

الجمهورية الديمقراطية الجزائرية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme

D'Ingénieur en Sciences de la Mer

Option : Aquaculture

Thème :

**Effet de l'alimentation artificielle contenant des sous produits
laitiers de Danone sur la survie et la croissance du tilapia du Nil
Oreochromis niloticus en élevage expérimental**

Présenté par :

LAHOUSSA FATIMA ZOHRA

YAKOUB NADJWA

Soutenu le 30/12/2020 devant le jury composé de :

Mme KHLIFA N.	MCB	ENSSMAL	Présidente
Mr LOURGUIOUI H.	MCB	ENSSMAL	Examineur
Mme AMROUCHE L.	MAA	ENSSMAL	Promotrice

Année universitaire : 2019- 2020

Remerciements

Avant toute chose, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant, pour nous avoir donné la force et la patience et aux êtres les plus chers au monde « Nos Parents » et toutes nos familles pour tous les efforts et sacrifices qu'ils ont entrepris afin de nous voir réussir.

Tout d'abord, nous voudrions exprimer notre sincère gratitude à notre encadreur, **Mme AMROUCHE LYNDA** pour nous avoir encadrés, nous la remercions pour son soutien et sa confiance.

On remercie également **Mme MAOUEL** maître de conférences enseignant chercheur et chef du département des sciences de la mer et l'aquaculture (ENSSMAL), d'avoir aimablement présidé le jury et d'apporter ses remarques à ce modeste travail.

On tient, aussi, à remercier **Mr LOURGUIOUI**, maître de conférences enseignant chercheur et chef du département des sciences de la mer et l'aquaculture, d'avoir accepté d'examiner et d'apporter ses remarques à ce modeste travail.

Nous tenons à remercier vivement **Mr KACHER** responsable de relations extérieures au niveau de l'ENSSMAL et Mr le directeur de l'aquaculture **RACHID ANNAN** et aussi **Mr HAMDI HIBA** responsable au niveau de ministère de la pêche et de l'aquaculture pour leur chaleureux accueil et leur aide afin d'avoir des données récentes concernant les productions et les projets actuelles d'aquaculture en Algérie.

Nous remercions également à tous les enseignants du Département des sciences de la mer et de l'aquaculture Mr LOURGUIOUI, Mr AIT SAIDI, Mr SOFIANE (paix à son âme) ; Mm AISSOU, Mm MESLEM, Mm KAIDI, qui ont fait de leur mieux pour nous guider au cours de ces dernières années et qui ont été là pour nous orienter, conseiller durant notre carrière universitaire. Nous ne serons pas là sans vous. Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui, de près ou de loin ont participé et aidés à notre formation dans cette filière.

Liste des abréviations

AC: aliment commercial.

AF: aliment fabriqué.

AG: acide gras.

AGE: acide gras essentiel

AGPI : acide gras polyinsaturé.

AGLPI : acide gras long chaîne polyinsaturé.

ANOVA : analyse de la variance.

BPH : bonne pratique d'hygiène.

CEP : coefficient d'efficacité protéique.

Cm : centimètre.

CNRDPA : centre National de la recherche et du Développement de la pêche et de l'Aquaculture.

CPT chair des poissons alimentés avec AC

DHA : Acide docosahexaénoïque.

DLC : date de limite de consommation.

E.coli: *Escherichia coli*.

ENSSMAL: Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.

EPA : acide_d'écospentaénoïque

FAO: Food agriculture organisation.

FMAT : Flore Mésophile Aérobie Totale.

FTIR : Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier.

G : gramme

g/j : gramme par jour

GMC: gain de masse corporelle.

GMQ: gain de masse quotidien.

H: heure

IC: indice de conversion.

L: litre.

MES : matière en suspension.

MGT: matière grasse total

ML: milliliter.

Mm : millimètre.

MPPH : ministère de la pêche et des productions halieutiques.

N : nombre.

SM : solution mère.

O₂ : Oxygène.

O.N.D.P.A : L'office national de développement et de production aquacole.

O.niloticus: *oreochromis niloticus*.

PCA: Gélose plate Cunt Agar.

P_h : potentiel d'hydrogène.

RVS : rapport vassiliadis Soja.

SFB : selenite F Broth.

T: tonne

TBX : TRYPTONE BILE X GLUCURONIDE.

TCJ : taux de croissance journalier.

TM : taux de mortalité.

UFC : unité formant colonie.

UV : ultraviolet.

XLD : Xyloé Lysine Désoxycholte.

‰ (psu) : unité de salinité.

Liste des figures

Figure 1 : production halieutique et aquacole mondiale (FAO ; 2020).	4
Figure 2 : la situation globale des projets d'aquaculture selon leur état d'avancement (ministère de la pêche et de l'aquaculture ; 2020).	6
Figure 3 : Etat d'avancement des projets d'aquaculture marine (ministère de la pêche et de l'aquaculture ; 2020).	7
Figure 4 : Etat d'avancement des projets d'aquaculture continentale (ministère de la pêche et de l'aquaculture ; 2020).	7
Figure 5:Caractéristiques morphologiques d' <i>Oreochromis niloticus</i> (HOCINE,N,2017)	12
Figure 6: l'intestin du tilapia du Nil.....	14
Figure 7: la dissection du tilapia du Nil.	15
Figure 8 : les organes internes du tilapia du Nil.	15
Figure 9: Femelle d' <i>O.niloticus</i> incubant ses œufs dans sa bouche (ferme aquacole d'Ali drici).	16
Figure 10 : Le logo de DANONE, 2017.	29
Figure 11 : Implantation des industries Danone dans le monde, (DANONE-rapport annuel, 2017).	30
Figure 12:Assimilation des protéines au niveau de l'intestin (GANAPATHY <i>et al.</i> 1994).....	42
Figure 13 : centrifugeuse de marque FUNKE GERBER. (http://www.btm-instruments.com/produit/centrifugeuse-babcock-et-gerber/)	50
Figure 14 : dessiccateur infrarouge de marque SARTOTIUS MA 45. (https://www.laboandco.com/analyseur-dhumidite-dessiccateur-infrarouge-sartorius-ma37-sartorius-SAR-MA371).....	51
Figure 15 : appareil Milko Scan FTI20. (https://www.medicalexpo.fr/prod/foss/product-86475-856343.html)	52
Figure 16 : yaourt et Figure 17 :Etuve ventilée.....	55
Figure 18 : Lactosérum et Figure 19 : Evapo-concentrateur.....	55
Figure 20: Principe de fonctionnement de l'évapo-concentrateur expérimental (IGOUD, 2015)	56
Figure 21: Aliment commercial et Figure 22 : aliment commercial broyé.....	58
Figure 23 : hachoir à viande et Figure 24 : pâte malléable.	59
Figure 25 : la pâte qui passe et Figure 26 :les filaments formés.	59

Figure 27: pompe à air.	64
Figure.28: filtre et Figure.29 : filtre à sable.	64
Figure.30: ichtyo mètre et Figure 31: balance.....	66
Figure.32: photo illustrant les différentes mensurations prises pour Tilapia.	67
Figure. 33 : les mesures prises pour tilapia.	67
Figure 34 : composition chimique globale de l'aliment fabriqué et de l'aliment commercial. .	76
Figure 35: composition chimique de la chair des poissons alimentés par AF10% et AC.	78
Figure 36 : variation du gain moyen corporel exprimé en (g) chez les Tilapias <i>O.niloticus</i> avec les deux régimes alimentaires.....	80
Figure 37 : Variation du taux de croissance spécifique exprimé en %/Jours chez les Tilapia <i>O.niloticus</i> avec les deux régimes alimentaires.....	81
Figure 38 Evolution de la taille moyenne (cm) des Tilapia <i>O.niloticus</i> durant la période expérimentale recevant deux régimes alimentaires.	82
Figure.39 : Evolution du poids moyen (g) des Tilapia <i>O.niloticus</i> durant la période expérimentale recevant deux régimes alimentaires.	82
Figure 40 : Structure histologique des villosités intestinales au niveau des caeca pyloriques ..	86
Figure 41 : structure histologies des microvillosités intestinales des poissons soumis aux deux régimesalimentaire ..	89

Liste des tableaux

Tableau 1 : production du tilapia du Nil par pays (FITZIMMONS ,2016).	5
Tableau 2 : La production de tilapia du Nil en Algérie (MPPH, 2020).....	9
Tableau 3 : Besoins théoriques en protéines d'O .niloticus (NEW in BARNABE ,1991).	21
Tableau 4 : besoins quantitatifs en acides aminés essentiels d'O', niloticus (d'après SANTIAGO in BEVERIDGE et al, 2000).	22
Tableau 5 : besoins théorique en lipides d'O.niloticus (NEW in Barnabé ,1991).	23
Tableau 6 : besoins théoriques en glucides et en fibres chez O.niloticus (NEW in BARNABE.1991).	24
Tableau 7 : les besoins vitaminiques D'O. niloticus en mg /kg d'aliment.	25
Tableau 8 : Besoins d'O. Niloticus en minéraux.	26
Tableau 9 :composition chimique et valeur nutritionnelle de 100g de la chair du tilapia	28
Tableau 10 : type de produits et la capacité de production de l'entreprise DANONE DJURDJURA (archive DANONE, 2017).....	31
Tableau 11 : Composition chimique de l'aliment commercial (COPPENS).	57
Tableau 12: proportions aliment commercial et mélange yaourt-lactosérum.	58
Tableau 13 : Inventaire des paramètres délavage a contrôlés.	63
Tableau 14 : Composition biochimique globale du yaourt déclassé et du lactosérum.	74
Tableau 15 : Composition biochimique globale des deux aliments (10%, aliment commercial).	75
Tableau 16: composition biochimique globale de la chair du tilapia en fonction des aliments formulés.....	77
Tableau 17 Paramètres zootechniques enregistrés chez les alevins d'O.niloticus recevant deux régimes alimentaires différents.....	79
Tableau 18 : Mensurations prélevées sur le corps et sur le tube digestif (Cm) (g) :	84
Tableau 19 :paramètres zootechniques enregistrés chez les alvins d'o.niloticus recevant les quatre régimes alimentaire différents.	91
Tableau 20: composition biochimique globale de la chair d'O.niloticus en fonction de l'aliment formulé.	92

Table des matières

Liste des abréviations.....	III
Liste des figures.....	VI
Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	4
Partie 1 : Généralité sur l'aquaculture	4
I.1. L'aquaculture dans le monde.....	4
I.2. Production mondiale du tilapia	5
I.3. L'aquaculture en Algérie.....	6
I.3.1.les projet d'aquaculture marine et d'eau douce fin 2019	6
I.3.2.situation globale des projets d'aquaculture selon leur état d'avancement année 2019	6
I.4. Production du tilapia en Algérie	8
I.5. Systèmes de production du tilapia	9
I.6. Présentation de l'espèce étudiée <i>Oreochromis niloticus</i>	10
I.7.Composition chimique et valeur nutritionnelle de la chair du tilapia du Nil	27
Partie 2 : généralité sur l'entreprise Danone internationale et Danone-Algérie.....	29
I.8.Groupe DANONE.....	29
PARTIE 3 : Fabrication et formulation de l'aliment piscicole.....	35
I.9.Fabrication de l'aliment piscicole à partir des produits et sous-produits locaux.....	35
Partie 4 : Digestion et croissance	40
I.10. Digestion des protéines	40
Chapitre II : méthodologie	48
II.1. Caractérisation de la composition chimique globale des sous-produits de Danone Djurdjura Algérie.....	48
II.1.1. Caractérisation du yaourt déclassé.....	48
II.1.2.caractérisation du lactosérum	51
II.2. Détermination de la qualité hygiénique des sous-produits de Danone Djurdjura Algérie	53

II.3.Préparation de l'aliment.....	54
II.3.1.déshydratation du yaourt et lactosérum par l'étuve ventilée.....	54
II.3.2.formulation de l'aliment.....	56
II.4.Caractérisation de la composition chimique globale des aliments préparés.....	59
II.4.1. Extraction et dosage des protéines.....	59
II.4.2.Extraction et dosage des lipides	60
II.4.3.Détermination de la teneur en eau par méthode thermogravimétrique.....	61
II.4.4.Détermination de la teneur en cendre	62
II.5. Elevage et suivi de la croissance des alevins du tilapia du Nil.....	62
II.5.1. Les paramètre d'élevages	63
II.5.2. Contrôles de la croissance	65
III. Résultats et discussion	73
III.1.Composition biochimique du yaourt déclassé et du lactosérum.....	73
III.2. Qualité hygiénique des sous-produits de DDA.....	74
III.3. Composition biochimique globale et valeur nutritionnelle de l'aliment formulé.....	74
III.3.1.La teneur en protéine	75
III.3.2.La teneur en lipide	75
III.3.3.La teneur en eau	75
III.3.4.La matière minérale	75
III.4. Composition biochimique globale de la chair de poissons soumis aux régimes alimentaires	76
III.4.1.Teneur en protéines	77
III.4.2.La teneur en matière grasse et en eau	77
III.4.3. La teneur en cendres	78
III.5.Paramètres zootechniques des poissons soumis aux régimes alimentaires	78
III.5.1.Taux de survie	79
III.5.2.Paramètres de croissance	80
III.5.3.Le poids.....	80

III.5.4.Taux de croissance spécifique.....	81
III.5.5.Paramètres d'utilisation alimentaire	81
III.6.Paramètres biométriques	83
III.6.1. Mensuration du corps et de différentes régions du tube digestif	83
III.6.2.Histologie	84
III.7.Etude comparative.....	90
III.5.1.Les paramètres zootechniques.....	91
III.5.2.Composition chimique de la chaire	92
III.5.3. Conclusion	93
Conclusion.....	95
Bibliographie	97
<i>Annexe</i>	106
Solution B:.....	ii
Résumé.....	viii

Introduction

Introduction

Introduction

Dans de nombreux pays méditerranéens et notamment en Algérie, l'aquaculture est en développement. Cette activité est le plus souvent perçue comme une activité nouvelle venant au secours d'une activité de pêche stagnante. Elle se concentre sur quelques espèces telles que le loup et la dorade. Néanmoins, elle concerne d'autres espèces d'eau douce comme la carpe chinoise, poisson chat ou le tilapia du Nil.

Ce dernier à un potentiel de croissance particulièrement élevé car il peut atteindre un poids marchand de 400 g après 8 mois de croissance. Il se nourrit aux niveaux inférieurs de la chaîne alimentaire. Son régime alimentaire est très varié (de la fertilisation aux aliments composés) principalement basé sur l'utilisation de produits et de sous-produits végétaux ou d'aliments composés à faible teneur en protéines (25 %). Son régime alimentaire, sa robustesse, sa bonne utilisation métabolique des aliments ainsi que sa fécondité élevée et rapide font de lui une espèce très intéressante. Sa valeur nutritionnelle et son prix abordable lui permettent d'être très apprécié par beaucoup de consommateurs (BOUTOUCHENT, 2002 ; LAZARD 2007).

Cependant, en aquaculture intensive, l'alimentation représente une part importante du coût de la production des poissons (TACON, 1996; HOFFMAN et al. 1997). L'aliment sec importé est relativement cher (500-1200 DA) et son utilisation n'est généralement pas rentable, si elle l'est cela se répercute sur le prix de vente du poisson au détail (M.ALDILAIMI, 2009). L'intérêt économique de ce type d'élevage est donc très dépendant de la disponibilité et du coût des aliments (TACON, 1996, HOFFMAN et al ; 1997). Ainsi, la réduction des charges liées à l'alimentation, et par conséquent la maîtrise du coût de production des poissons d'élevage, est l'une des priorités en aquaculture (WATANABE, 2002).

Pour cela, le développement de formules alimentaires et nutritionnelles adaptées aux modes de vie des animaux (animaux marins ou dulcicoles) et à leurs régimes alimentaires (détritivores, herbivores, omnivores ou carnivores) est nécessaire. Le développement de ces formules passe par la détermination de besoins en protéines, lipides, glucides, acides aminés, acides gras et un certain nombre de produits additifs (SHIAU, CHUANG et al, 1987, JACKSON et al, 1982). Dans le cas du tilapia du Nil (*O. niloticus*), il est donc évident que la formulation des régimes alimentaires à moindre coût est un critère déterminant pour le développement de son élevage.

Par ailleurs, de nombreux sous-produits sont rejetés par les industries agro-alimentaires telles que, le lactosérum le yaourt déclassé, les déchets d'oranges, de datte, le sérum de tomate...etc., peuvent être récupérés et utilisés dans différents secteurs industriels et agricoles, selon leurs caractéristiques et les possibilités des marchés (alimentation animale et humaine).

Introduction

En effet, le lactosérum et le yaourt déclassé, coproduits de l'industrie laitière, sont incontestablement des matières nobles et riches en composés actifs, présentant des propriétés incomparables, tant sur le plan nutritionnel que sur le plan techno-fonctionnel, tels que le lactose, les protéines solubles, les vitamines hydro-solubles, les matières grasses et les éléments minéraux (BENAÏSSA, 2018).

C'est donc dans cette optique que l'utilisation du mélange (yaourt et lactosérum), à travers son incorporation dans l'alimentation des poissons est importante vue sa teneur élevée en protéines et sa disponibilité en tout temps et en toutes saisons. Il faut souligner qu'une seule étude, tant sur le plan national qu'internationale, concernant l'incorporation des sous-produits laitiers dans l'alimentation des animaux aquacoles a été réalisée par LALAM et MERZOUK en 2019.

De ce fait, le présent travail qui fait suite à cette première étude, a principalement pour objectif d'évaluer l'effet de la supplémentation des sous-produits laitiers de Danone à raison de 10 % sur la survie et la croissance du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* en élevage expérimental pendant 60 jours. Des paramètres zootechniques, biométriques ainsi qu'une étude histologique seront déterminés.

Cette étude se divise en trois chapitres :

Le premier chapitre traite d'une façon globale des généralités sur l'aquaculture et l'espèce étudiée.

Le deuxième chapitre présente le matériel utilisé et décrit les protocoles expérimentaux adoptés pour caractériser et évaluer l'efficacité de l'aliment mis en essai.

Le troisième chapitre est consacré à l'interprétation des différents résultats obtenus et à l'étude comparative avec les travaux antérieurs.

Chapitre I :
Synthèse bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Partie 1 : Généralité sur l'aquaculture

I.1. L'aquaculture dans le monde

On estime que la production mondiale de poisson a atteint, en 2018, environ 179 millions de tonnes dont 82 millions de tonnes provenaient de la production aquacole. Sur ce total, 156 millions de tonnes ont été utilisées pour la consommation humaine, ce qui équivaut à une offre annuelle estimée à 20,5 kg par habitant. Les 22 millions de tonnes restantes ont servi à des fins non alimentaires, principalement pour produire de la farine de poisson et de l'huile de poisson (FAO ; 2020).

L'aquaculture représentait 46 pour cent de la production totale et 52 pour cent du volume destiné à la consommation humaine. La Chine est restée un important producteur de poisson, puisqu'elle était responsable de 35 pour cent de la production mondiale en 2018. Hormis la Chine, une part importante de la production réalisée en 2018 provenait d'Asie (34 pour cent) suivie des Amériques (14 pour cent), de l'Europe (10 pour cent), l'Afrique (7 pour cent) et l'Océanie (1 pour cent). Ces dernières décennies, la production totale de poisson a fortement augmenté sur tous les continents, sauf en Europe, où elle a progressivement diminué entre la fin des années 1980 (avec une légère reprise au cours des dernières années) et les Amériques (avec plusieurs oscillations depuis le pic du milieu des années 1990, principalement en raison des fluctuations des captures d'anchois), alors qu'elle a presque doublé ces 20 dernières années en Afrique et en Asie (FAO ; 2020).

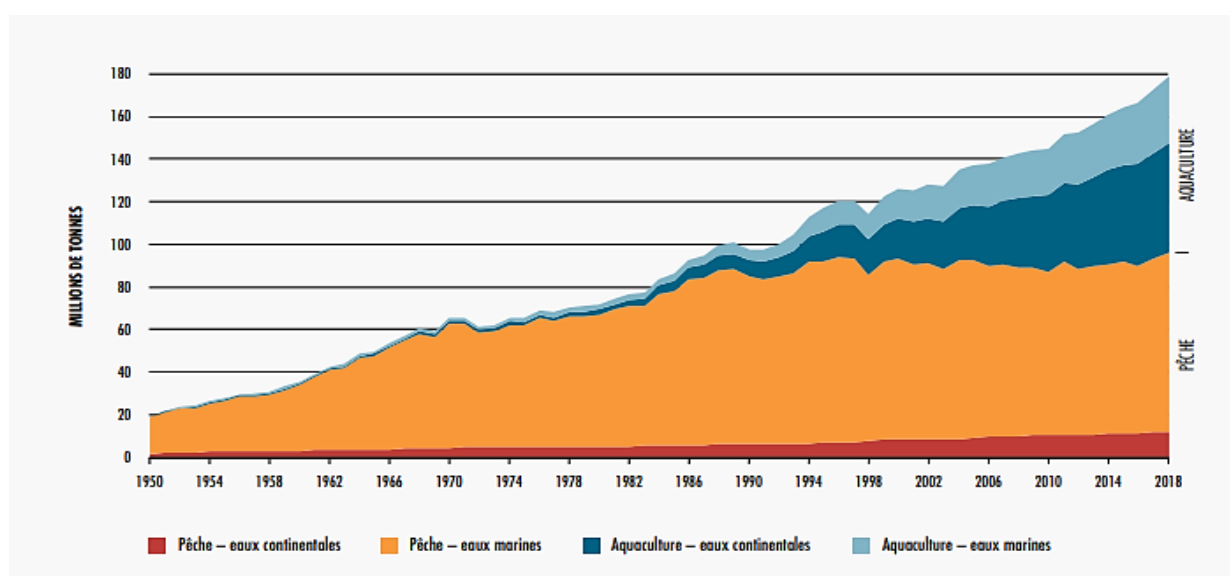


Figure 1 : production halieutique et aquacole mondiale (FAO ; 2020).

I.2. Production mondiale du tilapia

En 2015, le groupe des Tilapias a occupé le troisième rang en termes de production à l'échelle mondiale après les Cyprinidés et les Salmonidés. La production globale de tilapia a augmenté rapidement depuis les années 80 et elle a atteint 4525.40 tonnes en 2018 (FAO, 2020). En termes de localisation géographique, l'Asie représente plus de 80 % de la production de tilapia dans le monde, avec la Chine comme le plus grand producteur avec 1M tonnes. Par contre, et bien que l'Afrique soit le continent d'origine des tilapias, la production y reste encore extrêmement limitée (tout en excluant l'Egypte et le Zimbabwe) (FAO, 2017).

Tableau 1 : production du tilapia du Nil par pays (FITZIMMONS ,2016).

Pays	Production (t)
Chine	1800000
Egypte	800000
Philippine	350000
Mexique	97000
Thaïlande	205000
Taiwan	81000
Brésil	352000
Indonésie	1100000
Bangladesh	220000
Colombie	76000
Ghana	34000
Vietnam	176000
Costa-Rica	32000
Malaisie	78000
Myanmar	37000
Ouganda	83000
Etats unis d'Amérique	12000
Arabie saoudite	9000
Autres	31000

I.3. L'aquaculture en Algérie

Depuis plusieurs années la production de la pêche a tendance à se stabiliser ou même diminuer car la plus part des stocks de poissons sauvages sont totalement exploités voire même surexploités.

L'aquaculture apparaît donc la meilleure option pour l'Algérie pour augmenter la production de produits aquatique.

I.3.1.les projet d'aquaculture d'eau douce fin 2019

- 32 fermes aquacoles d'eau douces : ils font l'élevage du tilapia et le poisson chat.
- 1475 exploitations agricoles (aquaculture intégrée).

I.3.2.situation globale des projets d'aquaculture selon leur état d'avancement année 2019

Le nombre de projets d'aquaculture s'élève à 697 dossiers déposés ou en cour de procédure soit 310 projets d'aquaculture marines 44% et 387 projets d'aquaculture continentale 56%.

On enregistre 75 projets aquacoles en exploitation (ministère de la pêche et de l'aquaculture ; 2020).

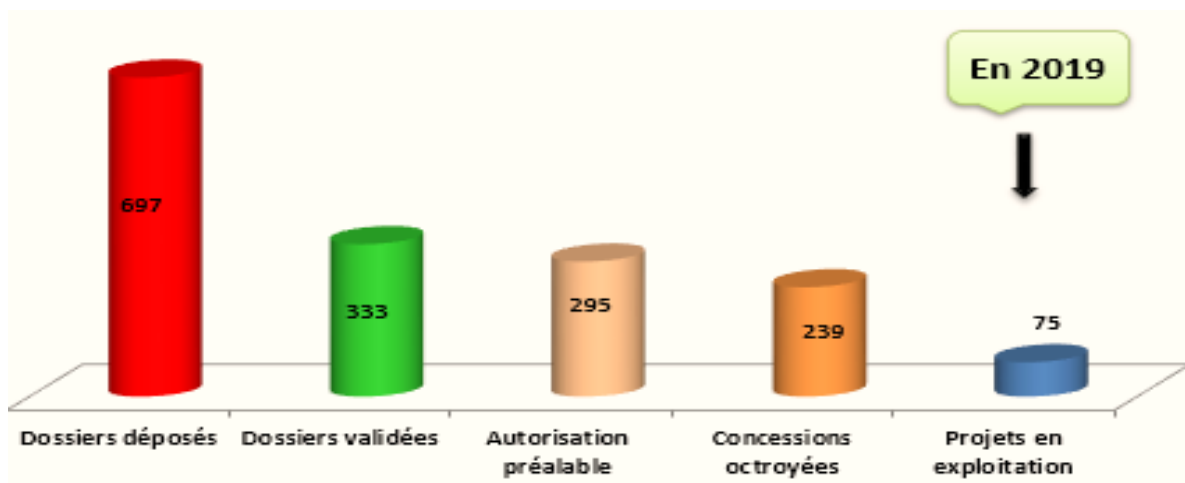


Figure 2 : la situation globale des projets d'aquaculture selon leur état d'avancement (ministère de la pêche et de l'aquaculture ; 2020).

I.3.2.1. Aquaculture marine

Pour ce qui est de l'état d'avancement des projets d'aquaculture marine, il est à signaler que sur les 310 dossiers déposés, 178projets ont obtenu les actes de concessions; 43projets sont en phase d'exploitation (ministère de la pêche et de l'aquaculture ; 2020).

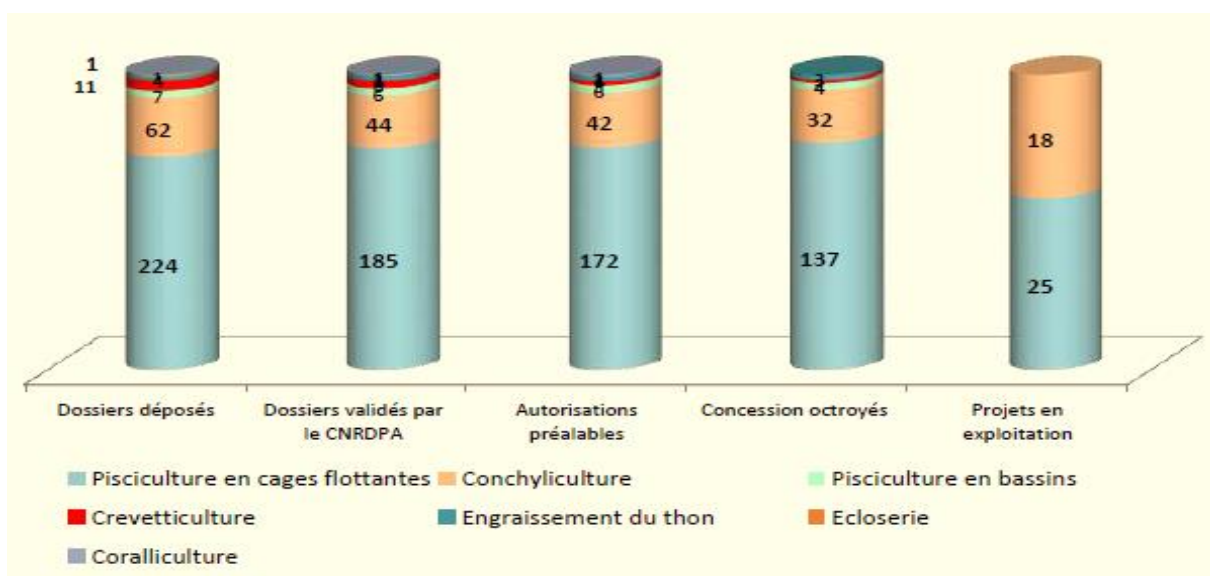


Figure 3 : Etat d’avancement des projets d’aquaculture marine (ministère de la pêche et de l’aquaculture ; 2020).

I.3.2.2. Aquaculture continentale

S’agissant de l’état d’avancement des projets, sur les 387dossiers déposés, 61 ont obtenu les actes de concessions, 32 projets aquacoles sont en phase d’exploitation (ministère de la pêche et de l’aquaculture ; 2020).

