



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الجيلالي بونعاما لخميس مليانة

Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre

Département de Biologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

En hydrobiologie appliquée

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Option : Hydrobiologie appliquée

Thème

Etude des performances de certains aliment fabriqués localement sur la pigmentation et la croissance des poissons d'ornement, le cas de la carpe koi « *Cyprinus carpio carpio* »

Présenté par :

OTSMANE Wafa

ELHAMMEL Loubna

Soutenu devant le jury :

Mr DJEZZAR.M	Maître de conférences B	U. D. B. K. M	Président
Mr ROUBAH.A	Maître de conférences B	U. D. B. K. M.	Examineur
Mme ALLIOUCHE.F	Maître de recherche B	CNRDPA	Promotrice
Mme HANDJAR. H	Maître de conférences B	U.D.B.K.M	Co promotrice

Promotion : 2019/2020

Remerciements

Nous souhaitons tout d'abord remercier le grand **Allah**, le tout puissant, le miséricordieux, qui nous donné l'opportunité, la volonté et qui a allumé nos chemins pour achever ce mémoire.

A Madame le Docteur **ALLIOUCHE FAIZA**, nous exprimons nos profonds remerciements pour l'aide compétente qu'elle nous a apportée, pour sa patience, sa confiance, son encouragement, et son œil critique qui nous a été très précieux pour structurer le travail et améliorer la qualité des différentes sections de notre mémoire. Merci pour ce sujet de mémoire qui nous a permis d'en savoir plus sur l'aquaculture, merci d'avoir toujours été présente.

Nos plus vifs remerciements notre Co-promoteur madame **HANDJAR Houria** qui a accepté de Co-encadrer ce mémoire, qu'elle trouve ici nos vifs remerciements.

Nous remercions particulièrement Monsieur **DJEZZAR Miliani**, d'avoir accepté de juger ce travail et nous faire l'honneur de présider le jury ainsi ses efforts pour le développement de notre spécialité, qu'il trouve ici notre respect et remerciement.

Nos vifs remerciements et nos respects les plus distingués vont à Monsieur **ROUABAH Abdelkader** pour avoir accepté d'examiner notre travail de mémoire de master et pour leur encouragement et multiples conseil, depuis la première année, jusqu'à la cinquième année universitaire.

Nous tenons à exprimer nos très vifs remerciements à tous nos enseignants chacun en son nom de la filière Hydrobiologie marine et continentale de la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre. Nous les prions de trouver ici l'expression de notre sincère respect et de notre profonde gratitude.

On tient à remercier également l'ensemble des enseignants de l'université de **KHMIS MILIANA** et en particulier ceux de la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre.

A toute l'équipe du Centre National de recherche en Pêche et Aquaculture **Cnrâpa**. Surtout à monsieur **HALIM CHELIJ** et **KHALED ADDOUR** pour leur gentillesse, leur aide et leurs conseils concernant le sujet de notre mémoire.

Qu'il nous remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

DEDICACES

A mes parents

Pour m'avoir toujours soutenue aveuglement même quand les autres n'y croyaient pas.
Pour m'avoir tout donné, tout sacrifié. Pour m'avoir appris que l'amour ça peut durer. Parce que la seule chose plus grande que leur amour pour moi c'est mon amour pour eux, Que Dieu vous protège pour moi

A ma mère

Pour ton amour, ton soutien, notre belle complicité, nos fous rire, nos longues conversations téléphoniques, celle qui ma donné la vie, qui a mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillée tout au long de ma vie à m'encourager, à ma donner l'aide et à ma protéger.

« Je t'aime »

A mon papa

Pour ton amour, qui ma donné la vie le symbole de tendresse, qui s'est sacrifié pour mon bonheur et ma réussite, tout ce que tu as fait pour moi, pour tes conseils pourtant judicieux, et parce que tu as réussi à diriger ma vie. « Je t'aime »

A mon fiancé

Dit « mon cœur » ou « mon tous le monde » (ça dépend des jours) Pour être à la fois un mari, un ami, un frère, un père. A nos délires, à Monsieur Youcef Rouabah, Parce que tu aimes aussi mes défauts, que tu supporte mes caprices, que tu sais si bien me reconforter quand ça va pas, et afin d'encourager a toute la durée de mon travail sur le mémoire.

A notre futur mariage a nos projets d'avenir. « Je t'aime »

A mes adorables sœurs « Asma ; Amel », a mes frères « Abdelkader ; Mohammed »

Pour toutes nos rigolades, les discussions philosophiques les gentilles taquineries. Je vous souhaite tout le bonheur possible. « Je vous aime »

A mon petit frère, mon ange Youcef

A mes grandes mères

A mon grand père

A toute ma famille

A mon oncle « MOURAD » que dieu aient ses âmes

A ma belle-famille

A mes toutes mes amies

*A tous les étudiants de l'option Hydrobiologie appliquée Promotion
2019/2020*

*A Mon camarade Touhari youcef, que Dieu le guérisse et le protège
Inchaa Allah*

A tous ceux qui me sont chères.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

A ma chère Binôme Loubna

Et à ce que je n'ai pas cité, je garde une grande estime.

WAFÀ MOHAMMED OTSMANE

DEDICACES

*À la fontaine du don, qui a planté en moi ambition et
persévérance Mon cher père*

A qui tu m'as donné une lumière qui a éclairé mon chemin

.....

Ma chère mère

À mes bien-aimés et à mes chers Mes sœurs

Et mes frères

Mes neveux

*À tous ceux qui m'ont encouragé dans mon cheminement
vers l'excellence et le succès*

À tous ceux qui m'ont soutenu et qui se tenaient à mes côtés

Loubna

Table des matières	
Liste des Figures	
Liste des Tableaux	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
INTRODUCTION.....	01

CHAPITRE I

GENERALITE

I.1.	Historique, évolution du poisson d'ornement dans le monde.....	03
I.2	Historique et origine des carpes koi.....	05
I.3	Impact de l'aquariophilie.....	06
<i>I.3.1</i>	impact socioéconomique de l'aquariophilie.....	06
<i>I.3.2</i>	Impact scientifique.....	06
<i>I.3.3</i>	Impact sur la santé humaine.....	07
I.4	Commerce des poissons d'ornements.....	07
I.5	Description de la carpe koi.....	08
I.5.1	Systématique.....	08
<i>I.5.2</i>	Morphologie.....	09
<i>I.5.2.1</i>	Corps.....	09
<i>I.5.2.2</i>	Les nageoires.....	10
<i>I.5.2.3</i>	Les écailles.....	10
<i>I.5.2.4</i>	opercule.....	10
<i>I.5.2.5</i>	Anus.....	10
<i>I.5.2.6</i>	Les yeux.....	11
<i>I.5.2.7</i>	Les narines.....	11
<i>I.5.2.8</i>	Les barbillons.....	11
<i>I.5.2.9</i>	La ligne latérale.....	11
<i>I.5.2.10</i>	La bouche.....	12
<i>I.5.3.</i>	Le squelette.....	12
<i>I.5.4</i>	anatomie et physiologie de l'appareil digestif.....	13

<i>I.5.4.1</i>	Cavité bucco-pharyngienne.....	13
<i>I.5. 4.2</i>	L'appareil protracteur.....	13
<i>I.5. 4.3</i>	Les dents pharyngiennes.....	13
<i>I.5. 4.4</i>	Tube digestif antérieur.....	14
<i>I.5. 4.5</i>	Tube digestif postérieur.....	14
<i>I.5.4.5.1</i>	L'intestin.....	14
<i>I.5.4.5.2</i>	Rectum.....	14
<i>I.5.4.5.3</i>	La vessie natatoire.....	14
<i>I.5. 4.6</i>	Physiologie de la digestion.....	15
<i>I.5.4.6.1</i>	Digestion gastrique.....	15
<i>I.5.4.6.2</i>	Digestion hépato-pancréatique.....	15
<i>I.5.5</i>	La musculature.....	16
<i>I.5.6</i>	Le cœur.....	16
<i>I.6</i>	habitat et biologie.....	16
<i>I.6.1</i>	Conditions environnementales.....	16
<i>I.6.2</i>	Régime alimentaire.....	17
<i>I.6.3</i>	La maturité sexuelle et le Mécanisme de la reproduction.....	18
<i>I.6.4</i>	Dimorphisme sexuel.....	19
<i>I.6.5</i>	Cycle de vie.....	21
<i>I.6.6</i>	Caractère métrique et pondéral.....	21
<i>I.7</i>	Besoins nutritionnels.....	22
<i>I.7.1</i>	Besoins en protéine.....	22
<i>I.7.2</i>	Besoin en lipide.....	23
<i>I.7.3</i>	Besoins en glucide.....	23
<i>I.7.4</i>	Besoin en vitamine.....	23
<i>I.7.4.1</i>	Provitamines A.....	24
<i>I.7.5</i>	Besoins en minéraux.....	25

I.8	Caroténoïdes et pigmentation.....	26
I.8.1	Définition.....	26
I.8.2	Structure chimique.....	26
I.8.3	Diversités des caroténoïdes dans le poisson.....	28
I.8.4	Absorption de la lumière et de la couleur.....	28
I.8.5	Durabilité des couleurs.....	29
I.8.6	La fabrication de la couleur.....	29
I.8.7	Digestibilité ou disponibilité.....	30
I.9	Les maladies de la carpe koï.....	30
I.9. 1	Les champignons.....	30
I.9. 2	Les bactéries.....	30
I.9. 3	Les virus.....	31
I.9. 4	Les parasites.....	31
I.9. 5	Quelques pathologies affectants la carpe koï.....	31
I.9. 5.1	La maladie du sommeil.....	31
I.9. 5.2	KHV ou Herpèsvirus cyprin 3 (CyHV-3).....	32

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODES

	Rappel de l'objectif de l'étude.....	33
II. 1	Protocole expérimental.....	33
II. 1.1	Structure d'élevage.....	33
II.1. 2	Matériel biologique.....	34
II.1. 3	Distribution des aliments.....	34
II. 2	Formulation d'aliment.....	35
II. 2. 1	Les matières premières.....	35
II. 2.2	Composition d'aliments formulés.....	36
II. 2.3	Préparation la farine de crevette.....	38
II. 2.4	Préparation la farine de poisson.....	38
II. 2.5	Fabrication d'aliment.....	39

II.2.5.1	Broyage.....	40
II.2.5.2	Pesage.....	40
II.2.5.3	Mélange (homogénéisation).....	40
II.2.5.4	Mise en forme (Pressage).....	40
II.2.5.5	Séchage.....	40
II. 3	Dosage biochimique des farines et aiment.....	41
<i>II. 3. 1</i>	Dosage des protéines.....	41
<i>II. 3.2</i>	Extraction des lipides selon la méthode Soxhlet.....	42
<i>II. 3.3</i>	Dosage des cendres brutes.....	43
<i>II. 3.4</i>	Dosage des glucides (fibres).....	43
<i>II. 3.5</i>	Détermination de la teneur en eau.....	44
II. 4	Contrôle microbiologique des farines et aliments.....	44
II. 5	Les paramètres zootechniques mesurés.....	45
II. 5. 1	Taux de mortalité (TM).....	45
<i>II. 5. 2</i>	Taux de survie (TS).....	45
<i>II. 5. 3</i>	Poids moyen initial (Pmi).....	45
<i>II. 5. 4.</i>	Poids moyen final (Pmf).....	45
II. 5. 5	Taux de croissance journalier (TCJ).....	46
II. 5. 6	Taux de croissance spécifique (TCS).....	46
II. 5.7	Gain du poids (GP).....	46
II. 5. 8	Facteur condition (k).....	46
II. 5. 9	L'indice de consommation alimentaire.....	46
II. 5.10	L'indice viscérosomatique (IVS).....	47
II. 5.11	Le coefficient d'efficacité protéique (CEP).....	47
II. 6	Caractéristique physique de l'aliment.....	47
II. 6.1	La stabilité de l'aliment dans l'eau.....	47
II. 6.2	Granulométrie.....	47
II. 6.3	Flottabilité.....	48
II. 6.4	L'acceptabilité.....	48

II. 7	Suivi de la qualité de l'eau.....	48
II. 8.	Enquête sur l'aquariophilie et le marché de la carpe koï en Algérie.....	49

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSION

III.1	Résultats de notre étude.....	50
III.1.1	La farine de crevette.....	50
III.1.2	La farine de déchets de sardine.....	50
III.1.3	Qualité biochimique des 3 aliments utilisés (A0, A1 et A2).....	51
III.1.4	Caractéristiques des aliments.....	52
III.1.4.1	L'acceptabilité.....	52
III.1.4.2	La stabilité.....	52
III.1.4.3	La flottabilité.....	52
III.1.5	Coût de revient des aliments.....	52
III.1.6	Enquête sur l'aquariophilie et le marché de la carpe koï en Algérie.....	53
III.2	Etude synthétique de l'effet de quelques aliments sur la pigmentation et la coloration de la carpe koï.....	56
III.2.1	Reproduction artificielle, alevinage et pre-grossissement de la carpe koï (Cyprinus carpio carpio), avec un essai d'amélioration de la coloration par l'utilisation des pigments.....	56
III.2.2	Coloration du poisson d'ornement (Cyprinus carpio et Carassius auratus) par une biomasse de microalgues.....	57
III.2.3	Surveillance de la croissance des poissons koi (Cyprinus carpio) par techniques d'écloserie naturelle à Umbulan, Pasuruan, Java oriental.....	58
III.2.4	Etude des performances de croissance des poissons Koï, par l'utilisation de viscères de volaille comme ingrédient potentiel pour la substitution de la farine de poisson.....	59
III.2.5	Effet des pigments alimentaires sur la coloration de la carpe ornementale japonaise (koï, Cyprinus carpio carpio).....	60
III.2.6	Comparaison entre les différents travaux cités.....	62
	CONCLUSION	65
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	67

Liste de figures

Figure 1	Retrace les mutations à l'origine variété moderne.....	06
Figure 2	Valeur d'exportation des poissons et invertébrés d'ornement.....	07
Figure 3	Morphologie externe de la carpe koi <i>Cyprinus Carpio Carpio</i>	09
Figure 4	Bouche protractile en action.....	12
Figure 5	squelette d'un koi.....	13
Figure 6	Os de la mâchoire supportant des dents.....	14
Figure 7	Forme de l'ossature de la mâchoire avec des dents.....	14
Figure 8	Aspect macroscopique des divers segments du tube digestif de la Carpe	15
Figure 9	dimorphisme sexuel chez la carpe koi.....	21
Figure 10	Structure chimique du certaines molécules de carotènes.....	27
Figure 11	Carpes koi affectées par la maladie du sommeil	32
Figure 12	Un herpesvirus émergent chez la carpe koi.....	32
Figure 13	équipement d'un aquarium.....	33
Figure 14	composition de l'aliment A1.....	37
Figure 15	composition de l'aliment A2.....	37
Figure 16	Les étapes de la fabrication de farine de poisson.....	39
Figure 17	Les étapes de la fabrication d'aliment.....	41
Figure 18	photo d'un Analyseur multi paramètre.....	48
Figure 19	valeurs nutritionnelles des 3 aliments (A0, A1 et A2)	51
Figure 20	test de flottabilité des aliments.....	52
Figure 21	Répartition de l'aquariophilie entre les deux genres.....	53
Figure 22	Répartition de l'aquariophilie par rapport la catégorie d'âge.....	53
Figure23	Répartition de l'aquariophilie par rapport à la région.....	54
Figure24	les principales espèces de l'aquariophilie en Algérie.....	55

Liste des tableaux

Tableau 01	quelques variétés de la carpe koï.....	08
Tableau 02	Les paramètres physico-chimiques du milieu de la carpe koï.....	17
Tableau 03	Échelle macroscopique de maturité sexuelle chez la carpe.....	20
Tableau 04	Les dix acide aminé par portion en nourriture naturelle (pH <7)	22
Tableau 05	Besoins en vitamines pour la croissance de carpe, par kilo d'aliment.....	24
Tableau 06	Les principaux rôles des provitamines A.....	25
Tableau 07	Besoins en minéraux de la carpe koï.....	25
Tableau 08	Sources principales de quelques caroténoïdes d'importance nutritionnelle.....	27
Tableau 09	distribution des aliments expérimentaux dans les 6 aquariums.....	34
Tableau 10	Composition chimique des matières premières.....	36
Tableau 11	composition biochimique des 3 aliments expérimentaux.....	51
Tableau 12	composition des 3 aliments.....	56
Tableau 13	performances de croissance et l'efficacité de l'utilisation de l'aliment.....	58
Tableau 14	performances de pigmentation et l'efficacité de l'utilisation de l'aliment.....	58
Tableau 15	composition des 4 régimes.....	59
Tableau 16	résultat de performance de croissance.....	59
Tableau 17	Composition biochimique des régimes.....	61
Tableau 18	Performance de croissance et utilisation de l'alimentation des régimes expérimentaux nourris pour koï pendant 99 jours.....	61

Etude des performances de certains aliments fabriqués localement sur la pigmentation et la croissance des poissons d'ornement, le cas de la carpe koï « *Cyprinus carpio carpio* »

Résumé

Cette étude est consacrée sur l'évaluation de l'efficacité de deux aliments fabriqués sur la croissance et la coloration de la carpe koï, en utilisant des ingrédients locaux et en valorisant les coproduits de la pêche. Le premier aliment (A1) contient la farine de crevette comme source de protéines et de pigmentation (astaxanthine), alors le deuxième aliment formulé (A2) est composé de la farine de poisson à base de coproduits de sardine comme source de protéine animale et de β -carotène comme une source de pigmentation. Les deux formules d'aliments sont basées sur les besoins nutritionnels et pigmentaires de notre espèce. Pour le Protocole expérimental, on a planifié de travailler sur 180 individus de carpe koï du poids moyen initial d'1 gramme ($pm=1g$), répartis dans 6 aquariums avec un nombre de 30 alevins par aquarium. La ration journalière (R_j) est de 10% de la biomasse des individus. Ce taux de rationnement sera ajusté tous les 10 jours après chaque pesée de contrôle de croissance. La ration quotidienne sera divisée en 4 parties, une distribuée aux poissons à 9 heures, une à 11 heures, une à 13 heures et l'autre à 15 heures. Les résultats de la formulation d'aliment révèlent que nos deux aliments fabriqués répondent aux besoins nutritionnels de la carpe koï, la chose qui était confirmée par les analyses biochimiques indiquant des teneurs en protéines de 35.61% pour (A1) et 33.86% pour (A2), 7.71% de lipides dans l'aliment à base de crevette (A1) et 9.01% de lipides pour l'aliment à base des déchets de sardine (A2). L'analyse biochimique de la farine de la crevette et de la sardine indique des bonnes teneurs en protéines dans les deux farines utilisées, qui sont respectivement (43% de protéine, lipides 4%, et 3.6% des fibres) pour la crevette et (45.88% de protéine, lipides 13,45%) pour la farine à base des déchets de sardine. Le rendement était intéressant pour les deux farines. Le prix des deux aliments formulés est à la disposition des clients, 850 da pour 1kg de l'aliment (A2) et 1200 da pour 1kg de l'aliment (A1).

Mots clés : carpe koï, poisson d'ornement, croissance, pigmentation, aliment.

Study of the performance of certain foods produced locally on the pigmentation and growth of ornamental fish, the case of koi carp « *Cyprinus carpio carpio* »

Abstract

This study is devoted to the evaluation of the effectiveness of two manufactured foods on the growth and coloring of koi carp, using local ingredients and enhancing the co-products of the fishery. The first food (A1) contains shrimp meal as a source of protein and pigmentation (astaxanthin), while the second formulated food (A2) is composed of fish meal made from sardine co-products as a source of animal protein and β -carotene as a source of pigmentation. Both food formulas are based on the nutritional and pigment needs of our species. For the Experimental Protocol, it was planned to work on 180 individuals of koi carp of the initial average weight of 1 gram ($w_m = 1\text{g}$), distributed in 6 aquariums with a number of 30 fry per aquarium. The daily ration (R_j) is 10% of the biomass of individuals. This ration rate will be adjusted every 10 days after each growth control weighing. The daily ration will be divided into 4 parts, one given to the fish at 9 a.m., one at 11 a.m., one at 1 p.m. and the last at 3 p.m. The results of the feed formulation reveal that our two manufactured feeds meet the nutritional requirements of koi carp, which was confirmed by biochemical analyzes indicating protein contents of 35.61% for (A1) and 33.86 for (A2), 7.71% fat. in the shrimp feed (A1) and 9.01% fat for the sardine waste feed (A2). The biochemical analysis of the of the shrimp meal and the sardine indicates good protein contents in the two meals used, which are respectively (43% of protein, 4% lipids, and 3.6% of fibers) for the shrimp and (45.88% protein, fat 13.45%) for meal made from sardine waste. The yield was good for both meals. The price of the two formulated feeds is good to customers, 850 da for 1kg of feed (A2) and 1200 da for 1kg of feed (A1).

Keywords: koi carp, ornamental fish, growth, pigmentation, food.

دراسة فعالية بعض الاعلاف المصنعة محليا على تصبغ و نمو اسماك الزينة, دراسة حالة: سمك الكوي

ملخص

تركز هاته الدراسة على تقييم فعالية نوعين من الاعلاف مصنعين من طرفنا على نمو و تصبغ سمك الكوي، باستخدام مواد متوفرة محليا و مخلفات صيدية. العلف الاول يتكون من مسحوق الجمبري كمصدر للبروتين الحيواني و الصبغة، أما العلف الثاني يحتوي على مسحوق السمك كمصدر للبروتين الحيواني و صبغة بيتا كاروتين. تم التركيز في تشكيل كلا العلفين على الاحتياجات الغذائية و الصبغية لسمك الكوي. فيما يخص البروتوكول التجريبي، خططنا لاستخدام 180 من اصبعيات الكوي ذات وزن 1 غرام، موزعة على 6 احواض زجاجية بعدد 30 فرد في كل حوض. الكمية اليومية للعلف مقدرة ب 10 بالمائة من الوزن الكلي في الحوض تعدل كل 10 ايام بعد القيام بأخذ الوزن الجديد و تقسم هاته الكمية على شكل 4 وجبات في اليوم ابتداء من الساعة 9 صباحا، 11 ، الواحدة زوالا و اخيرا على الساعة الثالثة بعد الزوال.

