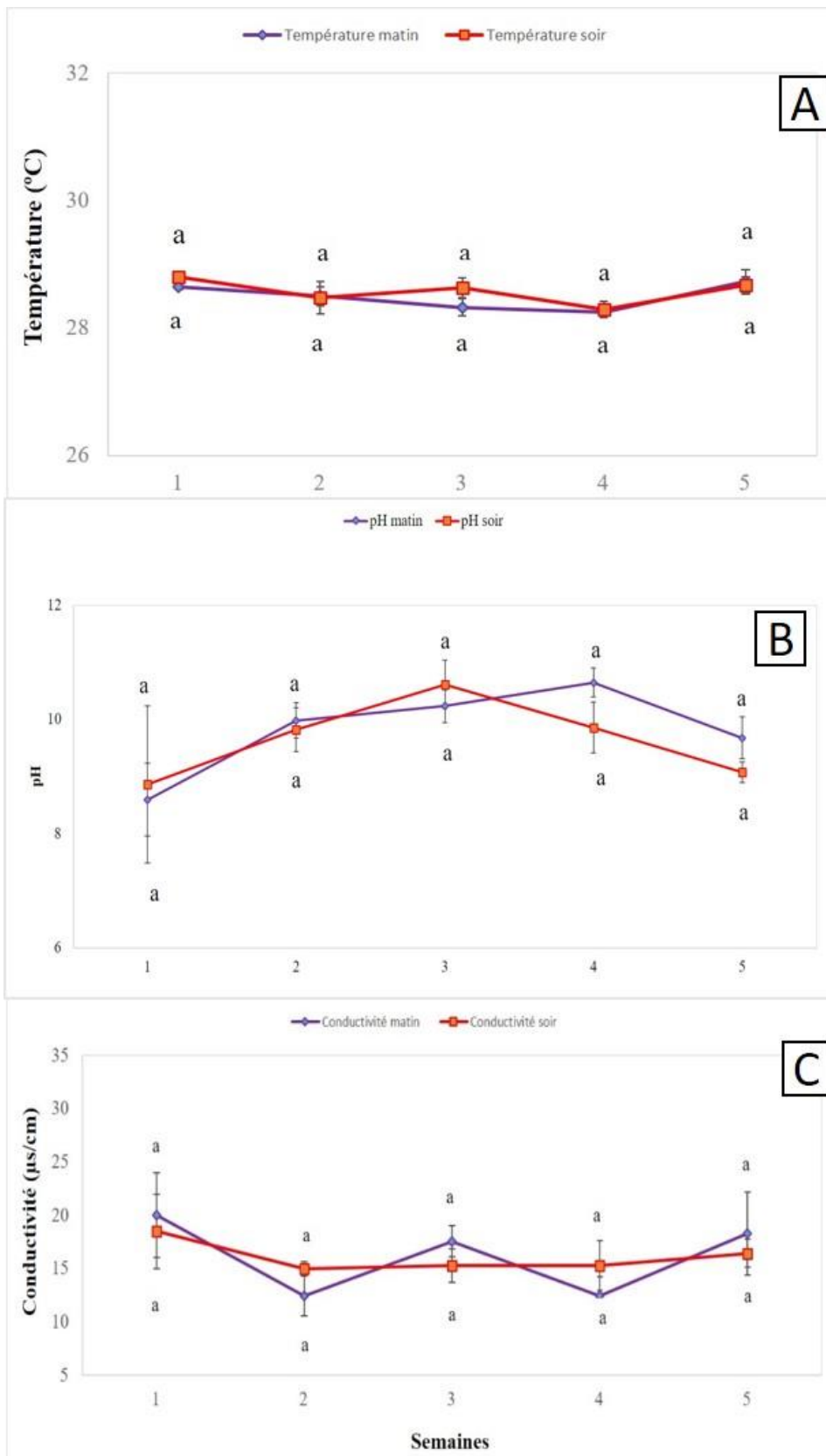


Figure 3 : Variation hebdomadaire des paramètres physico-chimiques (A : température, B : pH ; C : conductivité) dans le circuit fermé au cours de la première expérimentation.

I.1.2. Les paramètres de croissance : poids et longueur

La figure 4.A présente les poids moyens des différents lots à la fin de l'expérimentation à 35 JPE. Au niveau des lots témoins T0, où aucun contrôle du cannibalisme n'a été effectué, les moyennes des réplicats sont similaires ($p > 0,05$). Les analyses montrent la même tendance pour les réplicats du traitement T1 (pêche régulière des cannibales) dont les réplicats sont aussi homogènes ($p > 0,05$). Par contre, au niveau des lots du traitement T2 où les grilles ont été utilisées pour contrôler le cannibalisme, on observe une variation significative selon le compartiment considéré ($p < 0,05$). Ainsi, de part et d'autre de la grille, on distingue deux classes de poids correspondant respectivement aux cannibales et aux alevins (figure 4.A). Les poids moyens de ces alevins du traitement T2 ne sont pas différents de ceux des lots T1 (pêche régulière de cannibales). Par ailleurs, les poids moyens des juvéniles de T2 ne sont pas significativement différents de ceux des lots T0 (élevage sans tri de cannibales).

La longueur totale en fin d'expérimentation à 35 JPE a varié entre $3,57 \pm 0,10$ cm et $5,97 \pm 0,48$ cm selon les lots des différents traitements. Des variations similaires à ceux du poids ont été obtenues (figure 4.B).

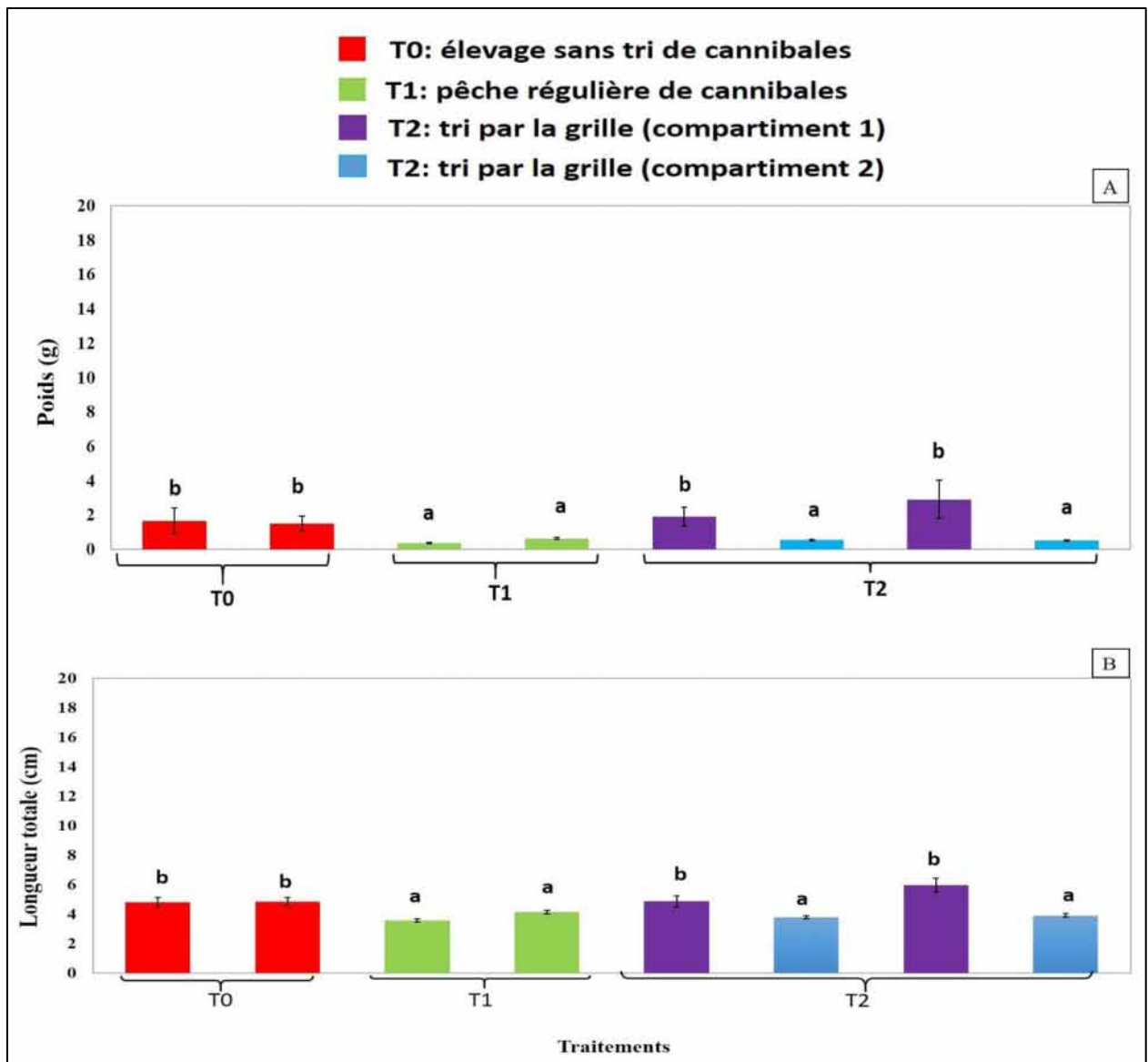


Figure 4 : Poids moyens (A) et longueurs moyennes (B) en fonction des traitements en fin d'expérimentation à 35 JPE, Moyenne \pm écart type. Les moyennes portant des lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$).