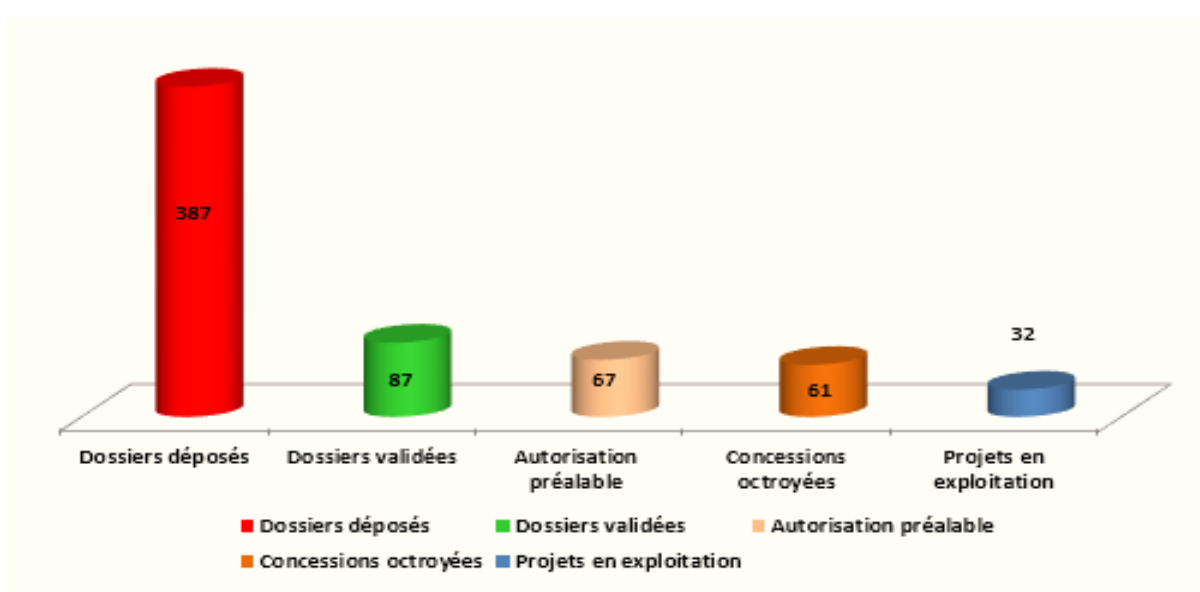


Figure 4 : Etat d’avancement des projets d’aquaculture continentale (ministère de la pêche et de l’aquaculture ; 2020).

I.4. Production du tilapia en Algérie

En Algérie, l'espèce Tilapia est élevée en raison de sa rusticité aux conditions climatiques et surtout en zone saharienne dont la température de l'eau et la salinité stimulent sa croissance et sa reproduction (CHERIF et DJOUMAKH, 2015).

L'office national de développement et de production aquacole (O.N.D.P.A.) et les responsables de l'instance égyptienne des ressources halieutiques sont parvenus à un accord sur l'introduction du Tilapia en Algérie. Suite au succès de la première expérience concernant le lancement en 2001 de la production du tilapia en Algérie, une cargaison, estimée à 1,5 t d'alevins de tilapia a été livrée. Ces alevins destinés pour le repeuplement des barrages, bassins, et rivières, ont bien supporté le climat froid, des régions nord d'Algérie.

Ensuite, l'Algérie est maintenant passée à l'étape de la production artificielle. Il s'agit de la création de fermes spécialisées dans la culture du tilapia selon des techniques modernes (par des promoteurs privés, de quelques 30 fermes aquacoles pour l'élevage du Tilapia.

Les entrepreneurs privés qui ont reçu un soutien financier dans le cadre du programme d'appui à la relance économique et dont les projets devraient être opérationnels permettront la création de 303 emplois répartis comme suit: Ferme d'élevage de tilapia du Nil dans le Sud du pays:139 emplois (six cadres, 10 techniciens, 123 ouvriers). (BENAMMAR, 2017).

La disponibilité en eau, les nombreux bassins et canaux d'irrigation ont permis de planifier le développement d'un pôle d'aquaculture intégrée à l'agriculture, basée sur l'élevage extensif des poissons d'eau douce (principalement de tilapia du Nil et ses hybrides tels que le tilapia rouge) en synergie avec les activités agricoles. (FAO, 2018).

Tableau 2 : La production de tilapia du Nil en Algérie (MPPH, 2020).

années	Production (Tonne)	
	Elevage	Pêche continentale
2010	218,300	0
2011	26,366	0
2012	11,734	2,28
2013	1,232	0,72
2014	22,135	0,52
2015	41,315	0,04
2016	87,175	0
2017	45	418,813
2018	10,36	0
2019	376,966	0

I.5. Systèmes de production du tilapia

Trois systèmes d'élevage du tilapia peuvent être identifiés

- La pisciculture « vivrière rurale » met en œuvre des étangs très largement répandus en zone tropicale et gérés de façon « extensive ».

Les produits de cette pisciculture sont destinés à l'autoconsommation mais également en partie aux marchés locaux. La quantité produite domine les considérations de qualité.

- La pisciculture artisanale de « petite production marchande » correspondant à des systèmes semi intensifs qui sont omniprésents en Asie. Le tilapia remplace progressivement les carpes dans ce type de systèmes.

L'aliment utilisé dans ces systèmes est constitué d'un (ou plusieurs) sous-produit(s) tel que le son de riz et autres déchets (et effluents d'élevage) divers.

- L'aquaculture industrielle du tilapia correspond à des systèmes intensifs ou hyper-intensifs avec une production destinée au marché international.

Ces systèmes sont caractérisés par l'utilisation de souches sélectionnées et d'un aliment composé performant. Le tilapia qui est commercialisé aux Etats-Unis ou en Europe provient essentiellement de ce type d'aquaculture (LAZARD J. 1990).

I.6. Présentation de l'espèce étudiée *Oreochromis niloticus*

Il est intéressant de noter qu'il y a des preuves selon lesquelles les Égyptiens élevaient le tilapia dans des étangs il y a plus de 3.000 ans. Le tilapia est souvent appelé 'saint-pierre' parce que, selon la légende, ce serait ce poisson que Saint Pierre aurait capturé quand le Christ lui a demandé de mouiller ses filets dans la mer de Galilée.

L'exploitation commerciale du tilapia commence en Afrique du Sud, par les colons belges et anglais, en raison des pénuries de viande occasionnées par la seconde guerre mondiale. Les colons belges et anglais creusent alors des milliers de petits étangs dans le but d'élever du tilapia et d'autres espèces de poissons locales (AL DILAIMI, 2009).

I.6.1. Position systématique

La position systématique de l'espèce étudiée est décrite dans ce qui suit (BAILLY, 2009).

Règne : Animal.

Embranchement : Chordatés.

Sous-embranchement : Vertébrés

Super classe : Gnathostomes.

Sous classe : Actinoptérygiens.

Super ordre : Téléostéens.

Ordre : Perciformes

Famille : Cichlidés.

Genre : *Oreochromis*.

Espèce : *Oreochromis niloticus* (LINNE, 1758).

I.6.2. Biologie**I.6.2.1. Description morphologique de l'espèce**

- La diagnose d'*Oreochromis niloticus* a fait l'objet d'études précises (TREWAVAS, 1983 in KESTEMONT et al. 1989) recourant à des caractéristiques morphométriques plus ou moins difficiles à examiner sur les organismes vivants. Généralement les adultes de cette espèce se reconnaissent par : Une coloration grisâtre avec poitrine et flancs rosâtres et une alternance de bandes verticales claires et noires nettement visibles sur la nageoire caudale et la partie postérieure de la nageoire dorsale;
- Un nombre élevé de branchiospines fines et longues (18 à 28 sur la partie inférieure du premier arc branchial, et 4 à 7 sur la partie supérieure);
- Une nageoire dorsale longue à partie antérieure épineuse (17-18 épines) et à partie postérieure molle (12-14 rayons mous)
- Une incubation buccale et une garde uni-parentale maternelle; sur chaque côté du corps, il existe deux lignes latérales.
- L'opercule jusqu'au $\frac{3}{4}$ de la longueur totale du corps, la 2ème ligne située en –dessous commence à la queue et va jusqu'au $\frac{3}{4}$ du corps (NDIAYE, 2017).
- La nageoire anale est formée de 3 rayons épineux précédés de 09-10 rayons mous;
- Les nageoires pelviennes portent un rayon dur suivi de 05 rayons mous;
- Trois à quatre séries de dents sur chaque mâchoire et six chez les individus dépassant les 20 cm ;
- Les taches blanches entre les rayons des nageoires impaires (ARRIGON, 2000).

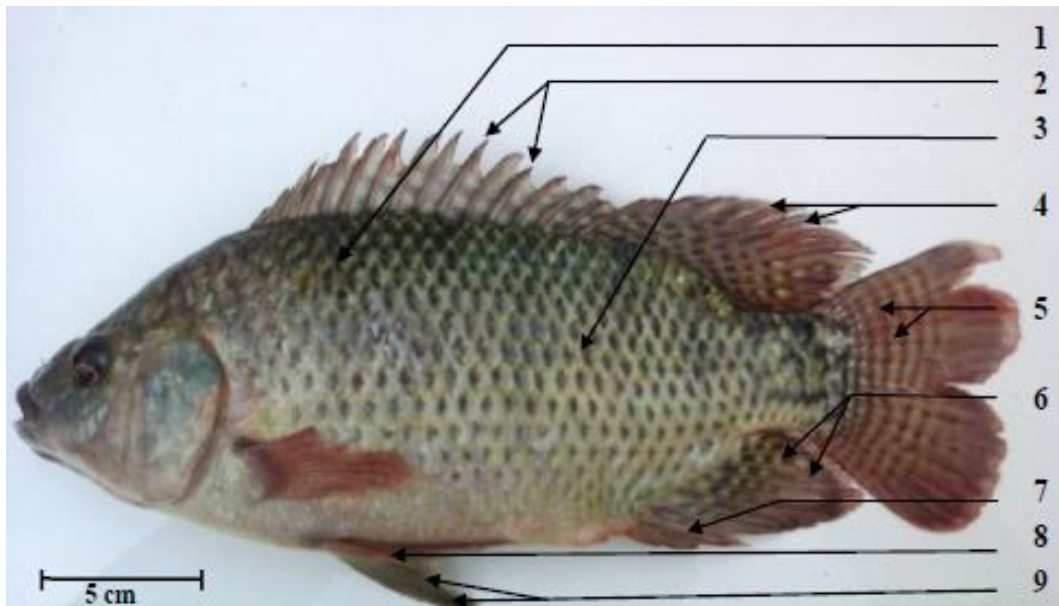


Figure 5:Caractéristiques morphologiques d'*Oreochromis niloticus* (HOCINE,N,2017)

1: 1 ère ligne latérale ; **2:** Rayons épineux de la nageoire dorsale ; **3:** 2ème ligne latérale ;
4: Rayons mous de la nageoire dorsale ; **5:** Bandes verticales claires et noires sur la nageoire caudale; **6:** Rayons mous de la nageoire anale ; **7:** Rayons épineux de la nageoire anale ; **8:** Rayon dur de la nageoire pelvienne ; **9:**Rayons mous de la nageoire pelvienne.

I.6.2.2. L'anatomie

Comme l'autre phylum, l'anatomie d'*Oreochromis niloticus* est adaptée au comportement alimentaire : d'une manière générale, la taille du tube digestif du Tilapia du Nil est adaptée à la prise alimentaire de petits repas et avec une fréquence élevée, qui peut atteindre 5 à 6 rations alimentaire par jours. (FAO, 2013).

Squelette : Charpente du corps, le squelette du Tilapia est osseux.

Le squelette de la tête comprend les os du crâne qui protègent les centres nerveux et les os de la face, essentiellement les mâchoires qui soutiennent les branchies.

Les os du tronc comprennent la colonne vertébrale et des petits os, supports des nageoires, elles-mêmes constituées de rayons osseux ou cartilagineuse.

Muscle : Lorsque l'on examine un Tilapia cuit, on distingue une masse musculaire composée de deux « filets» Dorsaux, épais, et de deux flancs moins épais, en étroite relation avec les arêtes.

Ces masses musculaires assurent la propulsion du poisson: ce sont celles qui sont intéressantes pour le consommateur. D'autres muscles, plus petits, font fonctionner les mâchoires, le pharynx, les opercules, les nageoires.

L'appareil digestif : L'appareil digestif d'*Oreochromis niloticus* est simple et peu spécialisé. On distingue et dans un ordre antéro-postérieur :

- La bouche et les dents
- Le pharynx et l'œsophage
- L'estomac
- L'intestin et l'anus

La bouche : est plus ou moins proéminente suivant que les Tilapias sont ou non des suceurs; les dents sont fonctionnelles: fines dents pharyngiennes en forme de crochets chez les poissons planctophages tels que *Oreochromis niloticus* fortes dents râpeuses chez les Tilapias herbivores.

Le pharynx : est une sorte de carrefour où s'ouvrent les branchies.

L'œsophage : est un conduit vers l'estomac dont les parois sont plus ou moins épaisses suivant l'alimentation des espèces. La digestion est favorisée par l'émission par la paroi de suc gastriques chimiques, ce qui explique le mauvais goût de certains Tilapias herbivores quand on ne les vide pas avant cuisson

L'estomac : comme chez les mammifères, l'estomac d'*Oreochromis niloticus* a trois régions distinctes (CACCECI et al 1998).

- La région cardiale (ou initiale)
- La région profonde (centrale ou de milieu)
- La région pylorique(ou terminale)

La région centrale est le site de sécrétion d'acide (la glande gastrique).ces derniers sont stimulés par la présence de l'aliment.

La protection de l'épithélium de l'estomac contre les acides externes de l'environnement a été attribuée aux muco-polysaccharides et aux longues chaînes de carbohydrates (BEVEREDGE et al 2000).

L'intestin: il a une forme spiralée plus longue chez les Tilapias herbivores que chez les autres. Son rôle essentiel est le passage dans le sang des éléments nutritifs résultant de la digestion. Les

microvillosités représentent plus de 90% de la surface de digestion (FRIESSON et FOLTZ ; BEVERIDGE et al ; 2000)



Figure 6: l'intestin du tilapia du Nil.

Le foie: est une grosse glande brune placée en arrière du cœur.

L'anus: débouche en avant de l'orifice génito-urinaire et du premier rayon de la nageoire anale.

L'appareil respiratoire : C'est par les branchies que respire le poisson. Chacune est composée d'une armature osseuse: l'arc branchial qui supporte les lamelles au niveau desquelles se fait le transfert de l'oxygène de l'eau vers l'organisme du poisson.

Le Tilapia est équipé d'une paire de quatre branchies situées de part et d'autre du corps. Elles sont protégées par une sorte de couvercle articulé: l'opercule ou encore l'ouïe. Chacun peut observer que le Tilapia avale et déglutit sans cesse; le courant d'eau, passant par la bouche, irrigue les branchies qui fixent l'oxygène et rendent le gaz carbonique: l'opercule joue le rôle de soupape battante.

L'appareil circulatoire L'appareil circulatoire, qui irrigue de sang le corps du Tilapia, est un circuit fermé comprenant les artères, puis des vaisseaux très fins, les capillaires, ensuite les veines et une pompe qui anime le tout : **le cœur**, situé en arrière des branchies; il comprend quatre cavités:

- le sinus veineux, qui est le collecteur des veines ramenant le sang au cœur;
- l'atrium, qui correspond aux deux oreillettes du cœur de l'homme;
- le ventricule
- le bulbe, qui est l'antichambre de l'aorte ventrale. Cette aorte distribue le sang aux branchies, à droite et à gauche.

L'appareil excréteur L'appareil excréteur est essentiellement constitué par les reins, sortes de glandes brunes, très allongées et ramifiées, tapissant la partie dorsale de la cavité viscérale avec laquelle ils sont en relation. Les urines sont drainées vers l'orifice urinaire par deux canaux: les uretères (ce sont des tubes musculaires qui poussent l'urine par des mouvements péristaltique vers la vessie).



Figure 7: la dissection du tilapia du Nil.

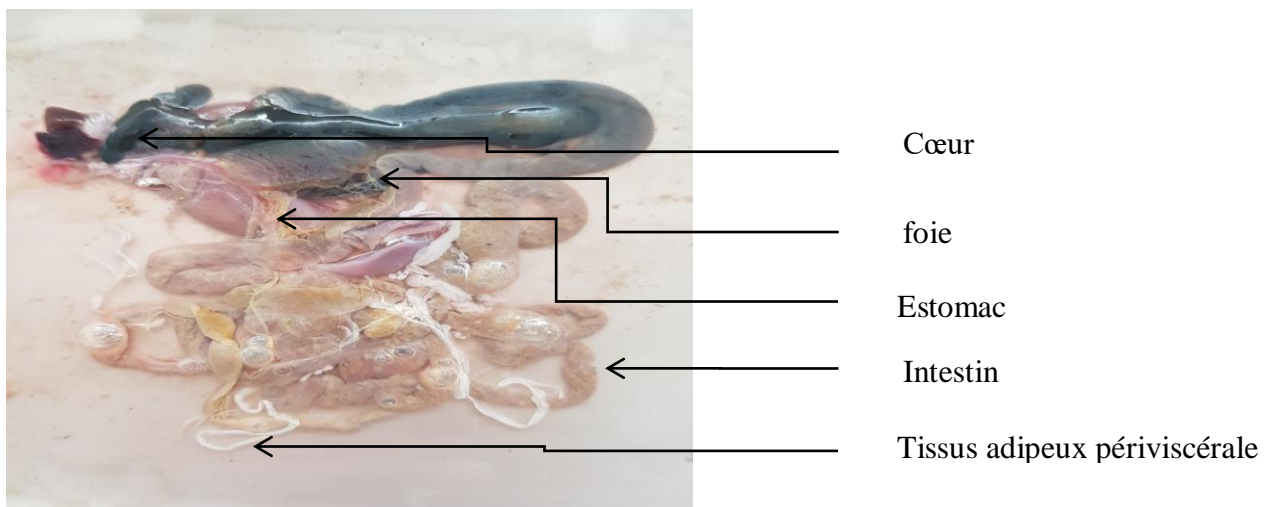


Figure 8 : les organes internes du tilapia du Nil.

I.6.2.2. La reproduction**I.6.2.2.1. Comportement reproductif**

Oreochromis niloticus fait partie du groupe des tilapias relativement évolués: Les incubateurs buccaux unis parentaux maternels. Lorsque les conditions abiotiques deviennent favorables, entre autre quand la température de l'eau monte autour de 20°C, les tilapias choisissent un partenaire pour la reproduction. La femelle garde les œufs fécondés dans sa bouche jusqu'à l'éclosion. On appelle cela : "incubation buccale". Par le jeu des mâchoires, les œufs sont mélangés avec de l'eau fraîche oxygénée.



Figure 9: Femelle d'*O.niloticus* incubant ses œufs dans sa bouche (ferme aquacole d'Ali drici).

Les larves de *Tilapia nilotica* écloses, restent dans la bouche de la mère jusqu'à ce qu'elles soient capables de nager. La mère libère alors ses petits, mais ils restent à proximité des parents et apprennent à se nourrir. En cas de danger, toutes les larves se réfugient dans la bouche de la femelle.

Une femelle mature (3 à 4 mois) peut pondre une fois toutes les 3 à 4 semaines. C'est pour cela que les femelles de *T. nilotica* grossissent sensiblement moins vite que les mâles :

- Elles produisent une grande quantité d'œufs.
- Pendant toute la période de l'incubation buccale, la femelle se nourrit mal.

La période de reproduction de *T. nilotica* est potentiellement continue pendant toute l'année, si la température de l'eau est supérieure à 22°C.

I.6.2.2.2. Sexualité

Il est assez difficile de reconnaître les mâles des femelles chez *O. niloticus*, surtout quand ils sont petits. Il faut qu'ils pèsent plus de 30 grammes avant de les reconnaître à l'œil nu de façon certaine. On peut reconnaître le sexe des *O. niloticus* par l'examen de la papille génitale.

Chez les mâles, la papille est protubérante, en forme de cône et porte un pore urogénital à l'extrémité. Chez la femelle, elle est petite, arrondie avec une fente transversale au milieu (pore génital) et un pore urinaire à l'extrémité (AL DILAIMI, 2009).

I.6.2.2.3. Fécondité

La fécondité absolue est définie comme étant le nombre d'œufs fraîchement récupérés de la cavité buccale d'une femelle. Chez les tilapias, comme chez les autres poissons, cette fécondité augmente avec la taille des femelles. Ainsi, selon MELARD (1986), la fécondité absolue minimale observée est de 340 ovules pour une femelle de 26g et la fécondité maximale est de 3500 ovules pour une femelle de 550g. Aussi, DHRAIEF (2010) a prouvé que ce paramètre augmente en fonction de la longueur des femelles. En revanche, MELARD (1986) prouve que la fécondité relative (exprimée en nombre d'œufs fécondés ou d'alevins produits/kg de femelle) varie en sens inverse du poids moyen des femelles du tilapia. Gévité et taille maximale Tilapia du Nil peut vivre jusqu' à 9 ans. Sa taille atteindrait 60 cm (LS) et son poids 4,3 kg (FROESE et PAULY, 2017).

I.6.3. Ecologie

Un bon nombre de facteurs écologiques sont connus pour avoir une influence sur la reproduction des poissons dont celle d'*O. niloticus*. Ce sont notamment, le niveau d'eau, les précipitations, la température, la conductivité, le pH et la transparence.

I.6.3.1. Température

BALARIN & HATTON, (1979) rapportent qu'*O. niloticus*, supporte des températures extrêmes de 14 à 33 °C. Dans des conditions de laboratoire, *O. niloticus* tolère des températures de 7 °C et 41 °C pendant plusieurs heures. Pour CHERVINSKI, (1982) le tilapia s'alimente moins au-dessous de 20 °C et cesse de s'alimenter au-dessous de 16 °C alors que la mort se produit au-dessous de 12 °C. Les températures appropriées pour la reproduction sont au-dessus de 20 °C (PHILIPPART & RUWET, 1982 ; POPMA & LOVSHIN, 1996).

I.6.3.2. Salinité

O. niloticus peut vivre dans des eaux dont la salinité est comprise entre 0,015 ‰ et 30‰ (PHILIPPART & RUWET, 1982). Une salinité élevée peut affecter la performance reproductrice des tilapias, en supprimant l'agression des mâles dominants. *O. niloticus* cesse la reproduction à plus que 3×10^{-8} ‰ (WATANABE, 1985 ; FINEMAN-KALIO, 1988).

I.6.3.3. Potentiel d'hydrogène (PH)

Pour les tilapias, les niveaux mortels inférieurs et supérieurs du pH sont 4 et 11 (CHERVINSKI, 1982). Pour d'autres, le meilleur niveau pour la croissance est à pH neutre ou légèrement alcalin (POPMA & LOVSHIN, 1996).

I.6.3.4. Oxygène dissous (O₂dissous)

Le niveau d'oxygène dissout dans l'eau est de première importance pour toutes les espèces de poissons. La pointe critique de consommation d'oxygène pour *O. niloticus* est à 3,1 mg l⁻¹. Entre 3,1 et 2,6 mg l⁻¹, la consommation d'oxygène est uniforme, mais au-dessous la concentration est mortelle (MAGID & BABIKER, 1975). Une basse teneur en oxygène et l'accroissement du taux de respiration subséquent augmentent les besoins en énergie du poisson (PHILLIPS, 1972).

Toutefois, l'*O. niloticus* survit durant plusieurs heures à des teneurs en oxygène dissout très faibles de l'ordre de grandeur de 0,1 ppm (MAGID & BABIKER, 1975 ; MELARD, 1986 ; MELARD & PHILIPPART, 1981 a, b).

I.6.3.5. Composés azotés

La concentration des déchets azotés excrétés par les branchies et l'urine est en fonction de la température, taille des poissons, concentration de l'ammoniaque dans le milieu et la qualité de l'aliment, et doit être maintenue inférieure au seuil critique d'*O. niloticus*, elle ne doit pas dépasser 5 mg/l pour les nitrates, 500 mg/l pour les nitrites, 15 mg/l pour l'ammoniaque total et 200 mg/l pour les M.E.S. (MALCOLM et al. 2000).

I.6.3.6. Habitat

Le tilapia du Nil est une espèce tropicale qui vit dans des eaux peu profondes. En tant que poisson exotique, le tilapia une espèce thermophile : il a besoin d'une température minimale de 15°C. La température idéale pour lui se situe entre 28 et 32°C, et ne doit pas excéder les 38.

I.6.3.7. Répartition géographique

L'aire de répartition naturelle du Tilapia du Nil couvre les régions tropicales et subtropicales d'Afrique et du Moyen Orient. L'espèce est largement répartie dans les bassins du Nil, du fleuve Niger et dans les lacs Tanganyika, Albert, Edward et George et autres lacs en Afrique occidentale et orientale ; ainsi que dans des bassins de rivières plus petites, et aussi au Moyen Orient dans la rivière Yarkon (TREWAVAS, 1983).

En dehors de l'Afrique elle est aussi largement distribuée en Amérique du sud et en Amérique centrale, Inde du sud, Sri Lanka (PHILIPPART et RUWET, 1982).

Initialement, le tilapia du Nil a été importée de la Hongrie en 1980 en Algérie (DERGAL, N. B, 2015), et depuis sa production s'est étendu dans les différents wilayas.

I.6.3.8. Alimentation

Les Tilapias seraient les seuls poissons véritablement herbivores grâce à l'adaptation de leur système digestif, étant donné que leurs arcs branchiaux disposent de branchiospines fines, longues et nombreuses et de microbranchiospines. L'eau qui y transite est véritablement filtrée de son plancton. Cette espèce est essentiellement phytoplancton (MORIARTY ET MORIARTY, 1973) et capable d'ingérer et de digérer de grandes quantités d'algues planctoniques et de cyanobactéries et consomme de multiples espèces de Chlorophycées, Cyanophycées mais en réalité, le degré d'opportunisme de l'espèce est très grand et son régime alimentaire est souvent plus proche de celui des poissons omnivores-détritivores que des herbivores stricts.

I.6.3.9. Comportement alimentaire

A l'instar d'autres poissons omnivores, *Oreochromis niloticus* prélève ses aliments aussi bien en pleine eau que sur le fond ou sur des substrats selon trois modalités :

- **Succion des particules** : Lorsque les particules sont présentes dans le milieu, le poisson les ingère en créant un courant d'eau (succion). C'est un mode de nutrition largement répandu, mais dont les modalités d'exécution varient grandement suivant les espèces (DABBADIE, 2006).
- **Filtration** : Dès le stade alevin, *Oreochromis niloticus* est capable de s'alimenter par filtration ont démontré qu'à ce stade (2 à 4 g), il ingère des bactéries libres, en suspension dans le milieu (DABBADIE, 2006).des auteurs expliquent cette capacité par un piégeage des cellules bactériennes dans le mucus de l'appareil branchial.

Le taux d'ingestion par filtration dépend de la taille et de l'abondance des particules alimentaires dans le milieu. Les particules de grande tailles sont préférentiellement consommées (NORTHCOTT et al), mais (ROBINSON et al) ont mis en évidence des effets synergiques. Ainsi ; une algue de petite taille, *Ankistrodesmus sp.* Est ingérée beaucoup plus rapidement lorsqu'une cyanobactérie filamenteuse, *Anabaena flos-aquae*, est également présente dans le milieu. Ces auteurs émettent trois hypothèses pour expliquer ce phénomène ; il est possible que *O. niloticus* modifie son comportement, ses performances physiologique ou bien encore que les filaments végétaux obstruent l'appareil branchial du poisson, augmentant ainsi l'efficacité des filtrations des petites particules (ROBINSON et al. In DABBADIE, 2005). Ces mêmes auteurs

considèrent que d'un point de vue énergétique, l'alimentation par filtration n'est pas rentable lorsque la taille du plancton ou sa concentration trop faibles (ROBINSON et al in DABBADIE ,2005).

- **Broutage et raclage** : c'est en raclant la couche oxygénée du sédiment que ce poisson ingère le benthos. Comme la fraction digestible est souvent associée à des particules inorganiques (sédiment, sable etc.), le poisson doit trier les éléments ingérés avant de rejeter ceux qui sont inutilisables.

I.6.4. Besoins nutritionnel du tilapia du Nil

Pour assurer sa croissance et son développement, le tilapia nécessite plusieurs nutriments, tels que:

- ❖ Les acides aminés essentiels nécessaires à la formation et à la régénération d'une grande partie des tissus et des protéines du poisson.
- ❖ Énergie pour maintenir le métabolisme de base et une croissance adéquate.
- ❖ Acides gras essentiels qui sont des composants des membranes cellulaires et une source d'énergie.
- ❖ Minéraux qui sont importants pour la formation des os et des dents.
- ❖ Vitamines, qui agissent en tant que composants ou activateurs enzymatiques dans différents processus métaboliques.

I.6.4.1. Protéines

Les rations alimentaires du tilapia nécessitent un niveau élevé de protéines, ce qui accroît la participation des sources de protéines, qui représentent la majeure partie du coût total de l'aliment les poissons ont besoin de plus de protéines alimentaires que d'autres animaux, et d'acides aminés qui fournissent un équilibre parfait d'acides aminés avec un pourcentage minimal de protéines.

Le besoin global des poissons en protéines est extrêmement élevé par rapport à celui des vertèbres supérieurs (GUILLAUME et all, 1999) cela est dû au fait que les poissons sont poïkilothermes. (Les températures de leur corps varie en fonction de celle du milieu et de ce fait leur corps n'a pas besoin autant d'énergie que les vertèbres supérieurs pour garder une température constante ; ils orientent leurs besoins vers l'élaboration des tissus.

L'aliment complet pour poissons contient entre 28 et 50% de protéines brutes, en fonction du stade de développement. Les poissons peuvent utiliser des protéines comme source d'énergie car l'excrétion des produits de la digestion et la métabolisation des acides aminés se fait de manière passive dans les branchies, avec des coûts énergétiques réduits

Les régimes alimentaires doivent être de sources combinées de protéines

Tableau 3 : Besoins théoriques en protéines d'*O. niloticus* (NEW in BARNABE ,1991).

Stade	Quantité
Alevins jusqu'à 0,5	50%
Poissons de 0,5 à 35g	35%
Poissons de 35g à la taille marchande	30%

I.6.4.2. Acides aminés

Les besoins d'*O. Niloticus* en acides aminés essentiels : l'Arginine, l'Histidine, l'Isoleucine, la Leucine, la Lysine, la Méthionine, la Phénylalanine, la Thréonine, le Tryptophane et la Valine qui sont similaires aux autres animaux.

La carence en acides aminés essentiels dans l'alimentation des poissons:

- Réduit l'efficacité de l'utilisation des protéines,
- Ralentit la croissance,
- Diminue la prise de poids et l'efficacité alimentaire,
- et peut réduire la résistance aux maladies en compromettant les mécanismes de réponse-immunologique.

Tableau 4 : besoins quantitatifs en acides aminés essentiels d'O', niloticus (d'après SANTIAGO in BEVERIDGE et al, 2000).

