

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية 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
Ecole 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

Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale
Spécialité : Biotechnologie marine

Thème :

**Valorisation des sous-produits de l'industrie laitière « DANONE » en vue
de la fabrication d'un aliment aquacole.**

Présenté par :

- LALAM Lilia
- MERZOUK Merina

Soutenu le 19/10/2019 devant le jury composé de :

M SEFIANE O.	Maître de conférences B	ENSSMAL	Président
Mme KHELIFA N.	Maître de conférences B	ENSSMAL	Examinatrice
Mme FELLAH H.	Doctorante	ENSSMAL	Examinatrice
M IGOUD S.	Maître de conférences A	UDES	Invité
Mme AMROUCHE L.	Maître assistants A	ENSSMAL	Promotrice
M. BENOURET L.	Ingénieur	DANONE	Partenaire socio-économique

Année universitaire : 2018 - 2019

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire n'aurait été possible sans l'aide précieuse de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toutes notre reconnaissance.

*Nous tenons à exprimer en premier notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promotrice **Mme AMROUCHE L.**, pour tout le temps qu'elle nous a consacré, ses directives précieuse, et pour la qualité de son suivi durant toute la période de réalisation de ce mémoire.*

***Ms BENADURAT L.**, qui a accepté de nous encadrer et de nous diriger constamment la progression de ce travail. Nous le remercions infiniment pour sa patience et sa sympathie.*

***Mme SEFIANE D.**, qui nous a fait l'honneur de présider ce jury, nous apprécions sa disponibilité bienveillante.*

***Mme KHELIFA N.**, pour avoir accepté de faire partie de jury. Qu'elle trouve ici l'expression de notre gratitude.*

***Mme FELLAH H.**, malgré ses innombrables occupations a accepté d'examiner ce mémoire. Nous saluons sa rigueur scientifique qui attribuera de l'importance à ce mémoire.*

*Nous remercions tout le personnel de la société **DANDNE DJURDJURA ALGERI SPA.***

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les enseignants, depuis la première année jusqu'à la cinquième année universitaire.

*Un grand merci à **Ms IGLOUD** et **Sara** responsables techniques chez unité du développement des énergies renouvelables pour leur aide.*

*Nous désirons aussi remercier le personnel de **CNRDPA** qui nous a fourni les outils nécessaire à la réussite de ce projet*

*Nous tenons également à remercier les responsables des laboratoires des recherches de l'**ENSSMAL- Sidi Fredj** qui par leur aide, nous avons pu accomplir notre travail.*

*Nous remercions chaleureusement le responsable de la station expérimentale de l'**ENSSMAL**, **Hassan** pour ses précieux conseils.*

*Nous voudrions tout particulièrement remercier toutes les personnes rencontrées dans le laboratoire et n'ayant jamais cillé pour nous apporter leur aide, commençons par **Houda** ingénieur de Laboratoire de Biochimie, passant par **Amina**, ingénieur de laboratoire d'aquaculture, à **Soraya** ingénieur de laboratoire de chimie.*

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leur conseils et leur compétences la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

*Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour valoir tous les sacrifices, l'amour et le soutien que **mes chers parents** ont consentis pour mon éducation et ma formation.*

Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour et respect. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorde santé, longue vie et bonheur.

*A mes chers frères **Ali, Karim.***

En témoignage de mon affection fraternelle, et de ma profonde reconnaissance et respect

*A **Rafik** l'homme de ma vie, mon âme sœur et la lumière de mon chemin. Sans ton aide, tes conseils et tes encouragements ce travail n'aurait vu le jour.*

Que Dieu réunisse nos chemins pour et que ce travail soit le témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.

*A toute la famille **LALAM**, et toute la famille **LAHCENE.***

*A mes amis de toujours : **Merina, Narimane, Tina, Hayat, Lamia, Houda, fougou...** en souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.*

*A tous mes collègues de la **promotion biotechnologie marine 2018/2019.***

A toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail, a tous ceux que j'ai omis de citer.

LALAM Lilia

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ce qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

*A l'homme, qui a toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher **père**.*

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable **mère**.*

*A mes frères **Riad** et **Fares** et ma sœur **Maya** qui m'ont toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études, que dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur.*

*A mon adorable petite sœur **Ansam**, qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.*

*A mon binôme, mon amie et ma sœur **Lilia** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet*

Sans oublier les camarades et les amis(e) que j'ai connu jusqu'à maintenant. Merci pour leur encouragement

MERZOUK Merina

Liste des figures

Figure I.1 : Situation géographique de l'entreprise DANONE-DJURDJURA.

Figure I.2 : Logigramme de traitement de la STEP DDA.

Figure I.3 : Les différentes étapes de l'incinération de la masse blanche de DDA.

Figure I.4 : Valorisation indirecte du lactosérum.

Figure I.5 : Caractéristique morphologique spécifiques d'*O. niloticus*.

Figure I.6 : Principaux pays producteurs du tilapia du Nil.

Figure 1.7 : La production de tilapia du Nil en Algérie représentée par wilaya.

Figure II.1 : Centrifugeuse de marque FUNKE GERBER à gauche et un butyromètre pour la détermination de la matière grasse à droite.

Figure II.2 : Dessiccateur infrarouge de marque SARTOTIUS MA 45 pour la détermination de l'extrait sec.

Figure II.3 : Appareil Milko Scan FT120 (FOSS Electric, Type 71200).

Figure II.4 : Recherche de *Listeria* dans les denrées alimentaires.

Figure II.5 : Evapo-concentrateur pour distillation et principe de fonctionnement schématisé.

Figure III.1 : Composition chimique globale des aliments fabriqués et de l'aliment commercial.

Figure III.2 : Composition chimique de la chaire de poisson alimenté par différentes proportions du mélange « yaourt + lactosérum ».

Figure III.3 : Variation du gain moyen corporel exprimé en (g) chez les Tilapias *O. niloticus* avec les quatre régimes alimentaires.

Figure III.4 : Variation du taux de croissance spécifique exprimé en %/Jours chez les Tilapia *O. niloticus* avec les quatre régimes alimentaires.

Figure III.5 : Evolution de la taille moyenne (cm) des Tilapia *O. niloticus* durant la période expérimentale recevant quatre régimes alimentaires.

Figure III.6 : Evolution du poids moyen (g) des Tilapia *O. niloticus* durant la période expérimentale recevant quatre régimes alimentaires.

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Capacité de production de l'entreprise DANONE DJURDJURA.

Tableau I.2 : Principaux traitements des effluents de la DDA.

Tableau I.3 : Principaux types de traitement mis en place pour les boues issues de la DDA.

Tableau I.4 : Application des protéines de lactosérum.

Tableau I.5 : Qualité d'eau requise pour l'élevage du Tilapia du Nil.

Tableau I.6 : Ingrédients et composition immédiate des aliments exploités en aquaculture pour l'élevage du tilapia du Nil.

Tableau I.7 : Besoins nutritionnels en fonction des différents stades de croissance du Tilapia du Nil.

Tableau I.8 : Besoins en protéines en fonction du stade de développement.

Tableau I.9 : Composition chimique et valeur nutritionnelle de 100g de la chair du tilapia du Nil.

Tableau II.1 : Dénombrement de la FMAT du yaourt déclassé et du lactosérum.

Tableau II.2 : Composition chimique globale et valeur nutritionnelle de l'aliment de poisson commercial « Coppens ».

Tableau II.3 : Proportions aliment commercial et mélange yaourt-lactosérum.

Tableau II.4 : Poids moyens des poissons dans les différents aquariums.

Tableau III.1 : Composition biochimique globale du yaourt déclassé.

Tableau III.2 : Normes de l'entreprise DDA pour les paramètres biochimiques.

Tableau III.3 : Composition biochimique du lactosérum.

Tableau III.4 : Résultats de l'analyse microbiologique des échantillons étudiés.

Tableau III.5 : Quantité de poudre obtenue après séchage du lactosérum et du yaourt déclassé.

Tableau III.6 : Tailles préconisées pour les particules alimentaires.

Tableau III.7 : Composition biochimique globale des quatre aliments (5%, 10%, 20%, commercial).

Tableau III.8 : Composition biochimique globale de la chair du Tilapias en fonction des aliments formulés.

Tableau III.9 : La différence entre le poids des poissons présents dans les quatre aquariums.

Tableau III.10 : Paramètres zootechniques enregistrés chez les alevins d'*O.niloticus* recevant quatre régimes alimentaires différents.

Liste des abréviations

AC : aliment commercial.

AF : aliment fabriqué.

cm : centimètre.

CNRDPA : Centre National de la Recherche et du Développement de la Pêche et de l'Aquaculture

E. coli : *Escherichia coli*.

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

g : gramme.

g/j : gramme par jour.

GMC : Gain de masse corporelle.

GMQ : Gain moyen quotidien.

h : heure.

IC : Indice de conversion.

L : litre.

mL : millilitre.

mm : millimètre.

N : nombre.

O. niloticus : *Oreochromis niloticus*.

PCA : Gélose Plate Cunt Agar.

pH : potentiel d'hydrogène.

P_{mf} : Poids moyen final

P_{mi} : Poids moyen initial

RVS : Rappaport Vassiliadis Soja.

SFB : Selenite F Broth.

SM : Solution mère.

TCS : Taux de croissance spécifique.

UDES : Unité du Développement des Energies Solaires.

UFC : unité formant colonie.

UV : Ultraviolet.

XLD : Xylose Lysine Désoxycholate.

%/jour : pourcent par jour.

°C : degré Celsius.

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....01

Chapitre I : données générales

I.I.Présentation de l'entreprise DANONE DJURDJURA Algérie.....	04
I.1.1. Historique.....	04
I.1.1.1. Groupe DANONE.....	04
I.1.1.2. Laiterie DJURDJURA.....	04
I.1.1.3. Partenariat DANONE DJURDJURA Algérie.....	04
I.1.2. Situation géographique de l'entreprise DANONE DJURDJURA Algérie.....	05
I.1.3. Capacité de production et de stockage de la matière première et des produits finis.....	05
I.1.4. Les coproduits de l'entreprise DANONE DJURDJURA Algérie.....	06
I.1.4.1. Les masses blanches.....	06
I.1.4.2. Le lactosérum.....	07
I.1.4.3. Les eaux de lavage et de refroidissement.....	07
I.1.5. Traitement et devenir des coproduits de l'entreprise DANONE DJURDJURA Algérie...	07
I.1.5.1. Traitement physico-chimique.....	07
I.1.5.2. Traitement biologique.....	09
I.1.5.3. Incinération.....	09
I.1.6. Valorisation des coproduits du groupe international DANONE.....	10
I.1.6.1. Traitement et production d'énergie renouvelable (biogaz, bioalcool,... etc).....	11
I.1.6.2. Compostage et production d'engrais.....	12
I.1.6.3. Alimentation humaine (fromage de lactosérum, lactose et protéines sériques).....	12
I.1.6.4. Alimentation animale.....	13
I.1.6.4.a. Aliments pour animaux à sang chaud (porcs et bovins).....	13
I.1.6.4.b. Aliments pour animaux à sang froid (poissons).....	13
I.1.7. Présentation du tilapia du Nil <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus., 1758).....	13
I.1.7.1. Position systématique.....	13
I.1.7.2. Morphologie de l'espèce.....	14
I.1.7.3. Biologie et écologie.....	14

I.1.7.4. Distribution géographique	15
I.1.7.5. Historique et production du tilapia du Nil en Algéri.....	15
I.1.7.6. Régime alimentaire et besoins nutritionnels du Tilapia du Nil.....	16
I.1.7.7. Composition chimique globale et valeur nutritionnelle de la chair du tilapi.....	18

Chapitre II : matériel & méthodes

II.1. Caractérisation de la composition chimique globale des sous-produits de DDA.....	21
II.1.1. Caractérisation du yaourt déclassé.....	21
II.1.1.1. Détermination du taux des protéines : Méthode kjeldahl	21
II.1.1.2. Détermination du taux de la matière grasse : Méthode Gerber	22
II.1.1.3. Détermination du taux de la matière sèche	23
II.1.2. Caractérisation du lactosérum.....	24
II.2. Détermination de la qualité hygiénique des sous-produits de DDA	25
II.2.1. Recherche de la flore aérobie mésophile totale FAMT	25
II.2.2. Recherche de Salmonelles	26
II.2.3. Recherche d' <i>Escherichia coli</i>	27
II.2.4. Recherche et dénombrement des staphylocoques pathogènes à coagulase positive	28
II.2.5. Recherche (présence/ absence) des Listeria.....	28
II.3. Préparation de l'aliment	30
II.3.1. Déshydratation du lactosérum par évapo-concentration.....	30
II.3.2. Déshydratation du yaourt.....	31
II.3.2.1. Séchage du yaourt dans l'étuve.....	31
II.3.2.2. Lyophilisation du yaourt.....	31
II.3.3. Formulation de l'aliment	32
II.3.3.1. Préparation de l'aliment.....	32
II.4. Caractérisation de la composition chimique globale des aliments préparés.....	33
II.4.1. Extraction et dosage des protéines totales.....	33
II.4.2. Extraction et dosage des lipides totaux	34
II.4.3. Détermination de la teneur en eau (taux d'humidité)	35
II.4.4. Détermination de la teneur en cendre : taux de matières minérales.....	36
II.5. Caractérisation de la composition chimique globale de la chair des poissons après l'élevage.....	36
II.6. Elevage et suivi de la croissance des poissons.....	36

II.6.1. Technique d'alimentation.....	37
II.6.2. Evaluation des performances de croissance	37

Chapitre III : Résultats & discussions

III.1. Composition biochimique globale des sous-produits de DDA	39
III.1.1. Composition biochimique du yaourt déclassé	39
III.1.2. Composition biochimique du lactosérum.....	40
III.2. Qualité hygiénique des sous-produits de DDA.....	40
III.3. Rendement du séchage du yaourt déclassé et du lactosérum.....	41
III.4. Caractérisation physicochimique des aliments préparés	43
III.4.1. Granulométrie et aspect général des aliments formulés	43
III.4.2. Composition biochimique globale et valeur nutritionnelle des aliments formulés...	44
III.5. Composition biochimique globale de la chair de poisson soumis aux régimes alimentaires.	46
III.6. Paramètres zootechniques des poissons soumis aux régimes alimentaires.....	48
III.6.1. Taux de survie	49
III.6.2. Paramètres de croissance	49
III.6.3. Paramètres d'utilisation alimentaire	51
Conclusion.....	54
Bibliographie.....	56

Introduction

Au cours des trois dernières décennies, la production mondiale de poisson de pisciculture a été multipliée par douze avec une progression avoisinant les 8% par an, faisant de cette production celle qui connaît le plus fort taux de croissance (Oswald et al, 2016).

En Afrique, la pisciculture est largement sous-développée, l'industrie aquacole africaine est majoritairement pratiquée par de petits exploitants dans les zones rurales isolées (Kaunda, 2015). Pour Siddhuraju et al (2003), la contrainte majeure à l'émergence de la pisciculture, dans les pays en développement, est le coût de l'alimentation. Pour eux, l'utilisation de la farine de poisson comme principale source de protéines dans les aliments destinés à l'aquaculture est à l'origine du coût onéreux de ces aliments. Selon Slembrouck et al (1991), et Gouréne et al (2002), en termes de dépense, l'alimentation représente environ 50% du coût de production de poisson d'élevage.

Face à la stagnation prévisible de la production des farines et huiles, issus de la pêche, il est apparu nécessaire de réduire la proportion de farine de poisson dans les aliments d'élevage aquacole. La recherche est donc orientée vers d'autres sources protéiques pour remplacer ces farines et huiles de poisson par d'autres matières telles que les sous-produits agroalimentaires comme le yaourt déclassé et le lactosérum qui sont localement disponibles, ces derniers sont des composants énergétiques qui peuvent être utilisés comme une source principale de protéines après leur formalisation tout en préservant la qualité nutritionnelle et organoleptique des poissons d'aquaculture (Ifremer, 2008).

L'Algérie accorde une importance particulière au développement de l'aquaculture d'eau douce ou cette dernière connaît actuellement un essor en matière de production. Elle a mis en place une stratégie de valorisation de ces ressources, ou plusieurs plans de développement ont été élaborés permettant ainsi le démarrage de plusieurs projets privés d'aquaculture d'eau douce.

Outre les retenues et les barrages, les bassins d'irrigation sont considérés le principal système d'intégration de la pisciculture à l'agriculture. Ceux de la région saharienne sont désormais exploités pour l'élevage semi-intensif du Tilapia du Nil (MADRP, 2013).

Le Tilapia est l'une des espèces les plus largement élevés dans le monde ou sa production qui augmente à un rythme élevé de 400.000 tonnes en 1990 à plus de 2.400.000 tonnes en 2010, et en 2017 une production de 5.800.000 tonnes (FAO, 2018).

Ce travail a pour objectif, d'améliorer les teneurs en protéines de l'aliment conventionnel pour poisson en introduisant à différentes proportions deux sous-produits issus d'une industrie laitière

DANONE DJURDJURA Algérie « lactosérum et yaourt déclassé» et de réduire ainsi l'utilisation de farine de poisson.

Pour se faire, nous avons dans un premier temps déterminé la qualité hygiénique et la valeur nutritionnelle du yaourt déclassé et du lactosérum, nous avons par la suite introduit ces deux ingrédients à différentes proportions de façon à proposer trois formulations, ces dernières ont fait également l'objet d'une évaluation de la composition chimique globale et de la valeur nutritionnelle. En fin, ces régimes expérimentaux ont été testés sur les alvins du tilapia en phase de prégrossissement durant une période de 45 jours. En effet, différents paramètres zootechniques ont été utilisés pour estimer leurs croissance et caractériser l'efficacité des aliments mis en essai.

Chapitre I
Données générales

I.1. Présentation de l'entreprise

I.1.1. Historique

I.1.1.1. 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 international majeur de l'alimentation et santé (Archive DANONE, 2006).

I.1.1.2. Laiterie DJURDJURA (Bejaia)

- ❖ 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 1000 pots/heure.
- ❖ En 1986 le groupe Batouche a modernisé l'équipement de l'unité.
- ❖ En 1991, l'entreprise DJURDJURA étend son activité avec l'acquisition d'une ligne de production de crème dessert.
- ❖ En 1996, DJURDJURA inaugure sa nouvelle unité située à la zone industrielle Taharacht Akbou.
- ❖ En 1999, l'entreprise a connu une grande extension avec la construction d'une deuxième usine de fabrication des produits laitiers (Fromage fondu, en portions, fromage à pâte et camembert) (Archive DANONE, 2006).

