

**UNIVERSITE KASDI MERBAH, OUARGLA**  
**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**  
**DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES**



**Mémoire de Fin d'études**  
**En vue de l'obtention du diplôme de**  
**MASTER Professionnel**  
**Domaine : Sciences de la nature et de la vie**  
**Filière : Hydrobiologie marine et continentale**  
**Spécialité : Aquaculture**  
**Présenté par : NAAMI Messaouda et ROUAI Khadidja**

***Thème***

***Essai d'élaboration d'un complément alimentaire à base  
de spiruline et d'alginate : effet sur la performance  
de croissance de Tilapia « Oreochromis niloticus »***

*Soutenu publiquement le : 30/06 /2021*

*Devant le jury :*

**Promoteur : BENSALÉM SOUFIANE      M.C.A à l'U.K.M.-Ouargla**

**Co-promoteur : HIDOUCI SABRINA      M.C.B à l'U.K.M.-Ouargla**

**Président: CHOUNA TOUFIK      M.C.B à l'U.K.M.-Ouargla**

**Examineur : MANAMANI RADIA      M.A.A à l'U.K.M.-Ouargla**

**Année universitaire : 2020/2021**

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à*

*A tous ceux qui m'ont entouré et qui m'ont encouragé*

*Ma chère mère*

*Mon cher père*

*Toutes mes sœurs et mes frères*

*Mes amies et de la spécialité d'aquaculture*

*Mon binôme Khadija Rouai*

*Mes belles amies Nadia et Fadoua et Batoul*

*A tous ceux que j'aime dans ma vie de près et de loin*



*Messaouda*

# **DEDICACES**

**Je dédie ce mémoire :**

**A mon défunt père**

**A ma famille (mère, frères, sœurs, et tous les membres de la famille)**

**A ma chère binôme Messaouda**

**A mes proches amis Nadia, Fadoua**

**A tous un qui Aidez-moi à faire de ce travail un succès**

*Khadija*



## REMERCIEMENTS

*Tout d'abord, nous tenons à remercier ALLAH qui nous aide et nous donne la force, la patience et le courage de compléter notre travail.*

*Nous souhaitons d'adresser nos vifs remerciements de tout notre cœur à notre promoteur Monsieur Bensalem Soufiane M.C.A à l'Université Kasdi Merbah Ouargla qui nous a apporté l'encouragement, l'aide, les précieux conseils ainsi pour leur patience pendant tout la durée de la réalisation de mémoire, nous avons tout l'honneur de travailler avec vous.*

*Toutes les sincères remerciements à madame Hidouci Sabrina M.C.B à l'Université Kasdi Merbah Ouargla d'avoir accepté de co-diriger ce travail et de nous orienter avec ses conseils jusqu'à l'aboutissement de ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent aux membres de jury de cette soutenance : M. Chouana Toufik (président) et Mlle Manamani Radia (examinatrice)*

*Un grand merci pour le professionnel en aquaculture El Oued Monsieur « Khabeb Allal » pour sa générosité et qui a eu l'amabilité de nous Fournir le matériel biologique « Tilapia »*

*Le cadre de laboratoire d'aquaculture de l'université Kasdi Merbah Ouargla « Monsieur Layech Beggari » et les techniciennes de laboratoire « Karima, Iman, Fatima » pour leur disponibilité*

*N'oublions jamais de remercier tous les enseignants de notre spécialité « aquaculture » chacun à son nom.*



## Liste des figures

<b>01</b>	<b>La structure chimique d'alginate, (a) monomères mannuronate G et guluronate M ; (b) conformation des chaînes ; (c) exemple d'enchaînement des blocs M, blocs G et blocs alternés MG dans une chaîne d'alginate</b>	<b>6</b>
<b>02</b>	<b><i>Spirulina platensis</i> observée au microscope</b>	<b>13</b>
<b>03</b>	<b>Etape de préparation du complément alimentaire alginate/spiruline</b>	<b>18</b>
<b>04</b>	<b>préparation du dispositif expérimental</b>	<b>19</b>
<b>05</b>	<b>mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau d'élevage</b>	<b>20</b>
<b>06</b>	<b>contrôle de croissance (mesure du poids et de la taille individuel)</b>	<b>21</b>
<b>07</b>	<b>Morphologie des billes par la loupe binoculaire</b>	<b>23</b>
<b>08</b>	<b>Variations de la température dans les trois aquariums</b>	<b>25</b>
<b>09</b>	<b>Évolution de L'oxygène dissous dans les trois aquariums</b>	<b>25</b>
<b>10</b>	<b>Variations de pH dans les trois aquariums</b>	<b>26</b>
<b>11</b>	<b>Variations de la salinité dans les trois aquariums</b>	<b>27</b>
<b>12</b>	<b>Évolution de la conductivité électrique dans les trois aquariums au cours de la période d'étude</b>	<b>27</b>
<b>13</b>	<b>croissance pondérale d'<i>Oreochromis niloticus</i></b>	<b>28</b>
<b>14</b>	<b>Variation du taux de survie des alevins <i>Oreochromis niloticus</i>.</b>	<b>29</b>
<b>15</b>	<b>Variation du taux de croissance spécifique (T.C.S) des alevins d'<i>Oreochromis niloticus</i>.</b>	<b>30</b>
<b>16</b>	<b>Variation du gain de la masse corporelle (GMC) des alevins d'<i>Oreochromis niloticus</i> durant la période de l'étude.</b>	<b>30</b>
<b>17</b>	<b>Variation du gain de la masse corporelle quotidienne (GMCQ) des alevins d'<i>Oreochromis. Niloticus</i></b>	<b>31</b>
<b>18</b>	<b>Variation du taux de conversion alimentaire (T.C.A) des alevins d'<i>Oreochromis niloticus</i> durant a période d'étude.</b>	<b>32</b>

## Liste des tableaux

<b>01</b>	<b>Teneur en alginates de quelques alginophytes</b>	<b>8</b>
<b>02</b>	<b>Les différentes applications de l'alginate</b>	<b>11</b>
<b>03</b>	<b>les caractéristiques des billes hydrogels et séchées</b>	<b>24</b>

## Liste des abréviations

<b>AGPI</b>	<b>acides gras polyinsaturés</b>
<b>ALG</b>	<b>Alginate</b>
<b>CaCl<sub>2</sub></b>	<b>chlorure de calcium</b>
<b>GMC</b>	<b>gain de masse corporelle</b>
<b>GMCQ</b>	<b>gain de masse corporelle quotidienne</b>
<b>μS/cm</b>	<b>micro Siemens par centimètre</b>
<b>mS/cm</b>	<b>milli Siemens par centimètre</b>
<b>FAO</b>	<b>Organisation pour l'alimentation et l'agriculture</b>
<b>R</b>	<b>régime alimentaire</b>
<b>TCS</b>	<b>taux de croissance spécifique</b>
<b>TS</b>	<b>taux de survie</b>
<b>tr. min<sup>-1</sup></b>	<b>tours par minute</b>

# SOMMAIRE

<b>REMERCIEMENTS</b> .....	I
<b>Liste des figures</b> .....	II
<b>Liste des tableaux</b> .....	III
<b>Liste des abréviations</b> .....	IV
<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre I. Synthèse bibliographique</b> .....	3
<b>I.1. Biologie et écologie de Tilapia</b> .....	3
I.1.1. L'écologie et le régime alimentaire du poisson tilapia ( <i>Tilapia niloticus</i> ).....	3
<b>I.2. Les aliments fonctionnels</b> .....	4
I.2.1. Les acides organiques .....	4
I.2.2. Les additifs phytogéniques .....	4
I.2.3. Les probiotiques .....	5
<b>I.3. Aperçu sur l'alginate</b> .....	5
I.3.1. L'alginate et sa structure chimique.....	5
I.3.2. Classification de l'alginate .....	7
I.3.3. L'origine de l'alginate et la méthode d'extraction .....	7
I.3.4. Les procédés de l'extraction .....	8
I.3.4. Les différentes applications de l'alginate .....	10
<b>I.4. Aperçu sur la spiruline</b> .....	12
I.4.1. Biologie et écologie de la spiruline .....	12
I.4.2. Les valeurs nutritives de la spiruline (la composition chimique).....	13
I.4.3. Bienfaits de la spiruline .....	14
<b>Chapitre II : Matériels et méthodes</b> .....	16



<b>II. 1. Matériel utilisé</b> .....	16
<b>II.2.La méthodologie de travail</b> .....	16
II.2.1. La préparation du complément alimentaire.....	16
II.2.2. Préparation du dispositif expérimental.....	19
II.2.3. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau d'élevage.....	20
II.2.4. Nourrissage des alevins .....	20
II.2.5. Suivi des paramètres zootechniques et de la croissance.....	21
II.2.6. Analyse statistique.....	22
<b>III. Résultats et discussion</b> .....	23
<b>III.1. Caractéristiques du complément alimentaire</b> .....	23
<b>III.2. Paramètres physicochimiques</b> .....	24
III.2.1. La température .....	24
III.2.2. L'oxygène dissous .....	25
III.2.3. Le pH .....	26
III.2.4. La salinité.....	26
III.2.5. La conductivité électrique.....	27
<b>III.3. Paramètres de croissance</b> .....	28
III.3.1. Gain de poids : .....	28
III.3.2. Taux de survie.....	29
III.3.3. Taux de croissance spécifique (TCS).....	29
III.3.4. Gain de la masse corporelle (GMC) .....	30
III.3.5. Le gain de la masse corporelle quotidien (GMCQ) .....	31
III.3.6. Taux de conversion alimentaire (TCA) .....	32
<b>Conclusion</b> .....	37
<b>Références bibliographiques</b> .....	38

# ***Introduction***

### Introduction

Selon les données de l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) en 2018, les derniers statistiques sur l'aquaculture mondiale révèlent que la production aquacole dans le monde a atteint un niveau record, avec 114.5 millions de tonnes dont 82,1 millions de tonnes d'animaux aquatiques. Le poisson occupait une place prédominante dans l'élevage d'animaux aquatiques d'une valeur de 54,3 millions de tonnes, La chine reste le premier pays producteur dans le secteur d'aquaculture au monde de 13,8 millions de tonnes par an en moyenne entre 2015 et 2017, elles sont passées à 12,7 millions de tonnes en 2018(FAO,2020).

Après les Cyprinidés et les Salmonidés, les tilapias sont le troisième groupe de poissons les plus élevé dans le monde (Al Dilaimi, 2009). La production du tilapia autour du monde a connu une évolution bien marquée, elle été multipliée par 15 en trente ans et durant de la dernière décennie elle a plus que doublée jusqu'à 3.5 millions en 2008 tonnes après c'était de 830.000 tonnes en 1990 (FAO, 2010). En Afrique, la production de Tilapia destinée aux marchés nationaux en 2008 a augmenté deux fois plus qu'en 2000 près de 430.000 tonnes (FAO, 2010).

La continuité de l'essor de l'aquaculture (+ 8,8% entre 1980 et 2010) a levé la demande en aliments et donc en matières premières qui les composent qui sont limitées par les ressources halieutiques à des fins non alimentaires, dans ces dernières 30 années, 25 Mt/an de poisson ont été transformés en 5 à 6 Mt de farine de poisson et 1 à 1,4 Mt d'huile de poisson. Pour faire face à la demande, il a fallu recourir à des matières premières alternatives, du fait du prix des matières premières de source halieutique a encouragé l'orientation ver des régimes contenant des ingrédients d'origine végétal (Naylor *et al.*, 2009), parmi les différents ingrédients d'origine végétal fortement utilisés en aquaculture on trouve la spiruline

La spiruline (*Spirulina platensis*) est la microalgue le plus disponible et le plus utilisé, il a été étudié dans multiples domaines et principalement en industrie alimentaire et en médecine (Beheshtipour *et al.*,2012),elle est bien riche en protéines, lipide, acides gras polyinsaturés (AGPI) et en vitamines et minéraux, cela fournisse à la spiruline d'être une excellente source de macro et micronutriments (Hoseini *et al.*,2013).

Les alginates ont une nature polysaccharidiques employées dans différents domaines en raison de leurs propriétés y compris la stabilisation, la viscosité élevée dans les solutions

aqueuses, facilité de gélification (Huang *et al.*, 2012). L'alginate de sodium utilisé en tant qu'agent encapsulant (Goujon, 2004)

Il porte sur la préparation d'un supplément alimentaire à base de la spiruline et l'alginate dans le but d'améliorer les performances de croissance chez le tilapia *Oreochromis niloticus*.

Ce mémoire est organisé en 3 parties :

La première partie qui portera sur une synthèse bibliographique va s'intéresser aux notions sur les compléments alimentaires et les différents aliments fonctionnels et leurs effets positifs en aquaculture, suivi par une aperçue sur les alginates, ses procédés de l'extraction et les différentes utilisations et à la fin elle aborde une aperçue sur la spiruline ses valeurs nutritives de la spiruline et ses bienfaits de la spiruline.

La deuxième partie est consacrée à la partie matériel et les méthodes utilisés pour la préparation du complément alimentaire ainsi que la description du dispositif expérimental utilisé pour l'application de cet additif alimentaire et son effet sur la croissance.

La troisième partie traitera les résultats obtenus dans ce travail comme les paramètres physico-chimiques de l'eau d'élevage ainsi que les paramètres zootechniques de croissance de Tilapia. Et en termine avec une conclusion et quelques perspectives.

*Synthèse  
bibliographique*

## Chapitre I. Synthèse bibliographique

### I.1. Biologie et écologie de Tilapia

#### I.1.1. L'écologie et le régime alimentaire du poisson tilapia (*Tilapia niloticus*)

##### I.1.1.1. position systématique

Le tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* est l'une des espèces qui appartient au sous famille des tilapinées et à la famille des cichlidés (Trewavas , 1983)

**Embranchement** : vertébrés

**Sous embranchement** : Gnathostomes

**Super classe** : Poissons

**Classe** : Ostéichthyens

**Sous classe** : Actinoptérygiens

**Super ordre** : Téléostéiens

**Ordre** : Perciformes

**Famille** : Cichlidae

**Genre** : *Oreochromis*

**Espèce** : *Oreochromis niloticus* (L., 1758) (Alliouche, 2010).

##### I.1.1.2. L'écologie du tilapia

Le tilapia *O. niloticus* est une espèce euryèce et eurytope capable de supporter une large gamme de conditions environnementales et peut coloniser des milieux extrêmement variés d'après des nombreuses études (Fishelson et Yaron, 1983; Plisnier *et al.*, 1988).