Acides aminés essentiels	Besoins minimum (%des protéines)
Arginine	4,2
Histidine	1.7
Isoleucine	3.1
Leucine	3.4
Lysine	5.1
Méthionine	2.7
Phénylalanine	3.8
Thréonine	3.6
Tryptophane	1.0
Valine	2.8

I.6.4.3. Besoin en lipides

Les lipides sont des substances organiques huileuses ou grasses insolubles dans l'eau. Ils constituent la plus importante forme de stockage de l'énergie chimique (AUFFRAY et JACQUARD, 1998).

Les lipides constituent la première source d'énergie. Le contenu énergétique d'un gramme de lipide (9,1 kcal d'énergie brute) est deux fois plus élevé que celui d'un gramme de protéine (5,5kcal) ou un gramme d'hydrate de carbone (4,1kcal) (JAUNCEY et ROSS, 1982 ; New, 1987)

L'apport de lipides dans l'alimentation des poissons, comme dans celle des mammifères, est d'abord indispensable pour :

- satisfaire les besoins en acides gras essentiels (AGE), AG non synthétisés par l'organisme et nécessaires au métabolisme cellulaire ainsi qu'au maintien de l'intégrité des structures membranaires (via leur fluidité).
- servent aussi de vecteur lors de l'absorption intestinale des vitamines liposolubles et des pigments caroténoïdes.
- jouent également un rôle majeur pour la fourniture d'énergie (CORRAZE, 1994). D'après HAN- LEY 2000)

Les besoins nutritifs en lipides des Tilapias se situent entre **6%** et **12%** de la ration alimentaire. Les acides gras sont les constituants de la plupart des lipides (AUFRAY et JACQUARD, 1998). Les poissons, pas plus que les autres vertèbres, ne peuvent synthétiser les acides linoléiques

(18 :2n-6) et linoléique(C 18 :3 n-3). Ces deux acides gras polyinsaturés (AGPI), où leurs dérivés à chaîne longue (AGLPI) doivent être apportés par l'alimentation.

Ils revêtent donc un caractère essentiel (GUILLAUME et al. 1999). D'après TAKEUCHI et al 1983, *O. niloticus* a besoin de 0 ,5%d'acide linoléique (18 :2n-6) dans sa ration alimentaire

Tableau 5 : besoins théorique en lipides d'*O.niloticus* (NEW in Barnabé ,1991).

Stade	Quantité
Alvins jusqu'à 0 .5	10 %
Poissons de 0.5 à 35g	8%
Poissons de 35g à la taille marchande	10%

I.6.4.4.Glucides

Les glucides sont des composants qui servent au stockage énergétique (ce sont des carburants et entrent dans la structure des parois cellulaires et dans la composition des acides nucléique (ADN et ARN) (AUFRAY & JACQUARD ,1998)

En général, les poissons utilisent mal les glucides à cause de l'absence d'un équipement enzymatique dans le tube digestif nécessaire pour la dégradation de la cellulose.

Les fibres (polysaccharides complexes constitués principalement de cellulose chez les végétaux) ne sont pas bien utilisables par *O.niloticus* qui ne dispose pas de cellulase (STICKNEY et WURTS, 1986).

Les besoins nutritifs en glucides d'*O .niloticus* varient entre 30 à 70% de la ration alimentaire (BEVERIDGE et al. 2000).

Tableau 6 : besoins théoriques en glucides et en fibres chez *O.niloticus* (NEW in BARNABE.1991).

Glucides digestibles	25%
Fibres	8% pour les alevins 8 à 10% pour les poissons de 10g à la taille marchande

I.6.4.4. Vitamines

Les vitamines sont des molécules organiques qui servent de coenzymes ou de parties de coenzymes. L'organisme en a besoin en petites quantités (CAMPBELL.1995).

Tableau 7 : les besoins vitaminiques D'O. niloticus en mg /kg d'aliment.

Vitamines	Besoins (mg /kg d'aliment	Signes de déficience	Références
Cyanocobalamine (vitamine B12)	NON nécessaire		Limsuwan et Lovell in Beveridge et al ,(2000)
Acide ascorbique (vitamine C)	1250	Scoliose, lordose, croissance réduite, diminution de l'efficacité de réparation des blessures, hémorragie, exophtalmie, anémie.	Soliman et all in Beveridge et al.,(2000)
Vitamine E	50-100	Anorexie, croissance réduite, faible efficacité d'ingestion, hémorragie de la peau et des nageoires, dégénération musculaire, mortalités élevées	Satoh et al. in Beveridge et al, 2000)

L'ajoute de vitamine C au-dessus des besoins minimaux nécessaires dans l'aliment peut-être bénéfique à la santé et à la résistance aux mortalités (HALVER et SANDNES in KAUSHK.1993).

I.6.4.5. Minéraux

Minéraux sont des nutriments inorganiques requis en quantité variables selon rôles leur physiologique et métabolique (CAMPBELL ,1995).

Les carences en sels minéraux sont difficiles à évaluer chez l'*O.niloticus* car ces éléments proviennent principalement des ingrédients du régime alimentaire et de l'eau d'élevage.

Tableau 8 : Besoins d'O. Niloticus en minéraux.

Minéraux	Besoins	Références
Phosphore	4,6g /kg d'aliment	Haylor et al .in Beveridge et al (2000)
Magnésium	0 ,5-0,65g/kg d'aliment	Rejgh et al, in Beveridge et al
<u>Zinc</u>	30mg /kg d'aliment	Eid & Ghoneim in Beveridge et all (2000)
Calcium**	0,65% de l matière sèche	Guillaume et al ,1999
<u>Manganèse</u>	12ppm*	Guillaume et al ,1999
<u>Cuivre</u>	3,5ppm*	Guillaume et al ,1999

*besoin pour les tilapias ; **Eau sans calcium ; Souligné : Oglio- élément

I.6.4.6.Besoins énergétiques

Lors de la distribution d'aliment, les poissons sont capables d'ajuster leur consommation d'aliment selon la densité énergétique de l'aliment, de façon à atteindre une croissance maximale (GUILLAUME et al, 1999).

Le besoin énergétique de croissance peut être défini comme une quantité d'énergie nécessaire pour produire 1 kg de poisson (GUILLAUME et al, 1999).

Chez *O.niloticus*, le besoin énergétique est de 2,87 kcal/g de matière sèche. (GUILLAUME et al. 1999). Les besoins théoriques d'*O.niloticus* en énergie digestible sont de l'ordre de 2500 – 3500 kcal/kg de matière sèche (BARNABE ,1991).

Le besoin défini est en fonction du régime des nutriments vers l'anabolisme ou le catabolisme et dépend de l'équilibre énergie protéique-énergie non protéique. Ainsi, les recommandations concernant la composition des aliments sont indiquées en termes de rapport protéine digestible/énergie digestible qui est de l'ordre de 5,98 mg/kcal chez *O.niloticus* (GUILLAUME et al, 1999).

I.7. Composition chimique et valeur nutritionnelle de la chair du tilapia du Nil

Le poisson est un produit carné dont la qualité nutritionnelle est proche de celle de la viande. La chair du poisson contient en moyenne 70 à 80 % d'eau, 16 à 22 % de protéines, et des lipides en quantité très variable allant de 0,5 à 20 % selon les espèces et leur alimentation (*in* MEDALE, 2005).

La chair est très pauvre en glucides, sous forme de glycogène, sa teneur est généralement inférieure à 1 %.

La teneur en collagène est faible, habituellement inférieure à 3% (REGOST, 2001). Les poissons sont riches en vitamines liposolubles A et D et en vitamine hydrosoluble B (MEDALE, 2010).

Ils constituent une bonne source de minéraux comme le calcium, l'iode, le fer, le phosphore et le potassium (LEDUC, 2011).

Cette composition est variable en fonction des différences anatomiques, des variations physiologiques, du sexe, des saisons, des individus, de la nourriture et de l'environnement (ENKORO, 2006).

Tableau 9 : composition chimique et valeur nutritionnelle de 100g de la chair du tilapia .

Valeur nutritionnelle	Valeur calorique en Kcl/100g	93	84	98
	Valeur calorique en Kj/100g	392	355	413
	Humidité en g/100g	78,5	77,0	80,0
	Cendre en g/100g	0,8	0,6	0,9
	Protides en g/100g	18,1	17,4	19,4
	Glucides en g/100g	0,5	0,1	1,6
	Lipides totaux en g/100g	2,1	1,5	2,7
	Cholestérol en mg/100g	39,5	32,5	43,5
Vitamines	Vitamine A µg/100g	< 2	-	-
	Vitamine E en mg/100g	0,93	0,73	1,16
	Vitamine D en µg/100g	15,61	< 0,5	53,60
	Vitamine B1 en mg/100g	< 0,04	-	-
	Vitamine B2 en mg/100g	0,05	0,04	0,07
	Vitamine B5 en mg/100g	0,68	0,41	26
	Vitamine B6 en mg/100g	0,23	0,18	0,30
	Vitamine B12 en mg/100g	1,07	0,13	1,77
	Caroténoïde totaux mg/100g	-	-	-
Minéraux et oligoéléments	Sodium en mg / 100g	28,3	23,9	29,8
	Calcium en mg / 100g	8,2	7,5	9,1
	Potassium en mg / 100g	282	229	331
	Magnésium en mg / 100g	25,4	23,8	27,2
	Fer en mg / 100g	0,27	0,21	0,35
	Cuivre en mg / 100g	< 0,1	-	-
	Zinc en mg / 100g	0,32	0,28	0,35
	Manganèse en mg / 100g	< 0,1	-	-
	Phosphore en mg / 100g	131	118	148
	Iode en µg / 100g	6	3	13
	Sélénium en µg / 100g	18	12	23
	Chlorures en mg / 100g	-	-	-
Acides grass	AG saturés mg / 100g	565	387	751
	AG monoinsaturés mg / 100g	643	456	809
	AG polyinsaturés mg / 100g	440	356	561
	Dont oméga 6 mg / 100g	278	157	485
	Dont oméga 3 mg / 100g	158	75	271

Partie 2 : généralité sur l'entreprise Danone internationale et Danone-Algérie**I.8. Groupe DANONE**

Danone est une entreprise française leader mondial des produits laitiers frais, elle est issue en 1973 de la fusion entre Danone-Gervais et le groupe français « Boussois-Souchon-Neuversel ».

- En 1994 le nom DANONE a été donné à cette chaîne de produits laitiers frais.
- En 1996 le groupe communique autour du slogan « d'offrir chaque jour une alimentation variée, des goûts plus variés et des plaisirs plus sains. »
- En 2006 ce slogan devient : «apporter la santé par l'alimentation au plus grand nombre. »

Au fil des années l'entreprise est devenue un acteur internationale majeur de l'alimentation et santé (archive DANONE ; 2006).



Figure 10 : Le logo de DANONE, 2017.

I.8.1. Présentation de l'entreprise internationale Danone

Danone est l'un des leaders mondiaux dans le secteur alimentaire avec un chiffre d'affaire de 24.7 milliards d'euros en 2017 (Archive DANONE, 2017).

Ces positions de leader sont (Archive DANONE, 2017) :

- Numéro 1 mondial : produit laitiers frais et produits d'origine végétale.
- Numéro 1 européen : nutrition médicale.
- Numéro 2 mondial : nutrition infantile et eaux conditionnées.

Elle est présente dans plus de 120 pays, dont les tops 3 en pourcentage des ventes en 2017 sont (Archive DANONE, 2017) :

- Numéro 1 : Les états unis.

- Numéro 2 : la France.
- Numéro3 : la chine.



Figure 11 : Implantation des industries Danone dans le monde, (DANONE-rapport annuel, 2017).

I.8.2.Présentation de l'entreprise Danone-Algérie

- En 1984, le groupe Batouche a créé une petite unité de fabrication de yaourt dans la région d'Ighzer Amokrane avec des moyens très limités, l'unité n'a démarré qu'avec une remplisseuse de pots préformée d'une capacité de 1000pots /heure
- En 1986 le groupe Babouche a modernisé l'équipement de l'unité.
- En 1991 l'entreprise DJURDJURA étend son activité avec son l'acquisition d'une ligne de produit de crème désert
- En 1996 DJURDJURA inaugure sa nouvelle unité située à la zone industrielle Taharacht Akbou.
- 1999l'entreprise a connu une grande extension avec la construction d'une deuxième usine de fabrication des produits laitiers (fromage fondu en portion fromage à pâte et camembert) (archive DANONE, 2006)
- En octobre 2001 le leader mondial des produits laitiers frais « groupe DANONE » a conclu un accord de partenariat avec la laitier DJURDJURA, leader du marché algérien des produits laitiers frais (PLF) en prenant une participation de 51% dans la société « DANONE DJURDJURA »

- Après l'année 2002 consacrée à rénover le site d'Akbou et à mettre en place des outils industriels nécessaire à l'expansion future la marque DANONE a été lancée en aout 2002 (Mejdoub, 2006).

I.8.2.1.Capacité de production et de stockage de la matière première des produits finis

Danone Djurdjura Algérie propose aux consommateurs une large variété de produits laitiers frais tels que les yaourts étuvés, les crèmes desserts (Danette), Danao (petits et grands formats), yaourt à boire (Danino et activia sbah), les yaourts brassés, le fromage frais (Danino) et les yaourts brassés aux fruits (Activia). Les capacités de production de ces produits sont consignées dans le tableau I.I (Archive DANONE, 2017)

Tableau 10 : type de produits et la capacité de production de l'entreprise DANONE DJURDJURA (archive DANONE, 2017).

Types de produits	Capacité (U/h)
Yaourt étuvé	159640
Crème dessert (Danette)	12000
Danao GF	4500
Danao PF	4500
Yaourt à boire (Danino)	8500
Yaourt à boire (Activia sbah)	6500
Yaourt brassé	47880
Danino (fromage frais)	20000
Activia brassé aux fruits	28880

I.8.2.2.Les coproduits de l'entreprise DANONE DJURDJURA Algérie

a. Les masses blanches :

La masse blanche de DDA englobe le lait, la poudre de lait, le yaourt et le fromage. Ces derniers sont déclassés à cause de Ph non conforme, de mouillage (lait), perte de produits (yaourt) semi finis non conforme pour une erreur d'étiquetage, un mauvais remplissage, déformation des pots

ou autres problèmes techniques et essais industriels non conditionnés. Ces effluents correspondent environ à 3% du lait transformé (Archive DANONE, 2019).

La principale utilisation de la masse blanche et pour l'alimentation animale (bétail), mais sa valorisation en Algérie reste pratiquement absente malgré son innocuité et sa valeur nutritionnelle.

b. Le lactosérum

C'est le rejet principal de l'unité DDA ; il représente le tiers des effluents soit 15000 litres par jour (Archive DANONE, 2019).

Le lactosérum également appelé petit lait ou sérum est la partie liquide résiduelle de la coagulation du lait. Le lactosérum est un liquide jaune verdâtre composé d'environ 94% de sucre et de protéine environs 20%(6g/Litre) et de très peu de matières grasses et des éléments minéraux (MULLER et al, 2003).

Le lactosérum constitue un excellent milieu de culture pour les microorganismes, ce qui fait de ce produit un facteur de pollution redoutable (AGNES, 1986).

c. Les eaux de lavage et refroidissement

L'industrie DDA est une grosse consommatrice d'eau, ces eaux représentent 50 à 90% du volume total des effluents elle peut être utilisée dans le processus de fabrication comme :

- Ingrédient ou lavage de matières premières agricoles.
- Nettoyage du matériel des locaux et pour l'hygiène du personnel de l'entreprise.

I.8.2.3. Valorisation des effluents du groupe international DANONE

Depuis 2000, Danone s'est fixé des objectifs de réduction de sa consommation d'énergie et d'eau et de valorisation de ses déchets. En 2008, le Groupe a renforcé sa démarche en se fixant l'objectif de réduire son intensité carbone sur son périmètre de responsabilité directe : la réduction obtenue entre 2008 et 2013 est de 37,4 %. Le Groupe consolide les quantités de déchets générés par les sites industriels selon quatre catégories (déchets dangereux, déchets non dangereux non-organiques, déchets non-dangereux organiques et les boues de station d'épuration) et suit le pourcentage de ces déchets lorsqu'ils sont valorisés (Archive DANONE, 2013).

I.8.2.3.1. Compostage et production d'engrais

Les boues générées par les stations d'épuration des eaux usées des industries laitières constituent une source importante de matière organique et d'éléments fertilisants. Le lactosérum peut être aussi utilisé dans le compost. Il est introduit dans une cuve recouverte par le biais d'une bâche. En plus de l'injection de l'air, des vers permettent d'aérer le compost. Le lactose et d'autres composés organiques sont ainsi dégradés. Le liquide résiduel de ce compost est moins polluant que le lactosérum initial et peut être traité via une station d'épuration ou réutiliser pour l'irrigation des cultures (Archive DANONE, 2013).

I.8.2.3.2. Bioprocédés de dépollution

Les effluents issus des industries laitières, après avoir subi un prétraitement et un traitement physico-chimique, sont généralement traités par boues activées. Ce procédé biologique aérobie permet une bonne élimination de la matière organique mais il génère des boues. Ces dernières sont stabilisées par traitement thermique et/ou par biométhanisation. La fermentation du lactosérum et masses blanches permet la réduction de la DCO avec parfois production d'énergie. La fermentation alcoolique du lactosérum génère du bioéthanol. Quant à la fermentation anaérobie en présence de bactérie du genre *Clostridium* aboutit à la formation de l'hydrogène (H₂) et en présence des acétogènes et des méthanogènes produit du biométhane (Archive DANONE, 2013).

I.8.2.3.3. Valorisation du lactosérum

Il existe plusieurs formes pour valoriser le lactosérum il est peut être utilisé aussi bien sous sa forme la plus simple, en tant qu'aliment du bétail, que sous sa forme la plus élaborée pour la pharmacie, pour la diététique ou pour l'alimentation humaine. Ces extrêmes sont économiquement possibles et encadrent toute une série de possibilités technologiquement faisables (SOTTIEZ, 1990; BARDY et al. 2016).

A. Utilisation lactosérum traité

L'un des développements les plus significatifs de l'industrie laitière concerne la transformation du lactosérum en de nombreux dérivés, dont les propriétés nutritionnelles et fonctionnelles intéressent différents secteurs de l'industrie agroalimentaire, en dermatologie et en cosmétologie. Le diagramme illustré dans la figure 2 résume les différents procédés utilisés dans le traitement du lactosérum et montre les produits finis obtenus (BARDY et al. 2016).

B. Utilisation des protéines

Les protéines du lactosérum constituent 20 % de la totalité des protéines contenues dans le lait (MORR, 1982; BARDY et al. 2016). Elles sont composées de plusieurs types de protéines dont la β -lactoglobuline et l' α -actoglobuline sont majoritaires. Les immunoglobulines, le sérum albumine bovine (BSA), le glycomacropeptide (GMP) et les protéases-peptones font partie des constituants protéiques mineurs du lactosérum.

C. Utilisation du lactosérum à l'état brut

Le lactosérum est un aliment intéressant, mais la teneur relativement élevée en matières salines constitue un inconvénient qui limite la consommation, à l'état brut, de ce produit par l'homme. C'est la raison pour laquelle l'alimentation animale est restée pendant longtemps le débouché privilégié (RERAT et al, 1984).

C.1. Alimentation humaine

L'incorporation du lactosérum dans la fabrication des laits fermentés :

Le lactosérum est incorporé dans la fabrication du yaourt et du leben comme remplaçant de l'eau dans le processus de reconstitution du lait à partir de la poudre du lait. Cette incorporation permet une amélioration notable du point de vue aspect et arôme du yaourt, due essentiellement à l'effet bénéfique exercé par les protéines sériques et le lactose du lactosérum.

C.2. Alimentation animale**C.2.1. Aliment pour animaux à sang chaud**

Le débouché principal des lactosérums est l'alimentation des veaux et de façon plus fluctuante l'alimentation animale dans son ensemble (ADRIAN, 1971). C'est sur cette utilisation croissante que se sont penchées de nombreuses équipes de recherches spécialisées dans ce domaine, pour améliorer cette alimentation et diminuer les troubles gastro-intestinaux, ainsi :

- l'utilisation du lactosérum fermenté avec *Lactobacillus acidophilus* pour l'alimentation des veaux a montré une meilleure croissance sans aucun désordre gastro-intestinal. Cet essai a également réussi chez les volailles et les porcs.
- l'enrichissement du lactosérum en azote non protéique par fermentation et neutralisation a donné des résultats satisfaisants pour l'alimentation de bœufs et de vaches laitières.

- de nombreux travaux ont signalé le développement réussi d'un ensilage de paille avec le lactosérum pour l'alimentation des ruminants. (BARDY et al. 2016).

C.2.2. Aliment pour animaux à sang froid (poissons)

La valorisation de coproduits de l'industrie laitière pour la production et la fabrication d'aliment pour l'élevage des animaux aquacoles est une innovation.

Dans ce contexte nous avons opté pour le choix de ce thème qui contribue à l'utilisation des coproduits disponible localement et qui font l'objet d'un rejet dans la nature et qui menacent l'environnement.

Cette utilisation a pour but de valoriser le lactosérum ainsi que le yaourt pour une application aquacole en élaborant un aliment de poissons sain.

PARTIE 3 : Fabrication et formulation de l'aliment piscicole

I.9. Fabrication de l'aliment piscicole à partir des produits et sous-produits locaux

La formulation et la fabrication d'aliment piscicole c'est la technique d'élaboration des aliments composés qui comprend la formulation (conception des formules) et la technologie des aliments (procédure de fabrication). Et l'aliment composé est un aliment d'aquaculture comprenant un certain nombre d'ingrédients, mélangés dans différentes proportions, pour se compléter et constituer un aliment composé complet sur le plan nutritionnel. (FAO ,2012).

Ils existent divers matières premières qui proviennent de l'environnement et qui sont utilisées pour la fabrication des aliments destinés aux poissons. Ces matières premières sont classées selon différents critères selon que l'on se réfère à leur origine, à leur composition, à certaines de leurs propriétés nutritionnelles ou physico-chimiques, ou encore à des critères économiques (GUILLAUME et al. 1999).

En Algérie, il existe des matières premières d'origine tant animale que végétale qui sont souvent des sous ou coproduits des industries agro-alimentaires locales.

I.9.1. Sélection des produits et sous-produits pour la fabrication d'un aliment piscicole

a. Les produits et sous-produits d'origine végétale

b. Les produits et sous-produits d'origine animale

I.9.1.1. Les matières premières d'origine végétale**Les tourteaux**

Coproduit d'huilerie obtenue par pression, extraction au solvant et traitement thermique de graines de soja et des huiles. Ils sont moins riches en protéines que les matières premières animales. (GUILLAUME et al. 1999)

- **Le tourteau de soja** : C'est le plus utilisé ; pour sa disponibilité sur le marché et sa régularité, son prix raisonnable et sa valeur nutritionnelle. Il est riche en protéines, son profil d'acides aminés insaturés est bon malgré une déficience en méthionine (MELARD. 1999) rapporte que le coefficient de digestibilité protéique du soja est de 96% contre 87% pour la farine de poisson.
- **Le tourteau de colza** : Le colza est disponible sur le marché européen. Ses protéines sont équilibrées et bien que la teneur en cellulose demeure importante. Il est moins toxique. La digestibilité des protéines; la valeur énergétique et même les limites d'emploi restent cependant mal connues chez les poissons: même pour les espèces les plus courantes (GUILLAUME et al. 1999).
- **Le tourteau de tournesol** : est pauvre en facteurs anti nutritionnels (polyphénols) et relativement riche en méthionine.
- **Le tourteau d'arachide** : Il est riche en protéine (48 à 50%) de haute teneur d'arginine mais carencées en lysine et méthionine.

Les additifs

Sont pauvres en minéraux, sauf en phosphore ; des sources de vitamine E et du groupe B. sont formés par 3 groupes : - Antioxydant - Emulsifiant - Conservateurs (groupe G) (GUILLAUME et al. 1999)

Les céréales

Les farines de blé et de maïs : sont riches en amidon (62% à 72%). Ces céréales sont pauvres en protéines et en acide aminé insaturé ; lysine en particulier. Le traitement thermique améliore la digestibilité des amidons qui peuvent de ce fait devenir une source d'énergie intéressante (LARBIER M., LECLERCO B., 1992).

- **Les autres céréales** : sont peu utilisées en alimentation aquacole car l'avoine pose un problème à cause de son écorce.
- **Le son de blé** : (écorce de céréale) et les remoulages (intermédiaires entre farine et son) riche en fibres ; et en vitamine B et vitamine E.
- **Le son de riz** : est très employé dans la ceinture intertropicale ; malgré sa teneur élevée en composés membranaires a effet abrasif.
- **La farine de luzerne et farine de feuilles** : sont une source de protéines équilibrées ; des vitamines et des caroténoïdes. (GUILLAUME et al.1999).

I.9.1.2.Les produits et sous-produit d'origine animal

L'utilisation des matières premières d'origine animale comme la farine de poisson est presque Indispensable dans les régimes alimentaires des animaux aquatiques (GUILLAUME et al, 1999).En effet, leur constitution en acides aminés indispensables, en acides gras essentiels et vitamines notamment du groupe A, correspondent aux besoins des vertébrés dont les poissons.

De plus, la restauration des entrailles et des têtes de poulet dans la production de poisson en particulier. En fait, la farine de plumes provenant d'abattoirs de volailles contient principalement des protéines de kératine, qui est important pour digérer. Cependant, la teneur en protéines élevée (80-85%), mais la valeur biologique est très faible en raison de l'extrême pauvreté en méthionine, la lysine et l'histidine (GUILLAUME et al, 1999)

La farine de sang entier de bœuf par exemple à un niveau protéique très élevé (> 84%) et pourrait être incorporée dans l'alimentation des poissons et autres animaux d'élevage (Toko, 2007).Cependant, sa valeur nutritionnelle est assez faible car pauvre en méthionine, isoleucine et arginine mais très riche en leucine (GUILLAUME et al. 1999; Sauvant et al, 2002), et son Incorporation maximale dans les régimes alimentaires pour poissons ne devrait pas dépasser 9 à 10%.

Les déchets comprenant le sang et les viscères de volailles, constituent une sorte de farine de viande de composition variable.

Les huiles de poissons : Sont extraites de poissons entiers ou de déchets de poissons. Ils sont utilisés dans la fabrication d'aliment piscicoles, de graisse alimentaires et de produits industriels. Ils sont riche en AGLPI et EPA et DHA, et les vitamines liposolubles A et D). (LARBIER M., LECLERCO B, 1992).

Les antioxydants : Sont des substances qui protègent les composés sensibles à l'oxydation. Ils sont utilisés pour ralentir la chaîne de réaction peroxydation (Guillaume k, 1999).

I.9.2. Les procédures pour fabriquer un aliment de poisson

I.9.2.1. Les méthodes de formulation et fabrication d'un aliment artificiel

Les méthodes de formulation sont effectuées sur la base des besoins alimentaires des poissons et de la composition chimique de la matière première préalablement déterminée (POUOMOGNE et al. 1998, GUILLAUME, 1999). La formulation passe par plusieurs étapes qui sont les suivantes :

Étape 1 : identification de l'espèce et leur besoin nutritionnelles ; et par rapport à les caractéristiques environnementales et fixé la valeur ciblée du nutriment et les autres nutriments essentielles.

Étape 2 : détermination des matières premières qui décrivent les caractéristiques nutritionnelles (la digestibilité, composition chimique, la présence de facteurs antinutritionnels) et leur coût et leur disponibilité et de préférence d'utiliser des produits et sous-produits locaux.

Étape 3 : analyse des matières premières et leurs valeurs nutritionnelles ciblées

Étape 4 : combiner les matières premières identifiées d'une façon pour trouver une formule qui contient les valeurs ciblées des nutriments. La composition finale devra être équilibrée.

Étape 5 : ajuster par les additifs

I.9.2.1.1. Les procédures de fabrication

La réception de la matière première

Broyage Réduction de la matière première en particules plus fines il permet de nous donner un mélange plus homogène et plus stable, et une mise en forme plus régulière

Dosage Assure l'apport de différents ingrédients de la formule dans des proportions bien définies. La précision du dosage est d'une importance de mesurée ou des substances actives.

Le mélange le but du mélange est de compléter et homogénéiser les éléments de la formule et préalablement dosés. La formule scientifiquement étudiée par mesure du degré de l'homogénéité du mélange et liée aux facteurs suivants :

- La réduction des matières grasses dans l'aliment (3 à 4% au maximum)
- L'emploi de filières comprimantes dont le rapport longueur/diamètre du canal

- L'addition de quantité de l'eau ou de vapeur (2 a6%)
- La désinfection : met à profit la contrainte mécanique pour favoriser la pénétration des liquides matières grasses.
- La réduction des différences ingrédient pour une dimension la forme la fluidité
- La conduite d'agglomération est délicate.

La cuisson –extrusion :

Consiste à mettre la pression 30 à 120bars 90a 180°C pendant moins de 30 secondes .l'eau contenue dans le produit à l'aide de température, elle se vaporise en grande partie lorsque elle se passe à la pression atmosphérique. Le produits extrudé est coupé par un coteau (granulateur) refroidi et séché a environ 10-12% d'humidité. La cuisson –extrusion Monovis ou bivis est applicable soit à des aliments a humidité intermédiaire 38 à 40% d'humidité qu'il peut être nécessaire de sécher par la suit soit à des aliments sec

Séchage – refroidissement :

Est assure par un flux d'air traverseront une couche de granulés ou extrudés immobiles refroidissement verticale. Après le refroidissement séparation des particules fines non agglomérées par tamisage, recyclée ensuite sur pressage .La formation sous forme de coque Autour de granulés .Le brassage intense est pour éviter la fragilisations des granulés dont on attend une stabilité à l'eau élevé.

Enrobage ;

À l'aide d'une matière grasse on doit enrobée le produit extrudés .en vue d'incorporer a la ration des acide gras essentielle et des vitamines liposolubles et hydrosoluble .l'enrobage forme une couche hydrophobe dans la surface de produit qui retentit le déliment et le lessivage dans l'eau. Les matières grasses pénétrées dans les pores laissées libres par le départ de l'eau.