I.1.1.3. Partenariat DANONE-DJURDJURA- ALGERIE (DDA)

- ❖ En octobre 2001, le leader mondial des produits laitiers frais « Groupe DANONE » a conclu un accord de partenariat avec la laiterie DJURDJURA, leader du marché algérien des produits laitiers frais (PLF) en prenant une participation de 51% dans la société « DANONE JURDJURA ALGERIE SPA (DDA) ».
- ❖ Après l'année 2002 consacrée à rénover le site d'Akbou et à mettre en place des outils industriels nécessaires à l'expansion future, la marque DANONE a été lancée en août 2002 (Mejdoub, 2006).

CHAPITRE I : DONNEES GENERALES

I.1.2. Situation géographique

DANONE DJURDJURA se situe dans une zone industrielle TAHARCHT qu'est un véritable carrefour économique de la wilaya de Bejaia (Figure I.1). Elle est à 2 km d'Akbou, à quelques dizaines de mètres de la voie ferrée, à 60 km à l'Ouest de la wilaya de Bejaia et à 170 km à l'est de la capitale « Alger ».



Figure I.1 : Situation géographique de l'entreprise DANONE-DJURDJURA. (Google Maps ,2019).

I.1.3. Capacité de production et de stockage de la matière première et des produits finis

Danone- Djurdjura DDA 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 ci-dessous.

CHAPITRE I : DONNEES GENERALES

Tableau I.1 : Capacité de production de l'entreprise DANONE DJURDJURA (Archive DANONE, 2017).

Lignes	Type de produits	Capacité (U/h)
Ligne 1	Yaourt étuvé	20160
Ligne 2	Yaourt étuvé	36000
Ligne 3	Yaourt étuvé	20 160
Ligne 4	Yaourt étuvé	43 000
Ligne 5	Yaourt étuvé	40320
Ligne 6	Crème dessert (Danette)	12 000
Ligne 7	Danao GF	4500
Ligne 8	Danao PF	4500
Ligne 9	Yaourt à boire (Danino)	8 500
Ligne 10	Yaourt à boire (activia sbah)	6500
Ligne 11	Yaourt brassé	38 880
Ligne 12	Yaourt brassé	9000
Ligne 13	Danino (fromage frais)	20000
Ligne 14	Activia brassé aux fruits	28880

Les capacités de stockage de la matière première et des produits finis sont dans l'ordre de 12000 tonnes et de 250 tonnes (Archive DANONE, 2017).

I.1.4. Les coproduits de l'entreprise DANONE DJURDJURA Algérie

I.1.4.1. 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 (yaourts) 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.

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

1.1.4.2. Le lactosérum

Le lactosérum est un liquide jaune verdâtre, contenant une quantité importante de protéines de lait environ 20% (6g/L) et des éléments minéraux (Muller et al, 2003).

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

1.1.4.3. Les eaux de lavage et de refroidissement

L'industrie DDA est une grosse consommatrice d'eau, les usages de l'eau sont multiples, elle peut être utilisée dans le processus de fabrication comme ingrédient ou pour le lavage des matières premières agricoles telles que les fruits. Elle sert aussi, entre autre, pour le nettoyage du matériel, des locaux et pour l'hygiène du personnel de l'entreprise. Ces eaux représentent 50 à 90% du volume total des effluents (Archive DANONE, 2012).

1.1.5. Traitement et devenir des co-produits de l'entreprise DANONE DJURDJURA Algérie

1.1.5.1. Traitement physico-chimique

La station d'épuration des eaux usées industrielles de DDA est une unité de dépollution des eaux usées avant leur rejet vers le milieu naturel (dans l'oued Tifrih, affluent de l'oued Soummam). C'est un enchaînement de procédés avec des rôles et des traitements différents. La station traite un volume de 1481 m³ / jour d'eau usée et rejette un volume de 1385 m³ / jour d'eau épurée (STEP DDA, 2009). La figure suivante présente le logigramme de traitement de la STEP- DDA.

CHAPITRE I : DONNEES GENERALES

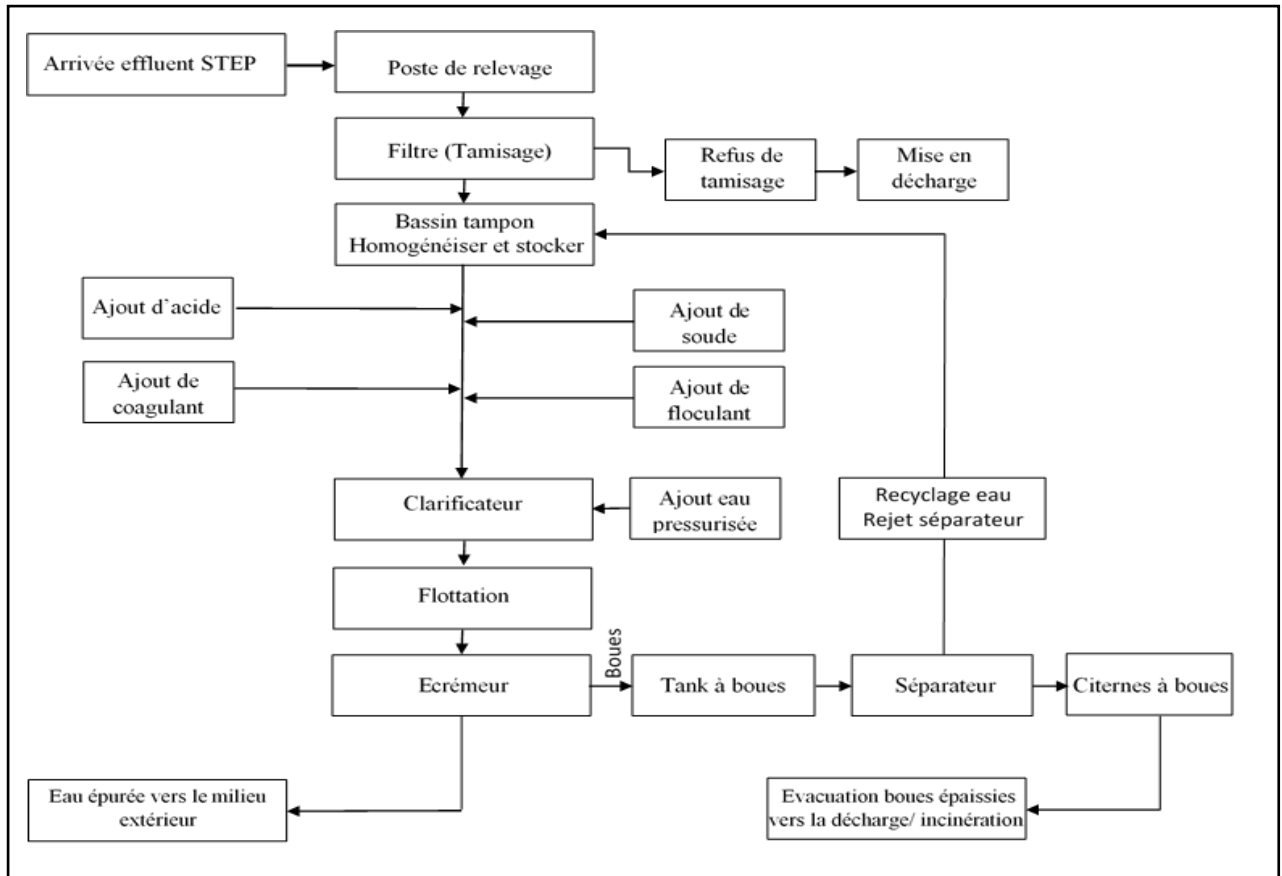


Figure I.2 : Logigramme de traitement de la STEP DDA (Document technique de la STEP DDA, 2009).

En résumé, cette filière de traitement est constituée d'un :

- ✓ Prétraitements et traitements physico-chimiques des effluents : Les prétraitements sont des techniques ou des ouvrages permettant généralement de retirer les gros déchets compris dans les effluents et de neutraliser ces derniers lorsqu'ils sont trop acides ou basiques (Tableau I.1).

Tableau I.2 : Principaux traitements des effluents de la DDA (Achiou, 2017).

Prétraitement	Objectif	Principe
Bassin tampon	Ecrêter le débit	Bassin à l'entrée de station d'épuration
Neutralisation	Equilibrer le pH	Traitement chimique
Dégrillage, tamisage	Séparer les éléments grossiers	Séparation physique à l'aide d'une surface percée d'orifices réguliers ou d'une grille fine
Flottation	Extraire les graisses et substance non décantables	Injection de fines bulles d'air qui, en remontant à la surface, emportent les particules solides.
Dégraissage	Retirer les graisses	Séparation des graisses par différence de densité

CHAPITRE I : DONNEES GENERALES

- ✓ Traitement des boues : Les boues de cette filière laitière sont en majeure partie épandues comme engrais ou fertilisant. Elles peuvent être épandues dans leur forme initiale ou après un traitement adapté. Trois étapes constituent le traitement des boues : le prétraitement physico-chimique, l'épaississement / égouttage / déshydratation et le séchage. Le prétraitement des boues a pour objectif de faciliter leur égouttage, limiter le développement de pathogènes et réduire les émissions olfactives indésirables. La deuxième étape du traitement consiste à réduire le volume des boues en diminuant la quantité d'eau qu'elles contiennent. Elle peut ou non être suivie d'une étape de séchage afin d'atteindre une siccité très élevée (Achiou, 2017). Le tableau ci-dessous recense quelques-uns des principaux types de traitement des boues issues de la DDA.

Tableau I.3 : Principaux types de traitement mis en place pour les boues issues de la DDA (Achiou, 2017).

Procédé	Objectif	Principe
Chaulage	Stabilisation des boues	Ajout de chaux
Floculation	Amélioration de la séparation solide-liquide	Ajout de produits chimiques (polymères, chlorure ferrique...)
Décantation	Augmentation de la siccité	Sédimentation
Egouttage	Augmentation de siccité (5-10%)	Table ou tambour d'égouttage
Centrifugation	Augmentation de la siccité (20-30%)	Ségrégation par densité en imposant une rotation à grande vitesse

I.1.5.2. Traitement biologique

L'élimination de la pollution organique carbonée et azotée, qui présente une biodégradabilité satisfaisante, est essentiellement le fait des procédés biologiques d'épuration. Il constitue le mode de traitement des eaux résiduaires de l'industrie laitière le plus utilisé, en raison de son efficacité. L'épuration des effluents de la DDA est donc incomplète, et pour 'y remédier, il faudra mettre en œuvre des bioprocédés de dépollution qui se situeront en aval des traitements physico-chimiques. D'ailleurs, un projet de traitement par biométhanisation est en cours d'installation.

I.1.5.3. Incinération

Selon l'auteur Gaucher (2011) ; les déchets doivent être incinérés suivant la directive 2000/76/CE. L'incinération est un traitement appliqué à un très large éventail de déchets, vise à traiter les déchets de manière à en réduire le volume et les dangers, tout en récupérant ou en détruisant les substances potentiellement nuisibles (Collectif, 2006). La masse blanche de DDA est séchée dans des espaces larges en ajoutant la chaux afin d'assurer sa déshydratation et sa décontamination puis

elle est acheminée dans des citernes vers l'incinérateur, la combustion s'effectue à 600°C jusqu'à l'obtention des résidus blanchâtres (Figure I.4).



Figure I.3 : Les différentes étapes de l'incinération de la masse blanche de DDA (Collaboration personnelle).

I.1.6. Valorisation des coproduits du groupe international DANONE

Le lactosérum est un sous-produit issu de la fabrication du fromage. En général, il est défini comme la partie du liquide ou du sérum de lait résiduel qui reste après la coagulation du lait et la séparation du caillé. En effet, le lactosérum représente environ entre 85 et 95% du volume du lait et conserve environ 55% des éléments nutritifs du lait (Guimarães et al, 2010).

Il existe différents processus pour valoriser le lactosérum. Le lactosérum est transformé en poudre de lactosérum ou en ses variantes déminéralisées, déprotéinées ou délactosées. Également, il peut être valorisé sous forme de concentrés protéiques, d'isolat de protéines sériques, du lactose ou d'autres fractions (Macwan et al, 2016).

L'ensemble des procédés de fermentation du lactosérum montre que le système de production d'acide lactique est l'un des plus avantageux (figure I.5).

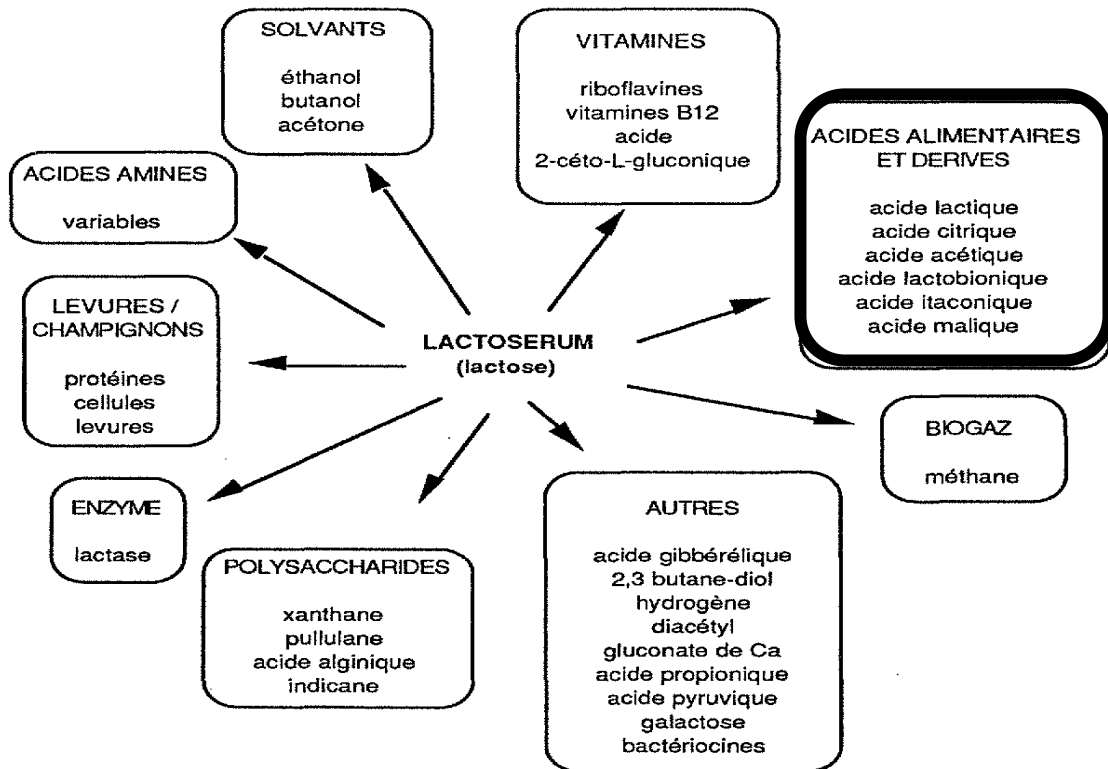


Figure I.4 : Valorisation indirecte du lactosérum (Zadow, 1989).

I.1.6.1. Traitement et production d'énergie renouvelable (biogaz, bioalcool,...)

La fermentation du lactosérum permet la conversion du lactose en différents composés tels que la production de biogaz, de biomasse, d'alcools, d'acides organiques. Dans ce procédé, le lactose est la source de carbone ou nutriment principal pour les microorganismes à l'origine de la fermentation.

L'hydrogène (H₂) est obtenu par fermentation anaérobie. Actuellement, seulement 1% de la production mondiale de H₂ est produite par une fermentation anaérobie à l'aide de microorganismes tels que *Clostridia*. La production a été largement étudiée en tant que source d'énergie pour remplacer les combustibles fossiles en raison de son pouvoir calorifique de 142 kJ/g.

La méthanisation est un autre procédé de traitement par digestion anaérobie qui transforme la matière organique en méthane et gaz carbonique. La méthanisation permet d'éliminer la pollution organique tout en consommant peu d'énergie et en générant une énergie renouvelable : le biogaz ou CH₄ (Pescuma et al, 2015).

Selon Fernández-gutiérrez et al (2017) les microorganismes de l'espèce *Methanobacterium* fermentent le lactose afin de produire du biogaz avec 50-70% (v/v) de méthane, 30-40% (v/v) de

CHAPITRE I : DONNEES GENERALES

dioxyde de carbone et 1-10% (v/v) d'hydrogène. Le procédé de méthanisation inclut l'utilisation et le traitement des eaux usées de l'usine.

La production d'éthanol à partir du lactosérum a été très étudiée dans le monde dû à la haute teneur en carbohydrates présentes dans ce résidu fromagé (Hadiyanto et al, 2014). Le lactose est fermenté en utilisant des conditions de levure et des conditions d'opérations anaérobies afin de produire de l'éthanol et du CO₂. Après la fermentation, l'éthanol produit est séparé par distillation et déshydraté pour pouvoir être utilisé comme carburant.

I.1.6.2. 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. De nombreux travaux ont montré l'importance du processus de compostage aérobie dans la valorisation et le recyclage des boues des industries agro-alimentaires et des déchets organiques biodégradables pour des applications agronomiques.

I.1.6.3. Alimentation humaine

Les propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des protéines du lactosérum ont rendu son utilisation possible dans de nombreux domaines de l'industrie agroalimentaire (tableau I.4) en particulier en tant que texturant, foisonnant ou ingrédient nutritionnel (Damodaran, 2006).

Tableau I.4 : Application des protéines de lactosérum (Linden et al, 1994).

Produits	Fonctions
Produits de boulangerie-biscuiterie	Apport protéique, rétention d'eau, gélifiant, texture (interaction avec gluten)
Pâtes alimentaires	Apport protéique, texture.
Pâtisserie (meringue, génoise)	Emulsifiant, moussant, rétention d'eau, gélifiant.
Confiserie (caramel, nougats)	Emulsifiant, arôme, texture, dispersibilité
Potages, sauces	Epaississant (interaction avec amidon), émulsifiant
Farines lactées	Apport protéique, solubilité
Boissons lactées ou fruités	Soluble à chaud ou/ et pH acide, Epaississant
Aliments diététiques et infantiles	Apport protéique, solubilité, épaississant
Fromages naturels et fondus	Emulsifiant, épaississant, gélifiant
« imitation cheese », pâtes à tartiner, coffee whitener, crèmes glacées	Emulsifiant, épaississant
Crèmes desserts, flans, yaourts	Emulsifiant, épaississant, gélifiant
Produits carnés (saucisse, pâtes, hamburgers)	Emulsifiant, épaississant, gélifiant, liant, rétention d'eau et de matière grasse.