تبين النتائج أن الاعلاف المصنعة ملائمة لاحتياجات الاسماك و هذا ما أكدته نتائج التحليل البيوكيميائي بحيث تقدر نسبة البروتين في كل من العلفين 35.61 بالمائة بالنسبة للعلف المكون من الجمبري و 33.86 بالمائة بالنسبة للعلف المكون من مسحوق السمك، و 7.71 بالمائة نسبة الدسم في علف الجمبري و 9.01 بالمائة من الدهون في علف مسحوق الاسماك. التحليل البيوكيميائي لكل من مسحوق الجمبري و مسحوق السمك اظهر نسبة عالية من البروتين في كلا من المسحوقين بحيث يتكون مسحوق الجمبري من 43 بالمائة من البروتين، 4 بالمائة دهون و 3.6 بالمائة الياف، و يتكون مسحوق السمك من 45.88 بالمائة من البروتين، و 13.45 بالمائة من الدهون. المرودية في كلا من المسحوقين كانت جيدة. فيما يخص الدراسة الاقتصادية قمنا بالقيام باستبيان ساعدنا في تحديد سعر العلف بشكل يوافق و يساعد امكانيات الزبائن بحيث حددنا سعر 850 دج لواحد كيلو غرام من العلف الذي يحتوي على مسحوق السمك و 1200 دج للعلف المكون من مسحوق الجمبري

الكلمات المفتاحية: سمك الكوي، سمك الزينة، النمو، التصبغ، العلف

Introduction



Introduction

De nos jours, plus de 90% des poissons d'eau douce rencontrés dans le commerce sont élevés dans des piscicultures tropicales, spécialisées dans les poissons d'ornement. Nombreuses sont les espèces venant ainsi d'Asie, alors qu'elles sont originaires d'Afrique (Patrice, 1997). Divers cyprinidés ornemanteaux font l'objet d'élevage en étangs en particulier le poisson rouge, la carpe koi, l'ide et la tanche dorée. Leur élevage est pratiqué sur tous les continents et de longue date (Billard, 1995).

La pisciculture ornementale est une activité aquacole de plus en plus croissante dans les pays en développement. Ce marché est en croissance depuis les années 80 avec des bénéfices annuels d'environ 900 millions de dollars avec la commercialisation du poisson et trois milliards de dollars avec les équipements et aliments connexes. Les pays asiatiques sont responsables de plus de la moitié de la production mondiale de cette activité tandis que les principaux consommateurs sont les États-Unis, le Japon et l'Europe en particulier l'Allemagne, la France et le Royaume-Uni (FAO, 1999).

La Carpe koi, *Cyprinus carpio carpio*, L est un membre de la famille des Cyprinidae et de l'ordre des Cypriniformes. C'est une mutation ornementale de la carpe commune (*C. carpio*), originaire d'Asie, en particulier de Chine et du Japon. C'est l'un des poissons d'ornement les plus populaires et préférés, et il a une valeur marchande élevée pour son excellente couleur. La couleur et le motif d'échelle (squamation) de l'espèce sont très variables. Une variété de couleurs et de motifs de couleurs a depuis été développée (Ahamed *et al*, 2016).

L'aliment artificiel constitue un facteur important pour le développement de l'aquaculture aussi bien dans le monde qu'en Algérie. Il est l'intrant le plus onéreux dans l'investissement des fermes aquacoles, il constitue 70 à 80% du prix de revient du produit aquacole. L'aquariophilie comme tous les projets aquacoles dépend des coûts, de la disponibilité et de la qualité de l'aliment. Cependant, contrairement aux formulations d'aliments destinés à la pisciculture alimentaire, les formulations d'aliments pour poissons d'ornement devraient être en mesure de maintenir la santé, la couleur et la longévité. (Vijayagopal *et al*, 2015). De plus, les paramètres traditionnels utilisés en aquaculture pour évaluer la formulation du régime alimentaire, telles que les performances de croissance et de reproduction, sont nécessaires pour envisager des régimes contenant des caroténoïdes pour améliorer la pigmentation de la peau et de la chair (Ahamed M *et al*, 2016).

Introduction

Les koï comme les autres poissons ne peuvent pas synthétiser les caroténoïdes, ils dépendent d'un apport alimentaire de ces pigments pour atteindre leur pigmentation naturelle de la peau. Les poissons utilisent des caroténoïdes, l'un des groupes les plus importants de pigments naturels, pour la pigmentation de leur peau et de leur chair. Les caroténoïdes couramment présents dans les sources de nourriture d'eau douce comprennent le β -carotène, la lutéine, la taraxanthine, l'astaxanthine, la tunaxanthine, les α -, β -doradexanthines et la zéaxanthine (Xiangium *et al*, 2012).

Malheureusement, en Algérie, malgré l'importance de l'aquariophilie pour l'économie du pays, la présence d'un marché des poissons d'ornement et l'intérêt des gens pour cette activité, les travaux de recherches restent restreints, que ce soit sur la reproduction ou la nutrition de ces poissons. A cet effet, notre travail est une contribution pour le développement de cette activité, par l'approvisionnement d'aliments formulés localement à moindre coût par rapport à l'aliment importé qui coûte plus cher. Notre objectif est de maîtriser l'élevage de la carpe koï, ses habitudes alimentaires, la connaissance des sources d'approvisionnement et de la valeur ajoutée des différents ingrédients ainsi que la maîtrise des techniques de formulation et de fabrication de l'aliment artificiel pour fournir des aliments avec des bonnes performances sur la coloration et sur la croissance de la carpe koï en cherchant des bonnes sources de protéines animales et des pigments, disponibles localement à un prix acceptable.

Notre mémoire est scindé en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à l'étude bibliographique de la carpe koï (sa place dans l'aquariophilie, systématique, morphologie, anatomie, écologie, régime alimentaire, besoins nutritionnels, la pigmentation et les principales sources de la pigmentation).
- Le deuxième chapitre représente le matériel et les méthodes nécessaires pour la formulation et la fabrication d'aliments, le control microbiologique et biochimique des aliments et des ingrédients, l'étude de l'efficacité alimentaire, suivi zootechnique, suivi de la qualité de l'eau et une enquête sur l'aquariophilie et le marché de la carpe koï en Algérie.
- Le troisième et le dernier chapitre expose les résultats et la discussion de la partie expérimentale ainsi une étude comparative et synthétique de quelques travaux de recherches effectués sur la carpe koï. On termine notre mémoire par une conclusion et perspectives

Chapitre I

Généralité



I.1. Historique, évolution du poisson d'ornement dans le monde

L'aquariophilie est un loisir qui consiste à élever des poissons, ou plus rarement d'autres animaux aquatiques. Ce loisir ou cette passion existe depuis plusieurs milliers d'années, mais c'est à partir des années 1950 que les marchés de la capture et de l'élevage se développent et deviennent, pour certains, une ressource qui peut engendrer des revenus considérables. (Didier *et al*, 2011).

Les premiers aquariophiles furent probablement les Sumériens qui, il y a environ 4 000 ans, décoraient certains temples avec des bassins emplis de poissons. D'autres témoignages artistiques montrent également que les anciens Égyptiens élevaient déjà, semble-t-il à des fins ornementales, des poissons dans des étangs. On trouve également de nombreux vestiges de bassins datant de l'époque romaine, néanmoins il semble que les Chinois furent les premiers à avoir maintenu des poissons dans un seul objectif esthétique. Ce sont eux qui domestiquèrent le fameux poisson rouge vers le 1^{er} millénaire avant J.-C. Beaucoup plus tard, en 1369, l'empereur chinois Hongwu lança une fabrique de porcelaine qui produisit de grands récipients destinés à accueillir des poissons rouges (*Carassius auratus*). Les premiers Kin Yu, qui signifie « poisson d'or », les ancêtres du poisson rouge (*Carassius auratus*), seraient apparus en Chine aux alentours de 1000 av. JC. Ce sont les premiers poissons ornementaux. Par sélection des mutations, les chinois ont réussi à avoir des formes de plus en plus colorées au fur et à mesure des années. Selon d'autres sources, l'aquarium proprement dit aurait été inventé en 1547 sous la dynastie Ming.

C'est au XVII^e siècle que les premiers poissons rouges sont introduits en Europe sous le nom de « Dorades de la Chine » dans les années 1611. A cette période le poisson rouge est synonyme de prospérité, de chance et de fortune. (Chartier, 2014). L'espèce s'est acclimatée avec succès, d'abord en bassin, puis en étang et a ensuite colonisé les eaux libres du pays (Pascal *et al*, 2006). Il est largement répandu dans les bassins d'ornement mais pratiquement absent en eau libre où l'on ne trouve guère que des spécimens d'aquariums dont on s'est débarrassé (Keith *et al*, 2011).

Le naturaliste suédois Carl VON LINNE (Linnaeus) a donné la classification du poisson rouge dans le monde occidental en 1759, sous le nom scientifique *Carassius auratus*.

Ce genre comprend également la carpe commune. Le nom d'espèce "auratus" signifie en latin "recouvert d'une couche d'or". (Kucinsk *et al*, 2015).

Au XIX^e siècle, c'est une femme, Jeanne Villepreux-Power, qui serait à l'origine de l'invention du premier aquarium en 1832 pour ses expériences avec les Argonautes, des mollusques marins. (Josquin Debaz ,2012 : Allcock *et al*, 2015). Certains auteurs disaient que l'aquarium, tel que nous le connaissons, n'apparaît qu'au XIX^{ème} siècle, en Angleterre. Mr Brande le décrit pour la première fois en 1819 comme un milieu dans lequel la faune et la flore vivent en harmonie. Il faut dire qu'à cette époque, seul le poisson rouge japonais est élevé, et de surcroît l'aquariophilie en est encore à ces débuts et n'est pas très répandue. Quant au premier aquarium public, il ouvre à Londres en 1853. Avec l'apparition de l'électricité, vers 1880, l'aquarium va connaître un développement fulgurant. Le chauffage quant à lui s'améliore aussi, entre-temps apparaît la pompe à eau, inventé par un Anglais et qui équipe l'aquarium de Paris à la fin du XIX^{ème} siècle.

En 1869, le naturaliste français Pierre Carbonnier commence à importer des poissons exotiques de Chine comme le combattant. Pierre Carbonnier est également le directeur de l'Aquarium public du Trocadéro lors de l'Exposition française de 1878.

- En 1858, apparaît aux Etats-Unis le premier livre traitant uniquement de l'aquariophilie : *The Family Aquarium* de Henry D. Butler. *New York Aquarium Journal* est le premier magazine aquariophile du monde publié à New York en 1876. (Edge, 2013)

- Les premiers poissons exotiques sont alors importés, c'est le poisson-paradis, puis le poisson-ange suivi rapidement d'espèces en provenance d'Amazonie. Pour une aquariophilie plus simple, c'est le guppy qui va permettre, grâce à ses faibles exigences de simplifier la maintenance et le développement chez particulier.

- Les poissons d'ornements tropicaux sont aujourd'hui les animaux de compagnie de demain car ils ont une espérance de vie bien plus longue qu'au début de l'aquariophilie pour les plus répandus, avec plus de 500 espèces régulièrement commercialisées. De retour d'Asie il faut voir les fermes d'élevages avec des chiffres impressionnants, tant sur le Beta que sur le Discus, pour ne citer que 2 sortes, le marché est vaste et florissant. . (anonyme1, 2020 ; Edge, 2013).

I.2. Historique et origine des carpes koi

La carpe koi est une carpe sauvage, qui a été offerte par le roi Shoko de Ro à la naissance du fils aîné du philosophe chinois Confucius, dans les années 500 avant Jésus-Christ, par la même occasion le terme koi a été mentionné pour la première fois (Hickling, 2003).

Au moins trois souches de carpe commune étaient traditionnellement élevées par des agriculteurs dans les montagnes de Yamakoshi région connue sous le nom de Yamakoshi Nijuusongou (vingt villages) entre Nagaoka et Ojiya Villes en Préfecture de Niigata au nord-ouest de Tokyo (Japon) pendant la première année de l'ère Tenmei (1781-1788) (Koshida 1931). Il existe trois variantes sauvages natives à savoir assagi (multicolore), yamato (rougeâtre) et magoi (noirâtre) dont les deux premiers ont trouvé grâce dans les étangs de culture japonais en raison de leur bonne croissance et de leur taille (Okada 1960, Okubo and Sato 1975, Suzuki and Yamaguchi, 1980).

Les premières carpes ornementales apparurent vers l'an mille. L'élevage des koi resta le privilège de la noblesse jusqu'à la fin du XVI siècle. Ce n'est que vers 1912 que les nouvelles espèces apparurent. Après la deuxième guerre mondiale les koi furent introduits en Europe. (Around 1950). Cette espèce a été introduite au Japon vers l'an 200.

- Le koi d'origine n'avait pas de colorations. Sa forme d'origine est la carpe Magoï de Chine et d'Asie orientale. Elle a été introduite au Japon vers l'an 200.

1603 -1868 (période Edo) : C'est durant cette période que les premières carpes avec des mutations chromatiques apparaissent. Les poissons sont confinés dans les rizières, Une mutation rouge a été trouvée en premier, suivie d'une mutation blanche. Les croisements ont finalement donné des carpes colorées de rouge et de blanc.

Selon Komen (1990), La coloration rouge serait due à la présence du gène dominant R, à l'état homozygote ou hétérozygote. Sa mutation récessive homozygote **rr** correspond à la coloration grise acier ou grise argent induite par l'absence de xanthophores. Le phénotype blond (orange à jaune parfois ponctué de tâches noires sur la ligne latérale) dû à un défaut de mélanophores, serait déterminé par une double mutation récessive du gène B (Black) notée **b1b1/b2b2**. La couleur bleu-gris serait due à l'association **rr** et **tptp**. La coloration or (orange lumineux) est due à une mutation récessive du gène G (Gold). La coloration bleu-mat donnant l'aspect transparent, serait due à une mutation récessive, renommée par Komen (1990), déterminant l'absence de guanophores (Hollebecq et Haffray, 1994).

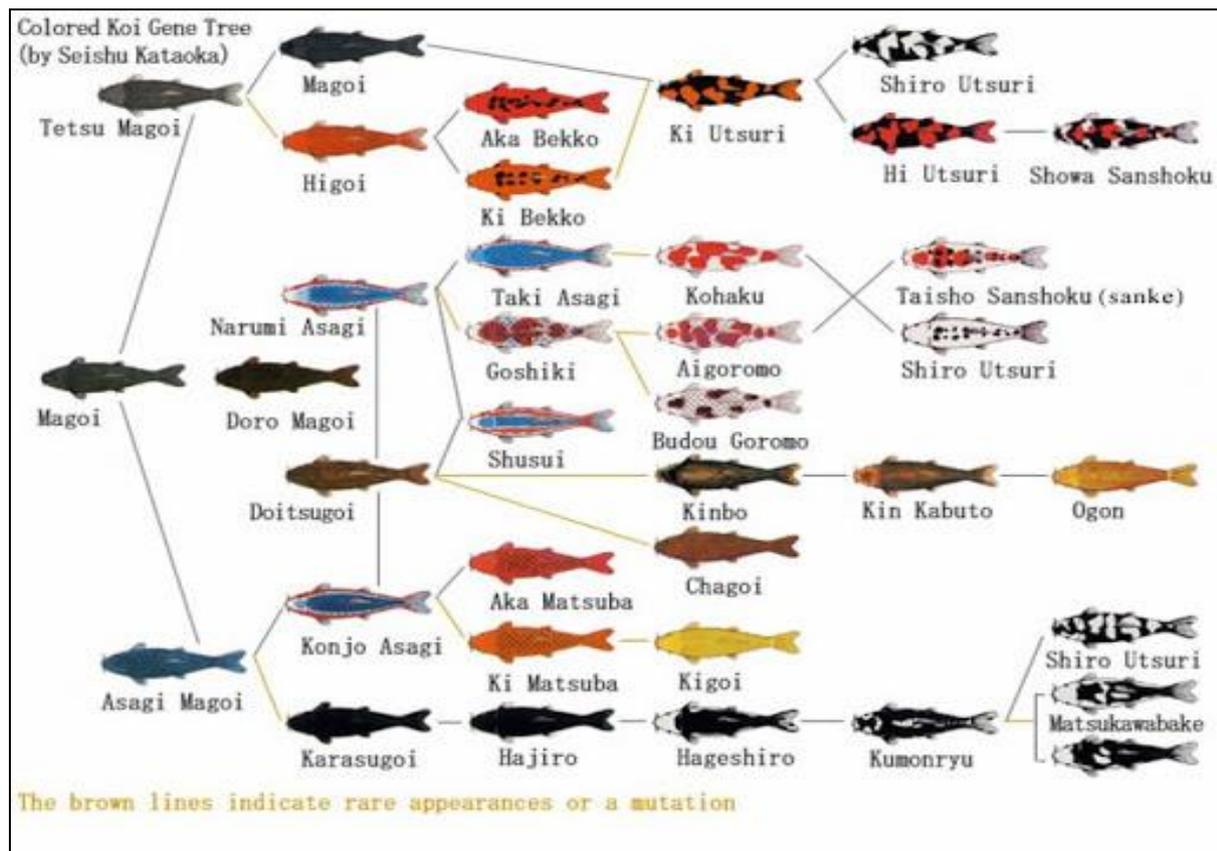


Figure 1 : Retracer les mutations à l'origine variétés moderne (carpio.unglob.fr)

I.3. Impact de l'aquariophilie

I.3.1. Impact socioéconomique de l'aquariophilie

L'aquariophilie dans le monde est un phénomène de société et représente une réelle activité économique. C'est une activité de loisir dont le potentiel éducatif est très important. Elle génère un chiffre d'affaires non négligeable et des emplois dans le monde ; que dans des pays en voie de développement où s'effectue la majeure partie de l'élevage ou de la collecte des poissons d'ornement (Hignette, 2003).

L'aquariophilie pourrait représenter 8% du chiffre d'affaires des animaleries ce qui le situerait en 3ème position après les chiens et les chats.

I.3.2. Impact scientifique

L'aquariophilie contribue au développement de la recherche scientifique concernant les milieux aquatiques : biologie, écologie, reproduction, alimentation et comportement des animaux et plantes aquatiques ainsi la pathologie.

I.3.3. Impact sur la santé humaine

En plus de ses aspects esthétiques, ses effets thérapeutiques ont été démontrés par plusieurs études : les personnes souffrant de stress (anxiété, angoisse), d'hypertension artérielle ou de dépression légère se sentent mieux en présence régulière d'un aquarium. De nombreuses professions médicales ne s'y sont pas trompées et elles ont été les premières à intégrer un aquarium dans leur salle d'attente. Dans certaines maisons de retraite également, l'aquarium placé dans une zone centrale devient prétexte à de nombreuses discussions. C'est un objet qui captive l'attention et brise la notion du temps qui passe. Les mouvements des poissons, les couleurs apaisantes des plantes et le clapotis de l'eau procurent des sensations de calme et de sérénité évidentes (Didier *et al*, 2011).

I.4. Commerce des poissons d'ornements

Le commerce des organismes marins destinés à l'aquariophilie est extrêmement dynamique et répandu. Il constitue une source de revenus pour des millions de personnes de par le monde, tant dans le secteur de la pêche que dans les domaines de l'entretien des aquariums et de la vente d'accessoires (McCollum, 2008). En 1996, la valeur d'exportation des poissons et invertébrés d'ornement a dépassé les 200 millions de dollars E.-U., dont plus de 60 pour cent (soit quelque 130 millions de dollars) ont été aux économies des pays en développement. Depuis 1985, le commerce international en organismes aquatiques d'ornement augmente au rythme annuel moyen de 14 pour cent. Les organismes capturés à l'état sauvage ne représentent qu'un faible pourcentage du commerce total d'ornement, mais c'est cet aspect de l'industrie qui aura probablement le plus grand impact sur les communautés de pêcheurs des pays en développement (FAO, 1999).



Figure 2 : Valeur d'exportation des poissons et invertébrés d'ornement.

I.5. Description de la carpe koï

La carpe koï est définie comme une sous-espèce de la carpe, élevée et sélectionnée depuis des siècles au Japon, elle présente aujourd’hui de nombreuses variations de couleurs réparties en différentes variétés dont voici quelques exemples :

<i>variété</i>	<i>Aka</i>	<i>Beni</i>	<i>Shiro</i>	<i>ki</i>	<i>Karasu</i>
<i>Photo</i>					
<i>Description</i>	rouge en couleur de fond	rouge orangé	blanc	jaune	Noir

Tableau 1 : quelques variétés de la carpe koï

I.5.1 Systématique

Selon (Linnaeus, 1958) L’espèce *Cyprinus carpio carpio* est un poisson téléostéen appartenant à la famille de Cyprinidae. Cette dernière compte plus de 2000 espèces avec approximativement 340 genres (Rafael et Doadrio 1998).

Règne : *Animalia*

Embranchement : *Chordata*

Sous-embranchement : *Gnathostomata*

Super- classe : *Ostéichtyens*

Classe : *Actinoptérygiens*

Sous classe : *Neoptérygii*

Super- ordre : *Téléostéen*

Ordre : *Cypriniformes*

Super-famille: *Cyprinidae*

Famille : *Cyprinidae*

Genre: *Cyprinus*

Espèce :

Cyprinus Carpio

Sous-espèce :

Cyprinus Carpio Carpio

I.5.2. Morphologie

I.5.2.1. Corps

La carpe Koï présente un dos relativement élevé, un dos gris, noirâtre ou brunâtre, des flancs dorés ou roux, un ventre jaune clair et des nageoires paires rouges pâles lors du frai. La robe est très variable en fonction de l’habitat, de la nature et de la profondeur des fonds. Elle est composée de grandes écailles visibles à l’œil nues, surmontées d’une ligne latérale bien apparente. En effet, les carpes seront plus claires dans les eaux oxygénées, peu profondes des fleuves et rivières. En revanche, dans les eaux stagnantes, sombres, boueuses, les carpes seront plus foncées. (Ranson, 2003).

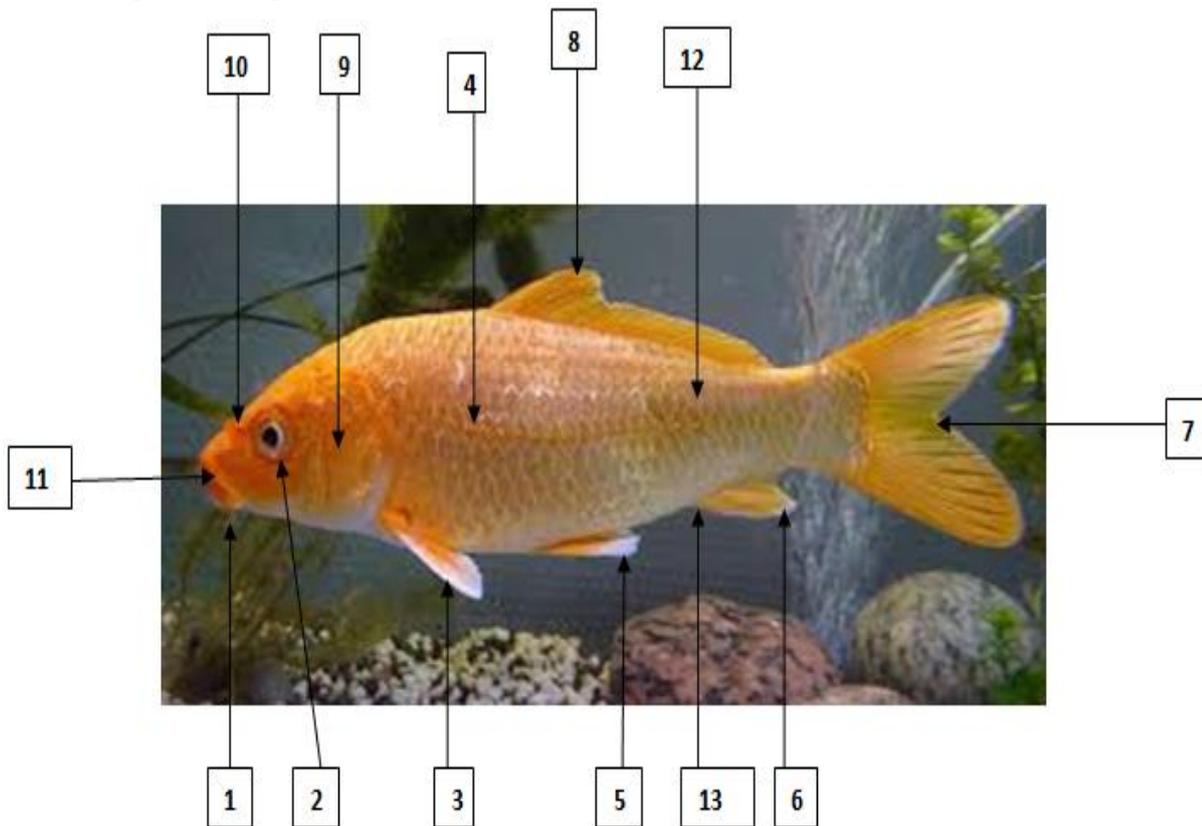


Figure 3: Morphologie externe de la carpe koi *Cyprinus carpio carpio*.