Conditionnement : le produit fini peut être livré en sac ou en vrac Les phases fondamentales du conditionnement sont :

- **Dépôt**
- **Pesage**
- **Conditionnement**

Le conditionnement commence quand le produit fini est prêt. L'opération comprend le pesage, l'ensachage, la couture des sacs et l'application des étiquettes d'identification.

Partie 4 : Digestion et croissance

I.10. Digestion des protéines

Après l'ingestion, les protéines traversent successivement la bouche, l'œsophage, l'estomac, et un long et sinueux intestin caractéristique des animaux à chaîne alimentaire courte. Lors de ce transit, les protéines sont dégradées par différentes protéases.

L'hydrolyse des protéines débute dans l'estomac et se poursuit au niveau de l'intestin grêle où les produits de dégradation (peptides et acides aminés libres) sont alors absorbés. Plusieurs facteurs peuvent influencer l'efficacité de la digestion, de même que l'absorption des produits libérés. L'acidité stomacale, l'évacuation gastrique, le taux de sécrétion des différentes enzymes digestives, le pH intestinal, la durée du transit intestinal et la flore microbienne sont des exemples de ces facteurs. De plus, certaines caractéristiques des protéines alimentaires peuvent aussi influencer leurs hydrolyses gastro-intestinales telles leurs compositions en acides aminés, leurs séquences primaires et leurs conformations, ainsi que la présence de substances anti-nutritionnelles qui inhibent les protéases.

I.10.1. Digestion intestinale

L'intestin est différencié en un duodénum antérieur court à parois minces, et une section postérieure très longue, avec un plus petit diamètre. La longueur totale de l'intestin entier varie de 5 à 8 fois la longueur du corps (MORIARTY, 1973). L'arrivée dans le duodénum du chyme gastrique, fortement acide, stimule alors la sécrétion d'une hormone intestinale, la sécrétine. Cette hormone stimule à son tour la sécrétion pancréatique de bicarbonate qui neutralise le chyme gastrique. Cette neutralisation permet d'inhiber l'action de la pepsine qui subit une dénaturation irréversible à pH 6 - 7 (KONNO *et al.* 2000).

La digestion des protéines se poursuit par la suite au niveau de la lumière intestinale à un pH de 6,8 à 8,8 sous l'action de cinq enzymes protéolytiques d'origine pancréatique : la trypsine, la chymotrypsine, l'élastase, la carboxypeptidase A et la carboxypeptidase B. (MORIARTY, 1973).

Les enzymes pancréatiques sont synthétisées et libérées par les cellules acineuses du pancréas sous forme de zymogènes inactifs. Elles sont ensuite activées dans le duodénum où elles complètent l'hydrolyse des protéines en un mélange d'acides aminés libres (30 %) et d'oligopeptides de faible poids moléculaire (70 %).

Les oligopeptides sont alors hydrolysés par les peptidases de la bordure en brosse ou absorbés au niveau des entérocytes par des mécanismes de transport spécifiques (Van Dyke, 1989). La bordure en brosse de l'intestin grêle contient plusieurs peptidases qui participent à la phase finale de la digestion. Ces enzymes sont synthétisées dans le réticulum endoplasmique rugueux et sont transportées à travers l'appareil de Golgi jusqu'à la membrane de la bordure en brosse (VAN DYKE, 1989 ; ERICKSON & KIM, 1990).

I.10. 2. Absorption intestinale

Les acides aminés et les peptides libérés par les enzymes digestives sont ensuite absorbés au niveau de la paroi intestinale. L'absorption des protéines se fait principalement au niveau de l'intestin antérieur. Dans la bordure en brosse de l'entérocyte, il existe des mécanismes de transport distincts pour les acides aminés et les peptides (VAN DYKE, 1989 ; ERICKSON & KIM, 1990 ; GANAPATHY *et al.* 1994).

Une portion significative (30-50%) des acides aminés est absorbée sous forme de courts peptides (Roberts *et al.* 1999). Des fragments protéiques peuvent également être absorbés par pinocytose ou par les jonctions paracellulaires. Après leur absorption, les acides aminés libres et les peptides non-hydrolysés sont retrouvés dans la circulation sanguine (BERNIER, 1984 ; BERNIER *et al.* 1988 ; VAN DYKE, 1989 ; GANAPATHY *et al.* 1994). La prise alimentaire en milieu contrôlé a lieu essentiellement en période éclairée, et l'ingéré met 9 à 11 heures pour traverser le tube digestif chez l'adulte et moins de 2 heures chez le juvénile (BOWEN, 1982).

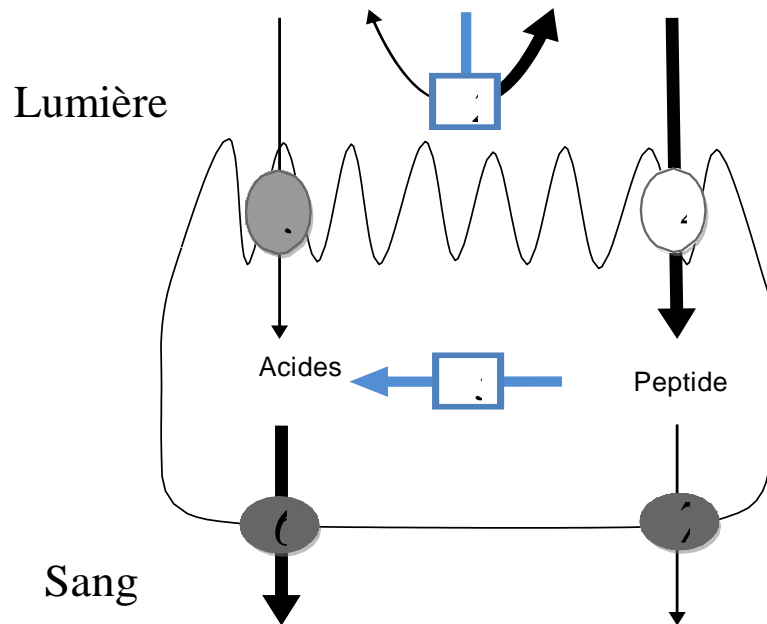


Figure 12: Assimilation des protéines au niveau de l'intestin (GANAPATHY *et al.* 1994).

1. protéases et peptidases gastriques et pancréatiques ;
2. Peptidases de la bordure en brosse ;
3. Systèmes de transport des acides aminés de la bordure en brosse ;
4. Système(s) de transport des peptides de la bordure en brosse ;
5. Peptidases cytoplasmiques ;
6. Systèmes de transport basolatéral des acides aminés ;
7. Système(s) de transport basolatéral des peptides.

I.10.3. La croissance

Chez les poissons, la croissance est une fonction physiologique spécifique qui est continue dans le temps. En milieu naturel, la croissance des poissons dépend de chaque espèce et elle est affectée par la variation des facteurs environnementaux et par l'accès à la nourriture (BOEUF et PAYAN, 2001). En général, *O. niloticus* est connu pour sa croissance rapide (LOWE-MCONNELL 2000) et présente un indice de croissance plus performant que les autres espèces de tilapia (KESTEMONT *et al.* 1989).

Sa durée de vie est relativement courte (4 à 7 ans), sa vitesse de croissance est extrêmement variable selon les milieux. Ainsi d'après MOREAU (1979).

I.10.3.1. Méthodes d'évaluation de la croissance

I.10. 3.1.1. Les paramètres zootechniques

Pour estimer la croissance des poissons au cours des différentes phases d'élevage, un certain nombre d'indices et des paramètres zootechniques devraient être calculés. e

Gain en masse corporelle

Cet indice permet d'évaluer la croissance pondérale des poissons pendant un temps donné.

Taux de croissance journalier (TCJ)

Ce paramètre est déterminé pour une courte période à partir d'un échantillon de poissons,

Taux de survie

Le taux de survie (100% - Taux de mortalité) est calculé à partir du nombre de poissons à la fin de l'expérience et l'effectif total en début d'élevage

Taux de conversion alimentaire (TC)

C'est un indice de transformation d'aliment qui permet de mesurer l'efficacité de la conversion d'un aliment en chair de poisson, il représente le rapport entre la quantité totale de l'aliment distribué aux poissons et le gain obtenu en biomasse.

Ration alimentaire journalière

C'est la ration quotidienne distribuée par jour de d'élevage, et qui dépend étroitement du taux de rationnement.

Relation Longueur totale – poids

Pour bien contrôler les paramètres de croissance des géniteurs, des alevins pré grossissement et des individus grossis dans les deux milieux, il est nécessaire d'établir la relation existante entre la taille et le poids du poisson.

Toutes les formules seront mentionnées dans le prochain chapitre.

I.10.3.1.2. Histologie et microscopie électronique

Pour une meilleure compréhension des mécanismes impliqués dans la digestion du tilapia du Nil et pour prouver qu'il y a une absorption intestinale par les microvillosités qui permet par la suite une meilleure croissance pour le tilapia du Nil nous avons choisi d'effectuer des études morphologiques et morphométriques via l'utilisation de la microscopie optique et de la microscopie électronique (ESTELLE LE BIHAN, 2006).

I.10.3.1.2.1. Histologie de l'intestin

L'étude histologique permet d'observer la structure de l'intestin : des entérocytes de forme prismatique avec un noyau au pôle basal et une différenciation en microvillosités au niveau du

pôle apical caractéristique d'un épithélium simple prismatique et absorbant. De plus, des cellules à mucus sont présentes entre les entérocytes. Ces cellules permettent de lubrifier l'épithélium pour favoriser les échanges. Ainsi, la sécrétion permet de maintenir une quantité d'eau (hydratant le mucus) qui favorise la diffusion des substances et les mécanismes d'absorption et une lame basale reposant sur le tissu conjonctif. Les cellules à mucus sont aussi présumées contribuer aux défenses des poissons contre les organismes pathogènes (DEZFULI *et al.* 2006).

Des différences de structure intestinale sont essentiellement observées au niveau des caeca pyloriques et non de l'intestin.

I.10.3.1.2.1.1. Intestin moyen

Il représente le plus long segment de l'intestin. Sa structure histologique montre les mêmes couches fonctionnelles que dans les autres parties du tube digestif.

- **La muqueuse**

Chez *Europiums grefali*, nous avons compté jusqu'à 30 replis dans l'intestin moyen. Ceux-ci présentent une taille, une structure et une disposition semblables à celles observées dans le duodénum. Cependant, le renflement de leur extrémité supérieure paraît plus arrondi. De même, leur partie inférieure est peu ou pas rétrécie.

Son épithélium est du type prismatique simple composé des entérocytes parmi lesquels de nombreuses cellules caliciformes sont observées.

La tunica propice (chorion) est réduite dans cette portion du tube digestif. Elle est très vascularisée renfermant de nombreux vaisseaux et capillaires sanguins. De nombreux noyaux des lymphocytes et des fibrocytes y sont également présents. On observe, enfin, quelques fibres musculaires lisses dans les tissus conjonctifs des villosités. Ce sont des expansions de la musculaire muqueuse.

- **La sous-muqueuse**

La sous-muqueuse est constituée d'un tissu conjonctif plus ou moins lâche fortement vascularisé par des vaisseaux sanguins, quelques artères et de grosses veines. La couche de la sous-muqueuse a une épaisseur variable qui peut atteindre 109 microns.

- **La musculuse**

La musculuse comprend une mince couche interne continue constituée de muscles circulaires lisses d'une épaisseur de 18 microns environ et une couche externe, mince elle aussi (13 micron), composée de muscles longitudinaux lisses. La structure et la disposition de ces deux couches sont identiques à celles des couches correspondantes observées dans le duodénum. Dans ces deux couches, on n'observe ni lymphocytes ni fibrocytes, ni vaisseaux sanguins, ni artères.

- **La séreuse**

C'est une fine couche de contour variable constituée d'un tissu conjonctif très vascularisé. Elle atteint environ quatre microns (TUSEVELE, MULUZOLO. Octobre 1985).

I.10.3.1.2.1.2. Intestin postérieur

Les quatre couches ordinairement observées tout au long du tube digestif sont également présentes.

- **La muqueuse**

La muqueuse du gros intestin présente environ 22 replis peu ou pas ramifiés. Leur taille peut atteindre jusqu'à 406 microns. Ces replis forment des cryptes assez profondes laissant ainsi une lumière intestinale plus grande. Elle est formée d'un épithélium prismatic simple uniquement constitué de grandes cellules coliformes plus hautes que larges.

La tunica propria comporte un tissu conjonctif dense richement vascularisé par les vaisseaux sanguins. Ce tissu conjonctif pénètre toutes les villosités et est parcouru par des faisceaux de musculature muqueuse. On y observe également quelques noyaux des lymphocytes et des fibrocytes.

- **La sous-muqueuse**

Elle forme une étroite bande de tissu conjonctif lâche, très peu vascularisé et d'une épaisseur de 27 microns environ. De petits faisceaux du tissu conjonctif parcourent très profondément les muscles circulaires de la musculuse. Il y a aussi présence de lymphocytes, de fibrocytes ainsi que de granulocytes.

- **La musculuse**

La musculuse comprend deux couches de muscles lisses perpendiculairement disposées. La couche interne composée de muscles circulaires mesure près de 123 microns d'épaisseur. Elle est de place en place traversée par des prolongements du tissu conjonctif provenant de la sous-

muqueuse. Les fibres de ce muscle sont très allongées et étroitement disposées. Leurs noyaux sont indistincts. La couche externe est constituée de muscles longitudinaux. Elle est cependant discontinue et mesure jusqu'à 55 microns d'épaisseur. La disposition et la structure de ses fibres musculaires restent les mêmes que celles observées dans les autres portions du tube digestif.

- **La séreuse**

Elle borde extérieurement le contour discontinu de la couche de muscles longitudinaux. Elle est formée comme partout ailleurs dans le tractus digestif d'un tissu conjonctif vascularisé par de gros vaisseaux sanguins. Son épaisseur atteint parfois 6 microns au niveau des vaisseaux sanguins, mais peut devenir insignifiante en d'autres endroits. Aucune autre structure cellulaire n'y est observée (TUSEVELE, MULUZOLO. Octobre 1985).

Chapitre II :

Méthodologie

Chapitre II : méthodologie**II.1. Caractérisation de la composition chimique globale des sous-produits de Danone Djurdjura Algérie**

Des grosses quantités de produits laitiers sont jetées chaque année à cause de plusieurs problèmes tels que la date limite de consommation DLC dépassée ; la non-conformité du lait ou des erreurs d'étiquetage, mauvais remplissage et la déformation des emballages lors de la fabrication et lors du transports .

Une première étude a été réalisée par LALAM et MARZOUK (2019), où ces deux sous-produits (yaourt déclassé et lactosérum) on fait l'objet d'une valorisation en vue d'une application aquacole, ils ont été introduit à différentes proportions (5, 10 et 20 %) à l'aliment conventionnel de façon à proposer trois régimes alimentaires. Ces derniers, après avoir démontré leur innocuité et leur valeur nutritionnelle, ont été testés sur les alvins du tilapia *O. niloticus* en phase de pré grossissement. L'aliment commercial a constitué le témoin. Les analyses biochimiques des régimes alimentaires mis en essai montrent que ces derniers répondent aux besoins nutritionnels de l'espèce étudiée. Après 6 semaines d'expérimentation, les meilleurs résultats en termes d'indice de conversion, de gain moyen corporel, du taux de survie ainsi que du taux de croissance spécifique ont été retrouvés chez les groupes qui ont reçu les aliments 10% et 20% du mélange yaourt-Lactosérum

La présente étude fait suite à ce premier travail, l'objectif est de confirmer ces premiers résultats à savoir évaluer l'effet de la supplémentation des sous-produits laitiers de Danone à raison de 10 % sur la survie et la croissance du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* en élevage expérimental pendant 60 jours. En plus des paramètres zootechniques, d'autres paramètres biométriques ainsi qu'une étude histologique de l'intestin seront déterminés

II.1.1. Caractérisation du yaourt déclassé**II.1.1.1. Détermination du taux de protéines méthode de kejldahl**

Pour déterminer le taux de protéines dans le yaourt déclassé et le lactosérum on a opté pour la méthode de Kejl Dahl ; c'est la méthode la plus utiliser dans le monde pour la détermination de la teneur en azote dans l'alimentation humaine et animale ainsi que dans des échantillons de sol et d'eau. Elle fournit des résultats toujours fiables.

La méthode de dosage de l'azo

te Kjeldahl est ancienne. Elle date de 1883 (1ère publication dans le Chemical Analysis) et a été créée par un scientifique suédois du même nom, dans le domaine agroalimentaire. Relativement simple, elle s'est très vite répandue pour s'adapter à différentes applications, principalement l'agroalimentaire et la médecine.

Elle est applicable pour le dosage de l'azote de différents composés azotés tels que les amines et les sels d'ammonium quaternaires. Elle ne permet pas le dosage direct des nitrates, nitrites, nitrosyles et cyanures, qu'il faut d'abord réduire en ammoniac (HEPBURN, 1908).

Les différentes étapes de la méthode Kjeldahl sont (KEYS, 1939) :

1 ère étape : minéralisation

Quand l'azote est sous forme organique, il faut d'abord procéder à la minéralisation du composé pour passer à l'azote minéral (NOZAWA, 2005). La molécule organique est détruite par oxydation lors d'une ébullition avec de l'acide sulfurique (H₂SO₄) concentré, en présence de catalyseur : le carbone s'élimine sous forme de dioxyde de carbone (CO₂), l'hydrogène sous forme d'eau et l'azote reste en solution sous forme d'ion ammonium (NH₄⁺).

2e étape : distillation

La deuxième étape est la distillation à froid de l'ammonium par l'ajout d'un excès de soude : le but est de transformer l'ammonium sous sa forme volatile, l'ammoniac.

3e étape : le titrage

La troisième étape est le titrage colorimétrique direct de l'ammoniac complexé avec de l'acide borique par une solution titrante d'acide sulfurique.

Les vapeurs d'hydroxyde d'ammonium sont recueillies dans une solution contenant un indicateur coloré et de l'acide borique. L'acide borique est un acide faible qui se complexe avec l'hydroxyde d'ammonium.

II.1.1.2.détermination du taux de la matière grasse

La méthode de GERBER est une méthode qui est valable seulement pour le lait et ses dérivés (ABOUTAYEB ; 2018) et est une méthode qui est universellement connue et appliquée.

Principe : La matière grasse est libérée par un traitement acide approprié puis séparée et rassemblée dans une colonne graduée par centrifugation dans un butyromètre est favorisée par l'addition d'une quantité d'alcool iso-amylque.



Figure 13 : centrifugeuse de marque FUNKE GERBER.

(<http://www.btm-instruments.com/produit/centrifugeuse-babcock-et-gerber/>)

Mode opératoire

- mettre 10ml de l'acide sulfurique a densité 1,82 dans le butyromètre.
- ajouter sans agitation 1 ml du yaourt puis 1ml de l'alcool iso-amylque.
- agiter avec des retournements et placer le butyromètre dans la centrifugeuse en parallèle avec le tube d'équilibrage.
- lire le résultat sur la graduation du butyromètre après centrifugation

$$MG \left(\frac{g}{l} \right) = (B - A) \times 100$$

A : la valeur correspondant au niveau inférieur de la colonne grasse.

B : la valeur correspondant au niveau supérieure de la colonne grasse.

II.1.1.3.détermination du taux de la matière sèche

Définition : la « matière sèche » est le résidu sec obtenu par l'application de la méthode réalisée par un dessiccateur infrarouge de marque SARTOTIUS MA 45. Elle est exprimée en pourcentage en masse.

Principe : dessiccation à l'étuve à 115°C à pendant 3min et pesée du résidu.



Figure 14 : dessiccateur infrarouge de marque SARTORIUS MA 45.
(<https://www.laboandco.com/analyseur-dhumidite-dessiccateur-infrarouge-sartorius-ma37-sartorius-SAR-MA371>)

Mode opératoire

- allumer l'appareil en appuyant sur la touche Start.
- placer la coupelle et la balance du dessiccateur.
- tarer et peser 3g de l'échantillon : bien étaler l'échantillon et enfin baisser le capot de l'appareil.
- appuyer sur la touche START pour démarrer l'analyse (115C° /3min).
- les résultats sont exprimés en pourcentage (masse /masse).

II.1.2.caractérisation du lactosérum

Le lactosérum ou « petit lait » est un coproduit de l'industrie fromagère qui peut se révéler polluant s'il n'est pas valorisé. Il est riche en protéines, lactose, minéraux et vitamines hydrosolubles.

Pour analyser le taux des protéines et des matières grasses on a utilisé un spectrophotomètre à FTIR.

Principe

Le but de toute spectroscopie d'absorption (FTIR, ultraviolet-visible (UV-Vis)...) est de mesurer la quantité de lumière absorbée par un échantillon, en fonction de la longueur d'onde. La technique la plus simple pour le faire est la « spectroscopie dispersive », c'est-à-dire illuminer l'échantillon avec un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde donnée, mesurer

combien de lumière est absorbée, puis répéter l'opération pour différentes longueurs d'onde. Exposer l'échantillon à une gamme de rayonnements électromagnétiques de l'IR moyen. Certains d'entre eux provoquent des modifications de l'état énergétique vibrationnel de la molécule étudiée.

Traiter le signal obtenu pour faire apparaître les bandes (ou pics) d'absorption qui correspondent aux radiations absorbées, celles dont l'énergie a été convertie en énergie vibro-rotationnelle. Essayer ensuite sur le spectre d'absorption ainsi obtenu d'identifier des bandes qui caractérisent les modes normaux de vibrations de groupes d'atomes et de groupements fonctionnels remarquables, présents dans la molécule



Figure 15 : appareil Milko Scan FTI20.

(<https://www.medicaexpo.fr/prod/foss/product-86475-856343.html>)

Mode opératoire

1. préchauffer tous les échantillons dans le bain marie à 40°C pendant 10 à 15 min avant de procéder à l'analyse.
2. l'analyse s'effectue de la façon suivante :
 - sélectionner le programme produit.
 - retourner l'échantillon doucement plusieurs fois pour le mélanger sans créer de mousse.
 - décapsuler l'échantillon pour le placer sous la pipette.
 - définir le niveau de prévenance de l'échantillon du champ d'identification.
 - mettre l'analyse en route en cliquant sur la touche démarrage.
 - dès que l'échantillon a été pompé lancer (démarrage analyser) jusqu'à ce que l'écran redevienne vert.
 - retirer l'échantillon et cliquer sur la touche nettoyage.

II.2. Détermination de la qualité hygiénique des sous-produits de Danone Djurdjura Algérie

Les sous-produits de Danone (yaourt déclassé et lactosérum) ont fait l'objet d'une analyse microbiologique afin de déterminer la qualité hygiénique des ingrédients entrant dans la fabrication de l'aliment.

Il est à noter que le yaourt, juste après sa fabrication est soumis à des analyses microbiologiques, afin de connaître sa qualité hygiénique, de savoir si les bonnes pratique d'hygiène ont été maîtrisées lors de la fabrication. L'ensemble des analyses microbiologiques a été réalisé à l'Institut Pasteur d'Alger (IPA), les résultats obtenus sont ensuite comparées aux normes algériennes en vigueur.

Les germes recherchés sont :

- **Flore Mésophile Aérobie Totale:** C'est un indicateur hygiène qui permet d'évaluer le nombre d'UFC (Unité Formant une Colonie) présentes dans un produit ou sur une surface. Théoriquement, il s'agit alors de rechercher tous les micro-organismes aptes à se développer à la température de 30°C sur un milieu ordinaire (RAONIVALO, 2009). La flore totale renseigne sur la qualité organoleptique et la durée prévisible de conservation: l'altération n'apparaît que pour une flore totale de l'ordre de 10⁶ à 10⁸ germes par gramme (GUIRAUD et GALZY, 1980). Le dénombrement de la FAMT reste la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbiologique des aliments (RAKOTONIAINA ; 2005).
- **Les coliformes fécaux dont *Escherichia coli* :** Le terme "coliformes fécaux" ou "coliformes thermo-tolérants" renferme toutes les espèces bactériennes faisant partie de la famille des Enterobacteriaceae qui sont aérobies ou anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet. L'espèce caractéristique et principale des coliformes fécaux est *Escherichia coli*, mais d'autres souches de coliformes, telles *Citrobacter sp*, *Enterobacter sp* et *Klebsiella sp*, peuvent aussi se reproduire dans un milieu lactosé à 44,5°C. Les coliformes fécaux sont des micro-organismes indicateurs d'une pollution d'origine fécale humaine ou animale. Ils sont généralement en nombre inférieur aux coliformes totaux et indiquent qu'il y a contamination récente ou constante.
- **Les salmonelles :** c'est une entérobactérie isolée par LOEFFLER en 1890, cette bactérie est un parasite pathogène redoutable de l'intestin de l'homme et des animaux. Le dénombrement de *Salmonella sp*, a été réalisé sur 25g d'échantillon.

- **Les staphylocoques pathogènes à coagulase positive** : Les staphylocoques constituent avec les microcoques les deux principaux genres de la famille des MICROCOCCACEAE. Ce sont des cocci à Gram positif, non sporulés, immobiles, se divisant en plusieurs plans en formant des amas irréguliers. Ils produisent une catalase. Leur paroi est principalement constituée de peptidoglycane. Staphylocoques à coagulase positive (SCP), notamment *Staphylococcus aureus*, principal producteur d'entérotoxines pathogènes pour l'homme possède une enzyme, la coagulase qui permet de les identifier.
- **Les Listeria** : La Listeria est une bactérie de type Gram positif à l'origine de la listériose. Cette maladie infectieuse et grave touche à la fois l'homme et les animaux. La Listeria monocytogenes constitue une bactérie très résistante qui peut se multiplier dans des atmosphères dont la température est comprise entre 1°C et 45°C. Ces caractéristiques spécifiques expliquent le fait que cette bactérie dispose d'une capacité de survie importante et peut proliférer dans un environnement proche de celui de la réfrigération alimentaire. Elle peut donc être ingérée par l'intermédiaire de la nourriture. (pour les détails voir annexe)

II.3.Préparation de l'aliment

II.3.1.déshydratation du yaourt et lactosérum par l'étuve ventilée

Le yaourt a été déshydraté par un simple séchage dans une étuve ventilée (à 40°C /24H) au centre de recherche et de développement de la pêche et de l'aquaculture de Bousmail (CNRDPA). Le séchage a pour but d'éliminer par évaporation de l'eau qui imprègne un produit (liquide ou solide) afin de le transformer en produit solide sec dont l'humidité résiduelle est très faible. (Figures 16 et 17)

Quant au lactosérum, il a été déshydraté par évapo-concentration qui est une distillation. C'est une opération physique unitaire qui vise à séparer les composants d'un mélange, en fonction de la volatilité relative des composants. Il consiste à porter le lactosérum à ébullition pour séparer l'eau du concentrât (liquide ou solide à valoriser) et du condensat, produit dilué (partie liquide évaporée puis ré-condensée). Selon le type de problématique, il peut être recherché la valorisation du concentrât ou du distillat, rarement les deux. Dans le cadre de ce cette expérimentation, l'objectif est d'obtenir un concentrât contenant un minimum d'eau et un condensat (eau distillée) pouvant être au mieux réutilisé dans le procès industriel. L'énergie recueillie grâce à la plaque chauffante chauffe la lame de l'eau contenue dans le caisson et par conduction, induisant son évaporation puis sa condensation sur le vitrage. Par la suite,

l'inclinaison du vitrage favorise la récupération des gouttelettes condensées puis leur acheminement, à travers deux goulottes, vers l'extérieur du distillateur (IGOUD, 2015).

Cette étape a été effectuée au centre de développement des énergies solaires de Bousmail (ex UDES). Un volume de 01 L de lactosérum filtré est versé dans l'e dispositif. Afin de préserver sa qualité nutritionnelle, la température à l'intérieur du dispositif ne doit pas dépasser 70°C. L'appareil fonctionne en continu. (Figures 18, 19 et 20)

Au total 3010g de yaourt et 3L de lactosérum ont été séchés.

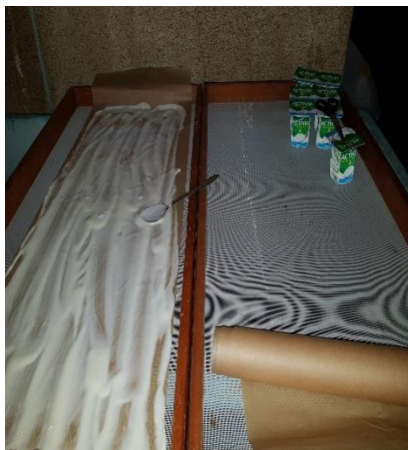


Figure 16 : yaourt

Séchage



Figure 17 : Etuve ventilée.



Figure 18 : Lactosérum.

Dispositif évapo-concentrateur
Plaques chauffantes
Flacon stérile : récupération de l'eau condensée



Figure 19 : Evapo-concentrateur.

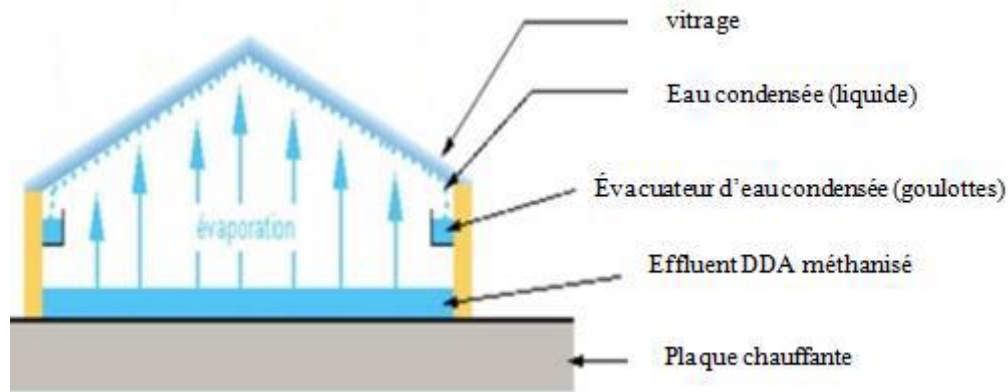


Figure 20: Principe de fonctionnement de l'évapo-concentrateur expérimental (IGOUD, 2015)

II.3.2.formulation de l'aliment

Face à la demande croissante de l'aquaculture et à la stagnation prévisible de la production des farines et huiles, issue de la pêche, il est apparu nécessaire de réduire la proportion de farine de poisson dans les aliments des élevages aquacoles. La recherche s'est donc orientée vers d'autres sources protéiques, pour remplacer ces farines et huiles de poisson, tout en cherchant à conserver les qualités nutritionnelles et organoleptiques des poissons d'aquaculture. Et dans le cadre de cette études on a remplacés la farine et huile de poisson par le mélange yaourt et le lactosérum déshydratés et ce mélange est incorporé graduellement à raison de 0% 10 %. (Parce qu'à partir de 10% l'aliment a donné des bons résultats dans les études préliminaires).