I.1.3. Mortalité

La figure 5 illustre les performances de survie des alevins après 30 jours d'élevage. Le taux de survie a varié de 6,05% à 20,33% selon les traitements. Il n'y a aucune différence significative entre les réplicats d'un même traitement. Les taux de survie les plus faibles ont été enregistrés au niveau du traitement T0 (élevage sans tri de cannibales). Les valeurs

obtenues sont significativement inférieures ($p < 0,05$) à ceux des traitements T1 (tri régulier de cannibales) et T2 (tri de cannibales par la grille séparatrice). Les analyses statistiques n'ont révélé aucune différence significative entre les taux de survie des lots T1 et T2 ($p > 0,05$).

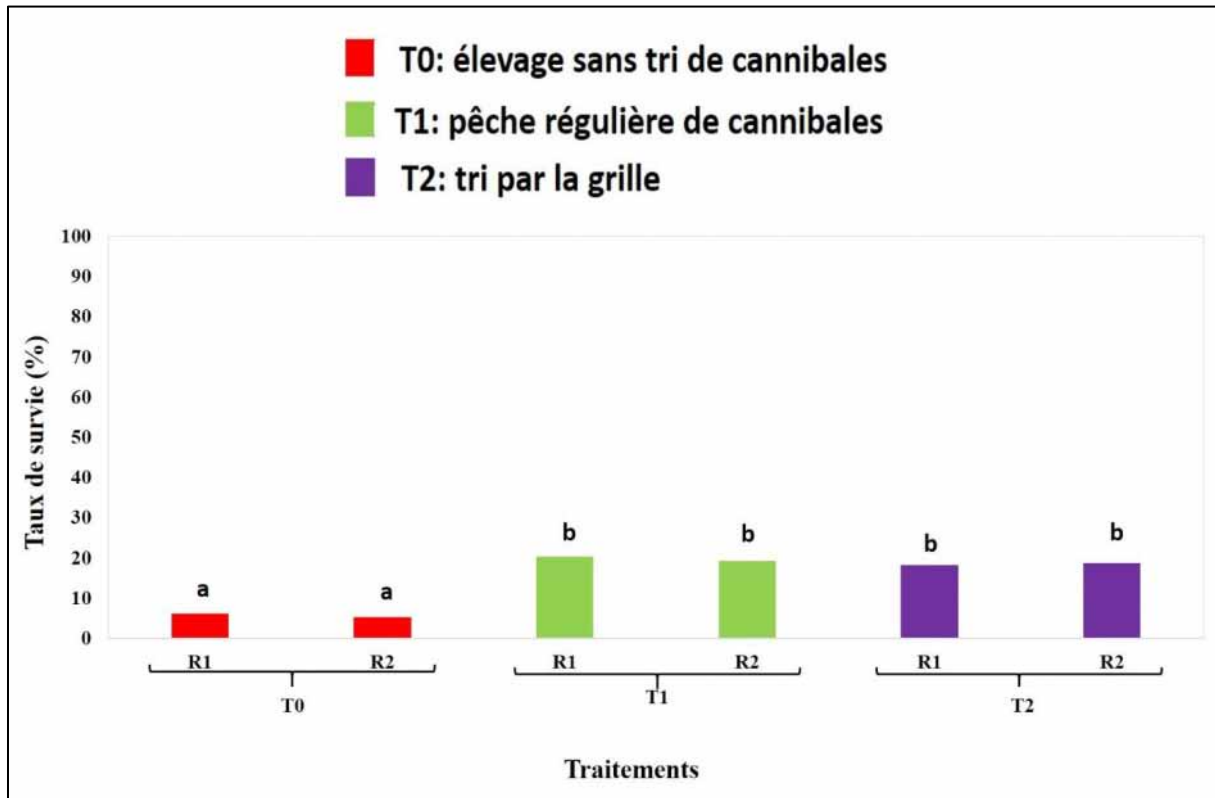


Figure 5: Taux de survie en fonction des traitements. *Les moyennes portant des lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$).*

L'analyse des causes de mortalité (figures 6 et 8) révèle une prédominance de la mortalité due au cannibalisme de type II comparativement à celles due au cannibalisme de type I et la mortalité naturelle ($p < 0,05$). En effet, de façon globale 64,56 à 74,17% de la mortalité est imputable au cannibalisme de type II, contre 11,46 à 19,49% et 14,18 à 19,15% respectivement pour le cannibalisme de type I et la mortalité naturelle (figure 8). Il n'y a aucune différence significative entre les réplicats d'un même traitement pour ces trois causes de mortalité (figure 6).

Par ailleurs, on remarque que le cannibalisme du type I et la mortalité naturelle ont été principalement observés durant les deux premières semaines et étaient quasiment inexistantes au cours des deux dernières semaines d'élevage (figure 7). Aussi, il n'y a pas de différence

significative ($p>0,05$) entre les proportions de ces deux phénomènes indépendamment des traitements (figure 6A et B) ; celles-ci ont varié respectivement de $12,74 \pm 1,72\%$ à $15,62 \pm 0,47\%$ et $11,00 \pm 0,67$ à $15,64 \pm 0,71\%$ selon les traitements.

Par contre, avec une moyenne des réplicats de $70 \pm 0,94\%$ le taux de cannibalisme de type II du traitement T0 (élevage sans tri de cannibales) est nettement supérieur ($p<0,05$) à ceux des traitements T1 (tri régulier de cannibales) et T2 (tri par la grille). Des moyennes de $51,86 \pm 1,82\%$ et $52,67 \pm 1,01$ ont été obtenues respectivement pour T1 et T2 ; selon l'analyse statistique, ces valeurs ne sont pas significativement différentes ($p>0,05$) (figure 6.C).

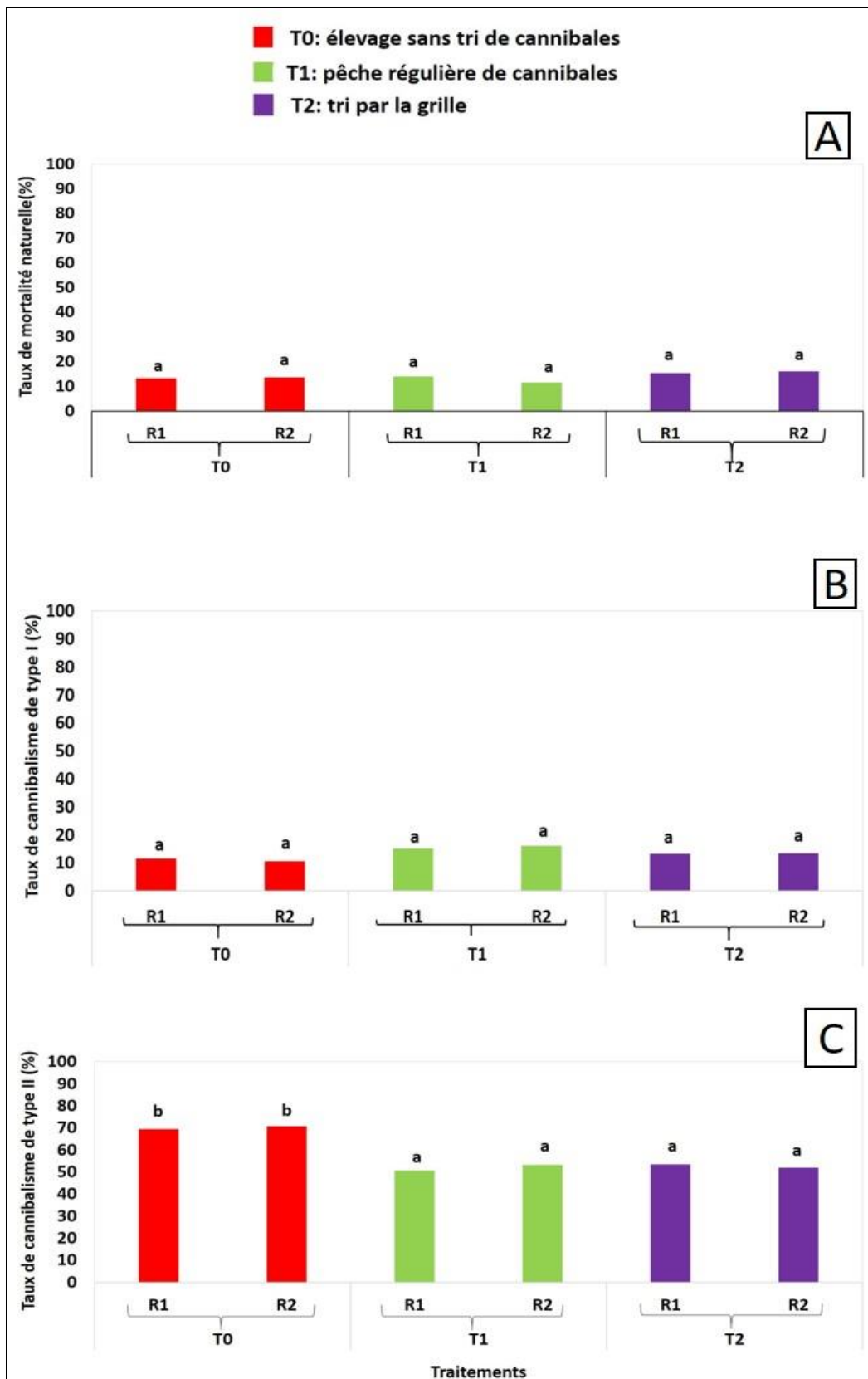


Figure 6 : Taux de mortalité naturelle (A), de cannibalisme de type I (B) et de cannibalisme de type II (C) en fonction des différents traitements. *Les moyennes portant des lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$).*

