



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun-Tiaret– Faculté Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie moléculaire et cellulaire

Présenté par :

Mazag Assia et Belarbi Chahinez

Thème :

Effet des probiotiques sur les performances de croissance et la réponse histologique et biochimique du Tilapia rouge

Soutenu publiquement le : 06/07/2024

Devant les membres de jury :

Jury :

Président : Aït Abderrahim L.

Grade :

Prof.

Encadrant : SOUANA.K.

MCA

Co-encadrant : TAIBI K.

Prof.

Examinateur : MZKHOLOUFI C.

Prof.

Année universitaire 2023-2024

Remerciements

Tout d'abord, nous exprimons notre profonde gratitude à Allah, Le Clément et Le Miséricordieux, pour nous avoir accordé la force et la patience nécessaires pour mener à bien ce mémoire de master.

Nous sommes autant redevables à M. SOUANA K, en tant qu'encadrant et à M. TAIBI K, en qualité de co-encadrant, ainsi qu'à toute l'équipe de formation de Biologie Moléculaire et Cellulaire : Dr. ACHIR M., Pr. Boussaid, Dr. Tadj et Pr. Aït Abderrahim. Nous leur adressons, tous, nos vifs remerciements pour tout ce que nous avons reçu de leur part, en termes d'enseignement, de formation, d'accompagnement et de précieux conseils.

Notre gratitude à Mmes. Aït Abderrahim L. et Mekhloufi C. pour avoir accepté de présider et examiner notre soutenance et nous évaluer ce modeste travail.

Nous exprimons nos chaleureux remerciements à l'ensemble des enseignants qui nous ont donné des cours, des TD ou des TP pendant tout notre parcours universitaire.

Nos sincères salutations et nos remerciements sont adressés également à toute la promotion de Biologie Moléculaire et Cellulaire.

Enfin, nous nous adressons à toute personne qui nous porté aide pendant toutes les années que nous avons passées à la Faculté SNV de Tiaret en leur disant, tous : Merci infiniment et que Dieu vous récompense !

Dédicace

À la raison de toute ma réussite, mes chers parents pour l'éducation qu'ils m'ont prodigué avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices et les prières qu'ils ont consenti à mon égard, pour le sens du devoir qu'ils m'ont enseigné depuis mon enfance...

Je vous aime.

À mes frères et sœurs et à toute ma famille

Je vous aime,

Que dieu vous bénisse

Je vous aime.

À mon binôme, Assia qui fait partie de la réalisation de ce travail.

À toute la promotion de Biologie moléculaire et Cellulaire

Belarbi Chahinez

Dédicace

Je remercie Allah de m'avoir donnée la force et le courage pour finir mes études. Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude :

A le plus chère de mon cœur, mon père pour ses conseils et sacrifices,

A ma mère. Je suis très fière d'être votre fille et de pouvoir enfin réaliser, ce que vous avez tant espérer et attendue de moi

A ma chère amie, plutôt ma chère sœur, Chahinez

A mes fidèles accompagnantes

A vous mes frères et sœurs.

A toute ma famille

A tous mes collègues Bio mol promotion 2024 et mes enseignants pour les souvenirs, les moments que nous avons passés ensemble je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

A toutes personnes qui m'a aidée de proche ou de loin pour arriver là où je suis.

Mazag Assia

SOMMAIRE_v

Dédicace

Remerciement

ملخص

Résumé

Abstract

Liste des figures

Liste d'abréviations

I. Introduction générale

II. Synthèse bibliographique :

2.1. Généralités sur l'aquaculture :

 2.1.1. Tilapia rouge (*Oreochromis sp.*)

 2.1.2. Biologie d '*Oreochromis sp.* :

 – Taxonomie

 – Caractéristiques morphologiques :

 – Habitat naturel et élevage du Tilapia :

 2.1.3. Elevage de tilapia :

 2.1.4. Conditions physique-chimique :

 2.1.5. Physiologie du Tilapia

 – Croissance

 – Digestion :

 – Reproduction :

 – Immunité :

 2.1.6. Pathologies du tilapia :

2.2. Probiotiques

2.2.1. Définition :

2.2.2. Mécanismes d'action des probiotiques :

2.2.3. Familles des bactéries à fort potentiel probiotique :

 – Lactobacilles

 – *Saccharomyces boulardii*

 – *Bacillus subtilis*

2.2.4. Levures de type *saccharomyces cerevisiae*

2.2.5. Critères de choix des probiotiques

2.2.6. Utilisation des probiotiques en aquaculture :

2.2.7. Caractéristiques de *Bacillus sublilis* :

III. Matériels et méthodes

IV. Résultats et discussion

Conclusion générale et perspectives

Références bibliographiques

ملخص

هذه الدراسة الحالية قيمت آثار إضافة البروبيوتيك *Bacillus subtilis* إلى علف سمك البلطي الأحمر (*Oreochromis sp.*) على أداء النمو والاستجابات النسيجية والمعايير البيوكيميائية للأسماك. أظهرت النتائج أن المجموعة من سمك البلطي المغذاة على النظام الغذائي المدعَم بالبروبيوتيك أظهرت أداء نمو أفضل بكثير من المجموعة الضابطة. في الواقع، كان معدل النمو المحدد والزيادة في الوزن ومعدل تحويل الغذاء أفضل بشكل ملحوظ في الأسماك التي تلقت البروبيوتيك.

على المستوى النسيجي، أظهر تحليل الأنسجة المعاوية زيادة في ارتفاع الزغابات المعاوية وكذلك تطور أكبر للغدد الهضمية في سمك البلطي المكمل بالبروبيوتيك. تشير هذه التغييرات النسيجية إلى زيادة في قدرة امتصاص المغذيات، مما قد يفسر أداء النمو الأفضل الملاحظ.

على المستوى البيوكيميائي، أظهرت الأسماك التي تغذت على النظام الغذائي المدعَم بالبروبيوتيك مستويات أعلى من إنزيمات الهضم، مثل الأميليز واللياز، مما يشير إلى نشاط أيضي أكبر. علاوة على ذلك، أظهرت هذه الأسماك مستويات أعلى من مضادات الأكسدة، مما يدل على وضع صحي أفضل عموماً.

بشكل عام، تُظهر هذه الدراسة أن إدراج البروبيوتيك *Bacillus subtilis* في علف سمك البلطي الأحمر له آثار إيجابية على النمو والصحة المعاوية والحالة الأيضية للأسماك. تسلط هذه النتائج الضوء على إمكانات البروبيوتيك كإضافات عافية واعدة لتحقيق الاستدامة والكافأة في تربية الأحياء المائية.

الكلمات المفتاحية: تربية الأحياء المائية، تربية الأسماك، البلطي، *Oreochromis sp.*، البروبيوتيك، *Bacillus subtilis*

RESUME

La présente étude a évalué les effets de l'ajout du probiotique *Bacillus subtilis* dans l'alimentation du tilapia rouge (*Oreochromis sp.*) sur les performances de croissance, les réponses histologiques et les paramètres biochimiques des poissons. Les résultats ont montré que le groupe de tilapias nourris avec le régime alimentaire enrichi en probiotique a affiché des performances de croissance significativement meilleures que le groupe témoin. En effet, le taux de croissance spécifique, le gain de poids et l'indice de conversion alimentaire étaient significativement améliorés chez les poissons ayant reçu le probiotique.

Sur le plan histologique, l'analyse des tissus intestinaux a révélé une augmentation de la hauteur des villosités intestinales ainsi qu'un développement plus important des glandes digestives chez les tilapias supplémentés en probiotique. Ces changements histologiques suggèrent une meilleure capacité d'absorption des nutriments, ce qui pourrait expliquer les meilleures performances de croissance observées.

Sur le plan biochimique, les poissons nourris avec le régime enrichi en probiotique ont montré des taux plus élevés d'enzymes digestives, telles que l'amylase et la lipase, indiquant une activité métabolique plus importante. De plus, ces poissons ont présenté des niveaux plus élevés d'antioxydants, témoignant d'un meilleur statut de santé général.

Dans l'ensemble, cette étude démontre que l'incorporation du probiotique *Bacillus subtilis* dans l'alimentation du tilapia rouge a des effets bénéfiques sur la croissance, la santé intestinale et le statut métabolique des poissons. Ces résultats soulignent le potentiel des probiotiques comme additifs alimentaires prometteurs pour une aquaculture durable et performante.

Mots-clés : aquaculture, pisciculture, tilapia, *Oreochromis sp.*, probiotiques, *Bacillus sublilis*

ABSTRACT

The present study evaluated the effects of the addition of the probiotic *Bacillus subtilis* in the diet of the red tilapia (*Oreochromis sp.*) on growth performance, histological responses, and biochemical parameters of the fish. The results showed that the group of tilapias fed the probiotic-enriched diet exhibited significantly better growth performance than the control group. Indeed, the specific growth rate, weight gain, and feed conversion ratio were significantly improved in the fish that received the probiotic.

On the histological level, the analysis of the intestinal tissues revealed an increase in the height of the intestinal villi as well as a more significant development of the digestive glands in the tilapias supplemented with the probiotic. These histological changes suggest better nutrient absorption capacity, which could explain the better growth performance observed.

On the biochemical level, the fish fed the probiotic-enriched diet showed higher levels of digestive enzymes, such as amylase and lipase, indicating more significant metabolic activity. Furthermore, these fish presented higher levels of antioxidants, indicating a better general health status.

Overall, this study demonstrates that the incorporation of the probiotic *Bacillus subtilis* in the diet of the red tilapia has beneficial effects on the growth, intestinal health, and metabolic status of the fish. These results highlight the potential of probiotics as promising feed additives for sustainable and efficient aquaculture.