Le mélange yaourt et le lactosérum déshydratés sont additionnés a l'aliment commercial de marque Coppens et ce dernier a été fourni par la ferme expérimentale de l'école.

II.3.2.1.présentation de l'aliment

L'aliment importé est un aliment complet pour alevins de marque« Coppens ». Il est importé d'Europe. Sa composition qui est mentionnée dans le tableau 11 Les matières premières utilisées dans l'aliment commercial (Coppens) et les additifs ajoutés sont détaillé en annexe (voir annexe tableau 1 et 2)

Tableau 11 : Composition chimique de l'aliment commercial (COPPENS).

Composition	Percentage
Protéines brutes	11%
Matières grasses	15%
Cendres brutes	11%
Cellulose brute	0.2%
Phosphore	1.87%
Calcium	7%
Sodium	0.37%

II.3.2.2.préparation de l'aliment

Pour la formulation et la fabrication de l'aliment quelques paramètres ont été pris en considérations tels que:

- L'aliment doit être appétissant et consommé avec un minimum d'effort et de déchet.
- La composition de l'aliment se rapproche le plus près possible du régime connu nécessaire à ce poisson.
- L'aliment est digérable, garde le poisson en bonne santé et lui permet de croître normalement.
- idéalement, l'aliment doit être efficacement converti en nouveaux tissus donc sous forme de croissance du poisson.
- la taille, l'âge de poisson et les stades de développement: alevins juvéniles ou adultes.

A. Broyage de l'aliment commercial

Le broyage de l'aliment a été fait au niveau de la ferme aquacole a L'ENSSMAL par un mortier jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. ((Figures 21 et 22)

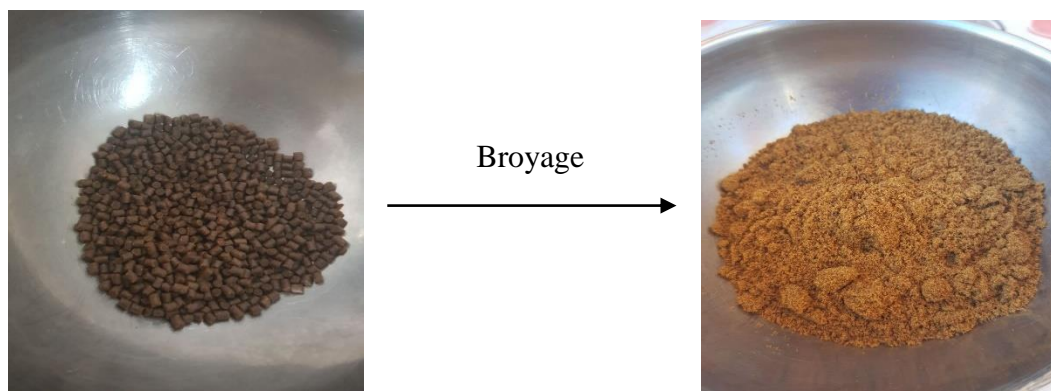


Figure 21: Aliment commercial.

Figure 22 : aliment commercial broyé.

B. Les ingrédients et mélange

Les ingrédients bruts (l'aliment commercial moulu et le mélange yaourt et lactosérum) sont finement broyés et tamisés à l'aide d'un tamis de 400 micromètres. Pour chaque aliment les ingrédients ont été pesés et mélangés jusqu'à l'obtention d'une poudre homogène à laquelle on a ajouté le lactosérum liquide de manière à obtenir une pâte malléable qui passée à travers la filière d'un hachoir à viande (TC 22SL), donne des filaments de 2 mm de diamètre (spaghettis). Ces filaments sont par la suite séchés à l'aire libre, fragmentés à la taille désirée, ensachés et stockés à une température ambiante dans un endroit sec à l'abri du soleil jusque la distribution (Figures 23, 24, 25 et 26).

Tableau 12: proportions aliment commercial et mélange yaourt-lactosérum.

	Aliment1	Aliment 2
Quantité de l'aliment commercial	900g	1000g
Quantité du mélange (yaourt et lactosérum)	100g (10%)	0g (0%)
Masse totale du mélange	1000g	1000g
Volume du lactosérum	60ml	0ml



Figure 23 : hachoir à viande



Figure 24 : pâte malléable.



Figure 25 : la pâte qui passe

A travers les filières.



Figure 26 : les filaments formés.

II.4. Caractérisation de la composition chimique globale des aliments préparés

La qualité d'un aliment préparé est caractérisée de différentes manières selon sa destination et son utilisation ; certains critères typiquement industriels d'autres sont reliés d'avantage au comportement alimentaire de l'animal qui, va consommer le produit (Guillaume et al 1999).

Par rapport à la composition chimique globales des aliments est basée sur la détermination de :

- la teneur en eau;
- la teneur en protéines et en lipides,
- En matières grasses,
- Et en matières minérales.

II.4.1. Extraction et dosage des protéines

La teneur en protéines totales d'un bioproduit peut être déterminée par la méthode de Kjeldahl. Décrite précédemment (II.1.1.1.détermination du taux de protéines méthode de kejldahl).

II.4.2.Extraction et dosage des lipides**Principe :**

La méthode Soxhlet est une méthode de référence utilisée pour la détermination de la matière grasse dans les aliments solides ou séchés. Il est à signaler que les méthodes d'extraction semi-continues sont moins rapides et moins efficaces que les méthodes continues (Hamsi.2013).

L'aliment est pesé puis placé dans une cartouche de cellulose. La cartouche de cellulose est perméable au solvant et à la matière grasse qui y est dissoute. Le solvant qui se trouve dans le ballon de chauffage remonte vers la chambre d'extraction pour 5 à 10min puis retourne au ballon. L'échantillon est extrait en semi-continu par un solvant (exemple : éther éthylique, hexane, éther de pétrole) en ébullition qui retombe goutte-à-goutte dans la chambre d'extraction et qui dissout graduellement la matière grasse. Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs causés par un effet de siphon dans le coude latéral. Comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète. Une fois l'extraction terminée, le solvant est évaporé, généralement sur un évaporateur rotatif, et la teneur en lipides est mesurée par poids de diminution de l'échantillon ou directement par le poids des lipides extraits.

Mode opératoire : (AISSOU, 2019)

- ✓ Allumer le réfrigérant de l'appareil à 2°C.
- ✓ Peser le poids du ballon vide P0.
- Peser 2g de l'échantillon dans une cartouche (m). Si l'échantillon contient plus de 8-10% d'humidité, un séchage préalable est recommandé.
- ✓ Mettre la cartouche dans le matras.
- ✓ Mettre le ballon sur la plaque chauffante.
- ✓ Verser 160ml, d'éther éthylique dans chaque matras jusqu'à son déversement dans le ballon.
- ✓ Allumer la plaque chauffante à une température de 100°C jusqu'à l'ébullition.
- ✓ Réduire la température de sorte à minimiser l'ébullition stable (60°C).
- ✓ Cette opération se déroule pendant 4heures ce qui permet de dissoudre les lipides de l'échantillon.
- ✓ Concentrer les lipides présents dans le ballon dans un rota -vapeur a 40 °C.
- ✓ Peser le ballon rempli (P1).

Le taux de lipides se calcule avec la méthode suivante :

$$\% \text{lipides} = \frac{P1-P2}{m} \times 100$$

Avec

P1 : poids du ballon remplis après refroidissement dans le dessiccateur.

P0 : poids du ballon vide.

m : poids de l'échantillon.

II.4.3. Détermination de la teneur en eau par méthode thermogravimétrique

La teneur en eau et en humidité font partie des paramètres les plus importants à mesurer dans les produits alimentaires, Elle est inversement proportionnelle à la matière sèche d'un aliment, ce qui a un impact économique direct sur les consommateurs et les transformateurs. La teneur en eau a une influence déterminante sur leur qualité, la possibilité de traitement, Leur conservation et stabilité (HAMSI.2013).

La méthode thermogravimétrique est la méthode de référence pour la détermination de l'eau ou des solides totaux dans les aliments. L'analyse nécessite l'emploi d'une étuve ventilée ou d'un four à vide, ainsi que d'un dessiccateur contenant un agent desséchant.

Mode opératoire

- Peser les creusets vides P0.
- Peser 2g de l'échantillon dans le creuset.
- Peser l'ensemble : creuset + l'échantillon.
- Mettre les creusets fermes dans une étuve à 105°C pendant 24h.
- Retirer les creusets et laisser refroidir dans un dessiccateur.
- Peser le creuset contenant l'échantillon (P2).
- Le taux de l'humidité se calcule selon la formule suivante :

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{P1-P2}{P1-P0} \times 100$$

Avec :

P₀ : Poids du creuset vide.

P₁ : Poids du creuset + 2g de l'échantillon.

P₂: Poids du creuset + échantillon après étuvage et refroidissement.

II.4.4. Détermination de la teneur en cendre

Cendres totales Les cendres totales sont le résidu de composés minéraux qui reste après l'incinération d'un échantillon contenant des substances organiques d'origine animale, végétale ou synthétique.

Les cendres représentent environ 1 à 5% de la masse d'un aliment sur une base humide.

Mode opératoire

Les cendres étaient déterminés sur la matière sèche (échantillons préalablement étuvés à 105°C pendant 24h). La matière sèche obtenue est placée dans le creuset et le tout est mis à combustion dans un four moufle à 550°C pendant 2h (SALGHI .2005). Après refroidissement dans un dessiccateur, une deuxième pesée est réalisée. Le taux de la matière minérale se calcule avec la formule suivante :

$$CT (\%) = [(P2 - P0) / (P1 - P0)] * 100$$

Avec :

P₀ : poids creuset vide.

P₁ : poids de creuset + l'échantillon étuvé à 550 C°.

P₂ : poids de creuset + résidu calciné.

II.5. Elevage et suivi de la croissance des alevins du tilapia du Nil

L'élevage des poissons devait avoir lieu à la ferme expérimentale de l'ENSSMAL Dely Brahim/ Alger pour une période de 60 jours. Cette étude devait se porter sur 80 individus du Tilapia du Nil âgés de 03 mois en provenance du centre de recherche CNRDPA.

Les expériences ont été réalisées dans deux aquariums de forme rectangulaire de volume de 144 cm³ contenant des pompes d'oxygène.

Les 80 poissons ont été divisés et répartis dans 02 aquariums selon leur poids afin d'avoir des échantillons homogènes pour chaque aquarium. Un aquarium est destiné à l'élevage des alevins avec l'aliment commercial (il servira de témoin ou contrôle) et dans le second, les poissons sont nourris avec l'aliment formulé (à 10% de sous-produits laitiers).

Cette expérience a pour objectif principal de tester l'efficacité de l'aliment préparé sur la croissance et la biomasse des alevins. Malheureusement à cause de la pandémie Covid-19 et de la longue période de confinement (08 mois), cet élevage expérimental n'a pas eu lieu.

II.5.1. Les paramètres d'élevages

II.5.1.1. Qualité de l'eau

La maîtrise de l'élevage du *Tilapia nilotica* passe par le contrôle d'hygiène des infrastructures de l'élevage et des paramètres physicochimiques de l'eau. Le tableau suivant indique les paramètres d'élevage qu'il fallait contrôler.

Tableau 13 : Inventaire des paramètres d'élevage à contrôler.

Paramètres	Matériels et méthodes
Températures	Sonde multi- paramètres
Oxygène	Sonde multi- paramètres
PH	Sonde multi- paramètre
Salinité	Sonde multi- paramètre
MES	Filtration
NH ₄	Bleu d'indophénol
NO ₂	Sulfanilamide
NO ₃	salicylate de sodium

- Le paramètre température est le plus important puisque l'*O. niloticus* est une espèce à caractère sténotherme chaud, et qu'il semble que la température influe sur la prise alimentaire en agissant, directement, sur la vitesse du métabolisme du poisson ou bien indirectement, en influant sur l'oxygène disponible du milieu, élément chimique indispensable à la combustion des aliments dans les cellules. (Bœuf et Payan, 2001).

II.5.1.2. équipement des aquariums

Certaines conditions sont indispensables au bon fonctionnement d'un aquarium : La filtration, l'oxygénation, le chauffage de l'eau.

-Aération

L'oxygène dissout dans l'eau est indispensable aux poissons. L'oxygénation peut être obtenue par une **pompe à air**. Qui, à l'aide d'un diffuseur, oxygène l'eau en permanence. La pompe à air est reliée à un diffuseur appelé aussi bulleur, Il sert à produire de fines bulles de manière à mieux diffuser l'oxygène. (**Figure 27**)



Figure 27: pompe à air.

-Filtration :

Les fines particules de débris et autres matières en suspensions qui apparaissent avec le temps doivent être enlevées de l'aquarium. C'est la tâche du filtre.

Il veille à l'élimination biologique de tous les déchets nocifs tels que les restes de nourriture, les excréments de poissons. (**Figures 28 et 29**)



Figure.28: filtre.

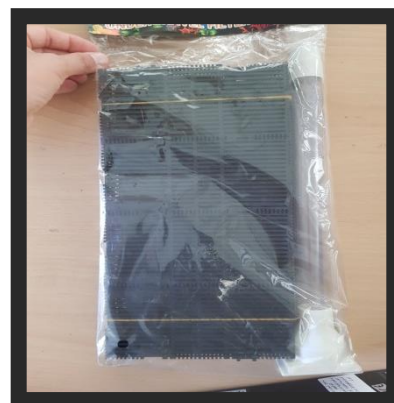


Figure.29 : filtre à sable.

-Chauffage :

L'utilisation des tubes chauffants assure le maintien constant de la température choisie. Ce système allie, sous le plus petit format, une résistance et un thermostat. L'appareil doit être immergé au moins jusqu'au bas du clapet de fermeture et ne doit pas être enterré dans le sol.

II.5.1.3. Fréquence et technique d'alimentation

La distribution de l'aliment se fait manuellement, répandu à la surface de chaque aquarium pour que le poisson puissent voir tous leur ration sans qu'il n'y est de cannibalisme entre eux, la ration alimentaire journalière se calcule après chaque mensuration des poissons. La quantité d'aliment à distribuer par bacs est de 10% du poids total des poissons.

La ration alimentaire se calcule d'après la formule suivante :

$$\mathbf{Ra\ (g\ /j)\ =P_{moy}\ *N\ *Tn}$$

Avec :

Ra : ration alimentaire journalière

P_{moy} : poids moyens des poissons

Tn : nombre total d'individus

N : taux de nourrissage

La ration journalière peut varier en fonction de plusieurs facteurs tels que la taille du poisson,

Ses besoins en protéines, sa capacité de digestion, la qualité de l'aliment, les conditions physicochimiques du milieu (T°, O₂, lumière....)

La fréquence de nourrissage des larves et des jeunes alvins du tilapia du Nil doit être au minimum de quatre fois par jour (JANCEY et ROSS, 1982)

II.5.1.4. Hygiène et prophylaxie

Le suivi de l'expérimentation se réalise selon les opérations suivante :

- Siphonage des aquariums (2/3),
- Nettoyage et rinçage du matériel après utilisation,
- Nettoyage de la zone de travail afin d'éviter toute accumulation de déchets.

II.5.2. Contrôles de la croissance

La croissance d'un poisson peut être définie comme un changement de poids au cours du temps qui est le résultat net de 2 processus opposés : l'un étant l'augmentation du poids (anabolisme), l'autre c'est la tendance vers la diminution (catabolisme) (PAUL 1997).

Le matériel à utiliser est le suivant :

- Balance de précision 10^{-3} ,
- Des bassines,
- Un ichtyomètre,
- Des épauettes et un anesthésiant.

II.5.2.1. La prise des différentes dimensions et la pesée

Le grossissement des larves et des alevins est généralement effectué en deux phases:

- **phase 1:** pré grossissement des larves de moins de 1 grammes (larves de 1 jour, de plusieurs jours ou de 3 à 4 semaines, selon la fréquence de récolte adoptée) jusqu'à la taille de 3 à 4 cm ou 2 grammes et plus .

-**phase 2:** premier grossissement d'alevins de 3 à 4 cm jusqu'à la taille de 12 grammes et plus.

- La longueur est mesurée à l'aide d'un Ichtyomètre (Figure II.18). Celui-ci est constitué d'une planchette à butée sur laquelle est fixée une règle métallique plate graduée en millimètre.
- Le poids corporel est pesé à l'aide d'une balance à précision 10^{-3} . (Figure 31)



Figure.30: ichtyomètre



Figure 31: balance.

Mesure de la longueur standard (LS)

Le poisson est posé à plat, le museau contre la butée et l'axe du corps perpendiculaire à celui-ci. La longueur standard se mesure de l'extrémité de la mâchoire à celle du pédoncule caudale. (Figure II.21)

Mesure de la longueur totale (LT)

LT c'est la distance comprise entre l'extrémité du museau du poisson et les deux lobes de la caudale posée en extension. (Figure 32)

Mesure de la longueur de la fourche (LF)

La longueur à la fourche est mesurée du bout du museau à la fourche de la caudale (Figure 32). Après la collecte des mensurations, chaque individu est pesé afin d'obtenir le poids total WT en gramme.

Unités de mesure et groupage des données

Pour toutes les mensurations scientifiques se rapportant à l'estimation des stocks de poisson, on utilise le système métrique. (Figures 32 et 33).

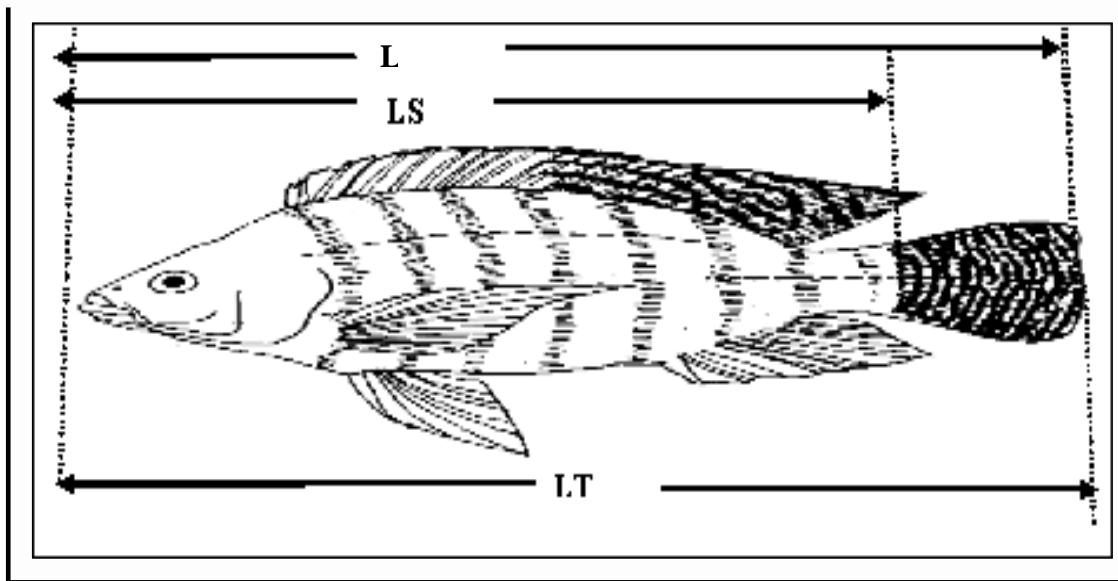


Figure.32: photo illustrant les différentes mensurations prises pour Tilapia.

LF : longueur à la fourche, **LS** : longueur standard, **LT** : longueur total.



Figure. 33 : les mesures prises pour tilapia.

II.5.2.2. Performances zootechniques

Des paramètres d'évaluation de performances de croissance du Tilapia ont été déterminés, il s'agit de :

- RATION ALIMENTAIRE : R.A.

$$R.A. = (P_m * T.N / 100) * \text{nombre d'individus (FAO2002)}.$$

Avec :

P_m : poids moyens,

T.N. : taux de nourrissage

-RELEVÉ DES MORTALITÉS :

Une observation du nombre de poissons morts se faisait à chaque contrôle de croissance

-ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE L'ALIMENT :

Le gain de poids on le calcul par différence entre le poids total final et le poids total initial

$$\text{Gain de poids} = P_{\text{tot f}} - P_{\text{tot i}}$$

Le gain de poids individuel on le calcul par différence entre le poids moyen final P_{mf} et le poids moyen initiale P_{mi} :

$$\text{Gain de poids individuel} = P_{mf} - P_{mi}$$

Les poids totaux initial et final sont calculés en multipliant le poids moyen des individus de l'échantillon par les effectifs totaux respectivement N_i et N_f :

$$P_{\text{tot i}} = P_{mi} * N_i$$

$$P_{\text{tot f}} = P_{mf} * N_f$$

COEFFICIENT D'EFICACITE PROTEIQUE : CEP

Plus la valeur de ce rapport est grande et plus la valeur biologique des protéines est grande (ALLIOT et *al*, 1984). La quantité de protéine es est calculée en multipliant la quantité totale d'aliment utilisée par le pourcentage de protéines dans l'aliment ainsi on pourra calculer le CEP selon :

$$\text{CEP} = \frac{\text{gain de poids(g)}}{\text{quantité de proteine}}$$

INDICE DE CROISSANCE JOURNALIER : ICJ

L'indice de croissance journalier évaluera le taux de croissance journalier il donnera une idée sur le gain de poids des individus par jour :

$$\text{ICJ} = \frac{\text{gain de poids(g)}}{\text{durée de l'expérience}}$$

INDICE DE CONVERSION ALIMENTAIRE : IC

$$\text{IC} = \frac{\text{aliment ditribué}}{\text{gain de poids}}$$

TAUX DE MORTALITE :

$$\text{T.M. (\%)} = \text{nombre d'individus morts / Ni} * 100$$

Avec : Ni : effectif initial

INGERER VOLONTAIRE (IV EN%)

Il s'agit d'une donnée qui intéresse directement l'éleveur. L'ingérer volontaire est la quantité d'aliment volontairement ingérée par unité de biomasse, cet indice de consommation est déterminé à partir de la relation suivante :

$$\text{IV (\%j)} = 100 * D [(B_i + B_f) / 2] / \text{durée de l'expérience (jours)}$$

II.5.2.3. Etude histologique

L'étude histologique par microscopie photonique est la discipline de la biologie qui consiste en la lecture au microscope de coupes fines (3-5 μm d'épaisseur en moyenne) permettant l'examen des différents tissus d'un organisme.

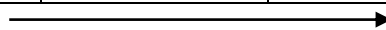
Dans le cadre de cette étude, on a opté pour faire des coupes transversales histologiques de l'intestin du tilapia du Nil.

Mode opératoire :

- Fixation : Elle a pour buts de conserver le mieux possible les constituants cellulaires et de prévenir la décomposition post-mortem. La fixation est peut être réalisée à l'aide d'agents chimiques pris isolément (éthanol, formol, acide picrique). Mettre la pièce anatomique dans un bain de formol à 4% entre 24h et 48h.
- L'inclusion donne aux pièces la consistance nécessaire à leur débitage en coupes sans déformer l'architecture cellulaire. La substance utilisée dans le cas présent est la paraffine. L'ensemble du processus d'inclusion comporte :

Déshydratation éclaircissement imprégnation :

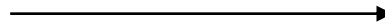
Alcool 70°	Alcool 90°	Alcool 100°	Xylène	Paraffine à 56°C
1 BAIN 20 MIN	2 BAINS 20 MIN	3 BAINS 20 MIN	3 BAINS 10 MIN	1 BAIN 1H 1 BAIN 24 H



- Inclusion et formation des blocs (cassettes et barres de Leuckart)
- **Confection des coupes** : Le bloc de paraffine est débité en coupes minces (3-5 μm) sur lame gélatinée l'aide d'un microtome. Les coupes sont prélevées puis étalées sur une lame de verre placée sur une plaque chauffante.
- **Coloration des routines** : Le but de ces colorations est d'accentuer les contrastes afin de distinguer et reconnaître les différents constituants de la préparation. Avant toute coloration, de par la nature aqueuse des colorants, les coupes doivent être déparaffinées (par du toluol ou équivalent) et réhydratées (par des alcools de degrés décroissants, suivis d'un bain d'eau distillée). Les temps de coloration peuvent varier en fonction de l'épaisseur de la coupe, de l'âge de certains colorants etc. Déparaffinage, Réhydrations et

coloration sont consignés ci-après : la préparation des colorants est consignée en annexe

Xylène	Alcool 100°	Alcool 90°	Alcool 70°	Lavage Eau courante	Hématoxyline	Eosine 1%
2 BAINS 5 MIN	1 BAIN 5 MIN	1 BAIN 5 MIN	1 BAIN 5 MIN	5 MIN	2 minutes + 30 secondes	30 secondes



- Redéshydratation

Alcool 70°	Alcool 90°	Alcool 100°	Xylène
2 MIN	2 MIN	2 BAINS 2 MIN	2 BAINS 1 MIN

- **Montage :** Après avoir subi une déshydratation (par bains d'alcool de degré croissant puis bains de toluène), les coupes colorées sont montées entre lame et lamelle. Cette lame est prête à être
- **Observation au microscope**

Chapitre III

Résultats et discussion

III. Résultats et discussion

Les sous-produits de DDA sont utilisés comme matière première pour la fabrication de l'aliment destiné à l'élevage du poisson. Il s'agit du yaourt déclassé et du lactosérum. Ces derniers sont déshydratés (séchage dans une étuve ventilée à 40°C et séchage par évapo-concentration à 70°C) et mélangés à part égale. Le mélange yaourt-lactosérum est additionné à raison de 10 % à l'aliment conventionnel. Ce dernier, après avoir démontré son innocuité et sa valeur nutritionnelle, a été testé sur les alvins du tilapia *O. niloticus* en phase de pré grossissement. L'aliment commercial constitue le témoin.

Une étude zootechnique a été réalisée pour évaluer l'efficacité de ce régime alimentaire sur la croissance du tilapia du Nil. De même, la valeur nutritionnelle de la chair du poisson a été déterminée.

En fin, une étude histologique a été effectuée sur les intestins des poissons élèves avec l'aliment préparé et sur ceux nourris avec l'aliment commercial à fin d'observer les changements éventuels au niveau de la physiologie digestive, l'absorption intestinale et la croissance.

Une étude comparative avec des travaux antérieurs, sur l'effet de l'alimentation artificielle sur la croissance des poissons en élevage expérimental, a été entreprise.

III.1. Composition biochimique du yaourt déclassé et du lactosérum

La formulation des aliments en aquaculture représente un enjeu majeur pour la rentabilité de l'élevage aquacole. L'objectif de la formulation est de combler les besoins nutritionnels des espèces tout en intégrant les contextes techniques et économiques propres aux filières aquacoles.

Quelle que soit l'espèce considérée, la formulation d'un aliment repose toujours sur les mêmes fondamentaux : à partir des matières premières disponibles sur le marché, le nutritionniste doit trouver le mélange permettant de fabriquer un aliment à même de satisfaire les besoins nutritionnels des poissons en protéines et en acides aminés essentiels (FAO, 2019), avec un équilibre précis des autres ingrédients (matière grasse, énergie, additifs nutritionnels).

Les résultats des analyses obtenues montrent que le yaourt déclassé et le lactosérum de DDA présentent dans l'ensemble une composition assez riche en extrait sec total et en protéines (Tableau 14).

Tableau 14 : Composition biochimique globale du yaourt déclassé et du lactosérum.

Paramètres	Yaourt	Lactosérum
Protéine (%)	4.24	4.3%
Matière grasse (%)	3.9	0.7 %
Extrait sec total(%)	23.53	6.29 %

Le lactosérum de DDA provient de la fabrication du fromage frais Danino. Au regard des résultats obtenus, la teneur en protéines du lactosérum est de 43g/l, elle est supérieure à celle rapportée par ALIAS C ET LINDEN G(2004) qui est de 4.8 à 10.5g/l.

De même, le taux moyen en extrait sec du lactosérum étudié est de 62.9g/l, qui se rapproche de celle notée par WOO A (2002) dont la valeur était de 65g/l. Cela pourrait s'expliquer par le bon rationnement des vaches ainsi que la bonne qualité du lait collecté par l'unité de DDA.

Les valeurs moyennes en protéines et en extraits secs correspondent aux objectifs de Danone et sont conformes aux normes (voir annexe, Tableau 3).

III.2. Qualité hygiénique des sous-produits de DDA

Les résultats obtenus montrent que le yaourt et le lactosérum présentent une flore aérobie mésophile totale (FAMT) très réduite qui est nettement aux normes (10^5 UFC/g).

Cette flore nous permet d'estimer la charge globale en microorganismes non exigeants et souvent non pathogènes mais dont les fortes concentrations ($\geq 10^5$ UFC/g) seraient responsables d'altération et de modifications organoleptiques. Les entérobactéries dont *E.coli* et *Salmonella* sont considérées comme un indice de contamination d'origine fécale dans le yaourt et le lactosérum, une absence totale de ces germes, nous renseigne sur la bonne maîtrise des règles d'hygiène et de manipulations au niveau de DDA.

On note aussi l'absence en germes pathogènes tels que *Listeria* et staphylocoques à coagulase positive), ce qui confirme l'innocuité du yaourt déclassé et du lactosérum.

