



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Effet de l'aliment artificiel et du zooplancton sur la flore intestinale bactérienne chez la carpe (*Cyprinus carpio*)

Sylvia Winifred DEMBENG YEMELONG, Algrient TOWA NANA*
et Thomas EWOUKEM EFOLE

*Ichthyology and Applied Hydrobiology Research Unit, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences,
University of Dschang, P. O Box 222, Dschang, Cameroon.*

*Auteur correspondant ; E-mail: algrient@yahoo.fr

Received: 24-09-2021

Accepted: 17-02-2022

Published: 30-04-2022

RESUME

La digestion et l'absorption des aliments chez le poisson sont facilitées tout au long de son tractus digestif par des sécrétions de substances et l'activité des micro-organismes contenus dans son tube digestif. *Cyprinus carpio* en particulier entretient des relations avec sa flore bactérienne intestinale dont la composition peut être influencée par le type d'aliment ingéré. A cet effet, un essai été mené de Mars à Juin 2020 à la station aquacole de l'Université de Dschang avec pour objectif général de contribuer à l'amélioration de la production piscicole à travers une meilleure connaissance de l'effet de l'aliment sur la flore bactérienne intestinale de *Cyprinus carpio*. Il a été effectué sur un effectif de 405 carpes communes nourris au zooplancton et à l'aliment artificiel. Des échantillons du contenu de l'intestin ont été prélevés sur 54 poissons et ont été soumis à des cultures bactériennes pour l'identification des genres de bactéries. Les résultats relatifs à l'identification des Firmicutes et Protéobactéries présents dans l'intestin des poissons en fonction du type d'aliment montrent que sept genres de bactéries à savoir *Lactobacillus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* (Firmicutes), *Salmonella*, *Shigella*, *Klebsiella* et *Escherichia* (protéobactéries) ont été présents. En ce qui concerne l'évaluation des effets du type d'aliment sur l'état de bactéries utiles et pathogènes de la flore intestinale les résultats montrent que quatre étaient pathogènes (*Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Salmonella*, *Shigella*) et trois étaient utiles (*Klebsiella*, *Escherichia* et *Lactobacillus*) pour les poissons. Les résultats relatifs aux abondances des genres de bactérie montrent que les genres *Lactobacillus*, *Klebsiella*, *Streptococcus* et *Salmonella* sont plus abondants dans l'intestin des carpes qui ont été nourri au zooplancton et à l'association zooplancton et aliment artificiel. Des abondances relatives identiques de 27,78% ont été obtenues pour les genres *Staphylococcus*, *Shigella*, *Escherichia* et *Streptococcus* dans l'intestin des carpes ayant reçu l'aliment artificiel uniquement. Elles sont supérieures à celles des poissons qui ont reçu le zooplancton uniquement. Les tests de la corrélation effectués entre les caractéristiques de croissances et les caractéristiques de la microflore intestinale de la carpe commune ont révélés que le gain moyen quotidien (0,19 g/j), le gain de poids (2,60 g) et le taux de croissance spécifique (1,94%), sont plus élevées chez les poissons qui ont reçu l'aliment artificiel associé au zooplancton et les plus faible chez ceux qui ont reçu l'aliment artificiel uniquement respectivement pour des valeurs de 0,17 g/j ; 2,44 g et 1,87%. Les bactéries du genre *Shigella* chez les carpes nourris uniquement au zooplancton ont eu des effets statiquement significatifs sur leur gain de poids et leur gain moyen quotidien. Il ressort de cette étude que le type d'aliment influence la composition bactérienne dans l'intestin des carpes et par conséquent sa croissance. Au vue de ces résultats, il est idéal d'utiliser le zooplancton dans l'aliment pour poisson.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Cyprinus carpio*, aliment artificiel, zooplancton, bactérie, abondance.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i2.17>

8968-IJBSCS

Effect of artificial food and zooplankton on the gut bacterial flora and growth characteristics of common carp (*Cyprinus carpio*)