Keywords: aquaculture, fish farming, tilapia, *Oreochromis sp.*, probiotics, *Bacillus subtilis*

INTRODUCTION

L'aquaculture est un secteur en forte croissance dans le monde, fournissant une part importante des produits de la mer consommés à l'échelle mondiale. Parmi les espèces de poissons les plus élevées en aquaculture, le tilapia occupe une place de choix. Avec ses excellentes qualités de chair, sa croissance rapide et sa résistance aux conditions d'élevage, le tilapia s'est imposé comme l'une des principales espèces aquacoles. Cependant, les pratiques d'élevage intensif peuvent parfois entraîner des problèmes de santé et de bien-être des poissons, impactant ainsi leurs performances zootechniques.

Dans ce contexte, l'utilisation de probiotiques dans l'alimentation des poissons d'élevage suscite un intérêt grandissant. Les probiotiques sont des microorganismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantités adéquates, exercent des effets bénéfiques sur la santé et les performances des animaux. Parmi les probiotiques les plus étudiés en aquaculture, la bactérie *Bacillus subtilis* s'est révélée particulièrement prometteuse. Cette bactérie est connue pour ses propriétés immunostimulantes, son action anti-pathogène et son effet bénéfique sur la croissance des poissons.

La présente étude vise à évaluer les effets de l'incorporation du probiotique *Bacillus subtilis* dans l'alimentation du tilapia rouge (*Oreochromis sp.*), une espèce très appréciée en aquaculture. Les performances de croissance, les réponses histologiques et biochimiques du tilapia nourri avec le régime enrichi en probiotique seront analysées et comparées à celles d'un groupe témoin. Les résultats de cette étude contribueront à une meilleure compréhension du potentiel des probiotiques dans l'amélioration de la santé et des performances zootechniques des tilapias d'élevage, offrant ainsi de nouvelles perspectives pour une aquaculture durable et respectueuse du bien-être animal.

I. Synthèse bibliographique :

1. Généralités sur l'aquaculture :

L'aquaculture est l'une des industries alimentaires à la croissance la plus rapide au monde. Au cours des 20 à 30 dernières années, l'industrie La contribution de l'aquaculture commerciale et industrielle à la production mondiale a augmenté de manière constante et significative (Verdegem, et al 2023). L'aquaculture mondiale est un secteur dynamique et en croissance. Contrairement à captures stagnent à environ 90 millions de tonnes par an, l'aquaculture est en croissance Le taux de croissance annuel moyen est de près de 8,6%, ce qui est bien supérieur au taux de croissance de la production animale Terrestre. (Dergal, N. B 2015). Néanmoins, en Algérie, peu d'exploitations aquacoles ont pu démarrer une véritable production en raison de problèmes techniques et du manque de professionnalisme dans ce nouveau créneau de production animale. Dans l'ouest de l'Algérie, parmi les deux fermes aquacoles qui. En l'absence de tilapia, dans les élevages actuels. En outre, disposer d'informations disponibles, à jour et précises est crucial pour planifier et structurer la croissance du secteur et peut être un élément important dans l'expansion et la promotion des exportations algériennes de produits de la pêche et de l'aquaculture. (Bensaâd et al 2021).

2. Le Tilapia rouge (*Oreochromis sp.*)

2.1.Biologie :

Tilapia, *Oreochromis sp* sont connus pour leur capacité à s'hybrider en captivité Ce potentiel a été beaucoup utilisé pour l'amélioration de la production à travers la réalisation de croisements interspécifiques (Nobah et al 2008). et est une espèce très résistante qui peut s'adapter à un large éventail d'environnements Conditions environnementales ; le tilapia présente des avantages économiques élevés, Tilapia hybride *Oreochromis spp*. Souvent cultivé en cage dans d'anciennes mines. rivière, canal d'irrigation, lac ou réservoir utilise Méthode de renforcement Le tilapia est considéré comme plus résistant aux maladies bactériennes, parasitaires, fongiques et virales. Par rapport aux autres poissons d'élevage (Zabidi et al,2021). Le tilapia rouge hybride (*Oreochromis sp*) actuellement cultivé est important pour l'aquaculture commerciale en raison de ses caractéristiques morphologiques. (Forme et apparence) et tolérance à diverses conditions environnementales telles que la salinité et la densité élevée des cultures (Banuelos-Vargas, et al 2021).



<https://enviesdafrique.fr/produit/tilapia-rouge-gratte-et-vide-600-800gr-4kg/>

Figure 1 : tilapia rouge

2.2. Taxonomie :

Le Tilapia rouge, aussi connu sous le nom d'*Oreochromi niloticus*, appartient au règne animal, plus précisément à l'embranchement de Chordata, sous-embranchement des Vertébrés. On le classe ensuite dans la super-classe des Ostéichtyens, la classe des Actinopterygii et la sous-classe des Néoptérygiens. Au niveau de l'ordre, il fait partie des Perciformes, et plus précisément du sous-ordre des Labroidei. Sa famille est celle des Cichlidés, et enfin, le genre auquel il appartient est *Oreochromis*. (naima et souheyla ,)

2.3. Caractéristiques morphologiques :

Selon (Amoussou et al 2016). Cichlidés L'ordre des Perciformes comprend 150 familles. Les caractéristiques de cette famille sont Tout le monde a une narine côté de la tête. La forme est modifiable, Mais jamais très allongé, plus ou moins Comprimé et recouvert d'écailles cycloïdales ou cténoïdes. Tout Nageoires (nageoire dorsale, nageoire anale, nageoire pectorale, bassin). Mâchoire supérieure courte, ne montrant aucun dimorphisme sexuel. Épines dorsales Et la nageoire pelvienne retenue par les épines osseuses. Il comporte également des parties à rayons mous en continu Nageoire dorsale. La nageoire caudale est munie de rayons mous et elle est tronquée. Pendant la période de frai, les nageoires pectorales, dorsales et caudales deviennent rougeâtres. L'orifice génital est situé

derrière l'anus dont la morphologie est différente entre les genres. Épines dorsales Bouche (Ramli M.,2017).

2.4. Habitat naturel et élevage du Tilapia :

Tilapia d'origine rouge Ils étaient des individus à mutation génétique. La culture du tilapia s'est développée. Très populaire en Chine, au Bangladesh et en Indonésie, Laos, Malaisie, Taïwan, Philippines et Vietnam. (Prabu et al ,2019). L'Égypte possède un large territoire côtier et intérieur Ainsi, le tilapia rouge peut constituer un excellent choix pour l'aquaculture. (Abd Elnabi et al.,2018).



https://www.google.com/search?sca_es

Figure : Habitat naturel tilapia.

2.5. Elevage de tilapia :

Le secteur de l'aquaculture joue un rôle central dans l'économie du pays, produisant plus de 1,8 million de tonnes de poissons, y compris le tilapia De plus, l'industrie aquacole fournit environ 78 % de la production nationale totale de poisson (Ali et al 2020). L'élevage du tilapia implique en grande partie le régime alimentaire comme l'une des principales méthodes d'élevage. De plus, une

production accrue de tilapia signifie une plus grande efficacité Une stratégie alimentaire productive doit être développée. (Mugimba,K .2019) .

2.6. Paramètre physique-chimique :

Selon (Dergal, N. B. (2015) L'eau est maintenue à une température de 25-28°C, mesurée chaque jour avec un thermomètre. Le taux d'oxygène dépasse 5 mg/l, surveillé quotidiennement à l'aide d'un oxymètre. Il est nécessaire de vérifier quotidiennement le pH de l'eau en utilisant un pH-mètre dans laquelle pH de l'eau entre 7 et 9 pour garantir un environnement favorable à la santé des poissons et au bon fonctionnement du système bio floc (Almin .,2015).

2.7. Physiologie du Tilapia

2.7.1. Croissance :

Les performances de croissance des hybrides de tilapias peuvent être influencées par des facteurs génétiques et environnementaux. (Nobah et al ., (2008).

2.7.2. Digestion :

La digestion chez les poissons est un processus complexe qui repose en grande partie sur l'action d'enzymes digestives spécifiques. L'efficacité de ces enzymes est directement liée à la nature des nutriments présents dans l'aliment ingéré. Parmi les enzymes digestives les plus importantes, on trouve les protéases (Santos, W.et al.2020). La capacité d'un poisson à tirer profit des nutriments ingérés repose sur un système digestif sophistiqué qui met en jeu des enzymes spécifiques à des endroits précis. (Okuthe, G. et al 2021).



<https://zoologia.pensoft.net/article/51043/zoom/fig/11/>

Digestion : system digestive

2.7.3. Reproduction :

Tilapia se reproduit généralement année ronde, avec des pics pendant les saisons pluvieuses et/ou venteuses à partir de l'équateur ou à des altitudes plus élevées, la reproduction du tilapia est généralement signalée être beaucoup plus saisonniers, se produisant, selon divers observateurs, pendant les périodes de température et d'intensité lumineuse les plus élevées, ou les plus élevées précipitations. Tous les tilapias se construisent et frayent dans des nids creusés dans le substrat. Dans le genre *Tilapia*, le nid se compose d'un groupe de trous construits par les deux parents potentiels La femelle pond ensuite ses œufs dans le nid, où ils sont fécondés par le mâle. Les deux parents gardent la couvée à proximité du nid jusqu'à 2 à 3 semaines (Brummett, R. E 2008).