III.3. Composition biochimique globale et valeur nutritionnelle de l'aliment formulé

La composition chimique globale de l'aliment formulé et l'aliment commercial est consignée dans le Tableau 15.

Tableau 15 : Composition biochimique globale des deux aliments (10%, aliment commercial).

	Aliment	
	AF 10%	AC (Témoin)
Protéines%	33	11
Lipides%	13	18
Humidité %	9	8,31
Matière minérale	45.5	63

(AF : aliment formulé à 10% de sous-produits laitiers, AC : aliment commercial (témoin)).

III.3.1.La teneur en protéine

La teneur en protéines d'AF 10% est trois fois plus élevée (33 %) que celle d'AC (Témoin) (11 %) (Tableau III.2), ce qui indique que le mélange (lactosérum + yaourt) a contribué de façon importante à enrichir l'aliment formulé en protéines, répondant ainsi aux besoins nutritionnels théoriques du Tilapia du Nil (30% à 40%) (LAZARD, 2007).

III.3.2.La teneur en lipide

Le taux moyen en lipides est de 18% pour AC et près de 13% pour AF (10%) qui sont supérieurs aux besoins nutritionnels du tilapia du Nil (6% à 10%). Des teneurs élevées en matières grasses pourraient poser problème de rancissement lors de la conservation et stockage de l'aliment (SILAYE, 1981). L'aliment AF (10%) présente un taux de matières grasses proche à celui décrit par LAZARD (2007).

III.3.3.La teneur en eau

La teneur en eau de l'aliment fabriqué AF10% ainsi que l'aliment commercial AC sont acceptables, elles sont de l'ordre 9,06 et 8,31.

III.3.4.La matière minérale

La matière minérale enregistrée pour les deux aliments est très élevée, elle est de l'ordre de 45,5 % pour AF (10%) et 63 % pour AC, ces taux dépassent largement les besoins nutritionnels du tilapia (4%), cela indique que l'aliment commercial a des fortes teneurs en minéraux.

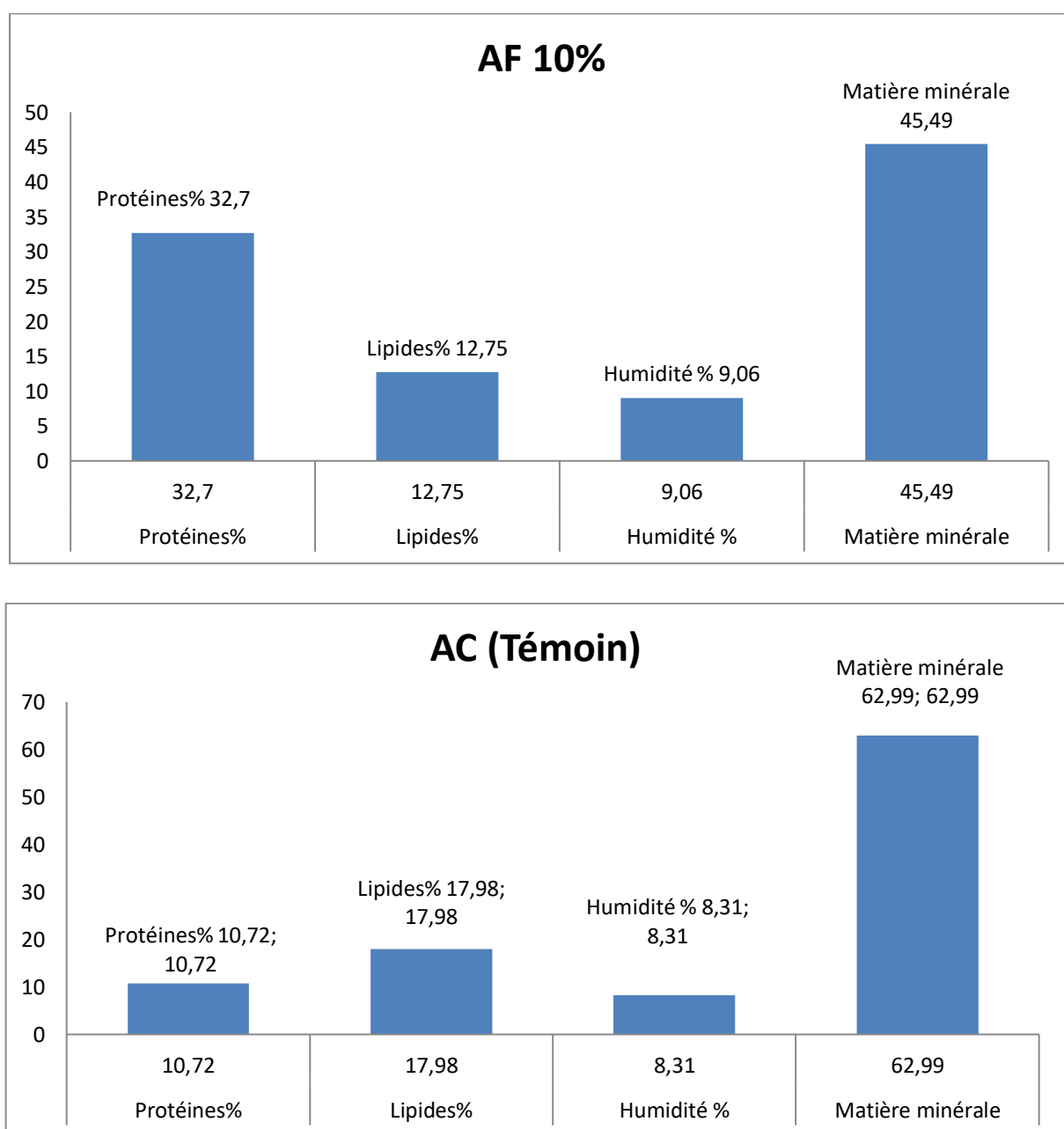


Figure 34 : composition chimique globale de l'aliment fabriqué et de l'aliment commercial.

III.4. Composition biochimique globale de la chair de poissons soumis aux régimes alimentaires

La qualité alimentaire d'un produit aquacole est son aptitude à bien nourrir. Elle présente trois aspects d'ordre organoleptique, nutritionnel et hygiénique. Par ailleurs, La composition chimique de la chair du poisson influence aussi bien ses caractéristiques technologiques que sa conservation étant donné qu'elle varie beaucoup, selon l'espèce, le poids, la maturation sexuelle, la nutrition, la période de l'année, l'activité etc.

La distribution de ces composants dans les différentes organes et les tissus du corps pourrait aussi montrer une différence considérable pour ces même causes. (WEATHERLEY ET GILL, 1987).

Les résultats de la composition chimique globale de la chair du tilapia du Nil alimenté par l'aliment commerciale et par l'aliment formulé (10%) sont illustrés dans le tableau 15 et figure34).

Tableau 16: composition biochimique globale de la chair du tilapia en fonction des aliments formulés.

	Chair de poisson	
	CP 10%	CPT (Témoin)
Protéines%	14.5	14
Lipides%	1,6	2,2
Humidité %	80,3	81,6
Matière minérale	4	2,5

(**CP10%** : chair des poissons alimentés avec **AF à10%**, **CPT** : chair des poissons alimentés avec **AC**).

III.4.1.Teneur en protéines

La chair du tilapia du Nil adulte est riche en protéine (17.4 à 19.4%) (NUTRAQUA, 2018). La fraction protéinique est presque identique dans la chair des poissons recevant les deux aliments 10% et AC, elle est respectivement de 14.5, et 14% (figure 35). Il est à signaler qu'il s'agit de poissons en phase de pré-grossissement et ils n'ont pas encore atteint l'âge commercial.

III.4.2.La teneur en matière grasse et en eau

L'eau est la principale composante de la chair du poisson. La teneur en lipides est toujours inversement proportionnelle à celle de l'eau. Les poissons sont ainsi classés en maigres (0 ; 5 %), semi-gras (5 à 8 %) et gras (8 à 25 %) (Piclet, 1987 in Zakhia, 1992).

La teneur en matière grasse et en eau de la chair des poissons recevant les deux aliments se situe respectivement entre 1.6 - 2.2% et 80.3 - 81.6 %, ces valeurs corroborent avec ceux relevés par Nutraqua (2018) (1.5-2.7%) pour les lipides et (77.9-80 %) pour l'humidité. A ce stade de croissance, le tilapia analysé est maigre

III.4.3. La teneur en cendres

Les cendres sont comprises entre 2.5-4% et elles sont supérieures aux valeurs, décrites par Nutraqua (2018), qui se situent dans l'intervalle [0.6-0.9%], cela est probablement dû à la forte concentration en ces matières dans aliments utilisés (figure 35)

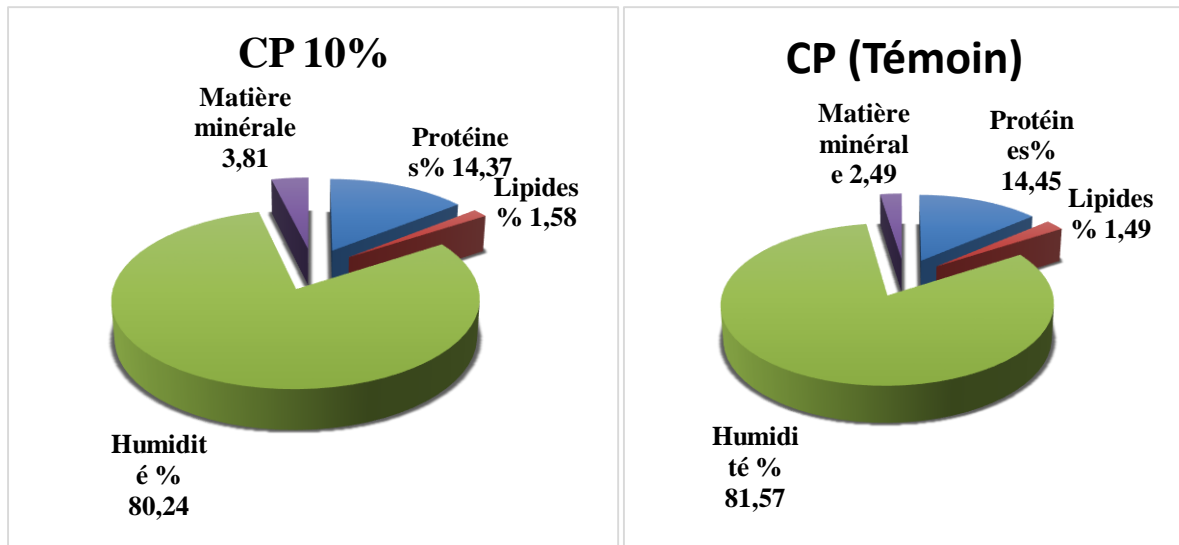


Figure 35: composition chimique de la chair des poissons alimentés par AF10% et AC.

III.5. Paramètres zootechniques des poissons soumis aux régimes alimentaires

Pour estimer la croissance des poissons et caractériser l'efficacité des aliments mis en essai, différents paramètres zootechniques ont été déterminés.

Les performances des régimes alimentaires proposés seront évaluées essentiellement sur la base du taux de survie, du gain de masse corporelle et du taux de croissance spécifique. Les principaux résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau 17

Tableau 17 Paramètres zootechniques enregistrés chez les alevins d'*O.niloticus* recevant deux régimes alimentaires différents.

Paramètres zootechniques	Aliments	
	AC	AF 10%
Taux de survie (%)	92,5	97,4
Poids total initial (g)	398,8	227,2
Poids moyen initial (g)	9,97±0.76	5,68±0.34
Poids total final (g)	893,55	1047,15
Poids moyen final (g)	24,15±2.0 9	26,85±1.67
GMC (g) ¹	14,18	21,17
GMQ (g/jours) ²	0,34	0,50
TCS (%/jours) ³	2,11	3,70
IC ⁴	0,74	0,63

¹ Gain de masse corporelle ; ² Gain moyen quotidien ; ³ Taux de croissance spécifique ; ⁴ Indice de conversion.

III.5.1. Taux de survie

Le taux de survie des alevins d'*O.niloticus* observé après 6 semaines d'élevage est compris entre 92.5-97.4%, la valeur supérieure est remarquée chez les poissons alimenté par AF 10%, cette dernière est similaire à celle trouvée par ELEGBE et *al.* En 2015 qui se situe entre 95-100% et elle est également supérieure à celle rapportée par PHANINDRA (2005) qui est entre 62 et 80%. Le taux de survie obtenu chez les poissons alimenté par AC est élevé par rapport à la gamme de tolérance conseillé par PHANINDRA (2005).

III.5.2. Paramètres de croissance

Le poids initial des poissons utilisés lors de cette étude était différent d'un individu à un autre, Le poids moyen initial est respectivement de $9,97 \pm 0.76$, $5,68 \pm 0.34$, g pour les poissons de l'aquarium AC et ceux nourris avec AF 10%.

Après 6 semaines d'élevage, les individus soumis aux régimes AC et AF 10% ont enregistré un poids final moyen dans l'ordre de $24,15 \pm 2.09$; $26,85 \pm 1.67$; Par ailleurs, le gain moyen corporel d'*O. niloticus* obtenus à la fin de l'expérience est plus élevé pour les animaux nourris avec l'aliment AF 10% (21.17 g) (Figure 36).

Ceci peut s'expliquer par le fait que ces aliments donnés aux poissons ont des teneurs en protéines comprise dans la gamme recommandés par leur alimentation à ce stade de leur développement (juvéniles).

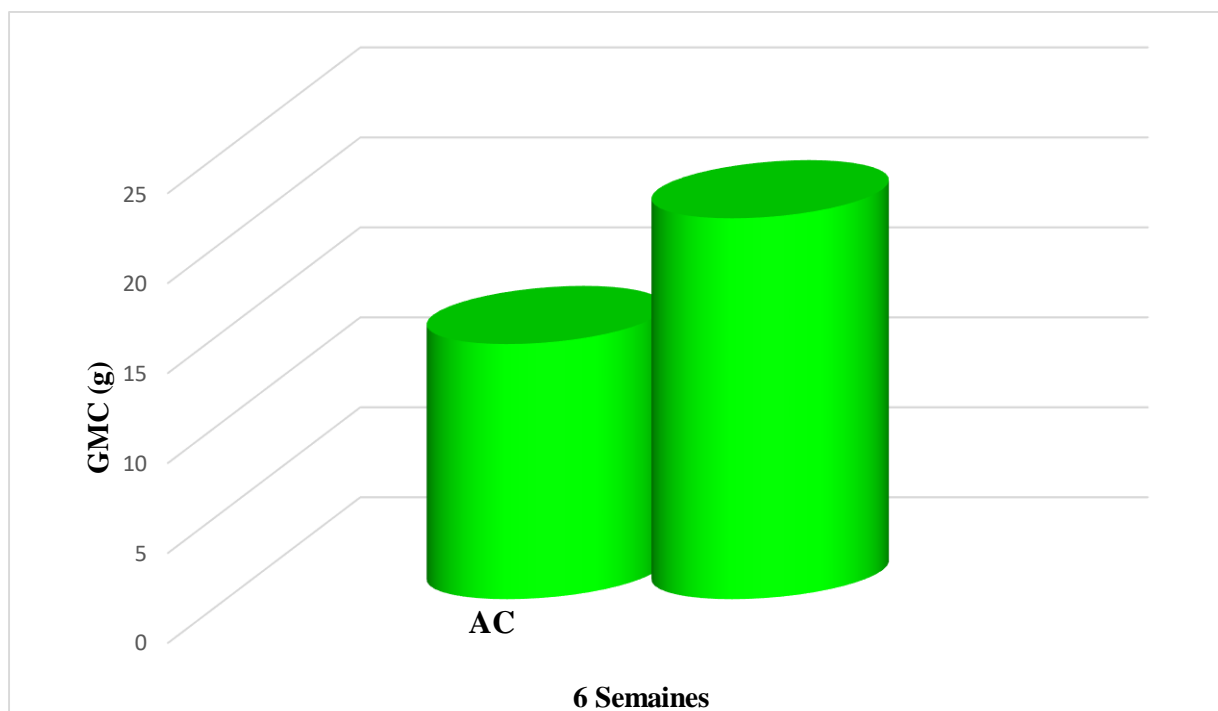


Figure 36 : variation du gain moyen corporel exprimé en (g) chez les Tilapias *O. niloticus* avec les deux régimes alimentaires.

III.5.3. Le poids

Le poids des poissons recevant l'aliment commercial ont présentés des gains moyens les plus bas qui sont de 14.18g.

III.5.4. Taux de croissance spécifique

Celui-ci a été amélioré de manière significative ($p < 0.05$) avec l'utilisation de deux types d'alimentation. Les valeurs TCS des poissons nourris par l'aliment fabriqué (10%) qui est de, 3.70 et %/Jours, étaient plus élevées que celle des poissons alimentés par AC (2.11%/Jours) (figure 37), ces taux sont supérieurs à ceux obtenus par ELEGBE et al. (2015) qui sont de l'ordre de 1.6 à 1.88%/j. Cela est vraisemblablement dû au meilleur degré de conversion des ingrédients incorporés dans ces aliments, ils seraient plus digestible et facilement assimilable par les poissons.

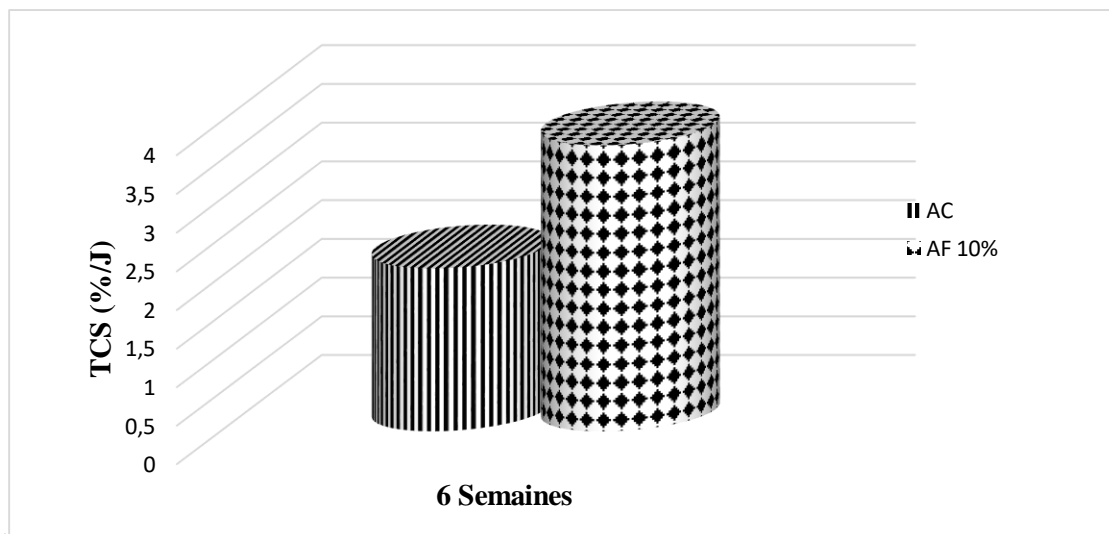


Figure 37 : Variation du taux de croissance spécifique exprimé en %/Jours chez les Tilapia *O. niloticus* avec les deux régimes alimentaires.

III.5.5. Paramètres d'utilisation alimentaire

L'indice de conversion est un indicateur couramment utilisé dans tous les types d'élevages, aquacoles ou non, de même que dans le milieu de la recherche. Il permet de donner une idée de l'efficacité alimentaire d'un aliment ou d'une stratégie alimentaire. Au sens mathématique du terme, l'I.C. est l'inverse de l'efficacité alimentaire. L'aliment préparés AC 10% (tableau 17) a enregistrées L'indice de conversion le plus faible, ce qui confirme l'efficacité de ce régime alimentaires. . D'ailleurs, une augmentation rapide de la taille des Tilapia au fil des semaines a été observé jusqu'à atteindre une valeur maximale de 11.28 cm. Par contre, les poissons soumis au régime AC ont une allure régulière et une tendance ascendante plus lente par rapport aux poissons élèves avec AF 10% (figure 38).

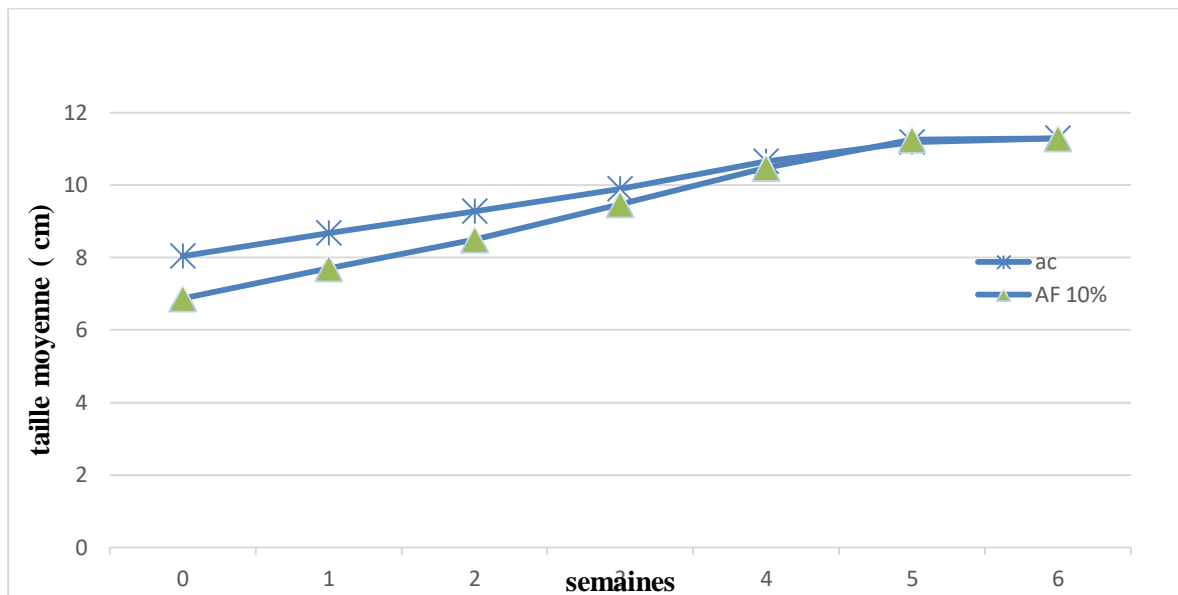


Figure 38 Evolution de la taille moyenne (cm) des Tilapia *O.niloticus* durant la période expérimentale recevant deux régimes alimentaires.

La figure 39 représente les courbes de l'évolution du poids chez les *O.niloticus* avec les deux cimentaires, on remarque que les valeurs du poids moyen des poissons élevés avec AC, AF 10%, évolue progressivement jusqu'à la 4ème semaine, au-delà, on a observé une augmentation plus rapide du poids des Tilapias recevant les régimes alimentaires AF10% qui ont atteint un poids moyen de $26,85 \pm 1.67g$. Cela est dû à l'adaptation des juvéniles aux nouvelles conditions expérimentales et au nouveau régime alimentaire.

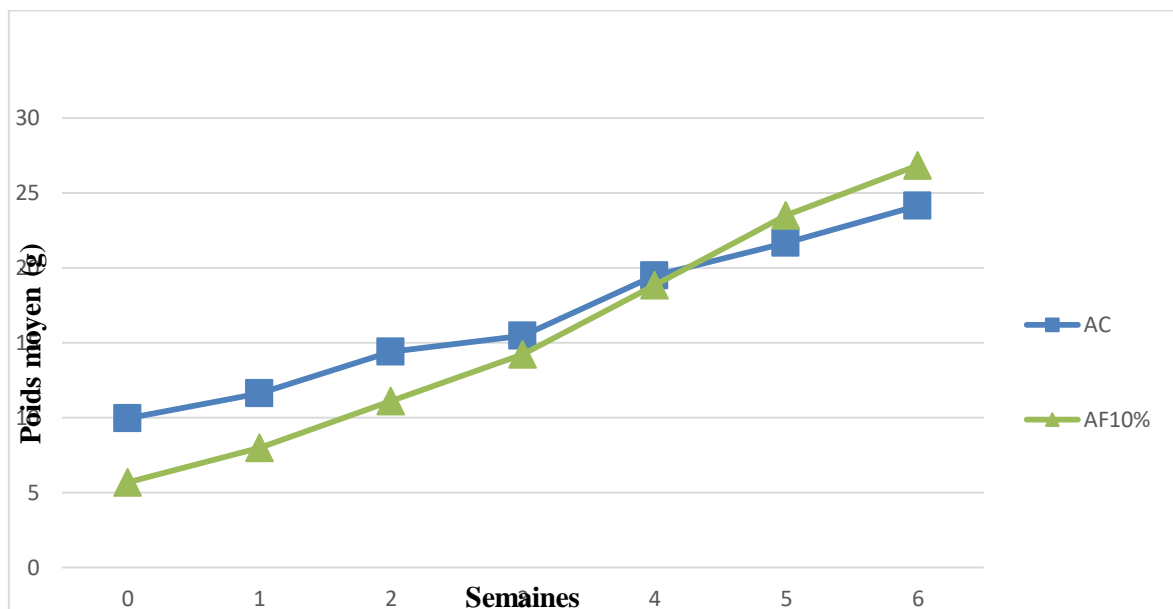


Figure.39 : Evolution du poids moyen (g) des Tilapia *O.niloticus* durant la période expérimentale recevant deux régimes alimentaires.

Dans le cadre de cette étude, on constate que l'aliment fabriqué et supplémenté à 10% du mélange yaourt déclassé – lactosérum (AF10%) avec une teneur en protéine totale de 32.7% donne les meilleures performances de croissance des poissons (taux de survie, gain de masse corporelle et taux de croissance spécifique).

De nombreuses études ont été effectuées sur la haute valeur nutritionnelle de la farine de Calmar en tant que source de protéines (CRUZ ET GUILLAUME, 1983; CRUZ-RICQUE *et al.* 1989).

CRUZ et GUILLAUME (1983) ont conclu que l'effet promoteur de la croissance est dû à la fraction protéique contenue dans les tissus de calmar, suggérant ainsi la présence d'un facteur de croissance inconnu. De plus, les études menées sur l'effet des ensilages de viscères utilisées en tant qu'enrichissement de l'alimentation de juvéniles de seiches *Sepia officinalis* (LE BIHAN ET AL., 2006a), de post-larves de crevettes *Penaeus japonicus* ou de juvéniles de bars *Dicentrarchus labrax* ont montré que les taux de conversion et de croissance sont fortement augmentés. De la même façon que pour la farine de calmar, l'hypothèse de la présence de facteurs de croissance dans les ensilages a été émise.

III.6.Paramètres biométriques

Aussitôt après la récolte des poissons, diverses mensurations ont été relevées. Elles concernent principalement: le poids total, la longueur totale (prise du bout du museau jusqu'à l'extrémité de la nageoire caudale), la longueur standard (du bout du museau à la base de la caudale) et la hauteur du corps (prise au niveau de la nageoire dorsale rayonnée).

Pendant la dissection, une incision latérale a été pratiquée de manière à opérer légèrement au-dessus de la ligne latérale. Vers l'avant, l'entaille s'arrête à l'angle de la bouche après être passée par les opercules. Dans la partie postérieure, elle se rétrécit lentement en arc pour s'arrêter au début de la nageoire anale. La portion de chair recouvrant les viscères est ensuite rabattue; ce qui nous offre une vue latérale gauche ou droite du tube digestif et des organes annexes. L'étape suivante consiste à sectionner le tube digestif à ses deux extrémités (à l'entrée de l'œsophage et à la sortie du rectum) et à l'étaler soigneusement pour prendre les mesures de différentes régions.

III.6.1. Mensuration du corps et de différentes régions du tube digestif

Ces mensurations devaient se faire sur l'ensemble des poissons soumis aux régimes alimentaires mais à cause du confinement et de pandémie Covid-19, les mesures ont été pratiquées sur deux individus uniquement.

Il s'agit de la longueur, de la largeur, du poids du poisson et de ces différentes régions du tube digestif. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 18 : Mensurations prélevées sur le corps et sur le tube digestif (Cm) (g) :

Longueur	L.T	H	Oe	ES	IN	TD	CV	HC	LF
P1	19.5	7.6	1.1	3.2	110	121	4.9	2.3	1.3
P2	18.1	6.7	0.9	3	110	120	3.6	2.2	1.2
Poids	P*T	-	P*OE	P*ES	P*IN	P*TD	P*CV	-	P*F
P1	215	-	-	0.79	3.85	7.5	-	-	0.33
P2	198	-	-	0.63	3.1	6.2	-	-	0.3

P : poisson , P* : poids (g), L.T:longueur totale du corps, IN: longueur de l'intestin, H : hauteur du corps, TD : longueur totale du tube digestif, Oe : longueur de l'œsophage, CV : longueur de la cavité viscérale, Es : longueur de l'estomac , HC : hauteur de la cavité viscérale, LF : Longueur du foie.

III.6.2.Histologie

L'intestin est un organe impliqué dans d'importantes fonctions physiologiques. Ainsi, il est le site de la digestion des aliments et de l'absorption des nutriments (CABALLERO *et al.* 2003). L'utilisation optimale des nutriments alimentaires dépend donc fortement de l'efficacité de ces fonctions.

Une étude histologique menée par LEBIHAN (2006) a été réalisée sur le bar soumis à 3 régimes alimentaires expérimentaux différents : hydrolysats PC60, LBBMA25 (ensilage acide de viscères seiche obtenu à 25°C) et hydrolysat Gabolysat.

L'utilisation de la microscopie (microscopie optique, objectif x40) a permis d'observer la structure de l'intestin et plus particulièrement de l'épithélium intestinal. L'ensemble des photos (Figure III. 8) montre une structure classique de l'intestin : des entérocytes de forme prismatique avec un noyau au pôle basal et une différenciation en microvillosités du pôle apical, caractéristique d'un épithélium simple prismatique et la présence de cellules à mucus entre les entérocytes. L'enrichissement PC60 induit la présence de villosités peu nombreuses et de taille réduite dès le 8^{ème} jour (âge : 68 jours). Alors que, les enrichissements LBBMA25 et Gabolysat entraînent une forte augmentation du nombre relatif de cellules à mucus par rapport au nombre d'entérocytes dès le 8^{ème} jour (Figure III.8).

