

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 و تهيئة 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

Sujet :

**Suivi zootechnique de l'efficacité de six aliments fabriqués localement sur la croissance et la pigmentation des Cichlidés américains cas de *Pterophyllum scalare*. et *Andinoacara rivulatus*.**

Présenté par :

➤ M<sup>lle</sup> OUMEDJBEUR Yasmina.

**Soutenu le 18/09/2018 devant le jury suivant :**

M. MEZOUAR K.	Maitre de conférences A	ENSSMAL	Président
M. LOURGUIOUI H.	Maitre assistant A	ENSSMAL	Examinateur
Mme. BOUCHELOUCHE D.	Maitre de conférences B	USTHB	Examinatrice
Mme. ALLIOUCHE F.	Attaché de recherche	CNRDPA	Promotrice
Mme. AISSOU AKROUR C.	Maitre de conférences B	ENSSMAL	Co-promotrice
M.GHOGGALI S.	Maitre de conférences B	Univ.BATNA2	Invité

**Promotion : 2017-2018**



## **DEDICACES**

*A l'homme qui n'a jamais cessé de me pousser à aller  
vers l'avant et que grâce à lui je ne serais pas arrivée à ce stade,*

*et je lui dis :*

*"Voilà, j'ai réussi comme tu l'as toujours voulu !"*

*« A TOI PAPA »*

*A ma mère je signe de gratitude pour avoir été présente pour moi à  
chaque instant de ma vie, avec sa prière, son amour et sa tendresse et*

*qui m'a tout donné*

*A mes sœurs : Sara et Nesrine.*

*A mon frère : Rayane*

*A ma grande sœur et son mari : Ahlem et Fayçal*

*A ma grande mère et mon grand-père qui m'ont accueilli chez eux pendant mon cursus  
universitaire à mes tantes et à mes oncles*

*A mes très chers amis qui sont toujours à côté de moi : Hocine, Imen, Imane,*

*Khadîdja et Sonia.*

## **REMERCIEMENTS**

*Tout d'abord, je remercie ALLAH pour m'avoir donné le courage et la patience nécessaire afin d'achever ce travail dans les meilleures conditions.*

*Je tiens à remercier Madame ALLIOUCHE. d'avoir acceptée de m'encadrer et de me diriger constamment la progression de ce travail. Je la remercie infiniment pour sa patience et sa sympathie à mon égard m'ont fait aimer le domaine de l'aquaculture.*

*Je remercie également Madame AISSOU pour ses suggestions et ses critiques constructives.*

*Je tiens aussi à remercier :Monsieur MAZOUAR pour avoir accepté de présider ce jury et pour sa disponibilité et surtout sa grande amabilité malgré ses tâches administratives.*

*Monsieur LOURGUIOUI, pour avoir pris le temps d'examiner ce travail.*

*Mme BOUCHELOUCHE, qui a bien voulu examiner et corriger ce travail.*

*Je tiens à remercier sincèrement et particulièrement Monsieur GHOGGALI, en tant que invité, qui a été toujours à mon écoute tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Je tiens à exprimer ma vive gratitude à tous mes enseignants, depuis la première année, jusqu'à la cinquième année universitaire.*

*Un grand remerciement à Mme BENRABEH de m'avoir aidé pendant la période de stage au sein du CNRDPA et à Houda pour les efforts qui L'a fait pour moi pendant la réalisation des analyses au laboratoire de biochimie de l'ENSSMAL.*

*Je tiens particulièrement à remercier le responsable de la ferme*

*Aquacole d'ENSSMAL M.HANICHE Hassan, et le staff du bloc pédagogique pour leurs aides précieuses.*

*Enfin, ce travail n'aurait pu aboutir sans l'aide de nombreuses personnes qui ont contribué de loin ou de près à qui j'exprime mes profondes reconnaissances*



## Liste des figures

Figure I-1 Morphologie des Cichlidés (source site web) .....	6
Figure I-2 Tête des Cichlidés, avec vue des mâchoires buccales et pharyngiennes obtenue par radiographie (Stiassny, 1981).....	7
Figure I-3 Anatomie du tractus digestif chez un Cichlidé ( Stiassny, 1981).....	8
Figure I-4 Pterophyllum scalare .....	12
Figure I-5 Mâle adulte d' <i>Andinoacara rivulatus</i> de Río Tumbes photographié en aquarium. MUSILOVÁ et al. (2009).....	13
Figure II-1 Image satellitaire du CNRDPA (Source : Google Earth 2018) .....	25
Figure II-2 Green terror et Scalaire après 50 jours de suivi .....	27
Figure II-3 Composition chimique de l'une des formules d'aliment .....	30
Figure II-4 Différentes étapes de la fabrication de la farine de crevette lyophilisée.....	31
Figure II-5 Différentes étapes de la fabrication des farines non lyophilisées .....	31
Figure II-6 Broyage des matières premières .....	34
Figure II-7 Etapes du mélange de matières premières .....	35
Figure II-8 Pate préparée à base de pigments naturels enrichis par des vitamines .....	36
Figure II-9 Agglomération de l'aliment GTP.....	36
Figure II-10 Séchage de l'aliment GTP.....	37
Figure II-11 Evaluation de la masse volumique.....	39
Figure II-12 Résistance à l'abrasion.....	39
Figure II-13 Différentes étapes pour le repérage du poisson dans l'image sur Matlab.....	43
Figure II-14 Calcule manuel de distance entre la couleur et les ensembles définis .....	44
Figure II-15 étapes de la détermination du taux d'humidité .....	46
Figure II-16 Etapes de la détermination du taux de la cendre.....	47

Figure II-17 Dosage des lipides par Soxhlet ( à gauche un rota-vapeur) .....	50
Figure II-18 Diagramme de cause à effet .....	50
Figure II-19 milieux de culture utilisés .....	52
Figure II-20 Eau peptonée tamponnée préparée au laboratoire.....	53
Figure II-21 Solution mère et les dilutions décimales de l'aliment GTP .....	53
Figure II-22 Préparation des échantillons pour l'analyse.....	55
Figure II-23 Analyseur robotisé (skalar) .....	56
Figure III-1 type et la taille des granulés en fonction de la taille de la bouche des deux espèces ( 1: aliment pour scalaire ; 2: aliment pour green terror) .....	59
Figure III-2 Flottabilité de l'aliment.....	61
Figure III-3 Ingestion de l'aliment par les poissons .....	61
Figure III-4 Variation de la température et de Ph des aquariums de poissons anges pendant la durée de l'expérience (A : variation de la température de l'eau, B : variation de pH) .....	62
Figure III-5 Variation de la température et de Ph des aquariums d' <i>A.rivulatus</i> pendant la durée de l'expérience. (C : variation de la température de l'eau ; D : variation de pH).....	63
Figure III-6 Variation de l'Oxygène dissous pour les poissons des deux espèces testés Scalaire et Green terror (A: scalaire ; B: green terror) .....	64
Figure III-7 Valeurs moyennes des caractéristiques de la qualité de l'eau avant et après nourrissage du poisson <i>P.scalare</i> ( AVA : avant alimentation ; AVP : après alimentation ) ...	65
Figure III-8 Valeurs moyennes des caractéristiques de la qualité de l'eau avant et après nourrissage du poisson <i>A.rivulatus</i> ( AVA : avant alimentation ; AVP : après alimentation )	65
Figure III-9 Evolution du poids moyen des anges ( <i>P.scalare</i> ) par aliment pendant 50 jours de nourrissage .....	71
Figure III-10 Evolution de la taille moyenne des anges ( <i>P.scalare</i> ) par aliment pendant 50 jours de nourrissage .....	72

Figure III-11 Variation du taux de croissance spécifique exprimé en %/jour chez le <i>P.scalare</i> avec les 2 aliments fabriqués (SCP ; SCS) et l'aliment témoin (SCT) .....	73
Figure III-12 Variation du gain moyen de poids journalier exprimé en g/jour chez le <i>P.scalare</i> avec les 2 aliments fabriqués (SCP ; SCS) et l'aliment témoin (SCT) .....	73
Figure III-13 Evolution du poids moyen du green terror ( <i>A.rivulatus</i> ) selon les différents types d'aliments pendant 50 jours de nourrissage .....	75
Figure III-14 Evolution de la taille moyenne des green terror ( <i>A.rivulatus</i> ) selon les différents types d'aliments pendant 50 jours de nourrissage.....	76
Figure III-15 Variation du taux de croissance spécifique exprimé en %/jour chez le <i>A.rivulatus</i> avec les 2 aliments fabriqués (GTP ; GTS) et l'aliment témoin (GTT).....	76
Figure III-16 Variation du gain moyen de poids journalier exprimé en g/jour chez le <i>A.rivulatus</i> avec les 2 aliments fabriqués (GTP et GTS) et l'aliment témoin (GTT).....	77
Figure III-17 Echantillon de <i>A.rivulatus</i> reçu l'aliment riche en pigments.....	79
Figure III-18 Couleur rouge contenue dans l'échantillon de <i>A.rivulatus</i> reçu l'aliment riche en pigments.....	79
Figure III-19 Couleur jaune contenue dans l'échantillon de <i>A.rivulatus</i> reçu l'aliment riche en pigments.....	80
Figure III-20 Couleur turquoise contenue dans l'échantillon de <i>A.rivulatus</i> reçu l'aliment riche en pigments (Agrandissement x 3).....	80
Figure III-21 Couleur violet contenue dans l'échantillon de <i>A.rivulatus</i> reçu l'aliment riche en pigments.....	80
Figure III-22 Couleur noire contenue dans l'échantillon de <i>A.rivulatus</i> reçu l'aliment riche en pigments.....	81
Figure III-23 Couleur blanche contenue dans l'échantillon de <i>A.rivulatus</i> reçu l'aliment riche en pigments (Agrandissement x 2).....	81
Figure III-24 Echantillon de <i>A.rivulatus</i> reçu l'aliment commercial (à gauche), échantillon de <i>A.rivulatus</i> reçu l'aliment sans pigment (à droite).....	82

Figure III-25 Echantillon de <i>P.scalare</i> claire reçu l'aliment riche en pigments .....	84
Figure III-26 Echantillon de <i>P.scalare</i> claire reçu l'aliment commercial.....	85
Figure III-27 Echantillon de <i>P.scalare</i> claire reçu l'aliment sans pigments .....	86
Figure III-28 Echantillon de <i>P.scalare</i> sombre reçu l'aliment riche en pigments .....	87
Figure III-29 Echantillon de <i>P.scalare</i> sombre reçu l'aliment commercial .....	88

## ***Liste des tableaux***

Tableau I-1 Position phylogénique des Cichlidés .....	5
Tableau I-2 Paramètres de l'eau d'élevage .....	14
Tableau I-3 Composition nutritive des régimes expérimentaux (%).....	15
Tableau I-4 Structure de quelques pigments caroténoïdes identifiées chez le poisson (Choubert, 1986).....	19
Tableau II-1 Lieux de suivi pour les différents aliments expérimentés .....	26
Tableau II-2 Aquariums destinés au suivi de l'espèce Green Terror .....	26
Tableau II-3 Aquariums destinés au suivi de l'espèce Scalaire .....	26
Tableau II-4 Avantages et inconvénients des matières premières sélectionnées .....	28
Tableau II-5 Résumé des étapes à suivre pour la formulation d'un aliment pour les poissons (KERVAREC, 2008) .....	32
Tableau II-6 Type et taille des aliments pour le scalaire et le Green terror .....	38
Tableau II-7 Influence de la masse volumique sur la flottabilité (Guillaume <i>et al.</i> , 1999). .....	38
Tableau II-8 Critères de flottabilité (Gouessant).....	40
Tableau III-1 La masse volumique en g/l des aliments fabriqués.....	60
Tableau III-2 Valeurs des paramètres de qualité (Ammonium, nitrite et nitrate) en mg/l obtenus par Shivendra Kumar (2005) et (Malcolm et al., 2000).....	66
Tableau III-3 Résultats de l'analyse microbiologique des aliments fabriqués selon la norme algérienne NA 6115.....	67
Tableau III-4 Composition biochimique des farines utilisées.....	68
Tableau III-5 Composition biochimique des aliments fabriqués .....	69
Tableau III-6 Performance de la croissance du <i>P.scalare</i> après 50 jours de suivi.....	71
Tableau III-7 Performance de la croissance de <i>A.rivulatus</i> après 50 jours de suivi.....	74

Tableau III-8 Pourcentages des différentes couleurs apparentes chez *A.rivulatus* obtenus par le Matlab..... 79

Tableau III-9. Prix de revient des aliments fabriqués en Dinar Algérien (DA) ..... 89

## *Liste des équations*

Équation II-1 .....	41
Équation II-2 .....	41
Équation II-3 .....	41
Équation II-4 .....	41
Équation II-5 .....	41
Équation II-6 .....	41
Équation II-7 .....	42
Équation II-8 .....	42
Équation II-9 .....	42
Équation II-10 .....	46
Équation II-11 .....	47
Équation II-12 .....	48
Équation II-13 .....	49
Équation II-14 .....	54

## ***Liste des abréviations***

**INRA** : Institut National de la Recherche Agronomique (Renne).

**ICOMSFF**: Commission internationale des tests microbiologiques dans la gestion de la sécurité alimentaire (International Commission on Microbiological Testing in Food Safety Management).

**CE** : Commission européenne.

**CT** : Coliforme totaux.

**FT** : Flore totale.

**FMAT** : Flore mésophile aérobie totale.

**CF** : Coliforme fécaux.

**AOAC** : Association des Analyses Chimiques (l'Association of Analytical Chemists).

**CD** : Caroténoïde.

**BC** :  $\beta$ -carotène .

**AX** : Astaxanthine.

**NRC** : Conseil national de recherches (*National Research Council*).

**CNRDPA** : Centre Nationale de la Recherche et du Développement de la Pêche et de l'Aquaculture.

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

**AGPI** : Acide Gras Poly Insaturé.

**AFNOR** : Association française de normalisation.

**UE**: Union européen.

## ***Table des matières***

Liste des figures.....	I
Liste des tableaux .....	V
Liste des équations .....	VII
Liste des abréviations .....	VIII
Table des matières .....	IX
Introduction .....	1
Chapitre I Généralités.....	4
I.1 Biologie des Cichlidés .....	4
I.1.1 Cichlidés.....	4
I.1.2 Cichlidés d'Amérique du sud .....	10
I.2 Paramètres de tolérance .....	14
I.2.1 Tolérance biologique des espèces .....	14
I.2.2 Besoins nutritionnels.....	14
I.3 Pigmentation des Cichlidés .....	15
I.3.1 Diversité des caroténoïdes dans le poisson .....	16
I.3.2 Caroténoïdes Absorption et transport.....	17
I.3.3 Métabolisme et dépôt des caroténoïdes.....	17
I.3.4 Amélioration de la pigmentation des poissons .....	18
I.3.5 Sources naturelles de caroténoïdes .....	18
I.3.6 Coloration des cichlidés (pigments et couleurs structurelles).....	19
I.3.7 Capacité antioxydante des caroténoïdes .....	20
I.4 Rôle de la nutrition dans l'élevage des poissons d'ornement .....	20
I.4.1 Types d'aliments disponibles pour le poisson ornemental .....	20

I.4.2	Energie alimentaire pour la maintenance .....	21
I.4.3	Protéines alimentaires pour les poissons d'ornement .....	21
I.4.4	Lipides alimentaires et acides gras pour poissons d'ornement.....	22
I.4.5	Hydrates de carbone alimentaires pour poisson ornemental.....	22
I.4.6	Vitamines et minéraux alimentaires pour poissons d'ornement.....	22
Chapitre II	Matériel et méthodes .....	25
II.1	Site de l'expérience.....	25
II.2	Structures d'élevage.....	26
II.2.1	Conditions expérimentales.....	27
II.3	Composition et fabrication d'aliments.....	28
II.3.1	Sélection des matières premières .....	28
II.3.2	Préparation des farines.....	30
II.3.3	Formulation et fabrication des quatre aliments.....	32
II.3.4	Description du schéma de production.....	33
II.4	Méthode de caractérisation des aliments .....	37
II.4.1	Taille des particules .....	37
II.4.2	Masse volumique (densité) .....	38
II.4.3	Résistance à l'abrasion (durabilité) .....	39
II.4.4	Résistance à l'écrasement (la dureté).....	39
II.4.5	Flottabilité.....	40
II.4.6	Détérioration .....	40
II.4.7	Acceptabilité .....	40
II.5	Echantillonnage et méthodes d'analyses .....	40
II.5.1	Suivi de la croissance.....	40

II.5.2 Variables et paramètres étudiés .....	41
II.5.3 Suivi de la pigmentation .....	42
II.5.4 Analyses biochimiques des farines et de la composition des aliments.....	45
II.5.5 Contrôle et analyses microbiologiques des aliments .....	50
II.5.6 Contrôle et analyse de la qualité de l'eau .....	55
II.6 Etude économique de la fabrication d'aliments et sa rentabilité sur l'élevage des Cichlides américains.....	57
Chapitre III Résultats et discussion .....	59
III.1 Caractérisation des aliments .....	59
III.1.1 Taille des particules.....	59
III.1.2 Masse volumique.....	59
III.1.3 Résistance à l'abrasion (durabilité) .....	60
III.1.4 Résistance à l'écrasement (dureté) .....	60
III.1.5 Flottabilité .....	60
III.1.6 Détérioration.....	61
III.1.7 Acceptabilité.....	61
III.2 Qualité physico-chimique de l'eau des aquariums.....	61
III.2.1 Variation de la température et du pH de l'eau.....	62
III.2.2 Variation de l'oxygène dissous .....	64
III.2.3 Effet de l'aliment sur la qualité de l'eau .....	64
III.3 Contrôle microbiologique.....	66
III.4 Composition biochimique des aliments .....	68
III.4.1 Valeur biochimiques des farines .....	68
III.4.2 Valeur alimentaire des aliments fabriqués .....	69

III.5 Facteurs zootechniques :.....	70
III.5.1 Cas de <i>P.Scalare</i> .....	70
III.5.2 Cas d' <i>A.rivulatus</i> .....	74
III.6 Effet de l'aliment sur la pigmentation des espèces étudiées .....	78
III.6.1 Cas d' <i>Andinoacara rivulatus</i> .....	78
III.6.2 Cas de <i>Pterophyllum scalare</i> .....	83
III.7 Coût de revient de l'aliment .....	88
Conclusions .....	90
Bibliographie .....	92

# *Introduction*

Les poissons d'aquarium ou poissons d'ornement sont des poissons aux formes attirantes et colorés, vendus vivants dans le commerce, dans le but de servir d'animaux de compagnie et de décoration vivante dans les aquariums décoratifs. La pisciculture ornementale est une industrie primaire importante. Les poissons d'ornement sont devenus de plus en plus importants aujourd'hui et considérés comme des bijoux vivants en raison de leur couleur, de leur forme et de leur comportement. L'un des indicateurs les plus évidents de ceci est que le commerce des poissons d'ornement dans le monde a un volume annuel de 5,6 milliards de dollars dans le monde industriel entier. L'aquaculture produit plus de 1500 espèces de poissons d'ornement disponibles pour la aquariophile (Fabrício et al., 2012). Le commerce des poissons d'ornement est considéré comme l'un des secteurs les plus rentables de l'aquaculture et se développe rapidement avec l'augmentation de la demande mondiale pour ces animaux (Welliton al., 2017 in Lima et al., 2001), ainsi, l'élevage de poisson d'ornement est présenté comme une composante importante du commerce international (Welliton al., 2017 in Ribeiro et al., 2007). Les principaux pays exportateurs des poissons d'ornement d'élevage sont Singapour, Hong-Kong, la Thaïlande et Philippines. Les principaux pays importateurs sont les Etats unis, le Japon, l'Allemagne, la France et le Royaume-Uni.

L'Algérie n'est pas novice en la matière. L'introduction de l'élevage du Gambus, aussi appelée « guppy sauvage », première espèce piscicole et ornementale introduite dans le pays, remonte à 1926 au niveau du barrage de Béni Messous et au lac de Reghaïa (Horizons, 2013).

La famille des Cichlidés est parmi les poissons d'ornement les plus populaires constituent environ 95% de la totalité des poissons d'ornement dans le monde, et représentent environ 4000 espèces (Güroy et al., 2012). Parmi les espèces de cette famille, le green Terror (*Andinoacara rivulatus*) et angel fish (*Pterophyllum scalare*), font partie des poissons les plus beaux en raison de leurs colorations corporelles, forme et valeur économique. Le poissons d'ornement est valorisé par la coloration de la peau, la forme et la taille du corps, l'obtention d'expression maximum de ces traits phénotypiques, la bonne qualité d'aliment joue un rôle important dans le maintien de bonne santé et de comportement normal dans l'amélioration de

l'aspect extérieur et de la coloration des poissons d'ornement et dans leurs développement. Cependant, il existe peu d'informations publiées sur la nutrition des poissons d'ornement (Kruger et al., 2001; Miller et Mitchell, 2008; Güroy et al., 2012). Les aliments commerciaux formulés pour le saumon ou la truite contenant souvent de 45 à 55% de protéines brutes et de 12 à 17% de lipides bruts ont été utilisés dans les exploitations piscicoles ornementales (Royes et al., 2006 ; Fatime Erdogan et al., 2012 ). Les aliments sont utilisés sans tenir compte du cycle de vie et de l'écologie alimentaire naturelle des poissons d'ornement. Cette situation entraîne donc une diminution des performances de croissance et des pertes économiques chez les poissons.

Les protéines alimentaires jouent un rôle important dans la performance de croissance des poissons. Par conséquent, il est très important de déterminer les besoins des poissons en protéines. Le coût élevé des aliments pour poissons d'ornement est un autre problème important. La plus grande partie du coût de l'unité d'alimentation se compose de protéines. L'inclusion de protéines dans les aliments est d'une grande importance pour la croissance et le maintien du poisson, tandis que les lipides et les glucides sont importants pour fournir l'énergie nécessaire aux poissons. De nombreuses études ont montré que la teneur en protéines du régime alimentaire peut être réduite sans diminuer la croissance si le contenu calorique du régime est augmenté en manipulant le niveau d'ingrédients non protéiques, tels que les glucides et les lipides (Winfrey et Stickney, 1981; El-Sayed et Tashima, 1991; Royes et al., 2006).

Par conséquent, le présent travail évalue l'effet de différents aliments sur la performance de deux espèces de Cichlidés américains (*Pterophyllum scalare*. et *Andinoacara rivulatus*.). Les aliments sont fabriqués à base de différentes farines en remplaçant la farine de poisson par d'autre farine de substitution afin de minimiser les coûts, dans des conditions contrôlées. Ainsi, le but de cette étude est d'évaluer l'intensité de la pigmentation de la peau des deux espèces en comparant l'effet de l'aliment riche en pigment avec l'aliment sans pigment et l'aliment commercial.



*Chapitre I*

*Généralités*

# *Chapitre I Généralités*

## **I.1 Biologie des Cichlidés**

### **I.1.1 Cichlidés**

Les Cichlidés sont la famille de poissons non-Ostariophysan la plus riche en espèces dans les eaux douces du monde entier, et l'une des principales familles vertébrées (Kullander, 1998) Ce sont des poissons, essentiellement d'eau douce en aquarium, la famille des Cichlidés appartient au sous-ordre des Labridés qui compte aussi la famille des Pomacentridés (Poisson clown) ou la famille des Scaridés (Poisson perroquet). la famille Cichlidés dont l'ordre des Perciformes comporte au moins 1687 espèces (source Fish Base, 09/2016 ) ont été scientifiquement décrites et environ 3000 espèces non décrites .

La répartition géographique des Cichlidés comprend les eaux douces d'Afrique (900 espèces validés, estimées à plus de 1300 espèces), le Vallée du Jourdain au Moyen-Orient (quatre espèces), Iran (une espèce), Inde du Sud et Sri Lanka (trois espèces, également en eau saumâtre), Madagascar (17 espèces validés, certaines également en eau saumâtre), Cuba et Hispaniola (quatre espèces validés, certaines en eau saumâtre), en Amérique du Nord et en Amérique centrale isthmique (111 espèces confirmées ) et en Amérique du Sud (291 espèces confirmées) (Kullander, 1998 ; mis à jour 2003). Le Tableau I-1 Présente la systématique de la famille des Cichlidés.

**Tableau I-1** Position phylogénique des Cichlidés

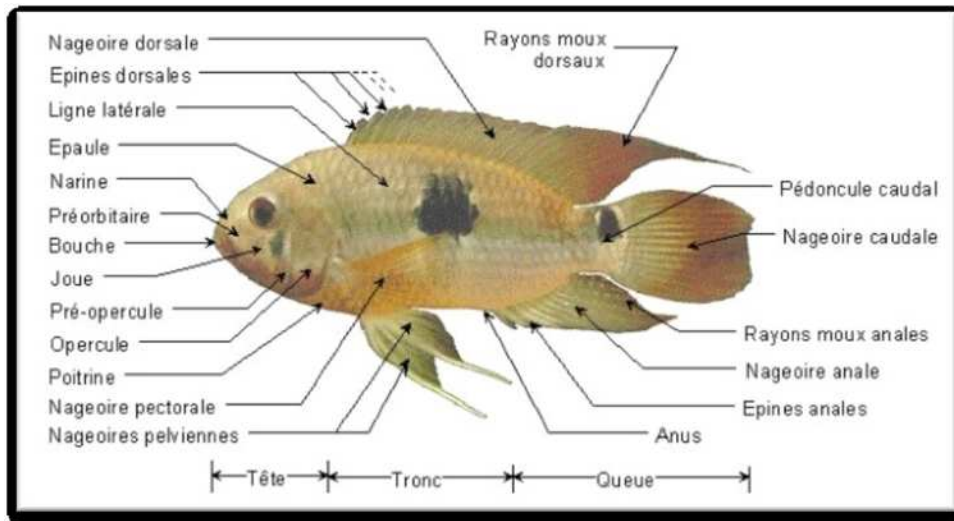
<u>Classification</u>	
<u>Règne</u>	<u>Animalia</u>
<u>Embranchement</u>	<u>Chordata</u>
<u>Super-classe</u>	<u>Osteichthyes</u>
<u>Classe</u>	<u>Actinopterygii</u>
<u>Sous-classe</u>	<u>Neopterygii</u>
<u>Infra-classe</u>	<u>Teleostei</u>
<u>Super-ordre</u>	<u>Acanthopterygii</u>
<u>Ordre</u>	<u>Perciformes</u>
<u>Sous-ordre</u>	<u>Labroidei</u>
<u>Famille</u>	Cichlidae ( <u>Heckel, 1840</u> )

### **I.1.1.1 Caractères généraux des Cichlidés**

#### ***Caractères morphologiques***

Les nageoires dorsales, anale et caudale sont impaires, les nageoires pectorales et pelviennes sont paires. La papille ano-génito-urinaire se trouve en avant de la nageoire anale. Ligne latérale interrompue chez la plupart des espèces, en deux et parfois trois segments. Absence de dents sur le palais mais présence de dents pharyngiennes et dents maxillaires (voir figure Figure I-1).

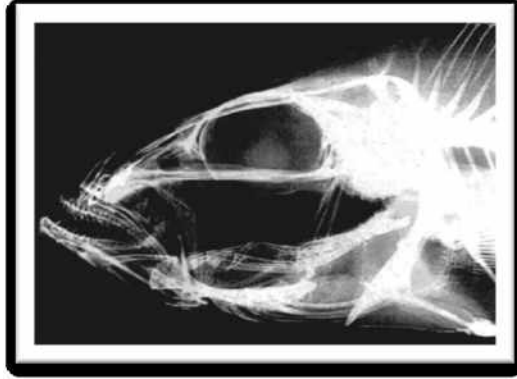
Les Cichlidés sont des perches tropicales à une narine. Leur nom commun allemand signifie d'ailleurs « perches multicolores » (KEITH et al., 1996).