I.1.6.4. Alimentation animale

I.1.6.4.a. Aliments pour animaux à sang chaud (porcs et bovins)

Les poudres de lactosérum sont utilisées dans les aliments d'allaitement pour veaux. Elles sont également employées de même que le concentré liquide, en mélange avec d'autres aliments (hachis de paille, farine,...) pour animaux d'élevage (bovins, porcins, volailles) (Zadow.1989).

I.1.6.4.b. Aliments pour animaux à sang froid (poissons)

Aucune valorisation des coproduits de l'industrie laitière pour la production d'aliments pour l'élevage des animaux aquacoles n'a été décrite.

L'utilisation des coproduits de DDA (lactosérum et yaourt) pour la fabrication d'un aliment de poisson 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 poisson sein.

I.1.7. Présentation du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (Linnaeus., 1758)

Les tilapias sont des poissons d'eau douce, ils sont actuellement connus sous le nom de poulets aquatiques en raison de leur taux de croissance élevé, de leur adaptabilité à un large éventail de conditions environnementales et de leur capacité à croître et à se reproduire en captivité et à se nourrir à de faibles niveaux trophiques (El-sayed, 2006).

I.1.7.1. Position systématique

La position systématique est décrite dans ce qui suit (Bailly, 2009)

Règne Animalia

Embranchement Chordata

Sous-embranchement Vertebrata

Super-classe Gnathostomata

Classe Actinopterygii

Ordre Perciformes

Sous-ordre Labroidei

Famille Cichlidae

Sous-famille Pseudocrenilabrinae

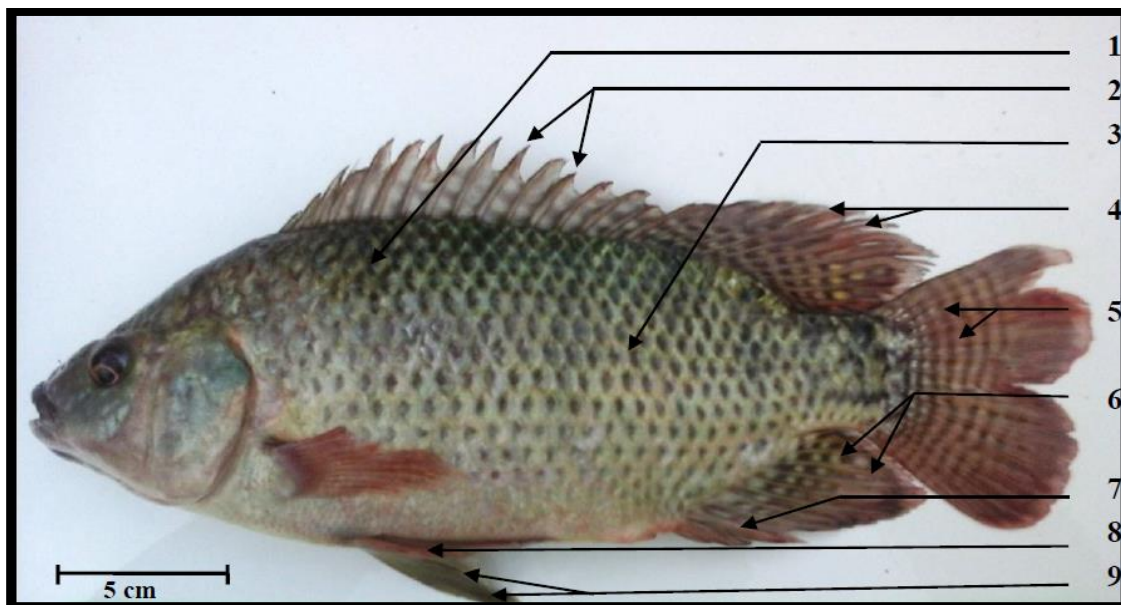
Genre *Oreochromis*

Espèce *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758).

I.1.7.2. Morphologie de l'espèce

Le Tilapia du Nil est un cichlidé appartenant au groupe des poissons incubateur buccaux uni-parentaux maternels. Il est caractérisé par (Figure I.6) :

- Une coloration grisâtre avec poitrine et flancs rosâtre et une alternance de bandes verticales claires et noires nettement visible notamment sur la nageoire caudale et la partie postérieure de la nageoire dorsale.
- Un nombre élevé de branchiospines longues et fines.
- Une nageoire dorsale longue à partie antérieure épineuse et à partie postérieure molle et une liséré noire en bordure de la nageoire dorsale et caudale chez les males (Rabab, 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.1.7.3. Biologie et écologie

Il est couramment admis que les poissons ont un comportement de croissance prédéterminé sous la dépendance des facteurs génétiques et avec lesquels interagissent d'autres facteurs environnementaux. Ainsi, la vitesse de croissance est extrêmement variable selon des facteurs de contrôle (température) et limitant (nourriture, oxygène dissous, ammoniac) qui affecte la quantité d'énergie disponible pour la croissance.

Aussi, d'autres facteurs non négligeables comme la densité de peuplement et la photopériode peuvent surement affecter la croissance de l'espèce (Lazard et al, 2006).

En générale, *Oreochromis niloticus* est connu par sa croissance rapide (Pullin, 1982) et présente un indice de croissance plus performant que toutes les autres espèces de Tilapia (IC=1,8), sa durée

CHAPITRE I : DONNEES GENERALES

de vie est relativement courte (4-7 ans), sa vitesse de croissance est extrêmement variable selon les milieux (Pauly et al, 1988).

Par ailleurs, en raison de leur forte adaptabilité aux facteurs écologiques, biotiques et abiotiques, l'élevage de cette espèce peut-être réalisé dans les eaux douces, chaudes ou dans des conditions bien contrôlées après une éventuelle acclimatation (Derouiche et al, 2009).

Le tableau suivant récapitule les différentes valeurs moyennes des paramètres physicochimiques tolérés par la survie de ce poisson.

Tableau I.5 : Qualité d'eau requise pour l'élevage du Tilapia du Nil (Suresh, 2003).

Paramètres	Intervalle
T (°C)	26-32
Salinité (PSU)	0-20
Alcalinité	>20
Dureté	<50
Ammoniac	<0,1
Oxygène dissous (mg/L)	03-mai
pH	6,5-8,5

La période de reproduction de tilapia du Nil est potentiellement continue pendant toute l'année, si la température de l'eau est supérieure à 22 °C (Suresh, 2003).

Dans les milieux naturels, la taille de première maturité sexuelle varie généralement entre 14 et 20 cm, donc elle commence à se reproduire en général vers l'âge de 2 ans (Plisnier et al. 1988). Dans certaines conditions, elles atteignent leur maturité très précocement (vers l'âge de 4 - 5 mois) (Dharaief, 2005).

I.1.74. Distribution géographique

Les tilapias sont des poissons d'eau douce, ils sont originaires d'Afrique mais ont été introduits dans de nombreuses régions tropicales, subtropicales et tempérées du monde (figure I.7) au cours de la seconde moitié du 20e siècle (El-sayed, 2006).

I.1.7.5. Historique et production du tilapia du Nil en Algérie

Le tilapia a été importé de l'Égypte en 2002 (CNRDPA, 2017) et depuis sa production est étendue dans les différentes wilayas représentées dans l'histogramme suivant (**Figure I.8**).

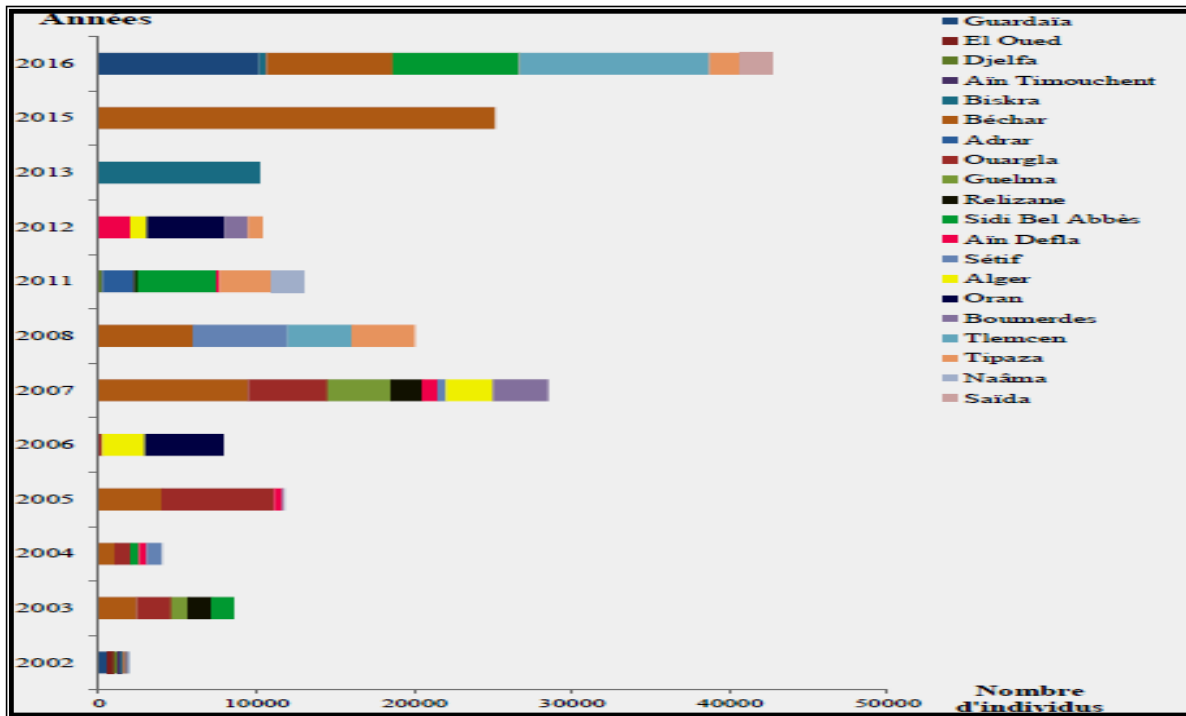


Figure 1.7 : La production de tilapia du Nil en Algérie représentée par wilaya (CNRDPA, 2017).

I.1.7.6. Régime alimentaire et besoins nutritionnels du Tilapia du Nil

La croissance de l'aquaculture mondiale et la nécessaire préservation des ressources naturelles marines imposent de faire évoluer la composition des aliments pour les poissons d'élevages (FAO, 2019). Les farines et huiles de poissons ont été utilisées comme ingrédients majoritaires des aliments aquacoles, notamment pour des espèces de haut niveau trophiques comme les salmonidés (truites et saumons) et les poissons marins. Ces matières premières contiennent tous les nutriments pour couvrir les besoins nutritionnels de ces espèces et l'huile de poisson enrichi leur chair en acides gras (Medale et al, 2013).

Le tableau ci-dessous reproduit la formule alimentaire (composition des ingrédients) et la composition immédiate des aliments qui sont utilisés à différents stades de la vie du tilapia du Nil dans un élevage semi-intensif.

CHAPITRE I : DONNEES GENERALES

Tableau I.6 : Ingrédients et composition immédiate des aliments exploités en aquaculture pour l'élevage du tilapia du Nil en Afrique (FAO, 2019).

Ingrédient/Composition	Stade de développement/taille du poisson			
	immédiate			
Ingrédients (%)	Alevins	Fingerlings	Grossissement	Grossissement
			(en cage)	(en étang)
Fécule de manioc	15	0	0	0
Farine de manioc	0	23	23	22
Farine de noix de coco	0	0	0	30
Son de riz	30	15	20	0
Farine de soja	0	30	25	25
Farine de poisson	47	25	25	20
Huile de poisson	5	4	4	0
Hydrogénophosphate de calcium	1	1	1	1
Prémélanges de vitamines et de sels minéraux	2	2	2	2
Composition immédiate (%)				
Matière sèche	8,3	9	9	9,1
Protéines brutes	30	31	30	29,9
Lipides bruts	10	7,4	7,5	4,1
Cendres	16,3	12,6	12,8	10,7
Fibres brutes	3,8	4,2	4,4	6
Glucides	31,6	35,8	36,3	40,2
Énergie brute (kcal/kg d'aliment)	2 800	2 700	2 700	2 500

Le régime alimentaire du tilapia du Nil dépend de sa taille. Sa composition immédiate type se décline comme suit.

Tableau I.7 : Besoins nutritionnels en fonction des différents stades de croissance du Tilapia du Nil (FAO, 2019).

Composition immédiate (%)	Alevins	Fingerlings	Grossissement	Finition	Géniteurs
Taille du poisson	< 10 g	10–30 g	> 30 g	> 300 g	> 300 g
Humidité	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Protéines brutes	40–50	28–35	25–30	20–25	> 40
Lipides bruts	6–13	6–13	4–12	4–12	> 6
Fibres brutes	< 4	< 8	< 8	< 8	< 10
Cendres	< 16	< 16	< 16	< 16	< 16
Glucides	> 25	> 25	> 25	> 25	> 25

Le niveau protéique type des aliments en granulés pour tilapia du Nil est compris entre 25 et 35%. Il peut toutefois atteindre 50 % pour les alevins et baisser à 20 % dans le régime alimentaire final. Le tableau ci-dessous donne de bonnes indications d'ordre général.

CHAPITRE I : DONNEES GENERALES

Tableau I.8 : Besoins en protéines en fonction du stade de développement (FAO, 2019).

Stade de développement	Poids (g)	Besoins (%)
Larve (première alimentation)		45 – 50
Alvins	0.02 – 1.0	40
Fingerlings	1.0 – 10.0	35 – 40
Juveniles	10.0 – 25.0	30 – 35
Adultes	25 – 200	30 – 32
	> 200	28 – 30
Stock de géniteurs		40 – 45

I.1.7.7. Composition chimique globale et valeur nutritionnelle de la chair du tilapia

La qualité nutritionnelle du poisson 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 (Médale, 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 (Médale, 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). Le tilapia possède une capacité supérieure, par rapport aux poissons marins, de bioconversion des acides gras en C18 à chaîne plus longue ou plus insaturée par des systèmes enzymatiques catalysant leur élongation et leur instauration (Dergal, 2015).

La composition chimique et les valeurs nutritionnelles de l'espèce *O. niloticus* sont résumées dans le Tableau 1.9 (Projet Composition nutritionnelle des produits aquatiques, 2007).

CHAPITRE I : DONNEES GENERALES

Tableau I.9 : Composition chimique et valeur nutritionnelle de 100g de la chair du tilapia du Nil (Projet Composition nutritionnelle des produits aquatiques, 2007).

		Moyenne	Mini	Maxi
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	80
	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
	Cholesterol en mg/100g	39,5	32,5	43,5
Vitamines	Vitamine A en µg/100g	<2	/	/
	Vitamine E en mg/100g	0,93	0,73	1,16
	Vitamine D en µg/100g	15,61	<0,5	53,6
	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	0,3
	Vitamine B12 en mg/100g	1,07	0,13	1,77
	Caroténoïde totaux mg/100g	/	/	/
Minéraux et oligoélément	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
	Chlorure en mg/100g	/	/	/
Acides gras	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

Chapitre II
Matériel & méthodes

II.1. Caractérisation de la composition chimique globale des sous-produits de DDA

Des quantités énormes de produits (lait, yaourt, crème dessert et fromage) sont déclassées et jetées chaque année à cause de leur date limite de consommation (DLC) dépassée, de non-conformité (lait contenant des antibiotiques) ou de problèmes techniques tels que des erreurs d'étiquetage, mauvais remplissage, déformation de l'emballage...), à cela s'ajoute plusieurs milliers de tonnes de lactosérum issus de la fabrication du fromage.

Dans le cadre de cette étude, deux de ces produits (yaourt déclassé et lactosérum) ont fait l'objet d'une valorisation en vue d'une application aquacole. Il s'agit de la fabrication d'aliments pour l'élevage de poissons. Le yaourt et le lactosérum constituent donc la matière première. La qualité hygiénique et la valeur nutritionnelle de cette dernière doivent être déterminées avant tout processus de transformation.

II.1.1. Caractérisation de la composition chimique du yaourt déclassé

II.1.1.1. Détermination du taux des protéines : Méthode kjeldahl 1883

Le but de cette manipulation est de déterminer l'azote total des produits laitiers. Les composés organiques contenant de l'azote (**protéines**) sont décomposés à chaud, sous l'action d'acide sulfurique et d'un catalyseur. Ce catalyseur contient du sulfate de potassium (K_2SO_4), qui permet d'augmenter la température d'ébullition de l'acide sulfurique, et du sulfate de cuivre ($CuSO_4$) qui agit comme catalyseur de la réaction. L'azote va donner quantitativement du sulfate d'ammonium. C'est l'étape de **minéralisation**.

L'ammoniac est ensuite déplacé de son sel par la soude, distillé par entraînement à la vapeur d'eau et recueilli dans une quantité connue d'acide chlorhydrique en excès. C'est l'étape de **distillation**. La quantité d'acide chlorhydrique n'ayant pas réagi est dosée en retour par la soude. C'est l'étape de **dosage** (Salghi, 2005).

L'analyse a été faite à partir d'un automate au niveau du laboratoire de DDA.

Mode opératoire

a. Ascenseur

- Enlever la plaque en inox pour faire marcher l'appareil ; après la pesée des échantillons, placer les matras dans l'ascenseur.

b. Neutralisation

- Remplir les deux béciers avec de l'eau distillée et la soude, et mettre le neutralisateur en marche automatique.

c. Minéralisation

- Après l'allumage, appuyer sur Start pour démarrer l'analyse ;
- A la fin de la minéralisation, laisser refroidir pendant 1h.

d. Distillation

- Allumer l'appareil « programme analyse » ;
- Démarrer la distillation.

e. Titrage

- Titration à l'aide d'une burette graduée avec une agitation ;
- A la fin de la titration, appliquer le protocole pour faire les calculs en azote (données propre à l'entreprise).

II.1.1.2. Détermination du taux de la matière grasse : méthode Gerber 1892

La méthode de Gerber (acidobutyrométrique) est une méthode qui est valable seulement pour le lait et ses dérivés (Aboutayeb, 2018).

Principe (Archive DANONE, 2011)

Après dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique, la séparation de la matière grasse du lait et dérivés, par centrifugation dans un butyromètre, est favorisée par l'addition d'une quantité d'alcool iso-amylque (figure II.1).



Figure II.1 : Centrifugeuse de marque FUNKE GERBER à gauche et un butyromètre pour la détermination de la matière grasse à droite (Collaboration personnelle).

Mode opératoire :

- Mettre 10ml de l'acide sulfurique à densité 1.82 dans le butyromètre ;
- Ajouter sans agitation 11 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 (Archive DANONE, 2011).