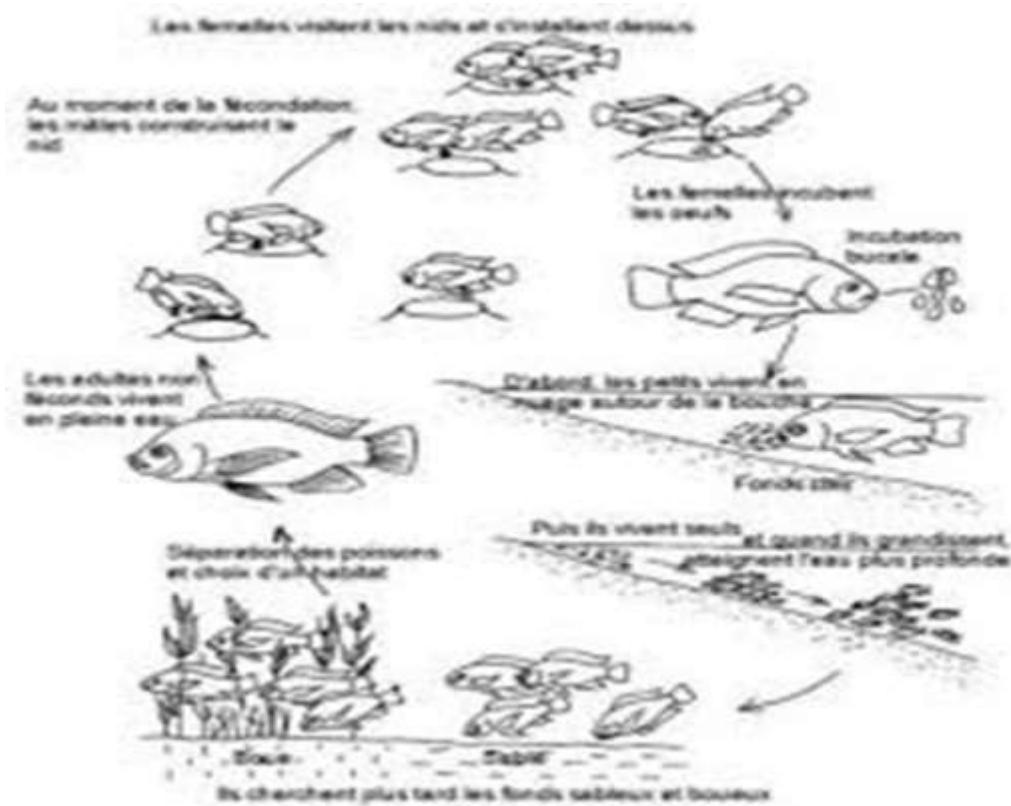


Figure : Reproduction

2.7.4. Immunité :

D'autres espèces de poissons d'élevage sont plus sensibles aux maladies bactériennes, parasitaires, fongiques et virales que le tilapia. Cependant, avec l'intensification de l'élevage, le tilapia devient plus vulnérable à différentes maladies, notamment les infections streptococciques. d'origine *Streptococcus sp.* (Zabidi et al2021).

2.7.5. Pathologies du tilapia :

La streptococcose est responsable de pertes considérables dans la production mondiale de tilapia (Abdelsalam et al.,2017).Selon (Iregui et al.,2016). Symptômes fréquents de l'infection par *Streptococcus agalactiae* :

Les poissons touchés peuvent présenter des signes de nage erratique, de léthargie, suite à des dommages au système nerveux central. La présence de granulomes dans divers organes est caractéristique d'une réponse inflammatoire chronique systémique causée par *Streptococcus agalactiae* et dit aussi La méningoencéphalite hémorragique ou

granulomateuse, la choroïdite, la périsclérite, l'épicardite, la splénite et la néphrite sont les principales lésions rapportées.

3. Probiotiques

3.1. Définition :

Les probiotiques sont des micro-organismes vivants qui peuvent être incorporés dans suppléments nourriture. Les genres *Lactobacillus* et *Bifidobacterium* sont les plus courants. Souvent utilisé comme probiotiques, mais la levure *Saccharomyces cerevisiae* et certaines espèces d'*E. coli* et de *Bacillus* sont également utilisées comme probiotiques. (Francisco G et al. 2011) Les probiotiques, micro-organismes vivants présents dans les compléments alimentaires, offrent de bienfaits à leur hôte, en harmonisant le microbiome intestinal et en favorisant le bien-être général. Récemment, des experts se sont réunis lors d'une consultation conjointe organisée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) afin de se plonger dans le monde complexe des probiotiques (Leahy, S. et al ,2005). Les probiotiques sont introduits dans le tractus gastro-intestinal (GIT) avec de la nourriture ou de l'eau qui favorisent une bonne santé en : Améliorer l'équilibre microbien interne. Ils peuvent aussi être définis comme « des micro-organismes vivants ingérés pour assurer la santé avantage », tandis que d'autres les décrivent comme des « micro-organismes vivants Confère une bonne santé lorsqu'il est consommé en quantités adéquates dans l'alimentation Avantages par rapport aux hébergeurs » (El-Sandoy,, et al.2021)

3.2. Mécanismes d'action des probiotiques :

Les probiotiques influencent l'écosystème intestinal en stimulant les mécanismes immunitaires des muqueuses, en améliorant l'environnement intestinal, en renforçant la barrière intestinale, en réduisant l'inflammation et en renforçant les réponses immunitaires à la stimulation antigénique. On pense que ces phénomènes sont à l'origine de la plupart des effets positifs, notamment la réduction de l'incidence et de la gravité de la diarrhée. C'est l'utilisation la plus largement reconnue des probiotiques (Francisco et al 2017).

3.3. Familles des bactéries à fort potentiel probiotique :

3.3.1. Lactobacilles :

Lactobacilles forment un groupe très disparate au plan de leur morphologie, de leur métabolisme et de leur phylogénie. Les lactobacilles sont des bactéries ubiquistes présentes en quantités infimes sur les surfaces végétales mais ils s'y développent rapidement, L'homme a su utiliser ces bactéries pour conserver à moindre coût et transformer des matières premières végétales et animales (fourrages et poisson). (Tailliez, P. 2004).

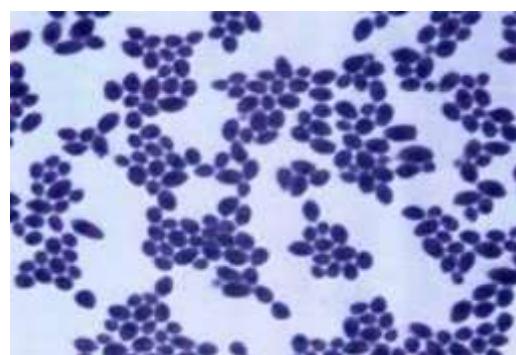


<https://nature-sciences-sante.eu/lactobacilles-et-vaginoses>

Figure 3 : Lactobacilles

3.3.2. *Saccharomyces boulardii* :

Lactobacilles forment un groupe très disparate au plan de leur morphologie, de leur métabolisme et de leur phylogénie. Les lactobacilles sont des bactéries ubiquistes présentes en quantités infimes sur les surfaces végétales mais ils s'y développent rapidement, L'homme a su utiliser ces bactéries pour conserver à moindre coût et transformer des matières premières végétales et animales (fourrages et poisson). (Tailliez, P. 2004).

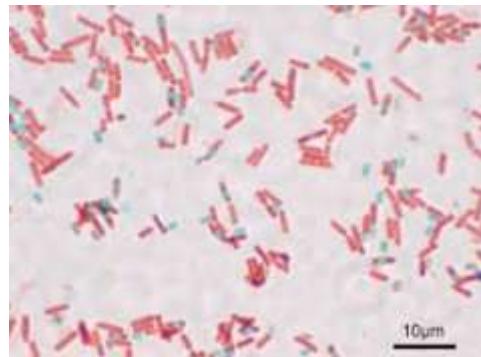


https://fr.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces_boulard

Figure 5 : *Saccharomyces boulardii*

3.3.3. *Bacillus subtilis* :

C'est une levure largement répandue dans l'environnement, s'est distinguée comme un agent bio thérapeutique prometteur. De nombreuses études cliniques ont mis en lumière ses effets bénéfiques dans la prévention et le traitement des infections intestinales et dans la prise en charge des maladies inflammatoires de l'intestin. (Zanello, G, et al., 2009).



https://fr.wikipedia.org/wiki/Bacillus_subtilis

Figure 6 : *Bacillus subtilis*

3.3.4. Les différentes levures de type *saccharomyces cerevisiae* :

C'est une espèce bactérienne remarquablement diversifiée, se distingue par sa capacité à prospérer dans des environnements variés, y compris le tractus gastro-intestinal des animaux. Cette adaptabilité exceptionnelle met en lumière sa résilience et sa polyvalence écologique hors du commun. (Earl AM, et al, 2008).



<https://www.toutsurlalevure.fr/quest-ce-que-la-levure/quest-cequesaccharomyces-cerevisiae/>

figure 7 :Les différentes levures de type saccharomyces cerevisiae

3.4. Critères de choix des probiotiques

La première règle de base lors du choix des probiotiques est qu'ils doivent être sans danger et Produire des bénéfices idéaux :

- 1) Ce doit être une variété qui exerce des effets bénéfiques Effets sur l'animal hôte, comme une croissance accrue ou Résistance à la maladie.
- 2) Il doit être non pathogène et non toxique.
- 3) Il devrait être capable de survivre et de se métaboliser dans : Environnement intestinal, tel que tolérance au pH faible et au pH organique acide. Subedi et al .,2020) ne doit pas être pathogène, pas seulement en ce qui concerne l'espèce hôte mais aussi en ce qui concerne les animaux aquatiques en général et les humains Consommateurs doivent être exempts de gènes de résistance aux antibiotiques codés par plasmide être capable de coloniser la surface épithéliale intestinale(Merrifield, D et al. 2010).