ABSTRACT

Fish digestion and absorption are facilitated throughout its digestive tract by the substance secretions and the micro-organism activities found in its digestive tract and have a great impact on the fish growth. It maintains relationships with its intestinal bacterial flora, which the composition can be influenced by the type of food ingested. A study carried out from March to June 2020 at the University of Dschang aquaculture station aimed at contributing to the improvement of the fish production through a better knowledge of the effect of food on the intestinal bacterial colony. It was carried out on 405 wild type carps with a mean body weight of 5.50 ± 2.70 g and feed with zooplankton and artificial food. Intestinal content was taken on 54 fish and subjected to bacterial culture for the identification of different bacteria genus. Independently to the food type, seven bacterial genera were identified: *Lactobacillus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* (Firmicutes), *Salmonella*, *Shigella*, *Klebsiella* and *Escherichia* (protoobacteria). The effect of food type permitted to distinguish three useful bacteria genera (*Klebsiella*, *Escherichia* and *Lactobacillus*) and four pathogenic ones (*Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Salmonella* and *Shigella*). The obtained data shown that the *Lactobacillus*, *Klebsiella*, *Streptococcus* and *Salmonella* genus were predominant in the intestine of zooplankton and association zooplankton-artificial food feed fish. The relative abundance (27.78%) was the same for *Staphylococcus*, *Shigella*, *Escherichia* and *Streptococcus* genus in artificial food. These abundances were higher than those of fish that received only zooplankton. The correlation tests carried out between growth characteristics and intestinal microflora diversity of carp revealed that the daily mean gain (0.19 g/day), the body weight gain (2.60 g) and the specific growth rate (1.94%) were more high on fish that received the association of artificial food and zooplankton and while they were low (0.17 g/day, 2.44 g and 1.87% respectively) in those received only artificial food. This study revealed that the food type could impact the intestinal bacterial colony composition in wild type carps and consequently, their growth. Considering our results, it is recommended to use zooplankton in fish food.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: *Cyprinus carpio*, artificial food, zooplankton, bacteria, gut, abundance.

INTRODUCTION

L'aquaculture est une activité de production animale ou végétale en milieu aquatique. Au Cameroun, cette activité joue un rôle important dans l'amélioration et la sécurité alimentaire et nutritionnelle des ménages. En effet, elle couvre 40% des besoins protéiques, ainsi que les besoins en micronutriments et en acide gras polyinsaturé de la population, avec une consommation estimée à près de 17,9 kg par habitant et par an (Bene et al., 2015). Cependant, la production nationale totale de poisson estimée à 180000 tonnes avec moins de 2% de cette production provenant de l'aquaculture, ne couvre pas 400 000 t/an de demande en poisson (FAO, 2018). Car l'émergence du secteur aquacole est confrontée à plusieurs contraintes parmi lesquelles la production d'aliment de qualité qui représente

près de 70% du coût de production (Gandaho, 2007).

Chez les espèces aquatiques notamment le poisson, l'alimentation peut se faire avec l'aliment naturel et/ou artificiel. Ainsi, la digestion et l'absorption de ces aliments chez le poisson sont facilitées tout au long de son tractus digestif par des sécrétions de substances et l'activité des microorganismes contenu dans son microbiote. Après ingestion, l'aliment transite dans l'estomac où il est en partie digéré mécaniquement et par des sucs. Toutefois la digestion des fibres alimentaires est réalisée sous l'action de la production d'enzymes bactérienne. Cette digestion enzymatique bactérienne couvre jusqu'à 10% des besoins énergétiques du poisson (Borey, 2017). La flore bactérienne module la capacité d'absorption de l'épithélium digestif pour

divers nutriments et fournit certains nutriments comme les vitamines K, B12 qui ne sont pas (ou peu) synthétisées chez le poisson. Elle fournit aussi des enzymes nécessaires à la digestion tels que l'amylase (digestion de l'amidon), les enzymes cellulolytiques, chitinolytiques et l'acide éicosapentaénoïque (Balcázar et al., 2006). Li et al. (2013) ont montré que l'amylase bactérienne favorise la digestion chez la carpe. Schwarzer et al. (2016) ont montré que des souches de *Lactobacillus plantarum* dans le microbiote intestinal soutiennent l'activité de l'hormone de croissance via des voies de signalisation dans le foie surmontant ainsi la résistance à l'hormone de croissance. Cependant, de nombreux facteurs environnementaux influencent la composition microbienne bactérienne du poisson notamment l'aliment. Goodrich et al. (2016) ont rapporté que la nature du régime alimentaire du poisson a un impact sur la diversité de son microbiote intestinal. Borey (2017) a démontré que l'alimentation végétale baisse les performances de digestion et d'absorption en modifiant le microbiote associé à la muqueuse digestive de la truite arc-en-ciel et par conséquent baisse ses performances de croissance. Cette exercice peut être également fait pour d'autres espèces aquatiques élevées au Cameroun tels que *Heterotis niloticus* (kanga), *Parachanna obscura* (poisson serpent), *Hemichromis fasciatus* (poissons gendarme), *Oreochromis niloticus* (tilapia du Nil) et *Cyprinus carpio* (la carpe commune).

Cyprinus carpio communément appelé carpe commune, est un poisson qui se développe bien en milieu tropical. Il est omnivore à tendance carnivore (FAO, 2009). Il entretient aussi tout comme la truite arc en ciel, des relations avec sa flore bactérienne intestinale dont la composition peut être influencées par le type d'aliment ingéré. C'est dans cette optique que ce travail a été initié avec pour objectif général de contribuer à l'amélioration de la production piscicole à

travers une meilleure connaissance de l'effet de l'aliment sur la flore bactérienne intestinale de *Cyprinus carpio*.