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

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

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

II.1.1.3. Détermination du taux de la matière sèche

La teneur en matière sèche totale est le résultat obtenu après évaporation de l'eau du produit. Elle est exprimée en gramme par litre ou par kilogramme ou en pourcentage.

La mesure du taux d'extrait sec total est réalisée par un dessiccateur infrarouge de marque SARTOTIUS MA 45 (figure II.2). C'est une dessiccation à 115°C pendant 3 min jusqu'à l'obtention d'une valeur d'un poids constant (Archive DANONE, 2011).

Mode opératoire

- Allumer l'appareil en appuyant sur la touche START ;
- Placer la coupelle sur la balance du dessiccateur ;
- Tarer et peser 3g d'échantillon ; bien étaler l'échantillon et enfin baisser le capot de l'appareil ;
- Appuyer sur la touche START pour démarrer l'analyse (115°C/3 min) ;
- Les résultats sont exprimés en pourcentage (masse/masse).



Figure II.2 : Dessiccateur infrarouge de marque SARTOTIUS MA 45 pour la détermination de l'extrait sec.

II.1.2. Caractérisation de la composition chimique du lactosérum

Les analyses du taux des protéines et des matières grasses ont été réalisées grâce au Milko Scan FT120 (FOSS Electric, Type 71200) est un spectrophotomètre à FTIR (Fourier Transformed Infrared Spectroscopy) automatique de grande capacité. Il utilise la technologie d'absorption spectroscopique en moyen infrarouge à transformée de Fourier (Figure II.3).



Figure II.3 : Appareil Milko Scan FT120 (FOSS Electric, Type 71200).

Principe

L'interféromètre FTIR balaye le spectre complet du moyen infrarouge, fournissant des absorbances sur un nombre de longueurs d'ondes illimité. Les résultats sont fournis en simultanément à partir du spectre complet ce qui permet de mesurer de nouveaux paramètres, et ce, même lorsqu'il s'agit d'analyser des produits laitiers complexes. L'analyse des paramètres supplémentaires devient simplement une question de calibrage. Une fois les faisceaux divisés par le miroir semi-réfléchissant, l'appareil envoie une partie des rayons sur un miroir fixe et l'autre partie sur un miroir mobile (figure II.3). A partir des miroirs, les rayons se réfléchissent et se recombinaient avant d'atteindre le détecteur. Toutes les fréquences infrarouges passent au même moment dans l'interféromètre. Le miroir effectue de rapides et petits mouvements, ce qui permet de balayer le spectre moyen infrarouge. Le laser envoie une lumière monochromatique qui est utilisée pour déterminer avec précision la position du balayage des longueurs d'ondes.

En un laps de temps court, l'interférogramme est recueilli par le spectromètre, traité par le calcul de transformation de Fourier et est converti en un spectre entier de l'échantillon. A partir de ce stade, on retrouve à nouveau la théorie générale de la spectrométrie, de l'intensité de la lumière, de l'absorption et leurs relations avec les paramètres composants un échantillon spécifique. Les éventuelles erreurs de l'appareil Milko Scan™ FT120 sont calibrées par un étalonnage avec des valeurs obtenues grâce à des analyses réalisées avec les méthodes de références qui donnent des résultats plus précis mais plus longs à obtenir (Vignola, 2002).

Mode opératoire

1) Préchauffer tous les échantillons dans le bain marie à 40°C pendant 10 à 15min avant de procéder à l'analyse.

2) L'analyse s'effectue de la façon suivante :

- Sélectionner le programme produit «...» ;
- Retourner doucement l'échantillon plusieurs fois pour le mélanger sans créer de mousse ;
- Décapsuler l'échantillon et le placer sous la pipette ;
- Définir le niveau de prévenance de l'échantillon dans le champ d'identification ;
- Mettre l'analyse en route en cliquant sur la touche démarrage du tableau de commande ;
- Dès que l'échantillon a été pompé (les deux prise), lancer le «Démarrage Analyse» 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 DDA

II.2.1. Recherche de la flore totale

La Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT) est un indicateur sanitaire qui permet d'évaluer le nombre d'UFC (Unité Formant Colonie) présentes dans un produit dans le but d'apprécier l'état de fraîcheur d'un produit ou l'efficacité d'un traitement thermique ou de la conservation. Cette recherche est donc un outil permettant de garantir une certaine sécurité hygiénique et un certain niveau organoleptique. Ce dénombrement se fait à 30 °C pendant 72 h d'incubation dans un milieu de culture bien défini. Le mode opératoire est décrit ci-dessous (Guiraud et al, 2004).

CHAPITRE II : MATERIEL & METHODES

Tableau II.1 : Dénombrement de la FMAT du yaourt déclassé et du lactosérum.

Produit	Yaourt	Lactosérum
Milieu de culture	Gélose Plate Cunt Agar (PCA)	
Protocole	1. Préparation des dilutions <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. 	Préparation des dilutions <ul style="list-style-type: none"> • la dilution 10⁰ : mettre 10 mL de la solution mère dans un tube à essai • La dilution 10⁻¹ : Mettre 1mL de la solution 10⁰ dans 9mL de tryptone sel. • La dilution 10⁻² : Mettre 1mL de la solution 10⁻¹ dans 10 mL de tryptone sel.
	2. Culture des bactéries <ul style="list-style-type: none"> • Mettre 1mL de chaque dilution dans une boite de pétri ; • Ajouter la gélose en surfusion, bien mélanger (échantillon et milieu). 3. Incubation : Les boites sont mises dans l'étuve à 30°C/72h. 4. Lecture Dénombrer les colonies lenticulaires incluses dans la masse ; retenir les boites donnant un dénombrement facile entre 30 et 300 colonies. La formule mathématique suivante peut être utilisée : $N = \frac{\Sigma \text{colonies}}{v \cdot (n_1 + n_2) \cdot d_1}$ <ul style="list-style-type: none"> • N : Nombre d'UFC par gramme ou par mL de produit initial ; • Σ colonies : Somme des colonies des boites interprétables ; • v : Volume de solution déposée (1mL) ; • n₁ : Nombre de boites considéré à la première dilution retenue ; • n₂ : Nombre de boite considéré à la seconde dilution retenue ; • d₁ : facteur de la première dilution retenue. 	

II.2.2. Recherche de Salmonelles

Mode opératoire

1^{er} jour : 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, Incuber à l'étuve à 37°C pendant 24h.

2^{ème} jour : Enrichissement

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

3^{ème} jour : Isolement

- Identifier 4 boîtes de Pétri : 2 boîtes contiennent le milieu Hektoen et les 2 autres contiennent le milieu XLD ;
- Inoculer en surface et à l'aide de l'anse de platine stérilisée, une goutte de bouillon d'enrichissement RVS les deux boîtes identifiées : XLD ; Hektoen ;
- Puis, inoculer de la même façon, une goutte de bouillon d'enrichissement Müller Kaufmann les deux autres boîtes gélosées ;
- Incuber les à 37°C pendant 24h (Guiraud et al, 2004).

II.2.3. Recherche d'*Escherichia coli*

Les coliformes fécaux sont des micro-organismes indicateurs d'une pollution d'origine fécale humaine ou animale. L'espèce caractéristique et principale des coliformes fécaux est *E. coli* (Guiraud et al, 2004).

Mode opératoire

- L'inoculation se fait en profondeur, à l'aide d'une pipette Pasteur, déposer stérilement 1 mL ou 20 gouttes de chaque dilution dans les boîtes de pétri, couler la gélose lactosée au désoxycholate à 0,1 % puis procéder à l'étalement en faisant des mouvements en huit. Les boîtes sont incubées à 44 °C pendant 24 h à 48 h.
- Retenir les boîtes 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 boîte au minimum 3 colonies jaunes suspectes et faire le test de l'urée-indole ;
- Première lecture de la première dilution retenue ;

$$a1 = \frac{b}{A} \times c$$

b : nombre de colonies repiquées qui sont indole + et urée - ;

A : nombre de colonies repiquées (minimum 3) ;

C : nombre total de colonies par boîte retenue.

- Première lecture de la deuxième dilution retenue ;

$$a2 = \frac{b}{A} \times c$$

Le nombre de coliformes fécaux dont *E.coli* est donné par la formule suivante et exprimé en UFC/g (yaourt) et UFC/ ml (lactosérum) :

$$CF(E. coli) = \frac{a1+a2}{1,1.d} \times c$$

d : dilution de la première boîte retenue pour a1.

II.2.4. Recherche et dénombrement des 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. Les 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 (Guiraud et al, 2004).

Mode opératoire

Ensemencer en surface avec 0,1 mL d'une dilution dans une boîte de pétrie contenant déjà la gélose Baird Parker ; le jaune d'œuf et tellurite de Potassium, étaler sur toute la surface à l'aide d'un râteau puis incuber à 37°C pendant 48h.

Lecture et dénombrement

Les colonies de *staphylococcus auréus* donnent des colonies noires (réduction du tellurite en tellure) avec un halo clair dû à la protéolyse des protéines du jaune d'œuf, et éventuellement, un liseré blanc, opaque (précipitation des acides gras produits par la lecithinase qui hydrolyse la lécithine du jaune d'œuf). Leur taille est de 0,5 à 2mm, avec un aspect brillant.

Test de la coagulase

- Prélever les colonies suspectées d'être celles des staphylococcus aureus qu'on ensemence dans un tube contenant le milieu cœur cerveau, incubation à 37°C/24h.
- Mettre dans une cloche de Durham 0,5 ml du milieu d'enrichissement + 0,5ml de plasma de lapin, incuber à 37°C pendant 5 à 24h. La coagulation du plasma confirme que c'est le germe *staphylococcus aureus*.

II.2.5. Recherche (présence/ absence) des Listeria

La *Listeria monocytogenes* 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 (Guiraud et al, 2004).

CHAPITRE II : MATERIEL & METHODES

Mode opératoire

Les principales étapes d'isolement de *Listeria monocytogenes* à partir des denrées alimentaires (yaourt et lactosérum) sont illustrées ci-dessous (figure II.4). L'identification se fait par galerie biochimique API Listeria.

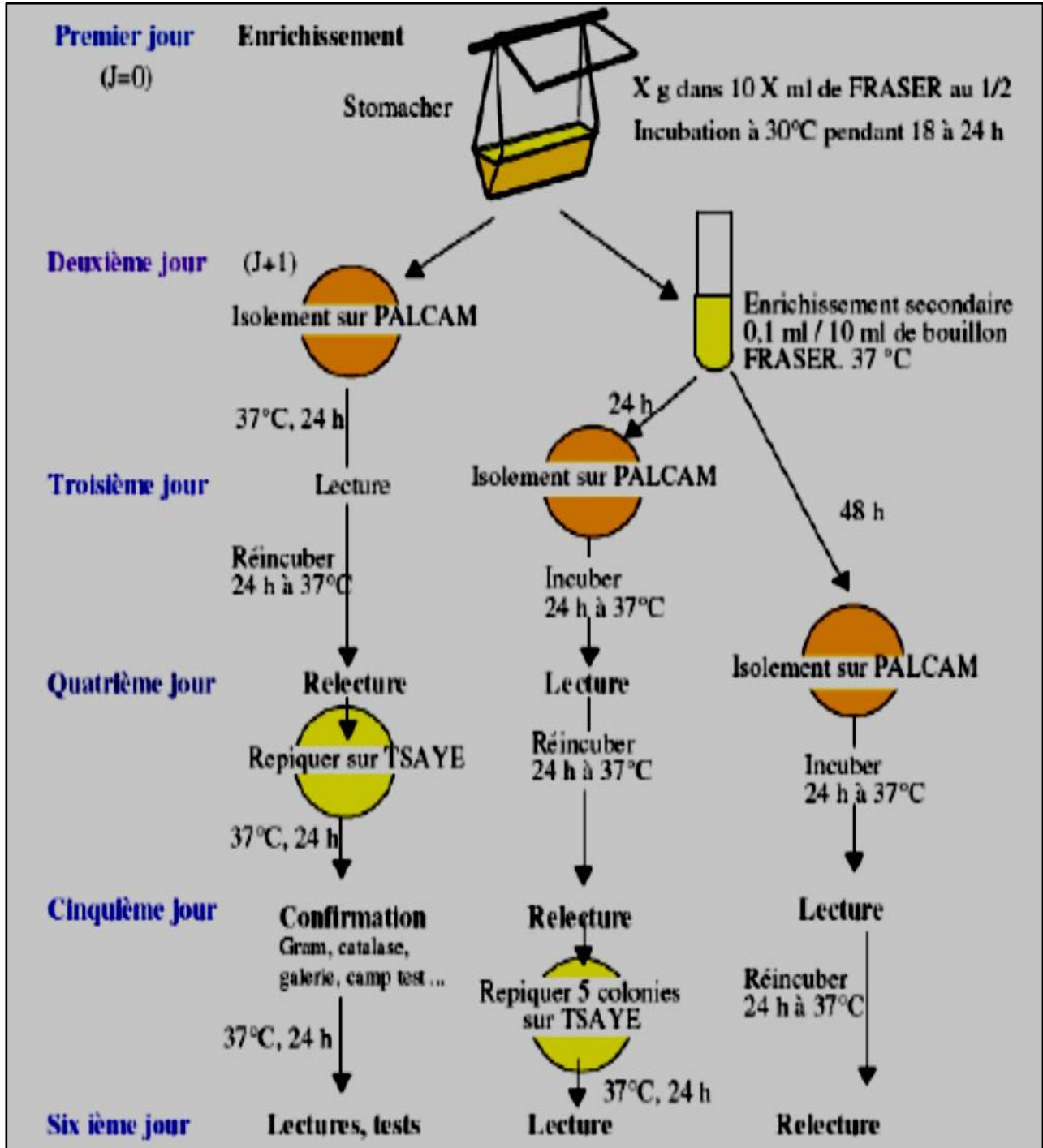


Figure II.4 : Recherche de *Listeria* dans les denrées alimentaires (Guiraud et al, 2004).

II.3. Préparation de l'aliment

II.3.1. Déshydratation du lactosérum par évapo-concentration

L'évapo-concentration 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. La technique repose sur le changement de la phase de l'eau induit par le rayonnement solaire qui traverse le vitrage et par l'effet de serre qui en résulte (Figure II.4).

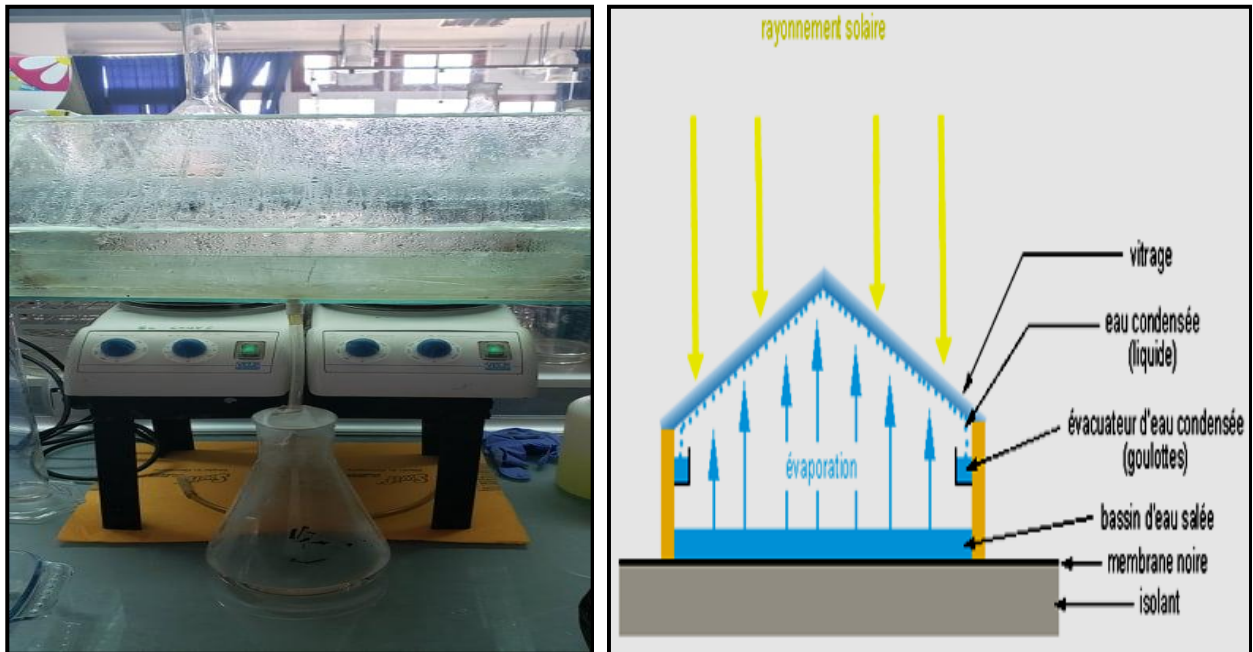


Figure II.5 : Evapo-concentrateur pour distillation et principe de fonctionnement schématisé (Igoud, 2015).

L'énergie recueillie chauffe la lame de l'eau contenue dans le caisson par radiation 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).

Mode opératoire

Cette étape a été effectuée à l'unité du développement des énergies solaires de Bousmail (ex UDES). Un volume de 01 L de lactosérum est versé dans le 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. Au total un volume de 8L de lactosérum a été déshydraté.

II.3.2. Déshydratation du yaourt

Le yaourt à été déshydraté par simple séchage dans une étuve ventilée au Centre national de recherche et de développement de la pêche et de l'aquaculture de Bousmail (CNRDPA) et par lyophilisation au laboratoire de l'ENSSMAL.

III.3.2.1. Séchage du yaourt dans l'étuve

D'après le dictionnaire Larousse (2013), une étuve est un appareil de chauffage fonctionnant le plus souvent à la pression atmosphérique (parfois sous vide ou sous gaz neutre) et permettant d'effectuer divers traitements thermiques à température réglée.

Principe

L'étuve sèche les produits par évaporation. Elle utilise le chauffage par convection, généralement un ventilateur ou une turbine réglable, dans lequel le produit est chauffé par le courant d'air. L'eau du produit s'échappe dans l'air, augmentant ainsi le niveau d'humidité et entraînant l'absorption de l'eau par les membranes semi solides à l'intérieur de l'étuve. Le résultat final est que l'étuve élimine l'eau du produit au cours du séchage, le rendant ainsi déshydraté (Kohl, 2019).

Mode opératoire

Le procédé consiste à :

- Étaler le produit humide à sécher en film mince sur un papier cuisson ;
- Poser le papier cuisson ainsi chargé dans des plateaux en inox ;
- Mettre les plateaux en inox dans une étuve réglée à 40°C ;
- Laisser, le produit humide, sécher pendant 18h.