3.5. Utilisation des probiotiques en aquaculture :

L'aquaculture fait face à d'énormes pertes Il existe de nombreuses façons de protéger les animaux aquatiques d'élevage. Parmi ces méthodes, les probiotiques ont été largement utilisés pour lutter contre les maladies. Appliqués via l'alimentation ou à l'eau d'élevage, il profite à l'hôte en améliorant la résistance aux maladies, la santé et les performances de croissance (Hai, N. V. 2015). D'ailleurs, les probiotiques ont reçu une attention particulière en raison de leur teneur élevée en ressources abondantes, faible coût, facile à utiliser (Wang et al 2019)

3.6. Caractéristiques de *Bacillus subtilis* :

Selon (Karpov et al,2020) Le germe Gram-positif *Bacillus subtilis* n'est pas dangereux pour l'homme. Le système de sécrétion de protéines extracellulaires de *B. subtilis* est très puissant et ne produit aucun produit métabolique secondaire toxique. (Karpov et al,2020) ajoutent que les souches de sous-titres *B.* sont utilisées en médecine vétérinaire, en médecine et en médecine vétérinaire en raison de ces caractéristiques. Industrielles telles que les probiotiques et les super producteurs de facteurs immunitaires, d'enzymes, d'acides aminés et de vitamines.

Bacillus subtilis, une bactérie Gram positif du sol aérobie, se développe rapidement et a un cycle de fermentation plus court, habituellement d'environ 48 heures. *B. subtilis* possède une seule cellule. Grâce à sa membrane, la sécrétion de protéines est facilitée. La gestion en aval permet de diminuer les coûts du processus (Su et al,2020).

II. Matériels et méthodes

1. Conception du système d'élevage

Cette étude a été réalisée au laboratoire de recherche de biologie moléculaire et cellulaire de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université Ibn Khaldoun, Tiaret. Deux bassins ont été installés pour servir d'aquarium de capacité de 300 litres dans une salle équipée d'un système contrôlé.



Figure 4 : Bassins d'élevage

2. Préparation de l'aliment

L'aliment de référence qui a servi dans cette étude est celui produit par l'Office National des Aliments de Bétails (ONAB) dont la composition est la suivante : (soja ,Mais, Son de blé) après plusieurs étape l'aliment a été préparé sous forme granulée Concernant l'aliment en expérience, L'incorporation de probiotique a été incorporé dans l'aliment.



Figure 5 : Etapes de préparation de l'aliment

3. Incorporation du probiotique dans l'aliment et conduite de l'essai

Les poissons ont été nourris quotidiennement à raison de 3 % de leur poids corporel. L'aliment a été distribué trois fois par jour ; 9h, 12h, et 15h. Pour ne pas stresser les poissons, le régime alimentaire a été changé graduellement (25.50.75)



Figure 6 : Incorporation du probiotique dans l'aliment par pulvérisation

4. Mesures biométriques

La biométrie des poids est effectuée à l'aide d'une balance. Pour estimer la croissance des poissons au cours de l'expérimentation, différents paramètres zootechniques et indices ont été calculés.

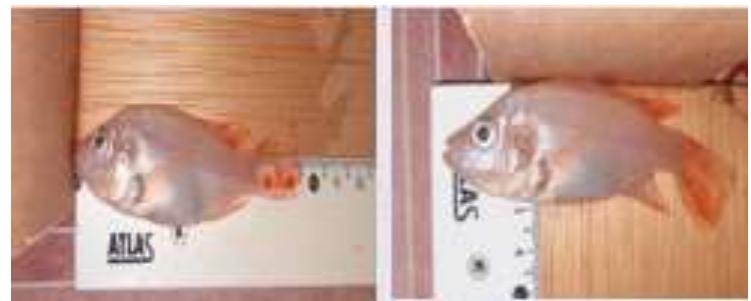


Figure 7 : Mesures biométriques

III. Résultats

1. Caractérisation des poissons de l'expérience

1.1.Poids initial

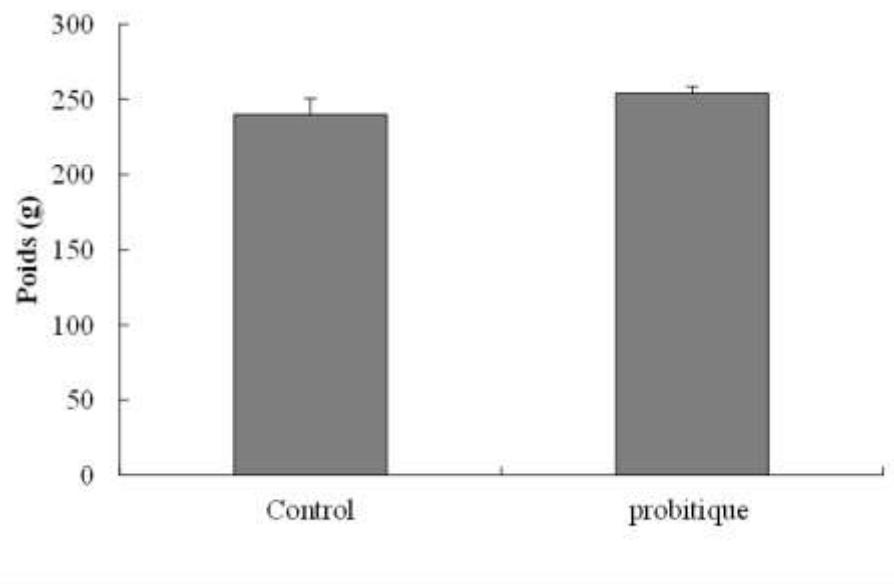


Figure 8 : poids total initial

La figure ci-dessous montre que le lot du contrôle présente un poids total de 250 ± 10 g, alors que le lot destiné à recevoir un aliment de probiotique a un poids total de 254 ± 12 .

1.2. Longueur initiale :

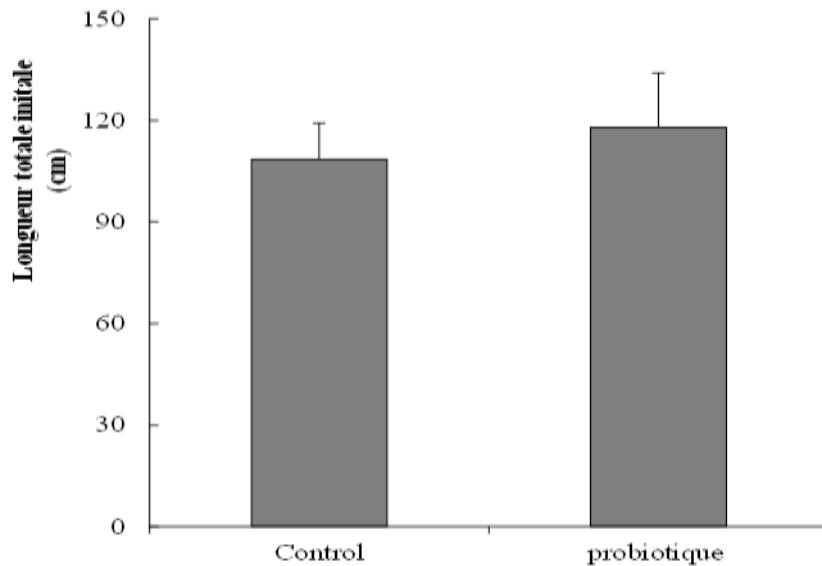


Figure 9 : Longueur initiale

Le Graphique n°2 montre que le lot probiotique plus élève 118±1.84cm que dans le lot témoins 108±0.95cm

1.3. Largeur initiale

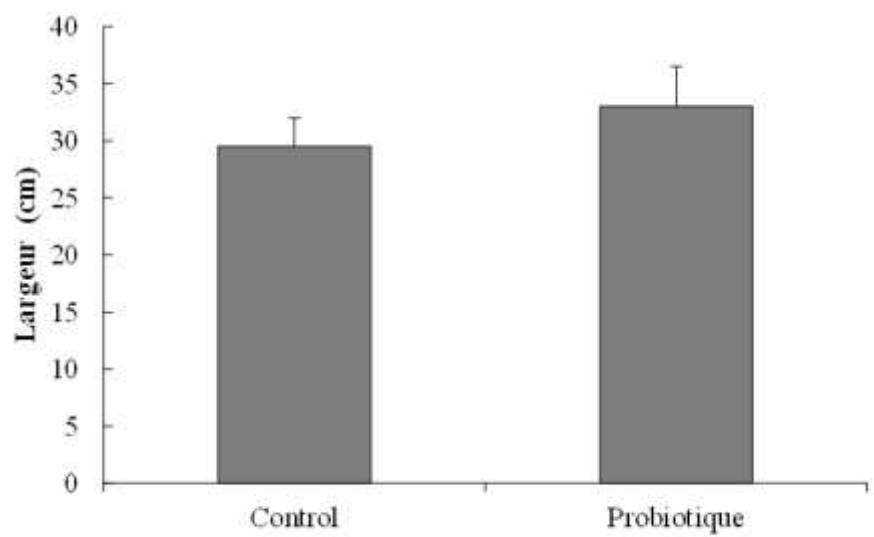


Figure 10 :Largeur initiale

Selon le Graphique ci-dessous, le lot de contrôle a un largeur total de 35.5 ± 0.71 (cm), tandis que le lot destiné à recevoir un aliment probiotique a un largeurs total de 42.5 ± 0.41 (cm)