L'ensemble de ces phénomènes est observé à la fois au niveau de la partie postérieure et antérieure de l'intestin.

En revanche, l'enrichissement Gabolysat, qui entraîne une augmentation du nombre de cellules à mucus en début de développement au niveau du segment postérieur, reste stable au cours du

temps et ne montre plus de différence significative avec le lot témoin au-delà du jour 56 d'élevage (âge : 116 jours). Au niveau de la partie postérieure, l'ensemble des traitements entraîne une évolution du nombre de cellules à mucus à une même vitesse. Cependant, l'enrichissement LBBMA25 entraîne toujours un nombre significativement plus élevé ($p < 0,05$) de cellules à mucus, suivi par l'enrichissement Gabolysat. Puis vient le témoin et enfin l'enrichissement PC60 qui provoque la présence d'un nombre réduit de cellules à mucus.

Une observation au microscope électronique des coupes histologiques révèle de nombreuses modifications ultrastructurales au niveau du tractus digestif des juvéniles de bars (Après 56 jours d'élevage (âge : 116 jours)).

La mesure de la taille des microvillosités montre qu'il existe des différences significatives en fonction de l'alimentation reçue après 103 jours d'élevage (âge : 163 jours). En effet, la taille moyenne des microvillosités est de $2,46\mu\text{m}$ pour les animaux témoins, de $1,97\mu\text{m}$ pour les animaux enrichis en Gabolysat, de $1,34\mu\text{m}$ pour les animaux enrichis en PC60 et de $2,87\mu\text{m}$ pour les animaux enrichis en LBBMA25. Ces résultats montrent donc que la taille des microvillosités est significativement plus faible ($p < 0,05$) pour les animaux enrichis en PC60 par rapport aux autres lots. En revanche, l'enrichissement LBBMA25 entraîne une augmentation significative ($p < 0,05$) de la taille des microvillosités en comparaison avec les animaux témoins.

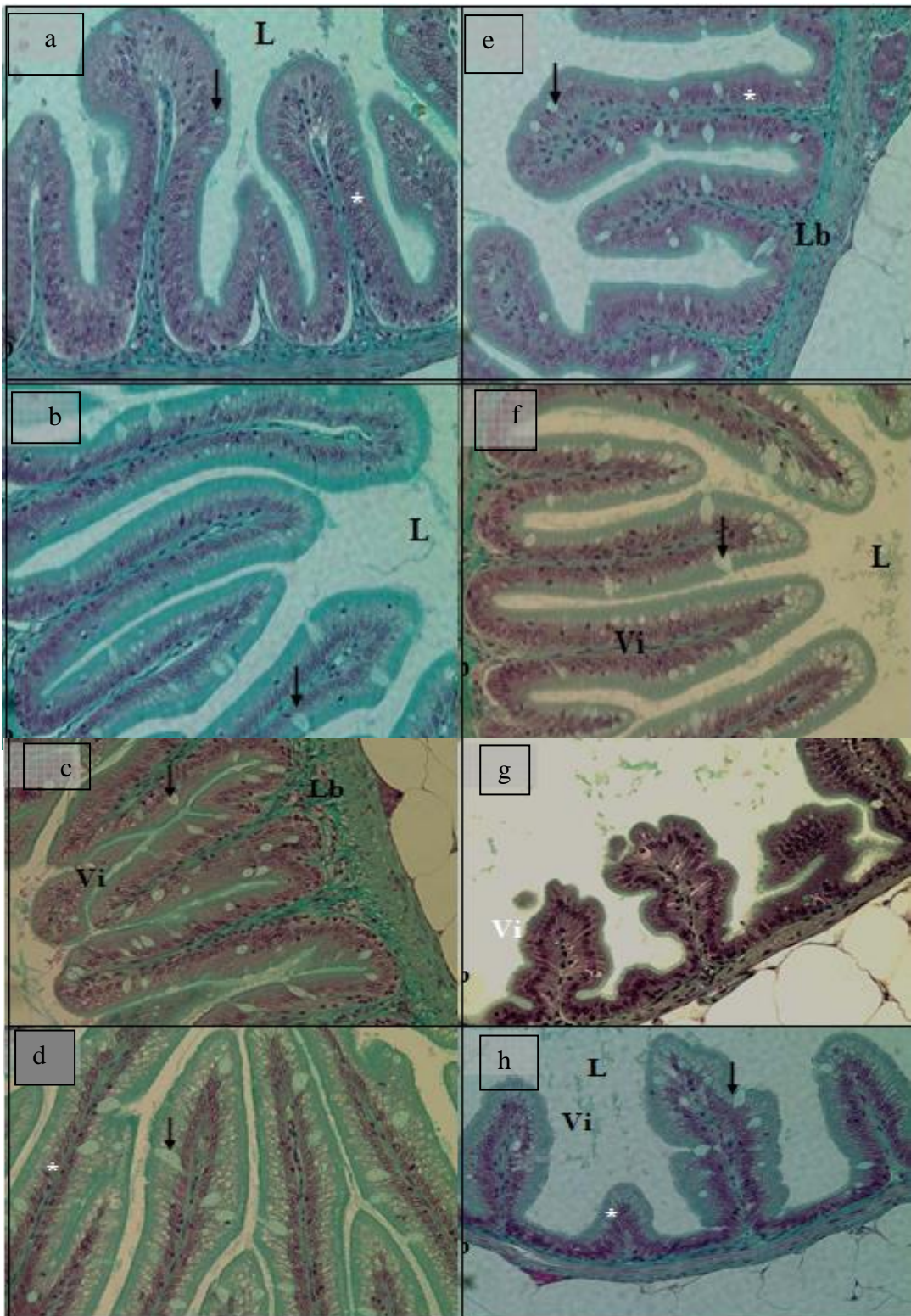


Figure 40 : Structure histologique des villosités intestinales au niveau des caeca pyloriques après 42 jours d'élevage (x40). a) segments antérieurs des bars témoins. b) segments postérieurs des bars témoins. c) segments antérieurs des bars LBBMA25. d) segments postérieurs des bars LBBMA25. e) segments antérieurs des bars Gabolysat. f) segments postérieurs des bars Gabolysat. g) segments antérieurs des bars PC60. h) segments postérieurs des bars PC60. L : Lumière intestinale

III.6.2.1. Discussion

La croissance et la survie des poissons d'élevages sont très variables en fonction de l'aliment utilisé.

Une meilleure utilisation de la nourriture est largement dépendante de la digestion et de l'absorption de l'aliment. Ce phénomène dépend de la capacité digestive des animaux qui est fonction de leur stade et de leur capacité à transférer l'aliment digéré à travers la membrane de l'épithélium de l'intestin (Klein *et al.* 1998).

L'intestin est un organe impliqué dans d'importantes fonctions physiologiques. Ainsi, il est le site de la digestion des aliments et de l'absorption des nutriments (Caballero *et al.* 2003). L'utilisation optimale des nutriments alimentaires dépend donc fortement de l'efficacité de ces fonctions.

Pour une meilleure compréhension des mécanismes impliqués dans la digestion et la croissance des juvéniles du tilapia du Nil, nous avons choisi d'effectuer des études morphologiques et morphométriques via l'utilisation de la microscopie optique. L'étude histologique a permis d'observer la présence massive des cellules à mucus entre les entérocytes. Ces cellules permettent de lubrifier l'épithélium pour favoriser les échanges. Ainsi, la sécrétion permet de maintenir une quantité d'eau (hydratant le mucus) qui favorise la diffusion des substances et les mécanismes d'absorption et une lame basale reposant sur le tissu conjonctif.

Les cellules à mucus sont aussi présumées contribuer aux défenses des poissons contre les organismes pathogènes (Dezfuli *et al.* 2006). Des différences de structure intestinale sont essentiellement observées au niveau des caeca pyloriques et de l'intestin.

- L'enrichissement PC60 entraîne la présence de villosités peu nombreuses et de taille réduite, ainsi qu'un nombre réduit de cellules à mucus dès le 8^{ème} jour d'élevage (âge : 68 jours).
- les enrichissements LBBMA25 et Gabolysat permettent une forte augmentation du nombre relatif de cellules à mucus par rapport au nombre d'entérocytes dès le 8^{ème} jour d'élevage. L'arrêt de l'enrichissement ne provoque pas de changement au niveau des structures intestinales. L'enrichissement LBBMA25 entraîne toujours un nombre plus élevé de cellules à mucus, suivi par l'enrichissement Gabolysat, puis, vient le témoin et enfin l'enrichissement PC60 qui provoque la présence de peu de cellules à mucus.

L'ensemble de ces données montre que la présence de cellules à mucus pourrait donc être un élément clé dans la mise en place du système digestif des bars, pour obtenir une digestion et une absorption suffisante à une bonne croissance.

Après La mesure de la taille des microvillosités, l'enrichissement LBBMA25 entraîne une forte augmentation de la taille des microvillosités en comparaison avec les animaux témoins.

Certains auteurs ont démontré que des saumons transgéniques, mutés au niveau du gène de l'hormone de croissance, ont une surface intestinale augmentée par rapport à des saumons témoins, suggérant que les saumons transgéniques sont capables d'augmenter leur croissance en augmentant la taille totale de l'intestin et en stimulant la sécrétion des enzymes digestives par les cellules intestinales (Stevens *et al.*, 1999; Stevens and Devlin, 2000; Blier *et al.*, 2002).

L'étude histologique de l'intestin des poissons soumis aux deux régimes alimentaires a permis d'observer au microscope optique ce qui suit (figure 41).

- L'aliment témoin (commercial) entraîne la présence des microvillosités peu nombreuses et de taille réduite, ainsi qu'un nombre réduit de cellules à mucus.
- l'aliment formulé a permis une présence importante des microvillosités qui étaient de taille très développée. Bien que l'étape de fixation au formol était trop longue (13mois), l'observation microscopique a révélé comme même que les cellules à mucus sont plus nombreuses. Ces dernières sont responsables de la sécrétion des enzymes de digestion et de la lubrification de l'intestin, ce qui explique la bonne digestion de l'aliment expérimental et la bonne croissance des individus mis à l'essai.

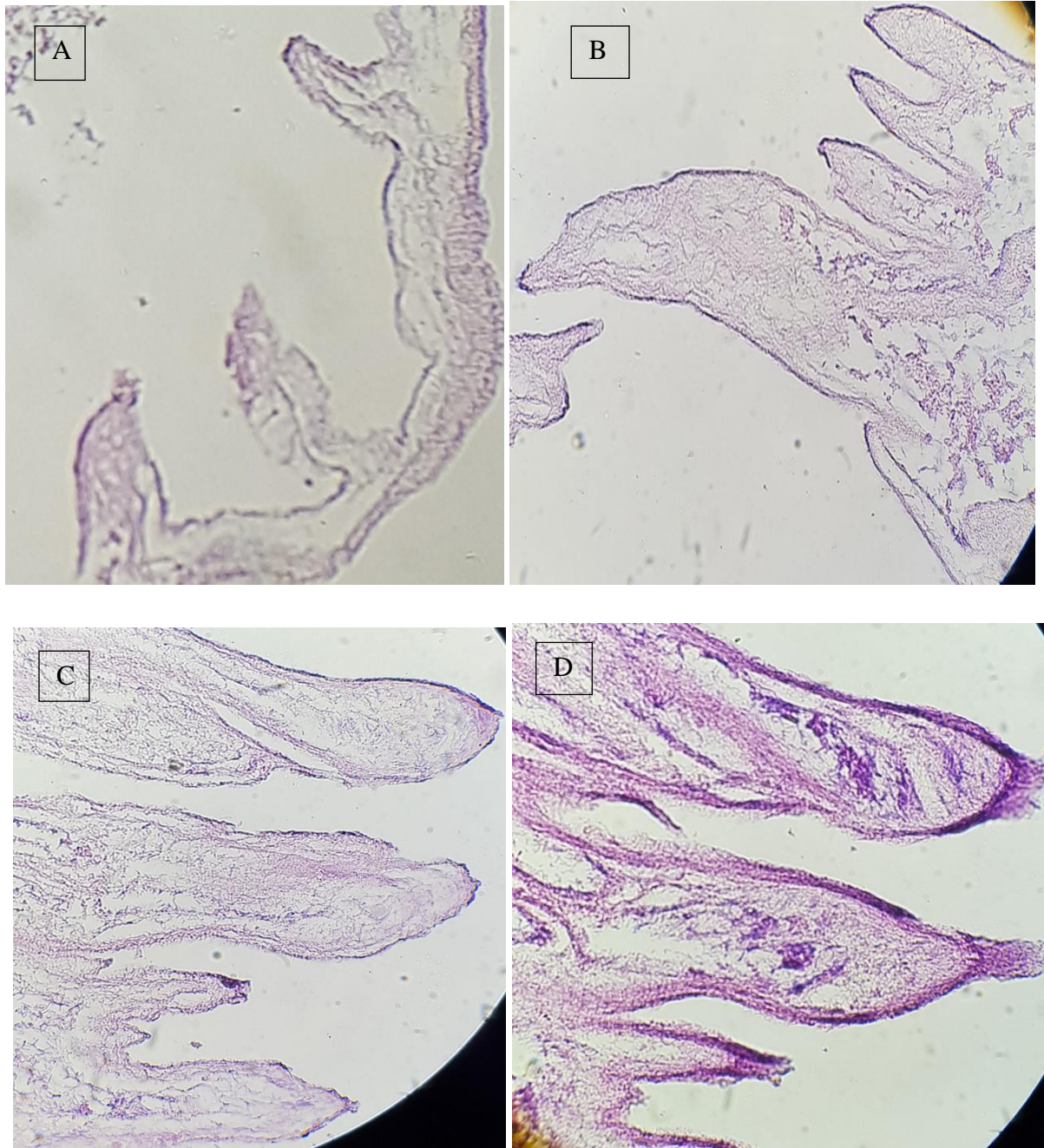


Figure 41 : structure histologique des microvillosités intestinales après 45 jours d'élevage.

- a) Segment antérieur du tilapia alimenté par l'aliment témoin (commercial).
- b) Segment postérieur du tilapia alimenté par l'aliment témoin (commercial).
- c) Segment antérieur du tilapia alimenté par l'aliment formulé à 10%.
- d) Segment postérieur du tilapia alimenté par l'aliment formulé à 10%.

III.6.2.3 Conclusion

On conclut qu'un mauvais enrichissement entraîne donc un faible développement de l'intestin caractérisé par des villosités et des microvillosités de tailles très réduites et peu de cellules à mucus. Une structure faiblement développée de l'intestin est en accord avec les données zootechniques obtenues avec l'utilisation de ce mauvais enrichissement. Ainsi, un meilleur enrichissement permet à la fois d'augmenter le nombre de cellules à mucus, la taille des microvillosités et favorise la présence de villosités développées. Ces trois paramètres optimisent l'absorption puisque la surface d'échange est particulièrement augmentée (grandes villosités et microvillosités) et que l'échange est favorisé en milieu aqueux (beaucoup de cellules à mucus) (PHILIP et BALAS, 2002).

L'ensemble de cette étude montre que la composition biochimique globale (protéines, glucides, lipides et poids moléculaire) des traitements intervient grandement dans la régulation des enzymes digestives. De ce fait, l'utilisation d'un traitement riche en molécules de faible poids moléculaire optimise les capacités digestives des juvéniles de bars. Toutefois, le développement du système digestif et en particulier de l'intestin fait intervenir une régulation beaucoup plus fine impliquant des molécules particulières propres à un lysat donné. Les différents traitements utilisés permettent une forte stimulation de la croissance associée à une optimisation de la digestion des juvéniles de bars à la fois via la régulation des capacités digestives (composition biochimique globale), mais aussi en favorisant l'absorption des nutriments au niveau de l'intestin (molécules particulières). De plus, seul meilleur traitement (enrichissement) permet une augmentation de la taille des microvillosités au niveau de l'intestin. Cet aliment entraîne donc des changements importants au niveau de la physiologie digestive des juvéniles de bars. Une caractérisation des molécules impliquées dans ce mécanisme est sérieusement envisagée.

III.7. Etude comparative

Dans le cadre de notre étude nous avons fait une étude sur quatre types d'aliment artificiel on a pris que les régimes qui ont donnés les meilleurs performances de croissance donc une meilleur croissance chez le tilapia du Nil et on les a comparés avec notre aliment pour voir qui est le plus performant et qui a donné les meilleures résultats.

Les régimes alimentaires qui nous avons pris sont :

RA1 : Aliment à base de ver de terre qui a été incorporé sous forme de farine (séchés après broyer et tamisé) (PIERRE K *al* ; 2017).

RA2 : Aliment à base de ver de terre qui a été servi frais (PIERRE K *al* ; 2017).

RA3 : Aliment à base de tourteau de soja (AZAZA M, S et *al* ; 2005).

RA4 : l'aliment préparé à base du yaourt déclassé et de lactosérum.

III.5.1. Les paramètres zootechniques

Les paramètres zootechniques relevés chez les alvins d'*O. niloticus* recevant quatre régimes alimentaires différents (RA1, RA2, RA3 et RA4) sont consignés ci-dessous

Tableau 19 : paramètres zootechniques enregistrés chez les alvins d'*O. niloticus* recevant les quatre régimes alimentaire différents.

Variable	Régime alimentaire			
	RA1	RA2	RA3	RA4
PMI ¹	6,24±0,59 ^a	6,25±0,15 ^a	2,060±00,81 ^a	5,68±0.34
PMF ²	27,66 ± 4,06 ^a	38,82 ± 3,51 ^b	21,333±0,636 ^a	26,85±1.67
TS ³	98,88±1,92 ^a	100±0,00 ^a	88,667±5,634 ^a	97,4
GP (g/j/ind) ⁴	0,71 ± 0,13 ^a	1,06±0,24 ^b	0,428±0,022 ^a	0,50
TCS (%/j) ⁵	5,90 ± 0,15 ^a	7,25±0,18 ^b	5,194±0,081 ^a	3,70
TCA (g/g) ⁶	1,81±0,17 ^a	1,30±0,94 ^b	1,969±0,109 ^a	0,63

¹ poids moyen initial. ² poids moyen final. ³ taux de survie. ⁴ gains de poids.

⁵ taux de croissance spécifique(%) = $100 (dt)^{-1} \ln (Pm_f/Pm_i)$; *dt* : durée de l'expérience (j).

⁶ taux de conversion alimentaire (indice de conversion) Quantité d'aliment ingérée rapportée à la matière sèche)/ (Biomasse produite.

Les données obtenues en fin de chaque expérience, montrent que les poids moyens finaux des poissons varient entre 21,33±0,63g pour le lot nourri avec le régime RA3 et 38,82±3,51 pour celui qui a reçu le régime RA2.

Le test de Duncan montre qu'il n'y a pas de différence significative pour les poids moyens finaux individus ayant reçus des régimes RA1 et RA4 avec respectivement de 27.66 et 26.85g. Par contre, le lot nourri avec le régime RA4 a donné le meilleur poids final 38,82g tandis que le lot nourri avec le régime RA3 a montré le poids final le plus faible 21,33.

Les taux de croissance TCS calculés varient entre 3,70% chez les poissons nourris avec le régime RA4, et 7,25 % chez ceux nourris avec le régime RA2, avec une différence non significative entre RA1 et RA3.

Les taux de conversion alimentaire sont compris entre 0,63 et 1,969 respectivement pour les régimes RA4 et RA3.

Ainsi, les poissons recevant des aliments contenant les vers de terre et plus particulièrement le lot RA2, se distinguent par une bonne croissance pondérale et transformation alimentaire. Cette performance est plus accrue au niveau de RA2, recevant un aliment à 15% de ver de terre frais (*Eisenia foetida*) donné en complément alimentaire, avec un Taux de Croissance Spécifique (TCS) de $7,25 \pm 0,18$.

Mais c'est le lot nourri avec l'aliment contenant le mélange yaourt-lactosérum à 10% qui a donné le meilleur taux de conversion 0,63, indiquant une bonne digestibilité des aliments du fait de la nature des ingrédients et la forme granulée des aliments expérimentaux.

III.5.2.Composition chimique de la chaire

Une étude comparative de la composition chimique de la chair du tilapia du Nil élevés avec les régimes alimentaires RA3 et RA4 est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 20: composition biochimique globale de la chair d'*O.niloticus* en fonction de l'aliment formulé.

	Chair de poisson	
	RA3	RA4
Protéine	15,12	14.89
Lipide	5,83	1,92
Humidité	74,26	81,08
Sel minéraux	2,91	2,11

La fraction protéinique est plutôt constante dans la chair des poissons recevant les deux régimes alimentaire RA3, RA4, elle est respectivement de 15,12 et de 14.89% ; mais ces valeurs restent légèrement en dessous aux teneurs théoriques en protéines de la chair du tilapia adulte (17.4 à 19.4%) (NUTRAQUA, 2018).

La teneur en lipide est toujours inversement proportionnelle à celle de l'eau. Les taux en matières grasses enregistrés sont de 5.83 % dans la chair du tilapia nourri avec le régime RA3 et de 1,92 % dans la chair du tilapia alimenté avec le régime RA4. De ce fait, on déduit que le tilapia du Nil est un poisson maigre.

La teneur en eau est de **77,26%** dans la chair du tilapia alimenté par le régime RA3 et de **81.08 %** dans la chair du tilapia soumis au régime RA4; ces valeurs sont incluses dans les

intervalles citées dans la bibliographie (**Tableau 19**) (77 – 80 % d'eau) et rapporté par Dergal (2015) (**80,7 ± 0,40 %**).

La teneur en matières minérales est déterminée par destruction de toute la matière organique par combustion. Le taux est dans l'ordre de **2,91%** et **02,11 %** dans la chair du tilapia soumis au régime RA3 et dans la chair du tilapia nourri avec le régime RA4. Ces valeurs sont supérieures à celles rapportées dans la littérature (**Tableau 19**) (**0,6 – 0,9 %** de cendres) et à celles obtenues par Dergal (2015) (**0,59 ± 0,12%**). Cela est probablement dû à la forte concentration de ces deux régimes alimentaires en matières minérales.

III.5.3. Conclusion

Ces résultats montrent que pour un poisson tel que le Tilapia, un régime contenant uniquement des protéines d'origine végétale n'entraîne pas de bonnes performances de croissance au cours du prégrossissement.

Les résultats obtenus concordent avec les travaux réalisés sur d'autres espèces de Tilapia telles que *O. aureus* et *O. mossambicus* qui montrent que l'incorporation des protéines animales augmente fortement la digestibilité des aliments et par suite les performances de croissance (Mathavan et Paudian, 1976; Davis et Stickney, 1978). En effet, selon Stickney (1986), chez *O. niloticus* le remplacement des protéines animales par des protéines végétales à concurrence de 25 % paraît acceptable. Alukunde (1982, in Jauncey et Ross, 1982) a montré aussi que la substitution de 11 % de la farine de poisson par la farine d'arachide, dans un régime de 45 % de protéines, n'affecte pas la croissance chez les alevins d'*O. niloticus*. Avec un régime moins riche en protéines (30 %). A noter que chez le Tilapia *Oreochromis niloticus* le rapport protéines animales/protéines végétales a un rôle important sur les performances de croissance qui augmentent avec la part des protéines animales (Sitasit et Sitasit 1977; Mélard et Philippart, 1981). Toutefois des résultats ont montré que le Tilapia du Nil nourri avec un régime alimentaire contenant 0 % de farine de poisson et 60 % du tourteau de soja présente les mêmes performances de croissance qu'un aliment commercial contenant la farine de poisson (Shiau et al., 1990).

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Le présent travail, qui fait suite à cette première étude réalisée par MERZOUK et LALAM en 2019, a principalement pour objectif d'évaluer l'effet de la supplémentation des sous-produits laitiers de Danone (mélange de yaourt déclassé et de lactosérum) à raison de 10 % sur la survie et la croissance du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* en élevage expérimental pendant 45 jours.

Les analyses microbiologiques et biochimiques des sous-produits de DDA indiquent que ces ingrédients sont conformes aux règles sanitaires et présentent une haute valeur ajoutée.

En effet, le régime alimentaire mis en essai répond aux besoins nutritionnels de l'espèce étudiée. Les valeurs obtenues pour les protéines et lipides totaux étaient dans les intervalles appropriés par rapport aux besoins du Tilapia.

La population élevée avec l'aliment formulé à base de ces sous-produits présente des performances zootechniques et biométriques nettement meilleures que celle soumise à l'aliment commercial témoin.

L'histologie des microvillosités intestinales des poissons montre une structure classique de l'intestin : des entérocytes de forme prismatique avec un noyau au pôle basal et une différenciation en microvillosités du pôle apical, caractéristique d'un épithélium simple prismatique et la présence de cellules à mucus entre les entérocytes. En comparaison avec les animaux témoins, L'enrichissement à 10% induit une augmentation de la taille des villosités et du nombre relatif de cellules à mucus par rapport au nombre d'entérocytes après 45 jours d'élevage. Ces cellules seraient responsables de la sécrétion des enzymes de digestion et contribueraient aux défenses des poissons contre les organismes pathogènes.

Néanmoins, ces résultats sont conditionnés par la période d'étude et la pandémie Covid-19. A l'avenir, il serait intéressant de :

- Augmenter la durée d'élevage jusqu'au stade de la taille commerciale de l'espèce,
- Déterminer la composition des protéines en acides aminés essentiels, la nature et le taux d'acides gras insaturés et des minéraux composants ce régime alimentaire,
- Doser le taux des enzymes digestives (trypsine chymotrypsine...) des poissons mis sous régime,
- Etudier l'ultra-structure des microvillosités pour observer les modifications structurales en rapport avec l'absorption des aliments et la digestion.
- Tester ces aliments sur les autres animaux aquacoles.

Références bibliographiques

Bibliographie

ADRIAN J. (1971).Traitement thermique et qualité des protéines du soja. influence des modalités de la cuisson du tourteau sur ses teneurs en thiamine, acide pantothénique et méthionine .p. 88.

ADRIAN J., BOURLIER G. (1980). Composition minérale du lactosérum. Influence des facteurs technologiques, saisonniers et géographiques. Lait: p.p. 447-457.

AGNES N. (1986). Production des protéines à partir de lactosérum brut. Thèse de doctorat .science microbiologie. France : université de Lyon.

A.G. Tacon. (1996). Feeding tomorrow's fish. World aquaculture, 27, (3), p.p. 20-32.

A.J. Jackson et al. (1982). Evaluation of some plant proteins in complete diets for the Tilapia *Sarotherodon mossambicus*. Aquaculture,27 .p.p. 97–109.

Al dilaimi A. (2009). Détermination de la ration lipidique alimentaire optimale chez les alevins du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*). Mémoire de Magister. Gestion des ressources aquatiques. Oran : université d'Oran. p. 52.

ALIAS C., LINDEN G. (2004). Biochimie alimentaire. Paris : 5ème Ed : Lavoisier. P.P. 162-164.

ARCHIVE DANONE. (2006). Document de référence interne. 2006. Collectif.

ARCHIVE DANONE. (2011). Document de référence interne.2011. Collectif.

ARCHIVE DANONE. (2012). Document de référence interne.2012. Collectif.

ARCHIVE DANONE. (2013). Document de référence interne.2013. Collectif.

ACHIVE DANONE. (2017). Document de référence. Rapport financier du groupe DANONE.

ARCHIVE DANONE. (2019). Document de référence interne.2019. Collectif.

ARRIGNON J. (2000). Pisciculture en eau douce: le Tilapia. Le technicien d'agriculture tropicale. Paris : Maisonneuve et Larose.

AUFFRAY., JACQUARD. (1998). Dictionnaire de la Biologie. Paris : Edition Flammarion.

BALARIN J. D., HATTON J. P. (1979). Tilapia. A guide to their biology and culture in Africa. Unit of Aquatic and pathobiology. University of Sterling. Scotland. P. 174.

BARNABE.G et al. (1991). Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. Paris : Edition Lavoisier.

BERNIER J. J et al. (1984). Physiologie de la digestion chez l'homme normal et l'opéré du tube digestif. Paris : Doin (Ed.). p.p. 25–84.

BERNIER J. J et al. (1988). Les aliments dans le tube digestif. Paris: Doin (Ed.). p. 450.

BEVERIDGE. MALCOM C. M., BERNDAN J.MC ANDREDEW. (2000).Tilapia: biology and exploitation. Kluwer Academic Publishers.

BOEUF G., PAYAN P. (2001). How should salinity influence fish growth, Comparative Biochemistry and Physiology Part C.p.p. 411-423.

BOWEN S. (1982). Feeding , digestion, and growth qualitative considerations. In: Pullin R., Lowe-McConnell R. (Ed.). The Biology and Culture of Tilapias. ICLARM Proceedings Bellagio Conference. Manila. Philippines. p.p.141-156.

BRADY S et al. (2016). Valorisation du lactosérum. Document non publié. France : Université de lorraine, ENSAIA, Vandœuvre-lès-Nancy.

CAMPBELL. (1995). Biologie. Adaptation et révision scientifique de R. Mathieu. Saint-Laurent (Québec) : Editions du Renouveau Pédagogique Inc.

CHERVINSKI J. (1982). Environmental physiology of tilapias. 119-128. In: Pullin R.S.V., Lowe- McConnell R.H., The biology and culture of tilapias, I.C.L.A.R.M. Conference Proceedings , International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. p. 432.

D.PAULY1. (1997). Adaptation française J.MOREAU, Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. Toulouse : CEPADUES6-éditions.