Au total 800g de yaourt ont été séchés.

III.3.2.2. Lyophilisation du yaourt

Le yaourt est séché par lyophilisation. C'est une technique de déshydratation à basse température et à basse pression. Elle consiste à éliminer l'eau contenue dans un produit par sublimation. Le procédé de lyophilisation est composé donc de 3 étapes principales, successives et indissociables (Bogdani Eni, 2011) :

- La congélation qui transforme l'eau libre en cristaux de glaces ;
- La dessiccation primaire (sublimation) qui permet de sublimer les cristaux de glace formées ;
- La dessiccation secondaire (désorption) qui élimine l'eau liée et non congelée adsorbée à la surface des pores de la matière sèche ou incluse dans la masse du lyophilisat.

Mode opératoire

Au total, 400 g de yaourt ont été lyophilisés en utilisant le lyophilisateur de marque « CHRIST ».

II.3.3. Formulation de l'aliment

La principale fonction des aliments formulés est de répondre aux besoins de l'espèce en protéines et en acides aminés essentiels.

Néanmoins, Les ingrédients utilisés dans la composition des aliments fabriqués dans l'élevage des Tilapias varient d'une région à l'autre. (FAO, 2019).

Dans le cadre de cette étude, le mélange yaourt et le lactosérum déshydratés sont additionnés à différentes proportions à l'aliment commercial. Ce dernier a été fourni par le CNRDPA ; il est de marque « Coppens », dont la valeur nutritionnelle est mentionnée dans le tableau ci-dessous.

Tableau II.2 : Composition chimique globale et valeur nutritionnelle de l'aliment de poisson commercial « Coppens ».

Paramètres	Pourcentages
Protéines	11
Matière grasse	15
Cellulose brute	0,2
Cendres	11
Phosphore	1,87
Calcium	7
Autres	53,93

II.3.3.1. Préparation de l'aliment

Pour la formulation et la fabrication des aliments, quelques paramètres ont été pris en considération comme :

- les besoins alimentaires de l'espèce ;
- la taille et l'âge du poisson ;
- les stades de poissons : alevins, juvéniles adultes ;
- les valeurs nutritives, la disponibilité et le coût des ingrédients utilisés.

A. Broyage de l'aliment commercial

Le broyage de l'aliment a été fait au niveau de la ferme aquacole de l'ENSSMAL à l'aide d'un mortier jusqu'à l'obtention d'une poudre fine.

B. Les ingrédients

En plus de l'aliment commercial moulu (farine), les ingrédients rajoutés sont le mélange yaourt déclassé -lactosérum déshydratés et un certain volume de lactosérum liquide pour ramasser la pate. Trois aliments de 660 g ont été réalisés. L'aliment commercial sans aucun ajout en grain de 2mm de diamètre constitue le témoin. Cette quantité répond aux besoins des poissons tilapia élevés en aquarium pendant 45 jours (Tableau II.3).

CHAPITRE II : MATERIEL & METHODES

Tableau II.3 : Proportions aliment commercial et mélange yaourt-lactosérum.

	Aliment 1	Aliment 2	Aliment 3	Aliment 4
Quantité de l'aliment commercial (poudre)	627g	594g	528g	660g
Quantité et proportion du mélange (yaourt-lactosérum)	33g (5%)	66g (10%)	132g (20%)	0g (0 %)
Masse totale du mélange	660g	660g	660g	660g
Volume du lactosérum	714.4ml	540 ml	453 ml	/

C. Mélange

Le mélange a été fait à la main jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène.

D. Pressage (agglomération)

Afin d'avoir des granulés de diamètre voulu, on a utilisé une machine à viande hachée, le diamètre du disque utilisé est de 2mm.

E. Séchage et conditionnement

Le séchage a été fait à l'air libre, pendant 48h, puis les filaments ont été broyés à l'aide d'un mortier et tamisés pour obtenir des granulés de 2 mm de diamètre.

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

La caractérisation de la composition chimique globale des aliments préparés consiste en la détermination de leur teneur en eau, en protéines, en lipides et en matières minérales. L'ensemble des tests ont été effectués en duplicata au niveau du laboratoire de biochimie de l'ENSSMAL. Cependant, le taux de protéine a été aussi effectué au niveau du laboratoire de DDA.

II.4.1. Extraction et dosage des protéines totales

L'extraction et dosage des protéines a été fait par la méthode de référence « kjeldahl, 1883 » grâce à un automate au niveau du laboratoire de DDA et manuellement au niveau de l'ENSSMAL (Salghi, 2005) (Voir paragraphe II.1.1.1).

Mode opératoire de la méthode manuelle

a. Minéralisation

Elle est effectuée à l'aide d'un appareil de minéralisation « Inkjel » équipé d'une plaque chauffante, un thermostat, un porte matras, un collecteur de fumées et un piègeur de fumées.

- Mettre 2g de l'aliment broyé dans un matras ;
- Ajouter 1mL de peroxyde d'hydrogène ;
- Chauffer dans l'appareil de minéralisation jusqu'à l'obtention d'un filtrat d'une couleur limpide.

b. Filtration et dilution du minéralisât

- Filtrer le minéralisât à l'aide d'un papier filtre ;
- Ajuster le volume avec de l'eau distillée jusqu'à 100 mL.

c. Distillation

L'opération est effectuée en utilisant le distillateur « Behr, Labor-technique ».

- Mettre 20 mL du filtrat dans un matras ;
- Placer le matras dans l'appareil et ajouter 40 mL de NaOH à 40% ;
- Mettre 20 mL de l'acide borique à 4% dont le pH est mesuré dans un Erlenmeyer ;
- Retirer l'erien quand le volume atteint 100 mL (distillat entraîné à la vapeur d'eau).

d. Titrage

- Ajouter 10 gouttes de la solution d'indicateur de Tashiro (indicateur de pH) ;
- Ajouter la solution de HCl à 0.2 N à l'aide d'une burette jusqu'à l'obtention d'un pH équivalent à celui de l'acide borique ;
- Motionner le volume de HCl utilisé.

e. Calcul du taux de protéines

Le taux de protéines est calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{ protéines} = X * F = [(2.803 * V * 100) / (1000 * m)] * F$$

X : quantité d'azote dans 100g d'échantillon ;

F : facteur dépendant du type d'aliment analysé (protéine animale ou végétale) = 6.25 ;

V : volume d'HCl (chlorure d'hydrogène) ;

M : poids de l'échantillon en gramme.

II.4.2. Extraction et dosage des lipides

L'extraction des lipides totaux est effectuée par la méthode de référence (Soxhlet, 1879) qui est une méthode gravimétrique (Drogba-sahoré et al, 2016).

Principe

La méthode Soxhlet est la méthode de référence utilisée pour la détermination de la matière grasse dans les aliments solides déshydratés. C'est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et à la fin de l'extraction. L'aliment solide est donc pesé et placé dans une capsule de cellulose.

L'échantillon est extrait en continu par l'éther éthylique ou éther de pétrole à ébullition (T = 35 °C) 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.

CHAPITRE II : MATERIEL & METHODES

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, l'éther est évaporé, et la matière grasse est pesée.

Les cartouches de cellulose sont perméables au solvant et à la matière grasse qui y est dissoute. Ces cartouches sont jetables.

Mode opératoire

- Allumer le réfrigérant de l'appareil à 2°C ;
- Peser le poids du ballon vide (P_0) ;
- Peser 2g de l'échantillon dans une cartouche (m) ;
- Mettre la cartouche dans le matras ;
- Mettre le ballon sur la plaque chauffante ;
- Verser 160 mL d'éther-éthylique dans chaque matras jusqu'à son versement dans le ballon ;
- Allumer la plaque chauffante à une température de 100°C jusqu'à l'ébullition ;
- Réduire la température de sorte à maintenir l'ébullition stable (60°C) ;

Cette opération se déroule pendant 4 heures ce qui permet de dissoudre les lipides de l'échantillon ;

- Concentrer les lipides présents dans le ballon dans un rota-vapeur à 40°C ;
- Peser le ballon remplis (P_1).

Le taux des lipides est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ lipides} = [(P_1 - P_0) / m] * 100$$

P_1 : poids du ballon remplis après refroidissement dans le dessiccateur ;

P_0 : poids du ballon vide ;

m : poids de l'échantillon.

II.4.3. Détermination de la teneur en eau (taux d'humidité)

Séchage de l'échantillon à analyser à 105°C dans une étuve pendant 24h, la perte de masse est déterminée par pesée (Salghi, 2005).

Mode opératoire

- Peser les creusets vides P_0 ;
- Peser 2g de l'échantillon dans le creuset ;
- Peser l'ensemble creuset + échantillon P_1 ;
- Mettre les creusets fermés dans une étuve à 105°C pendant 24h ;

CHAPITRE II : MATERIEL & METHODES

- Retirer les creusets et laisser refroidir dans un dessiccateur (le couvercle doit être enlevé immédiatement après l'étuvage afin d'éviter la réhumidification) ;
- Peser le creuset contenant l'échantillon (P₂) ;
- Le taux d'humidité est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ d'humidité} = [(P_1 - P_2) / (P_1 - P_0)] * 100$$

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 : taux de matières minérales

Les cendres ont été déterminés sur la matière sèche (des échantillons préalablement étuvés à 105°C pendant 24h). Après l'obtention de la matière sèche, les creusets et leur contenu sont mis dans un four à moufle à 550°C pendant 2h (Salghi, 2005).

Ils sont ensuite pesés après avoir été refroidis dans un dessiccateur.

Le taux de la matière minérale est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ CT} = [(P_2 - P_0) / (P_1 - P_0)] * 100$$

P₀ : poids de creuset vide ;

P₁ : poids de creuset + échantillon séché à l'étuve 105°C ;

P₂ : poids de creuset + résidu calciné.

II.5. Caractérisation de la composition chimique globale de la chair des poissons après l'élevage

Les mêmes analyses biochimiques (taux de protéines, lipides, teneur en eau et en cendres) ont été effectuées sur la chair des poissons Tilapia à la fin de l'expérience.

II.6. Elevage et suivi de la croissance des poissons

L'élevage des poissons a eu lieu à la ferme expérimentale de l'ENSSMAL Dely Brahim/ Alger du 20 juillet 2019 au 7 septembre 2019, soit une période de 45 jours. Cette étude à portée sur 160 individus du Tilapia du Nil âgés de 03 mois et 21 jours provenant du centre de recherche CNRDPA.

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

CHAPITRE II : MATERIEL & METHODES

Les poissons ont été divisés dans 4 aquariums selon leur poids afin d'avoir des échantillons homogènes pour chaque aquarium.

Tableau II.4 : Poids moyens des poissons dans les différents aquariums.

	Aquarium 1	Aquarium 2	Aquarium 3	Aquarium 4 Témoin
Mélange yaourt déclassé-lactosérum	5%	10%	20%	0%
Nombre des poissons	40	40	40	40
Poids des poissons	1g-4.5g	5g-6.5g	7g-8.5g	8.5g-13.5g
Moyenne	2.8g	5.7g	7.7g	9,9g

II.6.1. Technique d'alimentation

Les poissons sont nourris manuellement avec les aliments expérimentaux à raison de deux repas par jour (9h, 14h) et 6 jours/7.

La quantité d'aliment distribué par bac était de 6% du poids total des poissons de chaque aquarium (Kubaryk, 1980).

Le nettoyage et le renouvellement d'eau des aquariums ont été effectués chaque deux jour.

Les mesures (poids et la taille des poissons) ont été réalisées en utilisant une balance électronique et un double décimètre.

II.6.2. Evaluation des performances de croissance

Des paramètres d'évaluation de performances de croissance du Tilapia ont été déterminés, il s'agit du gain de masse corporelle (GMC), du gain moyen quotidien (GMQ), d'indice de conversion (IC), du taux de croissance spécifique (TCS) et du taux de survie (TS) (Dibala et al, 2018).

$$\text{GMC} = P_{mf} \text{ (g)} - P_{mi} \text{ (g)}$$

$$\text{GMQ} = \text{gain moyen du poids} / \text{durée d'élevage en jours}$$

$$\text{IC} = \text{quantité d'aliments intégrée (g)} / \text{Biomasse produite (g)}$$

$$\text{TCS} = [(\ln P_{mf} - \ln P_{mi}) / \text{durée de l'expérience (jours)}] * 100$$

$$\text{TS} = (\text{Nombre de poissons final} / \text{Nombre de poissons initial}) \times 100$$

Chapitre III
Résultats & discussions

III.1. Composition biochimique globale des sous-produits de DDA

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 l'étuve ventilée à 40°C, séchage par évapo-concentration à 70°C et par lyophilisation) et mélangés à part égale. Le mélange yaourt-lactosérum est additionné à différentes proportions (5, 10 et 20 %) à l'aliment conventionnel. Les préparations ainsi obtenues sont testées en étudiant le taux de survie et la croissance du tilapia du Nil. L'aliment conventionnel constitue le témoin.

La qualité hygiénique et la valeur alimentaire aussi bien de la matière première que du produit fini ont été déterminées.

De même, une étude zootechnique a été réalisée pour évaluer l'efficacité des différents aliments fabriqués (AF) sur la croissance du tilapia du Nil. En fin, la valeur nutritionnelle de la chair du poisson a été déterminée.

III.1.1. Composition biochimique du yaourt déclassé

Les résultats des analyses obtenues montrent que le yaourt déclassé de DDA présente dans l'ensemble une composition assez riche en extrait sec total et en protéines (Tableau III.1).

Tableau III.1 : Composition biochimique globale du yaourt déclassé.

Paramètres	Yaourt
Protéine (%)	4.24
Matière grasse (%)	3.9
Extrait sec total(%)	23.53

Ces valeurs moyennes correspondent aux objectifs de Danone et sont conformes aux normes comme il est indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.2 : 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

Bien que le yaourt soit déclassé, sa valeur nutritionnelle est préservée. Ce déclassement fait suite à des problèmes techniques rencontrés lors de la fabrication ou lors du transport (mauvais remplissage, erreur d'étiquetage, déformation de l'emballage...).

CHAPITRE III : RESULTATS & DISCUSSIONS

III.1.2. Composition biochimique du lactosérum

Le lactosérum de DDA provient de la fabrication du fromage frais Danino. Sa composition chimique globale est indiquée ci-après.

Tableau III.3 : Composition biochimique du lactosérum.

Paramètres	Lactosérum
Protéine (%).	4.3%
Matière grasse (%).	0.7 %
Extrait sec (%).	6.29 %

Au regard des résultats obtenus, la teneur en protéines du lactosérum est de 4.3% ce qui correspond à 43g/l, elle est supérieure à celle rapportée par Alias et Linden (2004) qui est de 4.8 à 10.5g/l. Cette richesse est peut être due à la bonne qualité du lait utilisé.

Par ailleurs, selon Jacquot (2007), Les protéines du lactosérum possèdent un véritable intérêt nutritionnel en raison de leur teneur élevées en acides aminés essentiels.

De même pour la teneur moyenne en matières grasses trouvées dans la présente étude qui est de 0.7 % correspondant à 7g/l. Cette concentration est supérieure à celles de WOO (2002) qui est de 1 à 2g/l. Cela serait dû au brassage intense effectué avant le décaillage du lait pour séparer le lactosérum du caillé.

Le taux moyen en extrait sec du lactosérum étudié est de 6.29% soit une concentration de 62.9g/l, qui se rapproche de celle notée par le même auteur 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.

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

Les résultats des analyses microbiologiques du yaourt déclassé et du lactosérum sont reportés dans le tableau ci-dessous (tableau III.4).

Tableau III.4. Résultats de l'analyse microbiologique des échantillons étudiés.

	Yaourt	Normes Yaourt (JOA, 2017)	Lactosérum	Normes Lactosérum poudre (JOA, 2017)
FAMT (UFC/g)	1.81*10 ²	-	1.3*10 ²	-
<i>Enterobacteriaceae</i>	00	10 ²	00	10 ²
<i>E. coli</i> (UFC/g)	00	-	00	--
Staphylocoques à coagulase positive	00	10 ²	00	10 ²
Salmonelles	Absence/25g	Absence/25 g	Absence/1 g	Absence/25 g
<i>Listeria monocytogene</i> (UFC/g)	00	100	00	-

Les résultats obtenus montrent que le yaourt et le lactosérum présentent une flore aérobie mésophile totale (FAMT) très réduite qui est respectivement de $1.81 \cdot 10^2$ et $1.3 \cdot 10^2$ (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. Ce paramètre sert à déterminer la date limite de consommation des produits alimentaires. Il n'y a pas de normes concernant le yaourt et le lactosérum. Il a été utilisé comme indicateur sanitaire et pour déterminer le nombre de dilution décimale qu'il faut réaliser pour le dénombrement des autres germes.

Les enterobactériacées dont *E.coli* et *Salmonella* sont considérées comme un indice de contamination d'origine fécale dans le yaourt et le lactosérum (tableau III.4), Une absence totale de ces germes, nous renseigne sur la très bonne qualité des produits testés. Ceci est dû à la bonne maîtrise des règles d'hygiène et de manipulations au niveau de DDA.

Par ailleurs, la listériose est une anthroozoonose (transmission des animaux vertébrés comme les bovins à l'homme) responsable de l'avortement chez la femme enceinte et de la mort des personnes âgées ou/et immunodéprimées.

Quant aux staphylocoques à coagulase positive, en occurrence le *Staphylococcus aureus* producteur d'enterotoxines, ils sont responsables de toxi-intoxication alimentaire collective parfois mortelle.

Au regard des résultats, on note aussi l'absence totale en ces germes pathogènes, ce qui confirme l'innocuité du yaourt déclassé et du lactosérum.

III.3. Rendement du séchage du yaourt déclassé et du lactosérum

La valorisation du lactosérum et du yaourt déclassé représente un véritable défi à relever par les laiteries. Ces sous-produits frais, sous forme liquide et semi-liquide, ne sont pas facilement valorisable car ils constituent un excellent milieu de culture pour la prolifération microbienne (richesse en matières organiques et azotées et une forte activité de l'eau).

Pour cela, une création de nouveaux produits "aliment pour le poisson" nécessite la transformation du yaourt et du lactosérum en poudre afin de réduire les volumes, les risques de contamination et faciliter leur utilisation.

Les techniques de déshydrations de ces deux produits ainsi que les quantités récupérées sont consignées dans le tableau III.5.

CHAPITRE III : RESULTATS & DISCUSSIONS

Tableau III.5 : Quantité de poudre obtenue après séchage du lactosérum et du yaourt déclassé.