1 : Barbillon ; 2 : Œil ; 3 : Nageoire pectorale ; 4 : ligne latérale ; 5 : Nageoire pelvienne ; 6 : Nageoire anale ; 7 : Nageoire caudale ; 8 : Nageoire dorsale ; 9 : Opercule ; 10 : Narine ; 11 : La bouche. 12 : les écailles. 13 : Anus

1.5.2.2 Les nageoires

Le Koï possède cinq types de nageoires : les nageoires dorsale, nageoire anale, nageoire caudale, nageoires pectorales et nageoires pelviennes.

La nageoire dorsale est unique, longue et soutenue par 3 à 4 rayons simples et 17 à 22 rayons ramifiés. Le premier rayon simple est plus haut et plus épais. En outre, il est creusé d'une gouttière et armé de denticules à ses bords postérieurs. La nageoire caudale est symétrique et échancrée à son bord postérieur.

La nageoire anale se situe en arrière de la papille uro-génitale et présente sur le dernier rayon simple un éperon de la même nature que celui rencontré sur la nageoire dorsale.

Les nageoires paires, pectorales et pelviennes, sont de forme constante, en spatule. Soutenues par des rayons mous, leur taille varie harmonieusement avec les nageoires impaires. (Rojomalala, 2016)

1.5.2.3. Les écailles

Concernant l'écaillage, on distingue plusieurs appellations reconnues chez la Carpe Koï dont le déterminisme est génétique. Suivant le profil des écailles, on détermine deux types de Koï: les Koï totalement recouverts d'écaille et les Doitsu (carpe allemande) dont les grandes écailles sont disposées de chaque côte du corps, le long de la ligne latérale également de la base des nageoires dorsale et caudale. Les écailles Doitsu sont entièrement enchâssées dans la peau.

1.5.2.4. L'opercule

Cette grande plaque de nature osseuse protège les délicates branchies. Etant donné que les parties postérieures et inférieures sont mobiles, l'opercule intervient comme une valve anti-retour qui s'assure que l'eau viciée et désoxygénée puisse partir sans refluer dans les branchies.

1.5.2.5. L'anus

Exactement devant la nageoire anale se trouve un interstice assez grand, l'anus, où s'arrête l'intestin, les oviductes ou les spermiductes. Il n'est en aucun cas le sujet d'un cloaque, objet que l'on désigne souvent pour décrire l'orifice commun des cavités intestinale, urinaire et génitale. Précédant l'anus se trouve un interstice plus réduit où s'arrête le conduit urinaire.

1.5.2.6. Les yeux

Des yeux latéraux placés dans des orbites élargies par un os sous-orbitaire. Le Koï a une vision relativement bonne. Le positionnement de ses yeux lui autorise d'avoir un champ de vision d'environ 360°. Se qui lui permet de voir au-dessus, sur les côtés aussi que devant et derrière lui. Cette vision périphérique est un atout très important pour ça survie pour appréhender l'arriver d'un prédateur quel qu'il soit, tout en se préoccupent de nourrir.

1.5.2.7. Les narines

Elles sont quatre, se présentant sur chaque côté de la tête. Une dissection transversale montre qu'elles communiquent par un tube en forme de U. L'eau arrive par la narine antérieure préalablement et ressort par la narine postérieure. Le fond du tube est fait de ridules agencées en rosette. Ces ridules sont recouvertes de cellules olfactives, capables de détecter de très petites quantités de substances mélangées à l'eau, ainsi que sur une distance relativement longue. Quand il recherche de la nourriture, le Koï utilise principalement l'odorat que la vision.

1.5.2.8. Les barbillons

Deux paires de barbillons situés de chaque côté de la bouche : un petit barbillon a proximité de la lèvre supérieure et un grand a côté de la commissure des lèvres Recouvert de bourgeons gustatifs, ces barbillons permette de goûter tout élément avec le quel il serait en contacte.

1.5.2.9. La ligne latérale

Les flancs du poisson sont cheminés de derrière l'opercule jusqu'à pratiquement la nageoire caudale d'une rangée d'écailles perforé de petit pore relié par l'intermédiaire de petits tubes à un canal qui se trouve dans l'épiderme sous-jacent. Cet enchevêtrement de canaux et de tubes forme la ligne latérale. A la tête, elle se prolonge sous l'œil et vas vers le museau, où sont trajet est visible par de petits orifices distincts. Sur certains Koï Doitsu, la ligne latérale figure la ligne qui se prolonge de l'arrière de l'opercule pour finir à la queue. Comme les cellules sensorielles de la ligne latérale assument les mêmes fonctions que celles que l'on trouve dans les oreilles internes des mammifères.

1.5.2.10. La bouche

La bouche de la carpe est protractile, c'est-à-dire qu'elle s'allonge vers l'avant pour jouer le rôle d'un aspirateur très sensible qui permet à la carpe d'une part de se nourrir. En fonction du fond du bassin et sources de nourritures disponibles, les carpes koïs pourront avoir soit des lèvres très dures, soit des bouches moins charnues et plus fragiles. Pour la nourriture plus fine, elles aspirent un volume d'eau puis font le tri en recrachant les composants indésirables (sable, gravier...) (Phillipe, 2003).



Figure 4 : Bouche protractile en action. (*Koibasssin.kanak. Fr*)

1.5. 3. Le squelette

Le squelette est le principal élément de l'anatomie interne, dont nous n'occupons pas en général. Le Koï appartient au groupe des téléostéens, les poissons à squelette osseux. Le squelette endosse plusieurs rôles importants : il forme l'armature de protection et de soutien des organes et des tissus. Il assure aussi la mobilité, parce qu'il a une série d'articulations et permet des points de fixation à la musculature. Dérivés des quatre premières vertèbres de l'épine dorsale, les très petits osselets de Weber connectant la vessie natatoire à l'oreille interne. Les bruits qui se déplacent dans l'eau font vibrer la vessie natatoire. Les osselets amplifient ces oscillations avant de les transmettre aux cellules sensorielles de la vésicule de l'oreille interne. Equipés d'un appareil auditif aussi performant, il y a aucune équivoque que les Koï "entendent » (Phillipe, 2003).



Figure 5 : squelette d'un koï.

1.5. 4. L'anatomie et physiologie de l'appareil digestif

Les données anatomiques et physiologiques de la Carpe sont aujourd'hui connues. La connaissance de la structure et du fonctionnement du tube digestif est essentielle pour établir les recommandations alimentaires de la carpe koï.

1.5. 4.1. Cavité bucco-pharyngienne

La cavité bucco-pharyngienne est limitée en avant par l'orifice buccal (lèvres) et, en arrière, par la dernière paire d'arcs branchiaux. Elle est entièrement contenue dans la tête de sorte qu'elle est parfois appelée intestin céphalique ou extra-coelomique.

1.5. 4.2. L'appareil protracteur

La bouche de la Carpe est un outil indispensable dans la technique alimentaire. L'appareil protracteur permet un basculement vers l'avant et le bas de l'orifice buccal. Les lèvres charnues et cornées sont projetées vers la proie. A la manière d'un aspirateur, les particules alimentaires absorbées et avalées vers le pharynx antérieur.

1.5. 4.3. Les dents pharyngiennes

Comme dans les autres espèces composent la famille des Cyprinidés, les Koï arbore des mâchoires dépourvues de dents. Les seules dents se trouvent dans la gorge : ce sont des plaques broyeuses ou pharyngiennes.

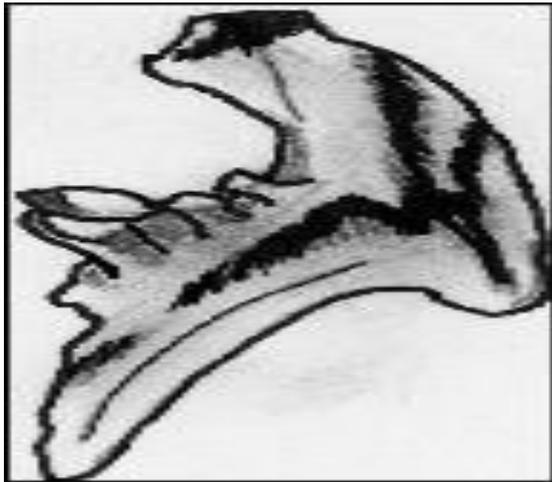


Figure 6 : Os de la mâchoire supportant des dents



Figure 7 : Forme de l'ossature de la mâchoire avec des dents

1.5. 4.4. Tube digestif antérieur

Le tube digestif de la Carpe est dépourvu d'estomac. On distingue deux segments dans le tube digestif antérieur : l'œsophage et la région pylorique. Les données anatomiques et histologiques (Gas *et al*, 1976) permettent de les différencier.

1.5. 4.5. Tube digestif postérieur

1.5. 4.5.1. L'intestin

Se limite en amont par le tube digestif antérieur, et en aval par l'intestin postérieur, ou rectum. L'intestin se compose de deux couches histologiques distinctes : la tunique muqueuse et la tunique musculaire.

1.5. 4.5.2. Rectum

L'intestin terminal, ou postérieur ou rectum se distingue de l'intestin moyen par le rétrécissement de son diamètre et par le raffermissement de la consistance dû à la présence de fibres musculaires annulaires en plus grand nombre.

1.5. 4.5.3. La vessie natatoire

La vessie natatoire d'organe sacciforme caractéristique des téléostéens dans le genre un mélange de gaz, assume essentiellement la fonction de l'organe hydrostatique, tout en exécutant d'autres fonctions, telles que l'accessoire de respiration, le producteur et le récepteur sonore. (ROBERTO OPIZZI).

1.5. 4.6. Physiologie de la digestion

1.5. 4.6.1 Digestion gastrique

Etant dépourvu de cavité stomacale, l'équipement enzymatique de la carpe ne comprend aucun enzyme gastrique : absence de pepsine, d'acide chlorhydrique

1.5. 4.6.2 Digestion hépato-pancréatique

Le pH du tube digestif est neutre. Cependant, les conditions qui y règnent ne sont pas optimales et la carpe peut améliorer sa digestion en ingérant des invertébrés.

Le principal site de digestion est l'intestin moyen. sa paroi contient des glandes zymogènes capables de synthétiser des enzymes lipolytiques. Ces dernières interviennent dans la dégradation des matières grasses, en vue de leur absorption intestinale. La digestion met à contribution le foie et le pancréas par l'action de la bile et des sucs pancréatiques qui sont déversés dans l'intestin au niveau des canaux hépato-pancréatiques. Chez la carpe, la digestion entéro-pancréatique est la seule à intervenir.

Le suc pancréatique présente un large éventail d'enzymes : amylolytiques (amylase et maltase), protéolytiques (trypsine et érepsine) et lipolytiques (lipase). Le pH d'action est alcalin. Les enzymes amylolytiques sont prépondérantes compte tenu de son régime omnivore. Chez les Cyprinidae les propriétés sécrétantes de certaines cellules de l'épithélium intestinal. En effet, les cellules muqueuses produiraient de l'amylase, et les cellules à grand plateau strié sécrèteraient la lipase et la phosphatase alcaline. Cependant, plus récemment Billard (1995) a démontré que seules deux enzymes sont effectivement produites par l'intestin : la phosphatase alcaline et l'entérokinase nécessaire à la digestion trypsique. (Billard, 1995).

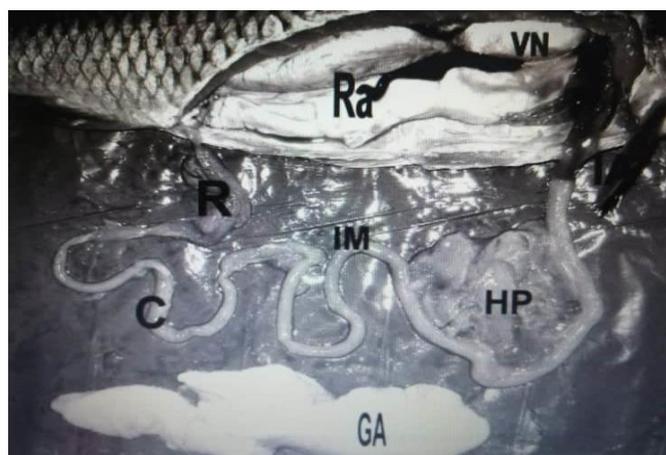


Figure 8 : Aspect macroscopique des divers segments du tube digestif de la Carpe.
Gras abdominal (GA) L'intestin antérieur(IA), l'intestin moyen(IM) Le colon(C), le rectum(R),
L'hépto-pancréas(HP), La vessie natatoire(VN) et la rate(Ra).

1.5.5. La musculature

La plus part de la musculature se compose de quatre parties musculaires, assemblées par paires de chaque côtés du corps. Ces parties sont subdivisées en segments musculaires en V. Les segments musculaires de la gorge et des arcs. Branchiaux sont tout à fait développés: ils contrôles les mouvements respiratoires. Les muscles maxillaires, qui englobent la plus grande partie des joues, permettent l'ouverture et fermeture des mâchoires. Les muscles des nageoires en paires ont une structure simple, même si les muscles qui actionnent les nageoires pectorales sont particulièrement développés (Phillipe, 2003).

1.5.6. Le cœur

Placer sous et derrière les arcs branchiaux, le cœur est une pompe musculaire puissante faite de quatre compartiments les un derrière les autres. Le premier est un simple espace à paroi peu épaisse et recouvert de muscles. Le deuxième, l'atrium, est aussi doté de fines parois, mais cette espace est expansible. Le troisième, est doté de épais parois, le ventricule, se contractent régulièrement et propulsent le sang. Le quatrième, est aussi doté de épais parois, et d'une valves anti-retour destinées à arrêter le sang de refluer dans les espaces précédents(Phillipe, 2003).

1.6. Habitat et biologie

La carpe est principalement un poisson qui vit dans le fond mais cherche sa nourriture dans les couches intermédiaires et supérieures de la colonne d'eau. Le spectre écologique de la carpe est grand (FAO, 2009).

1.6.1. Conditions environnementales

La température joue le rôle de facteur limitant en influant sur l'activité métabolique et physiologique du poisson : la respiration, l'alimentation, la croissance et la reproduction (BRUSLE, 2001). La meilleure croissance est obtenue quand la température de l'eau oscille entre 23 et 30 °C. Le poisson peut survivre aux périodes froides de l'hiver. La salinité est un paramètre important qui conditionne les échanges osmotiques du poisson, pour avoir une croissance satisfaisante, une teneur jusqu'à environ 5‰ est tolérée (BILLARD, 1995). La gamme de pH optimal est entre 6,5 et 9,0. Cette espèce peut survivre à des faibles concentrations d'oxygène (0,3-0,5 mg/litre) aussi bien qu'à une sursaturation.

On note que les poissons qui vivent dans un environnement optimal peuvent avoir un appétit élevé, ce qui signifie qu'ils grandissent et se développent plus rapidement. Le tableau ci-dessous montre les différents paramètres mesurés pour la qualité de l'eau et leurs valeurs moyennes et standards pour la carpe koi (Putri, 2019).

Paramètres	Valeur moyen	Valeur standards
pH	7.53	6.5 – 8
Température (°C)	26-25°	20-26 °C
Oxygène dissout (mg/l)	6.26 >5	>5mg / L
Salinité (ppt)	0	0
NH3 (mg / L)	0.15	≤ 1 mg / L
NO3 (mg / L)	0.75	<50 mg / L
NO2 (mg / L)	0.01	0.2 mg / L
Fe (mg / L)	0.06 1	1 mg / L
PO4 (mg / L)	0.74	1 mg / L

Tableau 2: Les paramètres physico-chimiques du milieu de la carpe koï.

1.6.2. Régime alimentaire

Les carpes koï sont omnivores, avec une prédominance carnivore (insectes d'eau, larves d'insectes, vers, mollusques, et zooplanctons). Elle est aussi planctophage: elle consomme les tiges et les graines de plantes aquatiques et terrestres, les plantes aquatiques décomposées etc. (FAO, 2009). La carpe aspire les sédiments et se décharge des matières indigérées pendant la recherche de nourriture, ce comportement est appelé «marmonnement». (Cahn 1929; Roberts *et al.* 1995; Zambrano *et al.* 1999).

A la naissance, la vésicule de koï possède un sac vitellin qui lui permet de se nourrir pendant 2 à 3 jours après la naissance (tout comme la carpe commune). Étant donné qu'il lui est quasi-impossible de nager pour se nourrir, se délai de quelques jours après l'éclosion lui permettra de passer du stade de vésicule résorbée à celui d'alevin. A ce stade il consomme alors du phytoplancton qui se trouve en milieu naturel. Après quelques jours, il peut s'attaquer à des proies vivantes comme le zooplancton tout en continuant à se nourrir de phytoplancton. La qualité de ces deux nourritures sont très importantes pour les carpes koïs car elles vont leurs apporter toutes les protéines, vitamines, lipides, minéraux et surtout la pigmentation future grâce à la spiruline du phytoplancton et le carotène du zooplancton. (Duffy, 2017).

1.6.3. La maturité sexuelle et le Mécanisme de la reproduction

Les organes sexuels de la carpe koï commencent à partir d'une taille (20 à 25 cm) et (150 à 300 g). Les carpes koï mûrissent rapidement et sont très fécondes, ce qui leur donne le potentiel pour une croissance rapide. Les mâles sont matures à partir de 2 ans et les femelles à partir de 3. La carpe koï mûrit sexuellement à l'âge 1,1 an pour les mâles et 2,7 ans pour les femelles (Tempero *et al.* 2006), en Australie (Brown *et al.* 2005). Le sex-ratio est assez variable. En Europe, la carpe femelle a besoin d'environ 11 000 à 12 000 degré-jours pour atteindre la maturité. Les mâles arrivent à maturité dans une période plus courte de 25-35 pour cent (FAO, 2009). La période de maturité des souches de carpes asiatiques est légèrement plus courte. Brown (2005) a signalé 39% des carpes communes en Australie étaient des femelles, tandis que Crivelli (1981) a constaté que les femelles représentaient 67% des carpes commune échantillonnée en France. Tempero *et al.* (2006) ont également noté que la plus part des carpes koï les plus âgées étaient des femelles, tout comme Crivelli (1981).

En milieu naturel on recommande un ratio de 2 ou 3 mâles pour féconder 1 femelle est la règle. La fécondité de la carpe koï est identique à celle de la carpe commune en moyenne de 300000 œufs par an, mais les gros individus peuvent pondre plus de 1000000 œufs, avec un taux de fécondité d'environ 90% (Swee et McCrimmon 1966 ; McCrimmon 1968; Brown *et al.* 2005 ; Tempero *et al.* 2006). Le cycle de la reproduction des cyprinidés, se réactive au printemps, en général lorsque la température de l'eau dépasse durablement 14-16 voire 18°C selon les régions l'environnement et le « vécu thermique » des géniteurs. Quand arrive la période de frai, les femelles sont plus rondes et plus pleines que les mâles. Le ventre devient souple et l'orifice génital paraît proéminent. Chez les mâles, les trois orifices débouchent distinctement à l'extérieur. En période de reproduction les mâles portent de nombreux « boutons de noce » blancs et rugueux sur les opercules ainsi que sur le premier rayon des nageoires pectorales. Ces nageoires sont souvent plus fortes et plus longues que chez les femelles car ils les utilisent pour aider la femelle à libérer ses œufs. Enfin un élément qui exclut toute erreur en période de frai : les mâles libèrent facilement de la laitance lorsqu'ils sont manipulés (FAO, 2009). Dans une végétation, les femelles accompagnées de plusieurs mâles prennent appuis sur les frères pour libérer simultanément leurs ovules et la laitance permettant ainsi la fécondation en pleine eau. Au contact de l'eau, les protéines qui couvrent l'œuf commencent à devenir adhésives ; l'œuf s'hydrate et se gonfle, et le micropyle se referme. L'incubation est commencée et leur durée est proportionnelle à la température et peut demander de 8 à 3 jours dans une eau respectivement de 15 à 24°C. Le stade larvaire qui

peut durer de 2 à 4 jours (toujours selon la température), une larve sortira et coulera le temps de laisser la vessie natatoire ; le petit poisson trouvera alors la force de capter une bulle d'air qui lui permettra de nager pour se nourrir puis si les conditions le permettent de vivre une longue vie (20ans) (Tyrel, 2009).

La ponte de la carpe européenne commence quand la température est aux environs de 17-18 °C. Les souches asiatiques commencent leur ponte quand l'ion dans l'eau diminue brusquement au début de la saison pluviale. Les carpes sauvages sont des reproducteurs séquentiels partiels. Les carpes domestiquées libèrent tous les ovocytes matures en quelques heures. Après un traitement hormonal les carpes émettent leurs ovocytes matures en un temps beaucoup plus court, ce qui rend possible la lacération. La quantité des ovocytes émis est de 100 à 230 g/kg du poids du corps poids du corps. L'ovocyte devient adhésif en rentrant en contact avec l'eau (FAO, 2009). Le développement embryonnaire des carpes dure environ 3 jours à 20-23 °C (60-70 degré-jours). Sous des conditions naturelles, les jeunes juvéniles s'attachent au substrat. Environ trois jours après l'éclosion la partie postérieure de la vessie natatoire se développe, la larve nage horizontalement, et commence à se nourrir avec des particules d'une taille maximale de 150-180 µm (principalement des rotifères) (FAO, 2009).