1.4.Taux de mortalité

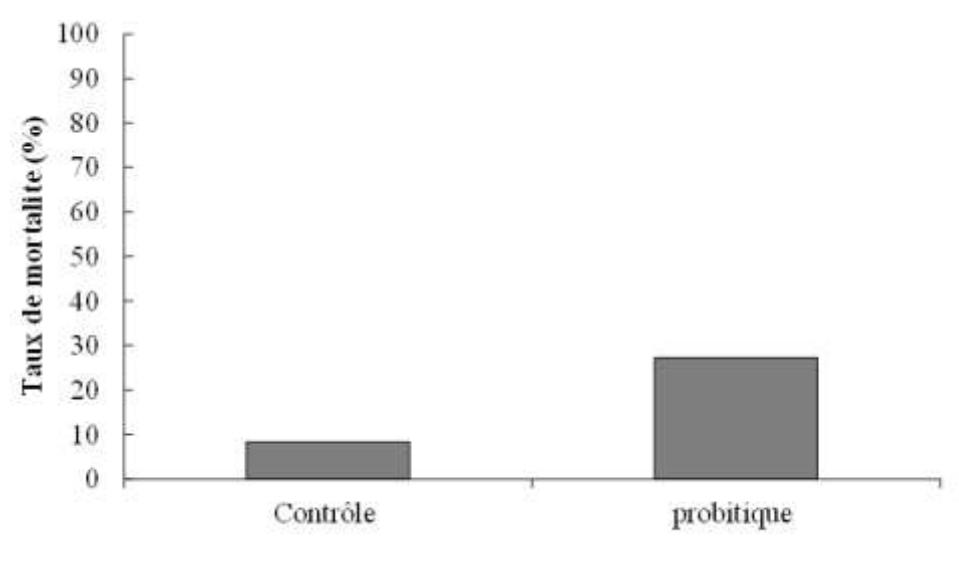


Figure 11 :Taux de mortalité .

La figure ci-dessous montre le taux de mortalité de lot de probiotique est élevé23.07 que le taux de mortalité de lot de contrôle 8.33

1.5.Evolution du poids :

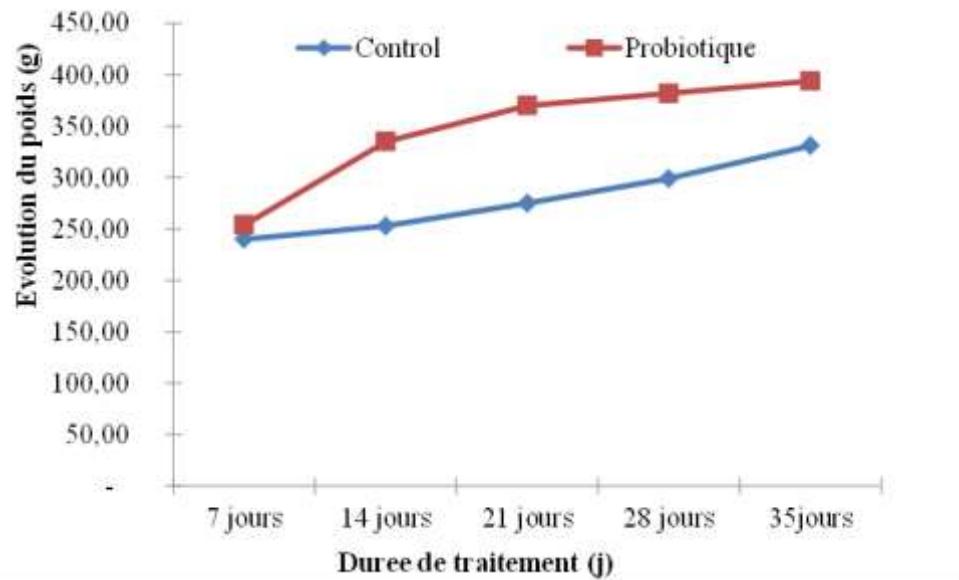


Figure 4 : Evolution du poids.

La figure n°5 révèle que les poissons ont augmenté leur poids total sur une période de 35jours d'élevage, avec une progression d'environ 322 (g)pour l'aliment de probiotique de référence et 331(g) pour le contrôle.

1.6.Gain de biomasse

- Gain de poids quotidien (GMQ)

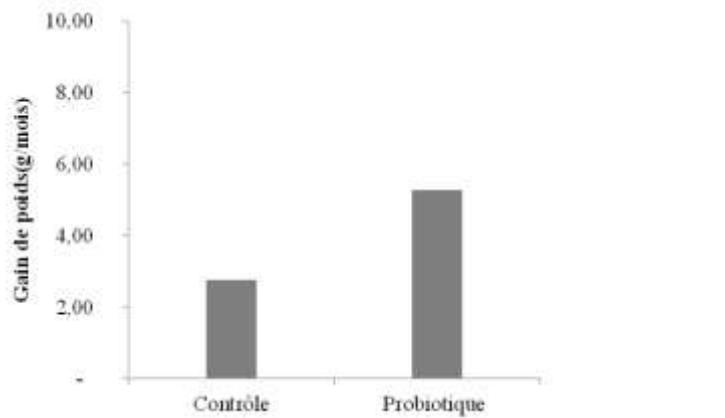


Figure 12 : Gain de biomasse GMQ

Le graphes n°5 ci-dessous montre que le lot du contrôle présente un Gain moyen quotidien 3(g), alors que Gain moyen quotidien de probiotique 5(g)

- **Gain de poids hebdomadaire (GMH)**

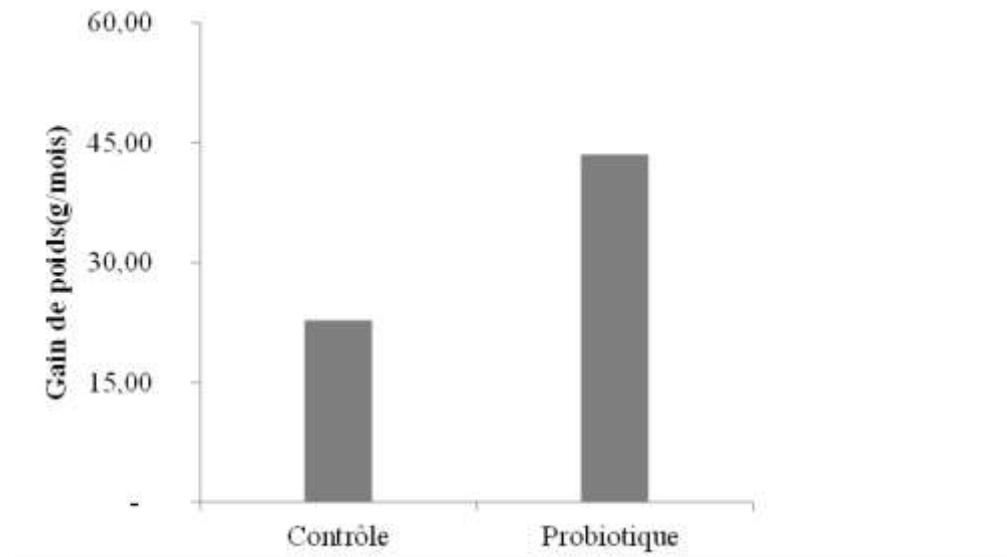


Figure 13 : Gain de biomasse GMH

Le graphes n°5 ci-dessous montre que le lot du contrôle présente un Gain moyen hebdomadaire (20g), alors que Gain moyen hebdomadaire de probiotique (45g)

- **Gain de poids mensuel (GPM)**

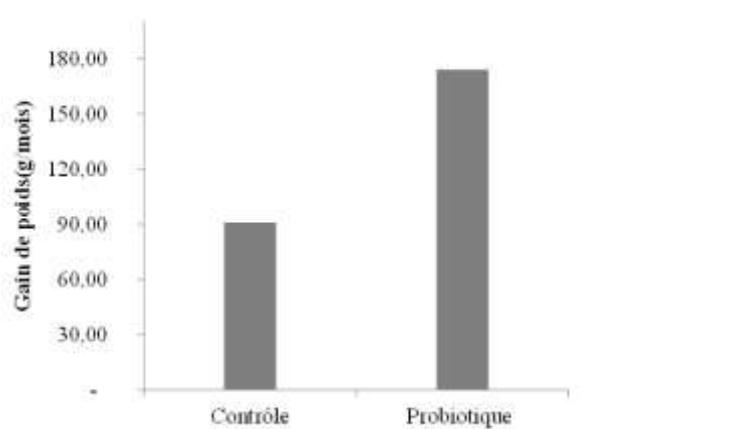


Figure 14 : Gain de poids mensuel

Le graphes n°5 ci-dessous montre que le lot du contrôle présente un Gain moyen mensuel (90 g), alors que le gain moyen mensuel du probiotique atteint 178 g.