**Figure I-1 Morphologie des Cichlidés (source site web)**

### ***Caractères anatomiques***

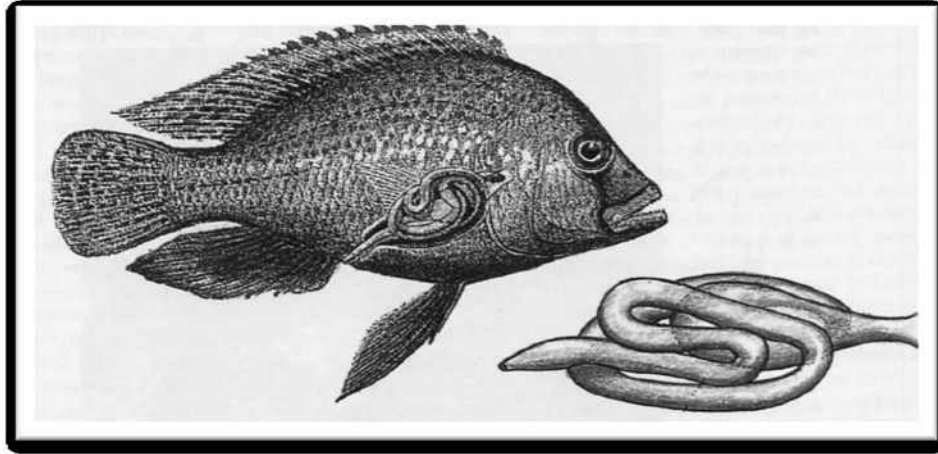
Les Cichlidés ont développé une particularité anatomique présente chez tous les membres de la famille et uniquement chez eux. Il s'agit de la subdivision unique des muscles de la mâchoire. Les poissons utilisent leurs mâchoires dans le but, d'attraper les proies et de préparer à la déglutition (déchirer, mâcher, écraser). Les mâchoires doivent donc être un compromis pour remplir le mieux possible ces deux fonctions (STIASSNY, 1991). Les Cichlidés et leurs proches parents ont développé une stratégie évolutive intéressante pour remplir au mieux ces deux fonctions antagonistes. Ils possèdent une seconde paire de mâchoires logée dans le pharynx, les mâchoires pharyngiennes. Ainsi, les mâchoires buccales peuvent être spécialisées dans la capture des proies et les mâchoires pharyngiennes dans le traitement de la nourriture ingérée. Les mâchoires buccales sont ainsi « libérées » pour une spécialisation complète de leur fonction de capture de proies. Grâce à une subdivision unique des muscles de leurs mâchoires buccales (Figure I-2), les Cichlidés ont un contrôle très fin de ces mâchoires. Ils peuvent étendre leur mâchoire, et aspirer leur proie à distance. L'organisation des os des mâchoires et du crâne, ainsi que la dentition, sont utilisées comme critères de classification en systématique (LONGY Xavier, 2003).



**Figure I-2 Tête des Cichlidés, avec vue des mâchoires buccales et pharyngiennes obtenue par radiographie (Stiassny, 1981)**

Les Cichlidés sont reconnus par plusieurs synapomorphies anatomiques non ambiguës.

1. La présence d'un capuchon cartilagineux étendu sur la marge antérieure de chaque second os épibranchial (Stiassny, 1981).
2. La présence d'une tête élargie de chaque quatrième os épibranchial (Stiassny, 1981)
3. La présence de micro-branchiospines de forme caractéristique et distribuées sur les arcs branchiaux (Stiassny, 1981).
4. Le muscle transversus dorsal antérieur est subdivisé en quatre parties distinctes (Liem et Greenwood, 1981).
5. L'estomac a une poche aveugle extensible (Zihler, 1982).
6. L'estomac a une sortie de la main gauche vers l'intestin antérieur et la première boucle intestinale est sur le côté gauche (Zihler, 1982).
7. La sagitta comporte un pseudocollicule antérocaudal ayant une partie ventrale longue et épaisse qui est séparée du crista inférieure par un long sillon profond (Gaemers, 1985).
8. La présence d'hypapophyses courtes appariées sur le troisième et / ou le quatrième centra vertébral (Kullander, 1998).



**Figure I-3 Anatomie du tractus digestif chez un Cichlidé ( Stiassny, 1981)**

Le tractus digestif des Cichlidés est constitué de trois parties (Figure I-3):

- l'œsophage, qui s'étend des mâchoires pharyngiennes à l'estomac
- l'estomac, en forme de sac
- l'intestin

La taille, la longueur et le mode d'enroulement de l'intestin et de l'estomac varient considérablement en fonction du régime alimentaire. Chez les Cichlidés, l'estomac sert principalement au stockage des aliments, la digestion et l'absorption étant réalisées par l'intestin. La taille relative de la cavité abdominale varie peu d'une espèce à l'autre, et le long intestin (jusqu'à six fois la longueur du corps) des espèces végétariennes doit être enroulé et replié de manière très complexe. L'organisation spatiale de cet enroulement (en fait l'anatomie topographique de l'intestin) est très spécifique, au sens propre du terme (propre à l'espèce) et peut servir de critère taxonomique. La caractéristique propre aux Cichlidés, présente chez tous les membres de la famille et uniquement chez eux, est le fait que l'intestin sort de l'estomac par le côté gauche et que la première anse intestinale se trouve toujours le long du flanc gauche du poisson. L'avantage évolutif de cette particularité anatomique n'est pas connu, mais c'est un caractère présent chez tous les Cichlidés.

Une autre caractéristique unique des Cichlidés est la forme particulière de leurs otolithes. Les otolithes sont des structures anatomiques faisant penser à de petits cailloux, constitués d'une protéine particulière, l'otolite, et de cristaux d'aragonite. Ils se situent dans l'oreille interne. La croissance de ces otolithes se fait selon des stries pouvant être observée au microscope. La structure fine de ces otolithes peut être utilisée dans l'identification des espèces de poissons. C'est un bon indicateur du fait que le groupe des Cichlidés descendrait d'un ancêtre commun (LONGY Xavier, 2003).

### ***Caractères éthologiques***

Une caractéristique fondamentale des Cichlidés est que ce sont des poissons exclusivement d'eau douce même si quelques très rares espèces peuvent faire des passages en eau de mer. Par ailleurs, les Cichlidés sont des poissons présentant un comportement social et reproducteur très évolué, qui fait que ce sont des poissons passionnants à élever en aquarium. Lors de la reproduction, les futurs parents défendent un territoire plus ou moins longtemps, de quelques heures pour les incubateurs buccaux à plusieurs jours voir semaines pour certains pondreurs sur substrat. Ils prodiguent de véritables soins au frai, certaines espèces fournissant même une alimentation aux jeunes sous forme de mucus cutané (genre *Symphysodon*) parfois comparé à une forme d'allaitement (WENER, 2002).

#### **I.1.1.2 Importance en aquariophilie**

En raison du comportement varié et des couleurs souvent attrayantes et de taille modérée, les cichlidés sont généralement conservés comme poissons ornementaux. Les espèces importantes d'aquarium sont les espèces de *Pterophyllum* et de *Symphysodon*. La pêche sportive est concentrée sur les espèces *Cichla* pour lesquelles il existe un fort marché nord-américain et brésilien safaris de pêche sportive et concours de pêche de Tucunaré principalement au Brésil (Kelber, 1999).

Ils sont des espèces passionnées à élever en aquarium et très prises par les aquariophiles, on compte parmi ses membres les plus célèbres le scalaire (*Pterophyllum scalare*), l'oscar (*Astronotus ocellatus*) ou encore le discus (*Symphysodon sp.*). Ils sont également très importants pour le commerce, et pour l'étude de l'évolution des espèces dans la science, après

avoir évolué si rapidement en un grand nombre d'espèces étroitement liées mais très différentes en caractéristiques morphologiques au sein grands lacs de l'Afrique et d'Amérique. Les grandes espèces (plus de 15 cm) ont une durée de vie de 10 à 20 ans, les plus petites vivent moins longtemps (LONGY Xavier, 2003).

### **I.1.1.3 Répartition géographique**

Les Cichlidés sont une famille de poissons exclusivement tropicaux. On en trouve des représentants en Afrique, en Amérique, en Inde et au Moyen-Orient. Les aires de répartition géographique sont généralement limitées à une seule rivière ou même à un ou à quelques cours d'eau. En Amérique du Sud les cichlidés sont enregistrés dans presque tous les bassins hydrographiques, mais occupent rarement des altitudes supérieures entre 500 m et 200 m au-dessus du niveau de la mer. Il y a quatre espèces permanentes de cichlidés sur l'île de Trinidad, mais aucun cichlidés ne se trouve sur aucune autre île près de la côte vénézuélienne. La plupart des rivières côtières du Brésil ont 1 à 3 espèces de cichlidés, les cichlidés se trouvent dans une succession de rivières permanentes au sud de la Jequetepeque Rivière ou peut-être même légèrement au sud de Lima, au Pérou (Kullander, 2003).

### **I.1.2 Cichlidés d'Amériques du sud**

Les Cichlidés d'Amérique du Sud vivent du sud du canal de Panama au nord de l'Argentine, généralement dans des eaux très douces et acides. C'est un groupe très diversifié sur le plan de la morphologie, de la taille, de la coloration et des stratégies de reproduction des poissons qui le composent (THIERRY, 2000).

On distingue différents groupes de Cichlidés sud-américains dans la pratique aquariophile courante, selon (L. Xavier, 2003) :

- Le scalaire (genre *Pterophyllum*) et le discus (genre *Symphysodon*), poissons incontournables en aquariophilie, qui jouissent d'une très grande popularité.
- Les Cichlidés nains, de taille inférieure à douze centimètres, devant être maintenus dans des aquariums de 100 à 200 litres au riche décor planté. Ce sont les espèces des genres : *Apistogramma*, *Apistogrammoides*, *Laetacara*, *Nannacara*, *Mikrogeophagus*, *Taeniacara*, *Biotocetus*, *Crenicara*, *Dicrosus* et *Crenicichla*

groupe *wallacei*, *Teleocichla*, *Mazarunia*. L'espèce la plus largement présente en aquariophile est *Mikrogeophagus ramirezi*, ainsi que *Laetacara curviceps*.

- Les Cichlidés de taille moyenne, entre douze et trente centimètres, pouvant être maintenus dans des aquariums de 300 à 1000 litres décorés de roches et de racines de tourbière. Ils appartiennent aux genres : *Satanoperca*, *Geophagus*, *Gymnogeophagus*, *Guianacara*, *Krobia*, *Aequidens*, *Bujurquina*, *Tahuantinsuyoa*, *Biotodoma*, *Acarichtys*, *Cichlasoma*, *Caquetaia*, *Astronotus*, *Chaetobranchus*, *Chaetobranchopsis*, *Acaronia*, *Heros*, *Heroina*, *Hypseleacara*, *Uaru*, *Hoplarchus*, *Mesonauta*, et la plupart des *Crenicichla*. *Astronotus ocellatus*, *Aequidens pulcher*, *Heros efasciatus* et « *Geophagus* » *steindachneri* sont les espèces de ce groupe les plus fréquemment rencontrées dans le commerce aquariophile.

Il faut qu'on prépare un milieu adéquat où les paramètres de l'eau doivent être proche le plus possible des conditions naturelles pour la maintenance, la survie et la reproduction de ces espèces en aquarium.

### **I.1.2.1 Sous-famille des Cichlasomatinae**

#### ***Genre Pterophyllum***

Le genre *Pterophyllum* contient trois espèces valides : *P.altum*, *P.leopoldi* et *P.scalare*. D'autres espèces ou sous-espèces sont parfois mentionnées dans la littérature comme *P.dumerii* ou *P.eimekei* mais ne sont plus valides. Le « scalaire » est certainement le poisson d'aquarium le plus populaire. Le commerce aquariophile propose des individus sélectionnés aux robes et aux formes très sophistiquées. La sélection génétique a permis de développer des formes aux nageoires très allongées et de coloration jaune, marbrée, fumée... Elles sont produites en grande quantité dans le sud-est asiatique et sont proposées à bas prix. Elles parviennent pratiquement toutes à pondre en aquarium communautaire dès l'âge de un an à dix huit mois. Ce sont par contre des poissons qui sont incapables de mener une ponte à bien, car ils sont incapables de protéger les œufs et de porter des soins aux jeunes. Ils dévorent d'ailleurs souvent leur ponte eux-mêmes. Ceci vient du fait qu'en élevage commercial, les œufs sont systématiquement retirés aux parents et élevés artificiellement. Les formes sélectionnées sont aussi moins craintives et moins agressives entre elles (Xavier, 2003) .

### *Pterophyllum scalare*

La Figure I-4 illustre l'espèce *Pterophyllum scalare*. Elle a été décrite scientifiquement par Liechtenstein en 1823. L'holotype de Liechtenstein ayant disparu, on considère aujourd'hui que l'holotype est l'exemplaire utilisé par Cuvier en 1831 pour décrire *Platax scalaris*. Cette situation entretient le flou dans la taxonomie de ce genre, d'autant plus que la localité type n'a pas été clairement définie (Est brésilien). On admet que l'aire de répartition de l'espèce *P. scalare* (sensu lato) comprend le Rio Ucayali, l'Amazone au Pérou et au Brésil, le Rio Solimoes, la plupart des affluents nord et sud de l'Amazone (Rio Negro, Branco, Madeira, Tapajos, Xingu, Araguaia) ainsi que l'Essequibo et l'Oyapock. Elle fréquente les zones de marais et de savanes inondées où la végétation est dense. Elle est pêchée en compagnie de Mesonauta et Heros (FALK, 2000).



**Figure I-4 Pterophyllum scalare**

### *Andinoacara rivulatus*

*Andinoacara rivulatus* est un grand cichlidés. Les mâles peuvent atteindre 30 cm et les femelles restent généralement à 20 cm. Il a un corps haut comprimé latéralement; et quatre ou cinq points derrière la tache latérale (SIFUENTES, 1992). Les mâles et les femelles ont de multiples zones de menton et de joues, des lignes de couleur bleue électrique et une tache noire au milieu du côté (SIFUENTES, 1992). Les mâles adultes développent une bosse au fil du temps. La femelle est de couleur verte olive sans les reflets métalliques du mâle (PUENTES, 2002 et GOMÉZ et al., 2000). Les mâles sont plus attrayants que les femelles présentant une couleur de base verte blanche lumineuse (GOMÉZ et al., 2000 et BIANCHINI

et *al.*, 1979). Il est possible d'observer que la différence entre les mâles et les femelles réside dans les nageoires. Les mâles ont la plus longue nageoire anale et dorsale tandis que la nageoire caudale des mâles est réticulé (PUENTES, 2002 et GOMÉZ et *al.*, 2000). Il a de multiples marques dans tout le corps de couleur sombre formant une sorte de lignes pointillées horizontales parallèles le long du corps (GOMÉZ, et *al.*, 2000 et TRESIERRA et *al.*, 1993). comme tous les cichlidés, ils ont la ligne latérale interrompue (TRESIERRA et *al.*, 1993).

KULLANDER en 1991 a utilisé le terme «*Aulidens*» pour *Aequidens rivulatus*. (MUSILOVÁ et *al.*, 2008) ont confirmé que le groupe «*Aequidens*» *pulcher-rivulatus* représente un genre bien soutenu mais sans nom. Dans leurs études des relations phylogénétiques des Cichlasomatinae, (MUSILOVÁ et *al.*, 2009) provisoirement ont listé '*Aequidens*' sp. en tant qu'espèce non-inscrite parmi les membres du *pulcher-rivulatus* de genre '*Aequidens*', pour lequel ils ont établi le nouveau genre *Andinoacara*.

Cette espèce diffère de *A.stalsbergi* par la possession d'écailles bordées de noir sur sa nuque (contre des écailles sans bord postérieur sombre), un point sombre au centre de chaque échelle sur le corps et l'opercule (par rapport aux bords sombres, mais pas de points sombres chez *A.stalsbergi*), une terminaison caudale avec une marge rougeâtre étroite (contre caudale avec une large marge blanchâtre), une tache latérale positionnée plus dorsalement que chez *A.stalsbergi*, un spot (plus important chez les femelles) dans la dorsale au-dessus de la barre avec une tache latérale chez *A.stalsbergi*), selon REGAN (1913), fréquemment 2 rangées d'écailles sur sa joue (contre 3 rangées d'échelles chez *A.stalsbergi*). (MUSILOVÁ et *al.*, 2009). (voir Figure I-5)



**Figure I-5 Mâle adulte d'*Andinoacara rivulatus* de Río Tumbes photographié en aquarium. MUSILOVÁ et *al.* (2009)**

## I.2 Paramètres de tolérance

### I.2.1 Tolérance biologique des espèces

Tableau I-2 Paramètres de l'eau d'élevage

	T °C	pH	GH °d	O <sub>2</sub> (mg /l)	Référence
<b>P.scalare</b>	24 - 30	6.0 - 8.0	5 - 13	> 4 mg / L	Stawikowski et al.1998
<b>A.rivulatus</b>	20 - 24	6.5 - 8.0	25	> 4 mg / L	Riehl et al.1991

### I.2.2 Besoins nutritionnels

Tous les aliments pour poissons d'ornement sont 10 à 60 fois plus chers que les aliments destinés aux espèces comestibles. Le prix de l'aliment ciblé pour une seule espèce ornementale varie considérablement par rapport au prix des aliments pour poissons, dont chacun est ciblé pour une espèce spécifique (Tamaru et Ako, 2000). Pour cette raison, les rations alimentaires de formulation pour les poissons d'ornement sont importantes pour le secteur d'aquariophilie (Sales et Janssens, 2003).

#### I.2.2.1 Besoins nutritionnels du *Pterophyllum scalare*

L'Angel fish (*Pterophyllum scalare*) est l'une des espèces d'aquarium la plus populaires, car cette espèce a un prix plus élevé par rapport à la plupart des espèces d'eau douce et d'autres poissons d'ornement. Malgré l'importance de Angel fish dans la pisciculture ornementale, il n'y a pas eu de recherche ni de développement d'aliments rentables pour la culture intensive de cette espèce. Les anges d'eau douce sont des cichlidés originaires de l'Amazonie (Yamamoto et al, 1999). Ces poissons brésiliens se nourrissent naturellement d'invertébrés (Degani, 1993) et sont la proie de plus grands piscivores (Praetorius, 1932 cité par Gomez-Laplaza, 2002).

Les compositions nutritives des régimes expérimentaux (Biomar) sont données dans le tableau 1. La composition proximale des régimes a été réalisée en utilisant les méthodes de l'Association of Analytical Chemists (AOAC.2000). La protéine a été déterminée en mesurant l'azote (N × 6,25) en utilisant la méthode de Kjeldahl (Mehrad & Sudagar 2010) ; La graisse

brute a été déterminée en utilisant de l'éther de pétrole (40 - 60 Bp) pour l'extraction au Soxhlet et des cendres par combustion à 550 ° C.

**Tableau I-3 Composition nutritive des régimes expérimentaux (%)**

Ingrédients	Pourcentage %
<b>Protéines</b>	54
<b>Lipides</b>	18
<b>Fibres</b>	1.5
<b>Cendres</b>	10
<b>Vitamines</b>	2

Degani (1993) a rapporté que, dans son étude, l'aliment pour fournir une croissance optimale pour les anges devrait contenir 44% de protéines brutes et 10% de pétrole brut.

### **I.2.2.2 Besoins nutritionnels du *Andinoacara rivulatus***

Les Characidae et les Poeciliidae sont des sources importantes de nourriture ( Musilova et al. 2009). Selon des études menés par Martin Gonzalez et al. en 2016 suite à des analyses sur le filet de *A.rivulatus* ont obtenus les résultats suivants : protéines, 22,43% ; graisse 4,17% ; cendres 1,55% et humidité 74,65%.

### **I.3 Pigmentation des Cichlidés**

La pigmentation du poisson d'ornement est l'un des plus importants critères de qualité dictant leur valeur marchande. Dans des conditions d'élevage, les poissons d'ornement sont nourris avec des aliments composés, qui doit être complété avec caroténoïde. Divers caroténoïde synthétique ( $\beta$ -carotène (BC), canthaxanthine, zéaxanthine, et l'astaxanthine (AX) et les sources naturelles (levure, bactéries, algues, plantes supérieures et farine de crustacés) ont été utilisé comme un complément alimentaire pour améliorer la pigmentation du poisson et des crustacés (Shahidi et *al.*, 1998 ; Kalinowski et *al.*, 2005).

L'aquariophilie a évolué comme un élément indispensable de la décoration intérieure au 21<sup>ème</sup> siècle (Katia, 2001). La couleur est l'un des principaux facteurs qui déterminent le prix des poissons d'ornement sur le marché mondial (Saxena, 1994 et Torrissen, 1989). La couleur de la peau de poisson dépend principalement des chromatophores (mélanophores, xanthophores, érythrophores, iridophores, leucophores et cyanophores) qui contiennent des pigments tels que les mélanines, les caroténoïdes (astaxanthine, canthaxanthine, lutéine, zéaxanthine), les ptéridines et les purines (Goodwin et Withers PC, 1992). Comme les autres animaux, les poissons sont incapables d'effectuer une synthèse de caroténoïdes (Goodwin, 1984) et s'appuient donc sur l'apport alimentaire pour réaliser sa pigmentation naturelle. La pigmentation caroténoïde du poisson résulte du pigment présent dans l'alimentation (Hata, 1973). De nombreux rapports ont démontré que l'évolution de la couleur de la peau au cours du temps dépendait du niveau de caroténoïdes dans l'alimentation et différait selon les espèces (Duncan et al., 1993 ; Ho ALFC et al., 2014). Par conséquent, pour augmenter la couleur de la peau et de la chair en captivité, les poissons doivent obtenir un niveau optimal de caroténoïdes dans leur alimentation (Sinha A et al, 2007).

### **I.3.1 Diversité des caroténoïdes dans le poisson**

Des caroténoïdes spécifiques aux espèces sont connus chez les poissons (Theis et al., 2012, Withers PC, 1992). Les divers caroténoïdes couramment présents dans les poissons avec leurs couleurs sont tunaxanthein (jaune), lutéine (jaune verdâtre), bêta-carotène (orange), doradexanthines (jaune), zéaxanthine (orange jaune), canthaxanthine (rouge orange), astaxanthine (rouge), l'éichinénone (rouge) et la taraxanthine (jaune) (Withers PC, 1992 ; Theis et al., 2012 ; National Research Council, 1993). L'accumulation de caroténoïdes chez les poissons se produit principalement dans leurs téguments et leurs gonades (Withers, 1992 ; Goodwin, 1951). À quelques exceptions près, les poissons Salmonidae s'accumulent l'astaxanthine (Storebakken et al., 1987) dans le muscle (Goodwin, 1951 ; Chatzifotis S. et al., 2005 ; Czczuga et al., 1991).

### **I.3.2 Caroténoïdes Absorption et transport**

Il y a une influence profonde de l'âge et de l'état physiologique des poissons, du type d'alimentation et de l'environnement d'habitation et pas seulement des espèces sur l'absorption et la distribution des caroténoïdes chez les poissons (Czeczuga et al., 1991 ; Wozniak, 2000). Étant de nature hydrophobe, les caroténoïdes ne sont pas facilement solubilisés dans l'environnement aqueux du tractus gastro-intestinal. Les caroténoïdes sont donc associés aux lipides pour assurer le transport [Saxena, 1994 ; Ho ALFC et al., 2014), Castenmiller et al., 1998). Plusieurs étapes sont impliquées dans l'absorption intestinale des caroténoïdes avec l'inclusion de la rupture de la matrice, suivie par la dispersion dans les émulsions lipidiques et la solubilisation subséquente dans les micelles mixtes de sel biliaire, avant d'être absorbée dans la bordure en brosse des entérocytes (Saxena, 1994 ; Furr Et al., 1997 ; Tyssandier et al., 2001). De plus, l'absorption des caroténoïdes est un processus beaucoup plus lent par rapport aux autres nutriments des poissons (Saxena, 1994). Par exemple, environ 18 à 30 heures sont nécessaires pour l'absorption d'environ 35% d'astaxanthine chez les salmonidés par l'intermédiaire de l'intestin proximal (Saxena, 1994 ; Torrissen, 1986 ; Parker, 1996). En outre, le processus de diffusion passive est impliqué dans l'absorption intestinale des micelles (Parker, 1996 ; Storebakken et al., 1992).

### **I.3.3 Métabolisme et dépôt des caroténoïdes**

Chez les poissons il n'existe pas de voies universelles pour le métabolisme des caroténoïdes dans les tissus et ses transformations subséquentes ( Chatzifotis et al., 2005). Il est suggéré que les organes tels que le foie ou l'intestin où les métabolites des caroténoïdes existent, le métabolisme des caroténoïdes ont lieu ( Saxena, 1994 ; Hardy et al., 1990 ; White et al., 2002 ; Aas et al., 1999 ; Matsuno et al., 2001). Les études indiquent la classification des poissons basée sur la capacité du métabolisme des caroténoïdes (Dharmaraj et al., 2011 ; Tanaka, 1978). Un type de poisson nécessite l'inclusion de dérivés oxygénés spécifiques dans l'alimentation car il est incapable d'effectuer l'oxydation de l'ionone et un autre type de poisson tel que le poisson d'or ou la carpe rouge est capable d'oxyder les positions 4 et 4 'de l'ionone et ont donc la potentialité de conversion de la zéaxanthine et de la lutéine en astaxanthine (Dharmaraj et al., 2011 ; Gouveia et al., 2003).


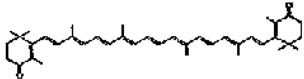
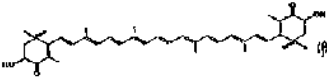
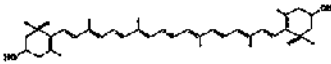
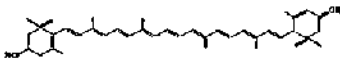
### **I.3.4 Amélioration de la pigmentation des poissons**

Des travaux importants ont été effectués sur la pigmentation de nombreuses espèces de poissons commerciales en utilisant des caroténoïdes. A cet égard, les microalgues tels que *Chlorella vulgaris* sont aussi efficaces que leur homologue synthétique dans la pigmentation de deux espèces de poissons d'ornement les plus importantes, *Cyprinus carpio* et *Carassius auratus* (Ezhil et al., 2008). L'amélioration de la pigmentation a été observée chez *Xiphophorus helleri* lorsqu'il est nourri avec de la nourriture formulée contenant du *Calendula officinalis* en concluant que cette lutéine peut être utilisée comme source de pigmentation (Schiedt, 1998).

### **I.3.5 Sources naturelles de caroténoïdes**

Les animaux sont incapables de biosynthétiser les caroténoïdes, donc l'alimentation est leurs unique source car seules les plantes, les bactéries, les champignons et les algues ont la capacité pour sa synthèse (Huyghebaert, 1993). Cependant certains caroténoïdes synthétiques sont développés pour une utilisation commerciale. Cependant les caroténoïdes synthétiques ont plusieurs limitations, d'abord, processus synthétiques ont seulement des caroténoïdes spécifiques tels que le bêta carotène; en outre, ils impliquent des solvants pétrochimiques ainsi que des solvants organiques complexes causant des problèmes résiduels. De plus, les caroténoïdes synthétiques sont coûteux à utiliser pour un aliment destiné aux espèces aquatiques . Contrairement à ce que les sources naturelles contiennent des variétés de caroténoïdes tels que l'astaxanthine, l'alpha carotène, le bêta-carotène, zéaxanthine, etc. Plantes spécifiques telles que le paprika (*Capsicum annum*) ne contiennent que des xanthophylles rouges (capsanthin , capsorubin) possédant une efficacité de pigmentation de la canthaxanthine proche de la moitié à un tiers (Seemann, 1997) . Un régime comprenant 1,5-2% de caroténoïdes enrichi de la souche de *Spirulina platensis* avec *Haematococcus pluvialis* pour une durée de trois semaines améliore significativement l'intensité de la couleur de l'épée (*Xiphorus helleri*), topaze cichlidés (*Cichlasoma myrnae*) et poissons arc-en-ciel (*Pseudomugil furcatus*) (Ako et al., 2000).