1.6.4. Dimorphisme sexuel

Le dimorphisme sexuel se manifeste par les caractères sexuels primaire : les gonades dans leurs constitution somatiques et germinales, et les organes qui assurent leur fonctionnement, mais aussi par des caractères sexuels secondaires exclusivement somatiques (Les tissus somatiques sécrètent des substances déterminant le sexe), lesquels sont visiblement distincts dans la morphologie, la physiologie, et dans le comportement de chacun des deux sexes (BRIEN, 1966). Une carpe mâle est de forme allongée tandis que la femme est plus large au niveau du ventre. Les femelles possèdent un orifice génital en forme de T, les mâles en forme de I.

Stade sexuel macroscopique	Femelles	Mâles
1. Immature	Gonade très petite, très attachée à la cavité abdominale, pas de différence avec le mâle.	Gonade très petite, très attachée à la cavité abdominale, pas de différence avec la femelle.
2. Repos sexuel	Gonade petite et vascularisée.	Gonade petite et pas de vascularisation.
3. Début de maturation	Gonade plus grosse, occupe le 1/3 de la cavité abdominale, quelques ovocytes de petite taille sont visibles.	Gonade plus grosse, occupe le 1/3 de la cavité abdominale gonade encore solide
4. Pré- pont	Gonade plus grosse, occupe les 2/3 de la cavité abdominale, plus large. Les follicules de couleur verte marron sont séparés les uns des autres	Gonade plus grosse, occupe les 2/3 de la cavité abdominale très blanche. Un liquide blanchâtre s'écoule dès la moindre incision.
5. Ponte	Gonade très volumineuse pleine, occupant la quasi-totalité de la cavité abdominale. Ovocytes de grande taille, parfaitement visibles expulsés à la moindre pression sur l'abdomen.	Gonade très molle, occupant la quasi-totalité de la cavité abdominale. Un liquide blanchâtre s'écoule dès la moindre pression sur l'abdomen.
6. Post ponte	Gonade très vascularisée et molle.	Gonade molle et présentant. une fine vascularisation

Tableau 3 : Échelle macroscopique de maturité sexuelle chez la carpe (Hajlaoui *et al*, 2016).

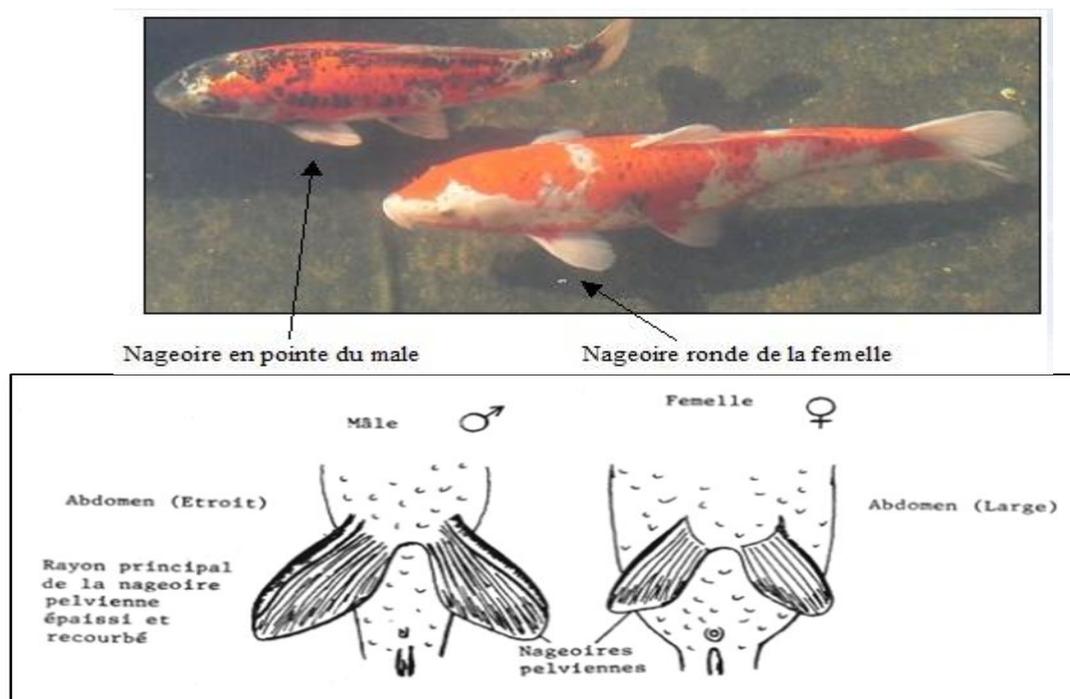


Figure 9 : dimorphisme sexuel chez la carpe koï

1.6.5. Cycle de vie

La longévité de la carpe koï femelle en Nouvelle-Zélande est jusqu'à 12 ans et les mâles jusqu'à 10 ans (Tempero *et. al* 2006). La croissance journalière de la carpe peut être de 2 à 4 pour cent de son poids. Les carpes peuvent atteindre 0,6 à 1,0 kg durant une saison d'élevage en polycultures dans des étangs dans les zones subtropicales/tropicales. La croissance est beaucoup plus lente dans les zones tempérées : dans ce cas le poisson atteint un poids de 1 à 2 kg après 2 à 4 saisons d'élevage.

1.6.6. Caractère métrique et pondéral

Les koï mesurent entre 15 à 120 cm, la femelle étant plus longue et plus grosse que le mâle. Les jeunes carpes mesurent entre 8 et 10 cm, et l'évolution est flagrante durant les 4 premières années de leur vie, période durant laquelle elles peuvent grandir de 16 à 18 cm en seulement un an. En moyenne entre 5 et 20 kilos, record du monde 37 kilos pour 1,5 m. d'après (Tempero 2004; Tempero *et al.* 2006), la carpe atteignait 7 cm après une durée de vie de 12 ans à New Zélande. D'après la littérature, la carpe koï peut atteindre 70 à 75 cm, dans de bonnes conditions, mais d'une manière générale, la plupart des mâles ne dépassent pas 70 cm, mise à part, le grand koï du Japon (chagoï et magoï) qui peut atteindre facilement 1 mètre. D'autres exceptions dépendront en réalité des parents génétiques. Le poids des carpes est fonction de l'âge mais surtout de la biodisponibilité alimentaire du milieu (Schaperclaus, 1962).

1.7. Besoins nutritionnels

L'un des points les plus importants dans la couverture des besoins alimentaires d'un poisson est le choix d'un aliment dont le contenu énergétique et la teneur en protéines soient susceptibles de permettre l'obtention d'un rendement maximal en protéine avec la meilleure croissance possible. En fait, le choix de la teneur en protéines et celui du contenu énergétique sont mutuellement liés, et l'on utilise plus généralement le rapport entre la teneur en protéines de l'aliment et son contenu énergétique, rapport protéino-énergétique, pour décrire les conditions optimales d'alimentation d'un poisson (Moreau, 2001).

1.7.1 Besoins en protéine

La Carpe présente un régime omnivore à tendance carnivore. Les proies capturées sont constituées principalement de protéines (Ranson 2003).

Lorsque l'on parle de protéine, il faut prendre en compte la valeur biologique ; c'est à dire l'efficacité et la teneur en acides aminés essentiels. La carpe a des besoins en protéine quantitativement importants, quoique variables en fonction de son âge et de la saison. Le rapport de besoin de protéines pour la carpe koï est estimé entre (35% à 45%).

Parmi la vingtaine d'acides aminés nécessaires à la vie, dix ne sont pas synthétisables par l'organisme (voir liste du tableau). La carpe doit donc les trouver dans son alimentation.

Acide aminé	Besoin en %
Leucine	4,7
Isoleucine	3
Thréonine	4,2
Lysine	6
Arginine	4,4
Méthionine	3,5
valine	8,2
Phénylamine	8,2
Tryptophane	0,8
Histidine	24

Tableau 4 : Les dix acide aminé par portion en nourriture naturelle (pH <7).

1.7.2. Besoin en lipide

Les lipides alimentaires sont assimilés sous forme d'acides gras qui peuvent être réestérifiés en triglycérides dans l'entérocytes (Sheridan 1988). Ces Les lipides constituent la source d'énergie principale pour la carpe. (Ranson, 2003). Le rapport de besoin de lipides pour la carpe koï est estimé entre (8% à 12%).la carpe ne peut pas synthétiser les acides gras elle doit donc les trouver dans son alimentation. Ce sont ces acides gras poly insaturés essentiels(AGE).il s'agit de l'acide linoléique et de l'acide linoléique.

- C18 : 2n-6, acide linoléique, 1% de la ration.
- C18 : 3n-3, acide linoléique, 1% de la ration.

Une carence en acides gras essentiels peut entraîner une dégénérescence hépatique.

1.7.3. Besoins en glucide

La carpe n'a pas l'équipement enzymatique nécessaire à la digestion de la cellulose. En revanche, elle possède des amylases qui autorisent la digestion de l'amidon qui sera, par conséquent, le glucide de choix. Les glucides absorbés au niveau intestinal sont stockés dans le foie ou les muscles sous forme de glycogène (forme animal du stockage glucidique) ou de triglycérides dans le foie, les muscles ou dans la cavité cœlomique (Ranson, 2003). Selon Nagai et Ikeda (1971), le stockage sous forme de glycogène ne se fait qu'avec un rendement de 1,2%.

La quantité de glucides dans la ration doit prendre en compte leur coefficient d'assimilation. Ce coefficient est faible, inférieur à celui des lipides et des protéines (75 à 95% suivant la source de protéines) (Ranson, 2003).

1.7.4. Besoin en vitamine

Le terme de vitamine avait été créé par Funk en 1922 pour désigner « l'amine nécessaire à la vie » que nous appelons aujourd'hui thiamine ou vitamine. Ces vitamines sont utilisées en très petites quantités, leur absence est marquée par l'observation d'états pathologiques, caractérisés aujourd'hui comme des états de carence. L'apport de la vitamine impliquée supprimait les symptômes de carences (Combs, 1992). Les vitamines sont des substances indispensables en dose infinitésimale. Elles participent, par exemple, à l'assimilation des protéines, des graisses et des glucides lors de l'hydrolyse enzymatique. Les vitamines sont en effet très souvent les précurseurs des coenzymes indispensables à cette hydrolyse. On distingue deux grandes familles : celles qui sont solubles dans les graisses, les vitamines

liposolubles, et celles solubles dans l'eau, les vitamines hydrosolubles. Le tableau ci-dessous regroupe les données disponibles sur les recommandations vitaminiques de la Carpe.

Vitamine	Besoin en mg /kg poids corporel
A (rétinol ou axérophthol)	100 IU
D (calciférol)	72 IU
E (tocophérol)	1
K (phytomenadione)	0,1
B1 (Thiamine)	0,15- 0,20
B2 (Riboflavine)	0,5-1
B3 (Niacine)	3_7
B5 (Acide pantothénique)	1-1,5
B6 (Pyridoxine)	0,2- 0,4
B8 (Biotine)	0,03 – 0,07
B9 (Acide folique)	0, 15 – 0, 20
B12 (cyanocobalamine)	0,0005- 0 ,0007
C (Acide ascorbique)	3-5

Tableau 5 : Besoins en vitamines pour la croissance de carpe, par kilo d'aliment.

1.7.4.1. Provitamines A

Les provitamines A, précurseurs de la vitamine A, sont des substances organiques dont l'organisme ne peut en général effectuer la synthèse et qui sont indispensables au métabolisme des poissons. Ce sont des hydrocarbures fortement insaturés, peuvent être plus ou moins oxygénés, ce caractère a permis leur classement en deux grands groupes :

- Les carotènes.
- Les xanthophylles.

Les principaux rôles des provitamines A sont résumés dans le tableau 6 :

	Rôle
Vision	N'interviennent pas directement dans le processus de la vision mais doit subir la conversion en vitamine A pour qu'elles puissent s'utiliser dans ces mécanismes
croissance	Jouent un rôle important au renouvellement cellulaire de la peau et de membranes, intervient aussi dans la croissance des os ainsi que leur solidification
reproduction	Lors de la maturation sexuelle, les concentrations en caroténoïdes du muscle décroissent de façon importante chez les deux sexes sont mobilisées et sélectivement transférés vers la peau chez le mâle et vers les ovaires chez la femelle

Tableau 6 : Les principaux rôles des provitamines A.

1.7.5. Besoins en minéraux

Les sels minéraux ont également un rôle fondamental au niveau métabolique et structural. Le phosphore et le calcium participent à l'élaboration de l'ossature des vertébrés et des poissons. Le fer présent dans l'hémoglobine du sang, assure le rôle de transporteur de l'oxygène indispensable à toute vie.

Minéraux	Besoins
Cendre bruts	8 à 12%
Phosphore	1,2 à 1,8 %
Calcium	0,2 à 0,4 %
Sodium	0,2 à 0,4 %
Magnésium	0,05 %
Fer	150 ppm
Zinc	25 ppm

Tableau 7 : Besoins en minéraux de la carpe koï.

I.8. Caroténoïdes et pigmentation

Chez les espèces ornementales de grande valeur telles que la carpe Koï (*Cyprinus carpio carpio*), l'accent doit être donné pour atteindre des niveaux élevés de pigmentation cutanée, qui, avec la forme et la taille du corps ainsi la forme des nageoires, constituent les critères de qualité les plus importants influençant sur leur valeur marchande (Paripatananont *et al.* 1999). La couleur est l'une des normes de qualité les plus importantes qui dicte le marché. Dans des conditions d'élevage intensif, les poissons sont exclusivement nourris avec des aliments composés qui doivent donc être complété par des caroténoïdes. Astaxanthine (3,3 ϵ -dihydroxy- 4,4 ϵ -dicéto-b, b-carotène) et canthaxanthine (4,4 ϵ -dicéto- b, b-carotène) sont largement utilisés comme compléments alimentaires dans régimes pour salmonidés comme méthode pour induire le rose typique couleur dans leur chair (Choubert & Storebakken 1989 ; Skrede & Storebakken 1987; Torrissen 1985).

I.8.1. Définition

Carotène, caroténoïdes, sont des mots dérivés de *Daucus carota*, le nom latin de la carotte dont le β -carotène fut extrait et isolé pour la première fois en 1831 par Wackenroder. Les caroténoïdes sont des pigments colorés dont la couleur varie du jaune au rouge. Environ 700 caroténoïdes ont été isolés à partir de produits naturels (Britton *et al.*, 2008). Ils sont naturellement synthétisés par des plantes, certains champignons, des algues et quelques bactéries. Chez les plantes et les algues qui contiennent des caroténoïdes, ceux-ci se trouvent dans les chloroplastes et les chromoplastes. Ils ont deux rôles principaux : l'absorption de l'énergie lumineuse pour la photosynthèse et la protection de la chlorophylle contre les dommages causés par la lumière. Chez les animaux, ces composés ne sont généralement pas considérés comme indispensables, mais ils peuvent jouer, chez les invertébrés comme chez les vertébrés, divers rôles encore imparfaitement connus dont le plus évident est celui d'un pigment (Phan, 2014) Chez les poissons ; les caroténoïdes ne peuvent pas être synthétisés, ils sont simplement absorbés par l'alimentation colorante pour atteindre leur nature de pigmentation cutanée. (Gouveia *et al.*, 2003; Paripatananont *et al.*, 1999).

I.8.2. Structure chimique

Les caroténoïdes sont des composés chimiques généralement en C40 constitués par 8 unités isopréniques (CS) jointes de façon à ce que la séquence soit inversée au centre. L'organisme vivant est incapable de les synthétiser, ils sont fournis par l'alimentation (Mata-Gómez *et al.*, 2014). Les caroténoïdes se divisent en deux classes de structure chimique

différente : les Carotènes, hydrocarbures insaturés, et les xanthophylles, dérivés oxygénés La structure des caroténoïdes les plus courants est donnée en Figure

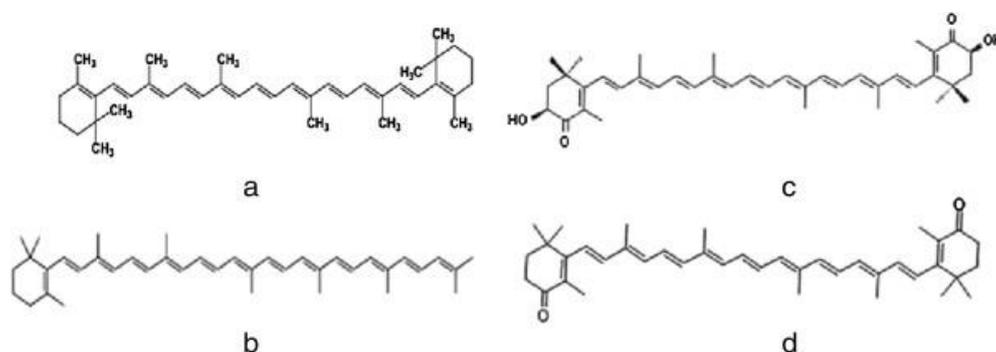


Figure 10 : Structure chimique de certaines molécules de carotènes.

a) β-carotène. b) Torulène:xanthophylles. c) Astaxanthine. d) Cantaxanthine. (Mata-Gómez et al, 2014).

Types des caroténoïdes	Source natural	Teneur
β-carotène	-Carottes, brocolis, épinards, abricot, chou, huile de palme, patate douce, mangue.	++++
	-Chou de Bruxelles, mangue, pêche, Les algues rouges, poivron.	+++
	-Goyave, laitue, orange, papaye, petites pois, courge, tomate	++
	-Beurre, pamplemousse, mandarine.	+
Lutéine	- Brocolis, légume-feuilles, poivron.	++++
	-Jaune d'œuf, courge.	++
	-Micro algue (<i>Haematococcus Chlorella pyrenoidosa</i>)	
Lycopène	-Tomates et produits dérivés (sauces, jus, etc.)	++++
	-Carotte, goyaves.	+++
	- pamplemousse rose, papaye.	++
	-Abricot, kaki.	+
Zéaxanthine	-Poivron.	++++
	-Courge, mais, kaki.	++
Astaxanthine	Crustacés (krill), algues microscopique,	

	les bactéries marines, la levure, l'algue verte Microalgue (<i>Haematococcus pluvialis</i>), Microalgue (<i>Chlorella vulgaris</i>), Crevette.	
Cantaxanthine	Un champignon la chanterelle (<i>Cantharellus cibarius</i>), le plumage, le corps du flamant rose, oiseaux exotiques comme l'ibis rouge (<i>Guara rubra</i>) et la spatule rosée (<i>Ajaja ajaja</i>). Microalgue (<i>Haematococcus pluvialis</i>), (<i>Chlorella vulgaris</i>)	

++++ : Teneur très élevée (> 2mg /100g) de matière fraîche ; +++ : teneur élevée (0,5 à 2 mg/100g) ; ++ : teneur modérée (0,1 à 0,5 mg/100g) ; + : faible teneur (0 à 0,1 mg/100g)

Tableau 8: Sources principales de quelques caroténoïdes ayant une importance nutritionnelle (Britton *et al.* 2009).

1.8.3. Diversités des caroténoïdes dans le poisson

Les caroténoïdes, qui sont des pigments liposolubles, sont responsables de la couleur de la peau des poissons d'ornement et sont également des nutriments essentiels pour une croissance et une reproduction saines. Les poissons sont incapables de fabriquer des caroténoïdes, ils doivent être obtenus à partir de sources alimentaires (Gouveia *et al.* 2003). Les caroténoïdes se produisent couramment dans les sources de nourriture d'eau douce, y compris le β -carotène (jaune, orange et rouge (Chan *et al.*, 1990), la lutéine, la taraxanthine, l'astaxanthine (rouge foncé (Lorenz, 2000), rougeâtre vif (Katayama *et al.* (1973)), rose ((Simpson *et al.*1981; Torrissen, 1986). la tunaxanthine, les α -, β -doradexanthines et la zéaxanthine (NRC 1993).

Divers pigments synthétiques (β -carotène, cantaxanthine, zéaxanthine, Et l'astaxanthine et les sources naturelles (les levures, les bactéries et les algues, les plantes supérieures et de la farine de crustacés) ont été utilisées comme suppléments nutritionnels pour améliorer la pigmentation des poissons et des crustacés (Kalinovsky *et al.*, 2005; Shahidi *et al.*, 1998).

1.8.4. Absorption de la lumière et de la couleur

La couleur des poissons est due à la réflexion corporelle de certaines des longueurs d'onde qui compose la lumière blanche incidente, les autres longueurs d'onde étant absorbées. Cette absorption est due à la nature physique ou à la composition chimique de leurs surfaces. On parle alors, dans ce dernier cas, de couleur pigmentaire, c'est-à-dire de couleur due à un ou plusieurs pigments (Chibon 1967). Créant un chromophore et permettant

ainsi l'absorption de la lumière visible entre 400 nm et 500 nm (Britton 1995). Chaque double liaison réduit l'énergie nécessaire à un électron pour passer à un niveau d'énergie supérieur, ce qui permet à la molécule d'absorber progressivement des longueurs d'onde (λ_{\max}) de plus en plus grandes de la lumière visible (déplacement bathochrome). Le lycopène, avec 11 doubles liaisons, absorbe la plupart du spectre lumineux dans la zone violette, seul le rouge reste visible. Le lycopène et ses isomères ont donc une couleur rouge foncée. Le spectre d'absorption du lycopène dans l'hexane est maximal à trois longueurs d'ondes : 444, 470 et 502 nm. Les cycles de la structure du β -carotène provoquent un spectre à λ_{\max} plus court (effet hypsochrome) que celui du lycopène, avec une absorbance plus basse (effet hypochrome), notamment à 425, 450 et 477 nm (Rodriguez-Amaya 2001) (Vetter *et al*, 1971; Mercadante *et al*, 1998).

1.8.5. Durabilité des couleurs

La capacité de maintenir ou d'augmenter le pigment « hargemen » des chromatophores par la synthèse et la capacité des cellules pigmentaires à migrer à travers différentes couches de la peau pour « évelo » un modèle agréable peut ajouter à la valeur d'un individu.

1.8.6. La fabrication de la couleur

Les cellules pigmentaires de la peau produisent les différentes couleurs. Les érythrocytes et les xanthophores contiennent des pigments caroténoïdes et produisent diverses nuances de rouge ou de jaune. Les mélanophores sont noirs et contiennent de la mélanine. En outre, d'autres teintes comme le vert et le bleu clair sont formées en raison de la superposition de cellules pigmentaires dans la peau.

Les leucophores contiennent des granules de guanine ayant pour résultat un aspect blanc. Les iridophores contiennent des cristaux irisés de guanine ressemblant à des plaques, ce qui donne une apparence métallique brillante de la peau. Les cyanophores contiennent un pigment bleu de composition chimique inconnue.

Les aspects des chromatophores qui sont exploités pendant la reproduction et la sélection sont les suivants : (1) la formation et la migration des cellules pigmentaires; (2) synthèse des pigments; (3) translocation des cellules pigmentaires; (4) l'interaction des cellules pigmentaires entre les deux principaux groupes de chromatophores (cellules xanthophores et mélanophores) et (5) la dépendance temporelle de tous ces groupes au cours de la vie de l'individu. (Gomelsky *et al*, 2015).