Elle est aussi une espèce thermophile peut vivre dans un milieu leur température entre 7° à 41°C pendant plusieurs heures, mais elle préfère des conditions thermales entre 13,5° et 33°C (Balarin et Hatton, 1979). De plus elle est euryhaline et on la rencontre dans des milieux aquatiques d'une salinité de 0,05 à 30 ‰.

##### I.1.1.2. Le régime alimentaire

Cette espèce est principalement phytoplanctonophage qui peut se nourrir du phytoplancton existant dans son milieu naturel. En revanche elle ingère des algues bleues, des zooplanctons, des sédiments riches en bactéries et des diatomées en plus elle mange de l'aliment artificiel (Lacroix, 2004).

### **I.2. Les aliments fonctionnels**

Les aliments fonctionnels sont des aliments naturels ou bien transformés qui contiennent des composés biologiquement actifs connus ou inconnus ; qui, en quantités définies et efficaces non toxiques, ses aliments offrent des bénéfices pour la santé clinique prouvé et documenté pour la prévention, la gestion ou le traitement des maladies chroniques (Martirosyan et Singh, 2015).

#### **I.2.1. Les acides organiques**

Les acides organiques sont des acides gras à chaîne courte carboxyliques faibles. Et qui se dissocient partiellement dans l'eau pour former un ion hydrogène ( $H^+$ ) et un ion carboxylate ( $-COO^-$ ) (Lim *et al.*, 2015). Parmi les exemples des acides organiques il existe l'acide formique, l'acide citrique, l'acide benzoïque, l'acide lactique, l'acide acétique, l'acide propionique, l'acide malique et l'acide sorbique et leurs sels (Washington, 2011).

Les acides organiques sont utilisés pour améliorer la croissance et l'utilisation des nutriments et ainsi la résistance aux maladies des poissons (Ng *et al.*, 2009).

Ils sont connus par des caractéristiques relatives à la digestibilité tout en diminuant le pH dans l'estomac et l'intestin, augmentant en même temps l'activité de digestion enzymatique. D'autre part ils inhibent la croissance des bactéries par la pénétration dans leur paroi cellulaire et la perturbation de l'action normale (Nates, 2016). Ses actions dépendent de divers facteurs comme les espèces de poissons, taille, âge, types et niveau d'acides organiques, gestion des aliments et la qualité de l'eau (Fefana, 2014).

#### **I.2.2. Les additifs phytogéniques**

Les additifs phytogéniques sont des composés ou des dérivés naturels d'origine végétale, qui sont incorporés dans le régime alimentaire pour améliorer la productivité animale et la croissance mais aussi la performance sanitaire. Les additifs phytogéniques sont utilisés en aquaculture à cause de ces multiples propriétés bénéfiques et principalement pour améliorer la digestibilité par la stimulation l'activité enzymatique digestive et la sécrétion de bile, ils sont des produits ont des propriétés anti-stress, antioxydant, antimicrobien, anticarcinogène et anti-pathogènes chez les poissons et les crevettes (Asimi et Sahu, 2013 ; Reverter *et al.*, 2014; Hashimoto *et al.*, 2016).

### I.2.3. Les probiotiques

Dans le secteur de l'aquaculture, l'agriculteur ne peut pas toujours évaluer visuellement le poisson et très souvent la perception des épidémies est un défi. L'utilisation aveugle d'antibiotiques pour prévenir ces épidémies a entraîné l'émergence de plusieurs pathogènes résistants en aquaculture (Scholz *et al.*, 1999).

Les probiotiques sont des microorganismes qui ont des caractéristiques bénéfiques pour les organismes vivants, sont de plus en plus acceptés et utilisés comme traitement prophylactique alternatif pour les humains et les animaux, ils sont utilisés soit pour traiter des maladies liées aux pathogènes, ou bien pour être utilisés en tant que traitements préventifs. La recherche sur les probiotiques s'est principalement concentrée sur le tractus gastro-intestinal de l'hôte, tandis que les applications sur les surfaces cutanées ou branchiales ont été moins étudiées (Gram et Ringø 2005; Balca'zar *et al.*, 2006; Go'mez et Balca'zar 2008; Lamari *et al.*, 2013).

Les probiotiques sont des microorganismes vivants qui doivent rester vivants pendant le traitement, le stockage et transit gastrique pour remplir leur fonction souhaitée dans le corps (Mattila-Sandholm *et al.*, 2002). Beaucoup des données cliniques ont été accumulées pour soutenir le rôle des probiotiques dans la santé humaine en bénéficiant au système immunitaire, renforçant la barrière muqueuse et supprimant l'infection de l'intestin (Saarela *et al.*, 2002).

### I.3. Aperçu sur les alginates

#### I.3.1. Les alginates et sa structure chimique

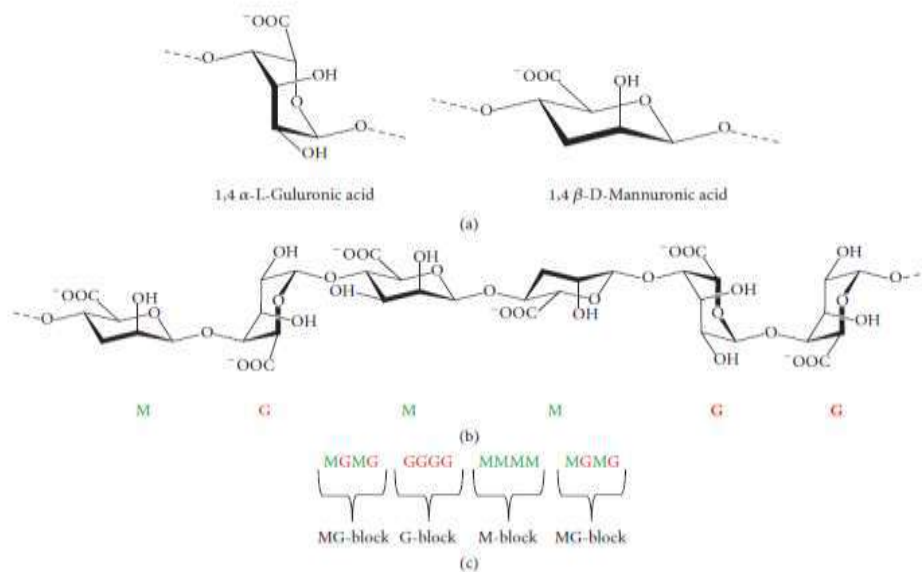
Les alginates (ALG) sont un groupe de substances anioniques naturelles polysaccharidiques distinctifs d'algues brunes « *Pheophyceae* » et dérivés de leurs parois cellulaires, y compris *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria hyperborea*, *Ascophyllum nodosum* (Repka, 2009, Sachan, 2009) et plusieurs souches de bactéries (*Azotobacter*, *Pseudomonas*) (Remminghorst et Rehm 2006). Ce terme fait généralement référence à l'acide alginique et ses sels, mais il peut également être utilisé pour tous les dérivés de l'acide alginique.

Les alginates sont de nature hydrophile, biocompatibles (Yang,; Pan, 2016). Sa formule chimique est  $(C_6H_7NaO_6)_N$  (Zia *et al.*, 2015). Le poids moléculaires de ces macromolécules



est de 20000 à 200000 Dalton normalement. Le rapport pondérale de l'acide mannuronique-acide guluronique le long de la chaîne détermine les propriétés du polymère et varie d'un extrait à l'autre. Les groupes OH et COOH dans les monomères de ces molécules sont actifs lors de l'agglutination des molécules et produisent une gélification. Les hydrocolloïdes interagissent avec divers composants (amidon, protéines, lipides) qui produisent des effets différents en fonction de type d'agglutination et la concentration (Arambula *et al.*, 1999).

L'alginate de sodium ( $\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$ ) est un biopolymère polysaccharidique linéaire, le dérivé de l'acide alginique est composé d'acides 1,4- $\beta$ -D-mannuronique (M) et  $\alpha$ -L-guluronique (G) (Shyamali *et al.*, 1989, Wang, 2010). Les deux acides mannuroniques et guluroniques sont organisés en séquences répétitives homopolymères (blocs M) ou (bloc G) ou en séquences alternatives (bloc MG) (Haug *et al.*, 1965) (figure 01).



**Figure (01) :** La structure chimique d'alginate, (a) monomères mannuronate G et guluronate M ; (b) conformation des chaînes ; (c) exemple d'enchaînement des blocs M, blocs G et blocs alternés MG dans une chaîne d'alginate (Sachan *et al.*, 2009).

Naturellement, l'alginate est sous forme de sels insolubles de calcium, potassium et sodium de l'acide alginique, elle a un rôle structural dans les algues brunes et lui confère la rigidité et la flexibilité pendant la croissance, il peut varier selon l'espèce d'algue, sa localisation géographique, l'âge des différentes parties qui la constituent, la saison de récolte mais aussi la force des courants marins (Haug, Larsen et Smidsrød, 1967, 1974 ; Clare, 1993).

### I.3.2. Classification des alginates

Les alginates sont classés dans les colloïdes qui comportent deux phases distinctes, la phase dispersée correspond à une phase liquide alors que le milieu correspond à une phase solide afin d'obtenir un gel, Pour préciser on peut classer l'alginate parmi les hydrocolloïdes car ils sont solubles dans l'eau où ils se dissolvent pour former un gel avec des propriétés rhéologiques particulières (Vincent, 2010).

### I.3.3. L'origine de les alginates et la méthode d'extraction

#### I.3.3.1. Origine algale

L'origine essentielle des alginates c'est les algues qui prennent le nom « alginophytes », et ils sont produits dans toutes les algues brunes et varient de 10 à 45% (en masse sèche) selon l'espèce considérée (Pérez *et al.*, 1997 ; Kloareg *et al.*, 1988), *Laminaria*, *Macrocystis*, *Fucus*, *Ascophyllum*, *Ecklonia*, *Nereocystis* sont des exemples des alginophytes.

Une autre origine des alginates qui est les algues rouge (*Rhodophyta*) mais on ne les considère pas comme des alginophytes du fait de la teneur en alginates qui est très faible (inférieur à 1%), parmi les espèces : *Serraticardia maxima* (Okazaki *et al.*, 1982), *Bossiellasp.*, *Corallinasp.* et *Lithothamnium sp.*(Vauchel, 2007).

Les principales espèces alginophytes utilisées pour l'obtention de l'acide alginique et des alginates en industrie sont :

#### ❖ *Laminaria digitata* et *Laminaria hyperborea*

Ces algues se caractérisent par la taille grande, la couleur brun olivâtre et le thalle qui atteint 2 à 3 mètres de long. La récolte de ces algues se fait jusqu'à vingtaine de mètres de profondeur sur les côtes de la mer du Nord, de la Manche et de l'Atlantique nord.

Les laminaires sont parmi les bonnes sources les plus importantes pour la préparation de l'alginate. La teneur en alginate dans la masse sèche de ses algues

est de 15 à 40% du poids sec moins, 1% de lipides, 5% de protides et 65% au moins de glucides.

❖ ***Fucus serratus* et *Fucus vesiculosus* :**

Ces algues sont abondants dans les côtes des mers tempérées et froides de l'hémisphère Nord. En Manche, elles colonisent l'espace de balancement des marées. Ont des lames foliacées de 20 centimètres à 1 mètre de long. A l'état sec, l'algine représente 18 à 28% de la masse sèche, 10 à 12% d'eau mais également 15% de matières minérales, 1 à 2% de lipides, 4 à 5% de protides et environ 65% de glucides(Vincent, 2010).

Le tableau(1) ci-dessous représente les teneurs en pourcentage (%) en alginates contenues dans la masse sèche de chaque espèce

**Tableau (01) :** Teneur en alginates de quelques alginophytes (Vauchel, 2007)

<b>Espèce</b>	<b>Teneur en alginates (% masse sèche)</b>
<i>Macrocystis pyrifera</i>	18 – 21
<i>Laminaria japonica</i>	20 – 26
<i>Laminaria hyperborea</i>	24 – 30
<i>Laminaria digitata</i>	22 – 36
<i>Ecklonia cava</i>	35 – 38
<i>Ascophyllum nodosum</i>	15 – 20
<i>Fucus serratu</i>	18 – 28

### **I.3.3.2. Origine bactérienne**

Il est possible aussi d'extraire l'alginate de la bactérie. *Azobacter vinelandii* et la bactérie pathogène *Pseudomonas aeruginosa* sont des bactéries qui peuvent produire les alginates (Cohen *et al.*, 1964 ; Linker *et al.*, 1964 ; Gorin *et al.*, 1966 ; Evans *et al.*, 1973). Mais à l'heure actuelle, l'extraction d'alginate bactérien reste moins rentable(Vauchel, 2007).

*Pseudomonas aeruginosa* produit l'alginate pour former une capsule visqueuse externe avec d'autre exopolysaccharide pour la protection contre l'action non spécifique des cellules phagocytaires, de la déshydratation et des antibiotiques (Vincent, 2010).

### I.3.4. Les procédés de l'extraction

Le protocole d'extraction industriel pour l'alginate des algues est divisé principalement en cinq étapes: acidification, extraction alcaline, séparation solide / liquide, précipitation et le séchage (Pérez *et al.*, 1992). Grâce au processus de digestion alcaline, à la précipitation par acidification, à la centrifugation et au séchage, l'alginate est fabriquée sous forme d'alginate de sodium au niveau de l'industrie artisanale.

Dans la production d'alginate de sodium à partir d'algues, les premières étapes pratiquées sont le nettoyage, le prétraitement chimique et la séparation de l'extrait, suivis par l'acidification/précipitation de l'acide alginique. Selon les espèces d'algues concernées, des quantités plus élevées de réactif et d'eau sont nécessaires dans l'étape d'extraction alcaline, et plusieurs heures sont nécessaires pour atteindre le rendement d'extraction optimal (Moen *et al.*, 1997).