Tableau I-4 Structure de quelques pigments caroténoïdes identifiés chez le poisson (Choubert, 1986)

Pigment	Structure
<b>B-carotène</b>	
<b>Canthaxanthine</b>	
<b>Astaxanthine</b>	
<b>Zéaxanthine</b>	
<b>Lutéine</b>	

### I.3.6 Coloration des cichlidés (pigments et couleurs structurales)

Les couleurs et les motifs du corps des poissons sont déterminés par distribution, densité et état d'agrégation de différents chromatophores dans le tégument. Chez les poissons téléostéens, les couleurs sont produites par absorption de la lumière des pigments contenus dans les chromatosomes de mélanophores (contenant un pigment noir d'eumélanine), érythrophores et xanthophores (avec des caroténoïdes jaune-rouge et pigments de ptéridine) et cyanophores (contenant des pigments bleus), ainsi que par réflexion de cristaux de purine, qui, en fonction de leur organisation spatiale réfractosomes ou leucosomes, produisent l'iridescence métallique de les iridophores ou la teinte blanchâtre des leucophores (Goda et *al.*, 1995 ; Leclercq et *al.*, 2010). Poisson peut synthétiser l'eumélanine à partir de pigments tyrosine et ptéridine du GTP, alors que les caroténoïdes doivent être fournis dans le régime. Chromatophores spécifiques pour ces trois types de pigments ainsi comme les iridophores se produisent dans la peau, les écailles et les nageoires des poissons cichlidés (Salzburger et *al.*, 2010 ; Baerends et *al.*, 1950 ; O'Quin CT. et *al.*, 2012). Alors que dans d'autres espèces de poissons d'eau douce, la réflectance UV peut être un composant important de la coloration nuptiale (Kodric-Brown et *al.*, 2002 ; Garcia et *al.*, 2002), et plusieurs cichlidés peuvent

percevoir la lumière UV (Carleton et *al.*, 2000), on en sait peu sur le rôle des UV dans la communication visuelle des cichlidés (Jordan et *al.*, 2004).

### **I.3.7 Capacité antioxydante des caroténoïdes**

Les caroténoïdes font partie de l'arsenal antioxydant des animaux. Les antioxydants éteindront les molécules pro-oxydantes potentiellement nocives générées au cours du métabolisme normal. Le stress oxydatif survient lorsque le solde entre les antioxydants et les pro-oxydants est perturbé, ce qui peut être dû à une carence en antioxydants ou à un surplus de pro-oxydants produits par des processus tels que la croissance somatique ou une réponse immunitaire. Les poissons utilisent une variété d'antioxydants produit de façon endogène et dérivés d'aliment composés, y compris les pigments, les vitamines, les enzymes et autres protéines, et les différents composés peuvent interagir avec et compenser pour l'autre. En dehors de leur rôle d'antioxydants, les caroténoïdes peuvent également améliorer le système immunitaire grâce à l'activation accrue des lymphocytes T, la capacité des macrophages et la prolifération lymphocytaire (Bendich et Olson, 1989 ; Pérez-Rodríguez, 2009).

## **I.4 Rôle de la nutrition dans l'élevage des poissons d'ornement**

### **I.4.1 Types d'aliments disponibles pour le poisson ornemental**

Une grande variété d'aliments commerciaux est disponible sur le marché pour le poisson de compagnie. Les aliments les plus couramment disponibles comprennent les flocons, les pastilles flottantes et coulantes, les plaquettes de coulée, les aliments congelés et vivants. L'une des considérations les plus importantes lors de l'alimentation des poissons d'élevage devrait être la lixiviation des nutriments vitaux (en particulier les vitamines hydrosolubles) dans l'eau, entraînant des pertes économiques et une pollution de l'eau. Les aliments en granulés (surface plus petite) qui sont avalés entiers par le poisson sont plus nutritifs que les aliments en poudre (surface plus grande), parce que plus de surface conduit à plus de lessivage. Les aliments doivent être utilisés avec prudence dans les aquariums domestiques et de bureau, en raison du risque de transmission de maladies contagieuses, y compris les ectoparasites. Cependant, les aliments vivants tels que les vers de terre, vers de vase, vers tubifex, artémias, monia, daphnies sont indispensables, surtout pour l'alimentation larvaire, et

les risques peuvent être minimisés s'ils sont bien lavés avant de nourrir le poisson ( Debnath et al., 2016).

#### **I.4.2 Energie alimentaire pour la maintenance**

Un point important à comprendre dans la nutrition des poissons est que les poissons mangent pour satisfaire leurs besoins énergétiques. En tant que poïkilothermes, les besoins en énergie de la plupart des poissons s'adaptent aux changements de la température de l'eau. Normalement, les besoins en énergie vont plus que doubler lorsque la température de l'eau augmente de 10 à 20 ° C. C'est un facteur important à prendre en compte lors de l'alimentation des étangs de poissons d'ornement. Le taux de métabolites du poisson diminue pendant l'hiver, par conséquent le taux d'alimentation devrait également être réduit en hiver. un poisson rouge (taille de 5 g) à 26 ° C nécessite 0,830 KJ d'énergie par jour, ce qui réduit à 0,268 KJ à 20 ° C (Earle, 1995).

#### **I.4.3 Protéines alimentaires pour les poissons d'ornement**

Les protéines sont des biomolécules complexes et de grande taille constituées d'acides aminés, qui sont essentielles à la structure et aux fonctions de tous les organismes vivants (NRC, 1983). Les protéines de diatées doivent fournir les acides aminés essentiels ou indispensables qui sont nécessaires. Les études sur les besoins en poissons ornementaux sont limitées, mais les données disponibles sur les poissons d'alimentation sont extrapolées aux poissons d'ornement en tenant compte de la catégorie de poisson. Cependant, certaines recherches sur les besoins nutritionnels des poissons d'ornement d'eau douce en croissance dans un système de production ont indiqué que les besoins en protéines devaient être de 30% pour le poisson d'or (*Carassius auratus*) (Lochmann et Phillips, 1994). ) jusqu'à 50% pour les discus carnivores (Chong et al., 2000). Normalement, les besoins sont déterminés par des études de dose-réponse sur la croissance de jeunes poissons d'ornement sur une période de 8-12 semaines et sont applicables à des conditions similaires dans lesquelles il a été évalué. Les gouramis nains femelles nourris avec un régime contenant 25 à 45% de protéines ont eu une fécondité élevée entre 15% et 47% de protéines (Dahlgren, 1980). Il faut se rappeler que le stade du poisson nourri affecte de manière significative les besoins en protéines alimentaires. Par exemple, les besoins en protéines pour les poissons rouges larvaires étaient de 53%

(Fiogbe et Kestemont, 1995), tandis que les poissons rouges juvéniles n'en demandaient que 19% (Lochmann et Phillips, 1994). Les besoins en acides aminés essentiels des larves de poisson rouge étaient plus élevés que ceux des tilapias juvéniles (Fiogbe et Kestemont, 1995).

#### **I.4.4 Lipides alimentaires et acides gras pour poissons d'ornement**

Les lipides alimentaires sont une source d'énergie importante pour les poissons. La composition en acides gras des lipides alimentaires doit être équilibrée en termes d'acides gras essentiels car ils sont cruciaux pour la croissance et le développement normal des poissons. Le poisson a une faible demande énergétique, par conséquent, les niveaux de graisse alimentaire peuvent être maintenus en dessous de 15% pour éviter le dépôt excessif de graisses (Earle, 1995). Les lipides alimentaires sont des vecteurs de vitamines liposolubles. Comme mentionné précédemment, les lipides alimentaires doivent contenir des acides gras (essentiels) tels que l'acide linoléique (n-3) et l'acide linoléique (n-6) qui sont des précurseurs pour les acides gras à chaîne longue et fortement insaturés. Cependant, les recherches sur les besoins en acides gras des poissons d'ornement manquent. Les carences alimentaires des acides gras essentiels peuvent entraîner une mortalité accrue, l'érosion des nageoires, la perte du contrôle nerveux (syndrome de choc) et une nage erratique contre la paroi du réservoir (Debnath et al., 2016).

#### **I.4.5 Hydrates de carbone alimentaires pour poisson ornemental**

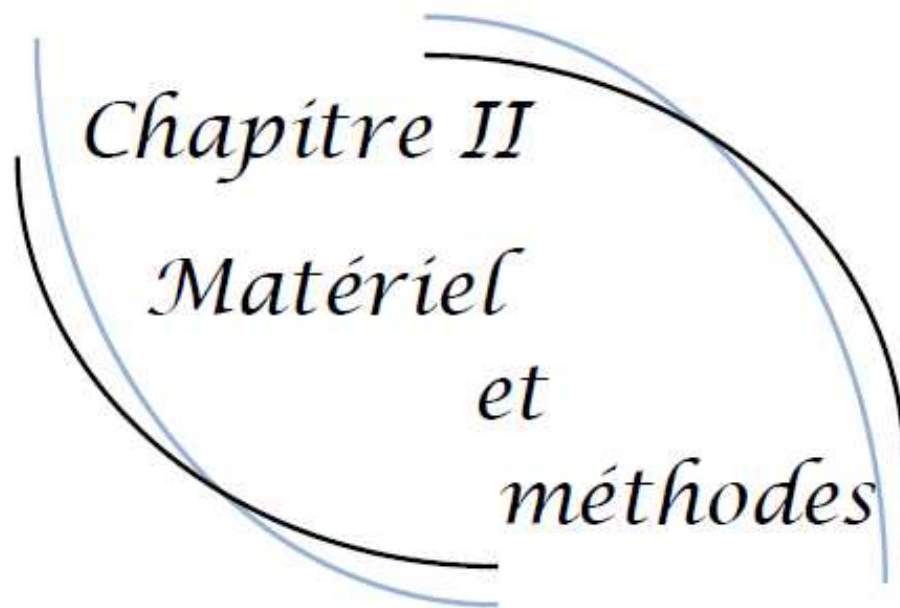
Le caractère essentiel des hydrates de carbone alimentaires n'est pas démontré chez les poissons, cependant, dans toutes les formulations d'aliments, les hydrates de carbone devraient être des sources d'énergie bon marché qui peuvent éviter que les protéines et les lipides soient catabolisés pour l'énergie. Les poissons herbivores peuvent mieux utiliser les glucides que les poissons carnivores ( Debnath et al., 2016).

#### **I.4.6 Vitamines et minéraux alimentaires pour poissons d'ornement**

Les vitamines sont des composés organiques requis en petites quantités, mais ils sont très essentiels pour être complétés dans des régimes formulés. Les vitamines sont de deux types: solubles dans l'eau (vitamine C, complexe B) et liposolubles (vitamine A, D, E, K). Puisque les données sur les besoins en vitamines des poissons d'ornement manquent, il faut se référer aux exigences établies pour de nombreux poissons d'alimentation. Puisque la lixiviation des vitamines, en particulier celles solubles dans l'eau, est courante, il faut compléter les formes

stables de vitamines dans l'alimentation. La déformation des opercules et des mâchoires, l'hémorragie des yeux et des nageoires, et la lordose chez les poissons oscar pourraient être évitées si l'alimentation était complétée avec de la vitamine C à 25 mg par kg de nourriture (Facalossi et al., 1998).

Les minéraux sont des éléments inorganiques dont les poissons ont besoin pour le métabolisme normal de l'oxygène. Les études sur les besoins en minéraux des poissons d'ornement sont compliquées par le fait que les poissons peuvent absorber certains minéraux de l'eau. De tous les minéraux, le phosphore est l'un des éléments les plus cruciaux essentiels pour la croissance, la minéralisation osseuse, le métabolisme des lipides et des glucides. Cependant, l'excès de phosphore alimentaire peut aggraver la situation en se lessivant dans l'eau et en causant des proliférations d'algues (Debnath et al., 2016).



*Chapitre II*  
*Matériel*  
*et*  
*méthodes*

# *Chapitre II Matériel et méthodes*

## **II.1 Site de l'expérience**

Les aliments ont été fabriqués au niveau du **CNRDPA** de Bou-Ismaïl (wilaya de Tipaza). Ce centre se situe à 50 Km à l'Ouest d'Alger, selon les coordonnées géographiques suivantes :

- Longitude : 2°41'36,40"E.
- Latitude : 36°38'59,43"N.



**Figure II-1** Image satellitaire du CNRDPA (Source : Google Earth 2018)

Le suivi de l'efficacité de l'aliment fabriqué a été effectué aux différentes fermes présentées au Tableau II-1.

**Tableau II-1 Lieux de suivi pour les différents aliments expérimentés**

Type d'aliment	Lieu de suivi
<b>Aliment avec pigment</b>	Ferme expérimentale de l'ENSSMAL
<b>Aliments sans pigment</b>	Ferme privée (Alger)
<b>Aliment témoin (Biomar)</b>	Ferme privée (Alger)

## II.2 Structures d'élevage

L'expérience a été effectuée sur deux espèces différentes de Cichlides américains, le green terror (*A.rivulatus*) et le scalaire (*P.scalaré*) avec un poids initial environ 1g.

Cette structure expérimentale comprend 8 aquariums (1 m de long x 0,5 m de large x 0,5 m de profondeur)

**Tableau II-2 Aquariums destinés au suivi de l'espèce Green Terror**

	Aquarium GT <sub>1</sub>	Aquarium GT <sub>2</sub>	Aquarium GT <sub>3</sub>	Aquarium GT <sub>4</sub>
<b>Aliment distribué</b>	<b>GTES</b>	<b>GTP</b>	<b>Aliment sans pigment</b>	<b>Aliment Commercial</b>

GTES : aliment à base de farine d'escargot ; GTP : aliment à base de farine de déchets de sardine

**Tableau II-3 Aquariums destinés au suivi de l'espèce Scalaire**

	Aquarium SC <sub>1</sub>	Aquarium SC <sub>2</sub>	Aquarium SC <sub>3</sub>	Aquarium SC <sub>4</sub>
<b>Aliment distribué</b>	<b>SCS</b>	<b>SCP</b>	<b>Aliment sans pigment</b>	<b>Aliment commercial</b>

SCS : aliment à base de la farine de saurel ; SCP : aliment à base de farine de déchets de sardine

Chaque aquarium est alimenté par une arrivée d'air, avec la disposition de filtre sous sable.

## II.2.1 Conditions expérimentales

Le suivi a été réalisé dans les différentes fermes dans des aquariums de 0.25 m<sup>3</sup> (250 litres), alimentées en eau de forrage. La durée de l'expérience était de 50 jours.

Pendant cette période, la température de l'eau, la concentration en oxygène dissous, la dureté ainsi que le pH ont été mesurés chaque 10 jours.

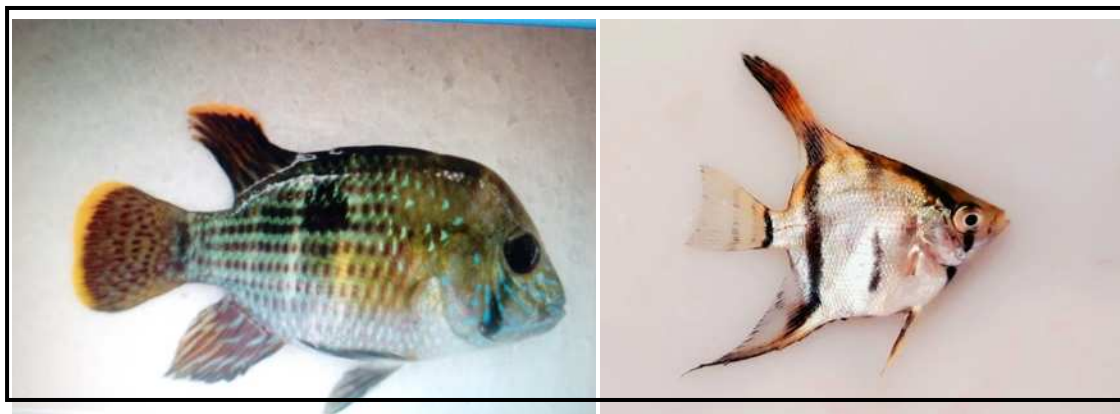


Figure II-2 Green terror et Scalaire après 50 jours de suivi

Les 36 individus de green terror sont répartis en quatre lots de 9 individus de taille homogène par aquarium, trois lots ont bénéficié la distribution de trois aliments de formule différente dont le première est à base de farine d'escargot et les deux autres aliments sont à base de farine des déchets de sardine sauf que l'un des deux est dépourvu de pigment, avec un pourcentage en protéines de 22.43% répartis en trois repas quotidiens par jour tandis que le quatrième lot a été nourri par un aliment commercial avec un taux de protéines de 30%.

Trois formules alimentaires, ont été utilisées pour le nourrissage de scalaire, quarante cinq individus sont répartis sur 3 aquariums. le premier lot a reçu l'aliment fabriqué à base de farine de saurel (*Trachurus trachurus*), le deuxième lot a été nourris par un aliment à base d'une farine de déchets de sardine, tandis que le troisième a été nourris par un aliment à base de saurel mais sans l'ajout de pigment. Les trois formules contiennent 39.32 % de protéines brutes et renferme un supplément vitaminique et minéral. Un quatrième lot témoin de 15 individus été alimenté par un aliment commercial dont le taux des protéines est de 40%.

Ces aliments granulés sont appelés GTP et GTES et GTT (aliment pour green terror 22.32 % de protéines) et SCP, SCS et SCT (aliment pour scalaire à 39.32 % de protéines).

Notre objectif est de fournir et fabriquer des aliments avec des bonnes performances sur la coloration et la croissance des poissons d'ornement, ainsi sur le plan économique. Notre étude est également une comparaison et valorisation des autres farines d'origine animale, à l'égard, la farine des escargots, la farine de saurel et la farine de déchets de sardine, sans oublier les farines d'origine végétale comme soja, algues et les épinards.

Les aliments ont été fournis à tous les lots a raison d'une ration journalière de 8% du poids vif des poissons scalaire de J<sub>1</sub> au J<sub>30</sub>, diminuée à 7% et 6% pour J<sub>30</sub> au J<sub>50e</sub> et J<sub>50</sub> au J<sub>60</sub> respectivement , et de 7% du poids vif des poissons scalaire de J<sub>1</sub> au J<sub>30</sub>, diminuée à 6% et 5% pour J<sub>30</sub> au J<sub>50e</sub> et J<sub>50</sub> au J<sub>60</sub> respectivement .

Pour chaque régime, une partie a été distribuée sous forme de poudre pour les premiers jours et l'autre partie a été agglomérée sous forme de granulé de 3 mm selon le diamètre de la bouche du poisson.

## II.3 Composition et fabrication d'aliments

### II.3.1 Sélection des matières premières

Tableau II-4 Avantages et inconvénients des matières premières sélectionnées

<b>Matière premières</b>	<b>Avantage</b>	<b>Inconvénient</b>
<b>Farine de déchets de sardine</b>	Contient 55 à 64 % de protéines Bon prix	Sa qualité est plus pauvre que celle de la farine de poisson entier. Très riche en cendres (22 à 24%)
<b>Farine de saurel</b>	Bon prix Pauvre en matière grasse	Très riche en cendres (20%)
<b>Farine d'escargot</b>	Riche en protéines (62.4%) Cout moins élevé que celui de la farine de poisson.	Disponible qu'en saison pluvieuse (cas de l'Algérie)
<b>Farine de crevette lyophilisée</b>	Riche en carotène (astaxanthine)	Très riche en humidité (70%) en état frais (2kg de crevette pour avoir 500

	Longue durée de conservation.	gramme de crevette lyophilisée)
<b>Tourteau de soja</b>	Riche en protéines (42 à 48%).	Présence de facteurs antinutritionnels de diverses natures
<b>Gluten</b>	Riche en protéines (60%) Très bonne flottabilité	Nécessite un bon moyen de stockage pour garder la Pérennité de leur qualité nutritive
<b>Son de blé</b>	Très riche en fibres alimentaires Relativement riche en matières azotées Disponible dans le marché avec un Prix raisonnable.	Moyennement riche en cellulose (10%)
<b>Mélange d'algue</b>	Riche en protéine algale issu de la conversion de l'ammoniac. Riche en carotène	Forte quantité provoque détérioration de la croissance musculaire chez les espèces carnivores.
<b>Huiles végétales</b>	Bonne source d'énergie d'origine lipidique Bon pouvoir liant	Pauvres en vitamines A et D Pauvres en AGLPI
<b>Huile de poisson</b>	Améliore <u>l'absorption de calcium</u> par l'organisme tout en diminuant la quantité de calcium perdue dans l'urine.	Très couteux La non disponibilité sur le marché local

- Une des formules utilisée pour la fabrication d'aliments à base de saurel expérimentées est présentée dans la Figure II-3.

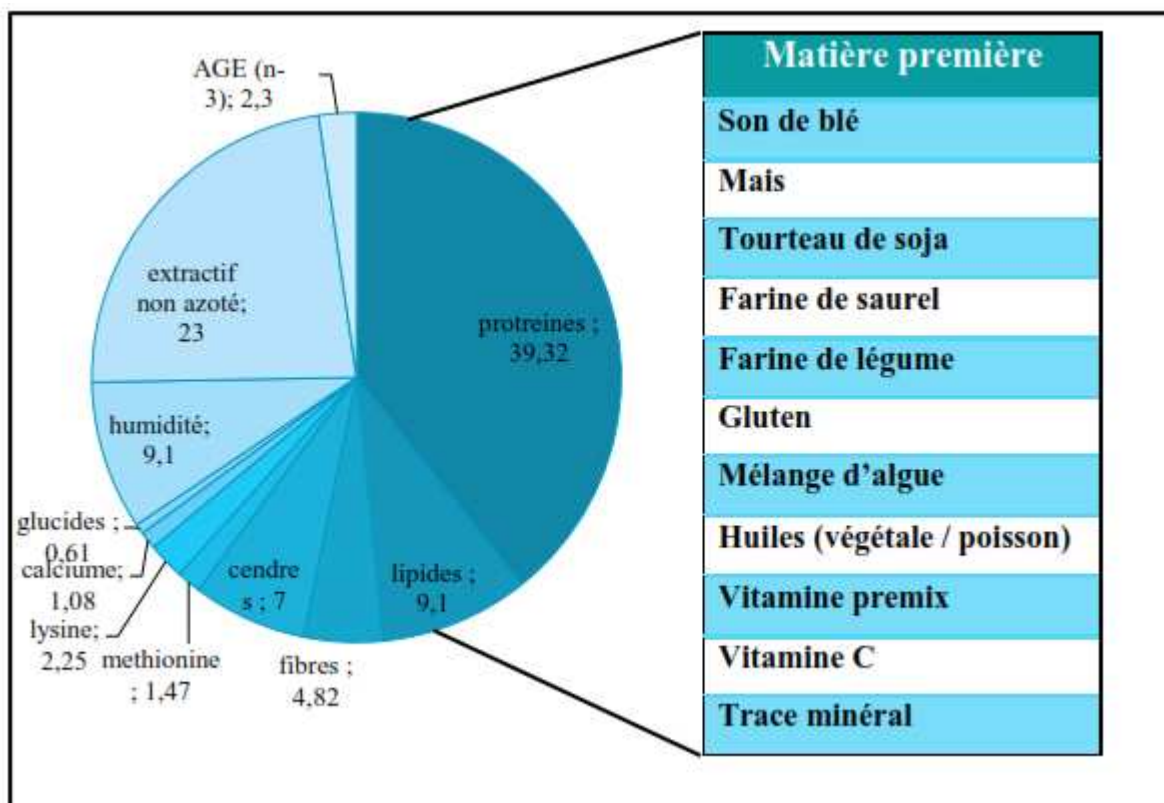


Figure II-3 Composition chimique de l'une des formules d'aliment

### II.3.2 Préparation des farines

La première série de la fabrication des farines a été effectuée au niveau de l'annexe de l'ENSSMAL de Sidi Fredj, les légumes (épinard, carotte, courgette) et la crevette rose non cuite) ont été lyophilisés au laboratoire de biochimie sur une durée de 3 jours.

La deuxième série a été effectuée au niveau du CNRDPA qui comprend la fabrication de la farine de poisson à base des déchets de sardine, à base de saurel et une farine à base d'escargot.

### II.3.2.1 Procédés de la fabrication des farines lyophilisées

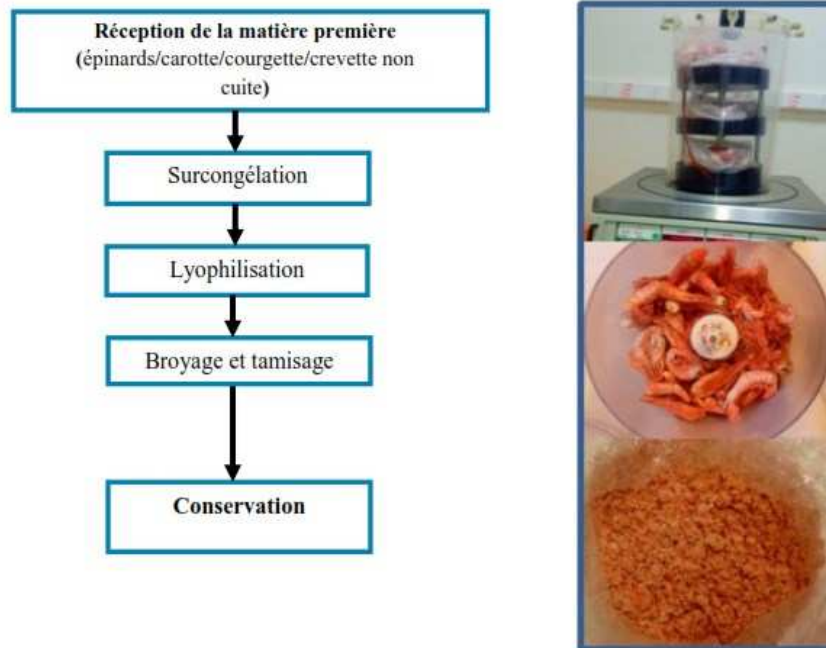


Figure II-4 Différentes étapes de la fabrication de la farine de crevette lyophilisée

### II.3.2.2 Procédés de la fabrication des farines non lyophilisées



Figure II-5 Différentes étapes de la fabrication des farines non lyophilisées

## II.3.3 Formulation et fabrication des quatre aliments

### II.3.3.1 Procédés de formulation des aliments

La formulation des 4 aliments expérimentaux a été effectuée sur la base des besoins alimentaires des poissons et de la composition chimique des matières premières. Les étapes que nous avons suivi pour formuler les rations alimentaires sont décrites dans le Tableau II-5.

**Tableau II-5 Résumé des étapes à suivre pour la formulation d'un aliment pour les poissons (KERVAREC, 2008)**

Etapes	Actions à mener
1	S'informer sur les besoins nutritionnels de l'espèce à nourrir. Et compte tenu des caractéristiques environnementales (apport éventuel d'aliments naturels stimulés), se fixer le ou les chiffres cibles pour le nutriment de référence et les autres nutriments essentiels.
2	Sélectionner les matières premières en tenant compte des caractéristiques nutritionnelles (composition chimique, digestibilité, présence de facteurs antinutritionnels etc ... ), de leur coût et de leur disponibilité. Les matières premières à utiliser en priorité, pour des raisons économiques et d'approvisionnement sont les produits et sous produits locaux.
3	Analyser la composition chimique des matières premières sélectionnées pour déterminer les valeurs cibles à fixer pour chaque nutriment.
4	Combiner les matières premières sélectionnées de manière à obtenir une formule contenant les valeurs visées pour les nutriments de références. La composition finale devra alors être équilibrée et fonction des besoins nutritionnels de l'espèce et de son stade physiologique.
5	Ajuster par des additifs ou des substitutions de matières premières analogues afin d'atteindre les valeurs optimales en divers nutriments (acides aminés essentiels, acides gras essentiels, vitamines, minéraux, énergie digestible).

### **II.3.3.2 Méthode de calcul de la formule :**

La formule est élaborée par la méthode linéaire à moindre coût, le principe de cette méthode est basé sur des opérations de règle de trois, en combinant entre les différentes matières premières à utiliser de telle façon à aboutir aux besoins du poisson et qu'elles soient à moindre coût. Cette méthode est facilement utilisable sur Excel.

Une formule alimentaire doit répondre à :

- L'efficacité du point de vue physiologique, d'une manière où l'indice de conversion soit le plus bas possible.
- L'efficacité du point de vue économique, d'une part, l'aliment ne sera pas cher et d'autre part, il sera de bonne qualité.

Afin de répondre à ces critères et pour que la formule soit équilibrée, il faudra prendre en compte les éléments suivants:

- le prix et la disponibilité des aliments simples sur le marché ;
- le prix du concentré à utiliser ;
- les besoins de l'animal (alevin, juvénile ou adulte) et de sa destination (chair ou ponte).

Pour la formulation et la composition des aliments composés on doit considérer un certain nombre de paramètres dont les principaux sont :

- Les besoins alimentaires des espèces d'élevage.
- La taille et l'âge du poisson.
- Les catégories de poisson : alevins, juvéniles ou adultes.
- Les valeurs nutritives la disponibilité et le coût des ingrédients utilisés.

### **II.3.4 Description du schéma de production**

Après la sélection des matières premières et l'élaboration de la formule à moindre coût de telle sorte à satisfaire les besoins du poisson, une série d'opérations a été effectuée pendant la

fabrication des aliments afin d'associer plusieurs matières premières dont les proportions sont fixées à l'avance lors de la formulation , pour un objectif nutritionnel précis .