1.8.7. Digestibilité ou disponibilité

Après ingestion, les pigments caroténoïdes peuvent être éliminés dans les fèces, absorbés ou transformés. Les produits de transformation peuvent, à leur tour, être éliminés ou réabsorbés par la muqueuse intestinale.

Les caroténoïdes étant des composés liposolubles, leur absorption est liée à celle des lipides et leur digestibilité est influencée par la teneur de l'aliment en lipides.

La disponibilité des caroténoïdes est la mesure des quantités de pigments contenus dans le sang des poissons. La canthaxanthine se retrouve dans le sérum dès 3 heures après le repas d'épreuve. La concentration maximale est atteinte 24 heures après l'ingestion.

Pour l'astaxanthine, ces durées sont réduites. Pour un même niveau d'ingestion, la teneur du sérum en astaxanthine est supérieure (d'environ 2 à 3 fois) à celle de la canthaxanthine.

Les concentrations en caroténoïdes dans le sang décroissent en moins de 3 jours après toute cessation de supplémentations en caroténoïdes (Cherif et Djoumakh, 2015).

I.9. Les maladies de la carpe koï

Les maladies sont partagées entre celles qui ont une origine biologique (Bactéries, champignons, parasites, virus) et celles qui ont une origine physicochimique (manque d'oxygène, empoisonnements, blessures, etc.). Pour pouvoir choisir une thérapie adaptée à une maladie (en plus d'une analyse des facteurs de l'environnement et de l'agent pathogène à l'origine de la maladie), il faut s'intéresser aux particularités des différents agents pathogènes.

1.9. 1. Les champignons

Les champignons apparaissent sur la peau des carpes koïs sous forme d'un revêtement cotonneux blanc à jaune ou gris-vert. Ils sont en général révélateurs de blessures de la peau, car ils ne peuvent pas pousser sur des tissus vivants. Les plaies peuvent être causées par des parasites, des bactéries ou des blessures mécaniques. Les champignons ont l'apparence de longs filaments et c'est seulement sous microscope que le diagnostic devient certain. Le traitement se fait avec des bains à base de vert de malachite.

1.9. 2. Les bactéries

Les bactéries sont des agents de maladies microscopiques. Pour les reconnaître et les différencier, il faut utiliser des colorants spéciaux sous un grossissement de 400 fois, ou en faire des cultures sur milieux gélosés. La présence des bactéries est un signal d'alarme qui indique que le système immunitaire des poissons est déficient. Le poisson sera stressé. Les bactéries se multiplient très rapidement qui va engendrer une véritable course entre les

bactéries et le système immunitaire. Les antibiotiques sont fréquemment utilisés contre les bactéries

1.9. 3. Les virus

Les virus sont des agents pathogènes encore plus petits que les bactéries, qui se multiplient dans les cellules vivantes. Les virus sont à l'origine de perturbations cutanées, comme la variole des carpes, sans gravité. On voit également souvent des infections générales comme la virémie de printemps qui infeste pourtant rarement les koïs. Par contre, elle n'est pas si rare chez les carpes indigènes. Il faut donc faire attention lors de l'élevage simultané de koi avec de telles carpes. Les maladies virales ne peuvent pas être traitées avec des médicaments. Le système immunitaire peut par contre être stimulé, par exemple avec une eau suffisamment chaude et des apports de vitamines.

1.9. 4. Les parasites

Les parasites sont de loin la cause la plus importante de maladies chez les koi. Malgré l'immunité que les koi saines développent contre les parasites, un traitement peut être envisagé dans certains fabricants de préparations antiparasitaires, des traitements ciblés sont préférables pour épargner le filtre, les hommes et les koi. L'ensemble des parasites des branchies et de la peau peuvent être reconnus sans grande difficulté par des prélèvements cutanés et branchiaux avec un microscope adéquat.

1.9. 5. Quelques pathologies affectants la carpe koi

1.9. 5.1. La maladie du sommeil

La maladie du sommeil de la carpe est connue au Japon depuis 1974, pays dans lequel elle a dès lors provoqué des mortalités importantes (jusqu'à 100 %) dans des étangs et des bassins de carpes koi (*Cyprinus carpio carpio*), surtout chez les juvéniles, mais aussi chez les adultes (Oyamatsu et al., 1997). Le poisson affecté montre des signes de léthargie (pseudo-sommeil) et de perte d'appétit, ce qui peut s'expliquer par des lésions branchiales importantes entraînant une hypoxie.

Les causes de la maladie sont des blessures aux grandes narines entraînant une hypoxie, haute pression (ramassage, transport) aux températures indiquées entre 15 et 25 ° C, La présence du virus de la variole, du virus de l'œdème de la carpe (CEV). Les syndromes : une Inactivité (faux sommeil) et perte d'appétit, un œdème de la peau apparaît, ainsi qu'une opacité de l'œil (noyade anormale de l'œil en orbite) , une accumulation de mucus sur la peau, Le poisson se trouve sur le côté en dessous ou en surface (Oyamatsu *et al.* 1997 ; Meunier et al, 2016).



Figure 11: Carpes koi affectées par la maladie du sommeil (Carpes koi couchées sur le flanc en phase de pseudo-sommeil (flèches rouges).

1.9. 5.2. KHV ou Herpèsvirus cyprin 3 (CyHV-3)

Les causes de cette maladie dépendent de la température qui est un facteur-clé dans le déclenchement de la maladie (entre 18 et 28 °C). Les syndromes : mucus abondant sur la surface du corps, le nez avec crevasse, les branchies avec nécroses et mucus, une mortalité forte, la nage incontrôlée erratique, nécrose focalisée de branchies, augmentation de sécrétion de mucus, hémorragies sur les branchies et foie, inflammation des reins et mortalité en masse (FAO. 2009 ; Haenan & Engelsma 2004).



Figure 12 : Un herpesvirus émergent chez la carpe koi

Chapitre II

Matériel et méthodes



Rappel de l'objectif de l'étude

Sur le plan économique, notre étude contribue pour le développement de l'aquariophilie par l'approvisionnement d'aliments formulés localement à moindre coût par rapport à l'aliment importé qui coûte plus cher, sans répondre aux besoins des poissons et qui perdre sa valeur nutritionnelle rapidement. Notre objectif principal est de fournir sur le marché de l'aquariophilie des aliments avec des bonnes performances sur la coloration et la croissance de la carpe koï. Notre objectif également de trouver des substituants à la farine du poisson et de valoriser les coproduits de la pêche et de l'agriculture. Nous avons également étudié l'effet de la lumière sur la pigmentation des carpes koï.

II. 1. Protocole expérimental

II. 1.1. Structure d'élevage

Les structures d'élevage sont constituées par six aquariums (115 cm longueur x 50 cm largeur x 62 cm hauteur) d'une capacité de 150 L chacun, que nous avons utilisés pour le stade alevinage des carpes koï d'un poids initial environ 1g.

Chaque aquarium est équipé d'une pompe à eau, d'un filtre à eau, d'un diffuseur d'oxygène, d'une résistance électrique à thermostat pour chauffer l'eau, d'un thermomètre pour contrôler la température de l'eau et une source de lumière. Les aquariums ont été alimentés par l'eau d'un puit avec un système ouvert, le renouvellement de 10 % de volume de l'eau dans l'aquarium se fait chaque 2 jour.

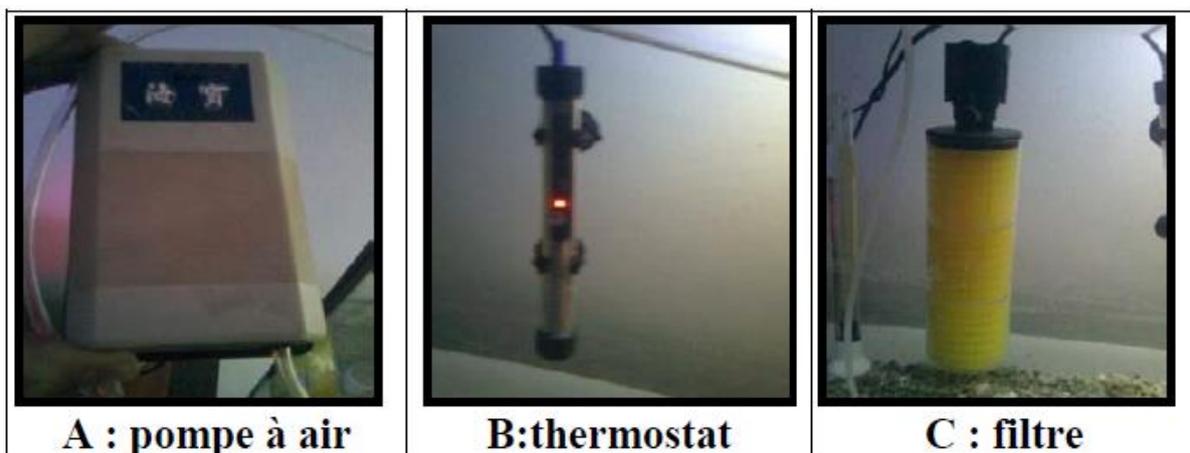


Figure 13 : équipement d'un aquarium.

II.1. 2. Matériel biologique

180 individus de carpe koï du poids moyen initial d'1 gramme (pm=1g) ont été répartis dans les 6 aquariums avec un nombre de 30 alevins par aquarium, donc une biomasse initiale de 30g pour chaque aquarium. Ce poids a été choisi pour mieux étudier l'influence des aliments formulés sur la pigmentation et la croissance des alevins des carpes koï.

Trois types d'aliments ont été distribués dans chaque aquarium en duplicata. Il s'agit d'un aliment importé (aliment témoin) et deux aliments fabriqués en répondant aux besoins nutritionnels de l'espèce testée. Les deux aliments formulés répondent aux besoin du koï en protéines et en énergie. Le premier aliment est fabriqué à base de la farine de crevette comme source de protéine et de l'astaxanthine, pour le deuxième aliment, on a utilisé la farine du poisson comme source de protéine et du β-carotène comme source de pigmentation. Les trois aliments ont été codés comme suit : aliment importé (At), aliment avec farine de crevette (A1), aliment avec farine de poisson (A2).

II.1. 3. Distribution des aliments

Les poissons sont nourris tous les jours avec une ration calculée à partir de la formule de MELARD (1999) qui donne le taux optimal de rationnement R (%) en fonction du poids moyen P (g) du poisson. Pour notre cas la ration journalière (Rj) est de 10% de la biomasse des individus. Ce taux de rationnement est ajusté tous les 10 jours après chaque pesée de contrôle de croissance. La ration quotidienne est divisée en 4 parties, une distribuée aux poissons à 9 heures, une à 11 heures, une à 13 heures et l'autre à 15 heures.

Numéro d'aquarium	Aquarium 1	Aquarium 2	Aquarium 3	Aquarium 4	Aquarium 5	Aquarium 6
Nombre d'alevins	30	30	30	30	30	30
Type d'aliment distribué	Aliment importé At		Aliment crevette A1		Aliment poisson A2	

Tableau 9: distribution des deux aliments formulés et l'aliment importé dans les 6 aquariums.

II. 2. Formulation d'aliment

La formulation alimentaire consiste à combiner différents ingrédients d'origine animale et végétale, ou des sous-produits des usines alimentaires. La combinaison se fait dans une proportion bien déterminée pour obtenir la valeur nutritive nécessaire (Rasoanandrasana *et al*, 2013). Un seul ingrédient ne contient jamais tous les éléments nutritifs utiles. Les ingrédients utilisés pour la production d'aliments d'aquaculture peuvent être en gros répartis en trois grandes catégories, selon leur origine : sources de nutriments animaux, sources de nutriments végétaux et sources de nutriments microbiens. (FAO 2012).

Nous avons formulé l'aliment en fonction des paramètres suivants :

- S'informer sur les besoins nutritionnels de la carpe Koï, notamment les besoins en macronutriments, et fixer le ou les chiffres cibles pour le nutriment de référence et les autres nutriments essentiels.
- Stades physiologiques, La taille et l'âge des carpes Koï.
- Comportements alimentaires des carpes Koï.
- Matières premières disponibles et leur coût sur le marché local, puis sélectionner en tenant compte les caractéristiques nutritionnelles (composition chimique, digestibilité, présence des facteurs anti nutritionnelles)
- Teneurs en éléments nutritifs des matières premières.
- Pigments utilisés et leurs origines.
- Techniques matériels et machines disponibles pour la fabrication des aliments
- Répercussions des aliments sur la santé des carpes Koï et sur le milieu d'élevage.

II. 2. 1. Les matières premières

Les matières premières utilisées dans notre étude sont disponibles localement. Les ingrédients ont été achetés sous forme de poudre mise à part la farine de crevette et la farine du poisson, Le tableau ci-dessous montre les différentes valeurs de compositions chimiques des matières premières d'origine végétale, utilisées dans notre étude. (Guillaume, et al 1999).

Composition chimique	Son de blé	Soja	Gluten	Maïs	Huile végétale
Extractif non azoté	53	28,5		69	-
Protéine brute	15,6	48.0	63	9.0	-
Lipide	6,5	1,9	8.0	4,20	98,7
Cendre brute	4,4	6,2	2.0	1,6	-
Calcium	0,15	0,27	0.10	0,01	-
Phosphore totale	0,93	0,69	1.1	0,27	-
Sodium	-	0,01	-	0,01	-
Potassium	1.00	2,02	-	0,33	-
Magnésium	0,35	0,28	-	0,11	-
Energie brute (Kcal/Kg)	4000	4200	3100	3860	9450
Energie digestible (kcal/Kg)	3700	3223	-	3590	-

Tableau 10 : Composition chimique des matières premières.

II. 2.2. Composition d'aliments formulés

La formulation et la fabrication des deux aliments ont été faites au niveau du centre national de recherche et de développement de la pêche et de l'aquaculture « CNRDPA » par l'équipe de formulation d'aliments artificiels pour les espèces à intérêt aquacole. Les deux aliments formulés ont presque la même composition biochimique et les mêmes ingrédients (coproduits agricoles), on distingue entre les deux aliments par l'origine de protéine animale et la source de pigmentation.

- ✓ **Aliment A1 :** on a utilisé la farine de crevette comme source de protéine animale et de pigmentation par sa composition en Astaxanthine.

- ✓ **Aliment A2 :** on a utilisé la farine de poisson fabriquée à la base des coproduits de sardine comme source de protéine animale, et β -carotène pour la pigmentation.

La formulation a été faite en utilisant un programme sous Excel élaborée par la méthode de quadra de Pearson pour calculer le pourcentage des différents ingrédients en se basant sur les besoins des alevins de la carpe koi et la composition nutritionnelle des différents ingrédients.

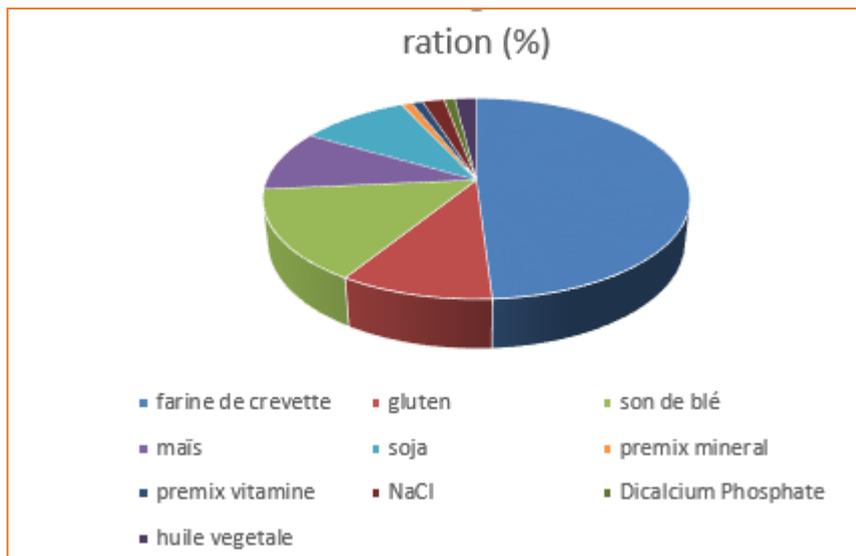


Figure 14: composition de l'aliment A1.

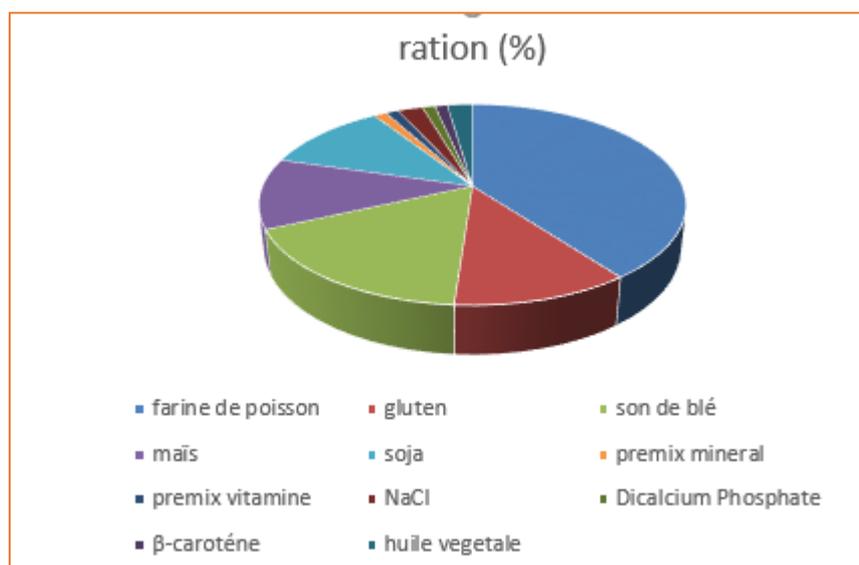


Figure 15 : composition de l'aliment A2.

II. 2.3. Préparation la farine de crevette

La fabrication de la farine de crevette passe par plusieurs étapes :

- **Cuisson** : la crevette requiert un traitement thermique, pour éliminer l'eau, les matières grasses et les germes pathogènes. (Archer et Russell, 2007). Nous avons cuit à la vapeur pendant une durée de 1h30.
- **Séchage** : après cuisson les crevettes ont été mises sur des plateaux dans le séchoir à une température de 45°C et une durée d'environ 18 heures.
- **Broyage** : après le séchage complet, nous l'avons broyé à l'aide d'un broyeur électrique pour obtenir la farine de crevette.
- **Stockage** : nous avons stocké la farine de crevette dans un bocal en verre à l'abri de la chaleur et de l'humidité.

Une partie de la farine de crevette a été utilisée pour le dosage biochimique et le contrôle microbiologique.

II. 2.4. Préparation la farine de poisson

La farine du poisson est obtenue par les déchets de la sardine utilisée comme conserve, cette transformation des déchets en farine est une meilleure solution pour la valorisation des déchets et la protection de l'environnement.

- **Cuisson** : pour cette étape on utilise une balance pour peser les pièces avant et après la cuisson, un cuiseur, des gants,
- **Pressage** : pour cette étape on sépare la pâte (la chair) de jus (huile du poisson), on utilise la gaze, des tamiseurs, des bacs de réception, bocal en verre
- **Séchage** : on met les déchets dans le séchoir, on utilise : des plateaux, séchoir, balance pour peser après séchage.
- **Broyage** : on utilise un broyeur pour obtenir une farine du poisson, qui sera à son tour pesée pour savoir le rendement des déchets en farine, puis conservée dans des bocaux loin de l'humidité et de la chaleur.

Les étapes de la fabrication de la farine du poisson sont identiques au processus utilisé pour fabrication de la farine de crevette. On peut les résumer par le schéma suivant :

Cuisson → **Pressage** → **Séchage** → **Broyage** → **farine**



Figure 16 : Les étapes de la fabrication de farine de poisson.

1 – Pesage le poids de poisson

2 – Réception des poissons

3 – Cuisson des poissons

4 – Séchage de la chair de poisson

5 – séchoir

6 – Broyage

II. 2.5. Fabrication d'aliment

La fabrication des aliments selon (Guillaum, 1999), le processus de fabrication des aliments consiste en une série d'opération dont le but est d'associer plusieurs matières premières dans des proportions fixées à l'avance pour un objectif nutritionnel précis.

La fabrication de l'aliment s'est faite au niveau du CNRDPA ; à Bou-Ismaïl (wilaya de Tipaza).

Equipement nécessaire

-Broyeur

-Balance de précision

-Récipients

-Hachoir

-Séchoir

II. 2.5. 1. Broyage

Tous les ingrédients secs ont été broyés à l'aide d'un broyeur pour l'obtention des farines.

II. 2.5. 2. Pesage

Les différentes farines et liquides nécessaires pour la fabrication des deux aliments ont été pesés à l'aide d'une balance de précision afin d'avoir les quantités indiquées dans les deux formules.

II. 2.5. 3. Mélange (homogénéisation)

L'homogénéisation, opération essentielle à l'élaboration d'un aliment composé, consiste à associer les matières premières broyées et pesées en les répartissant uniformément dans la masse du mélange (Guillaum, 1999). Dans cette étape toutes les matières premières sont mélangées pour aboutir à un tout homogène après on ajoute de l'eau et de l'huile végétale, ce qui permet d'avoir une pâte homogène prête pour le pressage. Pour l'aliment A2, on ajoute une petite quantité de β -carotène.

II. 2.5. 4. Mise en forme (Pressage)

La mise en forme de l'aliment est réalisée à l'aide d'un hachoir électrique ; en donnant une pâte d'aliment à une forme de spaghetti, qui sera fragmenté par la suite tout dépend de la taille de la bouche de poisson.

II. 2.5. 5. Séchage

Le séchage permet de réduire le taux d'humidité, et éviter la pourriture de l'aliment et l'apparition des moisissures, pour cela on met les spaghettis dans le séchoir pendant 6 heures à 45°.