1. **Prétraitement** : se fait par un lavage des algues plusieurs fois à l'eau puis un rinçage à l'eau distillée pour éliminer toutes impuretés éventuelles. Les algues sont ensuite séchées et broyées finement.
2. **Purification** : la poudre d'algue obtenue est traitée avec une solution diluée d'acide, capable de dissoudre les sucres autres que l'alginate.
3. **Extraction** : l'acide alginique est redissous dans une solution légèrement basique de  $\text{NaHCO}_3$  sous forme d'alginate de sodium alors que les protéines encore présentes en solution sont hydrolysées.
4. **Récupération** : la solution est alors filtrée et un ajout d'éthanol est nécessaire et spécifique pour précipiter et récupérer l'alginate, celui-ci étant insoluble dans ce solvant contrairement aux acides aminés issus des protéines précédemment hydrolysées (Rocher, 2008).

### I.3.4. Les différentes applications des alginate

L'alginate présente un intérêt particulier pour un large éventail d'applications en raison de ses propriétés exceptionnelles en termes de biocompatibilité, de biodégradabilité, de non-antigénicité et de capacité de chélation (Su et Tan 2013).

#### a. Domaine alimentaire

Dans l'industrie alimentaire, l'alginate a été utilisé comme l'un des matériaux polysaccharidiques dans la préparation d'enrobages comestibles. Ces films à base de biopolymère peuvent aider à conserver une bonne qualité et prolonger la durée de conservation des aliments en maintenant la saveur, en retardant l'oxydation des graisses, en augmentant la barrière à l'eau réduisant le degré de distorsion de retrait et empêchant la contamination microbienne. En plus du contrôle glycémique, l'alginate de sodium semble avoir une valeur particulière dans la régulation de l'appétit et de la prise alimentaire (Vijayalakshmi, 2017).

#### b. Domaine biomédicale

L'encapsulation fait l'application la plus importante en domaine médicale, les capsules d'alginate sont destinés aux diabétiques pour en diffusant dans l'organisme du malade des cellules productrices d'insuline du but de substitution (Rehm, 1997).

L'alginate a trouvé de nombreuses applications dans la science biomédicale et l'ingénierie en raison de ses propriétés favorables, y compris la bio-compatibilité et la facilité de gélification. Il est largement utilisé dans les industries pharmaceutiques comme agent de suspension et émulsifiant (Reilly *et al.*, 2000). Les hydrogels d'alginate se sont révélés particulièrement intéressants pour l'administration de médicaments, l'ingénierie tissulaire et la cicatrisation des plaies, car ces gels conservent une similitude structurelle avec les matrices extracellulaires dans les tissus et peuvent être manipulés pour jouer plusieurs rôles critiques (Lee et Mooney 2012).

#### c. Industries du textile :

L'alginate de calcium a été étudié comme coagulant possible en raison de ses capacités gélifiantes. Le développement et l'application de la peroxydase de raifort (HRP) immobilisé sur des billes de gel d'alginate de calcium a été rapporté pour le succès et décoloration efficace des effluents industriels textiles (Gholami-Borujeni *et al.*, 2011).

**d. Traitement des effluents industriels**

L'alginate de calcium peut être préparé sous diverses formes telles que poudre et fibres et peut être utilisé comme support d'immobilisation cellulaire. Afin d'augmenter les propriétés d'alginate préparé sous forme de bille, il peut être protoné, réticulé ou dopé avec un autre ion métallique. Afin d'augmenter les capacités d'absorption des métaux, divers les traitements chimiques tels que la carboxylation, la phosphorylation et la sulfonation peuvent être appliqué sur l'acide alginique; cependant, ces traitements ont tendance à augmenter le coût du produit résultant (Fiset *et al.*, 2008) (Tableau 02).

**Tableau (02) :** les différentes applications de l'alginate (Vauchel, 2007)

<b>Application</b>	<b>Rôle d'alginate</b>
Industrie textile (50%)	Epaississant pour les pâtes d'impression, Epaississant et stabilisateur des teintures, Agent d'imperméabilisation, Agent plastifiant et filmogène.
Industrie agroalimentaire (30%) codes E401 à E405	Epaississant, texturant, conservateur, dans de nombreux produits : confitures, jus de fruits, sauces (moutarde, mayonnaise), potages, produits laitiers, Agent clarifiant des vins et bières, Stabilisateur dans les crèmes glacées.
Industrie du papier (5%)	Agglomérant pour les fibres, Apprêt de surface, Epaississant et stabilisant dans les colles, Maintien des pigments en suspension.
Industrie pharmaceutique (5%)	Stabilisateur d'émulsions, Agglomérant dans les comprimés, Epaississant et hémostatique dans les pommades, pansements, mèches nasales, Gélifiant dans les pâtes à empreinte dentaire
Divers (10%)	Epaississant dans les produits de beauté et pâtes à dentifrice, Stabilisateur pour les peintures et vernis, Flocculant en traitement des eaux, Agglomérant pour les électrodes de soudure, Agent absorbant dans les couches pour bébé

### 1. Les alginates un immunostimulant

Le système immunitaire est moins développé aux premiers stades de développement des poissons, à cet égard l'alginate a été proposé comme candidat stimulateur immunitaire potentiel (Rem-minghorst et Rehm2006). Les alginates disponibles dans le commerce ont un M-contenranging entre 30 et 70%. Les alginates contenant jusqu'à 80% de M se sont également avérés être de puissants stimulateurs de cellules immunitaires telles que les monocytes humains (Skjåk-Brak *et al.*, 2000). L'alginate High-M a également été utilisé comme immunostimulant pour l'amélioration de la résistance immunitaire innée chez les larves de poissons et des alevins. (Skjermo et Vadstein 1999; Vollstad *et al.*, 2006; Ringø *et al.*, 2012).

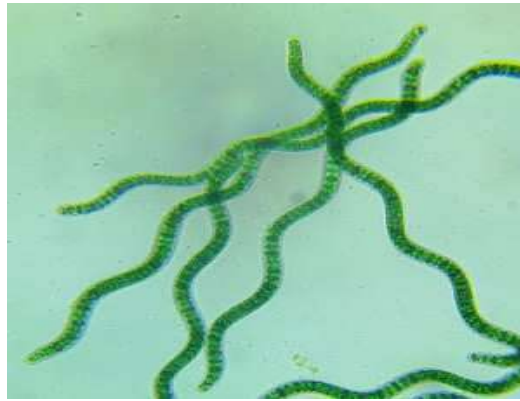
### I.4. Aperçue sur la spiruline

La spiruline (*Arthrospira platensis*) est une microalgue filamenteuse bleu-vert utilisée comme un complément alimentaire du fait de sa forte teneur en protéines, acides gras essentiels, vitamines, polyphénols, et caroténoïdes (Domenico *et al.*, 2019).

#### I.4.1. Biologie et écologie de la spiruline

*Arthrospira platensis* est une microalgue bleu-vert photosynthétique filamenteuse, de forme hélicoïdale, multicellulaire qui pousse vigoureusement sous un fort soleil, sous des températures élevées et dans des conditions alcalines (Sanchez *et al.*, 2003; Habib *et al.*, 2008).

En microscopie optique, les filaments non hétérocysteux, composés de cellules végétatives qui subissent une fission binaire dans un seul plan, présentent des parois transversales facilement visibles. Les filaments sont solitaires et flottent librement et présentent une motilité de glissement. Les trichomes, enveloppés d'une fine gaine, présentent des constriction plus ou moins légèrement prononcées aux parois transversales et ont des apex légèrement ou pas du tout atténués (Ciferri, 1983;Edis, 2012) (figure 02).



**Figure(02)** : *Spirulina platensis* observées au microscope (<http://algae-lab.com/product/spirulinaplatensis-m1/>)

### **I.4.2. Les valeurs nutritives de la spiruline (la composition chimique)**

#### **I.4.2.1. Protéine**

La teneur en protéines de la spiruline est environ 50 à 70% du poids sec, il dépasse celle de viande, lait en poudre, œufs, soja et les céréales. Les protéines de spiruline sont complètes et se composent de tous les acides aminés essentiels et notamment la leucine, la valine et l'isoleucine. Par rapport à protéines alimentaires standard (de viande, d'œufs ou de lait), il est quelque peu déficient en méthionine, cystéine et lysine, mais est supérieure à toutes les protéines végétales, y compris protéines de légumineuses (Henrikson, 2009 ; Gershwin, 2008).

#### **I.4.2.2. Lipides**

La spiruline constitue de 5 à 6% lipide avec un pourcentage qui va entre 1,5 et 2% des acides gras polyinsaturés (AGPI) constituent de la teneur totale en lipides de cette algue (Belay 2002 ; Demir, Tüke 2010).

La moitié des lipides totaux de la spiruline sont des acides gras. (Falquet, 2012 ; Cohen, 1996). Une analyse détaillée des acides gras présents dans la spiruline ont montré la présence d'acides gras essentiels (principalement du  $\omega$ -6). L'acide  $\gamma$ -linoléinique (GLA) d'acide gras polyinsaturé rare, aux propriétés médiocres putatives, représente 10 à 20% des acides gras d'*Arthrospira Maxima*, par rapport à 49% chez *Arthrospira platensis* et peut être considérée comme l'une des sources les plus connues de GLA après le lait maternel et quelques huiles



végétales peu utilisées comme l'onagre, bourrache, graine de cassis et huile de chanvre. 10 g de spiruline fournissent plus de 100 mg de GLA (qui correspond à plus de deux capsules d'huile d'onagre) (Habib *et al.*, 2008).

### **I.4.2.3. Glucides**

Pratiquement tous les glucides assimilables de la spiruline sont constitués de polymères contenant du glucose. Le principal composant polymère d'*S. Platensis* est un polysaccharide, structurellement similaire au glycogène (Ciferri, 1983).

### **I.4.2.4. Vitamines et sel minéraux**

On prétend que la spiruline est la source d'aliments complets la plus riche en vitamine B12 (et même ses formes corrinoïdes, analogues et pseudovitamine B12) provitamine A ( $\beta$ -carotène), 20 g de spiruline peut répondre aux besoins corporels importants en vitamines B1 (thiamine), B2 (riboflavine) et B3 (niacine). (Sharma *et al.*, 2011; Gershwin et Belay, 2008) la teneur en minéraux varie en fonction du milieu de culture. Les plus intéressants minéraux de la spiruline sont le fer, le calcium, le phosphore et le potassium. (Henrikson, 2012 ; Falquet, 2012).

## **I.4.3. Bienfaits de la spiruline**

### **I.4.3.1. Complément alimentaire**

L'évolution du marché mondial de la spiruline concerne principalement la spiruline entière séchée biomasse utilisée comme complément alimentaire pour la santé humaine, elle est utilisée pour guérir les maladies courantes et la malnutrition. Autre produits commerciaux contenant de la biomasse de spiruline ou des extraits de spiruline ou des actifs les ingrédients incluent des suppléments protéiques dans l'alimentation animale (Henrikson, 2012).

*S. platensis* a plusieurs applications comme engrais, colorant, alimentation animale, pollution contrôle et cosmétique. Aussi cette microalgue a été appliquée en nutrition humaine (Henrikson , 2000 ; Sajilata,2007). La spiruline est souvent utilisée pour consommation humaine sous forme de poudre, de comprimés, de gélules et extraits, mais les caractéristiques fonctionnelles de *S. platensis* ont conduit à être utilisé dans la transformation des aliments usuels (Liang *et al.*, 2004 ; Mei, Zao 1997).

### I.4.3.2. Immunostimulant

La spiruline facilite la production d'anticorps, augmente les macrophages péritonéaux activés et induit la croissance de cellules de rate en réponse à Con A. l'ajout de l'extrait de spiruline à la cellule culture de la rate améliore la production des anticorps (Hayashi, 1994).

Watanuki *et al.*, ont étudié les effets immunostimulants de *S. plantensis* alimentaire chez la carpe (*Cyprinus carpio*). Les carpes ont été nourris avec de la spiruline et les paramètres de non-spécifiques mécanismes de défense (phagocytose et anion superoxyde production) ont été réalisées les 1er, 3ème et 5ème jours. La spiruline améliore les réponses de l'activité phagocytaire et production d'anions superoxyde dans les cellules phagocytaires rénales (pour au moins 5 jours). L'expression de l'interleukine (IL) -1 et facteur de nécrose tumorale (TNF) - les gènes ont également augmenté chez les poissons traité à la spiruline. L'expression du gène IL-10 était diminuée. De plus, les nombres d'*Aeromonas hydrophila* ont diminué dans le foie et les reins de poisson traité à la spiruline (Watanuki, 2006).

### I.4.3.3. Effets anticancéreux

La spiruline joue un rôle dans la prévention contre le cancer du fait de ses caractéristiques d'antioxydant et de modulation immunitaire, La spiruline peut avoir un mécanisme possible de destruction de la tumeur. Bien qu'il existe de nombreuses études animales et in vitro, il n'y a eu qu'un seul essai avec Sujets humains. Cette étude s'est intéressée spécifiquement aux effets de la spiruline sur la carcinogenèse orale, en particulier la leucoplasie. Les auteurs ont également signalé qu'il n'y avait pas d'augmentation du taux de sérum concentration de  $\beta$ -carotène rétinien malgré la supplémentation et a conclu que les autres constituants dans la spiruline peuvent avoir été responsables des effets anticancéreux. Même comme leurs résultats semblent prometteurs, il s'agissait d'un essai non randomisé en aveugle et, en tant que tel, ne peut être considéré comme preuve d'un effet positif (Belay, 2002).

***Matériels***  
***et***  
***Méthodes***

### Chapitre II : Matériels et méthodes

Cette étude a été réalisée au laboratoire pédagogique de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'Université KasdiMerbah Ouargla durant 6 semaines (du 02/05/2021 jusqu'à 14/06/2021).