Pendant le processus de production les matières premières passent par les étapes de procédé suivantes:

#### **II.3.4.1 Broyage**

le broyage qui consiste à réduire les matières premières en particules plus fines de manière à homogénéiser le mélange ultérieur et améliorer son utilisation par l'animal. (RAYMOND, 2000).



**Figure II-6 Broyage des matières premières**

Le broyage des matières végétales (**Maïs, soja, son de blé...**) et animales (déchets de sardine, escargot, saurel) est effectué au niveau du CNRDPA à l'aide d'un broyeur électrique , Dans cette phase on transforme les matières premières afin d'obtenir une farine (ingrédients sous forme de poudre) .

Les particules générées sont reprises à nouveau jusqu'à ce qu'elles peuvent passer par le tamis de l'appareil. Une dépression d'air aide les particules à traverser les trous de la grille. (Guillaume et *al.*, 1999).

### II.3.4.2 Pesée et Dosage

Pour cette étape une balance électronique de précision a été utilisé pour la pesée des différentes matières premières sèches et des verreries graduées avec précision afin d'avoir les quantités ou le volume indiqué dans la composition de l'aliment car tout excès ou insuffisance d'un ingrédient de cette formule engendrera des problèmes au niveau des autres étapes et influera sur le résultat final.

### II.3.4.3 Mélange (Homogénéisation)

L'homogénéisation est une opération essentielle à l'élaboration d'un aliment composé, consiste à associer les matières premières préalablement broyées et dosées en les répartissant uniformément dans la masse du mélange (**Guillaume *et al*, 1999**).

Après la pesée de tous les ingrédients, on mélange à la main en respectant les proportions inséré dans les formules de chaque aliment.



Figure II-7 Étapes du mélange de matières premières

### II.3.4.4 Ajout du pigment

A cette étape, différentes sources de pigment ont été utilisées : des matières brutes (légumes et crevettes lyophilisés), des dérivés industriels, mélangées avec les vitamines (D,E,C,A) et quelque goutte de huile de poisson afin de préparer une patte spéciale

(Figure II-8) facile à incorporer dans l'aliment. La première catégorie à l'avantage d'exister en grande quantité et surtout leur coût est attractif.



Figure II-8 Pate préparée à base de pigments naturels enrichis par des vitamines

#### II.3.4.5 Pressage (Agglomération) :

Le mélange sous forme de farine est forcé par un rouleau à travers un hachoir, Il ressort de la presse sous forme de spaghetti avec un diamètre déterminé (Figure II-9).



Figure II-9 Agglomération de l'aliment GTP

#### II.3.4.6 Séchage et refroidissement

Le séchage a permis de réduire le taux d'humidité, il a été réalisé au niveau d'un séchoir, l'aliment mis dans des tamis, a été séché à 45°C pendant 6 heures, afin d'atteindre un maximum de 9 à 10% d'humidité à la sortie (Figure II-10).



Figure II-10 Séchage de l'aliment GTP

### II.3.4.7 Essai

Après la phase du séchage l'aliment a été facilement coupé afin d'obtenir un aliment sous forme de granulé. L'expérimentation s'est déroulée dans la ferme de l'ENSSMAL à Dely Brahim pendant **50** jours.

## II.4 Méthode de caractérisation des aliments

La qualité d'un aliment est liée à certains critères selon sa destination et son utilisation. Un ensemble de tests a été effectué afin d'étudier la qualité de notre aliment :

### II.4.1 Taille des particules

Généralement, la taille d'un granule doit s'adapter à celle de la bouche de l'animal. Chez les deux espèces étudiées, cette taille est limitée entre 0.1 à 3.5 mm chez le scalaire et de 0.2 à 6mm chez le green terror selon le stade physiologique.

La technique la plus utilisée est l'évaluation par tamisage analytique de la taille des miettes destinées à des juvéniles, norme AFNOR NF X 11-501. (Guillaume *et al.*, 1999). Une technique simple a été réalisée dans notre travail: à l'aide d'une règle graduée nous avons mesuré la longueur du granulé. Le contrôle du diamètre a été effectué selon le diamètre des trous de la plaque filière qui ferme le hachoir. Sachant que la plaque a été percée selon la taille de la bouche du scalaire.

Le Tableau II-6 Type et taille des aliments pour le scalaire et le Green terror représente les directives à suivre en type et taille des aliments fabriqués.

**Tableau II-6 Type et taille des aliments pour le scalaire et le Green terror**

Taille de poisson (cm)	Type d'aliment	Taille des aliment (mm)
1 – 2.5	<b>Poudres</b>	0.2 – 1
2.5 – 6	<b>Miettes</b>	1 – 1.5
6 – 8	<b>Granulés</b>	1.5 – 2

#### **II.4.2 Masse volumique (densité)**

La masse volumique unitaire est la masse volumique d'un aggloméré pris individuellement. Elle se mesure par le volume d'un solide granulaire ou d'un liquide déplacé par une masse connue de produit et s'exprime en g/cm<sup>3</sup>. La masse volumique apparente (ou « en vrac ») est la masse volumique d'un ensemble d'individus, critère essentiellement pratique lors des opérations d'ensachage, de transport et de distribution du produit car il est relié au degré de remplissage des sacs, des trémies, des systèmes de dosage. Elle s'évalue par la pesée d'un volume connu d'aliment (1 litre), versé à l'aide d'un entonnoir placé sur le récipient. Elle s'exprime souvent en kg/m<sup>3</sup>, éventuellement en g/l (Guillaume *et al.*, 1999). Elle considère aussi un critère essentiel qui influe sur la flottabilité d'un aliment. En fonction de sa masse, on peut déterminer le critère de flottaison de cet aliment :

**Tableau II-7 Influence de la masse volumique sur la flottabilité (Guillaume *et al.*, 1999).**

Critère de flottabilité	Masse volumique kg/m <sup>3</sup>
Aliment flottant	350 – 400
Aliment coulant lentement	400 – 450
Aliment coulant	520 – 820



Figure II-11 Evaluation de la masse volumique

### II.4.3 Résistance à l'abrasion (durabilité)

La friabilité est évaluée par le taux de particules fines arrachées à l'aliment ayant subi une succession de chocs et de frottements dans un appareil à caissons tournants (norme ASAE S 269) ou dans un appareil à circulation pneumatique (méthode Holmen) (Guillaume *et al.*, 1999). Dans notre cas, une quantité d'aliment a été plongée dans un verre d'eau pendant 2 heures afin d'évaluer la durabilité de ce dernier.



Figure II-12 Résistance à l'abrasion

### II.4.4 Résistance à l'écrasement (la dureté)

La dureté est définie par la résistance maximale à la compression radiale d'un ensemble d'agglomérés (ou d'extrudés) de même diamètre, s'ils sont de forme ronde, et de longueurs connues. Elle s'exprime en MPa (méga pascals). La force d'écrasement se mesure à l'aide d'une machine de traction-compression (Guillaume *et al.*, 1999). Dans notre cas le test a été réalisé en frottant l'aliment entre les doigts ou bien en le mâchant avec les dents.

## II.4.5 Flottabilité

Pratiquement, l'opérateur qui fabrique l'aliment règle les paramètres d'extrusion en fonction de sa formule et du critère de flottaison souhaité par le client (aliment coulant, semi flottant ou flottant). Ce paramètre est vérifié à la sortie de l'extrudeur par un simple test dans lequel la densité de l'aliment est mesurée dans une colonne d'eau. Le Tableau II-8 présente la définition des trois critères de flottabilité adoptés par Gouessant :

Tableau II-8 Critères de flottabilité (Gouessant)

Type d'aliment	Le taux de flottabilité(%)
<b>Coulant</b>	Moins de 5% d'aliment flottant
<b>Semi flottant</b>	Entre 30 à 80% d'aliment flottant
<b>Flottant</b>	Plus de 80% d'aliment flottant

## II.4.6 Détérioration

La détérioration microbiologique est estimée en fonction du temps nécessaire pour la consommation de l'aliment. Ce paramètre est vérifié par la conservation de l'aliment dans un récipient stérilisé et bien fermé placé dans une température ambiante.

## II.4.7 Acceptabilité

L'acceptabilité est estimée en fonction du temps que met le poisson à ingérer l'aliment.

## II.5 Echantillonnage et méthodes d'analyses

### II.5.1 Suivi de la croissance

Tous les 5 jours, les poissons de chaque aquarium ont été pêché, et pesé individuellement ( $P \pm 0.01$  g) afin d'effectuer le suivi de la croissance. Ainsi que la taille a été mesuré pour la détermination de la relation taille-poids.

En fin de chaque échantillonnage, la biomasse totale a été déterminée pour le réajustement de la ration alimentaire.

## II.5.2 Variables et paramètres étudiés

Les termes utilisés sont empruntés aux diverses publications concernant les élevages (Castell et Tiews, 1980; Jauncey et Ross, 1982).

- Pourcentage de survie, PS (%)

$$PS = \frac{\text{Nombre final}}{\text{Nombre initial}} \times 100 \quad \text{Équation II-1}$$

- Coefficient de variation du poids, CV (%)

$$CV = \frac{\text{Ecart type}}{\text{moyenne}} \times 100 \quad \text{Équation II-2}$$

- Gain de poids, GP (g)

$$GP = \text{Poids moyen final} - \text{Poids moyen initial} \quad \text{Équation II-3}$$

- Croissance journalière, CJ (g.jour<sup>-1</sup>)

$$CJ = \frac{(\text{Poids moyen final} - \text{Poids moyen initial})}{\text{Nombre de jours de suivi}} \quad \text{Équation II-4}$$

- Taux de croissance relatif TCR (%)

$$TCR = \frac{(\text{Poids moyen final} - \text{Poids moyen initial})}{\text{Poids moyen initial}} \times 100 \quad \text{Équation II-5}$$

- Taux de croissance spécifique, TCS (%.jour<sup>-1</sup>)

$$TCS = \frac{[\ln(\text{Poids moyen final}) - \ln(\text{Poids moyen initial})]}{\text{Nombre de jours de suivi}} \times 100 \quad \text{Équation II-6}$$

- Indice de conversion, IC

$$IC = \frac{\text{Poids total d'aliment distribué}}{\text{Accroissement en biomasse de poissons}} \quad \text{Équation II-7}$$

- Protéine ingéré, PI (g)

$$PI = \text{Poids total d'aliment distribué} \times \text{Taux de protéines dans l'aliment} \quad \text{Équation II-8}$$

- Coefficient d'efficacité protéique, CEP

$$CEP = \frac{\text{Gain de poids}}{\text{Protéines ingérés}} \quad \text{Équation II-9}$$

### II.5.3 Suivi de la pigmentation

Afin d'évaluer l'intensité de la coloration des poissons résultante de l'ingestion des aliments fabriqués avec l'incorporation de pigments, les poissons ont été photographiés sur les 10<sup>ème</sup> et 50<sup>ème</sup> jours d'expérimentation. Afin d'éviter toute interférence entre les couleurs en raison de la variation diurne de l'incidence lumineuse indirecte du soleil, les photographies ont été réalisées dans une pièce fermée, uniquement avec un éclairage artificiel.

Les photographies ont été prises avec un appareil photo numérique (Nikon), avec une résolution de 2,0 mégapixels, positionné de manière inclinée, à un angle de 60°, à une distance de 50 cm du poisson, par rapport à la surface d'adaptation du poisson à photographier. Les photographies, provenant des trois aquariums pour chaque espèce, ont été organisées et numérotées. Les poissons ont été photographiés pour obtenir les indices en pourcentage des couleurs (jaune/gris /noir/argenté) pour l'espèce P.scalare et du vert, bleu, jaune, orange, violet, noir et gris pour l'espèce A.rivulatus.

Pour compter le pourcentage des couleurs contenus dans le poisson d'une façon automatique, on a développé un algorithme sous le Matlab. Cet algorithme comprend deux parties principales : le repérage du poisson dans l'image et la quantification de ses couleurs.

La première partie de l'algorithme passe par les étapes présentées au-dessous :

1. `f1 = imread('nom du fichier du poisson');` ==> charger l'image couleur dans `f1` sous la forme RGB
2. `f1Gray = rgb2gray(f1);` ==> conversion de l'image couleur `f1` à une image noir et blanc `f1Gray`

Pour pouvoir séparer le poisson de l'arrière-plan et entamer la procédure de repérage, on est obligé de convertir l'image en noir et blanc en premier lieu. En effet, les objets dans les images noir et blanc sont caractérisés d'avoir un contraste plus fort que l'arrière-plan. Et comme nos images ne contiennent qu'un seul objet (poisson), l'algorithme consiste alors à utiliser cette caractéristique pour différencier le poisson. Néanmoins les images noir et blanc, obtenues de la conversion directe des images couleurs, ne sont pas riche en contraste. Par conséquent une amélioration de contraste est nécessaire. Cette amélioration consiste à augmenter le taux du gris des pixels dont l'intensité est forte et l'inverse pour les pixels à intensité faible.

3. `f1GrayPlus = imadjust(f1Gray, [], [], 2);` 'threshodding'

A ce stade on peut facilement choisir un niveau de gris comme seuil pour différencier le poisson de l'arrière-plan. En effet tous les pixels qui ont une intensité supérieure au seuil (vers le blanc) sont considérés comme arrière-plan. A la fin de cette étape on génère une image où on marque l'arrière-plan par des zéros (noir) et le poisson par des uns (blanc).



**Figure II-13 Différentes étapes pour le repérage du poisson dans l'image sur Matlab**

C'est à partir de l'image binaire obtenue dans l'étape précédente et l'image originale du poisson que la quantification des couleurs est effectuée. Cette quantification consiste à affecter la couleur à l'un des ensembles prés définies à savoir rouge, jaune, vert, turquoise, bleu,

violet, gris, noir et blanc. (Figure II-14 Calcule manuel de distance entre la couleur et les ensembles définis).

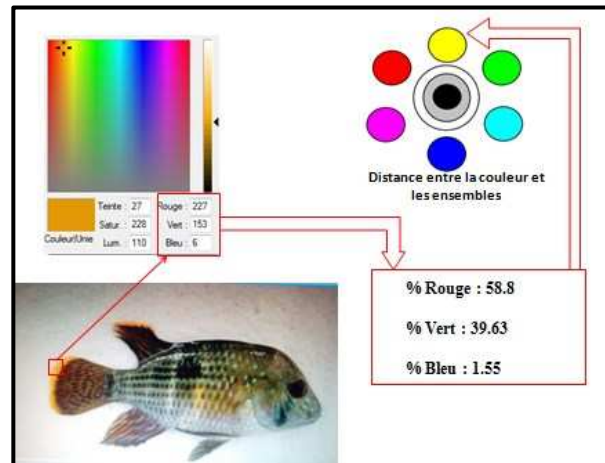


Figure II-14 Calcule manuel de distance entre la couleur et les ensembles définis

L'affectation se fait à la base de la distance entre la couleur et les ensembles définis. Cette distance est déduite comme suit :

Toute couleur sombre (luminosité inférieure à 20%) est considérée comme noire.

<p><b>Si le vert est supérieur à 38%</b></p>	<p>Et la différence entre le rouge et le bleu est inférieure à 13% =&gt; vert</p> <p>Le rouge est inférieure à 60% du bleu =&gt; turquoise</p> <p>Le bleu est inférieure à 60% du rouge =&gt; jaune</p>
<p><b>Si le rouge est supérieur à 38% alors</b></p>	<p>Et la différence entre le vert et le bleu est inférieure à 13% =&gt; rouge</p> <p>Le vert est inférieure à 60% du bleu =&gt; violet</p> <p>Le bleu est inférieure à 60% du vert =&gt;</p>

---

jaune

**Si le bleu est supérieur à 38% alors**

Et la différence entre le rouge et le vert est inférieure à 13% => bleu

Le vert est inférieure à 60% du rouge => violet

Le rouge est inférieure à 60% du vert => turquoise

Note : Si le pourcentage des couleurs principales est supérieur à 10 %, On calcule la moyenne des trois valeurs afin de déterminer la distance entre la couleur obtenue et le noir, le gris et le blanc.

## **II.5.4 Analyses biochimiques des farines et de la composition des aliments**

Les analyses de la composition relative globale des différentes farines utilisées et des aliments fabriqués, ont été effectuées, en dupliquant selon les méthodes suivantes :

### **II.5.4.1 Teneur en eau (Taux d'humidité %)**

Elle est dosée sur des échantillons de 1 g environ, placés dans une étuve à 103°C ,la détermination du taux d'humidité est effectuée selon les étapes suivantes en se basant sur la méthode de (AOAC; 1980).

#### ***Matériel utilisé***

- Balance de précision à  $10^{-4}$
- Etuve
- Dessiccateur
- Capsules en porcelaine

On pèse de nouveau la capsule avec l'échantillon ( $P_2$ ) ; et on répète l'opération jusqu'à obtention d'un poids constant.

## Calcul

$$\text{Taux d'humidité(\%)} = \frac{P_1 - P_n}{P_1 - P_0} \times 100$$

Équation II-10



Figure II-15 étapes de la détermination du taux d'humidité

### II.5.4.2 Cendre

Cette analyse est réalisée au niveau de laboratoire de chimie de l'ENSSMAL sur les 3 farines (crevette lyophilisée, déchets de sardine et saurel) et les 4 aliments (SCS ,SCP,GTP,GTES).

Les cendres ont été déterminés sur la matière sèche c'est à dire sur 5g d'échantillon étuvé à 105°C jusqu'à stabilisation du poids de la matière sèche. Après l'obtention de la matière sèche, les creusets et leur contenu sont portés dans un four à moufle à 550°C pendant 2 heures. Ces creusets sont ensuite pesés après avoir été refroidis dans un dessiccateur.

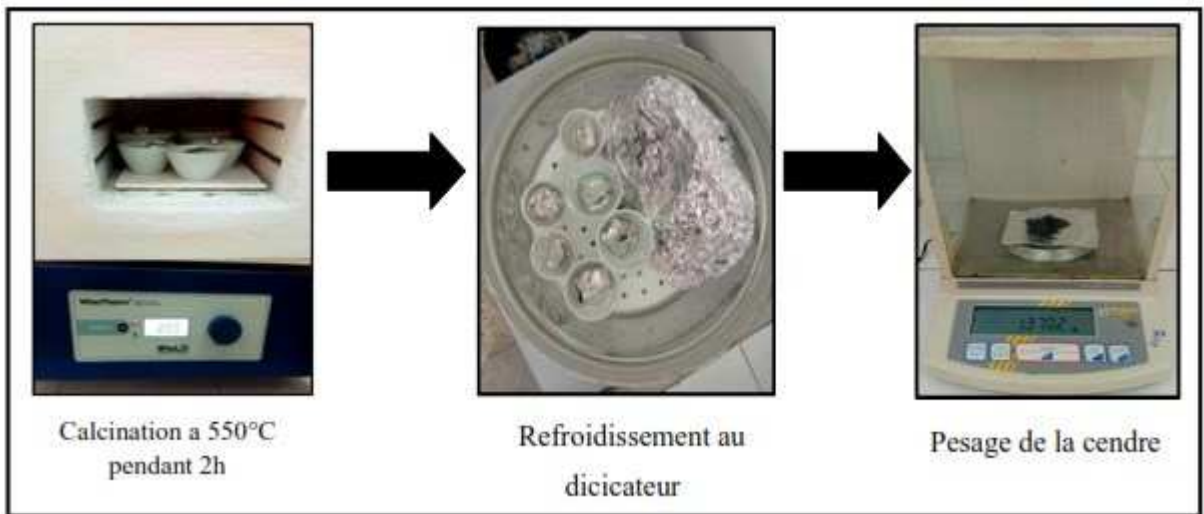


Figure II-16 Etapes de la determination du taux de la cendre

### Calculs

On calcule le poids du résidu en déduisant la tare et on exprime le résultat en % de l'échantillon.

$$CT(\%) = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_0} \times 100 \quad \text{Équation II-11}$$

Où :

- $P_0$  = poids du creuset vide
- $P_1$  = poids du creuset + échantillon séché à l'étuve 105°C
- $P_2$  = poids du creuset + résidu calciné

### II.5.4.3 Dosage de l'azote

Cette étape a été réalisée au niveau de laboratoire biochimie de l'ENSSMAL. Plusieurs méthodes existent pour doser les protéines au sein d'un échantillon mais la méthode utilisée au laboratoire sera celle de Kjeldahl, c'est la méthode de référence par excellence pour doser l'azote des produits agroalimentaires, elle consiste à effectuer une minéralisation complète des molécules organiques, transformant l'azote présent en ammoniacque qui peut être dosé par différentes techniques. La détermination des protéines par la méthode Kjeldahl s'effectue en trois étapes:

### ***Matériel utilisé***

- Balance analytique /
- Spatule
- Matras de kjeldahl / Appareil de minéralisation
- Pierre ponce /Entonnoir/ Papier filtre
- Erlenmeyers colorés en brun a bouchon
- Cylindres gradués de 100 ml
- Etuve à thermostat réglable
- Appareil de distillation
- Burette pH mètre
- Agitateur magnétique
- **Réactifs** : Sulfate de potassium /sélénium /peroxyde d'hydrogène /acide sulfurique /soude /acide borique /solution de Tashiro /acide chlorhydrique /eau distillée
- Étape 1: Digestion ou minéralisation de l'échantillon
- Étape2: Distillation de l'ammoniac
- Étape3: Titrage de l'ammoniac

### ***Calcul du % de protéines dans l'échantillon***

Le % de protéines dans l'échantillon est obtenu en multipliant le % d'azote par un facteur F dépendant du type d'aliment analysé (le facteur général est de 6.25 pour protéines animales).

$$\% \text{protéines} = \%N \times F = \frac{(VE - VB) \times CN \times 14,01 \times F}{M(\text{échantillon})} \quad \text{Équation II-12}$$

#### **II.5.4.4 Dosage des lipides par la méthode de Soxhlet**

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 la matière grasse à la fin de l'extraction.

$$\%lipides = \frac{M(lipides) \times 100}{M(\text{échantillon})}$$

Équation II-13

### ***Principe de la méthode***

Les quartes 4 farines (farine de déches de Sardine, de Saurel, d'escargot et de crevette lyophilisée) ainsi que les six 6 aliments sont pesés et placés dans des capsules de cellulose. Les échantillons sont extraits en continu par de l'éther éthylique à ébullition (P.E. 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. 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 sur un évaporateur rotatif, et la matière grasse est pesée.

### **Matériel utilisé :**

- Balance de précision.
- Appareil de Soxhlet.
- Réfrigèrent.
- Ballons.
- Matras.
- Cartouches.
- Rota-vapeur.
- Etuve.
- Dessiccateur.

### **Réactifs**

- Ether-éthylique.

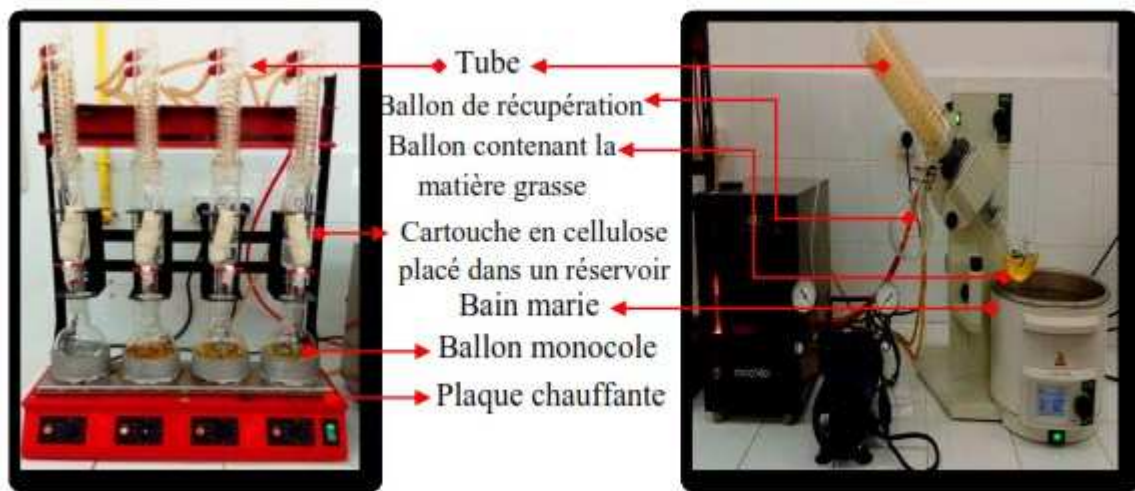


Figure II-17 Dosage des lipides par Soxhlet ( à gauche un rota-vapeur)

## II.5.5 Contrôle et analyses microbiologiques des aliments

Après le contrôle des caractéristiques physiques, morphologiques et biochimique des aliments, un contrôle microbiologique est effectué afin de déterminer la comestibilité en d'autres termes la quantité de germes acceptables pour l'alimentation des poissons.

La qualité microbiologique de l'aliment fabriqué dépend en grande partie de la qualité microbiologique de la matière première, de l'hygiène de la fabrication et de la conservation.

### II.5.5.1 Contamination consécutive à la fabrication

Elle est fonction de l'hygiène de la fabrication. Le personnel, le matériel, les méthodes et l'environnement peuvent constituer des sources de contamination par manque d'hygiène (Figure II-18).

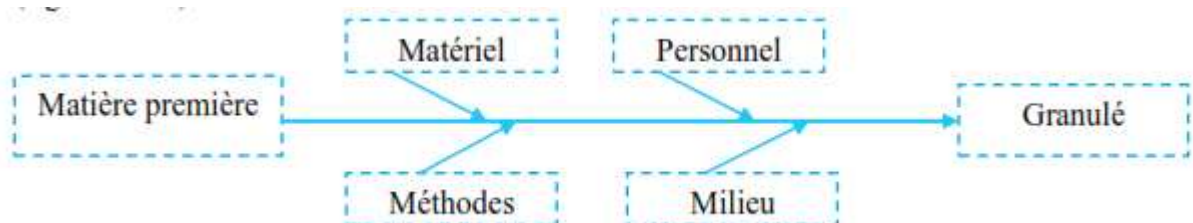


Figure II-18 Diagramme de cause à effet

Le critère microbiologique définit l'acceptabilité d'un produit, d'un lot de denrées alimentaires ou d'un procédé, sur la base de l'absence, de la présence ou du nombre de micro-

organismes, et/ou de la quantité de leurs toxines/métabolites, par unité(s) de masse, volume, surface ou lot (UE, 2005). Il s'avère donc nécessaire d'évaluer la qualité microbiologique de l'aliment mis sur le marché pour éviter toutes sortes de contaminations qui guide à des maladies infectieuses. Selon nos capacités et la disponibilité du matériel au laboratoire, les germes contrôlés sont les suivants :

- Les coliformes totaux
- Les coliformes fécaux
- La flore totale
- Staphylococcus aureus

La recherche des germes s'est effectuée au laboratoire de microbiologie de l'ENSSMAL, Ce travail s'est déroulé en 5 jours où on a effectué : la préparation des milieux de culture, les solutions mères des 4 aliments testés et les dilutions décimales ensuite le dénombrement après incubation.

### **II.5.5.2 Matériel**

#### *Echantillons*

L'enquête a porté sur les aliments fabriquées . Ces aliments sont au nombre de 4 quatre (GTES/GTP/SCP/SCS).

#### *Matériel de laboratoire*

Il est constitué d'équipements de laboratoire de microbiologie (balance à précision, flacons, verrerie, agitateur, dessiccateur, hotte, bain Marie, incubateurs à 37°C et 44°C, autoclave) et de consommables (boîtes de Pétri à usage unique, milieux de culture (Gélose de Mueller Hinton ,Gélose de Chapman et Gélose de Mac Conkey ).

### **II.5.5.3 Méthodes**

#### *Méthodes d'échantillonnage*

Au total, 4 aliments du poisson (GTES/GTP/SCP/SCS) ont été transformés de la forme granulé en poudre. et environ 25 grammes ont été pesés pour la préparation des solutions

mère. Les échantillons ont été conditionnée dans des boites de Pétri stériles, puis mis dans un dessiccateur.

### ***Méthodes d'analyse microbiologique***

L'analyse microbiologique est basée sur les techniques d'isolement, d'identification (aspect qualitatif) et de dénombrement (aspect quantitatif).