- DEZFULI , B et al . (2006).** Effects of experimental terbuthylamine exposure on the cells of *Dicentrarchus labrax*(L.). *Chemosphere* , in press.
- ENKORO, S. P. (2006).** Evolution des caractéristiques organoleptiques, microbiologiques et chimiques des filets de soles langues tropicales frais exportent. Sénégal : Université CHEIKH ANTA DIOP.
- ERICKSON R. H., KIM Y. S. (1990).** Digestion and absorption of dietary protein. *Annual Review of Medicine*. San Francisco : university of California.p.p.133-139.
- F.A.O. (2012).** Satisfaire les Besoins en Alimentation d'un secteur Aquacole en plein Essor:Analyse. Sixième session du sous-comité de l'aquaculture; le Cap (Afrique du Sud),26-30.p.p.2012. 240.
- FAO. (2013).** système d'information sur les ressources alimentaire et d'engrais en en aquaculture [en ligne]. Rome : FAO. [Consulté le 16 Février 2016]. Disponible sur le web : <https://ww.fao.org/fishery/publication/yerbooks/en>.
- F.A.O. (2017).** Cultured aquatic species fact sheets *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758).
- FINEMAN-KALIO A. S. (1988).** Preliminary observations on the effect of salinity on the reproduction and growth of freshwater Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Cultured in brackishwater ponds. *Aquaculture and the Fisheries Management* 19, p.p.313-320.
- FRANCK ,G et al . (2015).** Illustré sur les poissons .Bruxelles : Quea. p.p. 15-17.
- GANAPATHY ,Vet al . (1994) .** Intestinal transport of amino acids and peptides. *Physiology of the gastrointestinal tract*. Johnson, L. R. New-York : (Ed.); 3^{ème} edition. Raven Press. p.p. 1773-1793.
- GUILLAUME J.et al. (1999).** Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. Paris: INRA Éditions.p.p. 356-489.
- GUILLAUME J et al. (1999).** Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. Paris : Ed. INRA. p. 360.
- HAMSI, N. (2013).** Contribution à l'étude de l'optimisation de l'extraction solide-liquide des lipides par Soxhlet du caroubier (*Ceratonia siliqua*) de la région de Tlemcen. Thèse. Sciences des aliments. Tlemcen : Université ABOU BAKKR BELKAID. p. 58.

HEPBURN, J S. (1908). The Modifications of the Kjeldahl Method For the Quantitative Determination of Nitrogen. Journal of the Franklin Institute. Vol.CLXVI, n°982, p.p.82-99.

HOCINE, N. (2017). Evaluation de la qualité organoleptique , hygiénique et nutritionnelle du tilapia du Nil *oreochromis niloticus*. Mémoire d'ingénieur .hydrobiologie. Khemis Miliana : université El Djilali Bounama. p.4.

IGOUD S. (2015) . Intégration d'énergie renouvelable et de procédés durables pour l'épuration des eaux usées urbaines. Thèse de doctorat. Alger, ENP El Harrach.

JAUNCEY, K., ROSS, B. (1982). A guide to tilapia feeds and feeding. Scotland : 2^e éd. University of Sterling. p.111.

KAUSHIK ., LUQUET. (1993). Nutrition et Alimentation des Poissons et Crustacés. Paris : INRA.

KESTEMONT P et al. (1989). Les méthodes de production d'alevins de *Tilapia nilotica*. FAOIPNUD .Programme de mise en valeur et de coordination de l'aquaculture. ADCPIREP/89/46. p.131.

KEYS, ANCEL .(1940). A Rapid Micro-Kjeldahl Method. The Journal of Biological Chemistry. n°132, p.p. 181-187.

KONNO T et al. (2000). A partially unfolded structure of the alkaline-denatured state of pepsin and its implication for stability of the zymogen-derived protein. Biochemistry. 39(14), p.p.4182- 4190.

L.C.HOFFMAN et al. (1997). Partial replacement of fish meal with either soybean meal, brewers yeast or tomato meal in the diets of African sharptooth catfish *Clarias gariepinus*. Water SA, 23: p.p. 181-186.

LALAM, L. MERZOUK, M. (2019). Traitement et valorisation des sous produits d'une industrie laitiers DANONE en vue d'une application aquacole :Alimentation animale.Mémoire.Biotechnologie marine. Alger .ENSSMAL.

LAZARD J. (1990). L'élevage du tilapia en Afrique. Données techniques sur sa pisciculture en étang. In : LAZARD J., MORISSENS P., PARREL P., AGLINGLO C., ALI I. et ROCHE P. 1990. Méthodes artisanales d'aquaculture du tilapia en Afrique. C.T.F.T. (Départ. du CIRAD) Ed., Nogent sur Marne .p. 82.

- LAZARD, J. (2007).** Aquaculture et espèces introduites : exemple de la domestication ex situ des Tilapias. Cahier Agricultures .Vol. 16, 2.
- LE BIHAN, E. (2006).** Valorisation des co-produits issus de la pêche des céphalopodes : applications à la seiche. Thèse de doctorat. Science agronomique, biotechnologie alimentaire. France : université de Caen.p.p.280-301.
- LEDUC, F. (2011).** Evaluation de la qualité des poissons frais par des approches chimiques.Thèse de doctorat. Biochimie. France: Université de Lille.
- LOWE-MCCONNELL R.H. (2000).**The role of tilapias in ecosystems. In: Beveridge, M.C.M. and McAndrew, B.J. Dordrecht/Boston/ London: (eds) Tilapias: Biology and Exploitation. Kluwer Academic Publishers. p.p. 129–162.
- MAGID A., BABIKER M. (1975).** Oxygen consumption and respiratory behavior of three Nile fishes. Hydrobiologia. 46 (4).p.p. 359-367.
- MATHAVAN S.V., PAUDIAN T.J. (1976).**Food utilization in the fish Tilapia mossambica fed on plant and animal foods. Holgolander wiss. Meereswits, 28 (1).p.p. 66 – 70.
- MÉDALE. F. (2005).** Caractéristiques nutritionnelles des poissons et facteurs de variation. Aquaculture.
- MÉDALE, F. (2010).** Pratiques d'élevage et qualité nutritionnelle des lipides des poissons.
- MEKIDECHE, A. (2016).**Etude comparative de Deux types d'Aliment pour L'élevage du Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*). Mémoire. Aquaculture .Alger : ENSSMAL, p. 36.
- MELARD CH., PHILIPPART J.C. (1981) a.** Pisciculture intensive du Tilapia *Sarotherodon niloticus* dans les effluents thermiques d'une centrale nucléaire Belgique. : In proceedings word symposium on aquaculture in heated effluents and recirculation systems, Berlin :Stavanger. 28- 30 .Vol 1,p.p. 637-658.
- MELARD CH., PHILIPPART J.C. (1981) b.** La production de Tilapia de consommation dans les rejets industriels d'eau chaude en Belgique. Cahiers d'Ethologie Appliquée. 2 (2), p. 122.

MELARD CH. (1986). Recherche sur la biologie d'Oreochromis (Tilapia) niloticus L. (piscies Cichlidae) en élevage expérimental: reproduction, croissance, bioénergétique. Thèse de doctorat en Sciences Zoologiques. Belgique : Université de Liège. P.192.

MELARD, C. (1986). Les bases biologiques de l'élevage du Tilapia du Nil, Cah. Ethol. Appl., 6 (3), p. 224.

MELARD C. (1999). Bases biologiques de l'aquaculture : Notes de cours. Belgique : Université de Liège, Centre de Formation et de Recherche en Aquaculture. p. 238.

MOREAU J. (1979). Biologie et évolution des peuplements de Cichlides introduits dans les lacs malgaches d'altitude. Thèse de Doctorat d'Etat n°38, France : Institut Polytechnique de Toulouse . p. 301.

MORR C. V. (1982). Functional Properties of Milk Proteins and their Use as Food Ingredients. In : Dairy Chemistry-1 , New-York : Ed., P. F. Fox, p.p. 375-398.

MORYARTY D.J.W. (1973). The physiology of digestion of blue-green algae In the Cichlid fish, Tilapia nilotica. Journal of Zoology London. 171. p.p.25-39.

MULLER A et al. (2003). Prepurification of alpha actalbumine with ultrafiltration ceramie membranes from acid casein whey: study of operating conditions. Le lait. 2003, vol.83, 2.

NDIAYE, P. (2017). Systématique des poissons dans l'aquaculture Africaine. DocPlayer. De <http://docplayer.fr/20737637-Systematique-des-poissons-dans-l-aquaculture-africaine-pr-papa-ndiaye.html>

NOZAWA, S et al. (2005). Method Performance Study of the Determination of Total Nitrogen in Soy Sauce by the Kjeldahl Method. Analytical sciences.Vol.21, p.p. 1129-1132.

PHILIPPART J.-C.L., RUWET J.-C.L. (1982). Ecology and distribution of tilapias. Philippines: ICLARM Conference Proceedings. p. 159.

PHILIPPART J.-C.L., RUWET J.-C.L. (1982). Ecology and distribution of tilapias. 15–59. In: Pullin R.S.V., Lowe-McConnell R.H. Philippines: (Ed.). The biology and culture of tilapias, ICLARM Conference Proceedings 7 International Center for Living Aquatic Resources Management, p. 432.

PHILLIPS A. (1972). Calories and energy requirement. En: Fish nutrition, London: J. E. Halver (Ed.). Academic Press.p.p.1-18.

POPMA T.J., LOVSHIN L.L. (1996). World wide prospects for commercial production of tilapia. Research and development series no. 41,USA: Department of Fisheries and Allied Aquacultures Auburn University, p. 23.

POUOMOGNE V. (1994). L'alimentation du tilapia (*Oreochromis niloticus*) en étang. Evaluation du potentiel de quelques sous-produits de l'industrie agro-alimentaire et modalités d'apport des aliments. Thèse doctorale .agro-alimentaire .France ENSAR. p. 101.

POUGMOGNE V et al . (1998).Principe de pisciculture appliqué en milieu tropical.africain. comment produire du poisson a cout modéré des exemples de cameron.CEPIO/cooprationFrancaiseYaoundé.presse Universitaire d'Afrique .p. 236.

RAKOTOMANGA T.A. (2010). Etude de la qualité microbiologique du ravitoto ou feuille de manioc pilé sur les marchés de gros de la ville d'Antananarivo. Facultés des sciences. Université d'Antananarivo. DEA en Biotechnologie. p. 51.

REGOST, C. (2001). Effets des lipides sur la qualité nutritionnelle, physique et organoleptique de la chair de la truite fario (*Salmo trutta*) et du turbot (*Psetta maxima*). France :Université de Rennes.

RERAT, A et al. (1984). Absorption intestinale comparée d'un mélange d'hydrolysats ménagés de protéines laitières et d'un mélange d'acides aminés libres de même composition chez le porc éveillé. Bull. Acad. Natl. Med. 168 , p.p.385-391.

Roberts P. R et al . (1999). Effect of chain length on absorption of biologically active peptides from the gastrointestinal tract. Digestion. 60, p.p.332-337.

SALGHI R. (2005). Cours d'analyses physico-chimique des denrées alimentaires, Filière Génie des Procédés, Energie et Environnement, 1ère année. Maroc : ENSA Agadir. p. 33.

S.Y. SHIAU et al. (1987). Sun, Inclusion of soybean meal in Tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*) diets at two protein levels. Taiwan: Elsevier.p.p.251-261

SITASIT D., SITASIT,V. (1977). Comparison of the production of *Tilapia nilotica* (Linn.) fed with protein from different sources. Symp. On Dev. and Util. of Inld. Fish. Res., Bangkok, Thailand, ASFA, 9, p. 1594.

STICKNEY R.R. (1986). Culture of Non salmon Freshwater Fishes. R.R. Florida : Stickney (ed.), CRC Press, Boca Raton.p.201.

SOTTIEZ.P. (1990). Produits dérivés des fabrications fromagères in : lait et produits laités ; vache, brebis, chèvre. Paris : Edition Lavoisier. p. 633.

T. Watanabe. (2002). Strategies for further development of aquatic feeds. Fish. Sci. 68.p.p.242–252,

TREWAVAS, E. (1983). Tilapia Fishes of the Genera *Sarotherodon* *Oreochromis* and *Danakilia*., Ithaca New York: Cornell University Press., p.583.

TOKO 1.1. (2007). Amélioration de la production halieutique des trous traditionnels à poisson (whedo) du delta de l'ouémé (sud du Benin) par la promotion de l'élevage du poisson chat, *Clarias gariepinus* et *Heterobranchius longifilis*. Thèse de Doctorat en science biologique. Belgique : Université notre Dame de la paix. p. 186.

VAN DYKE R. W. (1989). Mechanisms of digestion and absorption of food. In: Sleingsenger M., Fordtran J. Philadelphia : (Ed.). 4th edition. Gastrointestinaldisease Pathphysiology diagnosis management.p.p.1062-1088.

WATANABE W.O. (1985). Experimental approaches to the saltwater culture of tilapias. ICLARM News letter. p.p.3-5.

WOO A. (2002). La grande diversité du lactosérum. Agriculture et agroalimentaire, Canada.p.p. 3-13.

WEATHERLEY A.H., Gill, H. S.;(1987). The Biology of Fish Growth. Academic Press, USA: l'Université de Californie. p. 443.

ZULIANI V., GARRY P. (2004). Les germes pathogènes dans l'industrie agroalimentaire. (14) 5. .P.P. 12-14.

Site web :

ABOUTAYEB R. (2018). Sciences et techniques des aliments. ScienTecAl.com. [en ligne]. [Consulté le 19 12 2019]. Disponible sur le web :

<https://www.sciencetecal.com/cour/contr%C3%B4le-qualit%C3%A9-du-lait-et-d%C3%A9riv%C3%A9s-laitiers>.

BAILLY,N. (2009). Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758).[en ligne].[consulté le 10 04 2020] disponible sur le web :

<http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=293639>

C. GERHARDT. (1884). Définition de la méthode de Kjeldahl.[en ligne].[consulté le 25 05 2020] disponible sur le web :

<https://www.grosseron.com/Assets/Client/images/GROSSERON/Schema/V0406025.PDF>

DABBADIE D. (2006). L'alimentation du tilapia du Nil. CIRAD Centre de Cooperation en Recherche Agronomique pour le Développement. [en ligne].[consulté le 20 10 2020] disponible sur le web : <https://www.cirad.fr/>

DHRAIEF, M et al. (2010). Etude de la reproduction du Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L.) en captivité dans les eaux géothermales du sud tunisien. Tunisie : Institut National des Sciences et Technologies de la Mer.[en ligne].[consulté le 05 09 20] disponible sur le web :

<http://www.instm.agrinet.tn/images/Bulltin/Bull.2010/11.pdf>

F.A.O. (2020). Aquaculture dans le monde. [en ligne].[consulté le 15 10 2020] disponible sur le web :<http://www.fao.org/3/ca9229fr/CA9229FR.pdf>

NUTRAQUA. Composition nutritionnelles des produits aquatiques.[en ligne] [consulté le 29 09 2020.] disponible sur le web :

<https://www.nutraqua.com/fr/compositions/-tilapia-elevage.html>.

Annexes

Tableau 1 : Matières premières utilisées dans l'aliment commercial (Coppens)

Matières premières	Caractéristiques
Tourteau de farine de soja	<p>La plus utilisée (disponibilité sur le marché, de son prix, et de sa bonne valeur nutritionnelle pour la plupart des poissons d'élevage).</p> <p>Riches en protéines.</p> <p>Contient de nombreuses substances anti nutritionnelles en particulier les facteurs antitrypsiques qui sont en partie détruits traitement thermique.</p> <p>Plus pauvre en cellulose et en glucides complexes que tous les autres tourteaux. (Guillaume et al 1999)</p>
Farine de poissons	<p>Riche en protéines</p> <p>Bon taux de conversion</p> <p>Apport d'acide gras oméga 3.</p>
Gluten de maïs	<p>pauvre en protéine.</p> <p>Riche en amidon.</p> <p>pauvres en minéraux sauf en phosphore</p> <p>pauvre en AAI. (Guillaume et al 1999)</p>
Huile de poisson	<p>riche en acide gras oméga 3 EPA et DHA, Essentiel au bon fonctionnement de métabolisme.</p> <p>fournis ces 2 acides gras essentiels en quantités équilibré.</p>
Son de Blé	<p>renferme beaucoup de fibres.</p> <p>contient les vitamines B et E.</p>
Huile de colza	<p>riche en oméga 3 (9%), avec un rapport oméga 6, aussi riche en oméga 9 (60%).</p> <p>elle est bien pourvue en vitamine E antioxydant.</p>
Tourteau de colza	<p>➤ pprix attractif.</p> <p>bonne qualité nutritionnelle.</p> <p>moins riche en protéines que le tourteau de soja.</p>
Chlorure de choline	<p>fait partie de la vitamine B (vitamine B4).</p> <p>apparaît en tant que donneur de groupes méthyls qui sont nécessaire pour la formation des substances corporelle vitale.</p>

	Elément fondamentale dans le métabolisme car elle ne peut pas être remplacée ni par la méthionine ni par la betaine.
Lécithine	est une source de phospholipides. elle est présente dans de nombreux aliments. on trouve la lécithine dans les cellules de tous les organismes vivants.
Huile de soja	contient de 8 à 10% d'AG 18 :3 n-3* ne renferme pas de vitamines A ou D (en comparaison avec huile de poisson). (Guillaume et al .1999)

Tableau 2: les additifs mentionnés dans l'emballage de l'aliment commercial(BIOMAR).

3b413, Cooper 2 chélate of glycine hydrate (solid)	1.2mg/kg
3b506, manganous chelate of glycine hydrate	9mg/kg
3b607, zinc chelate of glycine hydrate (solid)	59mg/kg
3b202, calcium iodate anhydrous	1.4mg : kg

Tableau 3 : Normes de l'entreprise DDA pour les paramètres biochimiques.

	Protéines (%)	Matière grasse (%)	Extrait sec total (%)
Cible	4.60	1.7	22.36
Intervalle de conformité	3.55-5.51	0.1-4	21.86-22.86

Préparation de l'eau gélatinée :

- Gélatine.....0.4g.
- Eau distillée.....100ml.
- Thymol.....1grain.

Coloration topographique: Hématoxyline-Eosine

Colorant basique: Hématoxyline

Solution A:

- Acide sulfurique concentré.....1,6ml
- Alun de fer.....2gr
- Eau distillée.....100ml

Solution B:

- Hématoxyline.....1gr

- Alcool 100.....100ml

Après dissolution des deux solutions (A et B), mélanger les et incuber pendant 1 heure à température ambiante et à l'obscurité puis filtrer.

Colorant acide: Eosine : Solution aqueuse d'éosine à 1%

- Eosine1 g.
- Eau distillée.....100 ml.

Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale FAMT

Principe

C'est un milieu sélectif utilisé pour la détermination du nombre total des germes mésophiles. Sa teneur en substances nutritives (glucose, peptone de caséine, extrait de levure) permet la culture de la majorité des microorganismes.

Mode opératoire

Tableau 4

Produit	Yaourt	Lactosérum
Milieu de culture	Gélose plate cunt agar(pca)	
	<p>Préparation des dilutions</p> <ul style="list-style-type: none"> • la dilution 10⁻¹ diluer 1mL du yaourt dans 9 ml de tryptone sel • la dilution 10⁻² mettre 1mL de la solution 10⁻¹ dans 10mL de tryptone sel • la dilution 10⁻³ mettre 1mL de la solution 10⁻² dans 10mL de tryptone sel 	<p>Préparation des dilutions</p> <ul style="list-style-type: none"> • la dilution 10⁰ mettre 10mL de la solution mère dans un tube à essai • la dilution 10⁻¹ mettre 1mL de la solution 10⁻⁰ dans 9mL de tryptone sel • la dilution 10⁻² mettre 1mL de la solution 10⁻¹ dans 10mL de tryptone sel
	<p>Culture de bactéries</p> <ul style="list-style-type: none"> • mettre 1mL de chaque dilution dans une boite de pétri • ajouter la gélose en surfusion bien mélangé (échantillon et milieu) <p>incubation : les boites sont mises dans l'étuve à 30° pendant 72h</p>	

Protocol	<p>lecture/ dénombrer les colonies lenticulaires incluses dans la masse puis retenir les boîtes donnant un dénombrement facile entre 30 et 300 colonies</p> <p>la formule mathématique suivante peut être utilisée</p> $N = \frac{\text{colonie}}{v} \times (n1 + n2) \times d1$ <ul style="list-style-type: none"> • N : nombre d'UFC par gramme ou par ml de produit initial ; • Σcolonie : sommes des colonies des boîtes interprétables ; • v: volume de solution déposé (1 ml) ; • n1: nombre de boîtes considérées à la première dilution retenue ; • n2: nombre de boîtes considérées à la seconde dilution retenue ; • d1 : facteur de la première dilution retenue.
----------	---

Recherche (présence /absence) des salmonelles

Mode opératoire

Préparation de l'échantillon

Dans une bouteille stérile de 250ml, 25g d'échantillon sont pesés et additionnés de 225ml d'eau peptonée tamponnée. L'ensemble est agité : c'est la solution mère (SM).

Pré-enrichissement

- préparation de la solution mère : peser 25g de l'échantillon dans un sac stérile puis ajouter 225g de l'eau peptonée tamponnée.
- agiter bien à l'aide d'un stomasher.
- ajouter des disques d'additifs SFB incubé a l'étuve à 37°C pendant 24h.

Enrichissement

- d'une part transférer 0,1mL de SM pré-enrichie dans un tube contenant 10mL de bouillon RVS fermer et agiter puis incuber a l'étuve a 41,5°C pendant 24h.
- d'autre part mettre 1mL de SM pré-enrichie dans un tube contenant 10mL de bouillon Muller Kaufmann puis incuber a l'étuve a 37°C pendant 24h.

Isolement

- identifier 4 boîtes de pétri ; 2 boîtes contiennent le milieu Hektoen et les deux autres contiennent le milieu XLD.

- ensemercer en surface et à l'aide de l'anse de platine stérilisée, une goutte de bouillon d'enrichissement RVS les deux boites identifiées ; XLD, Hektoen.
- puis ensemercer de la même façon ; une goutte de bouillon d'enrichissement Muller Kaufmann les deux autres boites gélosées.
- incuber les a 37°C pendant 24h (Guiraud et al, 2004).

Recherche et dénombrement d'*Escherichia coli*

Entérobactérie isolée par ESCHERICH en 1881, c'est un saprophyte normal du tube intestinal de l'homme et des animaux. Il est susceptible de devenir pathogène pour l'homme dans certaines conditions. C'est parmi l'agent responsable de septicémie, de diarrhée et aussi de dysenteries. Cette bactérie fait partie des germes indicateurs de contaminations fécales.

Principe

Le milieu TBX est sélectif pour *Escherichia coli* par la présence de colorants qui inhibent la croissance de toute la flore secondaire à Gram positif. Parmi les bactéries à Gram négatif, seul *Escherichia coli* produit des colonies bleues qui sont retenus.

Mode opératoire

- l'ensemencement se fait en profondeur, à l'aide d'une pipette Pasteur déposer stérilement 1mL ou 20 gouttes de chaque dilution dans les boites de pétri, couler la gélose lactosée au désoxycholate à 0,1 % puis procéder à l'étalement en faisant des mouvements en huit , les boites sont incubées a 44°C pendant 24h à 48h.
- retenir les boites de deux dilutions successives donnant une numération comprise entre 30 et 300 colonies lenticulaires, fluorescentes sous lampe UV et de couleur rouge.
- prendre de chaque boite au minimum 3 colonies jaunes suspectes et faire le test de l'urée indole.
- première lecture de la première dilution retenue :

$$a1 = b/A * C$$

A : nombre de colonies repiquées qui sont indole + et urée.

B: nombre de colonies repiquées (minimum 3).

C : nombre total de colonies par boite retenue.

- première lecture de la deuxième dilution retenue

$$a_2 = b/A * C$$

Le nombre de coliformes fécaux dont E. coli est donné par la formule suivante et exprimé en UFC g pour le yaourt et UFC ml pour le lactosérum.

$$CF(E, coli) = a_1 + a_2/1; 1. d \times C$$

d : dilution de la première boîte retenue pour a1

Dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Ce sont des bactéries appartenant à la famille des Micrococcacea. *Staphylococcus aureus* (Staphylocoques entéro-pathogènes) produit des entérotoxines thermostables responsables de toxi-infections alimentaires. Ce sont ces exotoxines qui provoquent une salivation importante ainsi que l'apparition de nausées et vomissement sans fièvre.

Principe

Le milieu utilisé est le Mannitol Salt-Agar. Ce milieu solide de couleur jaune est sélectif pour les Staphylocoques. En effet, la présence de chlorure de lithium, de tellurite, et la forte concentration en glycine inhibent la flore secondaire, tandis que le pyruvate et la glycine agissent comme accélérateurs sélectifs.

Mode opératoire

0,1ml de l'inoculum est ensemencé en surface dans une boîte de Pétri contenant 15mL de la gélose puis. Les boîtes sont renversées (couvercles en bas) puis incubé à 37°C pendant 24h.

Lecture et dénombrement

Les colonies de *staphylococcus auréus* donnent des colonies noires avec un halo clair du a la protéolyse des protéines du jaune d'œuf et éventuellement un liseré blanc opaque

Leur taille est de 0,5 à 2mm avec un aspect brillant.

Recherche (présence ou absence) des *Listeria*

Bactérie à Gram positif isolée en 1927 par Murray, c'est un contaminant fréquent des aliments capable de se multiplier à basse température. Il est souvent à l'origine de septicémie mortelle, avortement et méningite, Leur mode d'identification se fait comme suit :

Pré-enrichissement sur Bouillon Fraser

Ce milieu contient de l'acriflavine et d'acide nalidixique qui sont des agents sélectifs inhibant la croissance des bactéries à Gram négatif.

Culture sur Listeria Palcam : La sélectivité du milieu est due à la présence de polymixine B, d'acriflavine, de ceftazidime et de chlorure de lithium. L'esculine et le mannitol existant dans le milieu offrent une différenciation présomptive de Listeria par rapport aux autres bactéries à Gram positif tel que Streptococcus faecalis (Biokar diagnostic). Listeria monocytogenes produit des colonies gris-vert entourés d'un halo noir.

Mode opératoire : 0.1ml de l'inoculum est ensemencé dans le bouillon Fraser à 37°C pendant 48h. On ensemence ensuite 0.1 ml de la culture sur Palcam et l'incubation s'effectue à 37°C pendant 24h.

Résumé

Afin de réduire l'utilisation des farines de poisson comme principale source de protéines pour l'aquaculture, les sous-produits laitiers de DANONE-djurdjura-algerie (yaourt déclassé et lactosérum) ont été introduits à raison de 10 % à l'aliment conventionnel. Après avoir démontré l'innocuité et la valeur nutritionnelle de ce régime alimentaire, il a été testé sur les alvins du tilapia *O. niloticus* en phase de pré grossissement. L'aliment commercial a constitué le témoin. Les analyses biochimiques de ce régime alimentaire mis en essai montrent que ce dernier répond aux besoins nutritionnels de l'espèce étudiée. La population élevée avec cet aliment formulé à base de ces sous-produits laitiers, présente des performances zootechniques (en terme d'indice de conversion, de gain moyen corporel, du taux de survie ainsi que du taux de croissance spécifique) nettement meilleures que celle soumise à l'aliment conventionnel. L'histologie des microvillosités intestinales des poissons révèle que l'enrichissement à 10% induit une augmentation de la taille des villosités et du nombre relatif de cellules à mucus par rapport au nombre d'entérocytes après 45 jours d'élevage. Ces cellules seraient responsables de la sécrétion des enzymes de digestion et stimuleraient le système immunitaire des poissons contre les micro-organismes pathogènes.

Mots clés : aliments pour poisson, *Oreochromis niloticus*, yaourt déclassé et lactosérum DDA, valeur nutritionnelle, paramètres zootechniques, histologie intestinale.

Abstract

In order to reduce the use of fishmeal as the main source of protein for aquaculture, DANONE-djurdjura-Algeria's dairy by-products (downgraded yogurt and whey) have been introduced at a rate of 10% to the conventional feed. After demonstrating the safety and nutritional value of this diet, it was tested on tilapia *O. niloticus* alvines in the pre-fattening phase. The commercial feed was used as a control. Biochemical analyses of this test diet showed that it met the nutritional requirements of the species studied. The population reared on this diet formulated with these dairy by-products showed zootechnical performance (in terms of conversion index, average body gain, survival rate and specific growth rate) significantly better than that of the conventional diet. The histology of the intestinal microvilli of the fish reveals that enrichment to 10% induces an increase in the size of the villi and the relative number of mucus cells compared to the number of enterocytes after 45 days of rearing. These cells would be responsible for the secretion of digestion enzymes and stimulate the immune system of the fish against pathogenic microorganisms.

Keywords: fish feed, *Oreochromis niloticus*, downgraded yoghurt and whey DDA, nutritional value, zootechnical parameters, intestinal histology

الملخص

من أجل الحد من استخدام مسحوق السمك كمصدر رئيسي للبروتين في تربية الأحياء المائية، تم إدخال منتجات الألبان الثانوية من دانون-جرجرة-الجزائر (الزبادي ومصل اللبن المخفّضين) بمعدل 10% إلى العلف التقليدي. بعد إثبات السلامة والقيمة الغذائية لهذا النظام الغذائي، تم اختباره على ألفين البلطي *O. niloticus* في مرحلة ما قبل النضج. كان الطعام التجاري الشاهد. تظهر التحليلات الكيميائية الحيوية لهذا النظام الغذائي الذي تم اختباره أنه يلبي الاحتياجات الغذائية لأنواع المدروسة. السكان الذين تمت تربيتهم باستخدام هذا الغذاء المصنوع على أساس منتجات الألبان الثانوية هذه، يقدمون أداءً في تربية الحيوانات (من حيث مؤشر التحويل، متوسط اكتساب الجسم، معدل البقاء على قيد الحياة وكذلك معدل النمو المحدد) أفضل من ذلك بوضوح. تخضع للتغذية التقليدية. تكشف أنسجة الز غابات المعوية للأسماك أن التخصيب بنسبة 10% يؤدي إلى زيادة حجم الزغبات والعدد النسبي للخلايا المخاطية مقارنة بعدد الخلايا المعوية بعد 45 يوماً من التربية. ستكون هذه الخلايا مسؤولة عن إفراز الإنزيمات الهاضمة وستحفز جهاز المناعة للأسماك ضد الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض.

الكلمات المفتاحية: علف الأسماك، *Oreochromis niloticus*، الزبادي المخفّض ومصل اللبن DDA، القيمة

الغذائية، المعلمات الحيوانية، الأنسجة المعوية