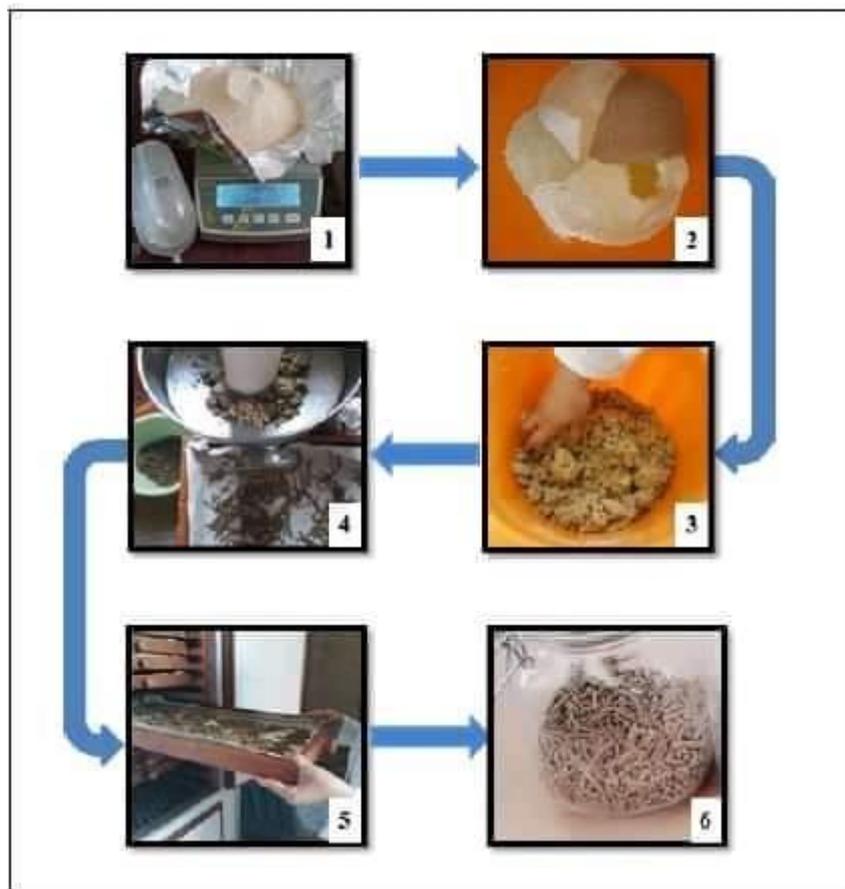


Figure 17: Les étapes de la fabrication d'aliment.

- | | |
|-----------------------------------|--|
| (1) Pesage des matières premières | (2) les matières premières chèches |
| (3) Mélange des M.P | (4) mettre le mélange dans le hachoir |
| (5) Séchages de la pate | (6) Conditionnement d'aliment dans des boucaux |

II. 3. Dosage biochimique des farines et aiment

Après la fabrication des farines et de l'aliment, on prend des échantillons pour le control alimentaire.

II. 3. 1. Dosage des protéines

L'extraction et le dosage des protéines ont été effectués selon la méthode de référence « Kjeldhal », elle s'effectue en trois étapes (minéralisation, distillation et dosage):

Les composés organiques contenant de l'azote (**protéines** et **acides nucléiques** dans certaines matrices) sont décomposés à chaud, sous l'action d'acide sulfurique et d'un catalyseur. Ce catalyseur contient du sulfate de potassium (K_2SO_4), qui permet d'augmenter la température d'ébullition de l'acide sulfurique, et du sulfate de cuivre ($CuSO_4$) qui agit comme catalyseur de la réaction. L'azote va donner quantitativement du sulfate d'ammonium : c'est l'étape

de **minéralisation**.

L'ammoniac est ensuite déplacé de son sel par la soude, distillé par entraînement à la vapeur d'eau et recueilli dans une quantité connue d'acide chlorhydrique en excès. C'est l'étape de **distillation**.

La quantité d'acide chlorhydrique n'ayant pas réagi est dosée en retour par de la soude. C'est l'étape de **dosage**.

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

$$\% \text{ de protéine} = X \times F = \frac{2,803 \times V \times 100}{1000 \times m} \times F$$

II. 3.2. Extraction des lipides selon la méthode Soxhlet

La teneur en lipides est l'un des cinq principaux paramètres utilisés pour évaluer la qualité d'un aliment humain ou animal, avec la teneur en eau, en protéines, en fibres et en sodium. En outre, celle-ci constitue un facteur déterminant pour la fixation des prix.

Principe

- ✓ L'aliment broyé est pesé et placé dans une capsule de cellulose. L'échantillon est extrait en contenu par l'éther éthylique à ébullition qui dissout graduellement la matière grasse.
- ✓ Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs.
- ✓ Le solvant s'évapore de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à la fin de l'extraction.
- ✓ L'éther est évaporé sur un rota-vapeur par la suite, la matière grasse est pesée.

Le taux des lipides est calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{ lipides} = \frac{(P - P_0)}{m} \times 100$$

Avec : **P** : Poids du ballon + résidu. **P₀** : Poids du ballon vide. **m** : Poids de l'échantillon en (g)

II. 3.3. Dosage des cendres brutes

Principe : L'échantillon est incinéré à 550°C ; le résidu est pesé.

On pèse une quantité à 1 mg près, 5 g environ de l'échantillon dans un creuset à incinération préalablement taré. On place le creuset sur la plaque chauffante et on chauffe progressivement jusqu'à carbonisation de la matière. Introduire le creuset dans le four ventilé réglé à 550°C ± 5°C. Maintenir à cette température au moins 3 heures jusqu'à obtention de cendres blanches, gris clair ou rougeâtres, apparemment dépourvues de particules charbonneuses. Placer le creuset dans un dessiccateur, laisser refroidir et peser immédiatement.

Calcul :

Calculer le poids du résidu en déduisant la tare. Exprimer le résultat en % de l'échantillon.

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

Où : P0 : poids du creuset vide ; P1 : poids du creuset + échantillon séché à l'étuve 105°C ; P2 : poids du creuset + résidu calciné

II. 3.4. Dosage des glucides (fibres)

Il n'existe pas de méthode d'analyse globale des sucres comme il en existe pour les lipides, les protides (protéines), les matières minérales (cendres), etc. Dans le domaine des glucides, les dosages globaux que l'on peut effectuer concernent : - les sucres réducteurs (y compris le dosage du saccharose) - les fibres alimentaires, composées principalement de polysaccharides non assimilables. La mesure de la quantité totale de glucides (ou hydrates de carbone assimilables) d'une denrée est généralement faite par calcul (différence avec les autres nutriments).

La méthode actuellement reconnue comme la plus valable est une méthode gravimétrique dans laquelle l'élimination des protéines et des amidons de l'échantillon est faite par voie enzymatique.

Le schéma de cette méthode est le suivant :

- ✓ Échantillon, dégraissé si nécessaire

- ✓ Gélatinisation (enzyme thermamyl)
- ✓ Hydrolyse contrôlée des protéines (protéase)
- ✓ Hydrolyse de l'amidon (amyloglucosidase)

- ✓ Insolubilisation des fibres solubles (dans l'éthanol 70%)
- ✓ Filtration des fibres totales (insolubles et solubles)
- ✓ Lavage, séchage, pesée du résidu
- ✓ Détermination dans le résidu des : protéines restantes (Kjeldahl), cendres (incinération)

Calcul : Résidu - protéines restantes - cendres = **fibres alimentaires**

II. 3.5. Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau est la proportion effective (totale, dosable) d'eau dans l'aliment.

La teneur en eau est déterminée par perte de poids à la dessiccation - 103-105°C à l'étuve pendant x heures.

Par cette méthode indirecte, on dose toutes les matières volatiles jusqu'à 105°C. En réalité, on ne détermine pas la teneur en eau mais la teneur en matière sèche.

II. 4. Contrôle microbiologique des farines et aliments

La qualité microbiologique des aliments constitue la base essentielle de leur aptitude à satisfaire aussi bien la sécurité des consommateurs que la conservation de ces aliments. Le contrôle microbiologique des aliments a pour objectifs de contrôler les caractères moins apparents mais fondamentaux d'un produit alimentaire. Il s'agit de la salubrité c'est-à-dire l'absence d'action toxique, de microorganismes pathogènes ou toxigènes ainsi que le niveau des populations des germes d'altération. (Andrews, 1996). Les germes néfastes sont ceux qui sont impliqués dans la détérioration des produits alimentaires. Ils affectent la qualité hygiénique organoleptique et commerciale du produit au niveau de la fabrication ou de la conservation. Ce sont les germes banaux de contamination qui peuvent causer de graves problèmes dans l'industrie. Les germes banaux de contamination peuvent avoir des actions variées qui affectent la valeur alimentaire et commercial des produits allant d'une modification de texture, modification de la coloration (apparition d'une couleur parasite), synthèse de produits toxiques ou gonflement des contenants suite à une libération intense de

gaz rendant alors le produit alimentaire impropre à la consommation voire même dangereuse dans certaines conditions (Guiraud, 2004).

Les principaux groupes recherchés : les coliformes fécaux, les coliformes totaux, et les staphylocoques.

II. 5. Les paramètres zootechniques mesurés

Les paramètres zootechniques suivis pour évaluer l'effet de l'aliment sur les performances biologiques des poissons sont : la mortalité, la survie, la croissance et les indices alimentaires. Ces paramètres ont été calculés conformément à la procédure de KHWUANJAI et PORNCHAI (1997), KANANGIRE (2001) ; BAMBA *et al*, 2007.

II. 5. 1. Taux de mortalité (TM)

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

N_i : effectif initial

II. 5. 2. Taux de survie (TS)

$T.S (\%) = n_f / N_i \times 100$, avec **TS**: taux de survie; **nf** : Nombre de Poisson Final

N_i: nombre initial de poissons.

II. 5. 3. Poids moyen initial (Pmi)

Le poids moyen initial (Pmi) est calculé en faisant le rapport de la biomasse initiale par le nombre initial de poissons. La biomasse initiale étant obtenue par le peser de tous les poissons.

Pmi (g) = Biomasse initiale (g) / Nombre initial de poissons.

II. 5. 4. Poids moyen final (Pmf)

Le poids moyen final (Pmf) est calculé en faisant le rapport de la biomasse finale par le nombre final de poissons.

Pmf (g) = Biomasse finale (g) / Nombre final de poissons.

II. 5. 5. Taux de croissance journalier (TCJ)

C'est le gain moyen du poids quotidien obtenu durant la durée de l'élevage. Il est calculé comme suit : $TCJ (g/j) = (\text{Poids moyen final} - \text{Poids moyen initial}) / \text{Durée de l'expérimentation}$.

II. 5. 6. Taux de croissance spécifique (TCS)

Le taux de croissance spécifique (TCS) donne la vitesse instantanée de croissance des poissons. Il est calculé comme suit : $TCS (\% / j) = [(\text{Ln} (Pmf (g)) - \text{Ln} (Pmi (g))) \times 100 / \text{Durée d'élevage}]$.

II. 5.7. Gain du poids (GP)

C'est le poids gagné par les individus par rapport à leur poids initial au cours de l'élevage. Il s'exprime par :

$$GP (\%) = (\text{Poids moyen final} - \text{Poids moyen initial}) / \text{Poids moyen initial} \times 100.$$

II. 5. 8. Facteur condition (k)

Le facteur ou coefficient de condition K est défini par le rapport entre le poids et la taille du poisson, il renseigne sur la condition physique du poisson. Il est donné par la formule de Tesch (1971).

$$(K) = 100 W/L.$$

Avec : **W** = Poids en g ; **L** = Longueur en (cm).

II. 5. 9. L'indice de consommation alimentaire

La qualité de l'alimentation est influencée par la digestibilité ou l'absorption du poisson par rapport à la nourriture consommée. L'utilisation de la nourriture peut être déterminée en calculant l'indice de consommation alimentaire. Cela a été fait en comparant la quantité de nourriture donnée à la quantité de gain de poids du poisson et plus précisément il est défini comme le rapport entre la quantité d'aliments distribués et le gain de poids de poissons obtenu. Plus la valeur de conversion de l'alimentation est petite, meilleure est la qualité de l'alimentation. Si la valeur de conversion alimentaire est élevée, alors la nourriture pour poissons n'est pas bonne et de bonne qualité.

L'indice de conversion (IC) évalue l'efficacité de l'aliment utilisé pour la croissance des poissons.

$$\text{IC (g/g)} = \text{Quantité d'aliment distribuée (g matières sèches)} / \text{Gain de poids (g)}.$$

II. 5. 10. L'indice viscérosomatique (IVS)

L'indice de viscérosomatique est donné par la formule :

$$\text{IVS\%} = \text{Poids de Viscères (g)} / \text{Poids corporelle(g)}.$$

II. 5. 11. Le coefficient d'efficacité protéique (CEP)

Le coefficient d'efficacité protéique (CEP) est un indice simple qui consiste à mesurer la croissance d'un animal dans des conditions qui permettent de mettre en évidence un défaut de qualité de la protéine. Il est calculé selon la formule suivante :

$$\text{CEP} = \frac{\text{Gain de poids}}{\text{Protéines ingérés}}$$

II. 6. Caractéristique physique de l'aliment

Ces paramètres sont importants pour tester l'efficacité de l'aliment avant d'être distribué aux poissons, parmi lesquels :

II. 6.1. La stabilité de l'aliment dans l'eau

Le matériel employé pour les tests est constitué d'un axe à vitesse réglable muni de 6 roulements excentrés avec des crochets animés. Chaque type d'aliment est testé à la cadence de 18 mouvements par minute avec une amplitude de 4 cm pour que les aliments restent totalement immergés. Les temps de 30 s, 1 mn, 4 mn, 7 mn et 10 mn sont choisis afin de mieux apprécier l'évolution des pertes d'aliments.

II. 6.2. Granulométrie

L'efficacité du broyage est déterminée pour chaque matière première, ainsi que la finesse du mélange final par une analyse granulométrique. La taille des granulés est importante pour être ingérer par les alevins. Pour ce test on va utiliser des tamis compris entre 1.6 mm et 0.100 mm (norme AFNOR).

II. 6.3. Flottabilité

Selon la flottabilité, il existe 3 types d'aliments : aliment flottant, semi flottant et coulant. Pour rendre un aliment flottant on utilise un liant dans la formule de l'aliment ou l'extrudeur. Pour vérifier la flottabilité de nos deux aliments, on met l'aliment dans un verre d'eau et on compte le temps avant.

II. 6.4.L'acceptabilité

L'aliment doit être appétitif pour attirer le poisson, généralement le poisson est attiré par l'odeur de l'aliment, c'est pour ça un aliment doit contenir un produit ou coproduit d'origine marine comme farine du poisson, huile du poisson, et les algues.

II. 7. Suivi de la qualité de l'eau

La qualité de l'eau est un paramètre très important pour la vie des poissons. 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 (ALLIOUCHE, 2010)

Pour le bon suivi de l'expérience et pour maintenir les poissons à leurs conditions d'élevage, on mesure le pH, la température de l'eau et l'oxygène dissous quotidiennement le matin avant de distribuer l'aliment et l'après-midi après nourrir les poissons, en utilisant un multi paramètre. Les sels nutritifs sont dosés une fois par semaine par des méthodes chimiques colorimétriques.



Figure 18 : photo d'un Analyseur multi paramètre

II. 8. Enquête sur l'aquariophilie et le marché de la carpe koï en Algérie

L'étude de marché est indispensable pour la réussite de n'importe quel projet. Un handicap majeur au développement de l'aquaculture, est la relative absence de connaissance du produit de la part du consommateur : son origine, ses méthodes d'élevage, sa disponibilité, et, plus que tout, la maîtrise de l'espèce et la disponibilité de l'aliment. Pour cela, pour avoir une idée concrète sur l'aquariophilie et la nutrition des poissons d'ornement en Algérie, ainsi les besoins des éleveurs, vendeurs et amateur de cette activité, nous avons lancer un questionnaire en ligne, en utilisant Google Formes et un microordinateur.

Les différentes questions posées, touchent

- ✓ La vie privée du répondant pour avoir une idée sur l'influence du niveau social, scolaire, l'âge et le genre sur la pratique de l'aquariophilie ;
- ✓ Le marché de l'aquariophilie d'une manière générale, par exemple : si le répondant est un amateur, éleveur, vendeur, ou travaillant dans le secteur étatique, privé ou de la recherche en relation avec cette activité, s'il a déjà effectué une formation dans ce domaine ou souhaité de bénéficier d'une formation, les différentes espèces de poissons élevées, la disponibilité des espèces souhaitées et de l'aliment sur le marché, les difficultés rencontrées ...
- ✓ Le marché de la carpe koï : sa place parmi les autres poissons d'ornement, les difficultés liées à son élevage, disponibilité, l'intérêt pour l'achat d'un aliment spécial koï....

Le questionnaire a été diffusé spécialement sur les groupes et les pages sur les réseaux sociaux qui s'intéressent à l'aquariophilie, et pour le publique.

Chapitre III

Résultats et Discussion



Dans cette partie, on va exposer le résultat de l'analyse biochimique de la farine de crevette, de la farine à base des déchets de sardine, des aliments formulés, les caractéristiques et l'importance des deux aliments formulés, une étude socioéconomique sous forme d'un questionnaire sur l'état de l'aquariophilie et le commerce du koï en Algérie, et à la fin une synthèse et comparaison entre quelques travaux de recherche récents sur l'alimentation de la carpe koï. Pour l'étude zootechnique des aliments formulés, malheureusement, la pandémie du covid-19 nous a empêché de l'entamer suite à l'application d'un confinement total, la fermeture des universités et des laboratoires de recherches ainsi l'interdiction du transport inter wilayas.

III.1. Résultats de notre étude

III.1.1. La farine de crevette

Le choix de la crevette n'était pas aléatoire mais pour sa richesse en astaxanthine, qui est un pigment important pour la pigmentation de koï. L'espèce choisie est disponible durant toute l'année, le but était également de valoriser les déchets de crevettes. La transformation de crevette en farine était rapide et facile, le rendement était de 60%, on a utilisé 2 kg de crevette pour produire 1.2 kg de farine de crevette, ce qui est rentable. La texture était homogène et lisse. Pour la qualité microbiologique, on n'a pas observé des champignons ni des moisissures sur la farine malgré qu'elle était conservée pour une durée d'environ 8 mois, ce qui confirme la bonne manipulation pendant le processus de fabrication de la farine. L'espèce de crevette choisie contient 43% de protéine, lipides 4%, et 3.6% des fibres.

III.1.2. La farine de déchets de sardine

L'équipe de la formulation d'aliments au niveau du CNRDPA a formulé plusieurs aliments à base des déchets de sardine pour plusieurs espèces du poisson : tilapia du Nil, poisson chat africain, poisson d'ornement et le présent mémoire sur la carpe koï. L'objectif visé par l'utilisation des déchets de sardine, c'est pour la valorisation des coproduits de la pêche et des déchets des conserveries, la fabrication de la farine du poisson localement à un petit prix, sa valeur protéique de ces déchets, son rendement acceptable en farine et sa bonne qualité.

Une quantité de 15 kg des déchets de sardine a été utilisée pour produire environ 4 kg de la farine avec un rendement de 26%. Ce taux est vraiment satisfaisant vu qu'on a utilisé uniquement les déchets sans chair. Par une observation directe de la farine et l'odeur, on déduit l'absence des moisissures et des champignons. Pour l'analyse biochimique de la farine fabriquée, le taux de protéine était 45.88% cependant les lipides étaient de 13,45%.

III.1.3. Qualité biochimique des 3 aliments utilisés (A0, A1 et A2)

La valeur nutritionnelle des aliments pour poissons peut être généralement vue à partir de la composition des nutriments, tels que les protéines, les graisses, les glucides, les vitamines et les minéraux (Putri *et al*, 2016).

Une formule d'aliment doit répondre essentiellement aux besoins nutritionnels des poissons, sur cette condition nous avons formulé nos aliment en prenant en considération les exigences de la carpe koï. Les trois aliments de l'expérience (A0, A1 et A2) ont presque la même composition chimique en protéine et en énergie. Le tableau et la figure suivants indiquent la composition biochimique de chaque aliment, on rappelle que les deux aliments formulés se diffèrent par l'origine de protéine animale et de la source de pigmentation.

	A0 (%)	A1 (%)	A2 (%)
Protéine brute	30	35,61	33,86
Lipide	6	7,71	9,01
Cellulose brute	3,4	3,25	2,29
Calcium	1,2	1,6	1,87
Cendre brute	8	10,87	10,39
Phosphore	0,94	1,62	1,89

Tableau 11: composition biochimique des 3 aliments expérimentaux

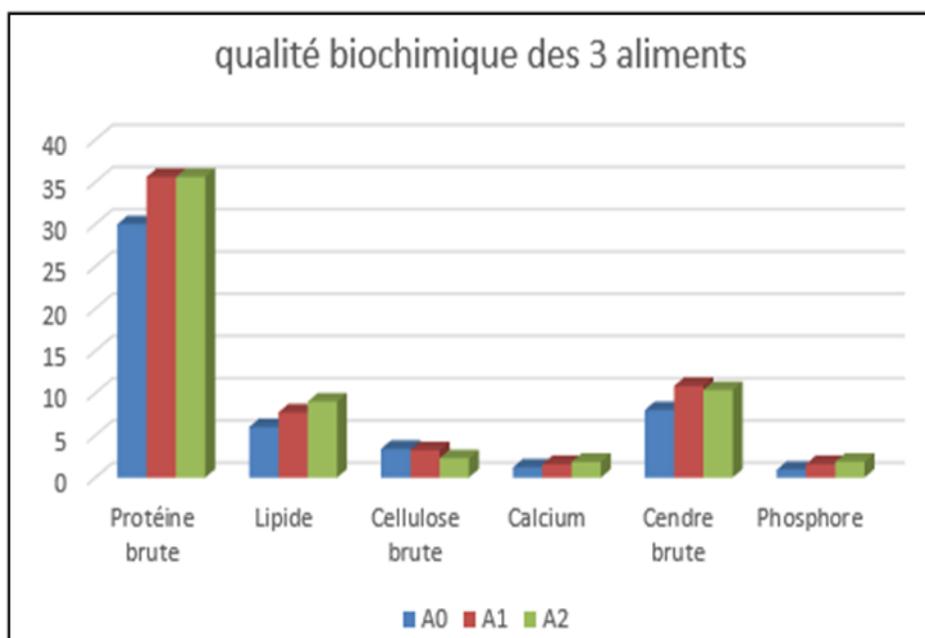


Figure 19 : valeurs nutritionnelles des 3 aliments (A0, A1 et A2)

La composition biochimique des trois aliments répond aux besoins nutritionnels de la carpe koï.

III.1.4. Caractéristiques des aliments

D'autres caractéristiques physiques sont nécessaires, pour déduire l'efficacité de l'aliment :

III.1.4.1. L'acceptabilité : l'odeur de l'aliment est importante pour attirer les poissons, ce qui était vérifiée pour les 3 aliments, mais les deux aliments formulés A1 et A2 ont une odeur plus forte par rapport l'aliment importé, on a expliqué ça, par la durée de fabrication des aliments, A0 était plus ancien par rapport les deux aliments.

III.1.4.2. La stabilité : les trois aliments restent stables dans l'eau pour plus de 6 heures, ce qui confirme que les 3 aliments ne sont pas rapidement dégradables dans l'eau et donc ne polluent pas cette dernière.

III.1.4.3. La flottabilité : les 3 aliments sont flottant dans l'eau, vu que l'aliment importé est extrudé, et les deux aliments formulés contiennent d'un liant.