#### **A- préparation des milieux de culture**



**Figure II-19 milieux de culture utilisés**

#### **B- Préparation de la solution mère**

25 grammes d'échantillon ont été prélevés puis introduits dans un flacon stérilisé. On y ajoute une solution de l'eau peptone préalablement stérilisée jusqu'à obtenir une masse totale de 250 grammes. Ce mélange est homogénéisé pendant 30 secondes. La solution obtenue appelée solution mère est laissée au repos pendant 30 minutes pour assurer la revivification de germes stressés par l'homogénéisation. La dilution de cette solution est de  $10^{-1}$ .

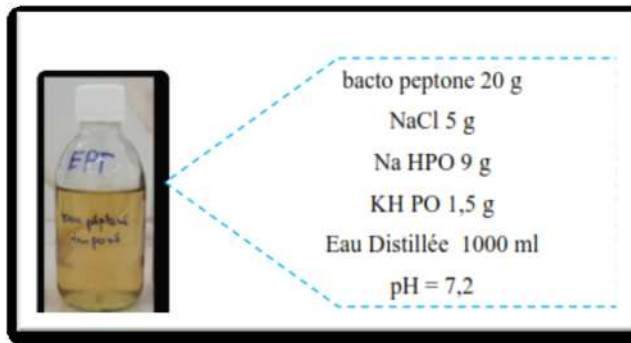


Figure II-20 Eau peptonée tamponnée préparée au laboratoire

### C- Dilutions décimales

Un millilitre de la solution mère est prélevé et introduit dans un tube à essai contenant 9 ml de TS. On obtient une solution de dilution  $10^{-2}$ .

Un millilitre de la solution  $10^{-2}$  est de nouveau prélevé puis introduit dans un autre tube contenant toujours 9 ml de TS. La dilution de la solution ainsi obtenue est  $10^{-3}$ . Cette opération se poursuit pour enfin atteindre des dilutions de  $10^{-4}$  surtout pour la flore mésophile aérobie totale.

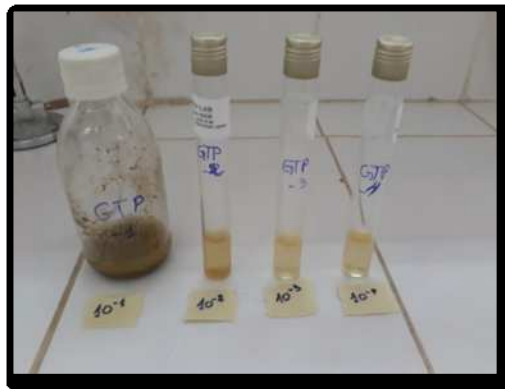


Figure II-21 Solution mère et les dilutions décimales de l'aliment GTP

### D- Dénombrement et mode de calcul

Après la période d'incubation mentionnée dans la norme spécifique à chaque germe, on procède au comptage des colonies caractéristiques pour chaque boîte contenant moins de 300 colonies et 15 colonies au minimum ou tout autre nombre indiqué dans la norme.

Le nombre N de germes présents dans l'échantillon analysé et considéré comme une moyenne pondérale de dilutions successives est donné par la formule suivante :

$$N = \frac{C1 + C2}{V(n1 + 0.1n2)d} \quad \text{Équation II-14}$$

- **C1+C2**= somme des colonies caractéristiques sur les deux boîtes retenues
- **V**= volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte
- **d** = taux de dilution correspondant à la première dilution retenue
- **n1** = nombre de boîtes retenues à la première dilution
- **n2** = nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution

#### E- Recherche et dénombrement de FMAT (norme ISO 4833 : février 2003)

On prélève 1 ml de chaque dilution ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  et  $10^{-4}$ ) qu'on introduit aseptiquement dans les boîtes de Pétri à usage unique. On y ajoute 15 ml de milieu Mueller Hinton fondu et refroidi au bain marie à 45°C. Le mélange est homogénéisé par des mouvements circulaires des boîtes. Après solidification, 5 ml de Mueller Hinton est ajouté. Cette deuxième couche permet d'éviter l'envahissement de la boîte par les germes pouvant rendre difficile la lecture. Les boîtes sont ensuite incubées à 30°C. Le comptage se fait après 48 heures d'incubation. Les colonies caractéristiques apparaissent blanchâtres.

#### F-Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (NF V 08 – 060 Mars 1996)

Les **coliformes fécaux**, donc d'origine intestinale, sont des coliformes qui fermentent le lactose avec production de gaz à 44°C (Tests de MAC CONKEY, 1901 ou d'EIJKMAN, 1904). On les assimile souvent aux **coliformes thermo tolérants**. En effet, 1ml des dilutions  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  est introduit dans les boîtes de Pétri à usage unique. On y coule une couche de milieu de culture. Après incubation de 24h, les colonies de coliformes fécaux apparaissent rouges foncées.

**G-** Recherche et dénombrement des staphylocoques présumés pathogènes (norme NF V 057-1- janvier 2004)

0,1 ml de la solution mère et 0,1ml de la dilution  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  et  $10^{-4}$  sontensemencés en surface dans des boîtes de Pétri dans lesquelles on a coulé au préalable le milieu BP (Baird Parker). Les boîtes sont incubées à 37°C. Après 24 heures, les boîtes sont lues. Les colonies caractéristiques sont marquées sur le dos de la boîte et on les incube à nouveau pendant 24 heures à la même température.

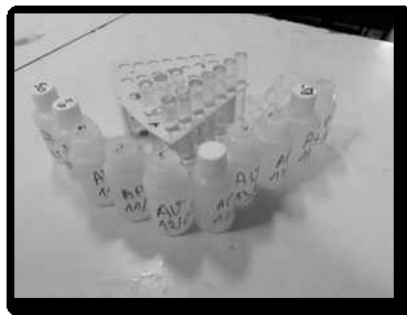
## **II.5.6 Controle et analyse de la qualité de l'eau**

### **II.5.6.1 Suivi des paramètres physico-chimiques du milieu d'élevage**

Au cours des différentes expériences, la température et le pH de l'eau ont été mesurés *in situ* tous les trois jours entre 9h et 18 h. Pour ce faire, un pH mètre et un thermomètre de model Hanna ont été plongés dans l'eau des aquariums puis les appareils ont été mis sous tension afin de relever les valeurs de la température et du pH respectivement.

### **II.5.6.2 Effet de l'aliment sur la qualité de l'eau d'aquarium**

Afin de contrôler l'effet de l'aliment sur la qualité de l'eau d'aquarium un suivi a été effectué sur cinq jours pendant le mois de juin et juillet. Pour la détermination des ions nitrate, nitrite, ammonium, les échantillons prélevés avant et après nourrissage ont été congelés jusqu'à la fin d'échantillonnage puis ont été décongelés et analysés dans le skalar (analyseur robotisé pour la détermination des paramètres typiques pour la qualité de l'eau).



**Figure II-22 Préparation des échantillons pour l'analyse**

Le traitement des échantillons pour la détermination des nitrates, nitrites et ammonium est totalement contrôlé par un logiciel d'exploitation.

Cette partie d'analyse s'est déroulée comme suit:

*Préparation des réactifs au sein du laboratoire de chimie de l'ENSSMAL*

- Réactifs pour l'analyse de phosphate (solution de molybdate d'ammonium , solution d'acide ascorbique).
- Réactifs pour l'analyse des nitrates et nitrites (solution de buffer, réactif de couleur).
- Réactifs pour l'analyse de l'ammonium (solution de buffer , solution de phénol , solution de sodium hypochlorite, solution de sodium nitroprusside).

*Analyse des échantillons*

Cette partie a été effectuée au niveau de l'annexe de l'école qui se situe à Sidi Fredj , les analyses sont faites à l'aide d'un analyseur robotisé le skalar (Figure II-23 ) . Cet appareil peut alors, grâce à un système à deux aiguilles, acidifier et purger les échantillons suivant les échantillons en cours de mesure, ce qui permet de gagner un temps précieux d'analyse.



Figure II-23 Analyseur robotisé (skalar)

*Lecture des résultats*

Les résultats sont affichées dans la table d'échantillon sous forme de tableau.les paramètres recherchés sont alors calculés à partir de ces résultats. Toutes les informations et tous les résultats peuvent être directement exportées ou imprimées.

## **II.6 Etude économique de la fabrication d'aliments et sa rentabilité sur l'élevage des Cichlides américains**

L'étude économique consiste à déterminer dans un premier temps le coût de production de 250g d'aliments. L'estimation de ces coûts est le résultat des coûts de la matière première et le coût de granulation. Ainsi, cette étude tient compte de plusieurs paramètres biotechniques comme le taux de conversion, la quantité d'aliment distribué et la taille final de poisson, afin de déduire le coût de revient par 100 individus après deux mois d'élevage.



*Chapitre III*

*Résultats*

*et*

*discussions*

# ***Chapitre III Résultats et discussion***

## **III.1 Caractérisation des aliments**

### **III.1.1 Taille des particules**

La taille des granulés fabriqués s'adapte à celle de la bouche des deux espèces étudiées du *P.scalare*. Cette taille est limitée entre 0.1 à 3.5 mm chez le scalaire et de 0.2 à 6mm chez le green terror selon le stade physiologique



**Figure III-1 type et la taille des granulés en fonction de la taille de la bouche des deux espèces ( 1: aliment pour scalaire ; 2: aliment pour green terror)**

### **III.1.2 Masse volumique**

Les résultats du test effectué sur les deux types d'aliments sont représentés sur le Tableau III-1:

Tableau III-1 La masse volumique en g/l des aliments fabriqués

Type d'aliment	Masse volumique (g/l)
GTS/GTP	426.32
SCS/SCP	398.1

D'après les résultats obtenus et selon les critères de flottabilité déterminés par Guillaume *et al.*, 1999 , on déduit que l'aliment du scalaire (*P.scalare*) appartient à la catégorie des aliments flottants tandis que l'aliment du green terror (*A.rivulatus*) fait partie des aliments coulant lentement .

Pendant l'expérience on a remarqué que le scalaire aime manger en surface par contre le green terror se nourrit ente les deux couches d'eau et même en profondeur.

### III.1.3 Résistance à l'abrasion (durabilité)

Après deux heures de temps. L'aliment coulé dans un verre d'eau est resté dans le même état que celui du début de l'expérience avec un peu de gonflement. Ce qui permet à notre aliment de résister dans l'eau et donc n'influe pas négativement sur la qualité de l'eau.

### III.1.4 Résistance à l'écrasement (dureté)

L'aliment que nous avons fabriqué est caractérisé par une structure gélatineuse, il ressemble beaucoup au chewing-gum. Par conséquence il ne peut pas être facilement écrasé et donc il garde sa forme le maximum possible.

### III.1.5 Flottabilité

La Figure III-2 montre que la totalité des grains de cet aliment reste flottante.

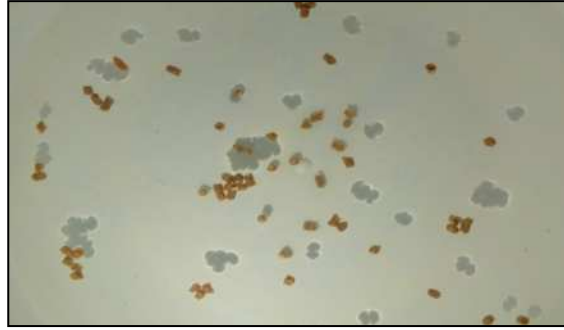


Figure III-2 Flottabilité de l'aliment

### III.1.6 Détérioration

Pour les granulés soumis à l'air libre, on a observé l'apparition de quelques tâches blanches après une durée de 40 jours, ce qui signifie le développement de moisissures, et après 55 jours l'aliment n'est plus consommable. Par contre pour l'autre échantillon conservé dans des sacs en carton, rien n'est apparu même après 55 jours de conservation, on déduit que les moisissures ont été développées à cause de la présence de l'humidité dans le milieu.

### III.1.7 Acceptabilité

La Figure III-3 montre qu'au moment de sa distribution, l'aliment est ingéré en quelques minutes.



Figure III-3 Ingestion de l'aliment par les poissons

## III.2 Qualité physico-chimique de l'eau des aquariums

Lorsqu'on veut développer un élevage, il est important de choisir et de maintenir ces facteurs dans des valeurs optimales pour l'espèce, afin de produire un poisson de bonne qualité au meilleur coût. A cet effet, des paramètres physico-chimiques tels que la température, oxygène dissous, le pH et la dureté de l'eau ont été mesurés au moyen d'un multi

paramètre. Les résultats de ces paramètres dans les différents aquariums sont représentés comme suit :

### III.2.1 Variation de la température et du pH de l'eau

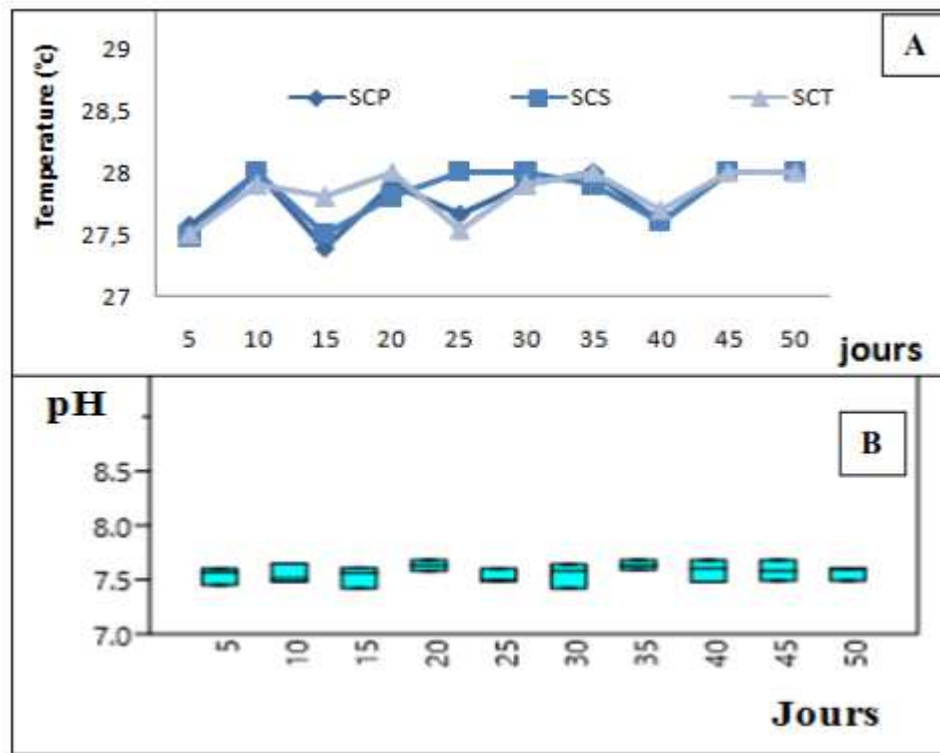
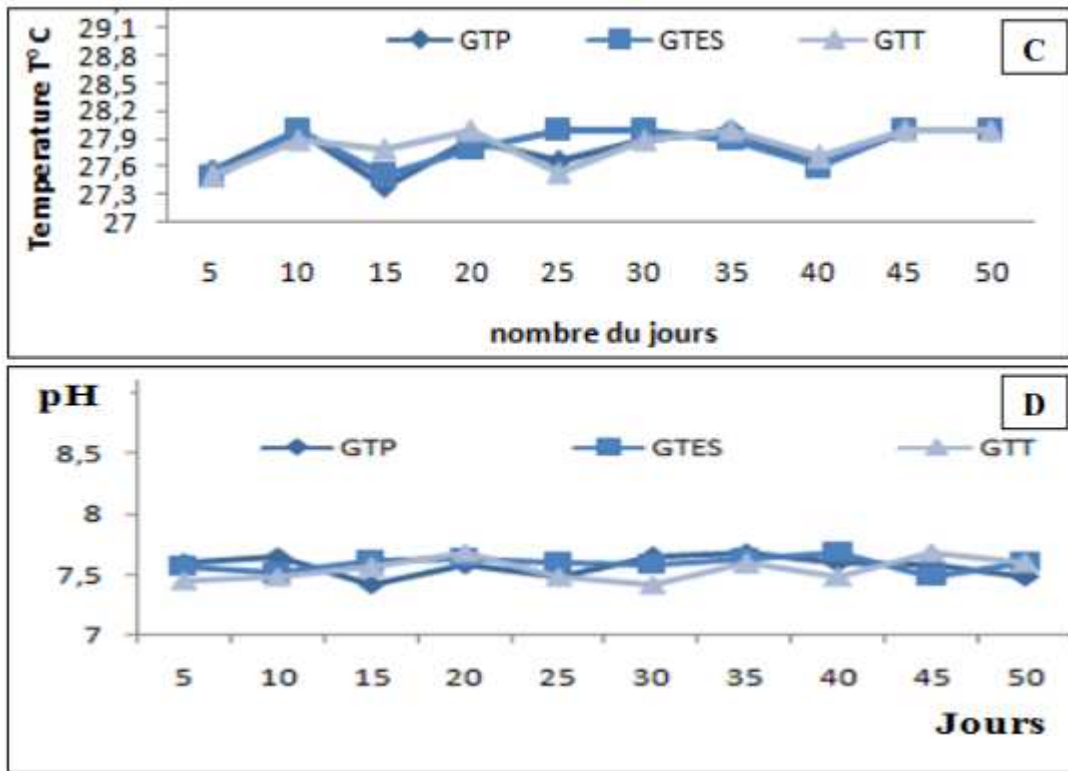


Figure III-4 Variation de la température et de Ph des aquariums de poissons anges pendant la durée de l'expérience (A : variation de la température de l'eau, B : variation de pH)

Les valeurs de température enregistrées dans cette étude conviennent pour cultiver des anges selon Martty & Couto (1976). Elles oscillent entre 27,3 et 28 °C avec une moyenne de  $27,80 \pm 0,02$  pour les 3 types d'aliments. Aries (1972) recommande une variation de température entre 28 et 30 °C telle que trouvée dans cette expérience. Swingle (1961) a recommandé une variation du pH entre 6,5 et 9, bien que Axelrod (1976) a rapporté que les anges préfèrent un pH inférieur à 7 dans les effluents du fleuve Amazone. Durant notre expérience les valeurs de pH sont comprises entre 7,45 et 7,68. Les représentations en box plot (boîtes à moustaches) des variations de pH dans les trois aquariums le long de notre période d'étude, indiquent que le pH ne varie pas significativement dans les 3 aquariums de Scalaire.



**Figure III-5** Variation de la température et de Ph des aquariums d'*A.rivulatus* pendant la durée de l'expérience. (C : variation de la température de l'eau ; D : variation de pH)

La température a été relativement optimale dans tous les aquariums et a varié globalement entre 27.4 °C et 28 °C tout au long de l'expérience ce qui donne un rapport optimal pour l'adaptation d'*A.rivulatus* car selon Masser et al., 1999, à des températures optimales, la croissance des poissons est rapide, ils transforment efficacement les aliments et sont relativement plus résistants à diverses maladies. L'efficacité du bio filtre est également influencée par la température mais généralement ce n'est pas un problème.

Les résultats présentés en dessus sont comparables à ceux obtenus par Alberto andrés en 2017 où il a cité que le comportement de la température de l'eau se situait entre 28,3 - 31,3 °C pour la culture de la même espèce.

Les valeurs de pH ont varié en général entre 7.4 et 7.6 comparables à celles obtenus par Alberto. Pendant la durée de suivi il n'y avait donc pas de plus grande variation dans les valeurs cela indique que les régimes appliqués aux deux aquariums ne produisaient pas suffisamment de déchets organiques pouvant acidifier ou alcaliniser le milieu.

### III.2.2 Variation du l'oxygène dissous

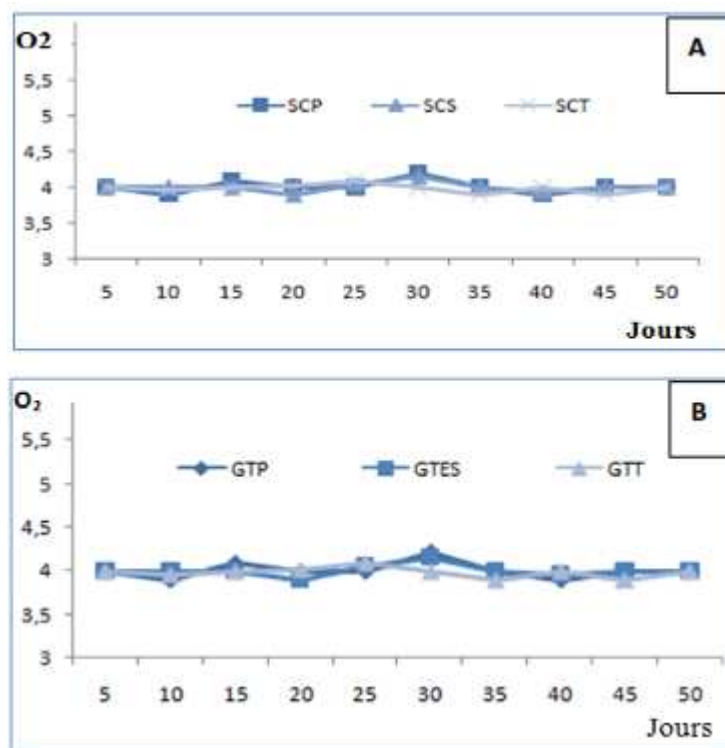


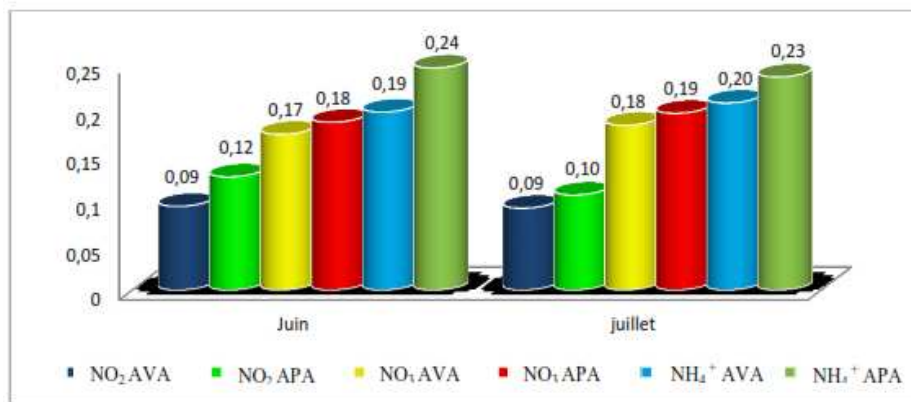
Figure III-6 Variation de l'Oxygène dissous pour les poissons des deux espèces testées Scalaire et Green terror (A: scalaire ; B: green terror)

Ce graphique présente les variations de l'Oxygène dissous durant notre expérience dans les 6 aquariums de test. Les valeurs trouvées sont supérieures à 3 mg/l, qui est la limite inférieure optimale pour la vie aquacole, donc les concentrations en oxygène dissous dans les 6 aquariums sont propices pour l'élevage des deux espèces de poissons. Les courbes obtenues sont presque confondues ce qui confirme qu'il n'existe pas une différence significative dans les 6 aquariums et donc les poissons sont soumis aux mêmes conditions d'élevage.

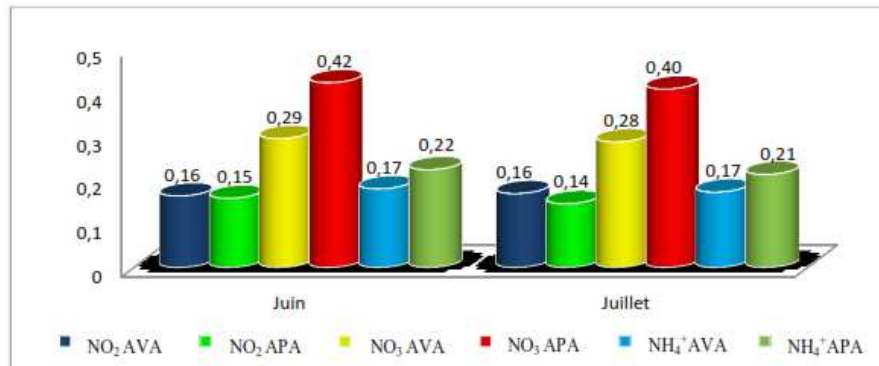
### III.2.3 Effet de l'aliment sur la qualité de l'eau

Les concentrations en nitrites, nitrates et l'ammoniaque sont représentées sur la Figure III-7 et la Figure III-8 pour *P. scalaire* et *A.rivulatus* respectivement. L'ammoniac, le nitrite et le nitrate ont été déterminés avant le nourrissage de poisson ange (*P.scalare*) respectivement à 0,19 mg / L, 0,09 mg / L et 0,18 mg / L ; les valeurs de ces trois paramètres n'ont pas très changés après le nourrissage de poisson. La teneur en ammoniac est de 0,24 mg / L , tandis que celle de nitrite 0,12 mg / L , par contre le nitrate atteint une valeur de 0,19 mg

/ L. pour le mois de juillet les valeurs de ces paramètres étaient comparables à celles obtenus en mois de juin ; le taux d'ammoniaque, le nitrite et le nitrate avant et après le nourrissage varie respectivement  $\text{NH}_4$  ( 0,20 - 0,23 ) mg / L ,  $\text{NO}_2$  ( 0,09 – 0,1 ) mg / L et  $\text{NO}_3$  ( 0,18 – 0,19 ) mg / L . Tandis que pour Green terror (*A.rivulatus*), la teneur en nitrites a varié respectivement entre 0,09 mg / L et 0,12 mg / L avant et après nourrissage, alors que celle de l'ammoniaque a varié entre 0,004 mg / L et 0,330 mg / L et celle du nitrate a été enregistrée avant et après nourrissage à 0,29 mg / L et 0,42mg / L . Pour le mois de juillet les valeurs de ces paramètres étaient comparables à celles obtenues en mois de juin (voir Figure III-8).



**Figure III-7 Valeurs moyennes des caractéristiques de la qualité de l'eau avant et après nourrissage du poisson *P.scalare*( AVA : avant alimentation ; AVP : après alimentation )**



**Figure III-8 Valeurs moyennes des caractéristiques de la qualité de l'eau avant et après nourrissage du poisson *A.rivulatus* ( AVA : avant alimentation ; AVP : après alimentation )**

La détérioration de la qualité de l'eau est liée à la quantité d'aliment non ingéré par le poisson ainsi qu'à l'excrétion de déchets et d'urine qui enrichissent le milieu d'élevage en sels nutritifs, nitrates, nitrites et ammoniac. Pour les 3 paramètres dosés, on a observé une nette variation de leurs concentrations par rapport à la distribution de l'aliment. Les concentrations les plus élevées des 3 éléments ont été marquées après la distribution des aliments. Cela indique que les poissons ont ingéré les différents aliments, par conséquent, une bonne digestibilité confirmée par la production des déchets organiques.

La comparaison de nos résultats avec les normes recommandées pour les sels nutritifs indispensables pour les deux espèces étudiées, indiquent que ces concentrations sont optimales pour l'élevage de ces deux espèces.

Les résultats de Shivendra Kumar en 2005 et Malcolm et al. en 2000 obtenus pour les 3 éléments nutritifs, confirment que les conditions de l'élevage et la qualité des eaux de nos aquariums sont favorables pour la croissance des deux espèces, et que nos aliments n'ont pas influencé négativement sur la qualité ou la dégradation de l'eau, et par conséquent nos aliments sont de bonne qualité vis-à-vis la qualité de l'eau. (Tableau III-2)





**Tableau III-2 Valeurs des paramètres de qualité (Ammonium, nitrite et nitrate) en mg/l obtenus par Shivendra Kumar (2005) et (Malcolm et al., 2000)**

	<b>Ammonium</b>	<b>Nitrite</b>	<b>Nitrate</b>	<b>Référence</b>
<i>P.scalare</i>	0,17 – 0,32	0,1 – 0,3	2 - 5	Shivendra Kumar (2005)
<i>A.rivulatus</i>	0,3	0,95	15	(Malcolm et al., 2000).

### **III.3 Contrôle microbiologique**

Les résultats de la qualité microbiologique des aliments fabriqués sont repris dans le Tableau III-3.