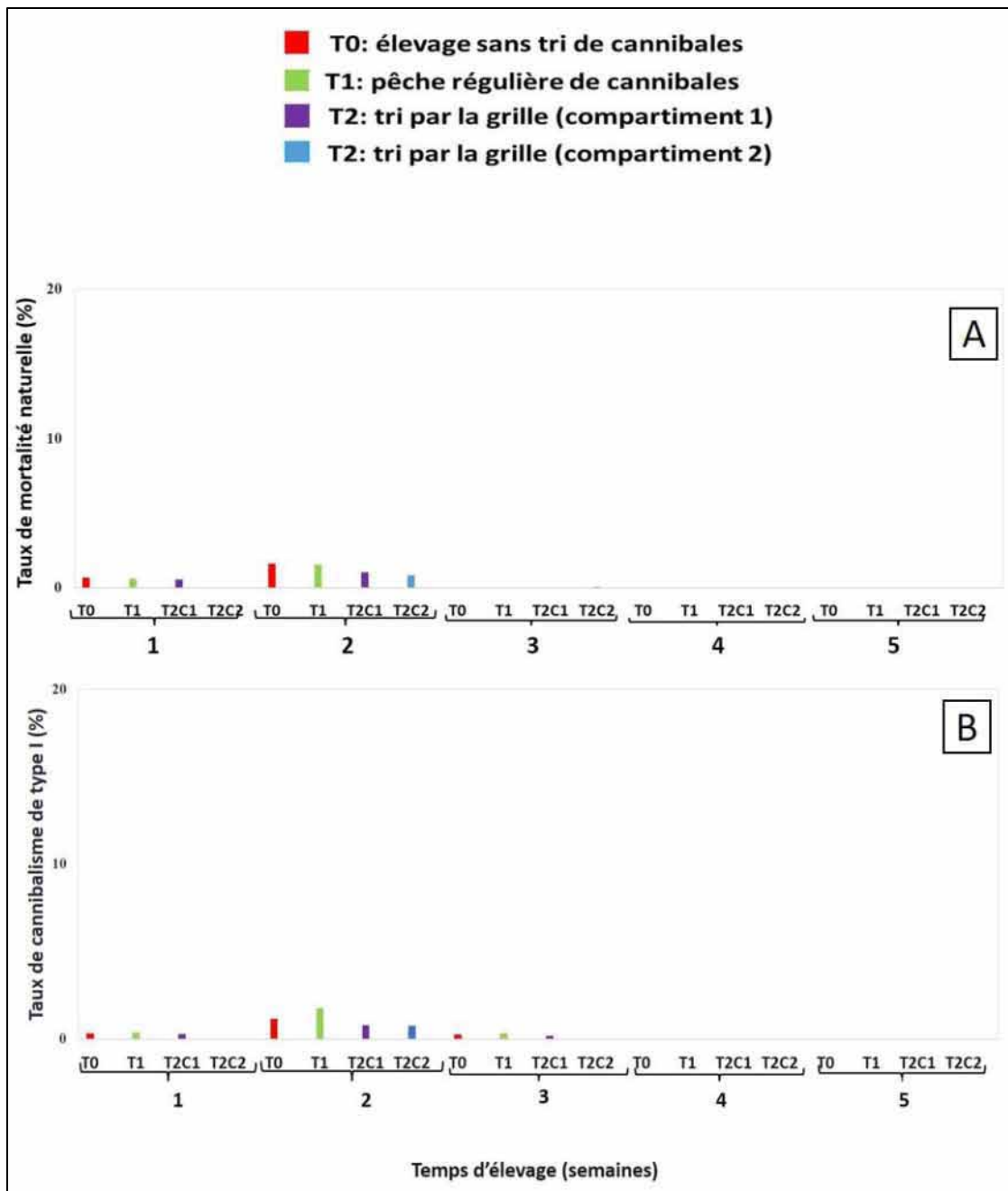


Figure 7 : Evolution hebdomadaire de la mortalité naturelle (A) et du cannibalisme de type I (B) en fonction du traitement durant l'expérimentation.

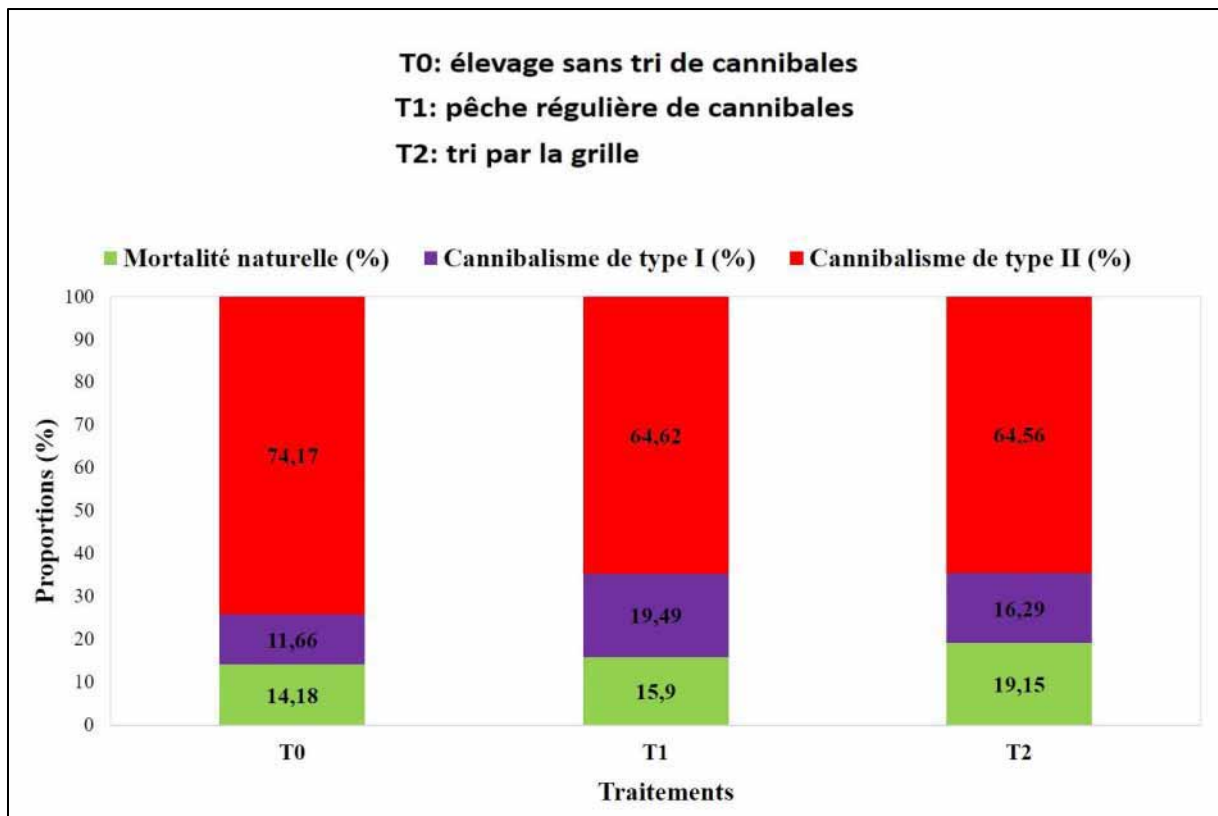


Figure 8 : Proportions moyennes des différentes causes de mortalité par rapport à la mortalité globale.

I.2.Résultats de la deuxième expérimentation

I.2.1. Les paramètres physico-chimiques de l'eau

Au niveau de la température, des moyennes de $30,20 \pm 0,1^\circ\text{C}$ le matin et de $30,29 \pm 0,1^\circ\text{C}$ le soir ont été enregistrées. Les valeurs extrêmes étaient de $28,97 \pm 0,09^\circ\text{C}$ et $30,31 \pm 0,12^\circ\text{C}$ le matin, et de $30,13 \pm 0,07^\circ\text{C}$ et $30,36 \pm 0,09^\circ\text{C}$ le soir. Aucune différence significative n'a été révélée entre les différentes moyennes hebdomadaires (figure 9.A).

Les moyennes hebdomadaires du pH ont varié de $9,06 \pm 0,46$ à $11,03 \pm 0,05$ le matin avec une moyenne de $10,39 \pm 0,40$. Celles du soir ont varié de $9,20 \pm 0,21$ à $11,41 \pm 0,32$ avec une moyenne de $10,27 \pm 0,369$ (figure 9.B). Ces moyennes ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Quant à la conductivité de l'eau, des moyennes de $22,97 \pm 1,63 \mu\text{/cm}$ le matin et $24,65 \pm 1,37 \mu\text{/cm}$ le soir ont été obtenues ; globalement au niveau de ces moyennes, des différences significatives ($p < 0,05$) ont été observées à partir de la troisième semaine (figure 9.C) contrairement à la température et au pH.

Les valeurs de ces différents paramètres physico-chimiques sont restées dans les gammes de tolérance pour l'élevage de *C. gariepinus*.