1.7.Evolution en longueur et en largeur

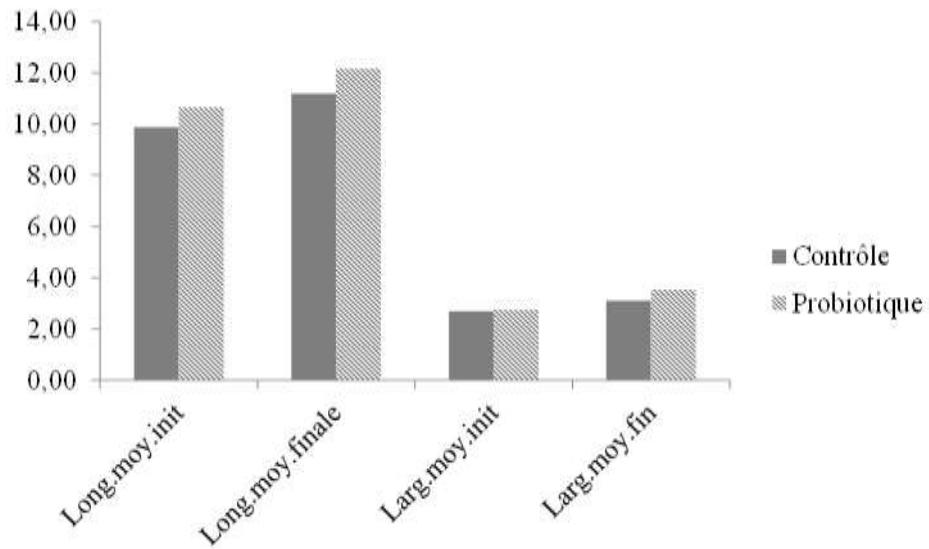


Figure 15 : Evolution en longueur et en largeur

Il est à que la longueur moyenne initiale des probiotiques était supérieure à celle du témoin long initial, où des valeurs telles que 9,86 et 10,64 par rapport à la longueur finale des probiotiques étaient plus élevées dans la longueur moyenne finale du témoin.

La présentation initiale moyenne des probiotiques était quelque peu convergente (2,63) et la présentation initiale moyenne était (3,39) Toujours comparé la présentation finale des probiotiques était plus élevée () dans la largeur moyenne finale du contrôle ()

2. Paramètre biochimique :

- Amylase :

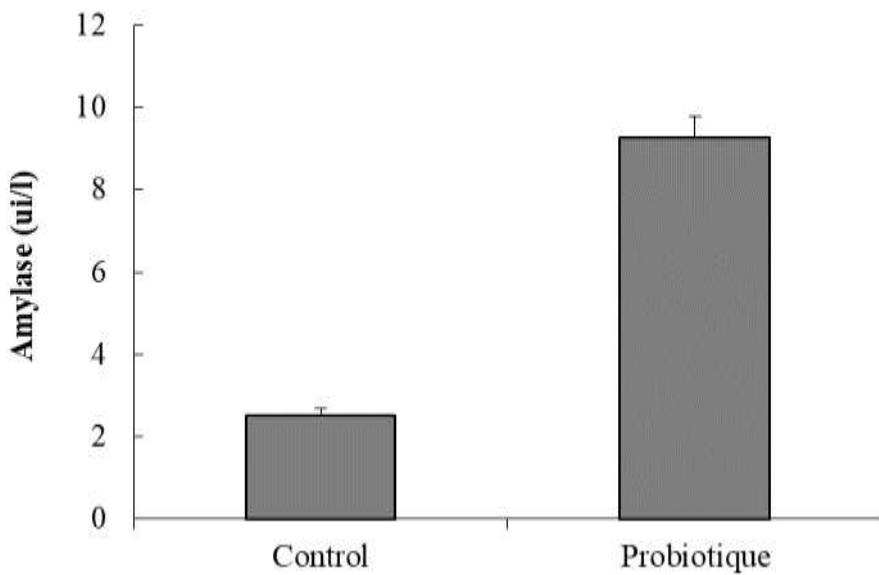


Figure 16 : Teneur en amylase

Le graphique ci-dessous représente les paramètres biochimiques en termes de probiotiques et de témoin , où l'on remarque un taux d'amylase élevé dans les probiotiques, estimé à 9,29 par rapport au contrôle, estimé à 2,50.

- **Lipase**

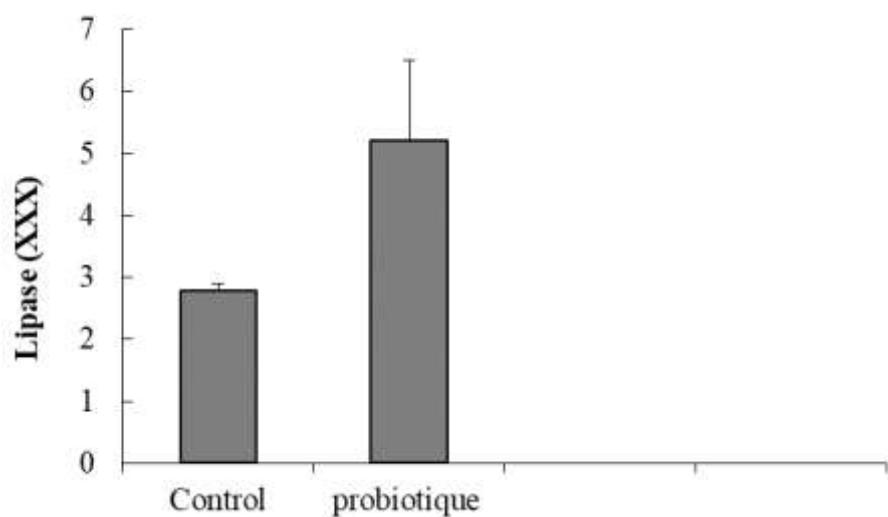


Figure 18 : Teneur en lipase

Les paramètres biochimiques des probiotiques et du témoin sont illustrés dans le graphique ci-dessous. On observe un taux élevé lipase dans les probiotiques, estimé à 5.20 , par rapport au contrôle, estimé à 2.77.

- **Trypsine :**

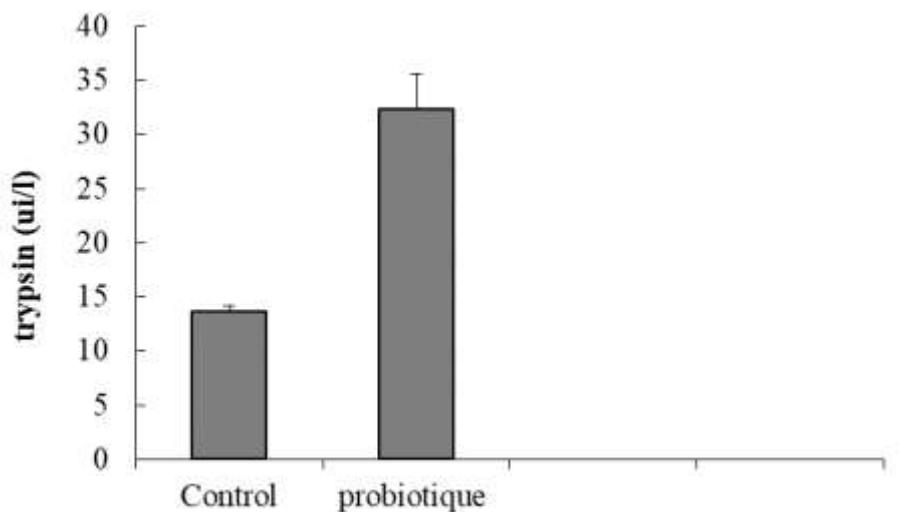


Figure 19 : Teneur en trypsine

Le graphique est présente les paramètres biochimiques des probiotiques et du témoin. Les probiotiques présentent un taux élevé de trypsine estimé à 32.42, par rapport au contrôle, qui est estimé à 13.67

- **Chymotrypsine :**

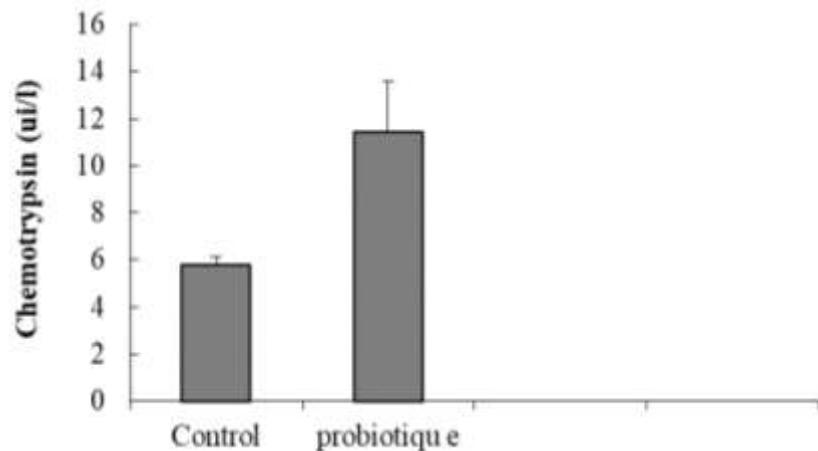


Figure 20 : Teneur en chymotrypsine.

Le graphique montre que la quantité moyenne de Chemotrypsin dans le sang des poisson qui ont pris un aliment commerciale (5.77)était inférieure à la quantité moyenne de Chemotrypsin dans le sang des poisson qui n'ont pas pris un supplément de probiotiques (11.43)

IV. Discussion

L'alimentation est la composante la plus coûteuse de l'industrie aquacole, où elle représente plus de 50 % des coûts d'exploitation. Beaucoup de recherches ont rapporté qu'une bonne gestion de l'alimentation est un outil nécessaire pour réussir l'élevage du Tilapia (SOMAA et al., 2021).

Au début, nous notons que le poids moyen des probiotiques était inférieur au poids moyen du témoin initial aux valeurs suivantes respectivement (240g) et (254g) de plusieurs 35 jours. Nous n'avons pas une augmentation significative du poids moyen du probiotique final à 394g par rapport à la valeur du poids de contrôle moyen final 331.