**Tableau III-3 Résultats de l'analyse microbiologique des aliments fabriqués selon la norme algérienne NA 6115**

Aliment	SCS	SCP	GTP	GTES	NA 6115	Echantillon
<b>CT</b>	0.4 10 <sup>6</sup> UFC/g	0.2 10 <sup>6</sup> UFC/g	2.1 × 10 <sup>6</sup> UFC/g	1.2 10 <sup>6</sup> UFC/g	3 10 <sup>6</sup> UFC/g	 GTES 10 <sup>-1</sup>
<b>CF</b>	Abs	Abs	Abs	Abs	3 × 10 <sup>3</sup>	 GTP 10 <sup>-4</sup>
<b>FT</b>	1.3 10 <sup>6</sup> UFC/g	1 10 <sup>6</sup> UFC/g	2 10 <sup>6</sup> UFC/g	1.9 10 <sup>6</sup> UFC/g	3 × 10 <sup>6</sup> UFC/g	 SCS 10 <sup>-3</sup>
<b>Staphylococcus aureus</b>	0.3 10 <sup>3</sup> UFC/g	0.1 10 <sup>3</sup> UFC/g	0.2 10 <sup>3</sup> UFC/g	0.6 10 <sup>3</sup> UFC/g	10 <sup>3</sup> UFC/g	 GTES 10 <sup>-1</sup>

**CT** : coliformes totaux ; **CF** : coliformes fécaux ; **FT** : flore totales ; **SCS** : aliment pour scalaire a base de saurel ; **SCP** : aliment pour scalaire a base de déchets de sardine ; **GTP** : aliment pour green terror a base de déchets de sardine ; **GTES** : aliment pour green terror a base d'escargot.

Les résultats ont été interprétés conformément à l'arrêté CE du 30 décembre 1991 qui précise les caractéristiques microbiologiques auxquelles doivent répondre la farine de poisson à la sortie de l'usine de fabrication. Le tableau III révèle que la qualité microbiologique des aliments fabriqués est adéquate au seuil toléré par la norme algérienne NA 6115. Les quatre aliments sont exempts de coliformes fécaux, ce résultat permet de confirmer l'absence des germes encore plus dangereux comme les salmonelles (ICOMSFF 1996).

Les résultats obtenus mettent en évidence que les règles d'hygiène lors de la fabrication de la farine sont respectées.

### III.4 Composition biochimique des aliments

Pour la formulation de nos aliments, on a utilisé 4 farines d'origine animale,

- **les déchets de sardine**, dans le but de valoriser les coproduits de la pêche, et trouver une solution de transformation et l'exploitation de ces derniers par les usines de conserve des sardines au lieu de payer pour les jeter dans la mer, par conséquent un effet positif du point de vu économique et écologique.
- **Farine de crevette**, le but principal de l'utilisation de farine de crevette c'est son richesse en pigment « astaxanthine ».
- **Farine de saurel**, cette espèce n'a pas un grand intérêt économique dans la consommation humaine, donc le principal objectif c'est de la valoriser dans l'alimentation des poissons surtout son faible pourcentage en matière grasse.
- **Farine des escargots**, afin de substituer la farine de poisson et valoriser les escargots comme source de protéines animale dans l'alimentation des poissons, et par conséquent l'encouragement à l'héliciculture.

#### III.4.1 Valeur biochimiques des farines

Les analyses de la composition biochimique de farines utilisées sont rassemblées dans le Tableau III-4.

Tableau III-4 Composition biochimique des farines utilisées

	Protéine	Matière grasse	Cendre	Humidité
<b>Déchets de sardine</b>	58	5.08	6.4	5.94
<b>Saurel</b>	16.97	2.77	7.19	5.36
<b>Crevette lyophilisée</b>	23.41	2.64	7.36	7.6
<b>Farine de poisson INRA F.P. type 62</b>	66.4	9.8	22.1	5.7

Les valeurs alimentaires des farines utilisées sont extrêmement variables. La teneur en protéines varie entre ( 16.97 % - 58 %) ; la plus grande valeur a été observée chez la farine à base de déchet de sardine qui est proche de la valeur citée par l'INRA pour la farine de

poisson de type 62 . Ensuite, les valeurs de la matière grasse sont assez faibles pour toutes les farines testées que celles de la farine de poisson de type 62 . La plus grande valeur de la matière grasse était pour la farine de déchets de sardine avec 5.08% Cependant les teneurs élevées en lipides posent le problème de conservation de la farine qui rancisse vite par suite d'oxydation des acides gras car les enzymes s'y trouvent en contact avec les matières grasses ( Silaye, 1981). La teneur en eau varie entre 5.36% et 7.6% .En effet, on n'observe pas de différence, entre les farines de notre étude et celle de l'INRA donnée à titre de comparaison. Les cendres sont peu variables, la valeur obtenue est de un tiers de celle de la farine de poisson (22.1 %) , le taux de cendre se situe entre 6,4 et 22.1 %.

### III.4.2 Valeur alimentaire des aliments fabriqués

#### III.4.2.1 Composition biochimique des aliments

Pour chaque espèce, on a formulé trois formules, dans le but de comparer et de valoriser les différentes farines utilisées et de mettre en évidence l'intérêt des pigments sur la coloration des poissons, à condition, tous ces aliments doivent répondre aux besoins nutritionnels de ces deux espèces. A cet effet, on a préparé une formule sans l'ajout des pigments , une autre avec la farine de sardine , et la dernière avec une autre source de protéine animale pour comparer son effet sur la croissance des poissons par rapport à l'aliment qui contient la farine de sardine.

Les résultats de l'analyse biochimique des différents aliments formulés sont présentées dans le Tableau III-5.

**Tableau III-5 Composition biochimique des aliments fabriqués**

	<b>Protéine</b>	<b>Lipide</b>	<b>Cendre</b>	<b>Humidité</b>	<b>Références</b>
<b>SCS</b>	41.62	8.66	7.75	5.98	
<b>SCP</b>	39.98	9	7.1	9.3	
<b>A scalaire</b>	41.71	6.58	6.92	6.91	Welliton G. et al. 2017
<b>GTP</b>	22.3	12.23	7.39	7.7	
<b>GTES</b>	21.53	10.15	7.27	9	
<b>GTT</b>	41.54	11.94	10.09	6.97	Ali rida N. et al. 2016

SCS : aliment pour scalaire a base de saurel ; SCP : aliment pour scalaire a base de déchets de sardine ; GTP : aliment pour green terror a base de déchets de sardine ; GTES : aliment pour green terror a base d'escargot.

Dans cette étude, nous nous intéressons à la valeur protéique de ces aliments, ce qui ne veut pas dire que nous négligeons l'aspect énergétique; mais nous pensons que chez les poissons d'ornement dont le biotope est principalement des aquariums, le problème de couverture énergétique ne devrait pas se poser avec autant d'acuité si le poisson ne dépense pas trop d'énergie, les résultats obtenus pour la composition des aliments destinés au nourrissage de *P.scalare* sont comparables à l'aliment proposé par Welliton G. et al. en 2017 ( aliment avec 35.25% de farine de poisson et 37% de tourteaux de soja ). Par contre le taux de protéines des aliments destinés au nourrissage d'*A.rivulatus* présente une différence avec le taux de protéines obtenu avec Alirida N. et al. en 2016. Cela est du au pourcentage de la farine incorporé dans l'aliment qui est de 20 % pour les aliments fabriqués et de 40 % pour l'aliment proposé par Alirida N. et al. en 2016. Malgré la différence entre la composition biochimique de nos aliments et ceux des deux auteurs, tous les aliments ont assuré les différents besoins nutritionnels des deux espèces.

### **III.5 Facteurs zootechniques :**

Les données mensuelles concernant les performances de croissance mesurées, après 50 jours de nourrissage chez *P.scalare* et 45 jours pour *A.rivulatus*, sont reprises respectivement dans le Tableau III-6 et Tableau III-7

#### **III.5.1 Cas de *P.Scalare***

Le Tableau III-6 montre la performance de croissance dans tous les différents groupes à la fin de l'essai d'alimentation. La longueur et le poids moyens ont été évolués progressivement durant notre expérience en utilisant les différents types d'aliments (voir Figure III-9 et Figure III-10).

La densité initiale des poissons anges dans les 3 aquariums (SCP/SCS/SCT) de 250L était de 15 individus dans chaque aquarium avec un poids moyen respectivement de 0,624 g, 0,41 g et 0,51g. En utilisant le régime SCP ( aliment à base de la farine de déchets de sardine) les anges ont atteint un poids moyen final de 3,74 g, une longueur moyenne finale de 4,31 cm et une hauteur de 3,98 cm; en utilisant le régime SCS ( aliment à base de la farine de déchets de saurel ), on a obtenu respectivement les résultats suivants : 3,25 g, 4,25 cm et 4,7 cm et avec le régime SCT ( aliment témoin ), 2,89 g, 3,78 cm et 4,10 cm.

Tableau III-6 Performance de la croissance du *P. scalare* après 50 jours de suivi

	SCP	SCS	SCT
Poids initial (g)	0,624	0,41	0.51
Poids final (g)	3,74	3.25	2.89
Taille initiale (cm)	0,74266667	0,66	0.68
Taille finale (cm)	4,31533333	4,25	3.78
GP (g) <sup>1</sup>	3,11	2,84	2.38
CV (%) <sup>2</sup>	9,9	11,62	9,68
CJ (g.jour <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>	0,062	0,056	0.047
TCR (%PC.jour <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup>	9.98	15.51	9.04
TCS (%.jour <sup>-1</sup> ) <sup>5</sup>	3,58	4.15	3.46
PI (g) <sup>6</sup>	35,48	27,68	28.53
CEP <sup>7</sup>	0,08	0,10	0.08
IC (%) <sup>8</sup>	1,89	1,62	1.99

<sup>1</sup> Gain du poids, <sup>2</sup> Coefficient de variation, <sup>3</sup> Croissance journalière, <sup>4</sup> Taux de croissance relative, <sup>5</sup> Taux de croissance spécifique, <sup>6</sup> Protéine ingérée, <sup>7</sup> Coefficient d'efficacité protéique, <sup>8</sup> Indice de conversion, **SCS** : aliment pour scalaire a base de saurel ; **SCP** : aliment pour scalaire a base de déchets de sardine ; **GTP** : aliment pour green terror a base de déchets de sardine ; **GTES** : aliment pour green terror a base d'escargot.

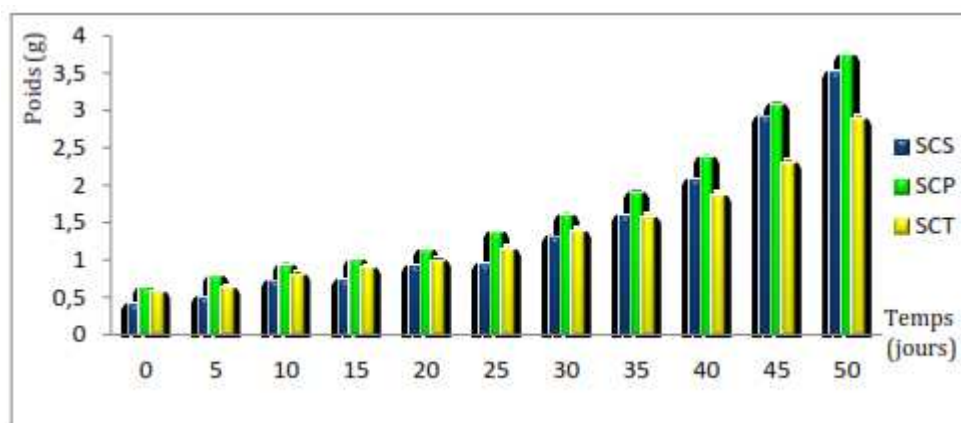


Figure III-9 Evolution du poids moyen des anges (*P. scalare*) par aliment pendant 50 jours de nourrissage

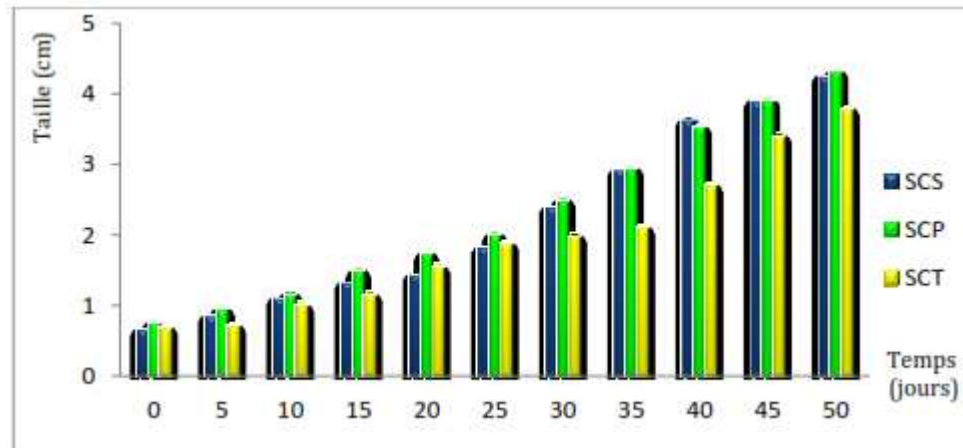


Figure III-10 Evolution de la taille moyenne des anges (*P. scalare*) par aliment pendant 50 jours de nourrissage

En outre, le taux de croissance spécifique (TCS) a été amélioré de manière significative avec l'utilisation de différents types d'alimentation. Les valeurs TCS des lots nourris par les aliments fabriqués **SCS (4.15)** et **SCP (3.58)** étaient plus élevées que celles nourris par l'aliment témoin et les plus faibles étaient observées dans **SCT (3.46)**. Une différence significative a été trouvée dans le gain de poids corporel (**GP**) chez les anges qu'ont reçu l'aliment **SCP** avec les deux autres groupes (**SCS** et **SCT**). Malgré que le **TCS** le plus élevé était obtenue chez les poissons nourris par **SCS** mais le **GP** le plus élevé a été observé dans **SCP (3.11)** suivi par **SCS (2.84)** cela est dû au poids initial du poisson. Plus le poisson est grand plus il mange. Le plus bas **GP** a été observé dans l'aliment témoin **SCT (2,38)**. Compte tenu de la conversion alimentaire, le meilleur **IC** a été obtenu à partir de l'aliment **SCS (1,62)**, qui n'est pas très loin de **IC** obtenu par Garcia Olloa et al. en 2005 (**IC=1.44**) à partir d'un aliment commercial de 43% de protéines.

Nos résultats indiquent qu'il y'a pas une grande différence entre les poissons nourris par l'aliment **SCP** et ceux nourris par le **SCS**. A partir de ces résultats présentés dans (Figure III-9, Figure III-10), nous constatons que ces deux derniers étaient mieux pour la croissance des poissons que ceux nourris avec le **SCT**.

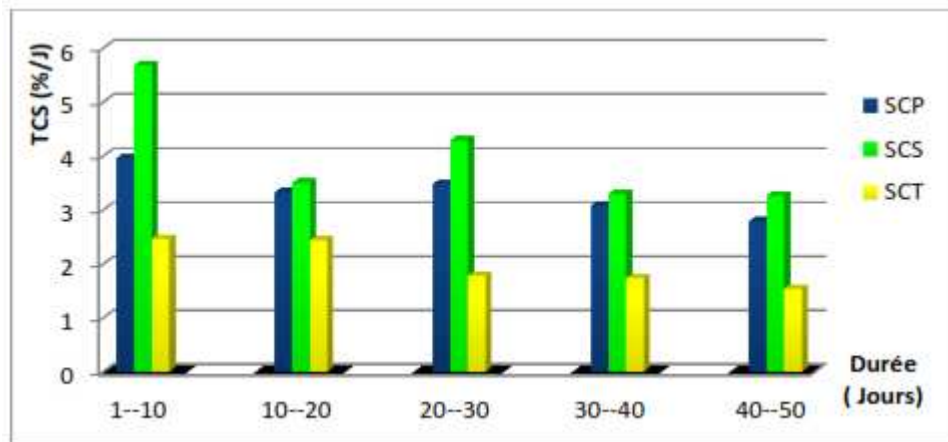


Figure III-11 Variation du taux de croissance spécifique exprimé en %/jour chez le *P. scalare* avec les 2 aliments fabriqués (SCP ; SCS) et l'aliment témoin (SCT)

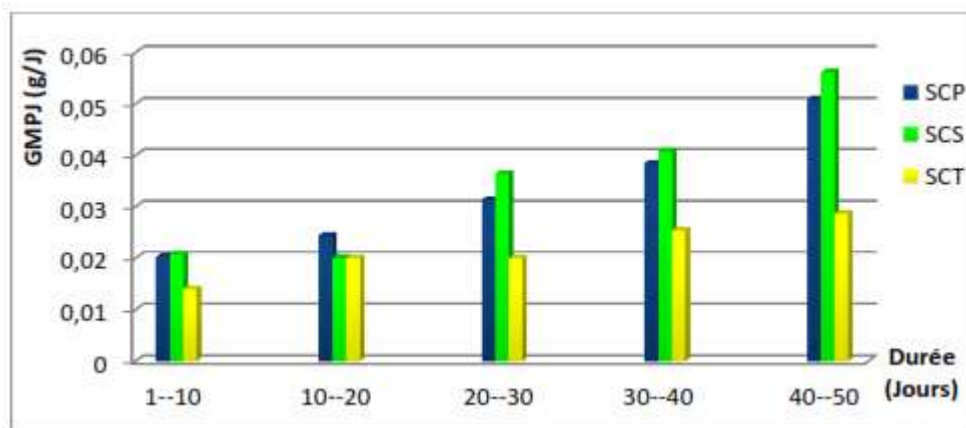


Figure III-12 Variation du gain moyen de poids journalier exprimé en g/jour chez le *P. scalare* avec les 2 aliments fabriqués (SCP ; SCS) et l'aliment témoin (SCT)

Afin de choisir l'aliment qui convient mieux à la croissance des poissons ange, le TCS a été projeté sur les 50 jours de suivi, les valeurs de ce paramètre de performance sont présentées sur la Figure III-11.

Selon les résultats obtenus (Figure III-11) on a remarqué que le TCS est dans un ordre décroissant. Il a été établi que le TCS diminue lorsque la taille du poisson augmente (Verreth et Den Bieman, 1987), car le métabolisme du poisson est réduit lorsque la taille du corps augmente. Tout au long de la durée de suivi les anges du groupe SCS présentaient les valeurs les plus élevées. Nos résultats sont les meilleurs par rapport à ceux de (Garcia Ulloa et al., 2005) qui a obtenu un TCS de 3.50 pour des anges d'un poids initial de 0.44g nourris par un

aliment commercial qui contient 43% de protéines avec une ration journalière de 8% du poids total.

Durant notre expérience et selon les résultats présentés sur la figure V.4, les anges du groupe SCS présentaient les valeurs les plus élevées de GMPJ comparées aux autres aliments avec un optimum de 0.056, qui sont meilleures à celles rapportées par Garcia Ulloa et Gómez-Romero en 2005.

Après 50 jours de suivi, les anges du groupe SCS qui ont reçu un aliment à base de farine de saurel ont montré le plus haut **GMPJ**, **TCS** et le meilleur **IC** comparé aux autres aliments (Tableau III-6).

### III.5.2 Cas d'*A.rivulatus*

Tableau III-7 Performance de la croissance de *A.rivulatus* après 50 jours de suivi

Paramètres	GTP	GTES	GTT
Poids initial (g)	1.13	1.10	1.1
Poids final (g)	7.02	5.36	5.13
Taille initiale (cm)	1.52	1.42	1.4
Taille finale (cm)	7.27	6.37	5.94
GP <sup>1</sup>	5.88	4.26	4.54
CV <sup>2</sup> (%)	18.73	16.23	16.96
CJ <sup>3</sup> (g. jour <sup>-1</sup> )	0.13	0.09	0.1
TCR <sup>4</sup>	10.4	7.71	7.32
TCS <sup>5</sup> (%.jour <sup>-1</sup> )	4.05	3.51	2.60
PI <sup>6</sup> (g)	22,10	15.63	33.66
CEP <sup>7</sup>	0.26	0.27	0.13
IC <sup>8</sup> (%)	1.85	1.98	2.03

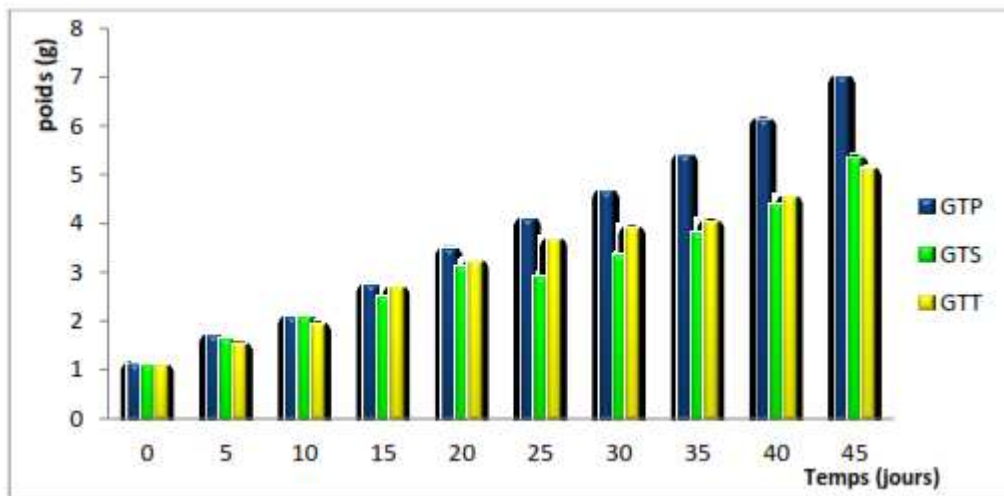
<sup>1</sup> Gain du poids, <sup>2</sup> Coefficient de variation, <sup>3</sup> Croissance journalière, <sup>4</sup> Taux de croissance relative, <sup>5</sup> Taux de croissance spécifique, <sup>6</sup> Protéine ingérée, <sup>7</sup> Coefficient d'efficacité protéique, <sup>8</sup> Indice de conversion; SCS : aliment pour scalaire a base de saurel; SCP : aliment pour scalaire a base de déchets de sardine; GTP : aliment pour green terror a base de déchets de sardine; GTES : aliment pour green terror a base d'escargot.

Les performances zootechniques obtenues par les deux aliments expérimentaux de *A.rivulatus* GTP (aliment à base de farine de déchets de sardine) et GTES (à base de farine d'escargot) et celles de l'aliment témoin (GTT) sont détaillées dans le Tableau III-7 pour une période de 45 jours de suivi, respectivement. Il apparaît d'effet significatif entre les trois

aliments lié à l’incorporation de différentes farines, le meilleur indice de conversion a été obtenu chez l’aliment GTP avec 1.85%.

Par ailleurs, le taux de croissance spécifique a été amélioré de manière significative avec l'utilisation de différents types d'alimentation. Les valeurs TCS des lots de poissons nourris par les aliments fabriqués **GTP (4.05)** et **GTES (3.51)** étaient plus élevées que celles nourris par l’aliment témoin **GTT (2.6)**. Une différence a été trouvée dans le gain de poids corporel (**GP**) chez les poissons qui ont reçu l’aliment **GTP** avec les deux autres groupes (**GTES** et **GTT**). Le **GP** le plus élevé a été observé dans **GTP (5.88)** suivi par **GTT (4.54)**.

Le meilleur IC a été observé chez les individus nourris par GTP avec 1.85%. L’indice de conversion obtenu par Alirida en 2016 (IC=1.56) est meilleur que notre IC. Cela due au taux de protéines plus élevés qui est le double de la quantité de protéine dans nos aliments (voir Tableau III-7)



**Figure III-13 Evolution du poids moyen du green terror (*A.rivulatus*) selon les différents types d'aliments pendant 50 jours de nourrissage**

D’après les valeurs hebdomadaires (Figure III-13, Figure III-14) et durant les 15 premiers jours de nourrissage, la croissance des poissons est comparable selon les aliments distribués.

Après 20 jours de nourrissage la croissance des poissons nourris avec l’aliment **GTP** contenant la farine des déchets de sardines avec 22.3 % de protéines et 9% de lipides et supérieure à celle nourris avec **GTS** et **GTT**. La Figure III-14 illustre les histogrammes de croissance (moyenne des tailles) obtenus dans les trois aliments. La croissance comparée

montre que la taille des poissons nourris par l'aliment **GTP** est supérieure dès les premiers 5 jours par rapport au deux d'autre types d'aliments.

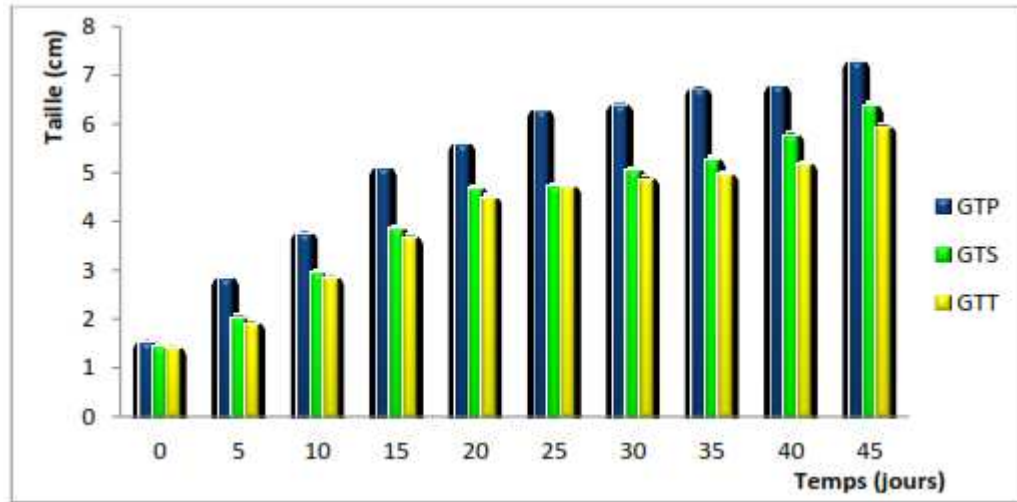


Figure III-14 Evolution de la taille moyenne des green terror (*A.rivulatus*) selon les différents types d'aliments pendant 50 jours de nourrissage

En effet, cet écart de la taille confirme les résultats du poids, stipule que la ration composée par la farine de déchets de sardine répondra beaucoup plus efficacement et positivement pour la croissance en taille des juvéniles de *P.scalare* que les deux autres aliments.

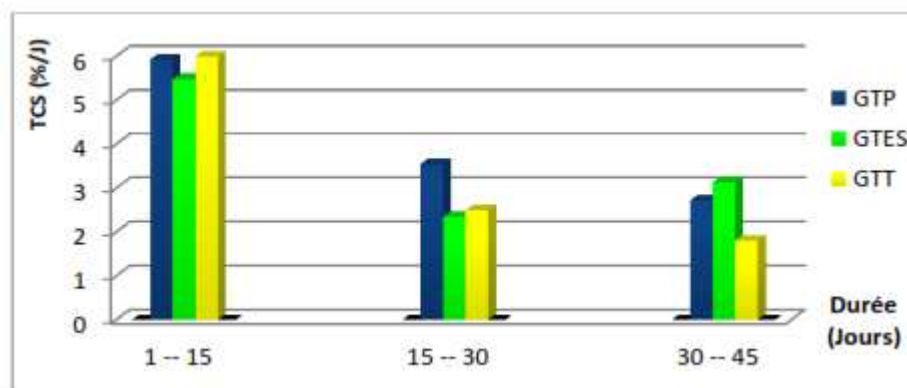
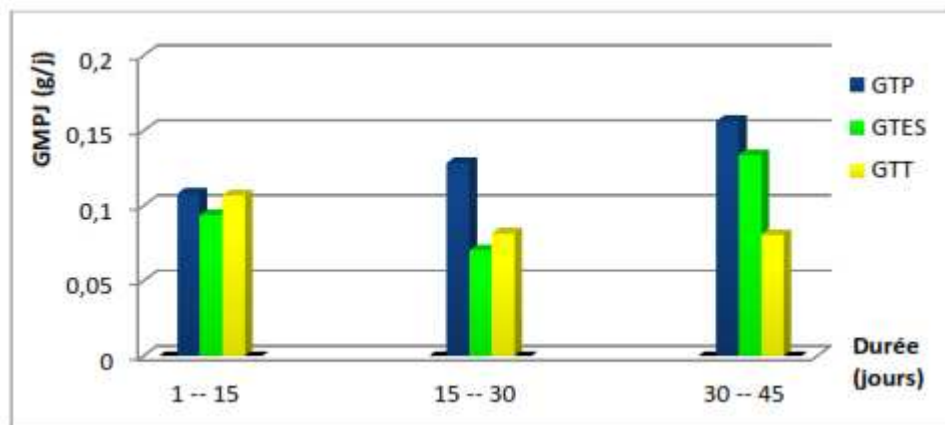


Figure III-15 Variation du taux de croissance spécifique exprimé en %/jour chez le *A.rivulatus* avec les 2 aliments fabriqués (GTP ; GTS) et l'aliment témoin (GTT)



**Figure III-16** Variation du gain moyen de poids journalier exprimé en g/jour chez le *A.rivulatus* avec les 2 aliments fabriqués (GTP et GTS) et l'aliment témoin (GTT)

Le TCS a été projeté sur les 50 jours de suivi, les valeurs de ce paramètre de performance sont présentées sur la Figure III-15. Le TCS est toujours dans un ordre décroissant. Tout au long de notre expérience, les poissons qui sont nourris par GTP présentent les valeurs les plus élevées avec un optimum de 5,91 et un gain de poids de 0,11g/j pendant les deux premières semaines de suivi, cette valeur tend à diminuer avec la croissance de poissons. On trouve qu'à la 4ème semaine, le gain du poids est élevé à une valeur de 0.15 g/j alors que le TCS s'est réduit à une valeur de 2,5%/j. Cela reconferme l'étude de ( Verreth et Den Bieman, 1987). Nos résultats sont meilleurs par rapport à ceux de Alirida en 2016 (3,53%) pour des poisson de la même espèce avec un poids initial de 0,37 g d'un gain de poids 3.08 g nourris par un aliment qui contient 41,54% de protéines avec une ration journalière de 8% du poids totale.