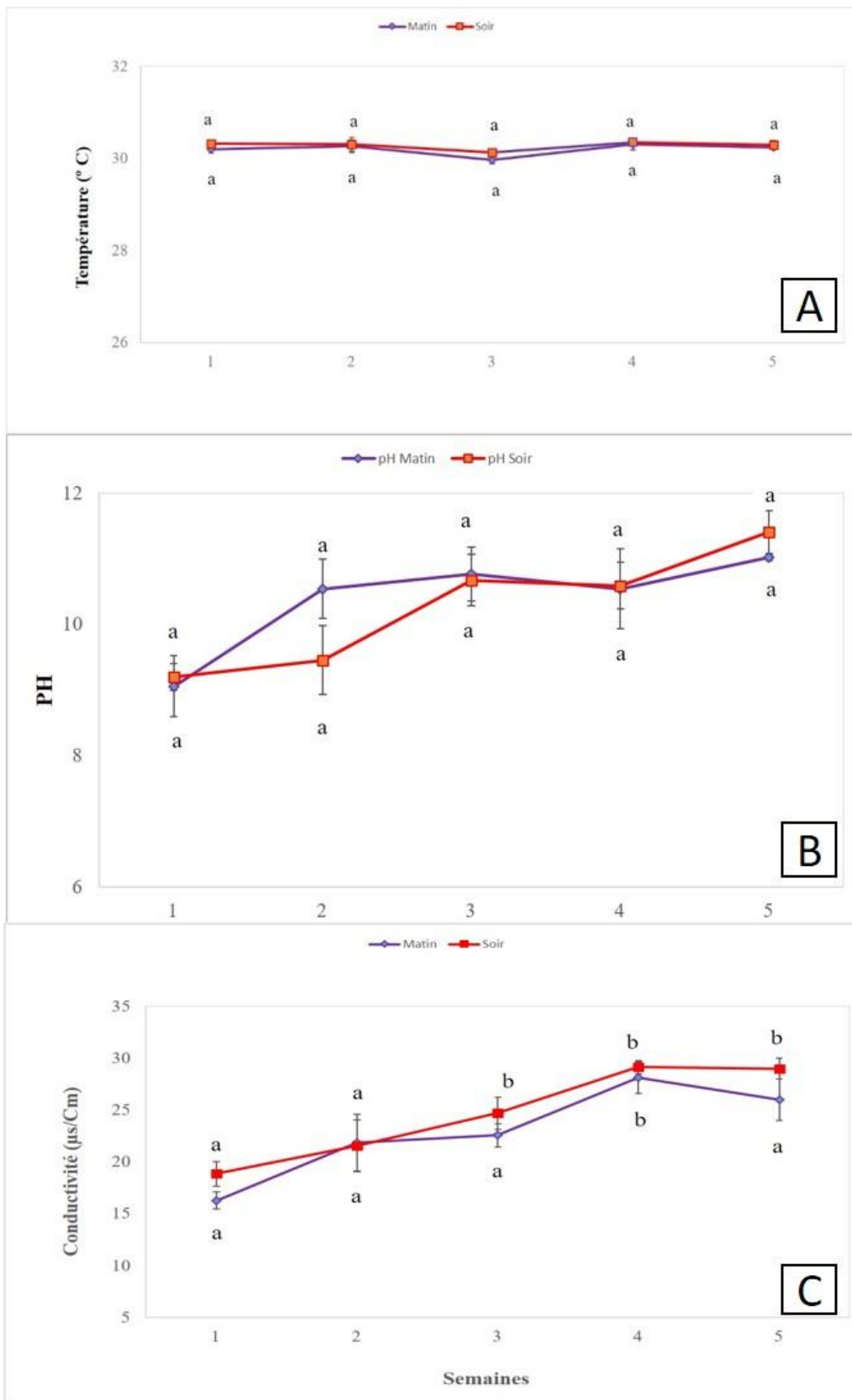


Figure 9 : Variation hebdomadaire des paramètres physico-chimiques (A : température, B : pH, C : conductivité) au cours de la deuxième expérimentation. *Les moyennes portant des lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$).*

I.2.2. Les paramètres de croissance : poids et longueur

Les poids moyens des différents lots à la fin de l'expérimentation c'est-à-dire à 45JPE sont présentés dans la figure 10.A. Au niveau des lots témoins T0, lots dans lesquels aucun contrôle du cannibalisme n'a été effectué, les poids moyens entre les réplicats sont significativement différents ($p < 0,05$). Par contre, pour les lots du traitement T1 (pêche régulière des cannibales) dont les réplicats sont homogènes ($p > 0,05$), aucune différence significative n'est observée. Concernant les réplicats du traitement T2 où les grilles ont été utilisées pour contrôler le cannibalisme, une différence significative est observée selon le compartiment considéré ($p < 0,05$). Deux classes de poids ont été observées de part et d'autre de la grille, correspondant respectivement aux juvéniles et aux alevins (figure 10.A). Par ailleurs, au niveau des réplicats du traitement T3 où une pêche régulière de cannibales a été effectuée en plus des grilles pour contrôler le cannibalisme, les poids moyens des réplicats ne présentent pas de différence significative et correspondent à ceux des alevins. Les poids moyens des alevins du traitement T2 (pêche régulière de cannibalisme) et du traitement T3 (pêche régulière de cannibalisme plus utilisation d'une grille) ne sont pas significativement différents de ceux des lots T1 (pêche régulière de cannibales). Aussi, les poids moyens des juvéniles de T2 ne sont pas significativement différents du deuxième replicat du traitement T0 (élevage sans tri de cannibales) (figure 10.A).

La longueur totale en fin d'expérimentation à 45 JPE a varié entre $5,76 \pm 0,14$ cm et $10,08 \pm 0,55$ cm selon les lots des différents traitements. Les moyennes des réplicats sont similaires au niveau des lots T0 (élevage sans tri de cannibales), T1 (pêche régulière de cannibales) et T3 (pêche régulière de cannibales plus tri par la grille) ($p > 0,05$). Par contre, au niveau des lots T2 où les grilles ont été utilisées pour contrôler le cannibalisme, on observe une variation significative de part et d'autre de la grille ($p < 0,05$) (figure 10.B).

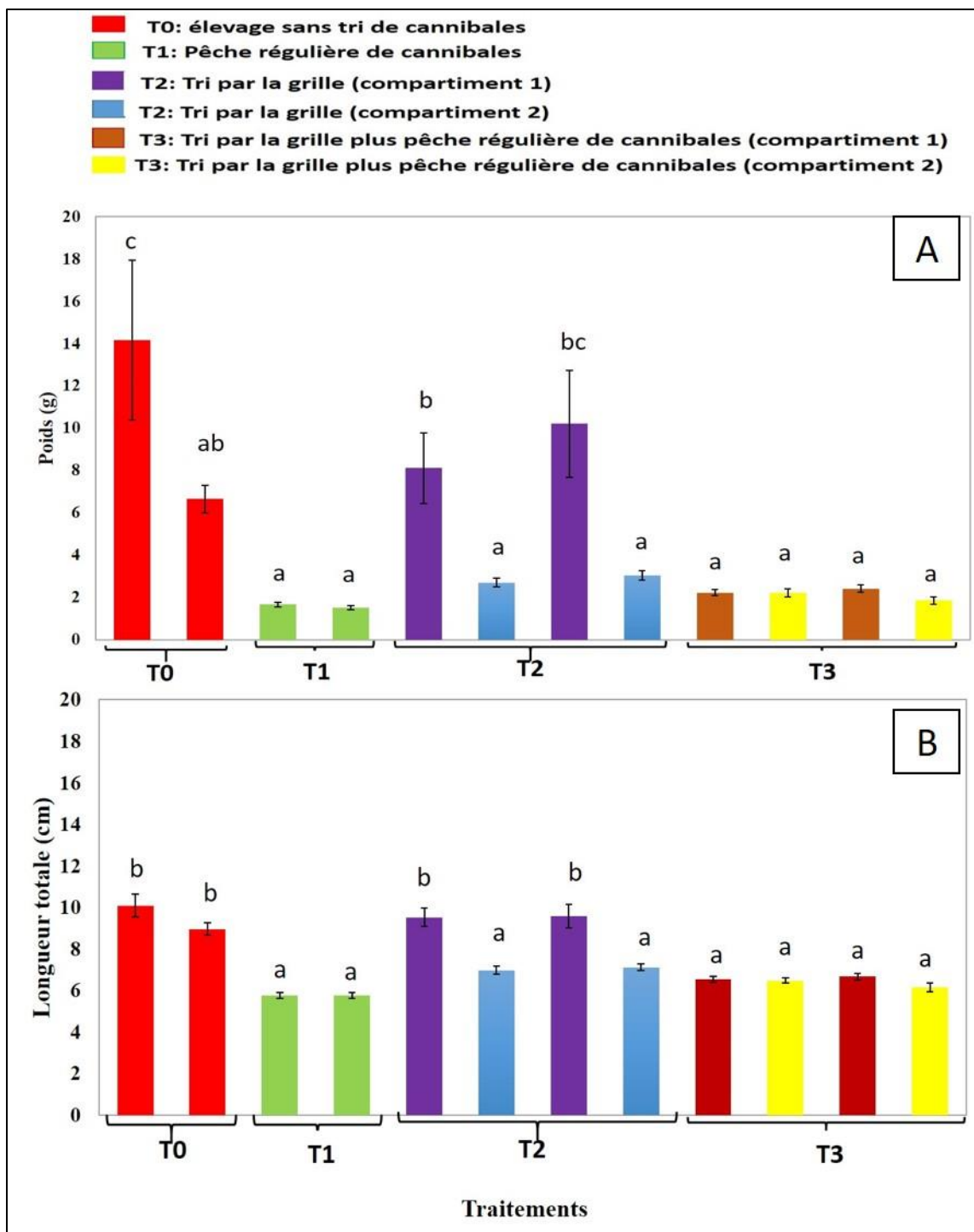


Figure 10 : Poids moyens (A) et longueurs moyennes (B) selon le traitement en fin d'expérimentation à 45 JPE, **Moyenne ± écart type.** Les moyennes portant des lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$).