En termes de largeur, les résultats du tilapia nourri avec des probiotiques ont été estimés à 33 au début, et à la fin de l'expérience il était de 38,5, par rapport au contrôle, il était de 29,5 cm, et à la fin de l'expérience il était de 38,5 cm. était de 35,5.

Toujours par rapport aux probiotiques, la longueur initiale moyenne était de 9,83, et à la fin de l'expérience elle était de 12,17, inférieure à la longueur moyenne du contrôle, la hauteur initiale était de 108,5 et la longueur finale était de 123 avec des valeurs. De ce sont résultats de l'ajout de *B. subtilis* dans l'alimentation des tilapias a amélioré les paramètres zootechniques comme le gain de poids final et l'efficacité alimentaire. *B. subtilis* a colonisé l'intestin des tilapias, entraînant une réduction du nombre de bactéries totales et une augmentation du poids final. *Subtilis* a amélioré la morphologie intestinale des tilapias, en augmentant la hauteur et la largeur des villosités, indépendamment des niveaux de protéines.

Dans cette étude, une expérience expérimentale d'alimentation faite d'ingrédients disponibles localement et Impact sur la croissance du tilapia rouge "Oreochromis Sp". Avec aliment de référence. Le poids total et la taille moyenne des tilapias rouges ont également été surveillés chaque semaine pendant 35 jours au niveau de Bassins expérimentaux 2. Les mesures de poids ont révélé la taille (longueur et largeur). À cette fin, le poids du tilapia a augmenté d'une moyenne de (240g à 331g) et la longueur de (108,5 à 123) et la largeur de (29,5 cm à 35,5) cm qui a été alimenté avec des aliments commerciaux pour (35) jours.

D'autre part, la nutrition contenant des probiotiques a entraîné un poids moyen du lot variant de (254 g à 394 g), soit pour une longueur de (118 à cm146cm) et une largeur de (33cm à cm42,5) pendant la durée de l'essai .

À la fin de l'expérience, l'augmentation moyenne du poids du poisson témoin (composé de l'aliment que nous avons formulé) est moins importante que le lot complété par le probiotique utilisé. La première tranche a augmenté le poids initial moyen de 5. 0 g à 2,06 g comme poids moyen final ; Pour la pièce expérimentale, la friture commence avec un poids initial moyen de 1,6 167 grammes et se termine avec un poids final de 2,1352 grammes.

Pour la croissance de la longueur totale des alevins, Toutefois, quelques différences ont été notées lors de notre expérience. Indique que les alevins du lot témoin sont passés d'une longueur initiale de 4.67 cm à une taille de 4.91cm à la fin, pour 4.66 cm à 5.0222 pour le lot expérimental. Le 1er lot avait un rythme de croissance lent et modéré. La plupart des conclusions des chercheurs et des scientifiques concordaient avec nos conclusions.

Depuis la première utilisation de probiotiques en aquaculture, nous avons observé une augmentation significative du poids dans les deux expériences. Ces résultats sont cependant moins intéressants que ceux rapportés par (Ali et younes.,2019) par rapport aux résultats de (Ng et al .,2014).

Les résultats ont montré que les probiotiques alimentaires testés n'avaient aucun effet significatif Sur les taux de survie, de croissance ou de conversion alimentaire Tilapia nourri le régime PB1 à 0,3% avait significativement plus de protéines du corps entier Que tous les autres traitements diététiques. Le plus haut hématocrite.

Le pourcentage a été détecté chez le tilapia nourri au régime PB (probiotique Bacillus subtilise) à 0,1 % , qui était Significativement plus élevé ($p < 0,05$) que le traitement témoin. Le tilapia nourri les régimes enrichis en probiotiques a montré de manière significative meilleure survie.

A propos de la biochimie, les résultats enzymatiques pour l'amylase, la lipase et la trypsine pour le tilapia rouge nourri avec un probiotique étaient beaucoup plus élevés que les résultats pour le tilapia nourri avec un régime commercial, comme l'indiquent les résultats de (Won et al ., 2020). Et des résultats. Nous avons obtenu les résultats suivants. Elle était de (Won et coll., 2020) 3,75, la lipase de 3,32 et la trypsine de 0,83, par rapport à nos résultats pour la lipase de 5,20, l'amylase de 9,29 et la trypsine de 3,20.

V. Conclusion générale et perspectives

L’incorporation des probiotiques à base de bactéries lactiques dans le régime alimentaire du tilapia rouge, tel que *Bacillus subtilis*, semble avoir des effets positifs sur la santé et la croissance. Les résultats obtenus indiquent une augmentation nette en poids, en longueur et en largeur, ainsi qu’à la santé du poisson traduite par les teneurs acquises en enzymes digestives, telles que l’amylase, la lipase, la trypsine et la chymotrypsine.

Toutefois, il est à souligner que l’expérimentation menée a été arrêtée au bout de trente-cinq (35) jours, ce qui suggère que dans d’autres éventuelles études la durée d’expérimentation doit être prolongée. La diversification du type de probiotiques et la variation des concentrations à appliquer sont aussi à en tenir compte. D’autre part, l’efficacité des probiotiques s’affirment par leur effet sur la santé et l’immunité de l’animal. D’où, il est préférable que d’autres paramètres sont à étudier.

VI. Références bibliographiques

1. Kaima et Souheyla (2019). Evaluation du stress chez des poissons d'eau douce : Tilapia rouge (*Oreochromis sp*) exposés à des résidus de pesticide à base de (l'oxyfluorfène).
2. (Subedi, B et al 2020)
3. 47SOMAA, F. Z. E. B., & MANSOUR, K. (2021) Comparaison entre un aliment expérimental et un aliment commercial leur impacts sur la croissance de Tilapia rouge (*Oreochromis Sp.*) (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA).
4. Abd Elnabi, H. E., Abdel-Baky, A. M. M., & Hassanen, G. D. I. (2018). Impact of total ammonia on growth, physiological status and histological examination of red tilapia (*Oreochromis sp.*). *Journal of Animal and Poultry Production*, 9(12), 515-524.Ele
5. Abdelsalam, M., Elgendi, M. Y., Shaalan, M., Moustafa, M., & Fujino, M. (2017). Rapid identification of pathogenic streptococci isolated from moribund red tilapia (*Oreochromis spp.*). *Acta Veterinaria Hungarica*, 65(1), 50-59
6. Ali djema et younes dahmani. (2019) L'impact de l'incorporation d'un probiotique à base de bactérie lactique sur quelques performances zootechniques chez le poisson ‘‘Tilapia’’. memoire master. UNIVERSITE .nstitut des Sciences Vétérinaires- Blida Université Saad Dahlab-Blida 1.
7. Amoussou, T. O., Toguyeni, A., Toko, I. I., Chikou, A., & Karim, I. Y. A. (2016). Caractéristiques biologiques et zootechniques des tilapias africains *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) et *Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852: une revue. *International journal of biological and chemical sciences*, 10(4), 1869-1887
8. Banuelos-Vargas, I., de Oca, G. A. R. M., Martinez-Montano, E., Perez-Jimenez, A., Mendoza-Gamboa, O. A., Estrada-Godínez, J. A., & Hernandez, C. (2021). Antioxidant and immune response of juvenile red tilapia (*Oreochromis sp*) cultured at different densities in sea water with biofloc plus probiotics. *Aquaculture*, 544, 737112.
9. Banuelos-Vargas, I., de Oca, G. A. R. M., Martinez-Montano, E., Perez-Jimenez, A., Mendoza-Gamboa, O. A., Estrada-Godínez, J. A., & Hernandez, C. (2021).

10. Bensaâd Bendjedid, L., Kaddour, A., Sadour, C., & Rachedi, M. (2021). Analyse des exportations algériennes des produits frais issus de la pêche: Cas de la wilaya d'El Tarf.
11. Bottacini, F., Ventura, M., Van Sinderen, D., & O'Connell Motherway, M. (2014). Diversity, ecology and intestinal function of bifidobacteria. *Microbial cell factories*, 13, 1-15.
12. Brummett, R. (2008). Role of aquaculture in increasing water productivity. *Challenge Program on Water and Food–Aquatic Ecosystems and Fisheries Review Series*, 4.
13. Cahu, C. (2019). L'aquaculture: quelle réponse à la demande croissante de nourriture dans le monde?. *Études marines*, (15 Nourrir), 40-49.
14. Caipang, C. M. A. (2020). Phylogenics in aquaculture: a short review of their effects on gut health and microflora in fish. *The Philippine Journal of Fisheries*, 27(2), 11-22.
15. Dergal, N. B. (2015). Evaluation des systèmes de management de la sécurité et de la qualité de l'aquaculture du tilapia du Nil "Oreochromis niloticus" dans l'Ouest algérien.
16. Dergal, N. B. (2015). Evaluation des systèmes de management de la sécurité et de la qualité de l'aquaculture du tilapia du Nil "Oreochromis niloticus" dans l'Ouest algérien.
17. Dergal, N. B. (2015). Evaluation des systèmes de management de la sécurité et de la qualité de l'aquaculture du tilapia du Nil "Oreochromis niloticus" dans l'Ouest algérien.
18. Earl AM, Losick R, Kolter R. Ecology and genomics of *Bacillus subtilis*. *Trends Microbiol*. 2008 Jun ;16(6) :269-75. doi: 10.1016/j.tim.2008.03.004. Epub 2008 May 28. PMID : 18467096 ; PMCID : PMC2819312.
19. El-Saadony, M. T., Alagawany, M., Patra, A. K., Kar, I., Tiwari, R., Dawood, M. A., ... & Abdel-Latif, H. M. (2021). The functionality of probiotics in aquaculture: An overview. *Fish & shellfish immunology*, 117, 36-52.
20. Fang, W., Huang, J., Li, S., & Lu, J. (2022). Identification of pigment genes (melanin, carotenoid and pteridine) associated with skin color variant in red tilapia using transcriptome analysis. *Aquaculture*, 547, 737429.