La valeur nutritionnelle d'un aliment pour une espèce est liée au degré de correspondance entre la composition biochimique alimentaire et les besoins nutritionnels de cette espèce. Cette correspondance peut changer en fonction des espèces cibles individuelles et son stade de développement (Walker et al., 1998). Les meilleurs résultats de croissance avec SCS pour les anges et GTP pour les green terror suggèrent que leur composition est plus liée aux besoins nutritionnels de ces poissons; ainsi la composition biochimique brute des régimes testés explique ces résultats.

Pour sélectionner un régime alimentaire adéquat, certains critères physiques et chimiques liés à l'ingestion d'aliments doivent être soigneusement examinés (Léger et al., 1987).

Premièrement, l'ingestion d'aliments par les poissons est probablement affectée par sa taille et son appétence. La taille est de ce fait considéré comme l'un des aspects les plus importants (cas de poisson d'ornement). Dans cette étude, il a été observé que malgré les différences de taille, tous les régimes testés ont été consommés avec impatience par les poissons aux différents moments de distribution d'aliments enregistrés tout au long de l'expérience. Ainsi, la relation entre la digestibilité et la composition biochimique de l'alimentation est considérée comme un critère de sélection crucial. Dû à sa haute affinité à être métabolisé et retenu, la protéine est considérée comme composante énergétique la plus importante pour la croissance des poissons (Halver, 1972).

Dans le cas de notre expérience, on a conclu que l'aliment SCS avec la teneur de 40% protéines, produit de meilleurs performances de croissance des poissons anges et le GTP est le meilleur aliment pour la croissance de green terror reste à augmenter le taux de protéine pour baisser le IC.

### **III.6 Effet de l'aliment sur la pigmentation des espèces étudiées**

#### **III.6.1 Cas d'*Andinoacara rivulatus***

Après 45 jours de suivi nous avons pu observer une différence de couleur entre les poissons de chaque aquarium. En effet, les poissons de l'aquarium 1 qui ont reçu une alimentation riche en pigments ont des couleurs vives et chatoyantes qui varient entre le rouge, le jaune, le vert, le turquoise, le noir et le gris. Ceux qui ont été nourris par l'aliment commercial ont présenté une variété de couleurs vives mais aussi sans lustre et plus claire que les poissons du 1<sup>er</sup> aquarium. Concernant le troisième aquarium où les poissons ont été nourris par un aliment dépourvu de pigments, on observe des poissons décolorés qui donnent une impression d'être malades.

Après le traitement des prises photographiques de chaque aquarium on a obtenu les résultats présentés dans le Tableau III-8.

Tableau III-8 Pourcentages des différentes couleurs apparentes chez *A.rivulatus* obtenus par le Matlab




























Poisson 1	Poisson 2	Poisson 3
 17%	 3.6%	 21%
 2.9%	 1.5%	 0.08%
 0%	 0.2%	 0%
 44%	 29.5%	 62%
 0.3%	 0.5%	 0%
 0.2%	 2.94%	 0%
 27.7%	 10.5%	 13.81%
 0.04%	 17.89%	 1.86%
 7.1%	 33.12%	 1.11%



Figure III-17 Echantillon de *A.rivulatus* reçu l'aliment riche en pigments

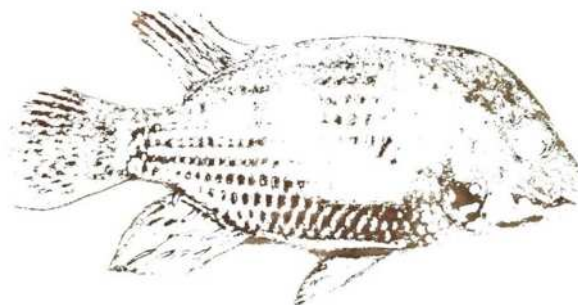
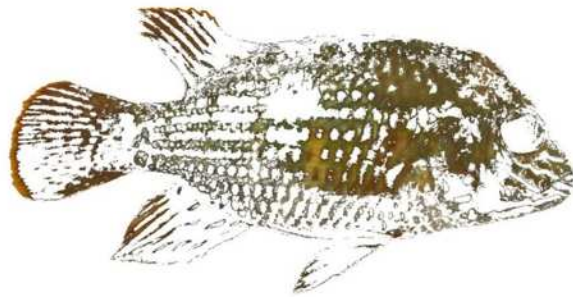


Figure III-18 Couleur rouge contenue dans l'échantillon de *A.rivulatus* reçu l'aliment riche en pigments



**Figure III-19 Couleur jaune contenue dans l'échantillon de *A.rivulatus* reçu l'aliment riche en pigments**



**Figure III-20 Couleur turquoise contenue dans l'échantillon de *A.rivulatus* reçu l'aliment riche en pigments (Agrandissement x 3)**



**Figure III-21 Couleur violet contenue dans l'échantillon de *A.rivulatus* reçu l'aliment riche en pigments**

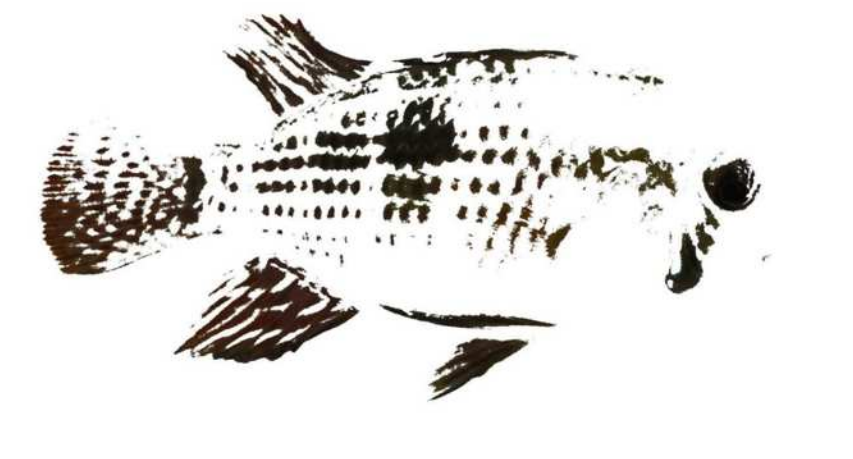


Figure III-22 Couleur noire contenue dans l'échantillon de *A.rivulatus* reçu l'aliment riche en pigments

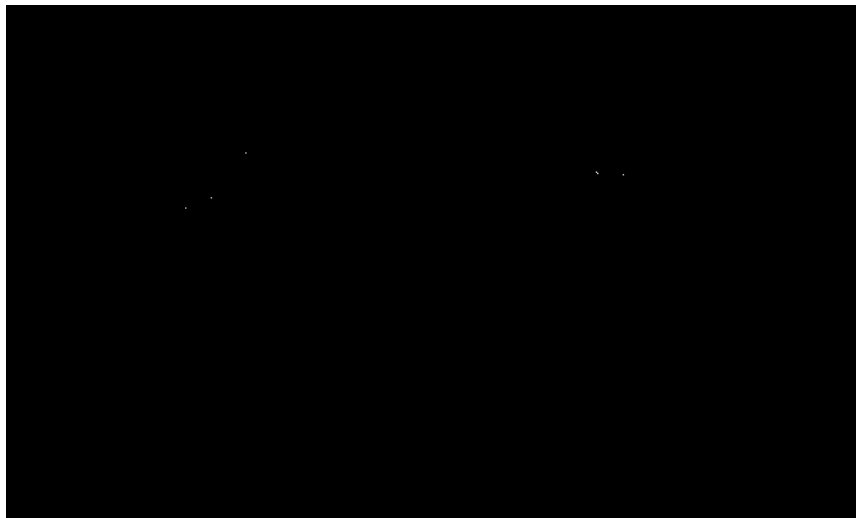


Figure III-23 Couleur blanche contenue dans l'échantillon de *A.rivulatus* reçu l'aliment riche en pigments (Agrandissement x 2)

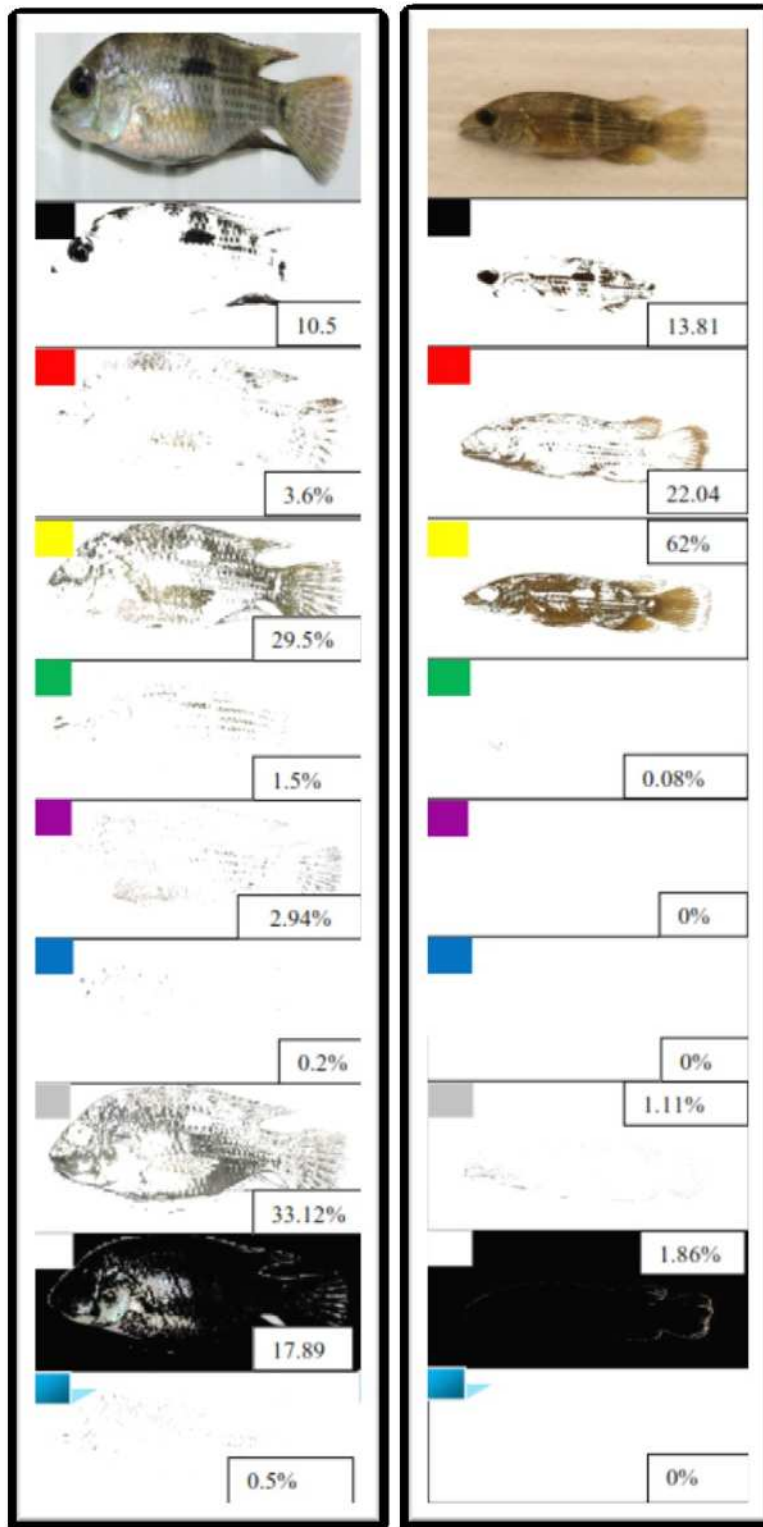


Figure III-24 Echantillon de *A. rivulatus* reçu l'aliment comercial (à gauche), échantillon de *A. rivulatus* reçu l'aliment sans pigment (à droite)

D'après les résultats obtenus au Tableau III-8, les espèces du 1<sup>er</sup> aquarium représentent le meilleur résultat en coloration de leurs peaux. Avec un pourcentage de 2.9% en coloration vert qui est supérieur à celui obtenu par l'aliment commercial qui est de 1.5%. L'aliment dépourvu de pigment a représenté les plus bas pourcentages dont le taux de la couleur verte est à 0.08%.

Les colorations verte, jaune, rouge, violet et turquoise des espèces « green terror » sont liées à leurs teneurs en pigments caroténoïdes. Les poissons sont incapables de synthétiser ces pigments et doivent donc les trouver dans leur alimentation. Ce qui indique que les pigments incorporés dans l'aliment fabriqué ont influencé positivement sur la coloration du derme des espèces étudiées. Les couleurs vert et turquoise sont le résultat de l'incorporation de la farine d'épinard lyophilisée et le mélange d'algues vertes, concernant les couleurs rouge et jaune sont obtenues à partir par l'ajout de la b-carotène et de la lutéine qui est contenue dans la farine de maïs à la formule d'aliment.

### **III.6.2 Cas de *Pterophyllum scalare***

Pour cette espèce on a choisis d'étudier son intensité en pigment sur deux plans : les poissons qui ont une coloration claire et vive, en suite les poissons qui tendent d'être sombres.

En comparant les résultats des trois aquariums, les poissons qui ont reçus l'aliment riche en pigment représentent des belles couleurs attractantes, dont le rouge est à 21%, le jaune 17%, le violet 17% et l'argenté avec 30%.

Cette variabilité de couleur est due à l'incorporation de la farine de crevette lyophilisée qui est une source naturelle de l'astaxanthine (responsable de la couleur rouge), ainsi à la farine de maïs source de lutéine et zeaxantine (responsable de la couleur jaune et orange).

On a remarqué quand on a analysé les couleurs des espèces à colorations claires et les espèces à coloration sombre on a trouvé les mêmes résultats par rapport aux couleurs apparentes avec un pourcentage important en rouge, jaune, violet et argenté. On déduit donc qu'en prochaines études sur la pigmentation de cette espèce, il est suffisant de suivre l'intensité des 4 couleurs obtenues en valeurs élevées par rapport aux autres couleurs dans les deux analyses.

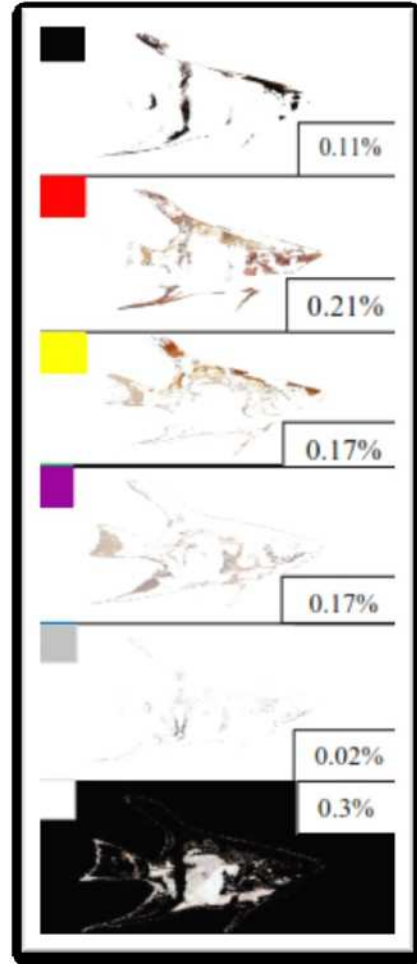


Figure III-25 Echantillon de *P. scalare* claire reçu l'aliment riche en pigments

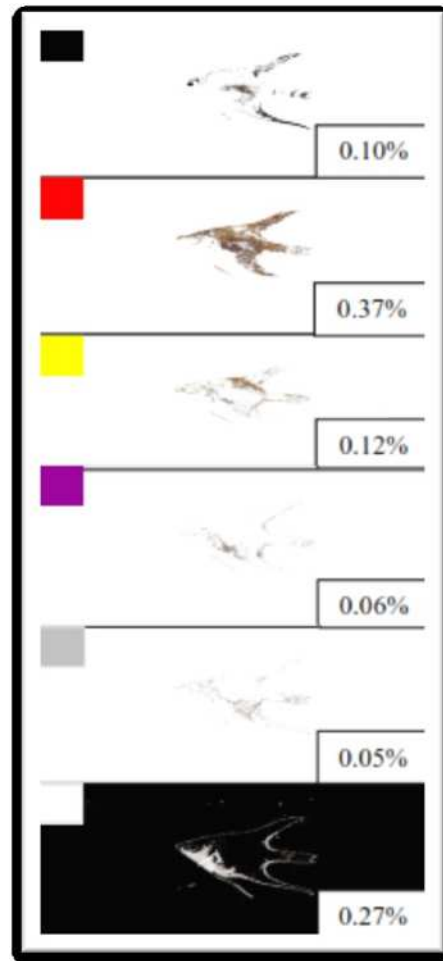


Figure III-26 Echantillon de *P. scalare* claire reçu l'aliment commercial

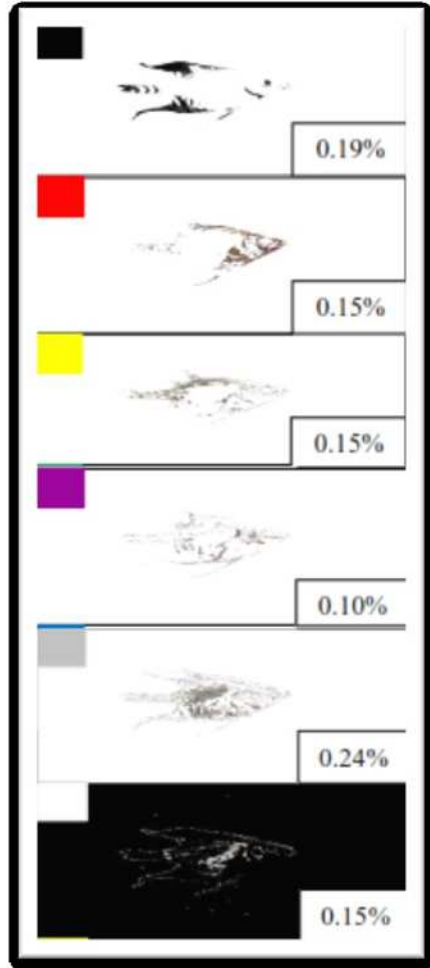


Figure III-27 Echantillon de *P. scalare* claire reçu l'aliment sans pigments

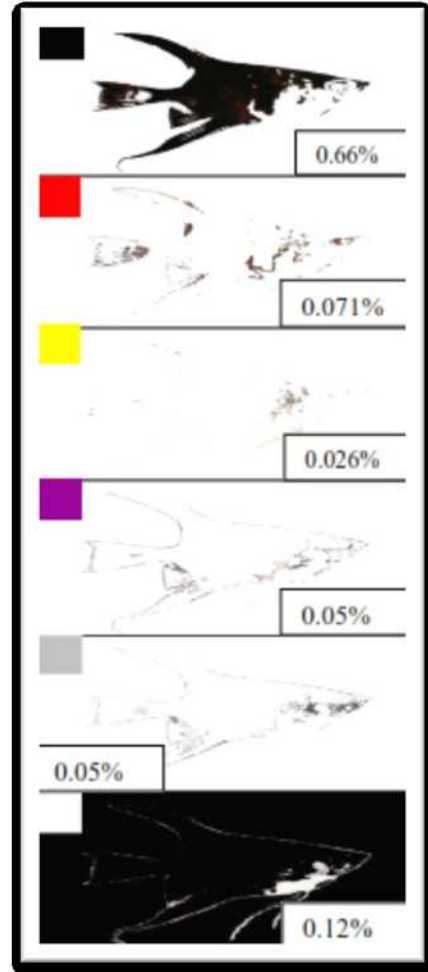


Figure III-28 Echantillon de *P. scalare* sombre reçu l'aliment riche en pigments

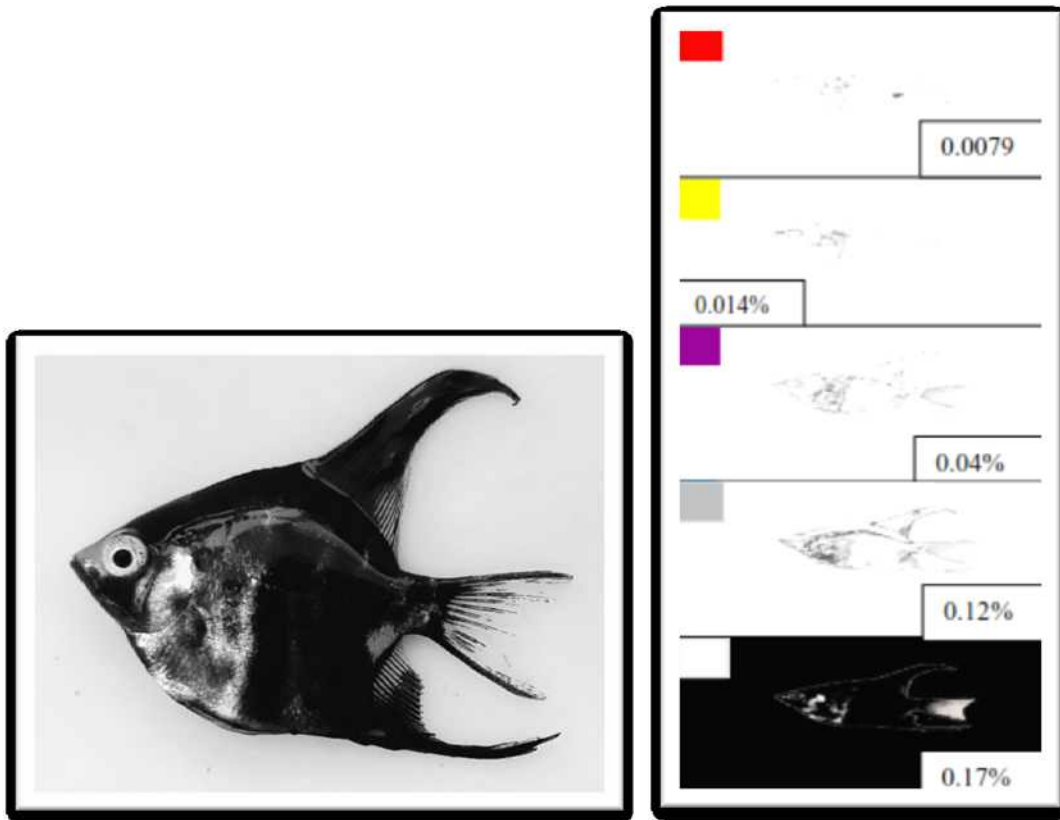


Figure III-29 Echantillon de *P. scalare* sombre reçu l'aliment commercial

### III.7 Coût de revient de l'aliment

L'utilisation des aliments granulés riches en pigments est une nécessité pour l'aquariophilie pour avoir du poisson de bonne qualité. Le coût de fabrication de ces aliments est moyennement élevé. Comme le prix de l'alimentation est le facteur le plus important dans les frais généraux de l'élevage en aquarium, il est suggéré de formuler des aliments de bonne qualité nutritifs et moindre coût.

Le coût général de 250 de notre aliment est représenté dans le Tableau III-9.

Après un calcul approximatif des coûts de la fabrication de nos aliments, on a constaté que l'aliment SCS présente des prix concurrents aux aliments disponibles sur le marché avec un IC de 1.62 qui influe positivement sur le rendement de l'élevage de cette espèce.

Tableau III-9. Prix de revient des aliments fabriqués en Dinar Algérien (DA)

Type d'aliment	Aliment pour P.scalare		Aliments pour A.rivulatus		Aliment Cichlides
	SCS	SCP	GTP	GTES	AC
Couts matières premières par 250g aliments	400 DA	400 DA	500 DA	450 DA	/
Couts granulation par 250 g d'aliment	200DA	200DA	200DA	200DA	/
Cout total de 250 g d'aliment	600DA	600DA	700DA	650DA	/
Prix de 250 g d'aliment	900DA	900DA	850DA	950DA	1000 DA
Indice de conversion	1.62	1.81	1.85	1.98	1.99

## ***Conclusions***

Dans le contexte du développement de la fabrication d'aliment pour les poissons d'ornement et afin de développer le secteur d'aquariophilie, ce modeste travail consiste en une contribution à l'obtention d'un aliment de bonne qualité et à moindre coût. Ceci nécessite évidemment une étude préliminaire et approfondie sur les besoins nutritionnels des deux espèces étudiées et de leurs colorations extérieures afin d'incorporer les pigments responsables de l'apparition de ces couleurs sur la peau des poissons, ainsi que l'étude du coût et de la disponibilité des matières premières utilisées pour la fabrication des aliments au niveau local en vue de l'obtention d'un bon aliment sur les plans :

- Valeur nutritive.
- Adaptabilité aux besoins et assimilation par l'espèce afin d'assurer une croissance optimale (forme, taille et flottabilité).
- Bonne qualité microbiologique.
- Viabilité économique.

Les analyses biochimiques effectuées sur les aliments fabriqués indiquent que ces derniers répondent aux besoins nutritionnels des espèces étudiées. Les valeurs obtenues pour la teneur en protéines et en lipides étaient dans les intervalles appropriées aux besoins du poisson.

Les analyses de l'eau montrent que les aliments n'ont pas d'effet négatif sur la qualité de l'eau, tous les paramètres de qualités d'eau (nitrates, nitrites, ammoniacque) ne dépassent pas les seuils supportés par les poissons élevés. L'évaluation de la température, de pH, d'oxygène dissous et de la dureté de l'eau, indique que ces derniers ne varient pas significativement dans les différents aquariums et sont dans l'intervalle favorable pour l'élevage de ces deux espèces.

La qualité microbiologique des aliments a confirmé que les règles sanitaires lors de la fabrication des aliments ont été respectées, et n'a montré aucune contamination.

Dans la présente étude, Les poissons-anges qui sont nourris avec l'aliment SCS comprenant 41.62% des protéines végétales (algues, légumes, soja, maïs, etc...) et animales (saurel 80%, crevette lyophilisée 20%) ont montré une meilleure croissance par rapport les deux autres aliments, et par conséquent, le meilleur taux de conversion alimentaire et le

meilleur taux de croissance spécifique ont été obtenu avec cet aliment. En outre, il a été constaté que l'incorporation du gluten avec le régime de l'aliment granulé peut améliorer sa flottabilité et comme le scalaire préfère manger en surface la flottabilité d'aliment va minimiser sa perte. Du côté viabilité économique l'utilisation de SCS pour l'élevage du scalaire est le plus rentable. De point de vu qualitatif forme et taille les poissons nourris avec SCS ont été exposé à des prix élevés sur le marché et ils ont eu une acceptabilité par les clients.

Les différents aliments fabriqués pour l'élevage de green terror (*A.rivulatus*) ont influencé positivement les performances des juvéniles. L'aliment GTP contenant la farine des déchets de sardines avec 22.3 % de protéine présente le meilleur résultat dans tous les indices observés. Cependant, en considérant la viabilité économique, l'aliment à base de la farine de déchets de sardine (GTP) devrait être considéré comme l'idéal pour la formulation des granulés, entraînant un coût de production plus faible et une rentabilité d'élevage plus importante que les autres aliments.