MATERIEL ET METHODES

Période, zone et site d'étude

L'essai s'est effectué entre Mars et Juin 2020 à la Ferme d'Application et de Recherche (FAR) de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles de l'Université de Dschang. Située dans la zone agro-écologique des hautes terres de le Région de l'Ouest Cameroun, Département de la Menoua et Arrondissement de Dschang (5° 17' - 5° 44° LN et 10° 04' - 10° 22' LE). L'altitude moyenne de 1387 m et la température (ambiante) moyenne est de 20°C. La pluviométrie moyenne est de 1800 mm/an avec une saison de pluie (Mars à Octobre) et une saison sèche (Novembre-Février) (INC, 2004).

Matériel animal

405 alevins de carpes communes de poids moyen de $5,5 \pm 2,7$ g et de longueur total moyenne $7,15 \pm 1,37$ cm ont été approvisionnés au GIC AIO de Batié et transportés sous oxygène pur conditionnés dans des sacs plastiques.

Structure d'élevage

L'essai s'est effectué dans deux types de structures à savoir dans les bacs bétonnés et dans les happas installés dans un étang de 270 m². A cet effet, 03 bacs d'un mètre cube d'eau chacun alimenté par une eau provenant du forage qui alimente toute Ferme d'Application et de Recherche (FAR) ont été utilisés. Les happas (0,8 m de largeur ; 0,9 m de longueur et 0,7 m de profondeur chacun confectionné à l'aide de filet) ont été utilisés. L'eau de l'étang provenait d'un barrage de retenu construite à la FAR.

Aliment expérimental

L'aliment utilisé a été acheté sur le marché local. Il était de nature granulé, flottant

et de granulométrie 2,0 mm. La composition biochimique est présentée dans le Tableau 1.

Conduite de l'essai

Les alevins ont été élevés dans des bacs bétonnés et des happas installés en étang. Ils ont été répartis au hasard en 3 lots représentant les trois traitements T1, T2, T3. Les traitements T1 et T2 ont été répartis dans les happas installés dans l'étang et le traitement T3 dans les bacs bétonnés. Chacun des traitements a été répété trois fois. L'étang a été fertilisé aux fientes de poule de chair (80 g/m²) élevés dans le secteur d'aviculture de la ferme d'application de l'Université de Dschang afin d'accroître la production du zooplancton. La densité de mise en charge était de 45 alevins /m². Afin d'éviter la dispersion de l'aliment et de maximiser sa consommation, un cadre flottant a été placée dans chaque happas des traitements T1 et T3. L'aliment a été distribué à un taux de rationnement de 5% de l'ichtyo biomasse en deux repas jour (8h et 18h). Le taux de rationnement a été réajusté après chaque pêche de contrôle. Cette dernière s'est effectuée sur un échantillon de 10% de l'effectif de chaque bac et happa pêché au hasard tous les 14 jours.

Collecte de données

Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau et les caractéristiques de croissance ont été mesurées *in situ* entre 06 h et 8 h du matin dans les happas et les bacs quotidiennement. La température et le pH ont été mesurés à l'aide d'un Thermo-Conductimètre WTW335i à microprocesseur équipé d'une électrode et les résultats sont exprimés en unités conventionnelles. La transparence a été mesurée à l'aide du Disque de Secchi gradué en centimètre. Les analyses microbiologiques du contenu de l'intestin ont été faites sur 54 poissons à raison de 06 poissons par traitement prélevé au début, à 4 et 9 semaines de l'essai suivant les étapes ci-après : les poissons ont été disséqués à l'aide d'un scalpel montée une

lame de bistouri, le contenu l'intestin prélevé et introduit dans un tube à essai stérilisé pour des analyses microbiologiques. Ses échantillons ont été conditionnés et transportés dans une glacière à une température de 4°C pour le laboratoire. Au laboratoire, la culture bactérienne pour la recherche et l'identification des bactéries des genres *Escherichia*, *Staphylococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Salmonella*, *Shigella*, *Klebsiella* ont été faites suivant les normes AFNOR : V 08-051 pour la flore mésophile aérobie totale à 30°C (FMAT), NF V 08-060 pour les coliformes thermo tolérants à 44°C, XP V 08-057-1 pour les staphylocoques présumés pathogène (SPP) et NF V 08 -052 pour les salmonelles.

Préparation de la solution mère à 10⁻¹ et des dilutions décimales

Une concentration à laquelle toutes les bactéries pouvaient identifier a été préalablement préparée. À cette fin, plusieurs dilutions des échantillons ont été effectuées, allant de la solution mère à la première dilution. La solution mère a été préparée à partir de 25 g du contenu intestinal de chaque échantillon placé dans des boites stériles identifiés et de 250 ml d'eau Peptone tamponnée. Le mélange a été bien agité en utilisant le vortex électrique pendant 3 min. Les dilutions décimales ont été obtenues progressivement en prélevant 1 ml de la solution mère à laquelle on ajoute 1ml d'EPT dans 5 tubes et on homogénéise le mélange.