Figure 20 : test de flottabilité des aliments

III.1.5. Coût de revient des aliments

Tenant en compte des coûts des matières premières, des protéines animales, des pigments ainsi les frais d'électricité, de l'eau et les autres charges, on a donné le prix de 850 da pour 1 kg de l'aliment avec déchets de sardine et 1200 da pour 1 kg de l'aliment à base de la farine de crevette. Ces prix sont acceptables et à la disposition des commerçants, éleveurs et amateurs de l'élevage de la carpe koï. On note que ce prix a été fixé en se basant également sur l'étude de questionnaire.

III.1.6. Enquête sur l'aquariophilie et le marché de la carpe koï en Algérie

Après le lancement de questionnaire, on a reçu des encouragements de la part des exerçants de l'aquariophilie, ce contact directe avec eux nous a permis de mieux connaître cette activité, les contraintes liées avec, l'importance de la carpe koï sur le marché et la nécessité de fabriquer des aliments locaux. D'après nos résultats, cette activité intéresse les deux sexes, féminins et masculins avec respectivement, 29% pour le genre féminin et 71% pour le masculin.

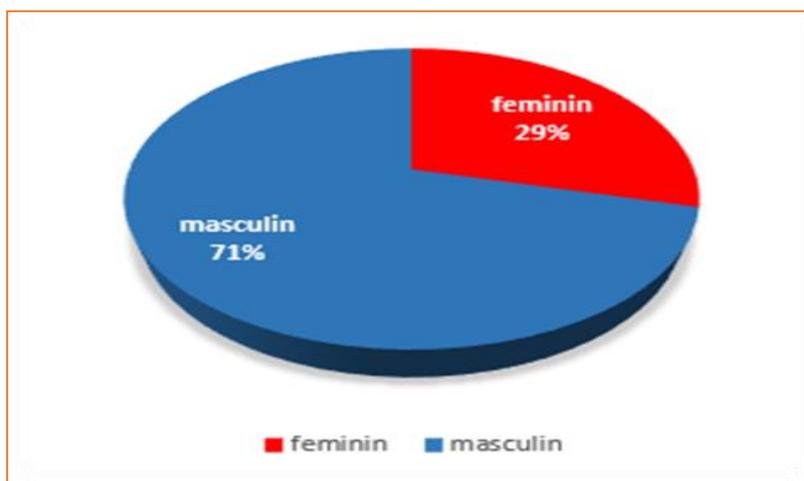


Figure 21 : Répartition de l'aquariophilie entre les deux genres

Cette activité ne fait pas distinction entre celui qui a fait des études scolaires ou non, celui qui a fait des études dans le domaine ou juste par expériences. D'ailleurs, la majorité des répondants n'ont pas effectué des formations et ne travaillent pas dans le domaine mais c'était pour certains un plaisir, pour d'autre un gain d'argent supplémentaire, et pour d'autre c'est leur métier.

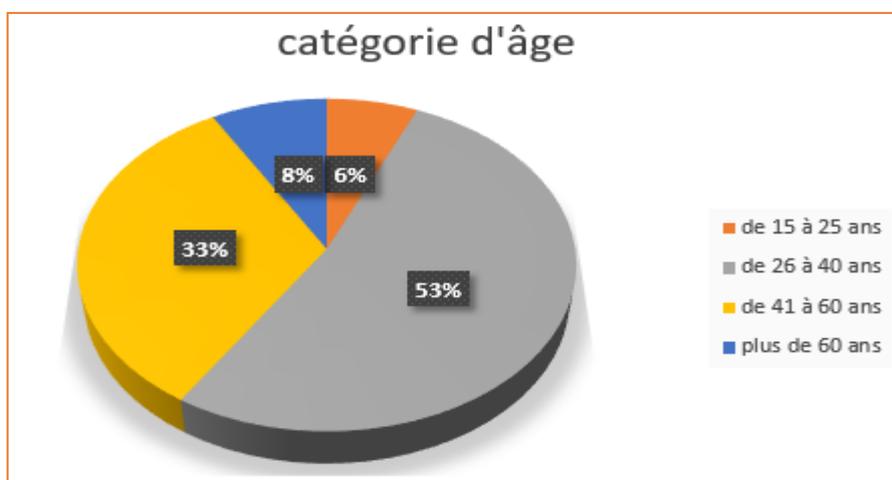


Figure 22 : Répartition de l'aquariophilie par rapport la catégorie d'âge

Sur l'ensemble des réponses, l'aquariophilie est pratiquée sur tout le territoire du pays, avec 60,70% dans la région littorale, 34,45% dans les wilayas de la région intérieure et uniquement 4,85% dans le sud du pays avec dominance de la carpe koï et les Cichlidés africains. Le grand problème pour le développement de cette activité dans le sud du pays c'est le manque de la livraison, la fragilité des poissons d'ornement pendant le transport, ainsi peu des commerçants qui exercent l'aquariophilie dans cette région par rapport aux autres wilayas. La wilaya d'Alger domine le marché des poissons d'ornement et livre pour les autres wilayas.

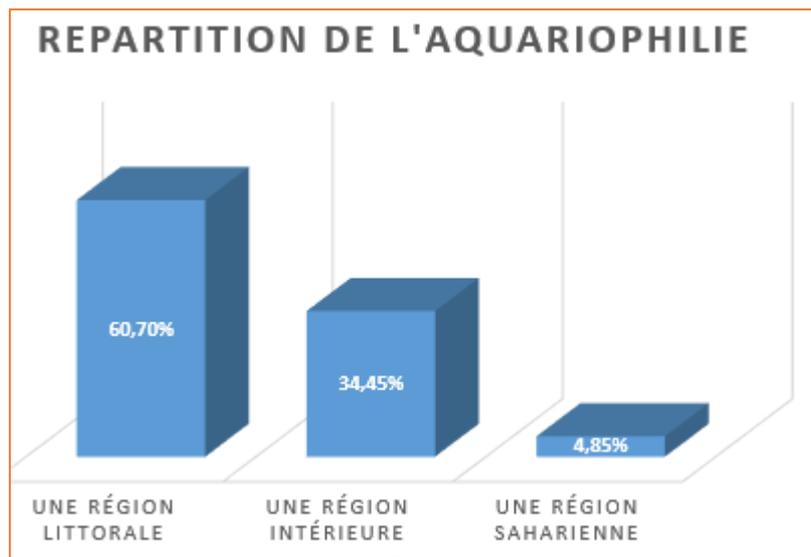


Figure 23 : Répartition de l'aquariophilie par rapport à la région

Après qu'on a eu une idée sur le marché de l'aquariophilie, on a demandé les noms des principales espèces recherchées par le client. Le guppy, l'oscar et le koï sont les plus demandées, et sa dépend surtout de leurs disponibilité, prix, et résistance. D'après les réponses des vendeurs et des aquariophiles y'a pas une variété des poissons sur le marché, surtout pour le cas des Cichlides américains, on a expliqué cette rupture par l'arrêt des importations qui n'a pas exclu les poissons d'ornement, pour les espèces importées disponibles en Algérie connaissent un problème de pigmentation lié à la non disponibilité de l'aliment, et des mortalités liées à la méconnaissance de l'élevage de ces poissons et le type des maladies.



Figure 24 : les principales espèces de l'aquariophilie en Algérie

Concernant l'aliment disponible sur le marché, c'est l'aliment importé sans spécificité, d'après les éleveurs ces aliments malgré coûtent cher mais n'ont pas influencés sur la pigmentation des poissons ni sur la croissance. Certains éleveurs préparent leurs propres recettes mais à usage journalier juste pour nourrir le poisson et sans avoir influence sur la pigmentation ni sur la croissance.

A cet effet, pour mieux savoir les besoins des éleveurs et commerçants, on a demandé les critères de l'aliment ainsi la tranche de prix acceptable pour l'achat de 100g. Les principales caractéristiques demandées : la disponibilité dans le pays, l'influence sur la pigmentation, la résistance aux maladies, à un prix moins de 300 da pour 100 gramme. A la fin de questionnaire, on a demandé aux commerçants si le marché de koi est rentable et mérite à investir, 92% des réponses étaient pour l'encouragement de l'investissement dans le commerce de koi.

III.2. Etude synthétique de l'effet de quelques aliments sur la pigmentation et la coloration de la carpe koï

Malgré la place de la carpe koï en Algérie, peu des travaux de recherches qui ont été réalisés, on a trouvé juste un seul mémoire de la fin d'étude qui touche l'alimentation de la carpe koï en 2015 mais c'était juste un essai de l'amélioration de la couleur, et un seul mémoire sur sa reproduction en 2019, aucune thèse de doctorat ni aucun article sur cette espèce n'ont été effectués.

III.2.1. Reproduction artificielle, alevinage et pre-grossissement de la carpe koï (*Cyprinus carpio carpio*), avec un essai d'amélioration de la coloration par l'utilisation des pigments

Ce mémoire de fin étude a été fait par (Dahmani et Hadjaissa,2015), et a abouti à la formulation de 3 aliments qui sont représentés dans le tableau suivant :

Ingrédient	A1 sans pigment	A2 à l'algue rouge	A3 à la carotte
Farine de poisson	20%	20%	20%
Soja	50%	40%	40%
Son de blé	10%	10%	10%
maïs	15%	15%	15%
Minéraux	3%	3%	3%
CMV	1%	1%	1%
Farine de carotte	/	/	10%
Farine d'algue rouge	/	10%	/

Tableau 12 : composition des 3 aliments

L'aliment A1 contient la plus grande teneur en protéine 18.55% car il possède la plus grande portion en farine de poisson, suivi par A3 avec 17,82% et A2 avec 15,94%. La différence entre ces deux derniers aliments (A2 et A3) est due aux teneurs en protéines dans la carotte pour A3 et dans l'algue rouge pour A2. La teneur en protéine dans les 3 aliments est faible et ne répond pas aux besoins de la carpe koï.

L'expérience a duré 45 jours, les principaux résultats :

- **Stabilité dans l'eau** : La stabilité est plus élevée dans l'aliment contenant de l'algue rouge, cette dernière est très connue par sa propriété gélifiante et leur pouvoir liant utilisé dans la production d'Agar-agar.

- **Indice de conversion (de consommation) IC** : il est de 4,67 pour A1, 5,55 pour A2 et de 4,32 pour A3, les auteurs ont expliqué ces résultats par la composition de A3 d'un facteur de croissance qui n'est pas disponible dans les autres aliments. On remarque que l'indice de conversion pour les 3 aliments est faible et n'est pas rentable.
- **Pigmentation (couleur et intensité)** : L'aliment A3 distribué a donné de meilleurs résultats par rapport aux autres aliments A1 et A2, donc la carotte incorporée dans l'aliment A3 et qui contient la β -carotène qui est à l'origine de ce résultat, tandis que l'aliment A2 a donné un faible résultat de pigmentation car l'algue rouge utilisé contient le pigment phycoérythrine et non pas les caroténoïdes qui sont les pigments responsables de la coloration chez les poissons.

Ces 3 aliments doivent être reformulés pour répondre aux besoins des poissons, pour améliorer l'indice de conversion et pour influencer sur la coloration du koi.

III.2.2. Coloration du poisson d'ornement (*Cyprinus carpio* et *Carassius auratus*) par une biomasse de microalgues

Gouveia *et al.*, 2003 ont utilisé les microalgues pour la coloration de la carpe koi et le poisson rouge. Les auteurs précisent que la valeur de ces deux espèces repose sur leur coloration, mais ces dernières ne peuvent pas synthétiser les caroténoïdes mais ça doit être incorporé dans leur alimentation. Pour cela, les auteurs ont utilisé des microalgues des eaux douces comme *Chlorella vulgaris*, *Haematococcus pluvialis*, et *Arthrospira maxima* pour nourrir ces deux espèces, ils ont utilisé également un aliment contenant de l'astaxanthine synthétique et un régime témoin sans colorant ajouté à titre de comparaison. L'expérience a duré 10 semaines, durant laquelle, les différents régimes utilisés n'indiquent pas une différence significative de l'efficacité alimentaire ni de la croissance, mais l'incorporation des caroténoïdes a augmenté la teneur totale en caroténoïdes cutanés. L'utilisation de *C.vulgaris* donne les meilleurs résultats pour la pigmentation des carpes koi, en fournissant à la fois le dépôt total maximal de caroténoïdes et la teinte rouge. Les principaux résultats de cette étude sont représentés dans les deux tableaux ci-dessous :

	Sans colorant	+ Astax	+Cv	+Hp	+Am
Gain du poids	4.4 ± 2.6	6.7 ± 1.3	4.6 ± 1.4	5.4 ± 1.4	4.2 ± 2.3
SGR	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.1
Efficacité de l'aliment	0.32 ± 0.01	0.43 ± 0.03	0.34 ± 0.04	0.40 ± 0.03	0.36 ± 0.05

Tableau 13 : performances de croissance et l'efficacité de l'utilisation de l'aliment pour la carpe koï (Gouveia *et al*, 2003)

	Sans colorant	+ Astax	+Cv	+Hp	+Am
Intensité de la couleur	52.8 ± 1.4	51.7 ± 1.4	50.1 ± 1.7	50.9 ± 1.0	53.4 ± 1.3
Rouge/vert	5.1 ± 0.4	10.5 ± 0.7	9.7 ± 0.9	8.3 ± 0.6	9.2 ± 0.7
Jaune/bleu	10.2 ± 1.2	10.6 ± 1.0	11.6 ± 1.2	9.3 ± 0.9	12.4 ± 1.2
Caroténoïdes totaux	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.1

Tableau 14 : performances de pigmentation et l'efficacité de l'utilisation de l'aliment pour la carpe koï (Gouveia *et al*, 2003)

+ Astax : aliment avec astaxanthine ; +Cv : aliment avec *Chlorella vulgaris* ; +Hp : aliment avec *Haematococcus pluvialis*, +Am : aliment avec *Arthrospira maxima*

III.2.3. Surveillance de la croissance des poissons koï (*Cyprinus carpio*) par techniques d'éclosion naturelle à Umbulan, Pasuruan, Java oriental

Ce travail a été effectué en 2018 et publié en 2019 par Putri et Dewi en Indonésie pour analyser la croissance et le suivi des poissons koï avec techniques d'éclosion naturelles. L'indice de conversion alimentaire était de 1.38 et le taux de survie 73.8%. L'alimentation a été effectuée deux fois par jour le matin et le soir en répartissant uniformément les aliments dans l'étang. La teneur en éléments nutritifs des granulés de poisson koï était de 31 à 33% de protéines, de 4 à 6% de matières grasses, de 3 à 5% de fibres et 9 à 10% d'humidité. L'alimentation des poissons koï était bonne d'après les deux auteurs. Ces derniers ont basé sur la croissance des larves du koï en répondant à leurs besoins nutritionnels sans baser sur leur pigmentation. L'indice de conversion obtenu est intéressant, qui indique que l'aliment était efficace sur la croissance de ces larves.

III.2.4. Etude des performances de croissance des poissons Koï, par l'utilisation de viscères de volaille comme ingrédient potentiel pour la substitution de la farine de poisson

Bhaskar *et al.*, 2015 ont fait une étude sur la croissance de la carpe koï en utilisant les viscères de volailles comme substituants à la farine de poisson qui coûte très cher en Inde. Différents types de déchets et viscères de volaille ont été testés. Les résultats indiquent que les viscères de volaille ayant 60,67% de protéines brutes (% sur la base de la matière sèche).

Les alevins ont été nourris avec quatre isonitrogènes régimes, à 5% du poids corporel humide. Alimentation réajustée bihebdomadaire. Comparativement, les poissons se sont accumulés le plus du poids corporel et de la graisse lorsque la farine de poisson alimentaire est complètement remplacée par viscères de volaille. L'analyse biochimique de la farine de poisson et des viscères de volaille révèle une teneur plus élevée en protéine dans les viscères (60,67%) par rapport à la farine de poisson (55.19%), même remarque pour les lipides, les viscères contenant 12.89% de lipides alors la farine de poisson 7.77%. Les quatre régimes utilisés par un remplacement partiel de la farine de poisson par les viscères comme suit :

	A1	A2	A3	A4
Farine de poisson	100%	66.6%	33.3%	0%
Viscères de volaille	0%	33.3%	66.6%	100%

Tableau 15 : composition des 4 régimes (Bhaskar *et al.*, 2015)

Les différents ingrédients utilisés pour la formulation des 4 régimes sont : farine du poisson, tourteau de moutarde, son de riz, son et farine de blé et viscères de volaille. Ces ingrédients sont généralement disponibles en Inde pendant toute l'année.

Les résultats des paramètres de croissance pour les 4 aliments sont représentés dans le tableau suivant :

	A1	A2	A3	A4
Poids initial (g)	0.91 ± 0.04	0.91 ± 0.04	0.92 ± 0.07	0.92 ± 0.07
Poids final (g)	4.61 ± 0.07	5.79 ± 0.05	5.87 ± 0.14	6.31 ± 0.07
FCR	3.82 ± 0.03	2.70 ± 0.02	2.63 ± 0.08	2.10 ± 0.04
Taux de survie (%)	83 ± 0.08	84 ± 0.10	83 ± 0.05	85 ± 0.07
SGR	1.17 ± 0.04	1.33 ± 0.06	1.34 ± 0.03	1.39 ± 0.06

Tableau 16 : résultat de performance de croissance (Bhaskar *et al.*, 2015)

D'après les résultats de (Bhaskar *et al*, 2015), le meilleur coefficient de croissance SGR a été obtenu avec le régime sans farine de poisson (1.39), ce régime montre également le meilleur taux de survie (85%), le meilleur indice de conversion FCR est représenté par le régime A4 sans farine du poisson, alors FCR le plus élevé dans A1.

Statistiquement, les 4 régimes ne présentent pas une différence significative pour le SGR et le taux de survie. L'indice de conversion obtenu avec les viscères de volaille pourrait être résultant de la matière grasse dans les viscères (12,89%) qui est plus élevée par rapport dans la farine du poisson (7,77%), pour cela les auteurs devaient faire une analyse biochimique sur la chair du poisson.

III.2.5. Effet des pigments alimentaires sur la coloration de la carpe ornementale japonaise (koï, *Cyprinus carpio carpio*)

Cette étude a évalué les effets de la supplémentation alimentaire sur la coloration et la croissance de la carpe koï ; Après un essai d'alimentation de 99 jours. Xiangium Sun *et al*, 2012 ont utilisé cinq traitements diététiques en triple, Quatre d'entre eux contiennent des sources de pigments comme suit : Un régime témoin sans pigments ajoutés, un régime contient Carophylle rouge (CR) ; un régime alimentaire contient bactérie photosynthétique *Rhodospseudanonas palustris* (PB), un régime alimentaire avec des micro-organismes (EM) et un régime alimentaire avec *Spiruline platensis* (SP).

Après l'essai, Ils mesuraient la couleur du poisson avec un colorimètre dans des différentes zones de couleur et ils ont fait un test sur la concentration de caroténoïdes et d'xanthophylle dans la peau et les écailles des zones rouges, noires et blanches.

S. platensis et Carophylle rouge ont augmenté la teneur en caroténoïdes des écailles noires et rouges et la teneur en xanthophylle de la peau et des écailles noires et rouges ; En outre, la coloration du corps était généralement corrélée avec la dose de caroténoïdes alimentaires et des xanthophylles, et les caroténoïdes avaient une influence plus profonde et plus grande que les xanthophylles.

Composition	Régime de contrôle	Régime CR	Régime PB	Régime EM	Régime SP
Matière sèche	88.3	88.3	88.3	88.3	87.6
Protéine brute	30.7	30.7	30.7	30.7	30.2
Matière grasse brute	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
Cendres	10.4	10.4	10.4	10.4	9.55
Caroténoïde total	4.72	23.27	7.97	6.83	12.07
Xanthophylle	2.47	15.84	2.71	3.01	5.19

Tableau 17 : Composition biochimique des régimes (%)

- **Le taux de conversion alimentaire (FCR) :** l'indice de conversion des poissons nourris avec le régime SP est inférieur à celui des autres groupes de poissons avec le régime PB ou le régime EM et plus bas avec le régime que celle des poissons nourris avec le régime EM
- **Le taux de gain de poids (TGP) et taux de croissance spécifique(TCS) :** plus élevés pour les poissons du nourris avec le régime SP par rapport les autres groupes de poissons.

Les performances de croissance au cours de l'expérience sont indiquées dans tableau ci-dessous :

Régimes	Régime de contrôle	Régime CR	Régime PB	Régime EM	Régime SP
-TGP%	2.11±0.10	2.04±0.08	1.93±0.09	1.89±0.04	2.71±0.12
-TCS%	1.14±0.03	1.12±0.02	1.10±0.06	1.10±0.02	1.32±0.03
-FCR%	1.86±0.08	1.93±0.07b	2.02±0.10	2.08±0.04	1.45±0.07
-FACTEUR K%	2.85±0.08	2.84±0.06	2.83±0.13	2.87±0.10	2.81±0.41
-IVS%	5.63±0.56	6.39±0.52	5.73±0.43	6.16±0.76	5.98±0.26

Tableau 18 : Performance de croissance et utilisation de l'alimentation des régimes expérimentaux nourris pour koï pendant 99 jours.

Dans cette étude, les paramètres de croissance et d'utilisation des aliments n'étaient pas nettement améliorés par tous les pigments sauf le régime alimentaire avec *s. platensis* parce qu'il a une teneur élevée en protéines.

- Performance de coloration

Les koï nourris avec des régimes SP et CR avaient une coloration en jaune élevée. Dans l'ensemble, les régimes CR et SP ont donné de meilleurs résultats de coloriage pour le koï avec SP contenant moins de teneur totale en pigment (caroténoïdes totaux de l'alimentation + xanthophylles, 17,26 mg kg⁻¹), et CR contenant plus de pigment total (39,11 mg kg⁻¹).

La Spiruline contient principalement la zéaxanthine et le β -carotène pourrait être un pigment utile, à inclure dans les régimes de carpes koï pour améliorer la pigmentation de la peau. les koï peut convertir la zéaxanthine, la canthaxanthine et la lutéine en astaxanthin et les stocker dans le corps.

La teneur totale en pigments dans les régimes PB et EM était de 3,49 et 2,65 mg kg⁻¹, respectivement. Ces deux valeurs sont plus élevées que les valeurs du régime témoin, puisque la coloration du corps reliée à la dose de pigment alimentaire et les koï peuvent utiliser de l'astaxanthine, la zéaxanthine, la canthaxanthine et la lutéine efficacement, la coloration des poissons consommant les régimes PB et EM peut être due à la faible teneur totale en pigment et faible taux d'utilisation de koï pour chlorophylle.

De plus, la coloration corporelle corrèle généralement avec la dose de caroténoïdes alimentaires et de xanthophylles.