	Lactosérum	Yaourt	
	Séchage par Evapo-concentration à 70 °C	Séchage à l'étuve ventilée à 40°C	Séchage par lyophilisation -50°C
Quantité initiale (avant séchage)	8L ~ 8000g	800g	400g
Quantité finale (après séchage)	483g	200,2g	90,9g
Taux d'élimination d'eau	~ 94%	~ 75%	~ 77.3%

Les appareils de séchage utilisés sont des appareils de laboratoire de petites capacités. Il est difficile de comparer leurs performances avec les dispositifs industriels. Cependant, on peut apprécier le taux d'élimination d'eau et la préservation des valeurs nutritives des aliments séchés. Le lactosérum séché par évapo-concentration à 70°C à l'UDES est sous forme de poudre blanche avec un excellent taux d'élimination d'eau (94%) et une bonne préservation de la valeur nutritive (protéines). Le lactosérum séché par évapo-concentration multi-étage industriel à 3 effets avec thermocompression à 67°C présentait un taux d'humidité finale de 68% avec un taux d'élimination d'eau de 24% seulement (Ademe, 2017).

Par ailleurs, lors du séchage du lactosérum par évapo-concentration à 70°C, le rendement d'élimination de l'eau était excellent avec préservation de la valeur nutritionnelle et le distillat obtenu était de très bonne qualité microbiologique (flore mésophile aérobie totale, coliforme totaux, coliformes fécaux, *Staphylococcus aureus*, Streptocoques fécaux, Salmonelles et vibrions) ce qui offre la possibilité de réutilisation de cette eau en industrie ou en agriculture.

En ce qui concerne le yaourt, la lyophilisation est moins efficace que celle décrite au niveau industriel dont le taux d'élimination était de 99%. Ceci est peut-être dû aux coupures de courants répétées qu'il y a eu durant la période d'expérimentation. Toutefois, Le sécheur étuve de paille a donné des résultats satisfaisants.

II.4. caractérisation physicochimique des aliments préparés**III.4.1. Granulométrie et aspect général des aliments formulés**

Il est important d'adapter la taille des particules alimentaires à la taille de la bouche des poissons, afin de limiter les pertes et de maximiser l'utilisation des aliments (voir tableau ci-dessous).

Tableau III.6 : Tailles préconisées pour les particules alimentaires (FAO, 2019).

Poids du tilapia (g)	Diamètre des granulés (mm)
<0.5	0.5-1
0.5-1.5	1-1.5
1.5- 5	1.5
5-10	
10-20	
20-40	
40-100	2
100-250	3
>250	4

En fonction de la taille du poisson, les aliments utilisés présentes les caractéristiques suivantes :

- L'aliment commercial utilisé lors de cette expérience se présente sous forme de granulés de taille allant de 1.2 à 1.5 mm de diamètre. Il se caractérise par une stabilité dans l'eau de l'aquarium ainsi qu'une flottabilité totale et une bonne acceptabilité (digestion) lors de sa distribution aux poissons.
- Pour ce qui concerne les aliments fabriqués (5%, 10%, 20%), ils présentent une taille de 1 à 2 mm de diamètre. Les granulés de 1 à 1.5 mm de diamètre ont été distribués lors des trois premières semaines d'élevage conformément aux indications de la FAO pour les individus de poids variant de 1.5 à 20 g et les particules de 2 mm pour ceux dont le poids était supérieur à 20g. Lors de la distribution des aliments fabriqués, on a remarqué une stabilité moyenne par rapport à l'aliment commercial surtout pour aliment à 5%. En effet, ce dernier était très dur et les poissons semblaient avoir davantage de difficultés à s'alimenter correctement ; (l'eau apparaissait trouble après sa distribution et une quantité plus importante de particules était ignorée des poissons et se décanter au fond de l'aquarium), en revanche pour les aliments de 10% et 20%, ils sont consommés plus rapidement (en quelques minutes) ; sans doute plus agréables au goût et mieux digérés, ils ont donné d'ailleurs de meilleurs résultats.

III.4.2. Composition biochimique globale et valeur nutritionnelle des aliments formulés

La principale fonction des aliments formulés est de répondre aux besoins de l'espèce en protéines et en acides aminés essentiels (FAO, 2019), avec un équilibre précis des autres ingrédients (matière grasse, énergie, additifs nutritionnels). Le tableau III.7 récapitule les résultats obtenus pour les différents aliments.

Tableau III.7 : Composition biochimique globale des quatre aliments (5%, 10%, 20%, commercial).

	Aliments			
	AF 5%	AF 10%	AF 20%	AC (Témoin)
Protéines (%)	25,8	32,7	38,54	10,72
Lipides (%)	15,4	12,75	7,8	17,98
Humidité (%)	6,64	9,06	9,35	8,31
Matière minérale (%)	52,16	45,49	44,31	62,99

(AF : aliment fabriqué, AC : aliment commercial ou aliment contrôle)

Les valeurs nutritionnelles des aliments fabriqués lors de cette étude sont variables. La teneur en protéines oscille entre 25.8% et 38.54% (Tableau III.7), elle répond aux besoins nutritionnels théoriques du Tilapia du Nil (30% à 40%) (Lazard, 2007).

La plus grande valeur a été enregistrée pour l'aliment fabriqué avec 20% du mélange (yaourt + lactosérum) (figure III.1) ce qui reflète la richesse du mélange (lactosérum + yaourt) en protéines. Contrairement à l'aliment commercial (témoin), il présente une teneur très faible en protéines (10.72%).

Quant aux teneurs en lipides qui sont respectivement de 15.4 et 17.98% pour AF (5 %) et AC, elles sont supérieures aux besoins nutritionnels du Tilapia du Nil (6% à 10%). Ces teneurs élevées en matières grasses poseraient le problème de rancissement lors de leur conservation (Mahamat Silaye, 1981).

En revanche, les aliments AF (10%) et AF (20%) présentent des taux de matières grasses dans l'ordre 12.75% et 7.8%, ces dernières sont proches à celles décrites par Lazard (2007).

En effet, cette différence est due à la forte concentration en lipides de l'aliment de base (l'aliment commercial) car on a remarqué que ce taux diminue avec l'augmentation de la proportion du mélange yaourt-lactosérum ajouté car ce dernier contient un taux faible de matière grasse.

Selon le tableau III.7, la teneur en eau des aliments fabriqués AF ainsi que l'aliment commercial AC est acceptable, elle varie entre 6.64 et 9.35%.

D'après les valeurs de la matière minérale enregistrées, qui se situent entre 44.31 et 62.99%, les aliments distribués dépassent largement les besoins (4%), cela est vraisemblablement dû aux fortes teneurs de l'aliment commercial en minéraux.

CHAPITRE III : RESULTATS & DISCUSSIONS

Globalement, les aliments fabriqués répondent aux besoins nutritionnels du tilapia, certains composés sont même en excès (figure III.1).

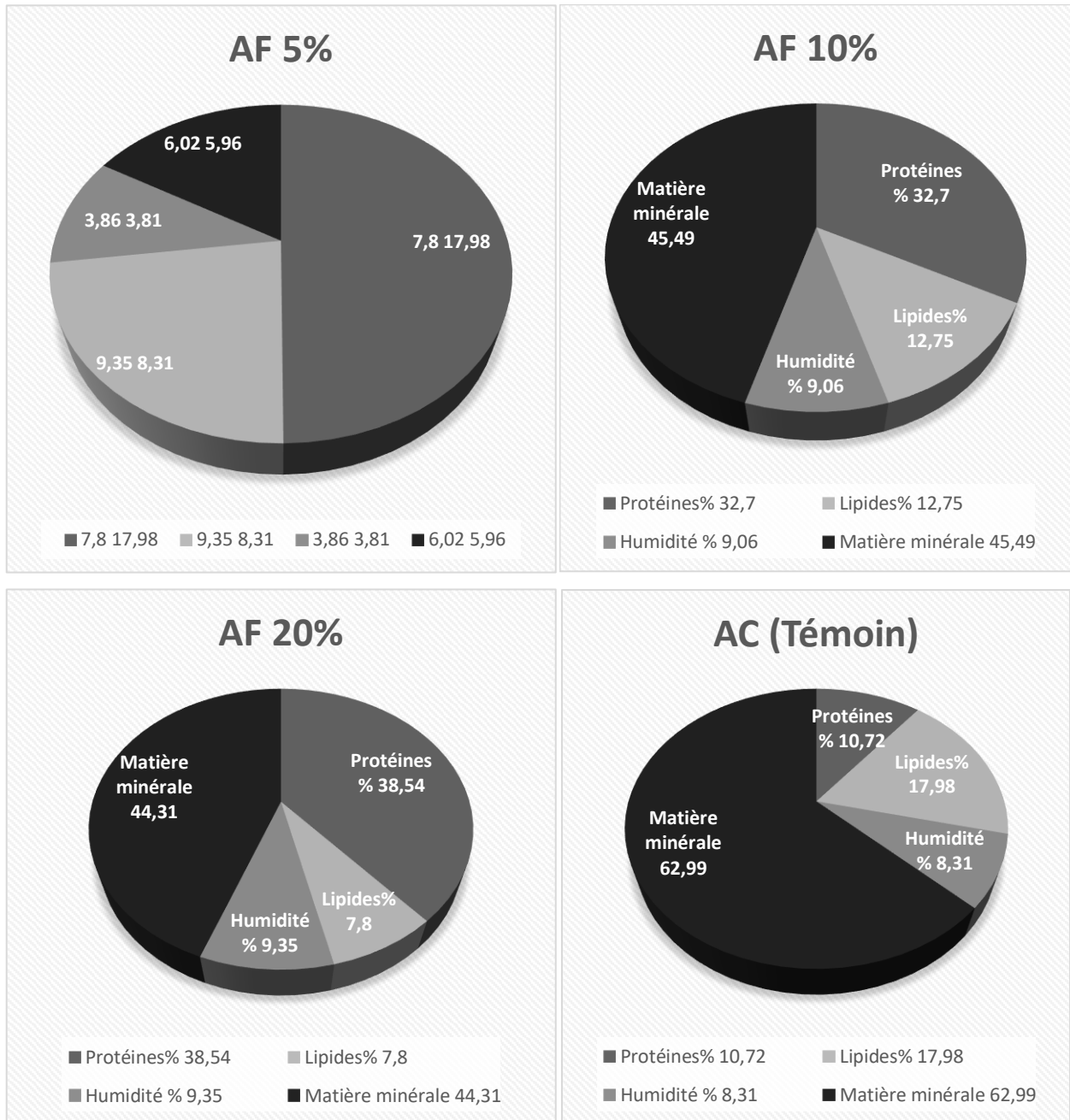


Figure III.1 : Composition chimique globale des aliments fabriqués et de l'aliment commercial.

III.5. Composition biochimique globale de la chair de poissons soumis aux régimes alimentaires

La composition chimique de la chair de poisson varie considérablement d'une espèce et d'un individu à l'autre. Elle varie également selon l'âge, le sexe, l'environnement et l'alimentation.

Une analyse de la qualité nutritionnelle de la chair du Tilapia vient compléter ce travail, car un bon aliment est formulé à base de matières premières disponibles, de bonne qualité, couvrant les besoins nutritionnels et énergétiques des poissons, permettant leur croissance optimale, offrant ainsi aux consommateurs un produit de haute valeur nutritionnelle.

La composition biochimique de la chair des poissons nourris avec quatre aliments différents sont rassemblés dans le tableau III.8.

Tableau III.8 : Composition biochimique globale de la chair du Tilapias en fonction des aliments formulés.

	Chair de poisson			
	CP 5%	CP 10%	CP 20%	CPT (Témoin)
Protéines%	14.89	14.37	14.45	13.75
Lipides%	1,92	1,58	1,49	2,2
Humidité %	81,08	80,24	81,57	81,62
Matière minérale	2,11	3,81	2,49	2,43

(CP 5% : chair des poissons alimentés avec AF à 5%, CP 10% : chair des poissons alimentés avec AF à 10%, CP 20% : chair des poissons alimentés avec AF à 20%, CPT : chair des poissons alimentés avec AC).

La fraction protéinique est plutôt constante dans la chair des poissons recevant les quatre aliments 5%, 10%, 20% et AC, elle est respectivement de 14.89, 14.37, 14.45, 13.75% (figure III.2). Néanmoins, ces valeurs restent légèrement en dessous des teneurs théoriques en protéines de la chair du tilapia adulte (17.4 à 19.4%) (Nutraqua, 2018).

La teneur en matière grasse et en eau de la chair des poissons recevant les quatre aliments se situe respectivement entre 1.49 - 2.2% et 80.24 - 81.62%, ces valeurs corroborent avec celles relevées par Nutraqua (2018) (1.5-2.7%) pour les lipides et (77.9-80 %) pour l'humidité.

En ce qui concerne les cendres, elles sont comprises entre 2.11-3.81% 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 les aliments utilisés (figure III.2).

CHAPITRE III : RESULTATS & DISCUSSIONS

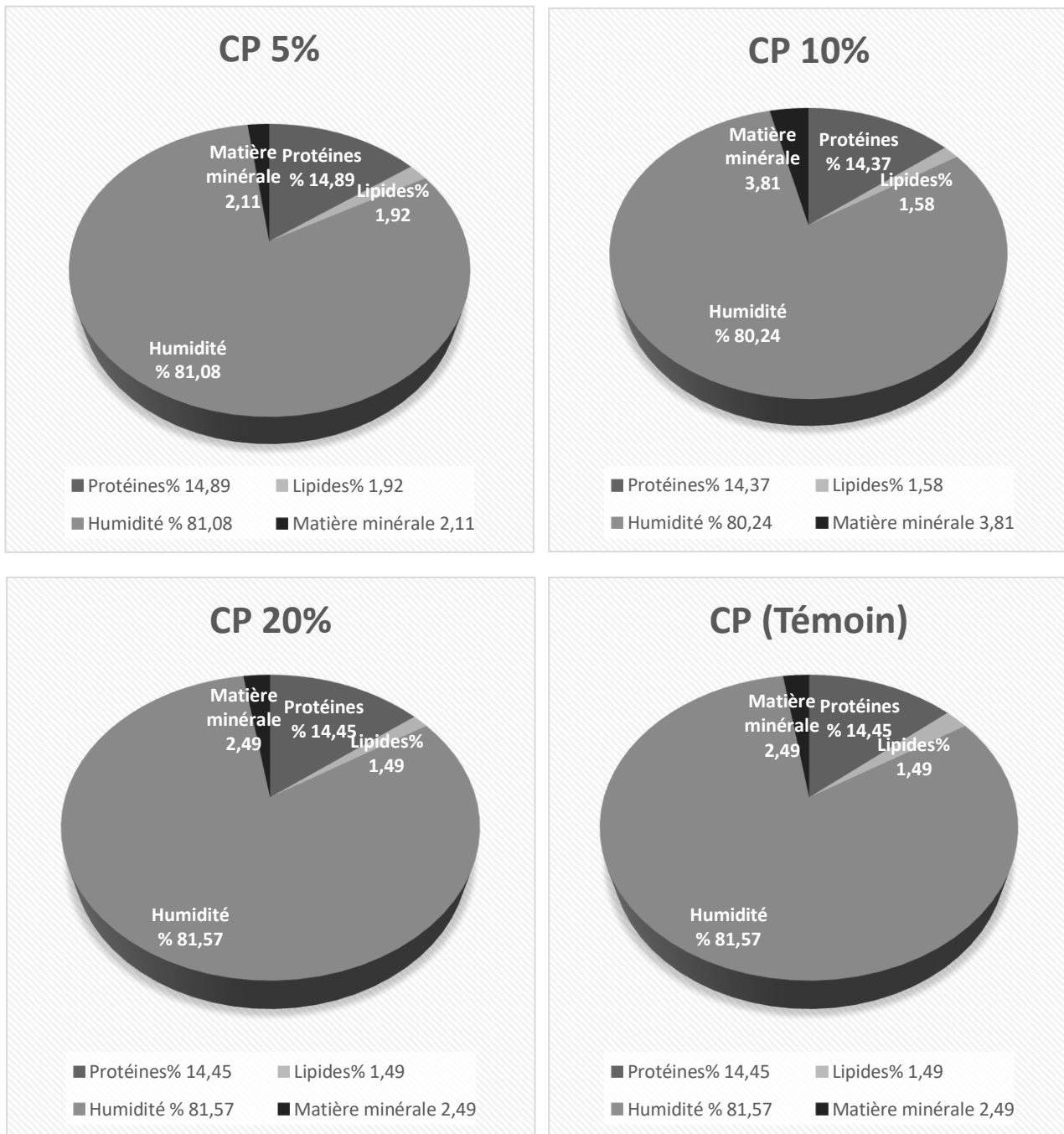


Figure III.2 : Composition chimique de la chair de poissons alimentés par différentes proportions du mélange « yaourt + lactosérum ».

CHAPITRE III : RESULTATS & DISCUSSIONS

III.6. 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 calculés. Ces analyses ont été effectuées à l'aide de " Excel, et STATISTICA « ANOVA »version 5 " (tableau III.9).

Tableau III.9 : La différence entre le poids des poissons présents dans les quatre aquariums.

	Aquarium 1 (5%)	Aquarium 2 (10 %)	Aquarium 3 (20%)	Aquarium 4 (témoin)
Aquarium 1 (5%)				
Aquarium 2 (10%)	Différence significative			
Aquarium 3 (20 %)	Différence significative	Différence significative		
Aquarium 4 (témoin)	Différence significative	Différence significative	Différence significative	

NB : Différence significative → probabilité < .05000

Il convient de signaler que les alvins de Tilapia du Nil livrés par le CNRDPA étaient de poids hétérogènes de 1 à 13.5g. Bien que ce critère soit pris en considération lors de la répartition des individus entre les 04 aquariums, l'analyse statistique a montré que le poids initial des poissons était significativement différent entre les 04 aquariums.

Pour cela, 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 III.10.

Tableau III.10. Paramètres zootechniques enregistrés chez les alevins d'*O.niloticus* recevant quatre régimes alimentaires différents.

Paramètres zootechniques	Régime alimentaire			
	AC	AF 5%	AF 10%	AF 20%
Taux de survie (%)	92,5	82,5	97,4	92,5
Poids total initial (g)	398,8	3300	227,2	308,8
Poids moyen initial (g)	9,97±0.76	2,84±0.60	5,68±0.34	7,72±0.82
Poids total final (g)	893,55	418,11	1047,15	1059,31
Poids moyen final (g)	24,15±2.09	12,67±3	26,85±1.67	28,63±1.12
GMC (g)¹	14,18	9,83	21,17	20,91
GMQ (g/jours)²	0,34	0,23	0,50	0,50
TCS (%/jours)³	2,11	3,56	3,70	3,12
IC⁴	0,74	1,58	0,63	0,62

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

III.6.1. Taux de survie

Le taux de survie des alevins d'*O.niloticus* observé après 6 semaines d'élevage est compris entre 82.5-97.4%, la valeur supérieure est remarquée chez les poissons alimentés par AF 10%, cette dernière est similaire à celle trouvée par Elegbe et al (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 alimentés par AF 5%, AF 20% et AC sont élevés par rapport à la gamme de tolérance conseillée par Phanindra (2005).