Recherche, incubation et ensemencement des germes

- Recherche de la FMAT

Le milieu de culture *Plate Count Agar* (PCA) a été utilisé pour le dénombrement des bactéries mésophiles aérobies. A cet effet, 23,5 g de poudre de « Plate Count Agar » et dissous dans 1000 ml d'eau distillée. La solution a été portée à ébullition au bain-Marie jusqu'à dissolution complète puis stérilisée à l'autoclave pendant 5 min à 121°C. Un (1) millilitre de solution mère a été prélevé à l'aide d'une pipette et introduite dans la boîte de pétri. La répartition de la gélose a été effectuée en

double couche. 18 ml de la gélose « Plate Count Agar » ont été coulé dans la boîte ensemencée (47°C). Des rotations horizontales de la boîte, dans tous les sens ont été faites pour obtenir une répartition régulière de la gélose sur toute sa surface et laisser solidifier. Ici la culture des germes est dite en profondeur. Après solidification de la gélose, les boîtes ont été mises dans une étuve de 30°C et disposées en position retournée. L'incubation a duré 72 heures.

- *Recherche des coliformes*

1mL de solution mère a été prélevé à l'aide d'une pipette que l'on introduit dans la boîte de Pétri. La gélose est répartie de la même manière comme décrite plus haut. La culture des coliformes fécaux a été réalisée sur un milieu Mac Conkey. Sur ce milieu, les coliformes fermentant le lactose donne des colonies d'un diamètre d'au moins 0,5 mm. Les boîtes de Pétri contenant des milieux complètement solidifiés ont été placées dans un incubateur à 44°C pendant 48 heures pour : *Escherichia*.

- *Recherche des staphylocoques*

Le milieu de culture utilisé ici était de la gélose au mannitol. Ici la gélose au mannitol a été coulée au préalable et laissée solidifier. 0,1 ml de la solution mère a été prélevé à l'aide d'une pipette et introduite dans la boîte de Pétri contenant déjà la gélose solidifiée. A l'aide d'un étaleur stérile, la solution a été répartie sur

toute la surface de la gélose. La culture a été faite sur milieu sélectif en surface des germes. Les boîtes ont été ensuite transportées dans une étuve de 30°C et ont été disposées en position retournée. L'incubation a duré 24 heures.

Identification

Les colonies noires ou grises, brillantes et convexes entourées d'un halo clair sont comptées comme étant des colonies caractéristiques. Celles n'ayant pas d'halo sont comptées comme colonies non caractéristiques (Larif et al., 2013). L'abondance relative des genres de bactéries a été calculée suivant la formule ci-dessous.

$$Ar = \frac{n}{N} * 100 \quad \text{Où } Ar : \text{ Abondance relative, } n : \text{ nombres d'échantillon positifs et } N : \text{ nombre d'échantillon total.}$$

Analyses statistiques

Les données collectées ont été soumises à l'analyse descriptive et au test de contingence. Les abondances absolues et relatives ont été soumises à l'analyse descriptive. Le test de contingence a été effectué au seuil $\alpha = 1\%$ pour tester l'influence des types d'aliment sur les variables qualitatives (présence ou absence de genres de bactéries et leur niveau). Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel statistique SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) Version 20.0.

Tableau 1 : Composition biochimique de l'aliment artificiel.

Nutriments	Valeurs
Protéine	45%
Lipide	20%
Fibre	2%
Energie brute	21,9 Kcal
Energie digestible	18,9 Kcal
Cendre	7,1

RESULTATS

Influences du type d'aliment sur les Firmicutes et Protéobactéries intestinales de la carpe commune

Les différents genres de bactérie appartenant aux *phyla* Firmicute et Protéobactérie identifié dans l'intestin de la carpe commune en fonction du type d'aliment sont illustrés par la Figure 1 et représentés dans le Tableau 2. Il ressort que indépendamment (sans tenir compte) du type d'aliment sept genres de bactérie ont été identifiés. Soit quatre appartenant aux Protéobactérie (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Salmonella* et *Shigella*) et trois aux Firmicutes (*Lactobacillus*, *Staphylococcus* et *Streptococcus*).