I.2.3. Mortalité

Le taux de survie en fin d'expérimentation à 45 JPE a varié entre 4,92 et 40,15% selon les lots des différents traitements (figure 11). Il n'y a aucune différence significative entre les réplicats d'un même traitement. Les taux de survie les plus faibles ont été enregistrés au niveau du traitement T0 (élevage sans tri de cannibales). Les valeurs obtenues sont significativement inférieures ($p < 0,05$) à ceux des traitements T1 (pêche régulière de cannibales), T2 (tri de cannibales par la grille séparatrice) et T3 (pêche régulière de cannibales plus tri par la grille). Les analyses statistiques n'ont révélé aucune différence significative entre les taux de survie des lots T1 et T2 ($p > 0,05$). Par contre, les analyses montre un taux de survie plus élevé au niveau des lots T3 (pêche régulière de cannibales plus tri par la grille) par rapport aux lots T0 (élevage sans tri de cannibales), T1 (tri régulier de cannibales) et T2 (tri de cannibales par la grille séparatrice) (figure 11).

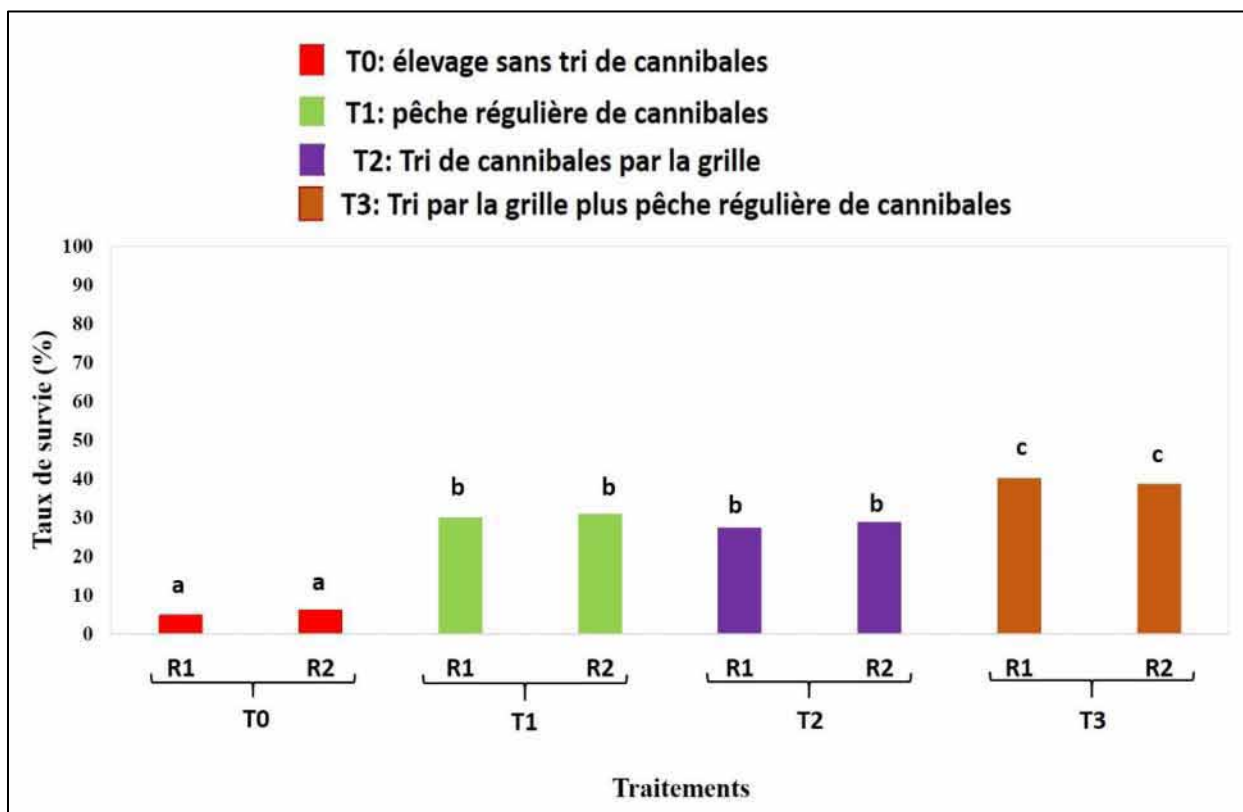


Figure 11: Taux de survie en fonction des traitements. *Les moyennes portant des lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$).*

Tout comme dans la première expérimentation, l'analyse des causes de mortalité (figures 12 et 14) révèle une prédominance de la mortalité due au cannibalisme de type II comparativement à celles due au cannibalisme de type I et la mortalité naturelle ($p < 0,05$). En effet, de façon globale, 69,36 à 83,85% de la mortalité est imputable au cannibalisme de type II, contre 2,21 à 3,65% et 13,70 à 27,36% respectivement pour le cannibalisme de type I et la mortalité naturelle. (Figure 14).

Par ailleurs, le taux de cannibalisme de type II ($79,19 \pm 5,49$) du traitement T0 (élevage sans tri de cannibales) est significativement supérieur ($p < 0,05$) à ceux des traitements T1, T2 et T3 (figure 12.C). Les taux moyens de cannibalisme de type II de ces trois derniers traitements ne sont pas significativement différents ; les valeurs moyennes $56,42 \pm 2,67\%$, $49,85 \pm 1,09\%$ et $42,50 \pm 7,78\%$ ont été obtenues respectivement pour les traitements T1, T2 et T3. Il n'y a aucune différence entre les réplicats des différents traitements (figure 12.C).

Par contre, les analyses n'ont révélé aucune différence significative entre les taux de mortalité naturelle et de cannibalisme de type I des quatre traitements (figure 12.A et B). Les moyennes ont varié de $11,65 \pm 2,01\%$ à $19,42 \pm 3,43\%$ et $1,54\%$ à $2,62 \pm 1,2\%$ respectivement pour la mortalité naturelle et le cannibalisme de type I. Aussi, ces deux causes de mortalité ont surtout été observées durant la première semaine ; elles étaient quasiment inexistantes au cours des autres semaines d'élevage (figure 13).

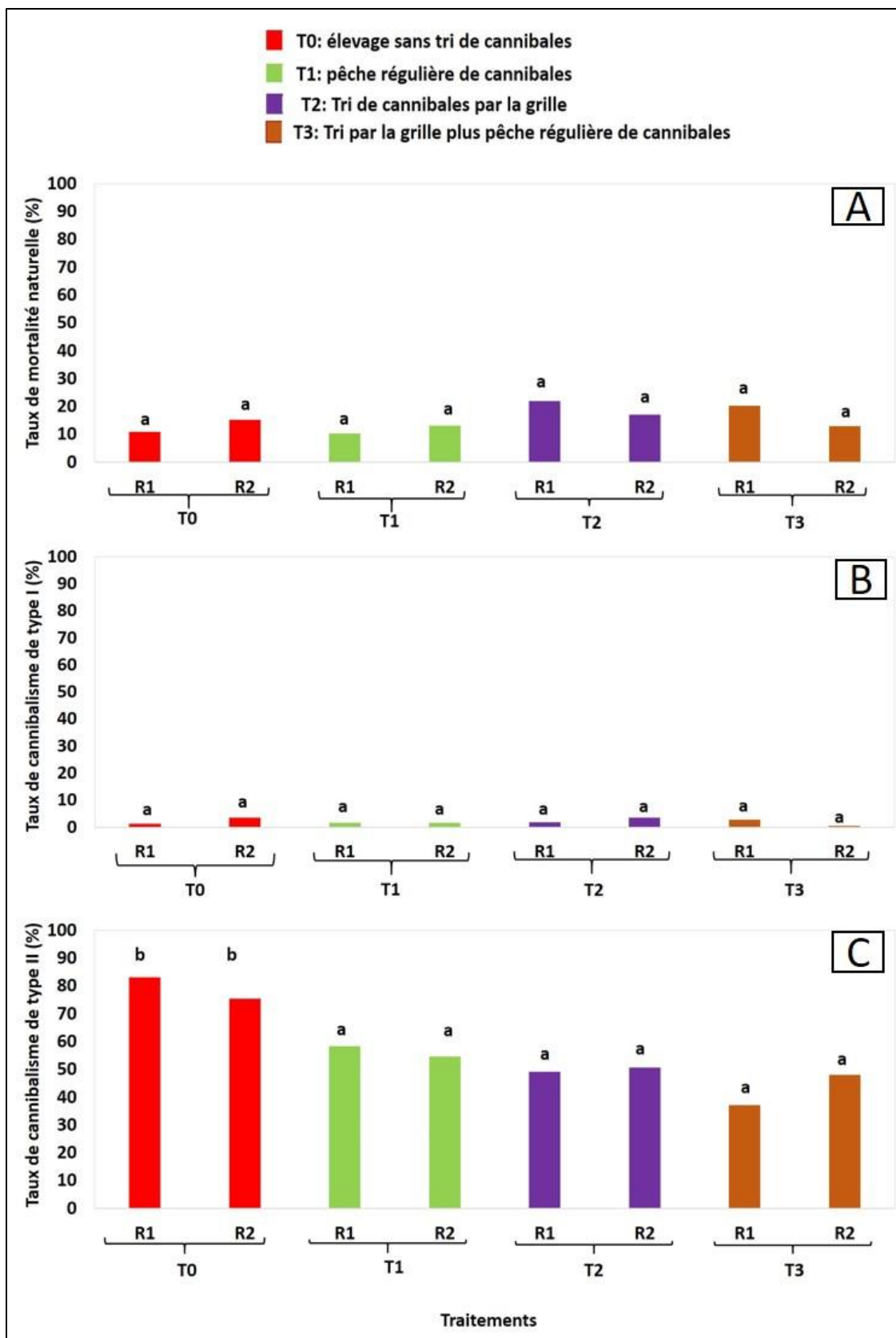


Figure 12 : Taux de mortalité naturelle (A), de cannibalisme de type I (B) et de cannibalisme de type II (C) selon les traitements. Les moyennes portant des lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$).