Néanmoins, Les mortalités ont été enregistrées essentiellement durant la période de canicule du mois d'août et surtout pour les poissons nourris avec de l'aliment AF 5% (aliment instable dans l'eau et dur).

III.6.2. Paramètres de croissance

Le poids initial des poissons utilisés lors de cette étude était différent d'un individu à un autre, nous avons essayé de constituer des lots homogènes répartis dans quatre aquariums. Le poids moyen initial est respectivement de $9,97 \pm 0.76$, $2,84 \pm 0.60$, $5,68 \pm 0.34$, $7,72 \pm 0.82$ g pour l'aquarium AC, AF 5% AF 10% et AF 20% respectivement.

Après 6 semaines d'élevage, les sujets soumis au régime AC, AF 5%, AF 10% et AF 20%, ont enregistrés un poids final moyen dans l'ordre de $24,15 \pm 2.09$; $12,67 \pm 3$; $26,85 \pm 1.67$; $28,63 \pm 1.12$ g. Par ailleurs, le gain moyen corporel de *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 III.3) et ne présente aucune différence significative ($p < 0.05$) avec AF 20% (20.91g). Ceci peut s'expliquer par le fait que ces aliments donnés aux poissons ont des teneurs en protéines comprise dans la gamme recommandés pour leur alimentation à ce stade de leur développement (juvéniles).

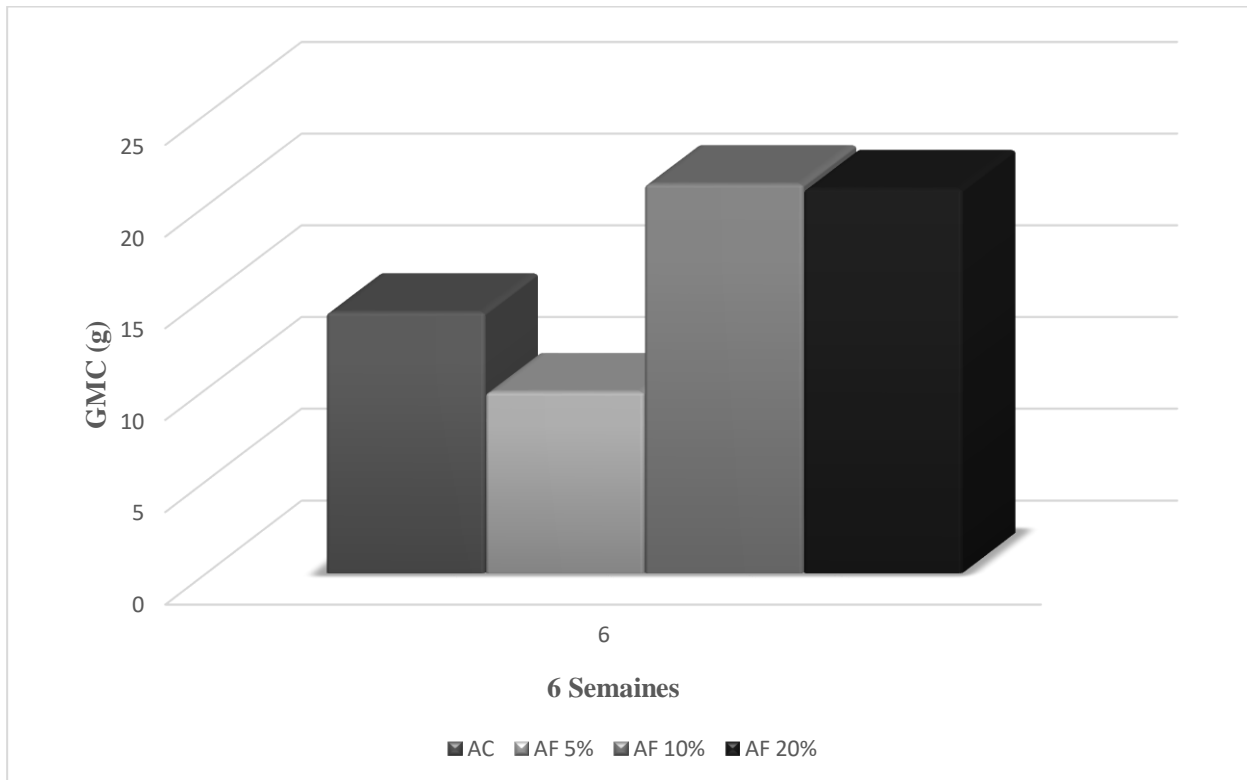


Figure III.3 : Variation du gain moyen corporel exprimé en (g) chez les Tilapias *O.niloticus* avec les quatre régimes alimentaires.

En effet, le poids des poissons recevant l'aliment commercial et ceux nourris avec l'aliment fabriqué à 5% ont présentés des gains moyens les plus bas qui sont dans l'ordre de 14.18g et 9.83g. Quant au taux de croissance spécifique, celui-ci a été amélioré de manière significative ($p < 0.05$) avec l'utilisation de différents types d'alimentation. Les valeurs TCS des poissons nourris par les trois aliments fabriqués (5%, 10% ,20%), qui sont respectivement de 3.56, 3.70 et 3.12%/Jours, étaient plus élevées que celle des poissons alimentés par AC (2.11%/Jours) (figure III.4), 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 convertibilité des ingrédients incorporés dans ces aliments, ils seraient plus digeste et facilement assimilable par les poissons.

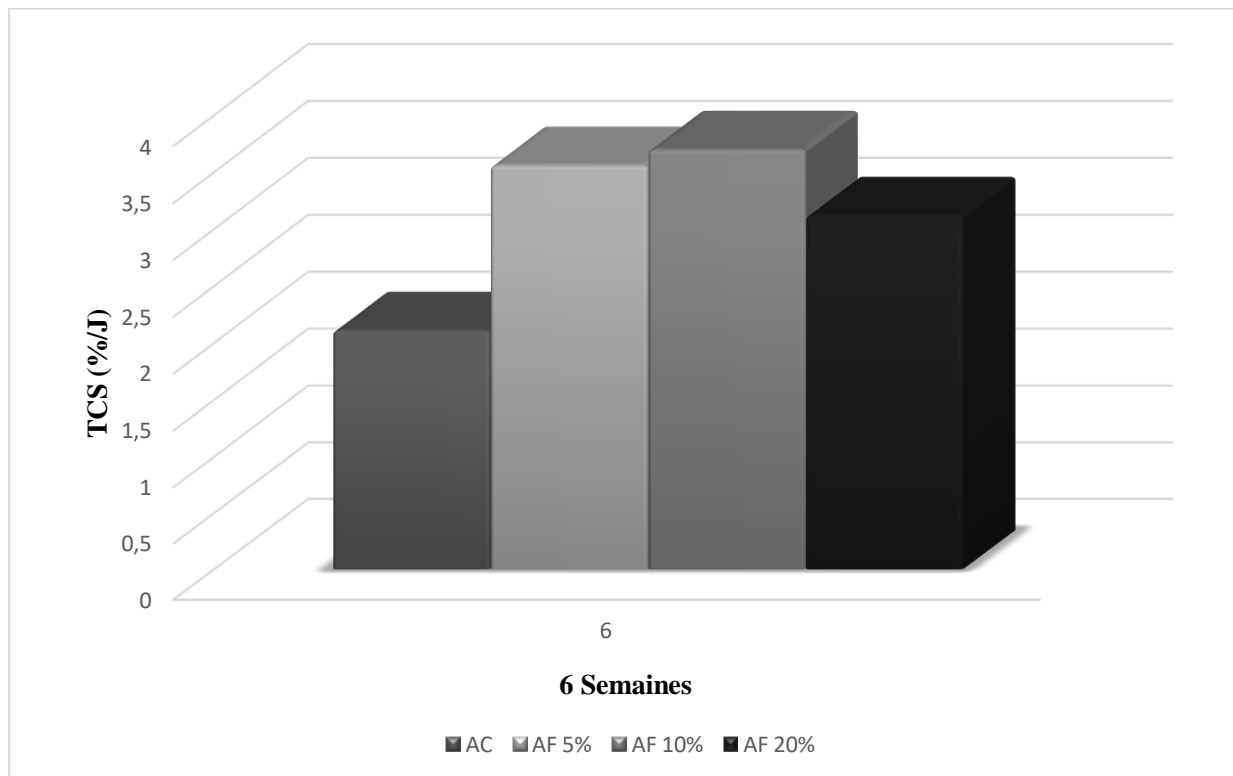


Figure III.4 : Variation du taux de croissance spécifique exprimé en %/Jours chez les Tilapia *O. niloticus* avec les quatre régimes alimentaires.

III.6.3. 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. Les indices de conversion les plus faibles sont enregistrées pour les aliments préparés AF 10% et AF 20% (tableau III.8), ce qui confirme l'efficacité de ces deux régimes alimentaires. Quant à l'aliment AF5%, l'IC était de 1.58. Cette valeur pourrait être expliquée en partie par l'instabilité de cet aliment dans l'eau et son dépôt au fond de l'aquarium et par le taux mortalité de poisson relativement élevé. Toutefois, cette valeur reste acceptable et elle est proche de celles relevées par plusieurs auteurs notamment par celle trouvée par RECHIDI (2018) (1.54) qui a travaillé dans les mêmes conditions expérimentales.

L'effet du type d'aliment sur les caractéristiques de la croissance comme l'illustre la figure III.5 montre que la taille moyenne des poissons entre les deux régimes alimentaires (AF 10%, AF 20%) ne différencie pas significativement ($p < 0.05$) durant la période d'élevage, on a remarqué une augmentation rapide de la taille des Tilapia en fonction des semaines jusqu'à atteindre une valeur maximale de 11.28 cm pour AF 10% et, 11.58 cm pour AF 20%. Contrairement aux poissons qui

CHAPITRE III : RESULTATS & DISCUSSIONS

sont soumis aux régimes AF 5% et AC ont une allure régulière et une tendance ascendante plus lente par rapport aux poissons soumis aux régimes alimentaires AF 10%, AF 20% (figure III.5).

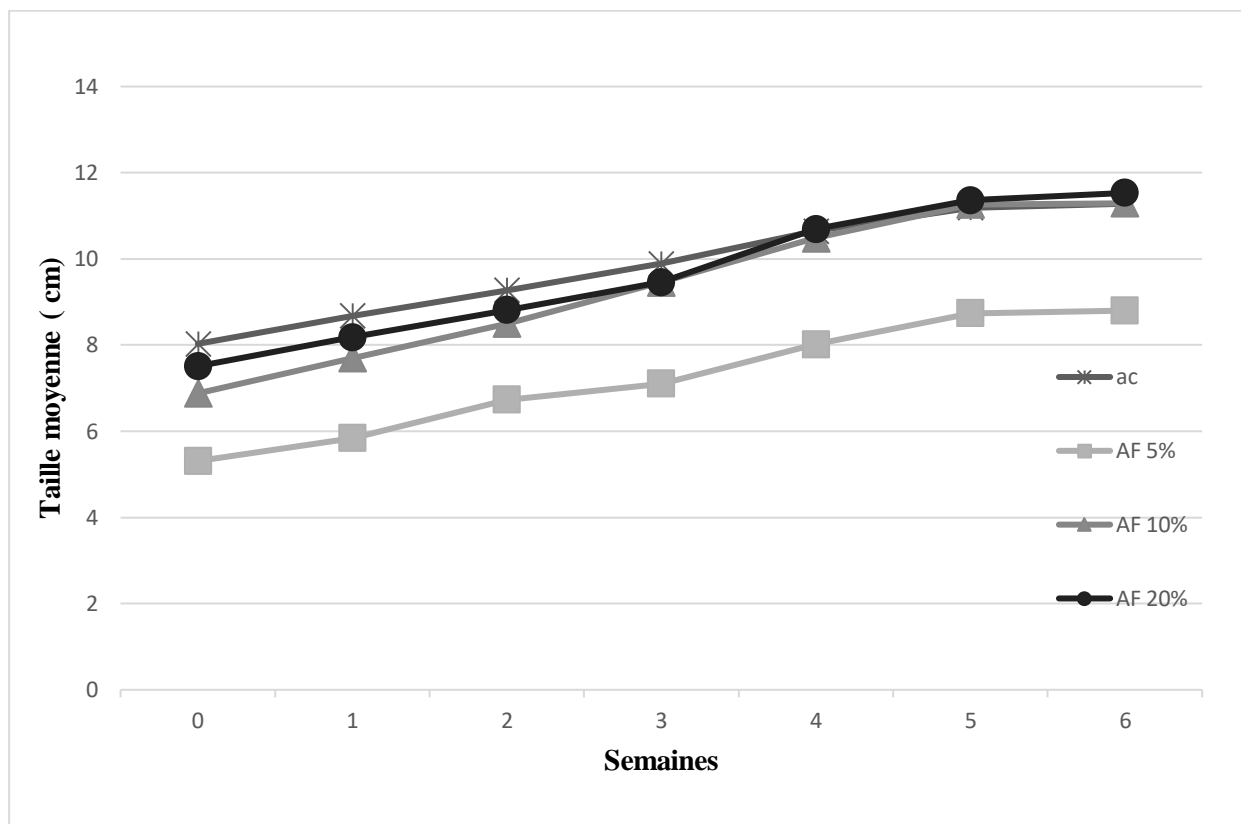


Figure III.5 : Evolution de la taille moyenne (cm) des Tilapia *O.niloticus* durant la période expérimentale recevant quatre régimes alimentaires.

La figure III.6 représente les courbes de l'évolution du poids chez les *O.niloticus* avec les quatre régimes alimentaires, on remarque que les valeurs du poids moyen des poissons élevés avec AC, AF 10%, AF20% évolue progressivement jusqu'à la 4^{ème} semaine, au-delà, on a observé une augmentation plus rapide du poids des Tilapias recevant les régimes alimentaires AF10% et ceux recevant l'AF 20% qui ont atteint un poids moyen de $26,85 \pm 1.67g$ et $28,63 \pm 1.12g$ respectivement. Cela est dû à l'adaptation des juvéniles aux nouvelles conditions expérimentales et aux nouveaux régimes alimentaires.

Quant aux poissons élevés avec AF 5%, ils présentent une évolution moins rapide par rapport aux autres poissons ayant suivis les autres régimes alimentaires, cela est dû à la mauvaise ingestion de l'aliment.

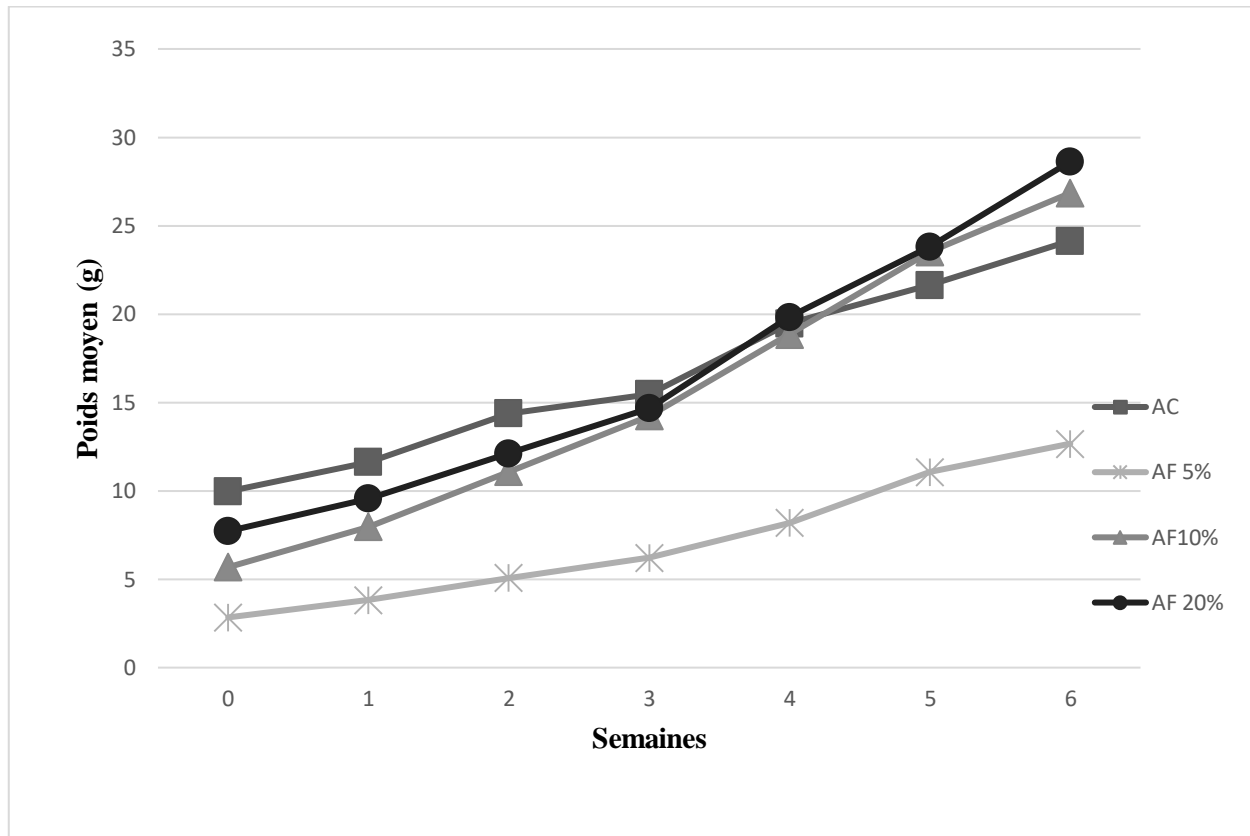


Figure III.6 : Evolution du poids moyen (g) des *Tilapia O.niloticus* durant la période expérimentale recevant quatre régimes alimentaires.

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).

Conclusion

Dans le contexte du développement de la fabrication d'aliment pour les poissons, ce modeste travail consiste en une contribution en vue de l'obtention d'un aliment de bonne qualité sur les plans :

- Nutritif
- Microbiologique
- Adaptation aux besoins et assimilation par l'espèce afin d'assurer une croissance optimale

En effet, la qualité microbiologique et biochimique des sous-produits de DDA indiquent que ces ingrédients sont conformes aux règles sanitaires et présentent une haute valeur ajoutée.