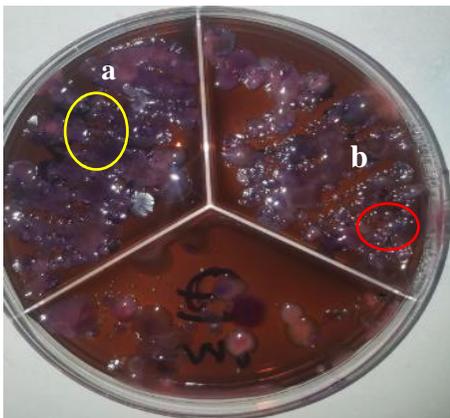
Effets de l'aliment artificiel et du zooplancton sur l'état de bactéries utiles et pathogènes de la flore intestinale.

L'influence du type d'aliment sur l'état des bactéries utiles et pathogènes est représentée dans le Tableau 2. Il en ressort que parmi les sept genres de bactéries identifiés, quatre étaient pathogènes (*Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Salmonella*, *Shigella*) et trois sont utiles (*Klebsiella*, *Escherichia* et *Lactobacillus*) pour les poissons. Les bactéries des genres *Escherichia* étaient absentes dans l'intestin des poissons qui ont reçu l'association de l'aliment artificiel au zooplancton. Le Tableau 3 présente les

différents genres de bactéries classées par *phylum* obtenu après les cultures bactériennes.

Influence de l'aliment artificiel et du zooplancton sur l'abondance totale et relative des genres de bactéries intestinales de la carpe commune (*Cyprinus carpio*)

L'abondance absolue et relative des genres de bactéries intestinales de la carpe commune en fonction de l'aliment artificiel et le zooplancton sont résumées dans les Tableaux 4 et 5. Il en ressort que l'abondance absolue des genres de bactéries présentes dans l'intestin varie en fonction du type d'aliment consommé par les carpes communes. Les genres *Lactobacillus*, *Klebsiella*, *Streptococcus* et *Salmonella* étaient plus abondants dans l'intestin des carpes qui ont été nourri au zooplancton et à l'association zooplancton et l'aliment artificiel. Le genre *Streptococcus* est le plus dominant pour les deux types d'aliment et leur association. Le genre *Escherichia* était absent dans l'intestin des Carpes ayant reçu l'association des deux types d'aliment et étaient moins représenté de manière générale dans l'intestin des carpes. Les genres *Lactobacillus*, *Escherichia*, *Staphylococcus* et *Shigella* avaient une abondance numériquement égale dans l'intestin des carpes qui ont été nourries à l'aliment artificielle uniquement.



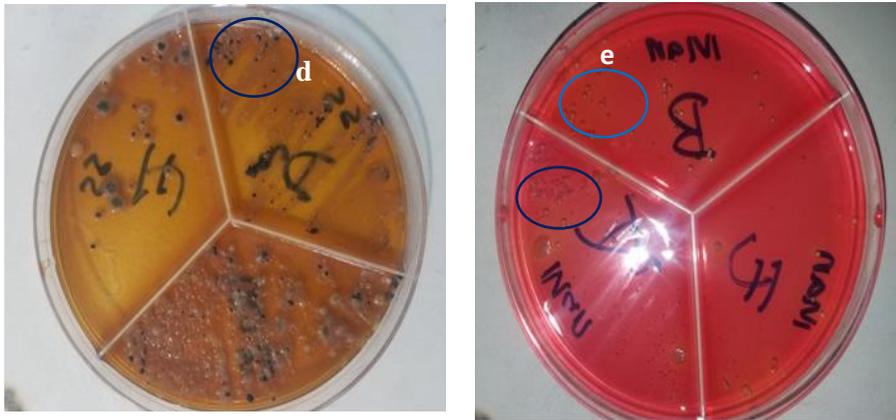


Figure 1 : Colonies de bactéries formées après culture bactérienne.
 a: *Klebsiella*, b : *Escherichia*, c : *Lactobacillus*, d : *Salmonella*, e: *Staphylococcus*.

Tableau 2: Influence des types d'aliment sur les Genres de bactéries intestinales appartenant aux phyla Protéobactérie et Firmicute.

Phyla	Bactéries	Traitements		
		T1	T2	T3
Protéobactérie	<i>Shigella</i>	+	+	+
	<i>Klebsiella</i>	+	+	+
	<i>Escherichia</i>	-	+	+
	<i>Salmonella</i>	+	+	+
Firmicute	<i>Staphylococcus</i>	+	+	+
	<i>Streptococcus</i>	+	+	+
	<i>Lactobacillus</i>	+	+	+

+ = Présent ; - = Absent; T1 : Aliment artificiel + zooplancton ; T2 : Zooplancton ; T3 : Aliment artificiel.

Tableau 3: Effets de l'aliment artificiel et du zooplancton sur l'état des genres de bactéries.