#### II. 1. Matériel utilisé

- La spiruline : la spiruline utilisée dans ce travail a été offerte par une société spécialisée dans la culture et la vente de la spiruline à Oran « Spirulina Algérie », de son propriétaire M. Redouane Anouar.
- Les alginates : les alginates utilisés dans ce travail sont extraits à partir des algues brunes leur viscosité moyenne (A2033).
- Matériel biologique : Les alvins utilisés dans ce travail ont été offert par la ferme Aqua Sud Farm, de son propriétaire Allal Khebab.
- Chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ )
- Etuve (marque Stuart)
- Multiparamètres (marque Horriba)
- Agitateurs (marque AREX)
- Balance électrique (marque Pioneer, et marque Scout Pro)
- Aquariums (dimensions 60×40×35)
- Pompes d'oxygène
- Aliment (50% protéine brute, 07% cellulose brute, 15% matière grasse brute)

#### II.2. La méthodologie de travail

##### II.2.1. La préparation du complément alimentaire : selon (Deepak et Danielle, 2019) :

Une quantité d'alginate de sodium est dissoute dans 200 mL d'eau distillée. Le mélange est mis sous une agitation modérée (agitateur mécanique à une vitesse de  $300 \text{ tr.min}^{-1}$ ) jusqu'à dissolution complète du solide. La solution d'alginate obtenue est translucide et visqueuse. De plus, une quantité de spiruline a été ajoutée lentement à la solution polysaccharidique sous agitation modérée à une vitesse de 300 tr/min pendant 4 heures. A la fin, le mélange composé de la spiruline et l'alginate est introduit dans une seringue munie d'une aiguille de diamètre interne 0,5 mm. Grâce à un pousse-seringue qui permet d'avoir un flux régulier, le mélange

est introduit goutte à goutte dans une solution de chlorure de calcium (volume 0,5L ; concentration 0,5 N). Les billes obtenues sont laissées dans la solution de  $\text{CaCl}_2$  pendant 24h, ensuite, elles sont subies un lavage par l'eau distillée et un séchage par l'étuve à  $37^\circ\text{C}$  pendant 2h.

Les étapes de préparation de ces billes sont représentées dans la figure (03) ci-dessous :



a. Préparation des solutions de l'alginate de sodium



b. Addition de la quantité de spiruline à la solution polysaccharidique

Une quantité de 12,6 g du sel de  $\text{CaCl}_2$  a été dissous dans 250 mL de l'eau distillée avec une agitation modérée.



c. Préparation de la solution du chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) :



d. Extrusion de la solution alginate/spiruline pour la formulation du complément alimentaire



e. Séchage des billes

**Figure (03)** : Etape de préparation du complément alimentaire alginate/spiruline

(a. Préparation des solutions de l'alginate de sodium

b. Addition de la quantité de spiruline à la solution polysaccharidique

c. Préparation de la solution du chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) :

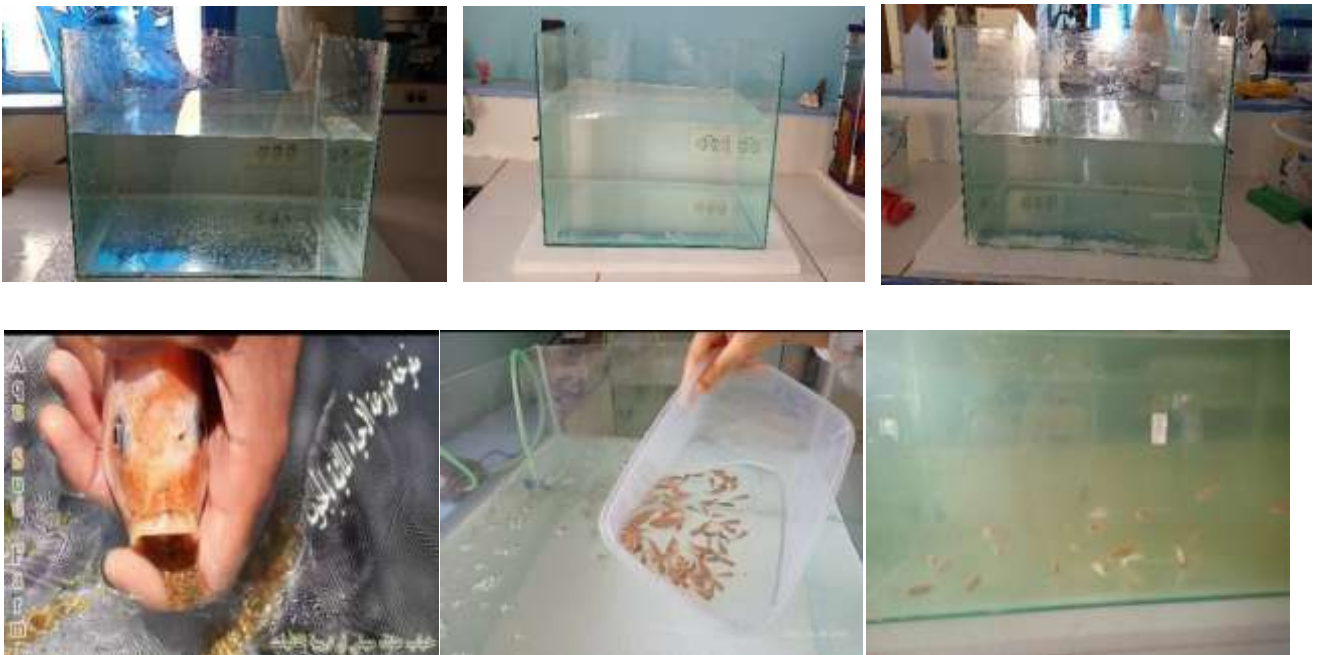
d. Extrusion de la solution alginate/spiruline pour la formulation du complément alimentaire

e. Séchage des billes)

### II.2.2. Préparation du dispositif expérimental

L'étude a été réalisée dans 3 aquariums dont les dimensions sont comme suit 60×40×35 cm.

Les alevins récupérés au niveau la ferme Aqua Sud Farm ont été transportés dans de bonnes conditions. Leur taux de survie à l'arrivée au laboratoire a été estimé à 100%. Dans ce travail 75 alevins ont été choisis dans ces expériences, leur poids moyens initial est estimé à  $0,8 \pm 0,05$  g. Ces alevins ont été répartis sur 3 aquariums (25 alevins dans chaque aquarium), et chaque aquarium est équipé par deux diffuseurs relié à une pompe à oxygène pour assurer une bonne aération aux poissons. Les alevins ont été acclimatés pendant 3 jours dans ces aquariums avant le début des expériences. Le renouvellement de l'eau dans ces aquariums est assuré chaque 3 jour (figure 04).



**Figure (04) :** préparation du dispositif expérimental



### II.2.3. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau d'élevage

Les paramètres physico-chimiques comme la température, l'oxygène dissous, la salinité, la conductivité électrique et le pH ont été mesurés in situ dans les 3 aquariums quotidiennement (avant le nourrissage des poissons) à l'aide d'un multiparamètre de type Horriba (figure 05).



**Figure (05)** : mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau d'élevage

### II.2.4. Nourrissage des alevins

L'aliment de poissons formée par un aliment artificiel y supplémenté par des quantités différentes d'un complément alimentaire (spiruline / alginate) 0%, 5%, 10% destiné pour les 3 aquariums R1, R2, R3 respectivement

Le premier aquarium (R1) : compte 25 individus alimentés par l'aliment fabriqué.

Le deuxième aquarium (R2) : compte 25 individus l'aliment fabriqué plus 5% le complément alimentaire

Le troisième aquarium (R3) : compte 25 individus par l'aliment fabriqué plus 10% de complément alimentaire

La ration alimentaire était de 11 % du poids corporel de poisson durant les 3 premières semaines et a été réduit à 10 % pour le reste de l'expérience. La mesure de poids et de la taille individuellement des poissons ont été effectuée chaque semaine. La quantité d'aliment a ensuite été recalculée en fonction des poids hebdomadaires. Les poissons ont été nourris quatre fois par jour (à 09h00, à 11h00, à 13h00 et à 15h00).



Les déchets sédimentés ont été nettoyé quotidiennement par siphonage avec les trois quarts de l'eau de l'aquarium, qui remplacée par l'eau de réservoir.

### II.2.5. Suivi des paramètres zootechniques et de la croissance

Des paramètres d'évaluation des performances de croissance du tilapia (paramètres zootechniques) ont été déterminés. Le poids et la taille des individus ont été évalués à l'aide d'une électronique (marque Scout Pro) et un ichtyomètres, respectivement (figure 06).

Les paramètres zootechniques évalués dans cette étude : le gain de masse corporelle(GMC), du gain moyen quotidien (GMQ), du taux de croissance spécifique (TCS), du taux de survie (TS), et le taux de conversion (TCA).

$$\text{Taux de croissance spécifique (TCS)} = \frac{\ln(\text{poids final}) - \ln(\text{poids initial})}{\text{durée d'élevage en jours}} \times 100$$

$$\text{Gain de masse corporelle (GMC)} = \text{poids final (g)} - \text{poids initial (g)}$$

$$\text{Gain de masse corporelle quotidien (GMCQ)} = \frac{\text{Gain de poids}}{\text{durée d'élevage en jours}}$$

$$\text{Taux de survie} = \frac{\text{nombre de poissons final}}{\text{nombre de poissons initial}} \times 100$$

$$\text{Taux de conversion alimentation(TCA)} = \frac{\text{quantité d'aliment distribué}}{\text{biomass final} - \text{biomass initial}}$$



**Figure (06) :** contrôle de croissance (mesure du poids et de la taille individuel)

### II.2.6. Analyse statistique

Pour l'analyse des résultats statistiques, les données physico-chimiques et biométriques pour chaque considérées sont considérées comme une observation. Ces résultats sont comparés statistiquement par l'analyse de la variance à un critère (ANOVA I) selon un plan factoriel complètement aléatoire par le logiciel SPSS après vérification préalable de l'homogénéité des variances et de la normalité des données à analyser. Lorsque l'ANOVA se révélait significative, le test du Duncan est utilisé pour la comparaison pariée des moyennes. Pour ces comparaisons, un seuil de signification de 5 % est retenu.

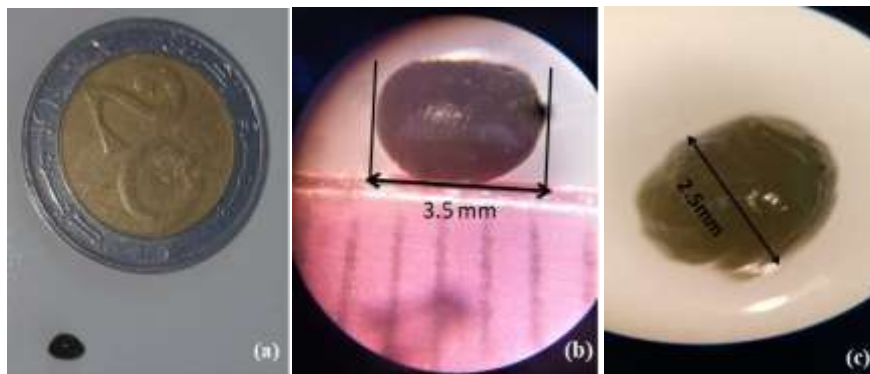
***Résultats***  
***et***  
***Discussion***

### III. Résultats et discussion

#### III.1. Caractéristiques du complément alimentaire

Des billes de spiruline/alginate ont été préparées en utilisant des méthodes de gélification externe par l'utilisation de  $\text{CaCl}_2$ , et des niveaux variables d'alginate de sodium et de chlorure de calcium. Des différences dans les méthodes de formation ont donné lieu à des billes de tailles différentes. En raison de la méthode de formation, les formes des billes n'étaient pas vraiment sphériques pour certains rapports massiques caractérisés par des taux faibles en alginate et en  $\text{CaCl}_2$ . Dans ce travail nous donnerons les résultats obtenus à partir des billes préparées avec un rapport Spiruline/alginate=1/1. Les billes obtenues ont été analysées par la loupe binoculaire (figure 07). Ces billes sont caractérisées par une forme ovoïdes, leurs tailles sont plus au moins homogènes. La longueur d'environ 3.5 mm pour les billes humides (hydrogel) et d'environ 2.5 mm pour les billes séchées. Tandis que la largeur des billes humides est estimée par 1.2 mm et les billes obtenues après séchage avaient une longueur moyenne d'environ 0.9 mm.

La structure externe gélifiée des billes après séchage est rigide. Cette forme peut être attribuée à la formation de la couche de gel à la surface de la gouttelette, qui donne une structure extérieure rigide.



**Figure (07):**Morphologie des billes humides par la loupe binoculaire

(a) : une bille à l'œil nu, (b) : la longueur de la bille, (c) : la largeur de la bille

Le poids d'un (1 g) des billes avant le séchage (à l'état humide) a été de 43.68g et après le séchage (à l'état sec) devient 1.4g.

Le tableau montre les longueurs, les largeurs et les taux d'humidité des billes hydrogels et des billes sèches.