21. Guarner, F., Khan, A. G., Garisch, J., Eliakim, R., Gangl, A., Thomson, A., ... & LE, M. (2011). Probiotiques et prébiotiques. World Gastroenterology Organisation Global Guidelines.
22. Hai, N. V. (2015). The use of probiotics in aquaculture. *Journal of applied microbiology*, 119(4), 917-935.
23. Iregui, C. A., Comas, J., Vásquez, G. M., & Verjan, N. (2016). Experimental early pathogenesis of *S treptococcus agalactiae* infection in red tilapia *O reochromis* spp. *Journal of fish diseases*, 39(2), 205-215.
24. Iwashita, M. K. P., Nakandakare, I. B., Terhune, J. S., Wood, T., & Ranzani-Paiva, M. J. T. (2015). Dietary supplementation with *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* enhance immunity and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* and *Streptococcus iniae* infection in juvenile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fish & shellfish immunology*, 43(1), 60-66.
25. Karpov, D. S., Domashin, A. I., Kotlov, M. I., Osipova, P. G., Kiseleva, S. V., Seregina, T. A., ... & Poddubko, S. V. (2020). Biotechnological potential of the *Bacillus subtilis* 20 strain. *Molecular Biology*, 54, 119-127.
26. Karpov, D. S., Domashin, A. I., Kotlov, M. I., Osipova, P. G., Kiseleva, S. V., Seregina, T. A., ... & Poddubko, S. V. (2020). Biotechnological potential of the *Bacillus subtilis* 20 strain. *Molecular Biology*, 54, 119-127.
27. Kuebutornye, F. K., Wang, Z., Lu, Y., Abarike, E. D., Sakyi, M. E., Li, Y., ... & Hlordzi, V. (2020). Effects of three host-associated *Bacillus* species on mucosal immunity and gut health of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* and its resistance against *Aeromonas hydrophila* infection. *Fish & shellfish immunology*, 97, 83-95.
28. Leahy, S. C., Higgins, D. G., Fitzgerald, G. F., & Van Sinderen, D. (2005). Getting better with bifidobacteria. *Journal of applied microbiology*, 98(6), 1303-1315.
29. Liu, X., Jia, B., Sun, X., Ai, J., Wang, L., Wang, C., ... & Huang, W. (2015). Effect of initial pH on growth characteristics and fermentation properties of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of food science*, 80(4), M800-M808.
30. Merrifield, D. L., Dimitroglou, A., Foey, A., Davies, S. J., Baker, R. T., Bøgwald, J., ... & Ringø, E. (2010). The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture*, 302(1-2), 1-18.
31. Mohamad, S. N., Noordin, W. N. M., Ismail, N. F., & Hamzah, A. Z. H. A. R. (2021). Red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) broodstock development programme

- in Malaysia: Status, challenges and prospects for future development. *Asian Fish. Sci.*, 34, 73-81.
32. Mugimba, K. K., Tal, S., Dubey, S., Mutoloki, S., Dishon, A., Evensen, Ø., & Munang'andu, H. M. (2019). Gray (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) and Red (*Oreochromis* spp.) tilapia show equal susceptibility and proinflammatory cytokine responses to experimental Tilapia Lake Virus infection. *Viruses*, 11(10),
33. Mugwanya, M., Dawood, M. A., Kimera, F., & Sewilam, H. (2021). Updating the role of probiotics, prebiotics, and synbiotics for tilapia aquaculture as leading candidates for food sustainability: a review. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 1-28.
34. Mugwanya, M., Dawood, M. A., Kimera, F., & Sewilam, H. (2021). Updating the role of probiotics, prebiotics, and synbiotics for tilapia aquaculture as leading candidates for food sustainability: a review. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 1-28.
35. Nayak, Sukanta Kumar. "Probiotics and immunity: à fish perspective." *Fish & shellfish immunology* 29.1 (2010): 2-14.
36. Ng, W. K., Kim, Y. C., Romano, N., Koh, C. B., & Yang, S. Y. (2014). Effects of dietary probiotics on the growth and feeding efficiency of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp., and subsequent resistance to *Streptococcus agalactiae*. *Journal of Applied Aquaculture*, 26(1), 22-31.
37. Nobah, C. S., KoNe, T., Ouattara, I. N., Kouamelan, P. E., N'douba, V., & Snoeks, J. (2008). Étude des performances de croissance de deux tilapias (*Tilapia zillii* et *T. guineensis*) et de leurs hybrides en cage flottante. *Cybium*, 32(2), 131-136.
38. Okuthe, G. E., & Bhomela, B. (2021). Morphology, histology and histochemistry of the digestive tract of the Banded tilapia, *Tilapia sparrmanii* (Perciformes: Cichlidae). *Zoologia (Curitiba)*, 37, e51043.
39. Prabu, E., Rajagopalsamy, C. B. T., Ahilan, B., Jeevagan, I. J. M. A., & Renuhadevi, M. J. A. R. (2019). Tilapia—an excellent candidate species for world aquaculture: a review. *Annual Research & Review in Biology*, 31(3), 1-14.
40. Pradeep, P. J., Srijaya, T. C., Hassan, A., Chatterji, A. K., Withyachumnarnkul, B., & Jeffs, A. (2014). Optimal conditions for cold-shock induction of triploidy in red tilapia. *Aquaculture international*, 22, 1163-1174.

41. Pradeep, P. J., Srijaya, T. C., Hassan, A., Chatterji, A. K., Withyachumnarnkul, B., & Jeffs, A. (2014). Optimal conditions for cold-shock induction of triploidy in red tilapia. *Aquaculture international*, 22, 1163-1174.
42. Ridha, M. T., & Azad, I. S. (2012). Preliminary evaluation of growth performance and immune response of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* supplemented with two putative probiotic bacteria. *Aquaculture Research*, 43(6), 843-852
43. San Francisco, R., & Wind, W. N. (2017). use~.
44. Santos, W. M., Costa, L. S., López-Olmeda, J. F., Costa, N. C. S., Santos, F. A. C., Oliveira, C. G., ... & Ribeiro, P. A. P. (2020). Dietary protein modulates digestive enzyme activities and gene expression in red tilapia juveniles. *animal*, 14(9), 1802-1810.
45. Standen, B. T., Rodiles, A., Peggs, D. L., Davies, S. J., Santos, G. A., & Merrifield, D. L. (2015). Modulation of the intestinal microbiota and morphology of tilapia, *Oreochromis niloticus*, following the application of a multi-species probiotic. *Applied microbiology and biotechnology*, 99, 8403-8417.
46. Su, Y., Liu, C., Fang, H., & Zhang, D. (2020). *Bacillus subtilis*: a universal cell factory for industry, agriculture, biomaterials and medicine. *Microbial cell factories*, 19, 1-12
47. Tailliez, P. (2004). Les lactobacilles: propriétés, habitats, rôle physiologique et intérêt en santé humaine. *Antibiotiques*, 6(1), 35-41.
48. Valenti, W. C., Kimpara, J. M., Preto, B. D. L., & Moraes-Valenti, P. (2018). Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. *Ecological indicators*, 88, 402-413.
49. Verdegem, M., Buschmann, A. H., Latt, U. W., Dalsgaard, A. J., & Lovatelli, A. (2023). The contribution of aquaculture systems to global aquaculture production. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54(2), 206-250.
50. Wang, H., Ge, S., Lipton, Z., & Xing, E. P. (2019). Learning robust global representations by penalizing local predictive power. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 32.
51. Won, S., Hamidoghli, A., Choi, W., Park, Y., Jang, W. J., Kong, I. S., & Bai, S. C. (2020). Effects of *Bacillus subtilis* WB60 and *Lactococcus lactis* on growth, immune responses, histology and gene expression in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Microorganisms*, 8(1).

52. Won, S., Hamidoghli, A., Choi, W., Park, Y., Jang, W. J., Kong, I. S., & Bai, S. C. (2020). Effects of *Bacillus subtilis* WB60 and *Lactococcus lactis* on growth, immune responses, histology and gene expression in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Microorganisms*, 8(1).
53. Zabidi, A., Yusoff, F. M., Amin, N., Yaminudin, N. J. M., Puvanasundram, P., & Karim, M. M. A. (2021). Effects of probiotics on growth, survival, water quality and disease resistance of red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) fingerlings in a biofloc system. *Animals*, 11(12), 3514.
54. Zabidi, A., Yusoff, F. M., Amin, N., Yaminudin, N. J. M., Puvanasundram, P., & Karim, M. M. A. (2021). Effects of probiotics on growth, survival, water quality and disease resistance of red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) fingerlings in a biofloc system. *Animals*, 11(12), 3514.
55. Zanello, G., Meurens, F., Berri, M., & Salmon, H. (2009). *Saccharomyces boulardii* effects on gastrointestinal diseases. *Current issues in molecular biology*, 11(1), 47-58.
56. Zhu, C., Yu, L., Liu, W., Jiang, M., He, S., Yi, G., ... & Liang, X. (2019). Dietary supplementation with *Bacillus subtilis* LT3-1 enhance the growth, immunity and disease resistance against *Streptococcus agalactiae* infection in genetically improved farmed tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture nutrition*, 25(6), 1241-1249.