Bactéries		Traitements		
		T1	T2	T3
Utiles	<i>Lactobacillus</i>	+	+	+
	<i>Klebsiella</i>	+	+	+
	<i>Escherichia</i>	-	+	+
Pathogènes	<i>Staphylococcus</i>	+	+	+
	<i>Salmonella</i>	+	+	+
	<i>Shigella</i>	+	+	+
	<i>Streptococcus</i>	+	+	+

+ = Présent, - = Absent, T1 : Aliment artificiel + zooplancton, T2 : Zooplancton, T3 : Aliment artificiel.

Tableau 4: Effet de l'aliment artificiel et du zooplancton sur l'abondance absolue des genres de bactéries intestinales de la carpe commune.

Genres de bactérie	Abondance Absolue (ind /ml)			Total	
	T1	T2	T3		
Utiles	<i>Lactobacillus</i>	24	24	20	68
	<i>Klebsiella</i>	24	24	8	56
	<i>Escherichia</i>	0	4	20	24
Pathogènes	<i>Staphylococcus</i>	12	12	20	44
	<i>Salmonella</i>	24	24	22	70
	<i>Shigella</i>	24	12	20	56
	<i>Streptococcus</i>	24	24	24	72

T1 : Aliment artificiel + zooplancton, T2 : Zooplancton, T3 : Aliment artificiel.

Tableau 5 : Effet de l'aliment artificiel et du zooplancton sur l'abondance relative des genres de bactéries intestinales de la carpe commune.

Genres de bactérie	Abondance relative (%)				
	T1	T2	T3	Total	
Utiles	<i>Lactobacillus</i>	33,33	33,33	27,78	94,44
	<i>Klebsiella</i>	33,33	33,33	11,11	77,78
	<i>Escherichia</i>	0	5,56	27,78	33,34
Pathogènes	<i>Staphylococcus</i>	16,67	16,67	27,78	61,12
	<i>Streptococcus</i>	33,33	33,33	33,33	100
	<i>Salmonella</i>	33,33	33,33	30,56	97,22
	<i>Shigella</i>	33,33	16,67	27,78	77,78

T1 : Aliment artificiel + zooplancton, T2 : Zooplancton, T3 : Aliment artificiel.

DISCUSSION

La flore intestinale bactérienne joue un rôle important dans la nutrition des poissons en produisant des enzymes au cours de la digestion. Plusieurs facteurs environnementaux à l'instar de l'aliment influence la composition de cette flore intestinale. Une meilleure compréhension des effets du type d'aliment sur le microbiote intestinal de la carpe commune améliorera la capacité à manipuler et à fortifier les communautés microbiennes de son intestin en vue d'améliorer sa santé et donc sa productivité de l'aquaculture tout en garantissant la santé du consommateur et la réduction des impacts sur l'environnement.

Une variation des genres de bactéries en fonction du type d'aliment a été observée dans cette étude. Les cultures bactériennes du contenu de l'intestin des Carpes communes ont montré sept genres de bactéries appartenant à deux Phyla à savoir les Protéobactéries (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Salmonella* et *Shigella*) et les Firmicutes (*Streptococcus*, *Staphylococcus* et *Lactobacillus*). Leur présence s'explique par leur rôle de maintien de l'équilibre de l'homéostasie intestinale (Firmicutes) et de barrière contre les pathogènes par ceux commensaux (Protéobactéries). Ce résultat est semblable à celui obtenu par Desai et al. (2012) à l'université de Saskatchewan au Canada, dans l'étude des effets des régimes alimentaires d'origine végétale sur le microbiote intestinal distal de la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) où ils ont démontré que les Firmicutes et Protéobactéries étaient le plus fréquemment détectés dans tous les échantillons de microbiote intestinal des poissons. Ghanbari et al. (2015) ont démontré que les Protéobactéries, en plus des Firmicutes, constituent 90% du microbiote intestinal des poissons chez différentes espèces étudiées. L'année suivante Vernocchi et al. (2016) ont démontré que les Firmicutes sont les principales bactéries impliquées dans le

métabolisme des acides gras à courte chaîne important dans la digestion du poisson.

Des effets de l'aliment artificiel et du zooplancton sur l'état de bactéries utiles et pathogènes de la flore intestinale de la carpe commune ont été observés dans cette étude. Les poissons nourris à l'association des deux types d'aliments présentent plus de bactéries pathogènes que ceux ayant reçu le zooplancton uniquement et l'aliment artificiel uniquement. Ce qui induit ainsi des effets simultanés sur les abondances totale et relative des genres de bactéries qui varient aussi en fonction du type d'aliment. Ce résultat peut s'expliquer par l'augmentation du niveau protéines disponible dans l'intestin des carpes favorisant ainsi le développement des bactéries intestinales. Delcroix et al. (2015) ont démontré que l'introduction de peptides courts dans l'alimentation peut directement influencer la composition microbienne intestinale en fournissant des substrats appropriés pour les bactéries, encourageant ainsi leur prolifération.