**Tableau 03** : les caractéristiques des billes hydrogels et séchées

Alginate/spiruline	Longueur	Largeur	Taux d'humidité
Bille (hydrogel)	3.5	2.5	96.8%
Bille séchée	1.2	0.9	9 %

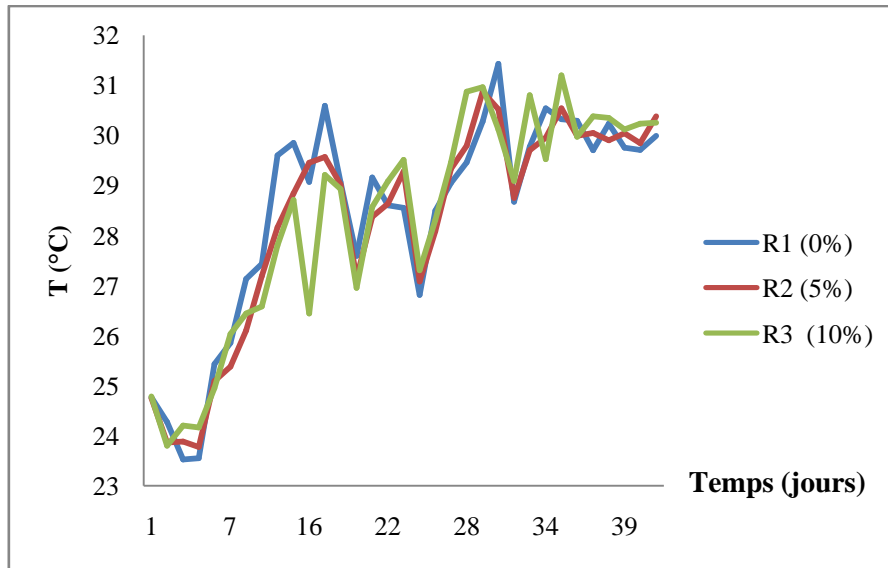
Par ailleurs, on constate une perte de masse de 87.8% sous l'effet de séchage. Cette transformation est irréversible en raison de la rigidité du réseau réticulé par les ions  $Ca^{2+}$ . De plus, ce complément alimentaire est doté d'une densité qui lui permet de flotter en surface de l'aquarium. Ce qui améliore sa biodisponibilité aux poissons de Tilapia

### III.2. Paramètres physicochimiques

#### III.2.1. La température

La température est le paramètre qui influence sur les autres paramètres physico-chimiques. Les variations de température de l'eau d'élevage d'*Oreochromis niloticus* pendant la période d'étude montrent une homogénéité remarquable des moyennes de 28,43 °C enregistrée dans l'aquarium R1, 28,28 °C dans le R2 et de 28,33°C relevée dans R3, la valeur moyenne est de  $28,35 \pm 2,14$  °C. Les valeurs de la température remontent légèrement dans l'eau d'élevage qui s'explique par l'élévation de la température ambiante en particulier durant les derniers jours de l'expérimentation (figure 08).

Par ailleurs, les variations de ce paramètre montrent des variations non significatives entre les trois aquariums d'élevage ( $p > 0,05$ ).

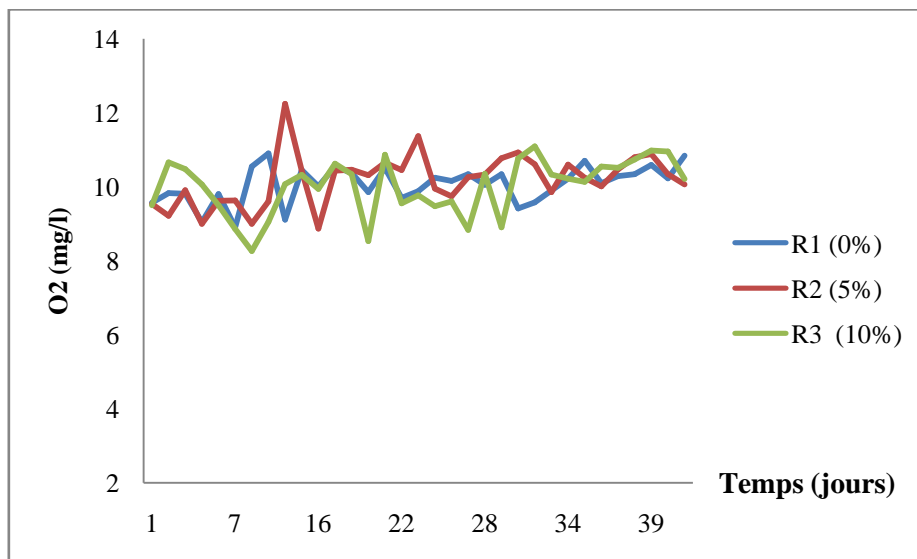


**Figure (08) :** Variations de la température dans les trois aquariums

### III.2.2. L'oxygène dissous

Les teneurs en oxygène dissous dans les 3 aquariums pendant la période d'étude varient légèrement (valeur minimale 8,26 mg/l dans l'aquarium R3 et une valeur maximale mg/l à 12,24 mg/L dans l'aquarium R2) avec une moyenne de  $10,1 \pm 0,65$  mg/L (figure 09).

On note que les variations de l'oxygène dissous montrent des variations non significatives entre les trois aquariums d'élevage ( $p > 0,05$ ).



**Figure (09) :** Évolution de L'oxygène dissous dans les trois aquariums

### III.2.3. Le pH

Les eaux d'élevages dans tous les aquariums ont une tendance neutre à alcaline, au cours de l'expérimentation les valeurs de pH enregistrés dans les aquariums sont comprises entre 7,21 dans R3 et 8,06 correspond à R1 avec des moyens généralement égaux de  $(7,71 \pm 0,49, 7,73 \pm 0,7$  et  $7,71 \pm 0,75)$  dans (R1, R2, R3) respectivement (figure 10).

Le paramètre pH montrent des variations non significatives entre les trois aquariums d'élevage ( $p > 0,05$ ).

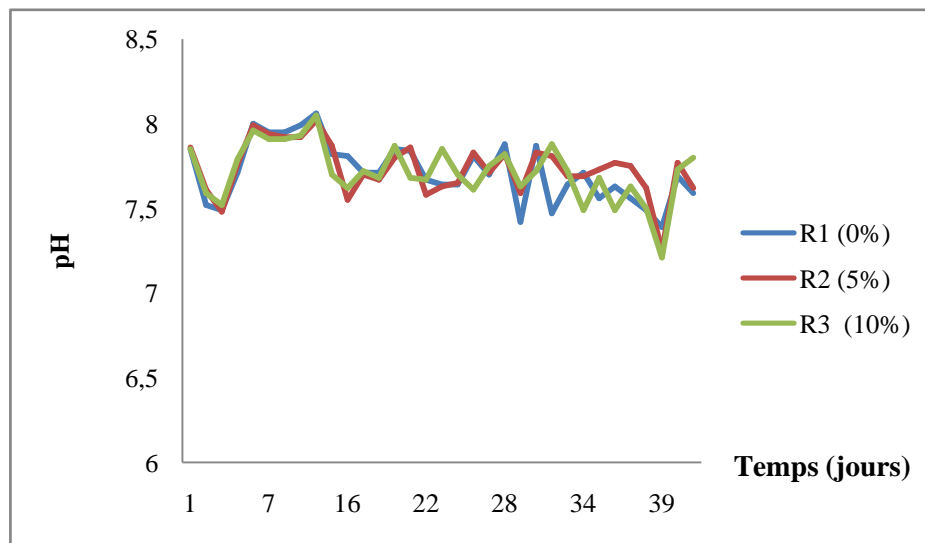
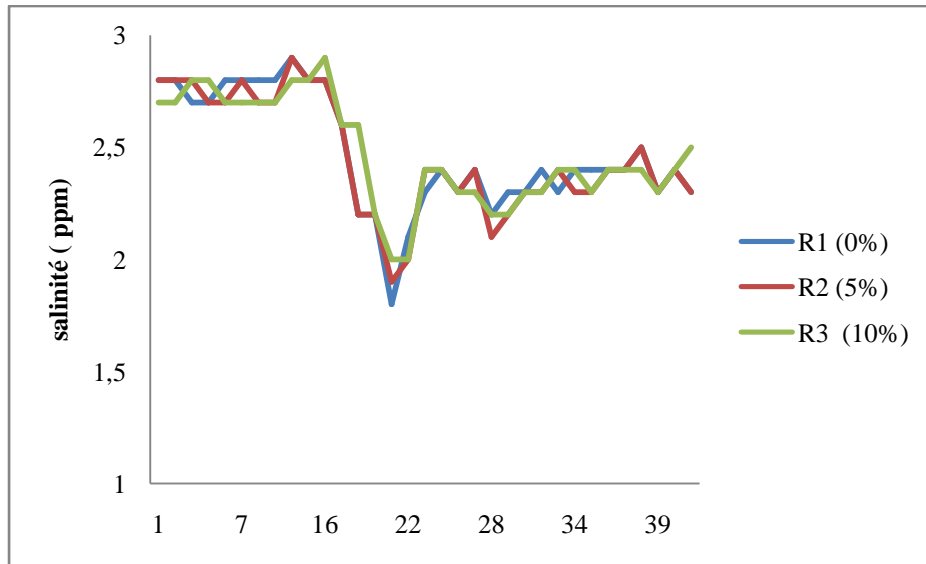


Figure (10): Variations de pH dans les trois aquariums

### III.2.4. La salinité

L'eau d'élevage utilisée est saumâtre et les variations de la salinité de l'eau obtenus dans les différents aquariums de R1 à R3 est comprise entre (1,8 dans R1 et 2,9 dans les trois aquariums), nous avons enregistré une moyenne de  $2,47 \pm 0,25$  g/l (figure 11).

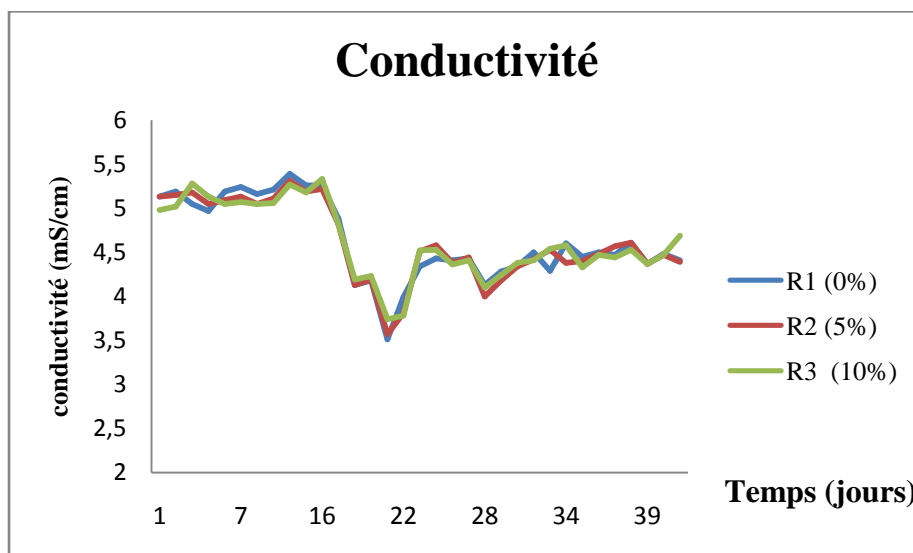
Par ailleurs, aucune différence significative n'a été enregistrée parce que l'eau vient de la même source ( $p > 0,05$ ).



**Figure (11):** Variations de la salinité dans les trois aquariums

### III.2.5. La conductivité électrique

La conductivité électrique pendant la période d'étude varie peu et présente une même évolution dans les différents aquariums. Au cours de la période d'étude, la conductivité varie de 3.51mS/cm à 5.39 mS/cm avec une moyenne de 4.62  $\mu$ S/cm et un écart type de 2.44(Figure 12). Par ailleurs, aucune observation de la différence significative entre les valeurs de la conductivité électrique dans les différents aquariums d'élevage ( $p>0,05$ ).



**Figure (12):** Évolution de la conductivité électrique dans les trois aquariums au cours de la période d'étude



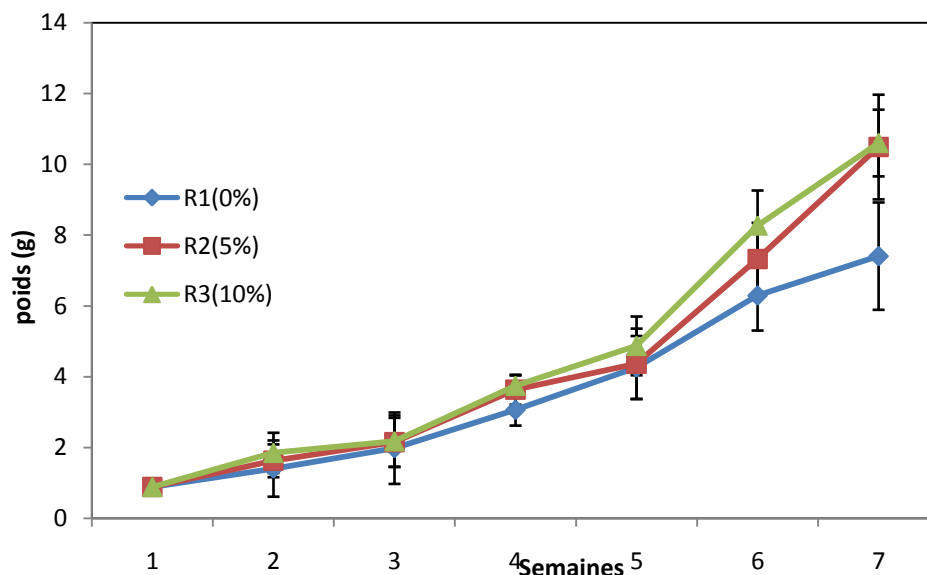
### III.3. Paramètres de croissance

Les performances de croissance des alevins de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) ont été évaluées après nourrissage avec des régimes alimentaire supplémenté par un complément alimentaire aux taux différents 0%, 5%, 10 %, pendant 42 jours.

#### III.3.1. Gain de poids :

L'évolution du poids moyen des poissons dans les 3 aquariums alimenté par des taux différents en supplément alimentaire est représentée dans la figure. Les 3 courbes montrent une allure ascendante similaire en particulier durant les 4 premières semaines d'élevage ou les poissons ont eu presque les mêmes poids dans les 3 aquariums. Cependant, la croissance a commencé à changé d'allure à partir de la 4ème semaine indiquant probablement l'effet positif de l'introduction de l'additif alimentaire sur les performances de croissance chez le Tilapia.

Les poids moyens enregistrés après 42 jours d'élevage sont  $7,40 \pm 1,51$  ;  $10,40 \pm 1,47$  ;  $10,6 \pm 0,94$  g pour les régimes R1 (0%), R2 (5%) et R3 (10%) ; respectivement (figure 13). Par ailleurs, l'analyse statistique par l'utilisation de l'ANOVA à un seul facteur a montré un effet non significatif de l'ajout de ce supplément sur la croissance ( $p < 0,05$ ).