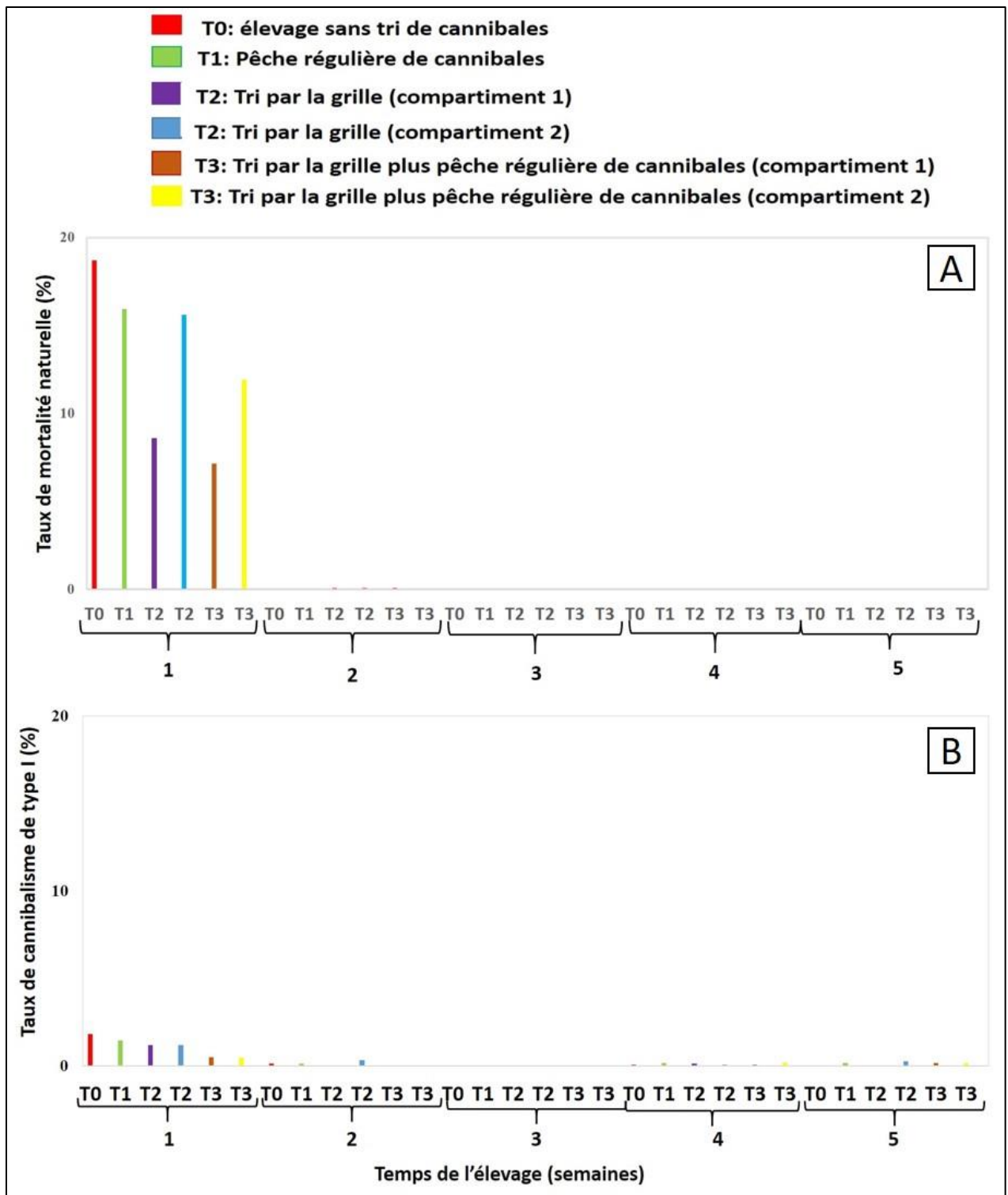


Figure 13 : Evolution hebdomadaire de la mortalité naturelle (A) et du cannibalisme de type I durant la deuxième expérimentation

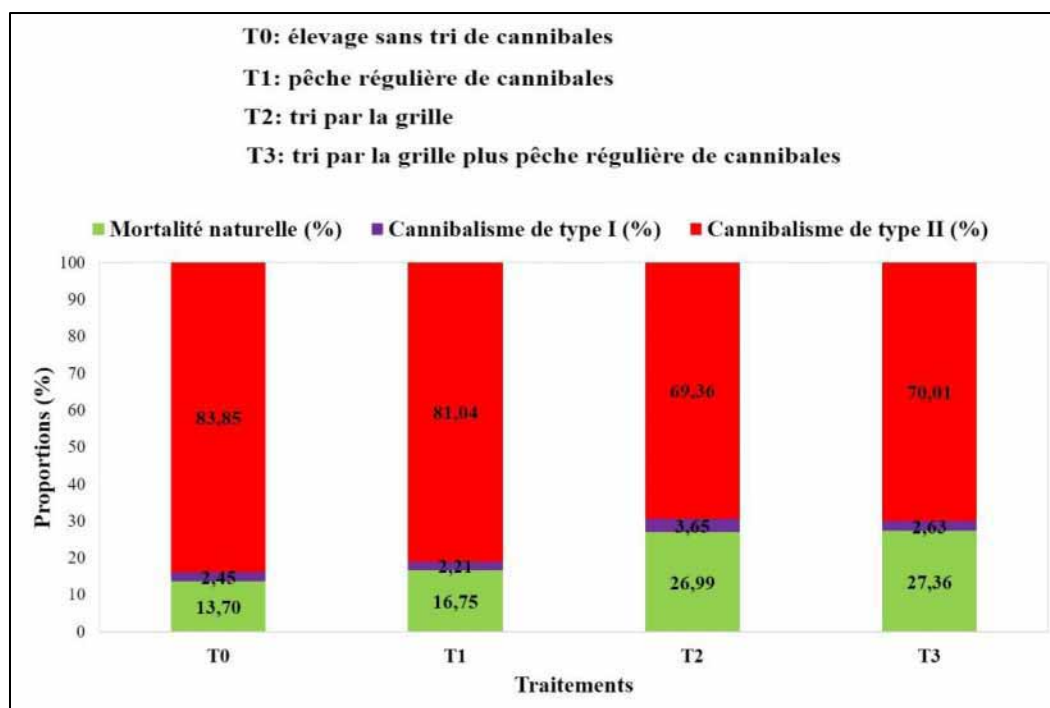


Figure 14 : Proportions moyennes des différentes causes de mortalité par rapport à la mortalité globale.

I.2.4. Tri de cannibales

L'analyse des fréquences de tri de cannibales (tableau IV), révèle une fréquence plus élevée (155 tris en moyenne) dans les lots T1 (pêche régulière de cannibales) comparativement aux lots T3 (pêche régulière de cannibales plus tri par la grille) où 99 tris ont été effectués en moyenne.

Tableau IV: fréquence de tri de cannibales dans les lots T1 et T3

Traitements	Répétitions	Nombre de tri de cannibales	Nombre moyen de tri de cannibales
T1	R1	165	155
	R2	144	
T3	R1	97	99
	R2	101	

II. Discussion

II.1. Efficacité des grilles séparatrices

Les résultats obtenus au cours de ces deux expériences ont révélé que le cannibalisme de type II est la cause la plus importante de mortalité. En effet, 64,5 à 83,85% de la mortalité totale sont imputables à ce phénomène. Ainsi, les variations du taux de survie (4,92 à 40,15%) selon les traitements sont principalement corrélées à celle du cannibalisme de type II (37 à 83,08%). En comparaison, les taux de la mortalité naturelle et du cannibalisme de type I (13,70 à 27,36% et 2,21 à 19,49% respectivement) sont significativement inférieurs. Daffé en 2002, a obtenu la même tendance lorsqu'elle a travaillé sur l'effet de la température sur la croissance et la survie des larves de *C. gariepinus*.