L'abondance relative du genre *Lactobacillus* (utiles) dans l'intestin des carpes communes nourries à l'aliment artificiel (27,78%) était inférieure à celle des poissons qui ont consommé uniquement du zooplancton (33,33%). Pour ce qui est du genre *Salmonella*, l'on a observé la même situation pour des valeurs 30,56% pour l'aliment artificiel uniquement et 33,33% pour le zooplancton. Desai et al. (2012) ont montré que l'inclusion de farine de soja augmente le ratio *Firmicutes* : *Protéobacteria* chez la truite. Estruch et al. (2015) ont démontré par la suite que l'apport de concentré de protéines de pois modifie l'abondance en *Lactobacillaceae* chez le saumon, tandis qu'un mélange de farine de soja, de pois, de tournesol a une influence sur l'abondance en *Photobacterium*, *Pseudomonas*, et en *Firmicutes* chez la daurade. Gninkpo et al. (2016) à l'Université d'Abomey-Calavi au Bénin, dans l'étude sur l'efficacité d'un ingrédient alimentaire à propriétés probiotiques sur les parasites gastro-

intestinaux, la flore intestinale et les caractéristiques hématologiques du *Clarias gariepinus* ont démontré que le genre *Lactobacillus* avait une prévalence de 22% dans l'intestin des poissons qui ont reçu l'aliment importé et de 56% chez ceux nourris à l'aliment formulé et cela a été aussi le cas pour le genre *Salmonella*. Nos résultats corroborent ainsi avec leurs observations.

L'intervalle des températures dans cette étude (20 et 24°C) peut aussi justifier ces résultats car elle était favorable pour la multiplication de ces genres de bactérie dont la température optimale de développement est comprise entre 15 à 35°C. Des changements dans l'abondance bactérienne totale ont été signalés, avec des pics en été et en automne ainsi qu'une variation de bactéries par Hagi et al. (2004). Ces observations pourraient donc soutenir l'hypothèse d'une variation de la composition du microbiote intestinale en fonction du type d'aliment ingéré.

Les genres de bactérie ont eu une influence sur les caractéristiques de croissance des poissons en fonction du type d'aliment. Les bactéries des genres *Lactobacillus* et *Klebsiella* présentent dans l'intestin des carpes qui ont reçu le zooplancton uniquement ont eu des effets statistiquement significatifs sur leur gain de poids et leur gain moyen quotidien. Ce résultat peut s'expliquer par le rôle de production d'enzyme au cours de la digestion. Mahugnon et al. (2019), à l'Université de Liège ont obtenu les meilleures performances de croissance avec une meilleure efficacité en termes de stimulation de la vitesse de croissance et les meilleures rétentions en calcium (60,5%) et en phosphore (53,78%) au sein du régime des poisson-chat Africain (*Clarias gariepinus*) contenant 75% de protéine végétale supplémenté en phytase bactérienne contrairement à ceux qui ont reçu 100% de protéines végétales.

Cette étude réalisée sur la carpe commune montre une fois de plus les effets considérables du type d'aliment sur la

composition du microbiote intestinale et par conséquent l'impact sur la croissance du poisson. Un manque de connaissance sur ces effets augmenterait le taux de mortalité, la quantité d'aliment consommé par les poissons, le coût production ainsi qu'une augmentation des risques d'intoxication alimentaire pour le consommateur (Hommes). Il est donc important que les résultats obtenus soient pris en compte par les nutritionnistes en vue d'améliorer quantitativement et qualitativement la production de poisson.

Conclusion

Au terme de cette étude menée de Mars à Juin 2020 à la station aquacole de l'Université de Dschang, qui avait pour objectif de contribuer à l'amélioration de la production piscicole à travers une meilleure connaissance de l'effet de l'aliment sur la flore bactérienne intestinale de *Cyprinus carpio*. Les principales conclusions ont été les suivantes:

Sept genres de bactéries, appartenant aux phyla Firmicute et Protéobactérie ont été présents dans l'intestin des Carpe commune en fonction du type d'aliment, à l'issue des cultures bactériennes.

Les types d'aliments et leur association ont influencé la flore bactérienne intestinale des poissons. Les bactéries pathogènes ont été les plus présentes. Cependant les bactéries des genres *Escherichia* ont été absentes dans l'intestin des poissons qui ont reçu l'association de l'aliment artificiel au zooplancton.

Les abondances absolues et relatives des genres de bactéries présentes dans l'intestin des poissons ont variés en fonction du type d'aliment. Les genres *Lactobacillus* et *Klebsiella* ont été les plus abondants dans l'intestin des carpes qui ont été nourri au zooplancton et à l'association zooplancton et aliment artificiel. Au vue de ces résultats, le zooplancton améliorerait l'équilibre de la flore intestinale bactérienne du poisson.