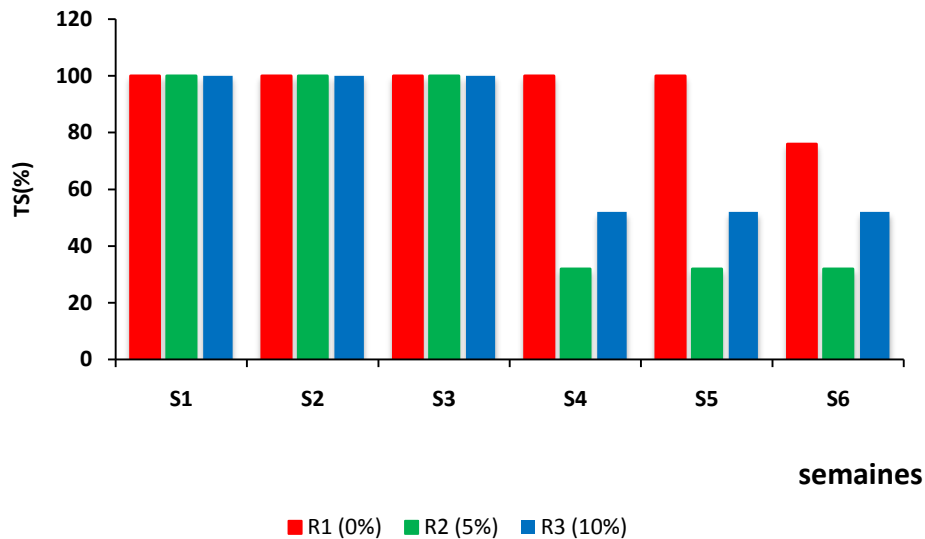


**Figure (13)** : croissance pondérale du Tilapia dans les 3 régimes R1 (0%), R2 (5%) et R3 (10%).

### III.3.2. Taux de survie

Au cours de l'expérience, le taux de survie des alevins d'*Oreochromis niloticus* dans les trois aquariums a été calculé après chaque semaine. (Figure 14)

Les taux de survie enregistrés dans les 3 aquariums sont estimés à 100 % durant les 4 premières semaines d'élevage. Par ailleurs, nous avons enregistré un taux de mortalité aux 5 semaines s'explique probablement par la qualité de l'eau, caractérisé par des taux élevés en Javel. Les taux enregistré après la 4 ème semaine sont respectivement 76%, 52% et 32% pour les aquariums R1, R2 et R3.

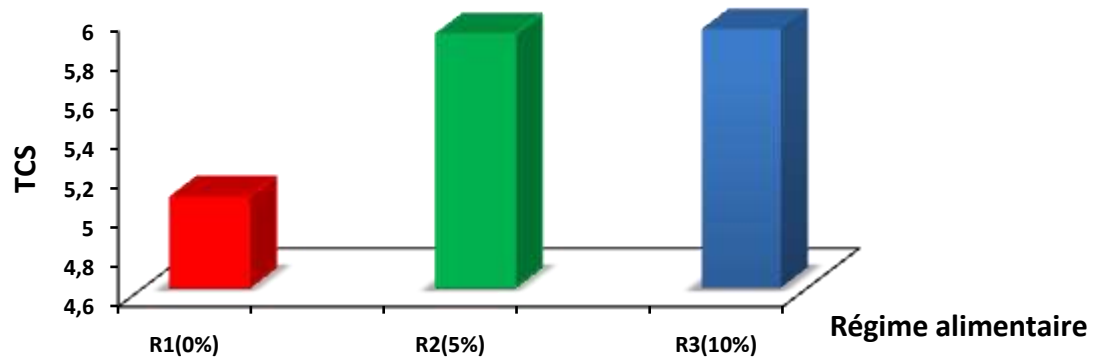


**Figure (14) :** Variation du taux de survie des alevins (*Oreochromis niloticus*)

### III.3.3. Taux de croissance spécifique (TCS)

Les valeurs du taux de croissance spécifique est similaire dans les aquariums supplémentés par l'additif alimentaire alginate/spiruline. Les taux de croissance spécifique enregistrés similaires quelque peu entre les trois régimes alimentaires pendant la durée travail, qui trouvée 5.06%, 5.88%, 5.91% pour R1, R2 et R3 respectivement (figure 15).

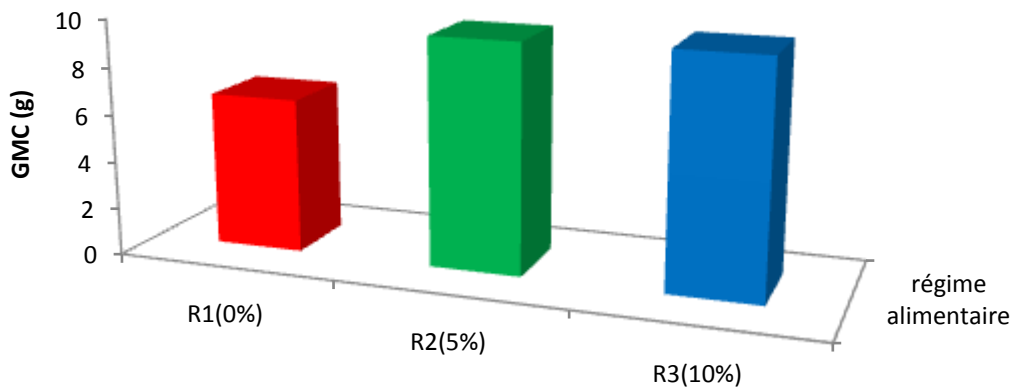
La différence significative entre les valeurs de (TCS) dans les différents aquariums d'élevage n'a été pas vraiment significative ( $p < 0.05$ ).



**Figure (15) :** Variation du taux de croissance spécifique (T.C.S) des alevins *Oreochromis niloticus*.

### III.3.4. Gain de la masse corporelle (GMC)

Les valeurs du gain de masse corporelle (GMC) des alevins à la fin de l'étude (42 jours) arrivent à 6.52 g dans l'aquarium témoin R1, de 9,60 g dans l'aquarium supplément par 5% de complément alimentaire R2 et de 9,72 g dans le R3(10%). on constate une augmentation de (GMC) d'une façon similaire entre les régimes R2 et R3. Cependant, le gain de poids dans le R1 est inférieur (sans spiruline et alginate) par rapport aux régimes R2 et R3 (Figure 16). Mais la différence n'a été pas significative ( $p < 0,05$ ).

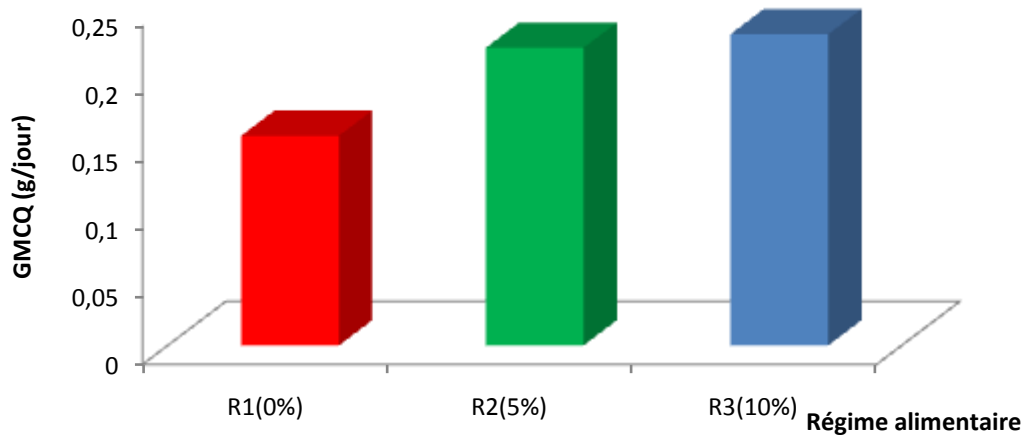


**Figure (16) :** Variation du gain de la masse corporelle (GMC) des alevins *Oreochromis niloticus* durant la période d'étude.

### III.3.5. Le gain de la masse corporelle quotidien (GMCQ)

Le gain du poids quotidien a été évalué dans ce travail. Les gains moyens quotidiens (GMQ) ont donné respectivement des valeurs de 0,15 pour le R1; 0,22 pour le R2; et 0,23 pour R3 (10%) (Figure 17). Le GMCQ le plus élevé a été observé dans le régime alimentaire des poissons R2 (5%) et R3 (10%). Ces résultats montrent que les poissons qui ont été nourris à l'aliment et l'additif phytogénique ont donné le meilleur rendement.

Par ailleurs il n'existe pas une différence significative ( $p < 0,05$ ).

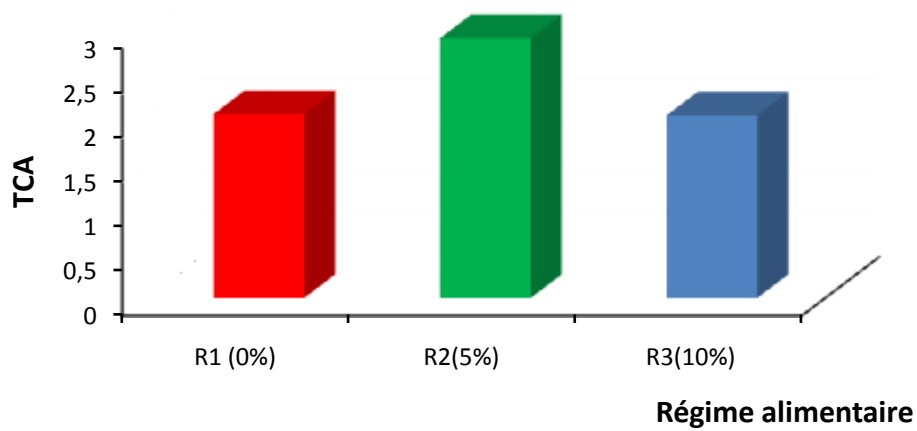


**Figure (17) :** Variation du gain de masse corporelle quotidienne (GMCQ) des alevins *Oreochromis niloticus*.

### III.3.6. Taux de conversion alimentaire (TCA)

Les valeurs de TCA enregistrées sont différenciées entre les trois régimes alimentaires, la valeur la plus faible est en R2 (5%) de 2.92 suivi par le R3 (10%) de 2.91 ensuite le R1 qui est de 2.06 (figure 18).

Il n'existe pas une différence significative entre les trois (TCA) ( $p < 0.05$ ).



**Figure (18) :** Variation du taux de conversion alimentaire (T.C.A) des alevins d'*Oreochromis niloticus* durant la période d'étude.

### Discussion

L'objectif principal de la nutrition des poissons est de fournir un équilibre d'ingrédients pour soutenir les fonctions vitales à un coût acceptable. Suivant cette ligne de pensée, il ne serait pas rentable d'utiliser *A. platensis* ( $\approx 40$  €/kg) comme substitut de protéines, mais cela peut être utile comme complément nutritionnel car il améliore l'efficacité de l'alimentation, qualité de la carcasse et les réponses physiologiques au stress chez plusieurs espèces de poissons.

Récemment, Ramnani *et al.*, (2012) ont démontrés que les polysaccharides de faible poids moléculaire dérivés d'algues contenant de l'alginate de sodium ont été fermentés par microflore intestinale et ils ont montré leur potentiel pour être utilisés comme nouveaux prébiotiques.

Des études ont été menées pour déterminer les effets de l'alginate de sodium de faible poids moléculaire alimentaire sur performances de croissance, réponse immunitaire innée et résistance aux maladies du tilapia, *O. niloticus* (Van Doan *et al.*, 2016).

Par conséquent, la présente étude a été réalisée pour évaluer les effets de préparation d'un complément nutritionnel à base de d'alginate de sodium et de la spiruline *A. platensis* sur les effets de croissance et de santé du tilapia, *Oreochromis niloticus*.

Par ailleurs, L'élevage du tilapia exige un suivi et un contrôle très sévère parce que la perturbation d'un paramètre physicochimique peut causer des problèmes physiologiques sur le poisson, les résultats obtenus au cours de l'expérience indiquent qu'il y avait une ressemblance avec les normes d'élevage.

Les valeurs de la température obtenues tous les aquariums montrent des variations identiques elles se situent entre (23,52 °C et 31,43 °C), Les résultats obtenus sont en conformité avec les valeurs recommandées pour l'élevage de Tilapia (Malcolm *et al.*, 2000). En effet, dans le milieu naturel, le tilapia exige une température de l'ordre de 13,5 à 35 °C (Dabbadie *et al.*, 2006). L'intervalle de tolérance thermique extrême est de 7 à 41 °C. L'optimum de la croissance est de 28 à 35 °C (Ballarin et Haller, 1982 ; Denzer, 1967).

D'autre part, les valeurs de notre travail sont supérieures à celles rapportées par Baouia et Guemmouli (2019) qui varient entre  $16,16^{\circ}\text{C} \pm 0,041$  et  $24^{\circ}\text{C}$  avec une moyenne de  $20,30^{\circ}\text{C} \pm 2,36$  cette différence est attribuée à la saison d'étude qui est différente.

Le pH représente l'acidité ou l'alcalinité de l'eau. La valeur économique de pH préférée par le tilapia se situe entre 7 et 8, l'intervalle de tolérance de cette espèce est de 5 à 11 (Huet, 1970), les valeurs de pH atteignent la gamme de 7,21 à 8,06, en revanche elle est similaire aux résultats obtenues par Gouarh et Meflah, (2018) qui sont autour de 7,33 et 7,93. Par ailleurs, elles sont légèrement supérieures par rapport aux valeurs obtenues par Benbouta et Bouazza (2019), ou ils ont relevés des valeurs moyennes de  $6,5 \pm 0,032$ .

Tilapias peuvent tolèrent le manque d'oxygène jusqu'à 3mg/l mais au dessus de cette dernière elle peut rencontrer de stress respiratoire, d'autre part elle tolère aussi la sursaturation élevée (Ballarin et Hatton, 1979), nos valeurs se situent entre 8,26 mg/l et 12,24 mg/l et qui sont nettement supérieurs aux valeurs obtenus par (Alliouche, 2010) qui ont été de 3,2 jusqu'à 3,45 mg/l.