L'analyse de nos données révèle que la mortalité naturelle et le cannibalisme de type I ont lieu principalement au cours des deux premières semaines et les taux ne présentent aucune différence significative en fonction des traitements appliqués. Ces résultats suggèrent que les différents traitements appliqués au cours de cette étude n'ont eu aucun impact positif sur la mortalité naturelle et celle due au cannibalisme de type I. Toutefois, comparativement aux données de la littérature, il ressort que les taux de mortalité naturelle obtenus dans cette étude, sont plus faibles que ceux obtenus des études précédentes (Coulibaly *et al.*, 2007). Ces auteurs, qui ont travaillé sur les alevins de *Heterobranchus longifilis*, ont obtenu des taux de mortalité naturelle variant entre 17,23 et 65%. L'apparition très précoce du cannibalisme de type I (cannibalisme incomplet) suggérerait que ce dernier n'est pas forcément lié à une différence de taille entre les individus d'une même fratrie, c'est-à-dire que le prédateur n'a pas besoin d'être plus grand que sa proie avant d'exercer ce type cannibalisme. Comparativement à d'autres espèces, il a été montré que l'apparition très précoce d'interactions sociales entre les individus d'une même fratrie entraînerait un cannibalisme précoce, surtout à forte densité d'élevage (100 à 200 alevins de 1,7 g/m² chez *Oreochromis niloticus*) (Campbell, 1985). Cela influence fortement le taux de survie calculé en fin d'expérimentation. Des études réalisées dans différents biotopes ont montré que le cannibalisme est induit soit par des facteurs écologiques directement liés à une insuffisance des ressources alimentaires (à de fortes densités d'individus et à une hétérogénéité structurale de la population), soit par des facteurs sociaux comme des besoins de reproduction, ou des contraintes de soins parentaux face à une progéniture trop nombreuse (Alabi *et al.*, 2009). Les avantages de ce comportement sont les gains nutritionnel et énergétique, les gains de territoire pour vivre et se développer. Nos résultats sont en concordance avec ceux de Baras et

Jobbling (2002) qui affirmaient que le cannibalisme de type I caractérisait les premières phases de vie des espèces chez lesquelles il existe. Ces résultats ne remettent pas en cause l'efficacité du système de séparation par les grilles car le principe des grilles est d'aboutir à un isolement des gros individus (cannibales) et donc n'est pas supposé influencer le cannibalisme de type I (cannibalisme incomplet).

L'analyse des données a révélé par contre des différences entre les traitements appliqués en ce qui concerne le cannibalisme de type II (cannibalisme complet). En effet, un fort taux a été observé au niveau du T0 où aucun tri n'a été réalisé par rapport au T1 (pêche régulière de cannibales), au T2 (tris par la grille) et au T3 (pêche régulière de cannibales plus tris par la grille). Ces résultats indiquent l'efficacité des grilles de séparation pour le contrôle du cannibalisme et l'amélioration de la survie des alevins de *C. gariepinus*. Les grilles ont permis aux plus petits individus d'échapper à la prédation en se réfugiant dans le compartiment opposé, isolant en même temps les plus gros individus (cannibales). Par ailleurs, le taux de cannibalisme de type II observé au niveau des lots T1 (pêche régulière de cannibales), des lots T2 (tris par la grille) et des lots T3 (pêche régulière de cannibales plus tris par la grille) ont été similaires, ce qui suggère la possibilité de substitution de la pêche régulière de cannibales par la mise en place des grilles de séparation.

Bien que les grilles aient permis de diminuer le cannibalisme d'une manière générale, les taux de mortalité par le cannibalisme de type II restent toutefois encore très élevés. Cette situation s'expliquerait par le fait que, dès le début de l'éclosion, certaines larves croissent plus vite que d'autres et en absence de tri, cette différence de taille s'accroît de manière progressive et va aboutir au comportement cannibale des plus gros individus sur les plus petits. Les résultats obtenus au cours de nos expériences sont d'ailleurs conformes à ceux trouvés par Atse *et al.* (2012) à savoir que le taux de cannibalisme est plus élevé dans les lots non triés que dans les lots triés une ou plusieurs fois par semaine.

La comparaison des traitements T1 (tri par la grille uniquement) et T3 (tri par la grille plus pêche régulière des cannibales) montre que l'utilisation des grilles a permis aussi de réduire le nombre de tris de 1/3 (T1 versus T3), et par conséquent le temps consacré quotidiennement aux soins apportés aux alevins.

En conclusion, le système de tri par la grille proposé dans la présente étude pour remplacer le tri quotidien (pêche de cannibale) et son action combinée à la pêche régulière de cannibales

pour l'amélioration de la survie de *C. gariepinus* et la réduction du nombre de tri s'est révélé efficace.

II.2. Impacts des grilles séparatrices sur la croissance

L'analyse des données de croissance a révélé une différence significative entre les différents lots en fonction du traitement appliqué. D'une manière générale, cette croissance est plus importante dans les lots du traitement T0 avec toutefois un nombre plus réduit d'individus ; Ce qui va dans le sens des travaux de Alabi *et al.*, (2009) qui avaient montré que le cannibalisme avait des avantages, qui sont les gains nutritionnel et énergétique, les gains de territoire pour vivre et se développer, pour les individus présentant ce comportement. Aussi, les résultats combinés des deux expérimentations ont montré une croissance plus importante (poids et taille) des lots du traitement T0 (pas de tri) par rapport aux lots T1 (pêche régulière de cannibales), aux lots des compartiments 2 (compartiments contenant les petits individus) des traitements T2 (tri par la grille) et T3 (tri par la grille plus pêche régulière de cannibales). Cette croissance élevée pourrait s'expliquer par le fait que la compétition pour l'espace vital et l'aliment distribué était très réduit dans ces lots. En effet, le cannibalisme a été plus élevé au niveau des lots T0 (élevage sans tri), ce qui a entraîné une diminution progressive de la densité initiale en libérant plus d'espace et donc plus d'accessibilité à l'aliment qui est distribué à la volée. Pour les lots des compartiments 1 (compartiments des plus gros sujets) des traitements T2 (tri par la grille), la densité était faible du fait que la majeure partie des alevins se réfugiait dans les deuxièmes compartiments (compartiment des petits individus). Ces résultats sont similaires à ceux de Atse *et al.*, (2012) qui ont eu une croissance significativement plus élevée au niveau des lots non triés ($p < 0,05$) que celle des lots triés. Aussi, Solomon et Udoji (2011) ont obtenu un poids moyen de 31,10 g chez *C. gariepinus* et un poids moyen de 3,5g chez *Heterobranchus longifilis* en deux mois d'élevage et ont déduit que ce poids élevé chez *C. gariepinus* était dû au taux de cannibalisme très élevé chez cette espèce. Par ailleurs, Onwuteaka et Onyinye (2015) à la fin de leurs travaux sur les juvéniles de *C. gariepinus*, ont trouvés un poids moyen de 184,5g dans le lot non contrôlé contre un poids moyen de 8,5 g dans le lot contrôlé. C'est dire donc que le tri permet de réduire le cannibalisme en réduisant l'hétérogénéité de taille dans les différents lots.

Conclusion et perspectives

L'objectif principal de cette étude était de contribuer à l'amélioration des techniques de production d'alevins de *C. gariipinus* dans les systèmes d'élevage par l'utilisation de grilles séparatrices afin de réduire le cannibalisme et le temps consacré aux soins des larves et post-larves. Les résultats obtenus ont montré que le taux global de cannibalisme est plus élevé en absence de tri, que ce tri soit fait manuellement (pêche régulière de cannibales) ou à travers l'utilisation des grilles séparatrices. Aussi, le taux de survie est meilleur lorsqu'on associe le tri manuel au tri par la grille et intermédiaire lorsqu'on utilise uniquement le tri manuel ou le tri par la grille.

Cette technique a permis aussi d'obtenir des alevins de taille beaucoup plus homogène contrairement à ce qui est observé en l'absence de tri. Elle permet aussi de réduire le nombre d'infrastructures d'élevage car le tri manuel nécessite la mobilisation de plusieurs aquariums pour la conservation des cannibales.

Au vu des résultats cette étude, il serait intéressant de poursuivre les travaux sur deux aspects principalement :

- utiliser simultanément deux, voire trois grilles de différents maillages classés par ordre décroissant à l'intérieur d'un même aquarium pour renforcer le tri ;
- conduire l'expérimentation jusqu'à la taille de 10 g, taille à laquelle les alevins sont transférés aux producteurs, le cannibalisme étant toujours important durant cette phase.

Par ailleurs, nous recommandons d'utiliser des tuyaux PVC pour la confection des cadres des grilles, ce qui évitera le pourrissement du bois des cadres.