De même, les analyses biochimiques des régimes alimentaires mis en essai montrent que ces derniers répondent aux besoins nutritionnels de l'espèce étudiée. Les valeurs obtenues pour les protéines et lipides totaux étaient dans les intervalles appropriés répondant aux besoins du Tilapia. Les poissons nourris avec l'aliment à 10% du mélange, qui comprend 32.7% des protéines, ont montré une meilleure croissance par rapport aux autres aliments (AC, AF 5%, AF 20%). En effet, un meilleur taux de croissance spécifique ainsi qu'un meilleur gain de masse corporelle ont été obtenus avec cet aliment.

Enfin, cette étude a souligné l'importance de l'utilisation des sous-produits (yaourt déclassé et lactosérum) de DDA dans l'alimentation des alvins de Tilapia *Oreochromis niloticus*. Les différentes populations nourries avec les aliments fabriqués à base de ces sous-produits présentent des performances zootechniques nettement meilleures que celles des populations soumises à l'aliment commercial témoin.

Par ailleurs, lors du séchage du lactosérum par évapo-concentration à 70°C, le rendement d'élimination de l'eau était excellent avec préservation de la valeur nutritionnelle et le distillat obtenu était de très bonne qualité microbiologique ce qui offre la possibilité de réutilisation de cette eau en industrie ou en agriculture.

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

- Augmenter la durée d'élevage,
- Déterminer la composition des protéines en acides aminés essentiels, la nature et le taux d'acides gras insaturés et des minéraux composants ces préparations alimentaires,

- Doser le taux des enzymes digestives (trypsine chymotrypsine...) des poissons mis sous régime,
- Procéder à l'histologie des microvillosités intestinales des poissons et observer les cellules à mucus sécrétrices des enzymes digestives.
- Tester ces aliments sur les autres animaux aquacoles.

Bibliographie

- ACHIOU Dj. 2017.** Contribution à l'étude de la performance de la station d'épuration des eaux usées Danone Akbou – Algérie. Thèse master en sciences naturelles de l'environnement. Université A. MIRA-Bejaia. P.53.
- ADEME. 2017.** Guide : les procédés de séchage dans l'industrie. p.110. www.ademe.fr
- AGNES N. 1986.** Production des protéines à partir de lactosérum brut. Thèse de troisième cycle. s.l., France : Université de Lyon, 1986.
- ALIAS C & LINDEN G. 2004.** Biochimie alimentaire. 5ème Ed : Lavoisier Paris : 520 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. 2017.** Document de référence interne. 2017. Collectif.
- ARCHIVE DANONE. 2019.** Document de référence interne. 2019. Collectif.
- BAILLY N. 2009.** *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). In: Froese, R. and D. Pauly. Editors. (2017). FishBase. World Register of Marine Species. Récupéré le 5 avril 2017 de <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=293639>
- BHATTACHARYA I. 2015.** Inhibition de la croissance de *Candida krusei* et évaluation du profil nutritionnel de la fermentation de *Saccharomyces unispora* à partir du lactosérum. Thèse présentée pour l'obtention de doctorat en philosophie en sciences de l'eau. 2015. p. 293.
- BOGDANI ENI M. 2011.** Etude expérimentale et optimisation du procédé de lyophilisation de l'ibuprofène en milieu organique. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard Lyon : s.n., 2011. p. 187.
- CNRDPA. 2017.** Données sur le tilapia du Nil en Algérie. Document électronique.
- COLLECTIF. 2006.** Incinération des déchets. Document de référence sur les meilleures techniques. s.l. : COMMISSION EUROPÉENNE, 2006.
- COLLECTIF. 2013.** Dictionnaire Larousse.
- DAMODARAN S. 2006.** Protein stabilization of emulsion and foams. Journal of food science. 2006, Vol. 70, 3.

DERGAL N B. 2015. Evaluation des systèmes de management de la sécurité et de la qualité de l'aquaculture du tilapia du Nil « *Oreochromis niloticus* » dans l'Ouest algérien. These de doctorat en Aquaculture et Contrôle de Qualité. Université d'Oran-université de Liège. p.197. <http://orbi.ulg.be/handle/2268/181667>

DEROUICHE E, AZAZA M S, KRAIEM M M. 2009. Essai d'acclimatation du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* dans la retenue du barrage Lebna (Cap Bon, Tunisie). 2009. Vol. 36.

DHARIEF M. 2005. Reproduction du Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L., 1758) [Teleostei, Cichlidae], en captivité dans les eaux géothermales du Sud Tunisien : effet de quelques facteurs démographiques et environnementaux. Master en aquaculture et biotechnologie marine. Monastir, Institut supérieur de biotechnologie de Monastir SBM, Tunisie : s.n., 2005. p. 103.

DIBALA C, CHANTAL YOUNG M, KONATE K, DESIRE COULIBALY N, DICKO M H. 2018. Production du Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus* linnaeus, 1758) avec des aliments à base de protéines végétales. Journal of applied biosciences. 2018, p. 10.

DROGBA SAHORE A. ET JOACHIM LEVRY A. 2016. Quelques méthodes d'analyse biochimique de produits alimentaire. Saint-Denis : Connaissances et Savoirs. p.214.

EL SAYED A F. 2006. Tilapia culture in salt water: environmental requirements, nutritional implications and economic potentials. Egypt, Oceanography department, Faculty of science, Alexandria University: s.n., 2006. p. 13.

ELEGBE H A, IMOROU TOKO I, AGBOHESSI P, BLE C, BANAG A, CHIKOU A, TOMEDI M, LALEYE P. 2015. Co-culture *Clarias gariepinus*-*Oreochromis niloticus* : quels avantages pour l'amélioration des performances zootechniques et économiques des poissons élevés dans les "whedos" du delta de l'Ouémé au Bénin ? International journal of biological and chemical sciences. 2015, Vol. 9, 4, p. 1937.

ENKORO S P. 2006. Evolution des caractéristiques organoleptiques, microbiologiques et chimiques des filets de soles langues tropicales frais exportés. Université Cheikh Anta Diop. p.55.

FERNANDEZ-GUTIERRE D. VEILLETTE M. GIROIR-FENDLER A. RAMIREZ A A. FAUCHEUX N. ET HEITZ M. 2017. Biovalorization of saccharides derived from industrial wastes such as whey: a review. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 16, 1–28. <http://doi.org/10.1007/s11157-016-9417-7>

GAUCHER R. 2011. Etude appliqué au traitement de surface, apport des MTD pour respecter les objectifs de réduction des rejets de substances dangereuses dans le milieu aquatique. s.l. : L'Institut national de l'environnement industriel et des risques "INERIS", 2011.

- GUIMARAES P M. TEIXEIRA J A. et DOMINGUES L. 2010.** Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorization of cheese whey. *Biotechnol Adv*, 28(3), 375-384.
- GUIRAUD J P. ET ROSEC J P. 2004.** *Pratique des normes en microbiologie alimentaire*. Saint-Denis - France : Afnor. p.300.
- HADIYANTO. ARIYANTI D. AINI A P. & PINUNDI D S. 2014.** Optimization of ethanol production from whey through fed-batch fermentation using *kluveromyces marxianus*. *Energy Procedia*, 47, 108–112. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.203>
- HOCINE N EH. 2017.** Evaluation de la qualité organoleptique, hygiénique et nutritionnelle du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L., 1758). Thèse master en hydrobiologie. Université de Djilali BOUNAAMA Khemiss Miliana. 49p
- IGOUD S. 2015.** Intégration d'énergies renouvelables et de procédés durables pour l'épuration des eaux usées urbaines. Thèse de doctorat. Alger, ENP El Harrach : s.n., 2015.
- IMOROU TOKO I. 2007.** Amélioration de la production halieutique des trous traditionnels à poissons (whedos) du delta de l'Ouémé (sud Bénin) par la promotion de l'élevage des poissons chats *Clarias gariepinus* et *Heterobranchus longifilis*. Thèse de doctorat. 2007. p. 183.
- JACQUOT A. 2007.** ETUDE DE L'ACTIVITE IMMUNOMODULANTE DE PEPTIDES ISSUS DES PROTÉINES DU LACTOSERUM BOVIN. Mémoire pour l'obtention du grade maitre en science. Québec, Sciences des aliments et de nutrition, faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, université Laval : s.n., 2007. p. 98.
- JAO. 2017.** Journal officiel de la république Algérienne N°39 arrête interministériel du 2 Moharrem 1438 correspondant au 16 Octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires p.11.12.13.14.
- KAUNDA E. 2015.** Etude sur le potentiel de l'aquaculture en Afrique. Bunda. 2015.
- KUBARYK J M. 1980.** Effects of diet, feedings schedule and sex on food consumption, growth and retention of protein and energy by Tilapia. Doctoral dissertation. Alabama, Auburn university : s.n., 1980.
- LAZARD J. 2007.** Aquaculture et espèces introduites : exemple de la domestication ex situ des Tilapias. *Cahiers Agricultures*. 2007, Vol. 16, 2.
- LAZARD, J. ET LEGENDRE M. 2006.** La reproduction spontanée du tilapia : une chance ou un handicap pour le développement de l'aquaculture africaine ? dans Pullin & al :Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. ICLARM. Conf. Proe. 41, 630 p.
- LEDUC F. 2011.** Evaluation de la qualité des poissons frais par des approches chimiques. Université de Lille.p. 195.

LINDEN G & LORIENT D. 1994. Biochimie agro-industrielle "valorisation alimentaire de la production agricole". Paris, Milan, Barcelone : Masson, 1994. p. 664.

MACWAN S R, DABHI B K, PARMAR S C. ET APARNATHI K D. 2016. Whey and its Utilization. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 5(8), 134–155. <http://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.508.016>

MAHAMAT-SILAYE O. 1981. Etude de la composition chimique et de valeur nutritive de quelques aliments du Sénégal : céréales locales améliorées, légumineuses, feuilles graines, poisson "thiof" et escargot de mer " yette». Senegal: ORSTOM, 1981. p. 83.

MEDALE F, LE BOUCHIER R, DUPONT-NIVET M, QUILLET E, AUBIN J, PANSERAT S. 2013. Des aliments à base de végétaux pour les poissons d'élevage. INRA Production animal. 2013.

MEDALE F. 2005. Caractéristiques nutritionnelles des poissons et facteurs de variations. Aquaculture.

MEDALE F. 2010. Pratiques d'élevage et qualité nutritionnelle des lipides des poissons.

MEJDOUB K. 2006. Danone Djurdjura. s.l. : Journal El Watan, 2006.

MULLER A, CHAUFER B, MERIN U, DAUFIN G. 2003. Prepurification of alpha actalbumine with ultrafiltration ceramic membranes from acid casein whey: study of operating conditions. Le lait. 2003, Vol. 83, 2.

OSWALD M, MIOLASEK O. 2016. Le secteur piscicole en Afrique subsaharienne: des outils de financement adaptés aux enjeux. Techniques financières et développement. 2016, 121.

PAULY D, MOREAU J. & PREIN M. 1988. Comparaison des performances de croissance globale du Tilapia en eaux libres et en aquaculture. 469. Dans : RSV Pullin et al : le deuxième symposium international sur le Tilapia en aquaculture. Actes de la conférence ICLARM 15 : 623p.

PESCUMA M, DE VALDEZ G F, ET MOZZI F. 2015. Whey-derived valuable products obtained by microbial fermentation. Applied Microbiology and Biotechnology, 99(15), 6183–6196. <http://doi.org/10.1007/s00253-015-6766-z>

PHANINDRA S, ABDUL WAHAB Md, MAHEAN HAQUE S, KUMAR MONDAL S. 2005. Integrated cage-cum-pond culture system with walking catfish. Research in agriculture Livestock and fisheries. 2017, Vol. 4, 3.

PLISNIER P D, FRANCK V, MICHA J-CL. 1988. Biologie et exploitation des poissons du lac Ihéma (Bassin Akagera, Rwanda). Projet Tourisme et Parcs nationaux, Pêcheurie Ihéma. 1. 1988. p. 212.

PROJET« Composition nutritionnelle des produits aquatiques » 2007. Composition chimique et valeur nutritionnelle de 100g de la chair du tilapia d'élevage. P.2. <https://www.nutraqua.com>

PULLIN R S V. LAZARD J. LEGENDRE M. 1996. Le troisième symposium international sur le Tilapia en aquaculture. Paris : ORSTOM, 1996. p. 630.

PULLIN R.S.V. McCONNEL R. 1982. The biology and culture of Tilapias: proceedings of the International Conference on the biology and culture of Tilapias, 2-5 September 1980 at the study and conference center of the Rockefeller foundation, Bellagio, Italy. Philippines: ICLARM, 1982. p. 432.

RABAB T. 2017. Etude comparative de l'élevage du Tilapia du Nil "Oreochromis niloticus" entre les eaux douces et géothermales en Tunisie. Mémoire de fin d'étude. Institut supérieur de pêche et d'Aquaculture. Tunisie : s.n., 2017.

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*). Université de Rennes. p. 201.

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

SIDDHURAJU P & BECKER K. 2003. Comparative nutritional evaluation of differentially processed mucuna seeds [*Mucuna pruriens* (L.) DC. var. utilis (Wall ex Wight) Baker ex Burck] on growth performance, feed utilization and body composition in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). 2003. p. 500. Vol. 34.

SLEMBROUCK J., CISSE A., & KERCHOUEN N. 1991. Etude préliminaire sur l'incorporation de liants dans un aliment composé pour poisson d'élevage en Côte d'Ivoire. Abidjan, Centre de recherches océanographiques : s.n., 1991.

STEP-DDA. 2009. Guide de l'opérateur de la station de traitement des eaux polluées de Danone-Djurdjura – Algérie (STEP-DDA). p.2.

SURESH V. 2003. Tilapias. In J S. Lucas & Al: Aquaculture: Farming aquatic animals and plants. Oxford : s.n., 2003.

VIGNOLA C. 2002. Science et technologie du lait. 2. 2002. p. 600.

WOO A. 2002. La grande diversité du lactosérum. Commission canadienne du lait. mai 2002.

ZADOW J G. 1989. Fermentation of whey and permeate. Bulletin of the IDF. 1989. p. 233.

GOURENE G. KOBENA K B. VANGA A F. 2002. Etude de la rentabilité des fermes piscicoles dans la région du moyen Comoé . Abidjan, Côte d'Ivoire. Université Abobo Adjamé : Rapport technique.p.41.

Site web :

ABOUTAYEB R. 2018. Sciences et techniques des aliments. ScienTecAl.com. [En ligne] 19 12 2018. [Citation : 08 09 2019.] <https://www.scientecal.com/cours/contr%C3%B4le-qualit%C3%A9-du-lait-et-d%C3%A9riv%C3%A9s-laitiers>.

FAO. 2006. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. Rome, Italie : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/fr/fr_niletilapia

FAO. 2017. Cultured aquatic species fact sheets *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758).

http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/fr

FAO. 2018. www.fao.org. [En ligne] 2018. [Citation : 16 08 2019.]

<http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>.

FAO. 2019. Nourriture et alimentation des poissons.

http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709f/x6709f10.htm#top

KOHL A. 2019. hunker. www.hunker.com. [En ligne] 2019. [Citation : 02 octobre 2019.]

<https://www.hunker.com/12003453/what-is-a-drying-oven>.

MADRP. 2013. MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DU DÉVELOPPEMENT RURAL ET DE LA PÊCHE. [En ligne] 2013. [Citation : 16 08 2019.]

http://www.minagri.dz/flash_infos_mensuel.html.

NUTRAQUA. www.nutraqua.com. [En ligne] [Citation : 29 09 2019.]

<https://www.nutraqua.com/fr/compositions/47-tilapia-d-elevage.html>.

Ifremer. 2008. Ifremer.fr. [En ligne] mai 2008. [Citation : 22 10 2019.]

<https://aquaculture.ifremer.fr/Fiches-d-information/Filiere-Poissons/Aliments-de-substitution-pour-les-poissons-d-elevage>.

Résumé

Afin de réduire l'utilisation des farines de poisson comme principale source de protéines pour l'aquaculture, les sous-produits de Danone-Djurdjura-Algérie 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 prégrossissement. 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 différentes populations nourris avec les aliments fabriqués à base de ces sous-produits présentent des performances zootechniques nettement meilleures que celles des populations soumises à l'aliment commercial témoin. Les meilleurs résultats en terme 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 contenant respectivement 32.7% et 38.54% de protéines.

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

ملخص

لغرض تحديد استخدام مسحوق السمك كمصدر رئيسي للبروتين في تربية المائيات، تم استحداث العلف التقليدي بإضافة منتوجات فرعية لمصنع "دانون جرجرة" للألبان بنسبة (5، 10، 20%)، لاقتراح ثلاثة وجبات غذائية مختلفة. بعد اثبات سلامة استهلاك هذا الأخير، وقيمه الغذائية، تم اختبار نجاعته مقارنة مع الطعام التجاري على السمك البلطي خلال مرحلة ما قبل التجويف. بعد مضي 6 أسابيع من التجربة، وبعد التحليلات الكيميائية الحيوية، ظهر جليا الأداء الحسن للأسماك محل الاختبار المغذات بخليط (لبن-مصل) بنسبتي 10 و 20% والذي يحتوي على 32.7% و 38.54% من البروتينات مقارنة بتلك الخاضعة للأغذية التجارية. وتؤكد هذا كله بعد حساب متوسط زيادة الوزن، معدل البقاء ومعدل النمو الخاص بهذا الأخير.

الكلمات الرئيسية: طعام السمك، السمك البلطي، لبن ومصل دانون، القيمة الغذائية، التحليلات الكيميائية الحيوية.

Abstract

In order to reduce the use of fishmeal as the main source of protein for aquaculture, the Danone-Djurdjura-Algeria by-products have been introduced at different proportions (5, 10 and 20%) to the conventional feed so to propose three diets. The latter, after having demonstrated their safety and nutritional value, were tested on the tilapia *O. niloticus* alvins during the pregrooving phase. The commercial food was considered a blank feed. Biochemical analyzes of the diets tested show that they meet the nutritional needs of the species studied.

After 6 weeks of experimentation, the different populations fed with foods made from these by-products have better zootechnical performances than those populations subjected to the commercial food control. The best results in terms of mean body weight gain, survival rate and specific growth rate were found in the groups that received the food 10% and 20% of the mixture yoghurt-whey containing respectively 32.7% and 38.54% of proteins.

Key words: fish food, *Oreochromis niloticus*, yoghurt declassified and whey DDA, nutritional value, zootechnical parameters