Par ailleurs, Plusieurs travaux ont montré que les individus de Tilapias peuvent tolérés des concentrations qui sont proches de 0,1mg/L (Mélard et Philippart, 1981; Lévêque et Quensièrre, 1988).

Les résultat de la salinité obtenus durant la période de notre expérience varient entre un minimum de 1,8 g/l et un maximum de 2,9 g/l, la moyenne est estimée par  $2,47 \pm 0,25$  g/l le tilapia peut supporter une grande gamme de tolérance en terme de la salinité et on le rencontre dans les eaux de 0,015 mg/l à 30 mg/l, mais supérieur à 20 mg/l il peut stressé et subit des maladies (Alliouche, 2010), la moyenne obtenue dans notre étude est très proche que la moyenne mentionnée par Benbouta et Bouazza en 2019.

Le taux de survie des poissons durant ce travail est modéré. Le taux enregistré à partir de la 4 ème semaine s'explique principalement par la qualité de l'eau et certaines conditions défavorables au laboratoire.

Les résultats du taux de croissance spécifique (TCS) nous indique sur la vitesse de croissance, les TCS est le même dans ces trois régimes alimentaire. Il semble que le taux de TCS est très intéressant d'après Jauncey et Ross (1982) ( $> 3\%$ ). Les résultats obtenus sont supérieure à ceux obtenus par Benhadjira et Benhadjira (2017), où on enregistre un TCS de

1,27 ± 1,01 % .J-1 chez *Oreochromis niloticus*. Par ailleurs nos résultats sont entre 5,06 et 5,91 % .J-1.

Pour ce qui est de la croissance pondérale, le poids moyen des individus dans les aquariums supplémentés par le complément alimentaire (spiruline/alginate) R2 (5%) et R3 (10%) qui est supérieur que ceux de l'aquarium témoin R1 (0%), car la concentration de complément alimentaire ont faire cette différenciation.

Gain de masse corporelle (GMC), il est faveur de R2 (5%) et R3(10%), à cause de l'utilisation de complément alimentaire (Spiruline/alginate) dans ces régimes qui a donné lieu d'amélioré la performance de croissance .

Le gain de la masse corporelle quotidienne (GMCQ) enregistré chez les poissons nourris par le troisième régime R3 est nettement plus élevé que celui enregistré chez ceux nourris par les autres régimes, néanmoins ce dernier reste intéressant et acceptable en comparaison à celui enregistré par Thabet (2017) qui varie entre 0,17 et 0,22 g/j.

Le taux de conversion alimentaire (TCA), est un facteur calculé pour renseigner la qualité de l'aliment et sa digestibilité par les poissons. Nous remarquons dans notre étude que le taux de conversion alimentaire chez les alevins d'*Oreochromis niloticus* était insatisfaisant et comprise entre 1,89 et 2,79. Les alevins ont été affectés par le type de régime alimentaire distribué.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Hirahashi *et al.*,(2002) ont mentionné que la supplémentation des régimes alimentaires avec la microalgue (Spiruline) améliore les performances de croissance des poissons et des volailles. Lara-Flores *et al.*, (2003) et Abdel-Tawabe *et al.*, (2008) ont enregistré une amélioration de l'I.C chez les poissons nourris avec des régimes supplémentés en spiruline et une amélioration des performances de croissance

Autres travaux rapportés sur l'effet de la spiruline sur la performance de croissance chez le tilapia, Shimaà à constaté qu'il n'y avait pas de différences significatives ( $P > 0,05$ ) dans le gain de poids entre les poissons nourris avec des suppléments de *S. Platensis* et le régime témoin bien que le groupe supplémenté avec 1% de *S. platensis* ont un poids corporel plus élevé que les groupe témoin et les autres groupes (0.5% et 1,5%).

Abo El-Ward *et al.*, (2016) Ont observés que les groupes de poissons nourris avec le régime contenant de la spiruline présentaient des valeurs plus élevées de poids corporel, de gain de poids, de croissance spécifique (TCS), par rapport au groupe de poissons nourris avec le



régime sans spiruline (groupe témoin). Différence significative ( $P < 0,05$ ) dans les niveaux de (GMC) entre les groupes diététiques (avec 5% de la spiruline, avec 10%, avec 15% et avec 20%) par rapport au témoin, tous les traitements ayant un (GMC) plus élevé par rapport au traitement témoin pendant toute la période expérimentale ( $P < 0,05$ ).

# ***Conclusion***

## Conclusion

Le but de notre étude est la préparation d'un complément alimentaire sous forme des billes et à base de la spiruline et d'alginate afin d'améliorer la performance de la croissance chez le tilapia *Oreochromis niloticus*. Les billes ont été préparées par la méthode de gélification externe (gélifier la spiruline par l'alginate).

Le dispositif expérimental de trois aquariums contenant chacun 25 individus a été préparé. Les individus des 3 aquariums ont été nourris par des régimes différents. L'expérience a duré 42 jours.

Au cours de cette période les paramètres physico-chimiques ont été évalués. Les résultats ont montré que l'ensemble de ces paramètres se situe dans l'intervalle des valeurs recommandées pour l'élevage de Tilapia

De plus, les paramètres zootechniques ont été étudié au cours cette période les résultats ont montré l'effet remarquable de ce supplément alimentaire sur la croissance de Tilapia.

Comme perspectives :

- Il serait souhaitable d'étudier l'effet de cet additif alimentaire sur une longue période et de faire des répétitions pour chaque test afin de confirmer l'effet de ses substances
- Essaye d'incorporer les additifs alimentaires avec de faibles proportions

**Références**  
**bibliographiques**

## Références bibliographiques

### A

Abdel – Tawabe, M., Ahmad M.H., Abdel-Hadi Y.M., Seden M.E.A., 2008. Use of Spirulina (*Arthrospira platensis*) as growth and immune promoter for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fry challenged with *Aeromonas hydrophila*. 8th international symposium on tilapia in aquaculture 2008. (2):1015-1031.

Abo El-Ward A., Eid A.E., Mohamed K.A., Abd-elfattah B., Hasan M.A., 2016. Growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings fed diet supplemented with different levels of spirulina platensis

Alliouche F., 2010. Effet de certains aliments sur la biomasse de Tilapia de Nile (*Oreochromis niloticus*) au niveau de l'élevage

Arambula V.G., Mauricio S.R.A., Figueroa C.J.D., Gonzalez Hernandez J., Ordorica F.C.A., 1999. Corn masa and tortillas from extruded instant corn flour containing hydrocolloids and lime. *J. Food Sci.*, 64: 120-124.

Asimi O.A., Sahu N.P., 2013. Herbs/spices as feed additive in aquaculture, *Scientific Journal of Pure and Applied Sciences*. 2(8):284-292

Aubin J., Gatesoupe F.J., Labbé L., Lebrun L., 2005. Trial of probiotics to prevent the vertebral column compression syndrome in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquac. Res.* 36: 758-767

### B

Balarin J.D., Hatton J.D., 1979. Tilapia: A guide to their biology and culture in Africa. Unit of Aquatic Pathobiology, Stirling University.

Balarin, Haller, 1982.-The intensive culture of tilapia in tanks, raceways and basins. In: J.F. Muir and Roderts R.J.(Eds), *Recent advances in Aquaculture*, vol.1. CroomHelm, London.

Balcazar J.L., de Blas I., Ruiz-Zazuela I., Cunningham D., Vendrell D., Muzquiz J.L., 2006. The role of probiotics in aquaculture. *Vet Microbiol* 114:173–186

Balcázar J.L., de Blas I., Ruiz-Zarzuola I., Cunningham D., Vendrell D., Muzquiz J.L., 2006a. The role of probiotics in aquaculture. *Vet. Microbiol.* 114: 173-186.

Balcázar J.L., Vendrell D., de Blas I., Ruiz-Zarzuola I., Girones O., Muzquiz J.L., 2006b. Immune modulation by probiotic strains: quantification of phagocytosis of *Aeromonas salmonicida* by leukocytes isolated from gut of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using a radiolabelling assay. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 29: 335-343.

Baouia O., guemmouli Z., 2019 Suivi et évaluation des rejets piscicoles des bassins aquacoles expérimentales de l'université Kasdi- Merbah Ouargla. UNIVERSITE KASDI-MERBAH OUARGLA.

Beheshtipour H., Mortazavian A.M., Haratian P., KhosraviDarani K. 2012. Effects of *Chlorella vulgaris* and *Arthrospira platensis* addition on viability of probiotic bacteria in yogurt and its biochemical properties. *Eur Food Res Technol.*, 235 (4), 719- 728

Belay A., 2002. The potential application of Spirulina (*Arthrospira*) as a nutritional and therapeutic supplement in Health management. *Journal of the American Nutraceutical Association*; 5: 27–48.

Benbouta M. et Bouazza R., 2019. Essai d'introduction de *Moringa oleifera* dans l'alimentation d'*Oreochromis niloticus* et son Influence sur sa croissance. UNIVERSITE KASDI-MERBAH OUARGLA.

Ciferri O., 1983. Spirulina, The edible micro-organism. *Journal of Microbiology*; 47(4): 551-578.

## C

Ciferri O., 1983. *Microbiol. Rev.* 47 551

Clare K., 1993. Algin. In Whistler, R. L. et BeMiller, J. N. (Eds), *Industrial Gums and Their Derivates.*, Academic Press, Inc.: 105-144.

Clark D.E., Steiner A.B. 1949. Production of fibrous water-soluble alginates. Brevet n°2.477.861, United States Patent Office, USA. Cohen G.H. & D.B Johnstone. 1964. Extracellular polysaccharides of *Azobacter vinelandii*. *Journal of Bacteriology*, 88, 329-338.

**D**

Dabbadie L., Lazard J., Oswald M., 2006. La pisciculture. Greet et al. Mémento de l'agronome; Montpellier, France, 1571-1615.

Deepak R., Danielle B., 2019. Characterization of Spirulina-Alginate Beads Formed Using Ionic Gelation. International Journal of Food Science Volume 2019, Article ID 7101279, 7 pages <https://doi.org/10.1155/2019/7101279>.

Denzer, 1967. Studies on the physiology of young Tilapia. FAO Fish.Rep., 44(4), 3586.

Di Domenico M., Pinto F., Quagliuolo L., Contaldo M., Settembre G., Romano A., Coppola M., Ferati K., Bexheti-Ferati A., Sciarra A., et al. 2019. The role of oxidative stress and hormones in controlling obesity. Front. Endocrinol. Lausanne, 10, 540

**E**

Edis Koru., 2012. Earth Food Spirulina (Arthrospira): Production and Quality Standards, Food additive. Prof.Yehia El-Samragy(Ed.), ISBN:978-953-51-0067-6.

Evans L.R., Linker A. 1973. Production and characterisation of the slime polysaccharide of *Pseudomonas aeruginosa*. Journal of Bacteriology, 116, 915-924.

**F**

Falquet J., 2012. The Nutritional Aspects of Spirulina, Antenna Technologies, [http://antenna.ch/en/documents/AspectNut\\_UK.pdf](http://antenna.ch/en/documents/AspectNut_UK.pdf)

Fefana. Organic Acids in Animal Nutrition, Fefana Publication. Brussels, 2014, 97.NRC (National Research Council). Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington DC, 2011, 376.

Fiset J.-F., Blaiset J.-F., Riveros P. A., 2008. Review on the removal of metal ions from effluents using seaweeds, alginate derivatives and other sorbents. Revue des Sciences de l'Eau. 21:283–308

Fishelson L., Yaron Z., 1983. The First International Symposium on tilapia in aquaculture, Nazareth, Israel, 8-13 May 1983. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel, 624p.

## G

Gershwin M.E., Belay, 2008. A. Spirulina in Human Nutrition and Health, CRC Press, Taylor&Francis Group, Boca Raton: London, New York.pp.1-27.

Gorin P.A., Spencer J.F.T. 1966. Exocellularalginic acid from *Azobactervinelandii*. Canadian Journal of Chemistry, 44, 993-998.

Gouarh K., Meflah S., 2018. Introduction de *Panicum virgatum* dans l'alimentation de Tilapia rouge (*Oreochromis Sp.*) et son impact sur la croissance UNIVERSITE KASDI-MERBAH OUARGLA.

Goujon I., 2004 Les alginates, excipients d'origine marine utilisés dans l'industrie pharmaceutique: applications à la synthèse d'un gel chimique. UNIVERSITE HENRI POINCARÉ - NANCY I

Gram L., Ringø E., 2005. Prospects of fish probiotics. In: Holzapfel W, Naughton P (eds) Microbial ecology in growing animals. Elsevier, Edinburgh, pp 379–417

## H

Habib M.A.B., Parvin M., Huntington T.C. Hasan M.R., 2008. A review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. FAO Fisheries and Aquaculture Circular, No. (1034). FAO, Rome. 33 P

Haroun E., Goda A., Kabir M., 2006. Effect of dietary probiotic Biogen supplementation as a growth promoter on growth performance and feed utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). Aquac. Res. 37: 1473–1480.

Hashimoto G.S.O., Marinho Neto F., Ruiz M.L., Acchile M., Chagas E.C., Chaves F.C.M., et al. 2016. Essential oils of *Lippiasidoides* and *Menthapiperita* against monogenean parasites and their influence on the hematology of Nile tilapia. Aquaculture. 450: 182–186. Available from:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.07.029>

Haug A., Larsen B., Smidsrød O., 1967. Studies on the sequence in alginate from different sources. Acta Chemical Scandinavia, 21, 217-225.

Haug A., Larsen B., Smidsrød O., 1974. Uronic acid sequence in alginate from different sources. Carbohydrate Research, 32, 217-225.



Hayashi O., Katoh T., Okuwaki Y., 1994. Enhancement of antibody production in mice by dietary Spirulina. *J Nutr Sci Vitaminol*.

Henrikson R. [Online] 2011. [cited 2000]. Available at: <http://www.spirulinasource.com/earthfoodch6c.html>.