En comparant le résultat de l'effet de l'aliment sur la pigmentation de poisson, il ressort que la pigmentation des cichlidés étudiés est naturel mais l'incorporation de pigments naturels et artificiels à l'aliment augmente l'intensité de ces couleurs apparent.

L'utilisation de la méthode proposée pour la quantification et la qualification des couleurs de la peau des deux espèces étudiées préserve la santé et l'intégrité du poisson. Il s'agit d'une technique peu coûteuse qui est facile à utiliser, de plus permettre la lecture des couleurs dans une méthode statistique plus précise, à partir du spectre de couleurs visible à l'œil humain. Ainsi ce travail facilite la sélection phénotypique des géniteurs, cet outil permettre encore une compréhension et un développement plus grand de la production, une garantie plus valable de l'excellence des descendant, avec l'avantage de représenter de manière fiable la coloration pris en considération, lors du choix du poisson au moment du marché. D'après les résultats obtenus ce programme représente un progrès considérable de l'aquaculture.

Il serait aussi souhaitable de compléter ce travail par une analyse qualitative des pigments constituant la peau de poisson afin de déterminer le pigment responsable de chaque couleurs obtenus par notre programme ce qui va nous permettre de mieux discuter nos résultats et de créer une base de référence pour le programme développé.

## ***Bibliographie***

- Aas GH, Bjerkeng B, Storebakken T, Ruyter B (1999) Blood appearance, metabolic transformation and plasma transport proteins of C-astaxanthin in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish Physiology and Biochemistry* 21(4): 325-334.
- Ako H, Tamaru CS, Asano L, Yamamoto (2000) Achieving natural coloration in fish finger culture. In: Spawning and maturation of aquaculture species, proceeding of the 28th UNJR aquaculture panel symposium, Kihei, Hawaii. 10-12, U NJR Tech Rep, 28: 1-4.
- Alberto andrés solórzano armijos (2017). Cultivo intensivo de andinoacara rivulatus (vieja azul) con diferenciación en la cantidad de alimento en un sistema cerrado de recirculación de agua . Tesis de grado para la obtención del título de biólogo. Universidad de guayaquil facultad de ciencias naturales carrera de biología. Guayaquil – ecuador.
- Andrewes AG, Starr MP., 1976. (3R, 3'R)-astaxanthin from the yeast *Phaffia rhodozyma*. *Photochemistry*, 15(6): 1009-1011.
- AOAC. Official methods of analysis. Association of official analytical chemist. EUA, 2000.
- AOAC, 1980. Official methods of analysis. Association of official analytical chemists, Washington DC, 1094P.
- AOAC, 1975. Official methods of analysis. Association of official analytical chemists, Washington DC, 1094 p.
- Aries, S.S., 1972. *Discus & Scalare*. Ediciones Littec, Buenos Aires, Argentine.
- Axelrod, H. R., 1976. *Breeding aquarium fishes*. T.F.H. Publications, Neptune City, New Jersey, USA.
- Baerends GP, Baerends-Van Roon JM., 1950. An introduction to the study of the ethology of cichlid fishes. *Behaviour Supplement*;1:1–242.
- Barlow GW, 2008. *The Cichlid Fishes : Nature's Grand Experiment In Evolution*. Basic Books.
- Bendich A, Olson JA. Biological actions of carotenoids. *FASEB J* 1989 ; 3:1927-32.
- Bianchini F, BRUNO S, KRAPP F, ROSSI AC, 1979. *Peces y plantas de acuario*. (Guías de la Naturaleza) Barcelona: Grijalbo.
- Carleton KL, Harosi FI, Kocher TD., 2000. Visual pigments of African cichlid fishes: evidence for ultraviolet vision from microspectrophotometry and DNA sequences. *Vision Research* 2000;40:879–90.

- Castell J.D., K. Tiews, 1980. Rapport du groupe de travail de la CECPI, de l'UISN et du CIEM sur la normalisation de la méthodologie dans la recherche sur la nutrition des poissons. Dot. Tech. CECPI, 36 - 24 p.
- Castenmiller JJM, West CE., 1998. Bioavailability and bioconversion of carotenoids. *Annu Rev Nutr* 18: 19-38.
- Chatzifotis S, Pavlidis M, Jimeno CD, Vardanis G, Sterioti A, et al., 2005. The effect of different carotenoid sources on skin coloration of cultured red porgy (*Pagrus pagrus*). *Aquaculture Research* 36: 1517-1525.
- Chong J.P., Hayashi, M.K., Simon, M.N., Xu, R.M. and Stillman, B., 2000. A double-hexamer archaeal minichromosome maintenance protein is an ATP-dependent DNA helicase. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 97, 1530–1535.
- Choubert G., 1986. I.N.R.A. - Laboratoire de Nutrition des poissons. *Stati on d'Hydrobiologie*, 3ull. Fr. Pêche Piscic (1986) 3 0 0 : 2 5 - 3 2
- CS Tamaru and H Ako. Using Commercial Feeds for the Culture of Freshwater Ornamental Fishes in Hawaii. UJNR Technical Report No. 28, 2000, p. 109-20.
- Czeczuga B, Dabrowski K, Rosch R, Champinuelle A (1991) Carotenoids in fish. Carotenoids in *Coregonus lavaretus* L. Individuals of various populations, *Acta Ichth. Piscat*, 21(2): 3-16.
- Dahlgren, 1980. A revised system of classification of the angiosperms. *Botanical Journal of the Linnean Society*, Volume 80, Issue 2, P 91 – 1242.
- Degani G., 1993. Growth and body composition of juveniles of *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein) (Pisces; Cichlidae) at different densities and diets. *Aquaculture and Fisheries Management* 24:725–730.
- Dharmaraj S, Dhevedaran K., 2011. Application of microbial carotenoids as a source of colouration and growth of ornamental fish *Xiphophorus helleri*. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 3(2): 137-144.
- Duncan PL, Lovell RT., 1993. Natural and synthetic carotenoids enhance pigmentation of ornamental fish. *Highlights of agricultural research*, Alabama Agricultural Experiment Station 40: 8.
- Earle K.E. Taurine, Markwell P.J., 1995. An essential nutrient for the cat. A brief review of the biochemistry of its requirement and the clinical consequences of deficiency. *Nutr. Res.*, 15, 53-58.
- El-Sayed, A.F. and Tashima, S.I. 1991. *Tilapia nutrition in aquaculture*. *Reviews in Aquatic Sciences*, 5(3-4): 247–265.
- Erdoğan, F., Ölmez, M., 2009. Kanola Küspesinin Melek Baltığının (*Pterophyllum scalare* Lichtenstein 1823) Büyüme, Somatik İndeksler ve Vücut Kompozisyonuna Etkileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi* 15(2):181-187.

- Ezhil J, Jeyanthi C, Narayanan M., 2008. Effect of formulated pigmented feed on colour changes and growth of red swordtail, *Xiphophorus helleri*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 8(1): 99-101.
- Falk A., 2000. Segelflosser. *Die Aquarein und Terrarien Zeitung (DATZ)*, 11/2000,2-5.
- Fiogbé P. Kestemont. 1995. An assessment of the protein and amino acid requirements in goldfish (*Carassius auratus*) larvae. *Unité d'Ecologie des Eaux Douces, Facultés Universitaires N.D de la paix, Belgium*.
- Furr HC, Clark RM., 1997. Intestinal absorption and tissue distribution of carotenoids. *Nutritional Biochemistry* 8(7): 364-377.
- Fury J.R. and Morello F.A., 1994. The contribution of an exotic fish, the Oscar, to the sport fishery of the Everglades water conservation areas. *Proceedings of the Annual Conference of Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies* 48: 474-481.
- Gaemers, P.A.M. 1985. Taxonomic position of the Cichlidae as demonstrated by the morphology of their otoliths. *Netherlands Journal of Zoology*, 34: 566-595.
- Garcia C, de Perera T. Ultraviolet-based female preferences in a viviparous fish. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 2002;52:1-6.
- Goda M, Fujii R., 1995. Blue chromatophores in two species of callionymid fish. *Zoological Science*;12:811-3.
- Goodwin, T.W., 1984. *The Biochemistry of Carotenoids*, vol. II. Chapman and Hall, London, UK.
- Goodwin TW., 1951. Carotenoids in fish. In: *The biochemistry of fish*. Biochemical Society Symposia, USA.
- Gómez-Laplaza L.M., 2002. Social status and investigatory behaviour in the angelfish (*Pterophyllum scalare*). *Behaviour* 139:1469-1490.
- Goméz O., 2000 Peligro Green Terror. (*Aequidens rivulatus*). (visité 25-04-2018) URL: <http://www.ciclid.org> .
- Gouveia L, Rema P, Pereira O, Empis J., 2003. Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with micro algal. *Aquaculture Nutrition* 9(2): 123-129.
- Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Metailler R., 1999 – *Nutrition et alimentation des poissons et crustacés*. Ed. INRA. Paris, 397- 412p
- Güroy, D., Şahin, I., Güroy, B., Altin, A. and Merrifield, D.L. 2012. Effect of Dietary Protein Level on Growth Performance and Nitrogen Excretion of the Yellow Tail Cichlid, *Pseudotropheus acei*. *The Israeli Journal of Aquaculture. Bamidgeh, IJA*:64.2012.684, 6 pp.

- Hardy RW, Torrissen OJ, Scott TM., 1990. Absorption and distribution of C-labelled canthaxanthin in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 87(3-4): 331-340.
- Hata M, Hata M., 1973. Studies on astaxanthin formation in some freshwater fishes. *Tohoku Journal of Agricultural Research* 24(4): 192-196.
- Ho ALFC, Zong S, Lin J., 2014. Skin color retention after dietary carotenoid deprivation and dominance mediated skin coloration in clown anemonefish, *Amphiprion ocellaris*. *AAFL Bioflux* 7(2): 103- 115.
- Honebrink R., 1990. *Fishing in Hawaii: a Student Manual*. Education Programme. Division of Aquatic Resources, Honolulu, Hawaii.
- Huyghebaert G., 1993. The utilisation of oxy-carotenoids for egg yolk pigmentation. Thesis of the University of Gent (Belgium).
- International commission on microbiological specification for foods., 1996.- *Micro-organisms in Foods* (217-225). In: *salmonellae*.- Singapore: Kluwer Academic Plenum Publishers.- 513 p.
- Jauncey K., B. Ross., 1982. *A guide to tilapia feeds and feeding*. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland, 111 p.
- Jordan R, Kellogg K, Juanes F, Howe D, Stauffer J, Loew E, et al., 2004. Ultraviolet reflectivity in three species of lake Malawi rock-dwelling cichlids. *Journal of Fish Biology*;65:876–82.
- Kalinowski, C.T., Robaina, L.E., Fernandez-Palacios, H., Schuchardt, D. Izquierdo, M.S., 2005. Effect of different carotenoid sources and their dietary levels on red porgy (*Pagrus pagrus*) growth and skin colour. *Aquaculture* 244, 223–231.
- Katia O., 2001. Ornamental fish trade. *INFOFISH International* 3: 14-17.
- Kelber, D., 1999. *Tucunaré uma paixão internacional*. Coleção pescarte 02, Editora Arte & Ciencia, São Paulo, 96 pp.
- Keith P., LE BAIL P.Y., PLANQUETTE P., 2000. *Atlas des poissons d'eau douce de Guyane Tome2, Fascicule 1, édition MNHN*, 146-229 .
- Keith P., LE BAIL P.Y., PLANQUETTE P., 1996. *Atlas des poissons d'eau douce de Guyane Tome 1, éditions MNHN*, 1-30.
- Kodric-Brown A, Johnson SC., 2002. Ultraviolet reflectance patterns of male guppies enhance their attractiveness to females. *Animal Behaviour* ; 63:391–6.

- Kruger, D.P., Britz, P.J. and Sales, J. 2001. Influence of varying dietary protein content at three lipid concentrations on growth characteristics of juvenile swordtails (*Xiphophorus helleri* Heckel 1848). *Aquarium Sciences and Conservation*, 3: 275–280. doi: 10.1023/A:1013150314719.
- Kullander, S.O. 1998. A phylogeny and classification of the South American Cichlidae (Teleostei: Perciformes). Pp. 461-498, In: L.R. Malabarba, R.E. Reis, R.P. Vari, Z.M.S. Lucena and C.A.S. Lucena (eds.). *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. Edipucrs, Porto Alegre.
- Kullander, S.O. 2003. Cichlidae. Pp. 605-654 In Reis, R.E., S.O. Kullander & C.J. Ferraris, Jr., (eds.), *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. Edipucrs, Porto Alegre, 729 pp.
- Leclercq E, Taylor JF, Migaud H., 2010. Morphological skin colour changes in teleosts. *Fish and Fisheries* ;11:159–93.
- LIMA, A. O.; BERNARDINO, G.; PROENÇA., 2001. C. E. M. Agronegócio de peixes ornamentais no Brasil e no mundo. *Panorama da Aquicultura*, v.11, p.14-24.
- Liem, K.F. & P.H. Greenwood. 1981. A functional approach to the phylogeny of the pharyngognath teleosts. *American Zoologist*, 21: 83-101.
- Lochmann, R.T. & H. Phillips. 1994. Dietary protein requirement of juvenile golden shiners (*Notemigonus crysoleucas*) and goldfish (*Carassius auratus*) in aquaria. *Aquaculture*, 128(3-4): 277-285.
- Malcolm, C., Beverdije, H., & McAndrew, B., 2000. *Tilapias: biologie and exploitation*. Institute of aquaculture. University of stirling, Scotland. Kluwer Academic Publishers, 185 p.
- Martin González, Jorge Rodríguez, Mario López, Guilber Vergara, Antón García., 2016. ESTIMATE OF PERFORMANCE AND NUTRITIONAL VALUE OF THE OLD BLUE (*Andinoacara rivulatus*) (Revista de Investigación Talentos 36 III. (2) 36-42 .
- Martty, A.H. & D.D. Coutto., 1976. *Peces tropicales y el novicio*. Albatros, Buenos Aires, Argentine.
- Masser, M., Rakocy, J., y Losordo, M., 1999. Recirculating aquaculture tank. Production systems. Management of recirculating systems. *Southern Regional Aquaculture Center* 452: 1-12.
- Matsuno T, Tsushima M, Maoka T., 2001. Salmoxanthin, deepoxy-salmoxanthin and 7,8- didehydrodeepoxy-salmoxanthin from salmon *Oncorhynchus keta*. *J Nat Prod* 64(4): 507-510.
- Mehrad B., Sudagar M., 2010. The effect of vitamin C on growth factors, survival, reproduction and sex ratio in guppy (*Poecilia reticulata*). *AAFL Bioflux* 3(3):163-170.

- Miller, S.M. and Mitchell, M.A. 2008. Ornamental Fish. In: M. Mitchell and T. Tully (Eds.). Manual of Exotic Pet Practice. Saunders Publ., St. Louis: 39-72
- National Research Council (NRC)., 1993. Nutrient requirements of fish. National Academy Press, Washington DC, USA.
- Oumar moahamat-silaye., 1981 . Etude de la composition chimique étude la valeur nutritive de quelques aliments du Sénégal ,Ostrom Dakar.
- O'Quin CT, Drilea AC, Roberts RB, Kocher TD., 2012. A small number of genes underlie male pigmentation traits in Lake Malawi cichlid fishes. *Journal of Experimental Zoology* ;318B:199–208.
- Parker RS., 1996. Absorption, metabolism and transport of carotenoids. *FASEB J* 10(5): 542-551.
- Perez-Rodriguez L., 2009. Carotenoids in evolutionary ecology: reevaluating the antioxidant role. *BioEssays*, 31: 1116-1126.
- Puentes A. Cría y reproducción de *Aequidens rivulatus*. *Cíclidos on line* [serial online] 2002 [26 marzo 2004] URL: <http://www.ciclidosonline.com.ar>.
- Ribeiro, F. A. S.; Rodrigues, L. A.; Fernandes., 2007.J. B. K. Desempenho de juvenis de acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) com diferentes níveis de proteína bruta na dieta. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, v. 3, n.2, p.195-203.
- Riehl, R. and H.A. Baensch., 1991. *Aquarien Atlas. Band. 1. Melle: Mergus, Verlag für Natur-und Heimtierkunde, Germany.* 992 p.Sales J and GPJ Janssens. Methods to determine metabolizable energy and digestibility of feed ingredients in the domestic pigeon (*Columba livia domestica*). *Poultry Science* 2003; 82, 1457-61.
- Royes, J.A., Murie, D.J. and Francis-Floyd, R. 2006. Effects of varying dietary protein and lipid levels on growth performance and hepatocyte changes in juvenile African cichlids. *The Journal of the World Aquaculture Society*, 37(1):48-59.
- Sales J and GPJ Janssens., 2003. Methods to determine metabolizable energy and digestibility of feed ingredients in the domestic pigeon (*Columba livia domestica*). *Poultry Science*; 82, 1457-61
- Salzburger W, Braasch I, Meyer A., 2007. Adaptive sequence evolution in a color geneinvolved in the formation of the characteristic egg-dummies of male haplochromine cichlid fishes RID A-6948-2010 RID C-9826-2009. *BMC Biology*; 5:51.

- Saxena A., 1994. Health coloration of fish. International Symposium on Aquatic Animal Health: Program and Abstracts. University of California, School of Veterinary Medicine, Davis, CA, USA, pp. 94.
- Schiedt K., 1998. Absorption and metabolism of carotenoids in birds, fish and crustaceans. In: Carotenoids Biosynthesis and Metabolism. Britton GS & Pfander H (Eds.), Birkhäuser: Basel, Switzerland, pp.285-358.
- Seemann M., 1997. Eidotterpigmentierung: Unterschiede bei natürlichen und synthetischen Carotinoiden? DGS Magazin 49(36): 24-28.
- Shahidi F, Metusalach B and brown JA., 1998. Carotenoid pigments in seafoods and aquaculture, Crit Rev Food Sci Nutr, 38, 1-6718:
- Shivendra Kumar, D. Choudhury, K. Baruah, M. Biswal, Umesha. D, \*N. P. Sahu., 2005. Effect of feeding three different formulated feeds having different protein levels on the growth of Angel fish (*Pterophyllum scalare*) juveniles. Fish Nutrition and Biochemistry Division, Central Institute of Fisheries Education, Versova, Mumbai- 400061, India. J. Indian Fish. Assoc., 32: 95-101.
- Sifuentes M., 1992. Ictiología básica y aplicada en la cuenca del río Santa. Concytec. Perú.
- Sinha A, OA Asimi., 2007. China rose (*Hibiscus rosa sinensis*) petals: a potent natural carotenoid source for goldfish (*Carassius auratus* L). Aquaculture Research 38(11): 1123- 1128.
- Soares M.G.M., Almeida R.G. and Tunk W.T., 1986. The trophic status of the fish fauna in Lago Camaleao, a macrophyte dominated floodplain lake in the middle Amazon. Amazoniana 9(4): 511- 526.
- Stawikowski, R. and U. Werner, 1998. Die Buntbarsche Amerikas, Band 1. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Germany, 540 p.
- Stawikowskir., Werner U., 1995. Die Typusart ist Maulbrüter DATZ 7, 422-427.
- Stawikowskir., Werner U., 1987. Die Buntbarsche der Neuen Welt: Südamerika Edition Kernen, 288p.
- Stiassny M.L.J., 1993. What is a cichlid ? Tropical fish hobbyist, Novembre.
- Stiassny M.L.J., 1991. Phylogenetic intrarelationships of the family Cichlidae : an overview.M.H.A.Keenleyside(Hg) (1991): Cichlid fishes. Behaviour, ecology and evolution. London ,New York, Tokyo, Melbourne, Madras.
- Stiassny, M.L.J., 1981. The phyletic status of the family Cichlidae: a comparative anatomical investigation. Netherlands Journal of Zoology, 31: 275-314.
- Storebakken T, Hong KN., 1992. Pigmentation of rainbow trout. Aquaculture 100(1-3): 209-229.

- Storebakken T, P Foss, K Schiedt, E Austreng, SL Jensen et al., 1987. Carotenoids in the diets for salmonids IV. Pigmentation of Atlantic salmon with astaxanthin, astaxanthin dipalmitate and canthaxanthin. *Aquaculture* 65(3-5): 279-292.
- Swingle, H.S., 1961. Relationships of pH of pond waters to their suitability for fish culture. *Proceed. Pac. Sci. Cong.* 9: 72-75.
- Tanaka Y., 1978. Comparative biochemical studies on carotenoids in aquatic animals. *Mem Fac Fish* 27(2): 355-422.
- Theis A, Salzburger W, Egger B., 2012. The function of anal fin egg-spots in the cichlid fish *Astatotilapia burtoni*. *PloS ONE* 7(1): e29878.
- Thierry J., 2000. L'amérique du sud Le guide des cichlidés ,10-37
- Torrissen OJ., 1986. Pigmentation of salmonids - a comparison of astaxanthin and canthaxanthin as pigment sources for rainbow trout. *Aquaculture* 53(3-4): 271-278.
- Torrissen OJ., 1989. Pigmentation of salmonids: Interaction of astaxanthin and canthaxanthin on pigment deposition in rainbow trout. *Aquaculture* 79(1-4): 363-374.
- Tresierra A., 1993. CULQUICHICÓN Z. Biología pesquera. Trujillo: Edit. Libertad.
- Tyssandier V, Lyan B, Borel P., 2001. Main factors governing the transfer of carotenoids from emulsion lipid droplets to micelles. *Biochimica Biophysica Acta* 1533(3): 285-292.
- Welliton G. De Franca, Fabricio Martins Dutra, Luana Cagol, Maria Luiza Ruiz, Pedro Gusmão Borges Neto, Leandro Portz., 2017. Levels of digestible protein in diets for the freshwater angelfish *Pterophyllum scalare* (Gunther, 1862) .*Archives of Veterinary Science* ISSN 1517-784X v.22, n.3, p.75-82, 201.
- Wener U., 2002. Die Kinderstube der cichlidien DCG-Info , Sonderheft ,1
- Withers PC., 1992. *Comparative Animal Physiology*. Brook Cole- Tomson Learning. Saunders College Publishing/harcourt Brace Jovanovich College, USA, pp. 94.
- Winfrey, R.A. and Stickney, R.R., 1981. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. *The Journal of Nutrition*, 111:1001–1012.
- White DA, Page GI, Swaile J, Moody AJ, Davies SJ., 2002. Effect of esterification on the absorption of astaxanthin in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walburn). *Aquaculture Research* 33: 343-350.

Wozniak M., 2000. Carotenoid contents in the body of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, from different habitats. *Fol Univ Agric Stetin 214 Piscaria* 27: 215-220.

Yamamoto M.E., Chellappa S., Cacho M. S. R. F., Huntingford F. A., 1999. Mate guarding in an Amazonian cichlid, *Pterophyllum scalare*. *Journal of Fish Biology* 55: 888-891.

Zihler, F. 1982. Gross morphology and configuration of digestive tracts of Cichlidae: phylogenetic and functional significance. *Netherlands Journal of Zoology*, 32: 544-571.

Zuzana musilová, Ingo schindler, Wolfgang staeck., 2009. *Vertebrate Zoology* 59 (2) 131 – 141 © Museum für Tierkunde Dresden, ISSN 1864-5755.

Site web

[http://www.biopix.eu/pterophyllum-scalare\\_photo-76956.aspx](http://www.biopix.eu/pterophyllum-scalare_photo-76956.aspx)

<https://www.djazairess.com/fr/horizons/117881>

## Abstract

In this study, the efficacy of food manufactured on the growth and pigmentation of *Pterophyllum scalare* (initial average weight 0.41 g) and *Andinoacara rivulatus* (initial average weight 1.13 g) was studied. The experiment was carried out over 50 days. Microbiological and biochemical analyzes were conducted to evaluate the quality of the food produced. To test the effect of food on aquarium water quality, different of physicochemical parameters were measured throughout the experiment. According to the results of the performance indices, the best were found in the group at *P.scalare* that received the food based on saurel with an IC of 1.62 and a TCS of 4.15. In *A.rivulatus*, fish fed with the sardine waste feed showed better results with an IC of 1.85 and a TCS of 4.05. Fish fed with artificial and natural pigment-rich foods showed an improvement in dermal staining with higher percentages than those fed with the non-pigmented food and commercial feed. According to the biochemical results obtained, all the manufactured foods respond positively to the nutritional needs of the fish studied. In terms of hygiene and health all foods don't exceed the threshold of contamination and not a negative effect on the quality of the aquarium water.

Keywords: ornamental fish, *Pterophyllum scalare*, *Andinoacara rivulatus*, growth, pigmentation, nutrition, fish farming

## ملخص

في هذا البحث تم دراسة فعالية الأعلاف المصنعة على نمو وتصبغ نوعين من أسماك الزينة المتمثلة في سمك الأنجل (متوسط وزن أولي 0.41 غ) وسمك الإندينوآكارا (متوسط وزن أولي 1.13 غ). أجريت التجربة على مدار 50 يوماً، حيث قمنا خلالها بإجراء تحاليل ميكروبيولوجية وبيوكيميائية لتقييم جودة الأعلاف المصنعة، كما قمنا بتحليل فيزيوكيميائية لمياه الأحواض لمعرفة تأثير الغذاء على جودة ماء الحوض خلال التجربة. استناداً على النتائج المحصل عليها من خلال معاملات الفعالية المطبقة على كل نوع من الأسماك و الأعلاف، تم التحصل على أفضل النتائج لمجموعة الأنجل التي تم تغذيتها بالعلف الذي يحتوي على طحين الإسقمري حيث مؤشر التحويل قدر ب 1.62 ومعدل النمو المحدد ب 4.15 بالمئة، اما فيما يتعلق بسمك الإندينوآكارا، أظهرت النتائج ان الأسماك المغذية بالعلف المكون من طحين السردين أكثر فعالية من نظيراتها بمؤشر تحويل 1.85 ومعدل النمو المحدد 4.05. كما أن الأسماك المغذية بالأطعمة الغنية بالأصباغ الصناعية والطبيعية ألقت تحسناً ملحوظاً في تلوين الجلد بنسب أعلى من تلك التي غذيت بالأعلاف الغير المصبوغة والأعلاف التجارية. وفقاً للنتائج البيوكيميائية التي تم الحصول عليها، فإن جميع الأطعمة المصنعة تستجيب بشكل إيجابي للاحتياجات الغذائية للأسماك التي تمت دراستها كما ان نتائج الدراسة الميكروبيولوجية أكدت ان جميع الأعلاف المصنعة لا تتجاوز عتبة التلوث وليس لها تأثير سلبي على نوعية ماء الحوض

**كلمات مفتاحية:** أسماك الزينة، الأنجل، الإندينوآكارا، النمو، الصبغ، التغذية، تربية المائيات

## Résumé

Dans cette étude, l'efficacité des aliments fabriqués sur la croissance et la pigmentation de *Pterophyllum scalare* (poids moyen initial 0.41 g) et d'*Andinoacara rivulatus* (poids moyen initial 1.13 g) a été étudiée. L'expérience a été effectuée sur 50 jours. Ainsi des analyses microbiologiques et biochimiques ont été effectuées afin d'évaluer la qualité des aliments fabriqués. Pour tester l'effet des aliments sur la qualité de l'eau d'aquarium, différents paramètres physico-chimique ont été mesurés tout au long de l'expérience. Selon les résultats des indices de performance, les meilleurs ont été trouvés dans le groupe qui a reçu l'aliment à base de saurel chez le *P.scalare* avec un IC de 1.62 et un TCS de 4.15. Chez l'espèce *A.rivulatus* les poissons nourris avec l'aliment à base de déchets de sardine ont présenté de meilleurs résultats avec un IC de 1.85 et un TCS de 4.05. Les poissons qui sont nourris par des aliments riches en pigment artificiel et naturel ont présenté une amélioration au niveau de la coloration du derme avec des pourcentages plus élevées que ceux nourris par l'aliment sans pigment et l'aliment commercial. Selon les résultats biochimiques obtenus tous les aliments fabriqués répondent positivement aux besoins nutritionnels des poissons étudiés. Sur le plan d'hygiène et sanitaire tous les aliments ne dépassent pas le seuil de contamination et n'ont pas d'effet négatif sur la qualité de l'eau d'aquarium.

Mots clés : poisson d'ornement, *Pterophyllum scalare*, *Andinoacara rivulatus*, croissance, pigmentation, nutrition, aquaculture