Références bibliographiques

1. **Appelbaum, S., & Kalmer, E. (2000).** Survival, growth, metabolism and behaviour of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) early stages under different light conditions. *Aquacultural Engineering*, 22, 269-287.
2. **Alabi T., Patiny S., Verheggen F., Francis F. & Haubruge E. (2009).** «Origine et évolution du cannibalisme dans les populations animales : pourquoi manger son semblable ?», numéro 3, volume 13 (2009), 409-425.
3. **Atse B. C., Koffi K. M., Konan K. J., N'dri Kouamé M. (2012).** Effets du taux de rationnement et de la fréquence de tri sur la croissance, la survie larvaire et le cannibalisme chez le silure *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840. *Journal of Applied Biosciences (Côte d'Ivoire)* 59: 4358– 4365.
4. **Bambio Z. F. (2015).** Poissons, commerce, importations, Marché de poissons : hausse marquée des importations de congelés. *Journal agroalimentaire (Burkina-Faso)*.
5. **Baras E. & d'Almeida A. F. (2001).** Size heterogeneity prevails over kinship in shaping cannibalism among larvae of sharptooth catfish *Clarias gariepinus*. *Aquatic living resources*, 14, 251-256.
6. **Baras E. & Jobling M (2002).** Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fishes. *Aquaculture Research* 33, 461-473.
7. **Baras E. (1998).** Bases biologiques du cannibalisme chez les poissons. *Cahiers d'Ethologie*, 18, 53-98.
8. **Baras E. (1999).** Sibling cannibalism among juvenile vundu under controlled conditions. Cannibalistic behaviour, prey selection and prey size-selectivity. *Journal of Fish Biology*, 54, 82-105.
9. **Baras E., Kestemont P., Mélard C. (2002).** Effect of stocking density on the dynamics of cannibalism in sibling larvae of *Perca fluviatilis* under controlled conditions. *Aquaculture* 219 (2003) 241–255. 244.
10. **Braton, B. A, Morgan, J. D. & Vijayan, M. M (2002).** Physiological and condition-related indicators of environmental stress in fish. In *Biological indicators of Aquatic Ecosystem Health*. Adams S.M. (ed. American Fisheries Society, Bethesda, M.D) 111-148.

11. **Campbell D. (1985).** Large scale cage farming of *Sarotherodon niloticus*. Aquaculture 48: 57 - 69.
12. **COFI (2015).** L'aquaculture voit sa croissance en bleue, 8^{ème} édition (Brésil).
13. **Compaoré Inoussa (2017).** Caractérisations morphologique, génétique et zootechnique de deux espèces sauvages de poisson-chat africain *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) et *Clarias anguillaris* (Linné, 1758) du Burkina Faso. Thèse de doctorat en développement rural, Université Polytechnique de Bobo (Burkina-Faso) 108p.
14. **Coulibaly A., Koné T., Ouattara N. I., N'Douba V., Snoeks J., Kouamélan E. P. & Bi Gouli G. (2007).** Évaluation de l'effet d'un système de refuge sur la survie et la croissance des alevins de *Heterobranchus longifilis* élevés en cage flottante (Belgique). Journal de zoologie, 137 (2) : 157-164.
15. **Dabrowski K, Kaushik SJ, Fauconneau B (1985).** Rearing of sturgeon (*Acipenser baeri* Brandt) larvae feeding trial. Aquaculture 47: 185 – 192.
16. **Daffé (2002).** Effet de la température sur la croissance, la survie et le sexe phénotypique chez les larves du poisson chat africain *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Aquaculture, 29p.
17. **De Graaf, G.J. & Janssen, J.A.L. (1996).** Artificial reproduction and pond rearing of the African catfish, *Clarias gariepinus* in sub-Saharan Africa. A handbook FAO Fisheries Technical Paper. N° 362. Rome, FAO. 73.
18. **DGRH (2011).** Stratégie Nationale de Développement Durable des ressources Halieutiques à l'horizon 2025 (Burkina Faso). 39 p.
19. **DGRH (2014).** Stratégie Nationale de Développement Durable des ressources Halieutiques à l'horizon 2025 (Burkina Faso). 47.
20. **Ducarme Ch. & Micha J.-C. (2003).** Technique de production intensive du poisson chat africain, *Clarias gariepinus* 189 P.
21. **Fagbenro O. A. (1999).** Comparative evaluation of heat processed winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) meals as partial replacement for fish meal in diets for the African catfish (*Clarias gariepinus*). Aquaculture 170. 297-305 P.

22. **FAO (2010).** Système d'information sur les ressources alimentaires et d'engrais en aquaculture. Poisson-chat nord-africain - *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). 3.
23. **FAO (2016).** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. Rome. 224p.
24. **Fawolé, O. O., Ogundiran, M. A., Ayandiran, T. A. & Olagunju, O. F. 2007.** Proximate and Mineral Composition in Some Selected FreshWater Fishes in Nigeria. *Internet Journal of Food Safety* **9** : 52-55.
25. **Gilles S., Dugue R. & Slembrouck J. (2001).** Manuel de production d'alevins du silure africain *Heterobranchus longifilis*. Editions Maisonneuve & Larose, Paris (France), 127p.
26. **Hecht T & Appelbaum S (1988).** Observations on intraspecific aggression and coeval sibling cannibalism by larval and juvenile *Clarias gariepinus* (Clariidae: Pisces) under controlled conditions. *Journal of Zoology London* 214: 21-44
27. **Hecht T. & Pienaar G. A. (1993).** A Review of Cannibalism and its Implications in Fish Larviculture. Department of Ichthyology and Fisheries Science. Rhodes University, P.O. Box 94, Grahamstown, South Africa. 246-261.
28. **Hengsawat, K., Ward, F. J. & Jaruratjamorn P. (1997).** The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish *Clarias gariepinus* Burchell 1822) cultured in cages. *Aquaculture* **152**: 67-76.
29. **INED (2017).** Sept milliards et demi d'humains aujourd'hui, combien demain? Etudes marines, n°12, juin 2017, 20-29.
30. **Janssen J. (1985).** Elevage du poisson-chat africain *clarias lazera* (Cuv. & Val., 1840) en République Centrafricaine, document technique numéro 20.
31. **Kerdchuen N. (1992).** L'alimentation artificiel d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei: Clariidae) : incidence du mode d'alimentation et première estimation des besoins nutritionnels. Thèse de Doctorat de l'université Paris 6. 183.
32. **Kestemont, P., & Baras, E. (2001).** Environmental factors and feed intake in fish. In food intake in fish (ed. By D. F. Houlihan, T. Boujard et M. Jobling), 131-156.

- 33. Lacroix E. (2004).** Pisciculture en zone tropicale. GFA Terra System, Hamburg, Allemagne. 231p.
- 34. Mfwana Inabanza D., Kasongo T. G., Ntende Mwenze B., Katemo M. B. & Chocha M. A. (2016).** Etude comparative des performances de croissance et de taux de survie des larves des deux espèces du genre *Clarias* (*Clarias gariepinus* et *Clarias ngamensis*) au jardin zoologique de Lubumbashi, RD Congo.739.
- 35. Na-Nakorn U. & Brummett R. E. (2009).** Use and exchange of aquatic genetic resources for food and agriculture: *Clarias* catfish Reviews in Aquaculture. (Thailand).
- 36. Onwuteaka J. & Onyinye C. P. (2015).** Cannibalism of juvenile catfish (*Clarias gariepinus* Burchell) Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology. 46-49.
- 37. Otémé Z.J., Cissé A. & Avit J. (1997).** Reproduction artificielle, élevage larvaire et alevinage du Silure *Heterobranchus longifilis*, et technologie des aliments. Rapport Convention CRO/ Projet bad-ouest.
- 38. Picker, M. et Griffiths, C. 2011.** Alien et invasive animals, a South African perspective. Struik Publishers, Cape Town 25p.
- 39. Santi S. (2014).** Effet des traitements thermiques courtes durées et hormonaux sur le sexe-ratio de juvéniles indifférenciés de poisson-chat africain, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Mémoire de diplôme d'études approfondies en gestion intégrée des ressources naturelles, Option : Systèmes de production forestière ; Spécialité : Production Halieutique. 35p.
- 40. Santi S., Vincent Gennotte, Aboubacar Toguyeni, Charles Mélard, Nadine Antoine, Carole Rougeot (2016).** Thermosensitivity of the sex differentiation process in the African catfish, *Clarias gariepinus* : Determination of the thermosensitive period. Aquaculture 455. 73-80. 74.
- 41. Skelton P. H. & Teugels G. G. (1991).** A review of Clariid catfishes (Siluroidei, Clariidae) occurring in Southern Africa. Rev. Hydrobiol. Trop. 24 (3): 241-260
- 42. Skelton, P. (2001).** A complete guide to the freshwater fishes of Southern Africa Struik Publishers, Cape Town.

- 43. Smith C. & Reay P. (1991).** Cannibalism in teleost fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1, 41-64.
- 44. Solomon, R. J. & Udoji, F. C. (2011).** Canibalism among cultured african catfishes (*heterobranchus longifilis* and *Clarias gariepinus*). Department of Biological Sciences, Faculty of Science. University of Abuja (Nigeria) 1-13.
- 45. Tabaro S. R., Micha J.-C., Ducarme C. (2005).** Essais d'adaptation de production massive de juvéniles de *Clarias gariepinus* en conditions rurales. *Tropicultura* 2005,23,4, 231-244.
- 46. Teugels, G. (1986).** A Systematic revision of the African species of the genus *Clarias* (Pisces: clariidae). Ed. *Annals Musée Royal de l'Afrique Central*, 247, 1-199.
- 47. Toko I., Fiogbe E. D., Koukpode B. & Kestemont P. (2007).** Rearing of African catfish (*Clarias gariepinus*) and vundu catfish (*Heterobranchus longifilis*) in traditional fish ponds (whedos). Effect of body composition. *Aquaculture* 262. 65-72.
- 48. Van Weerd, J. H. (1995).** Nutrition and growth in *Clarias* species, a review. *Aquatic livings ressources* 8: 395-401.
- 49. Viveen, W. J. A. R., Richter, C. J. J., Van Oordt, P. G. W. J., Janssen, J. A. L. & Huisman, E. A. (1985).** Pratical manual for the culture of the African Catfish (*Clarias gariepinus*). Pudoc, The Hague, The Netherlands, 94p.
- 50. Worldfish (2005).** Le poisson et la sécurité alimentaire en Afrique (Egypte), 11p.