Henrikson R. *Earth Food Spirulina*, 6rd ed.; Ronore Enterprises, Inc: Hana, Maui, Hawaii, 2009 <http://www.spirulinasource.com/PDF.cfm/EarthFoodSpirulina.pdf> (accessed on 14/12/2012).

Henrikson R., 2009. *Earth Food Spirulina*, Ronore Enterprises, Inc., Hana, Maui, Hawaii, , <http://www.Spirulinasource.com/PDF.cfm/EarthFoodSpirulina.pdf> (accessed on 7 Dec., 2012)

Hoseini S.M., Khosravi-Darani K., Mozafari M.R., 2014. Nutritional and Medical Applications of Spirulina Microalgae in *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 2013, 13, 1231-1237

Huang X. J., Xiao Y., Lang M.D., 2012. Micelles/sodium alginate composite gel beads: A new matrix for oral drug delivery of indomethacin. *Carbohydr. Polym.* 87:790–798.

Huet M., 1970. *Traité de pisciculture*. Ed. Ch. De wyngaert, Bruxelles, 718p. <http://www.fao.org/docup/t8655703.htm>, 2008.

## K

Kloareg B., Quatrano R.S. 1988. Structure of the cell walls of marine algae and ecophysiological functions of the matrix polysaccharides. *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review*, 26, 259-315.

## L

Lacroix E., 2004. *Pisciculture en zone tropicale*. GFA TerrasystemsEulenkrugstraBeHaburg, Allemagne

Lamari F., Castex M., Larcher T., Ledevin M., Mazurais D., Bakhrouf A., Gatesoupe F.J., 2013. Comparison of the effects of the dietary addition of two lactic acid bacteria on the development and conformation of sea bass larvae, *Dicentrarchus labrax*, and the influence on associated microbiota. *Aquaculture* 376–379:137–145

Lévêque C. et Quensièrre J., 1988. Les peuplements ichtyologiques des lacs peu profonds=Fish communities in shallow lakes.

Liang S., Liu X., Chen F. Chen Z., 2004. Current microalgal health food R&D activities in China. *Hydrobiologia*; 512:45-8.

Linker A., Jones R.S. 1964. A polysaccharide ressemblingalginic acid from a *Pseudomonas* micro-organism. *Nature*, 204, 188-197.

### M

Malcom C. *et al.*, 2000. *Tilapia : Biologie and exploitation*. Fish and Fisherie Serie. 25 Kluwer Academic Publisher. pp. 493

Mattila-Sandholm T., Myllarinen P., Crittenden R., Mogensen G., Fonden R., Saarela M., 2002. Technological challenges for future probiotic foods. *International Dairy Journal*, 12, 173–182

Mei Li D., Zao Qi Y., 1997. *Spirulina* industry in China:Present Status and future prospects. *J ApplPhycol*; 9: 25-8

Mélard C. et Philippart J.-C., 1981. Pisciculture intensive du tilapia *Sarotherodon niloticus* dans les effluents thermiques d'une centrale nucléaire en Belgique. *Proceedings of the World Symposium on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems*. Vol. 1. Heinemann, pp. 637-658.

Moen E., Larsen B., Ostgaard K., 1997. Aerobic microbial degradation of alginate in *Laminaria hyperborea* stipes containing different levels of polyphenols. *J. Appl. Phycol.* 9:45–54

### N

Nates S.F., *Feed additives. Aquafeed Formulation*. (Nates SFM, Editor). Academic Press, USA, 2016.

Naylor R.L., Hardy R.W., Bureau D.P., Chiu A., Elliott M., Farrell A.P., Forster I., Gatlin D.M., Goldberg R.J., Hua K., Nichols P.D., 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *P. Natl. Acad. Sci. USA* 106, 15103- 15110

Ng W.K., Koh C.B., Sudesh K., Siti-Zahrah A., 2009. Effects of dietary organic acids on growth, nutrient digestibility and gut microflora of red hybrid tilapia, *Oreochromis sp.*, and subsequent survival during a challenge test with *Streptococcus agalactiae*, *Aquaculture Research*.40(13):1490-1500

**O**

Okazaki M., Furuya K., Tsukayama K., Nisizawa K. 1982. Isolation and identification of alginic acid from a calcareous red alga *Serraticardia maxima*. *Botanica Marina*, 25, 123-131.

**P**

Perez R., 1992. La culture des algues marines dans le monde Ifremer p 16 à 60 chapitre 1 : Acide alginique et alginates

Pérez R., 1997. Ces algues qui nous entourent: conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisations, culture Editions IFREMER,

Perez. R., Kaas R., Campello F., Arbault S., Barbaroux O., 1992. La Culture Des Algues Marines Dans Le Monde. IFREMER, Plouzane, France, pp. 614.

Plisnier P.D., Micha J.C1., Frank V., 1988. Biologie et exploitation des poissons du lac Ihema (Bassin de l'Akagera, Rwanda). Presses Universitaires de Namur, Namur, Belgique, 212p.

**R**

Ramnani P., Chitarrari R., Tuohy K. et Grant J., Hotchkiss S., Philp K., Campbell R., Gill C., Rowland I., 2012. In vitro fermentation and prebiotic potential of novel low molecular weight polysaccharides derived from agar and alginate seaweeds. *Anaerobe* 18, 1-6.

Rehm B.H.A., Rehm S. V., 1977. Bacterial alginates: biosynthesis and applications. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 48 : 281-288

Reilly W. J. (Jr)., 2000. In J.P. Remington, A. R. Gennaro (Eds.) *Remington the Science and Practice of Pharmacy*, LipinCott Williams & Wilkins, Philadelphia, p. 1030.

Remminghorstet U., Rehm B. H. A., 2006. "Bacterial alginates: from biosynthesis to applications," *Biotechnology Letters*, vol. 28, no. 21, pp. 1701–1712.

Reverter M., Bontemps N., Lecchini D., Banaigs B. Sasal P., 2014. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. *Aquaculture*. 433: 50–61. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.048>

Ringø E., Olsen R.E., Gonzales Vecino J.L., Wadsworth S., Song S.K., 2012. Use of immunostimulants and nucleotides in aquaculture: a review. *J Mar Sci Res Develop* 2:104. doi:10.4172/2155-9910.1000104

Rocher V., 2008. Synthèse et caractérisation de billes d'alginate magnétiques pour l'élimination de polluants organiques dans les effluents par séparation magnétique. *Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2008. Français. tel-00346240f*

Rodríguez-Miranda J., Delgado-Licon E., Hernández-Santos B., Medrano-Roldan H., Castro-Rosas Aguilar-Palazuelos E., Navarro-Cortez R. O., Gómez-Aldapa C. A. et J, 2012. Effect of Sodium Alginate on Functional Properties of Extruded Feed for Fish for Human Consumption

## S

Saarela M., Lahteenmaki L., Crittenden R., Salminen S., Mattila-Sandholm T., 2002. Gut bacteria and health foods – the European perspective. *International Journal of Food Microbiology*, 78, 99–117.

Sachan K. N., Pushkar S., Jha A., Bhattacharya A., 2009. Sodium alginate: the wonder polymer for controlled drug delivery, *Journal of Pharmacy Research*, vol. 2, no. 8, pp. 1191–1199.

Sajilata M., Singhal R. Kamat M., 2007. Fraction of lipids and purification of -linolenic acid (GLA) from *Spirulina Platensis*. *Food Chem*; 109: 580-6.

Sanchez M., Bernal-Castillo J., Roza C. Rodriguez I., 2003. *Spirulina*(*Arthrospira*): An edible microorganism: A review. *Universitas Scientiarum Journal of the Faculty of Sciences Pontificia Universidad Javeriana*, 8(1), 7-24.

Scholz U., Garcia Diaz G., Ricque D., Cruz Suarez L.E., Vargas Albores F., Latchford J., 1999. Enhancement of vibriosis resistance in juvenile *Penaeus vannamei* by supplementation of diets with different yeast products. *Aquaculture*, 176, 271–283

Shimaa A. A., 2016. Effect of *Spirulina platensis* as feed supplement on growth performance, immune response and antioxidant status of mono-sex Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Shyamali S., De Silva M., Kumar N.S., 1989. Composition and sequence of uronate residues in alginates from three species of brown seaweeds. *Carbohydr. Res.* 191, 167–173.

Skjåk-Bræk G., Flo T., Halaas Ø., Espevik T., 2000. Immune stimulating properties of de-equatorially b (1–4) linked poly-uronides. *Bioactive Carbohydrate Polymers*. Kluwer, pp 85–93

### T

Trewavas E, 1983. Tilapias.Taxonomy and Speciation.In :Pullin& Maclean (eds). Second International Symposium on Tilapia in aquaculture, march 1987, Thailand ICLARM conference Proceedings, 15., 3-13 P

### V

Van Doan H., TapingkaeW., Moonmanee T., Seepa A., 2016. Effects of low molecular weight sodium alginate on growth performance, immunity, and disease resistance of tilapia, *Oreochromis niloticus*

Vauchel P., 2007. Optimisation de procédés innovants pour l'obtention de phycocolloïdes, *centre IFREMER de Nantes*

Vijayalakshmi K., Srinivasan L., Maximas H. R., Sudha P.N.,2017. Industrial applications of alginate édité par P.N. Sudha.

Vincent E., 2010. Les alginates et leurs applications en pharmacie et en ingénierie. Application à la construction d'un biomatériau

Vollstad D., Bøgwald J., Gaserød O., Dalmo R.A., 2006. Influence of high-M alginate on the growth and survival of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) and spotted wolffish (*Anarhichas minor* Olafsen) fry. *Fish Shellfish Immunol* 20:548–561

### W

Wang W., Wang A., 2010. Synthesis and swelling properties of pH-sensitive semi-IPN superabsorbent hydrogels based on sodium alginate-g-poly (sodium acrylate) and polyvinylpyrrolidone. *Carbohydr. Polym.* 80, 1028–1036

Watanuki H., Ota K., Tassakha A.C.M., Kato T., Sakai M., 2006. Immunostimulant effects of dietary *Spirulina platensis* on carp. *Cyprinus carpio*. *Aquaculture.*, , 258, 157-63.

### Y

Yang J., Pan J., 2012. Hydrothermal synthesis of silver nanoparticles by sodium alginate and their applications in surface-enhanced Raman scattering and catalysis. *Acta Mater.*60, 4753–4758.

### Z

Zia K.M., Zia F., Zuber M., Rehman S., Ahmad M.N., 2015. Alginate based polyurethanes: A review of recent advances and perspective. *Int. J. Biol. Macromol.* 79, 377–387.

### Références web :

<http://algae-lab.com/product/spirulinaplatensis-m1/>

## Résumé

Dans le but d'améliorer la performance de croissance de tilapia *Oreochromis niloticus* nous avons testés un complément alimentaire composé de la microalgue « la spiruline » *Spirulina platensis* et de biopolymère polysaccharidique « l'alginate » qui sont préparés sous forme des billes par la méthode de gélification.

L'expérience présentée été réalisé au niveau du laboratoire d'aquaculture de l'université Kasdi Merbah, Ouargla, ou on a intégré différents pourcentages d'un complément alimentaire, afin de l'utilisé comme une source alternative de protéine pour réduire l'utilisation de la farine de poisson et tester son effet sur la performance croissance de tilapia *Oreochromis niloticus*. Des différentes proportions ont été supplémentées à l'aliment fabriqué pour chaque aquarium (0% pour R1, 5% pour R2 et 10% pour R3).

Les résultats obtenus à la fin sont acceptables quelque peu concernant la croissance de tilapia et sont :les poids moyen, GMC, GMCQ, TCS ont été élevés dans les R2 et R3 que dans le R1 qui est les témoins alors que les taux de conversion alimentaire TCA et les taux de survie TS ont été observés plus dans le R1

## "*Oreochromis niloticus*" نمو البلطي على أداء نمو البلطي : التأثير على أداء نمو البلطي " *Oreochromis niloticus* " محاولة تطوير مكمل غذائي يعتمد على السبيرولينا و الألبينات : التأثير على أداء نمو البلطي "

### الملخص

من أجل تحسين أداء نمو البلطي *Oreochromis niloticus*، قمنا باختبار مكمل غذائي مكون من الطحالب الدقيقة "سبيرولينا" *Spirulina platensis* و البوليمر الحيوي متعدد السكريد "الألبينات" "Alginate". والذي تم تحضيره على شكل حبيبات بطريقة التكوّن بالهلام.

أجريت التجربة المعروضة على مستوى مختبر تربية المائيات بجامعة قاصدي مرباح بورقلة، حيث تم دمج نسب مختلفة من المكمل الغذائية لاستخدامها كمصدر بديل للبروتينات مع العلف وتقديمها لسماك البلطي *Oreochromis niloticus*. لدراسة تأثيره على أداء النمو حيث تم إضافة نسب مختلفة مع الغذاء المنتج لكل حوض مائي (0% لـ R1 و 5% لـ R2 و 10% لـ R3).

النتائج التي تم الحصول عليها في النهاية مقبولة إلى حد ما فيما يتعلق بنمو البلطي وهي:متوسط الأوزان، GMC، GMCQ، TCS في R2 و R3 مرتفعة مقارنة بـ R1 بينما معدلات تحويل العلف TCA و TS البقاء على قيد الحياة لوحظت معدلات في R1 أكثر من الآخرين.

## Abstract:

In order to improve the growth performance of tilapia *Oreochromis niloticus*, we tested a food supplement composed of the microalgae "spirulina" *Spirulina platensis* and of polysaccharide biopolymer "alginate" which are prepared in the form of beads by the method of gelation.

The presented experiment was carried out at the level of the aquaculture laboratory of Kasdi Merbah University, Ouargla, where different percentages of a food supplement were integrated, in order to use it as an alternative source of protein to reduce the use. of fishmeal and test its effect on the growth performance of tilapia *Oreochromis niloticus*. Different proportions were supplemented with the food produced for each aquarium (0% for R1, 5% for R2 and 10% for R3).

The results obtained at the end are somewhat acceptable concerning the growth of tilapia and are: the average weights, GMC, GMCQ, TCS were raised in the R2 and R3 than in the R1 which is the controls whereas the feed conversion rates TCA and TS survival rates were observed more in the R1 than in the