CONFLITS D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas d'intérêts concurrents.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Nous déclarons que ce travail a été réalisé par les auteurs nommés dans cet article et que toutes les responsabilités liées aux réclamations relatives au contenu de cet article seront supportées par les auteurs.

REFERENCES

- Béné C, Arthur R, Norbury H, Allison EH, Beveridge M, Bush S, Campling L, Leschen W, Little D, Squires D, Thilsted SH, Troell M, Williams M. 2015. Contribution of fisheries and aquaculture to food security and poverty reduction: Assessing the current evidence. *World Development*, **79**: 177-196. DOI: 10.1016/j.worlddev.2015.11.007
- Borey M. 2017. Effets de l'aliment végétal sur les capacités digestives de la truite arc-en-ciel et sur le microbiote associé à sa muqueuse digestive en fonction de son génotype. Thèse de Doctorat en Sciences agronomiques, biotechnologies agro-alimentaires, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 333 p.
- Delcroix J, Gatesoupe F, Desbruyères E, Huelvan C, Delliou H, Gall M, Quazuguel P. 2015. Les effets des hydrolysats de protéines marines alimentaires sur le développement des larves de bar, *Dicentrarchus labrax* et du microbiote associé. *Aquaculture Nutrition*, **21**: 98-104. DOI: 10.1186/s42523-021-00107-2
- Desai A, Links M, Collins S. 2012. Effects of plant-based diets on the distal gut microbiome of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, **353**: 134-142. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.04.005
- Estruch G, Collado M, Penaranda D. 2015. Impact of fishmeal replacement in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) on the gastrointestinal microbiota determined by pyrosequencing the 16S rRNA gene. *PLoS One*, **10**: 1-22. DOI: 10.1371/PLoS One.0136389.G001
- Famin K, Xie P, Yang Y, Yan L, Guo A, Yang J, Zhang J, Liu L, Wang Q, Gao X. 2021. Effects of Nisin, Cecropin, and Penthorum chinense Pursh on the intestinal microbiome of common Carp (*Cyprinus carpio*). *Front. Nutr.*, **8**: 729-437. DOI: 10.3389/fnut.2021.729437
- FAO. 2009. Département des pêches, Informations sur les pêches, unité des données et statistiques. FAO, Rome.
- FAO. 2016. Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture, Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. FAO, Rome, 224 p.
- Gandaho PS. 2007. Etude des performances de croissance des juvéniles de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) nourris à base de *Moringa oleifera* et de sous-produits locaux. Thèse de Doctorat Sciences agronomiques, Université de Pau et des Pays de l'Adour, p. 33.
- Garcia MR, Vilas C, Herrera JR, Bernárdez M, Balsa-Canto E, Alonso AA. 2015. Quality and shelf-life prediction for retail fresh hake (*Merluccius merluccius*). *Int. J. Food Microbiol.*, **208**: 65-74. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.05.012
- Ghanbari M, Wolfgang K, Konrad D. 2015. A new view of the Fish Gut microbiome: Advances from next-generation sequencing. *Aquaculture*, **448**: 464-475. DOI: 101016 /j.aquaculture.2015.06.033
- Goodrich JK, Davenport ER, Waters JL. 2016. Cross-species comparisons of host genetic associations with the microbiome. *Science*, **352**: 532-535. DOI: 10.1126/science.aad9379
- Hagi T, Tanaka D, Iwamura Y, Hoshino T. 2004. Diversité et changements saisonniers des bactéries lactiques dans le tractus intestinal des poissons d'eau

- douce d'élevage. *Aquaculture*, **234**: 335–346.
- Institut National de la Statistique. 2004. Monographie départementale : Dschang. INS, Cameroun, 156 p.
- Balcázar JL, Decamp O, Vendrell D, De Blas I, Ruiz-Zarzuela I. 2006. Health and nutritional properties of probiotics in fish and shellfish, *Microbial Ecology in Health and Disease*, **18**(2): 65-70. DOI: 10.1080/08910600600799497
- Li X, Yan Q, Xie S, Hu W, Yu Y, Hu Z. 2013. Gut microbiota contributes to the growth of fast-growing transgenic common Carp (*Cyprinus carpio* L.). *PLoS One*, **8**(5): 64577. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064577>
- Larif M, Soulaymani A, Hnach M, El Midaoui A. 2013. Contamination spatio-temporelle d'origine hydrique de l'oued Boufekrane dans la région de Meknès-Tafilalt (Maroc). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**(1): 172-184. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i1i.14>
- Nana T, Efole E, Zebaze S, Tchoumboue J. 2018. Effects of doses of chicken manure on the structure and dynamic of zooplankton in ponds. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, **6**(2): 123-127.
- Vernocchi P, Del C, Putignani L. 2016. Gut microbiota profiling: metabolomics based approach to unravel compounds affecting health. *Front. Microbiol.*, **18**: 313. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01144