III.2.6. Comparaison entre les différents travaux cités

Les différents travaux cités s'intéressent à la croissance et à la pigmentation de la carpe koï, en corroborant à notre objectif visé dans cette présente étude. Chaque article propose des sources de protéines et de pigmentation différentes, certains auteurs ont utilisé des pigments naturels, d'autres des pigments artificiels. Les résultats dans certaines études étaient satisfaisant et méritent d'être suivis, comme l'étude de (Gouveia *et al*, 2003), (Putri et Dewi, 2019) et (Xiangium Sun *et al*, 2012), les indices de conversion et des paramètres de croissances obtenus par ces auteurs sont bons, alors les travaux de (Bhaskar *et al*, 2015) et (Dahmani et Hadjaissa, 2015) ont trouvé un mauvais indice de conversion qui dépasse 3. les aliments qui n'ont pas donné des bons résultats n'ont pas pris en considération les besoins nutritionnels du koï. Les différentes études de coloration ont signalé l'importance de l'utilisation des microalgues comme une source de pigmentation comme la spiruline et la chlorelle.

Les deux aliments formulés dans notre étude peuvent donner des résultats satisfaisants vu que nos aliments formulés répondent aux besoins nutritionnels du koï, contiennent des pigments

et des bonnes sources de protéines animales (crevette et farine du poissons) par rapport à l'utilisation des viscères de volailles.

Selon l'étude de Rasolanjatovo et Ratsimbazafy (2013) sur la valorisation des déchets de crevettes indique la transformation des déchets de crevettes est un excellent moyen pour assainir l'environnement et diminue le coût de production.

Les travaux de recherche qui ont été menés sur la valorisation des déchets des crustacés portent surtout sur l'extraction de la chitine pour obtenir de la chitosane (XU Y, 2008 ; OANH T *et al*, 2007 ; LAILA M. *et al*, 2010 ; JUNG W. *et al*, 2006). En effet, la chitine est utilisée dans différents domaines d'application allant du biomédical au domaine alimentaire, en passant par la cosmétique, l'œnologie et le traitement des eaux (JUNG W., 2006 ; WENHONG C., 2008 ; VINCENT CORPORATION, 1998 ; UNO K., 2010 ; LAILA M. *et al*, 2010). Gill (Gill TA, 2000) a souligné l'existence de trois méthodes pour l'utilisation des déchets aquatiques à partir de l'aquaculture ou des stocks sauvages : soit la fabrication de farine de poisson, soit la production d'ensilage, soit l'utilisation des déchets dans la fabrication d'engrais organiques. Plusieurs autres options ont été proposées dans son article en plus de ce que les chercheurs norvégiens ont fait pour la valorisation des déchets de crustacés par la transformation en produits à valeur ajoutée (GILL T.A., 2000). D'après la FAO, on utilise la farine des déchets de crevettes seulement dans l'alimentation des poulets de chair (GILL T.A. 2000). Vincent Corporation pratique la valorisation des déchets de crevettes (tête, queue) et de crabes (coque rigide) en utilisant la déshydratation par presse afin d'extraire le calcium (51 %), les protéines (30 %) et la chitine (17 %) pour améliorer l'alimentation animale (VINCENT CORPORATION, 1998). Les déchets de crevettes qui sont produits en grande quantité dans les industries de transformation des produits halieutiques en Inde sont l'une des sources importantes de caroténoïdes naturels. Des études ont été menées pour évaluer l'extraction des caroténoïdes des déchets de crevettes dans les différents solvants organiques et mélanges de solvants afin d'optimiser les conditions d'extraction pour un rendement maximal (Sachindra *et al*, 2006). Des protéines hydrolysées ont été préparées par autolyse à partir de déchets de têtes de « *Penaeus vannamei* ». L'hydrolysate peut être utilisé comme ingrédient alimentaire fonctionnel ou un exhausteur de goût (Sachindra. *et al* 2007).

Les procédés de fermentation de déchets de crevettes ont été normalisés pour la récupération des caroténoïdes. Le rendement d'extraction des caroténoïdes (extraits d'huiles) était plus élevé dans deux types d'ensilage à la fin de 75 jours de stockage. Les résultats ont indiqué

l'utilité de la fermentation comme une méthode pour la stabilisation et la récupération des caroténoïdes dans les déchets de crevettes (Chih-hui. *et al*, 2012).

Les effets du remplacement de la farine de poisson par de la farine de déchets de crevettes dans les régimes alimentaires pour les Cobias (*Rachycentron canadum*) ont été étudiés par Chih-Hui *et al* (2012). Les résultats ont montré des taux de survie des poissons plus élevés. Le poids et le taux de conversion alimentaire ont montré aussi une tendance à la hausse mais le coefficient d'efficacité protéinique a révélé une tendance à la baisse (Razafitseheno., 2003).

Les farines sont utilisées en nutrition animale et majoritairement en alimentation aquacole pour les poissons et les crevettes. Les huiles sont, quant à elles, utilisables en alimentation animale ou humaine, dans le domaine de l'énergie (comburant ou carburant), et en chimie. D'après (Bergé *et al*, 2012), la fabrication de la farine de poisson est une Technologie éprouvée et maîtrisée, les marchés établis, prix et demande relativement élevés. Malheureusement, en Algérie il n'existe aucune usine destinée à la fabrication de la farine de poisson, malgré les opportunités, et la demande. D'après notre expérience, la fabrication de la farine de poisson n'est pas coûteuse, la matière première est disponible et le prix sera à la disposition des éleveurs et producteurs de l'aliment.

Conclusion



Conclusion

Ce présent travail vise à fabriquer des aliments locaux pour la carpe koï, par l'utilisation des coproduits de la pêche et de l'aquaculture et les coproduits agricoles afin de fournir un aliment de bonne qualité et à faible coût par rapport l'aliment importé. Pour cela, nous avons pris en considération les besoins nutritionnels et des pigments de la carpe koï, la phase d'élevage, la disponibilité des matières premières sur le marché Algérien, l'aspect microbiologique et biochimique des farines et aliments formulés ainsi une enquête pour savoir les besoins des commerçants et pour mettre un prix d'aliment à la disposition des vendeurs et clients de l'aquariophilie.

Les coproduits de la crevette et de la sardine sont des ingrédients à fort potentiel nutritionnel et constituent une bonne alternative pour la farine du poisson. L'analyse biochimique indique des bonnes teneurs en protéines dans les deux farines utilisées, qui sont respectivement (43% de protéine, lipides 4%, et 3.6% des fibres) pour la crevette et (45.88% de protéine, lipides 13,45%) pour la farine à base des déchets de sardine.

Le rendement des deux farines était satisfaisant, 60% pour la crevette (on a utilisé 2 kg de crevette pour produire 1.2 kg de farine de crevette) et 26% pour le cas des déchets de sardine (on a utilisé une quantité de 15 kg des déchets de sardine pour produire environs 4 kg de farine du poisson). Ces farines n'ont pas uniquement une importance alimentaire mais également un impact environnemental et écologique par la récupération et la transformation de ces déchets et coproduits au lieu de les jeter en mer. Un impact économique également par la création des usines de transformation et le recrutement de la main d'œuvres, ajoutant l'approvisionnement en farine de poisson à un petit prix au lieu de l'importer.

Les deux aliments fabriqués répondent aux besoins nutritionnels et pigmentaires de la carpe koï, la chose qui était confirmée par les analyses biochimiques indiquant des teneurs en protéines de 35.61% pour l'aliment à base de crevette (A1), et 33.86% pour l'aliment à base des déchets de sardine (A2), 7.71% de lipides dans l'aliment (A1) et 9.01% de lipides pour l'aliment (A2). Les deux aliments contiennent des sources pigmentaires qui sont : Astaxanthine pour (A1) et β -carotène pour (A2). Les deux aliments sont stables dans l'eau, flottants et attractifs. Le prix des deux aliments formulés est à la disposition des clients, 850 da pour 1 kg de l'aliment (A2) et 1200 da pour 1 kg de l'aliment (A1).

Conclusion

L'idée de questionnaire était très encouragée par les clients, ces derniers ont répondu au questionnaire en citant les différents obstacles et contraintes empêchant le développement de l'aquariophilie. Cette étude nous a donné une idée sur les principales espèces élevées, l'importance de la carpe koï en aquariophilie, et la volonté des clients pour l'achat de notre aliment.

Nous avons également fait une synthèse de quelques travaux sur l'alimentation et la croissance de la carpe koï. Les principales conclusions tirées de ces travaux :

- L'importance de formuler des aliments qui répondent aux besoins de l'espèce pour avoir un bon indice de conversion, et des bonnes performances de croissance,
- L'importance de l'incorporation des micro algues dans les aliments de la carpe koï, comme sources de pigmentations.
- La substitution de la farine de poisson par les viscères de volailles, comme une source alternative de protéine animale.

En perspectives, la pandémie de covid-19 nous a empêché pour la réalisation de l'étude zootechnique et le suivi de l'efficacité des aliments formulés sur la croissance et la pigmentation des carpes koï. Pour cela, une étude complémentaire est à encourager pour le suivi de l'expérience de l'évaluation des deux aliments fabriqués.

Références bibliographiques



Références bibliographiques

1. **ALLCOCK, A.L., LINDGREN, A., STRUGNELL, J.M (2015).** The contribution of molecular data to our understanding of ciprinidae evolution and systematics: a review. *Journal of Natural History* 49(21-24):1373-1421
2. **ALLIOUCHE, F (2010).** Efficience de certains aliments sur la biomasse du Tilapia de Nil « *Oreochromis niloticus* » au niveau de l'animalerie. Mémoire de magister, USTHB. Algérie.
3. **ANDREWS, W.H (1996).** International three validation programs for methods used in the microbiological analysis of foods. *Trend in Food Sci. Technol.* 7:147-151
4. **ANONYME1 (2020).** Poissons en Aquarium en Provence : <https://www.provence7.com/zoom/mer-mediterranee/poissons-en-aquarium/>
5. **ARCHER, M.R & RUSSELL, D (2007).** Crustacea processing waste management. SEAFISH Research and Development, United Kingdom, pp. 23.
6. **BAMBA, Y., OUATTARA, A., GOUREN, G (2007).** Production D'alevins De Tilapia (*Oreochromis Niloticus* L., 1758) Nourris Avec Des Sous-Produits Agricoles, Sans Adjonction De Farine De Poisson. *Agronomie Africaine* 19 (2) : 211 à 221.
7. **CHARTRE, B (2014).** Aquariophilie, 2000 ans d'histoire de poisson rouge. Article de presse fishinews. 372-382.
8. **BERGE, J.P., CHIM, L., MARIOJOULS, C (2012).** Étude des déchets de poissons et de leurs valorisations possibles en Nouvelle-Calédonie et aux Iles Fidji. Projet soutenu par le Fonds Pacifique, Convention 81-1-2010.ifremer, pp49.
9. **BHASKAR, P., PYNE, S.K., RAY, A.K (2015).** Growth performance study of Koi fish, *Anabas testudineus* (Bloch) by utilization of poultry viscera, as a potential fish feed ingredient, replacing fishmeal, *Int J Recycl Org Waste Agricult* (2015) 4:31–37
10. **BILLARD, R (1995).** Les carpes: biologie et élevage .INR ED. Collection : Hydrobiologie et aquaculture. pp 388
11. **BRIEN, R (1966).** Biologie de la reproduction animale. Paris: Dunod, 292 p.
12. **BRITTON, G., KHACHIK, F (2009).** Carotenoid in Food. In: Carotenoids: Nutrition and Health. 5: 3. Britton, G., Liaaen-Jensen, F, Pfander, H (Eds.). Birkhauser Verlag Basel, ISBN 978-3-7643-7500-3. pp. 45-66.
13. **BRITTON, G (1995).** Structure and properties of carotenoids in relation to function. *FASEB Journal*, 9, 1551-1558.

Références bibliographiques

14. **BRITTON, G., LIAAEN-JENSEN, S., PFANDER, H (2008).** Special Molecules, Special Properties. Carotenoids. G. Britton, S. Liaaen-Jensen et H. Pfander. Basel-Boston-Berlin, Birkhäuser Verlag. 4, 1-6.
15. **BROWN, P., SIVAKUMARAN, K. P., STOESSE, D., GILES, A (2005).** Population biology of carp (*Cyprinus carpio* L.) in the mid-Murray River and Barmah Forest Wetlands, Australia. *Marine and Freshwater Research* 56(8).
16. **CAHN, A.R (1929).** The effect of carp on a small lake: the carp as a dominant. *Ecology* 10:271- 274.
17. **CHERIF, I & DJOUMAKH, F (2015).** Contribution à l'étude de la valeur alimentaire de l'espèce Tilapia du Nil «*Oreochromis niloticus*», Mémoire De Fin D'études En Vue De L'obtention Du Diplôme D'ingénieur En Sciences De La Mer. Option : Aquaculture.
18. **CHIBON, P (1967).** L'acquisition de la pigmentation tégumentaire spécifique chez les vertébrés. *Ann. Biol.*, 6, 83-96.
19. **CHIH-HUI, L & CHEN-CHUN, K (2012).** Effects of shrimp waste meal on growth performance and chitinase activity in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*), *Aquaculture Research*, (page consultées le 21 février 2012)
20. **CHOUBERT, G & STOREBAKKEN, T (1989).** Flesh pigmentation of rainbow trout fed astaxanthin or canthaxanthin at different feeding rates in freshwater and saltwater. *Aquaculture*. Volume 95, Issues 3–4, 15 June 1991, Pages 289-295
21. **COMBS, J.R (1992).** *The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health*; Academic Press, San Diego, CA,;
22. **CRIVELLI, A.J (1981).** The biology of the common carp, *Cyprinus carpio* L. in the Camargue, southern France *Cyprinus carpio* L., in the Camargue, southern France. *J. Fish Biol.* 18:271-290.
23. **DAHMANI, R & HADJAÏSSA, A.F (2015).** Reproduction artificielle, alevinage et prégrossissement de la carpe koï avec l'essai de l'amélioration de la coloration par l'utilisation des pigments. Mémoire d'ingénieur, école nationale supérieure des sciences de la mer et de l'aménagement de littoral. Pp 104.
24. **PAUGY, D., LEVEQUE, C., MOUAS, I (2011).** Poissons d'Afrique et peuples de l'eau. IRD Édition - Collection : Focus, pp : 319.
25. **DUFFY, L (2017).** Yamakoshi, le lieu de naissance des carpes Koï « nishikigoï ». voyapon. <https://voyapon.com/fr/yamakoshi-carpes-nishiki-koi-japon/>

Références bibliographiques

26. **EIDGE,R (2013).** Définition et histoire de l'aquariophilie
Revue scientifique *proceedings of the society*. Source:
<https://www.aquariophilie.org/articles/definition-et-histoire-de-l-aquariophilie>)
27. **FABIEN, M.** <https://www.aqua-store.fr/content/221-histoire-de-l-aquariophilie>
28. **FAO (2009).** The state of world fisheries and aquaculture 2008. In: F.F.a.A. Department (Ed.), Rome.
29. **FAO 2009.** *Cyprinus carpio*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Peteri, A. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual).
30. **FAO (2012).** Satisfaire les besoins en aliments d'un secteur aquacole en plein essor.
31. **FISHIPEDIA.** <https://www.fishipedia.fr/article/poisson-rouge-histoire/>
32. **FUNK, C (1922).** the vitamins, Baltimore, Williams and Wilkins,pp 341-368.
33. **GAS,W., SIGRIST., WASSER., ABWASSER (1976)** . "Stray light in turbidity measurements" . Notices techniques de turbidimètres .Ed N° 5 éditée par l'Association Suisse de l'eau et du gaz.
34. **GILL, T.A., INDRASENA, M.A., TRUELSTRUP, H.L (2000).** Effect of cold-smoking and drying on the textural properties of farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*). J. Aquat. Food Prod. Technol. 9(1):47-64.
35. **GOMELSKY, B & SERVAASE D.K (2015).** Japanese Ornamental Koi Carp: Origin, Variation and Genetics, Publisher: CRC Press, pp.27-53.
36. **GOMELSKY, B., CHERFAS, N.B., BEN-DOM, N., HULATA,G (1996).** Color inheritance in ornamental (koi) carp (*Cyprinus carpio* L.) inferred from color variability in normal and gynogenetic progenies. Isr. J. Aquac. - Bamidgeh 48: 219-230.
37. **GOUVEIA, V. V., ANDRADE. J., MILFONT, T.L., QUEIROGA, F., SILVA DOS SANTOS, V., FEDERAL DA PARAIBA, V (2003).** Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. Aquacult Nutr. 16, p. 223-234.
38. **GUILLAUME,J., KAUSHIK,S., BERGOT,P., METAILLER. R (1999).** Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. Ed. INRA, p 397-412.
39. **GUIRAUD, J.P & ROSEC, J.P (2004).** Pratique des normes en microbiologie alimentaire. Ed. AFNOR. 298p.HAENAN & ENGELSMA.
40. **HAJLAOUI, W., MILI, S., TROUDD., MISSAOUI, H (2016).** Etude de la biologie de la reproduction chez la carpe commune *Cyprinus carpio communis* pêchée dans la retenue de barrage de sidi saad (centre de la tunisie). Ichtyologie
41. **HOLLEBECQ, M.G HAFFRAY, P (1994).** L'amélioration génétique de la carpe commune *cyprinus carpio* l. état des connaissances. Bull. Fr. Pêche Piscic. 333 : 93-124

Références bibliographiques

42. **JEAN MICHEL TYREL DE POIX (2009)**. La reproduction naturelle des carpes et cyprinidés. Poisson d'or. aquaculteurs.com. PP [81-85]
43. **JOSQUIN, D (2012)**. Les stations françaises de biologie marine et leurs périodiques entre 1872 et 1914. These de doctorat, Ecole des Hautes ´ Etudes en Sciences Sociales pp 563.
44. **JUNG W.J., JO, G.H., KUK, J.H., KIM, K.Y., PARK, R.D (2006)**. Extraction of chitin from red crab shell waste by cofermentation with lactobacillus paracasei subsp. Tolerans KCTC-3074 and Serratia marcescens FS-3, Microbial and Cell Physiology, Appl Microbiol Biotechnol, vol 71, pp, 234-237.
45. **KALINOVSKY,CT., ROBAINA, LE., FERNANDEZ,PALACIOS H., SCHUCHARDT D. , IZQUIERDO MS (2005)**. Effect of different carotenoid sources and their dietary levels on red porgy (*Pagrus pagrus*) growth and skin colour. Aquaculture 244:223–231.
46. **KANANGIRE, C.K (2001)**. Effet de l'alimentaire des poisons avec Azolla sur l'écosystème agro-piscicole au Rwanda. Dissertation présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en sciences.Faculté Universitaire Notre Dame de la Paix. Faculté des sciences, Namur-Belgique, 220 p.
47. **KATAYAMA, T., Kunisaki, Y., Shimaya, M., Simpson, K.L., Chichester, C.O (1973)**. The biosynthesis of astaxanthin—XIV. The conversion of labelled β -carotene-15,15'- $^3\text{H}_2$ into astaxanthin in the crab, *Portunus trituberculatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry. Volume 46, Pages 269-272*
48. **KEITH,P., PERSAT,H., FEUNTEUN,E., ALLADRI,J (2011)**. Les poissons d'eau douce de France. Biotope, Mèze, Muséum national d'histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 552 pp.
49. **KHWUANJAI, H & PORNCHAI, W (1997)**.. The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) cultured in cages. Aquaculture, 152 : 67-76
50. **KOMEN,J (1990)**. Clones of common carp, *Cyprinus carpio*. New perspectives in fish research. Ph-D thesis (in English, with Dutch summary) Agricultural University.
51. **KUCINSK, M., DEMSKA-ZAKES , K., ZARSKI , D., LISZEWSKI, T., FOPP-BAYAT, D., JANKUN, M., FURGALA-SELEZNIOW, G (2015)**. The morphological, histological and cytogenetic characteristics of goldfish *Carassius auratus* (L.) \times common carp *Cyprinus carpio* (L.) hybrids. International Journal of Cytology, Cytosystematics and Cytogenetics. 2165-5391. Pp :8.
52. **LAILA,M., OLFA, G.B ., KEMEL, J., ISLEM, Y., MONCEF, N (2010)**. Extraction and characterization of chitin, Chitosane and Protein Hydrolysates Prepared from shrimp waste

Références bibliographiques

by treatment with crude protease from *Bacillus cereus* SVI, Appl Biochem Biochnol, vol 162, pp.345-357.

53. **LORENZ R.T, & CYSEWSKI, G.R (2000)**. Commercial potential for Haematococcus microalgae as a natural source of astaxanthin. Trends Biotechnol. 18, 160–167
54. **KUCINSKI, M., DEMSKA-ZAKES,K., ZARSKI,D.,LISZEWSKI,T (2015)**. Dorota Fopp-Bayat, Malgorzata Jankun & Grazyna Furgala-Selezniow, The morphological, histological and cytogenetic characteristics of goldfish *Carassius auratus* (L.) × common carp *Cyprinus carpio* (L.) hybrids. International Journal of Cytology, Cytosystematics and Cytogenetics pp1-8.
55. **MATA-GOMEZ,M., MONTNEZ J.C., CRISTOBAL.N.A., MENDEZ-ZAVAL A (2014)**. Biotechnological production of caroténoids by yeast : o overviw, Microbial Cell Factories, pp3 -11.
56. **MCCRIMMON, H.R (1968)**. Carpe in Canada. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 165:1-_89.
57. **MELARD, C (1999)**. Bases biologiques de l'aquaculture : Notes de cours. Université de Liège, Belgique : Centre de Formation et de Recherche en Aquaculture. 238 pp.
58. **MERCADANTE, S., VILLARI, P., CASUCCIA, A., MANGIONE, S ., INTRAVAIA,G (1998)**.Transmucosal fentanyl vs intravenous morphine in doses proportional to basal opioid regimen for episodic-breakthrough pain. Br J Cancer. 2007 Jun 18; 96(12): 1828–1833
59. **MEUNIER, F., DRAYE, X., VANDERBORGHT , M., JAVAUX , M., COUVREUR, V (2016)**. A hybrid analytical-numerical method for solving water flow equations in root hydraulic architectures. Applied Mathematical Modelling. Volume 52, December 2017, Pages 648-663
60. **HIGNETTE,M (2003)**. L'aquariophilie Et Le Commerce Des Poissons D'ornement. Bull. Soc. zool. Fr., 2003, 129(1-2) : 67-74.
Mid-Murray River and Barmah Forest Wetlands, Australia. *Mar. Freshwater. Res.* 56(8)
61. **NAGAI M et IKEDA S (1971)**. Carbohydrate metabolism in fish. II. Effect of dietary composition on metabolism of glucose-6 in carp. Bull. Jap. Soc. Scien. Fish., 37, 410-414.
62. **NICO, L., MAYNARD, P.J., SCHOFIELD, M., CANNISTER, J., LARSON, FUSARO, A., NEILSON, M (2014)**. *Cyprinus carpio*. USGS Nonindigenous Aquatic Species Database.
63. **OANH,T., HAUSLER, R., MONETTE, F., PATRICK, N (2007)**. Valorisation des résidus industriels de pêches pour la transformation de chitosane par technique hydrothermo-chimique. Revue des sciences de l'eau Journal of Water Science. Pp11

Références bibliographiques

64. **OKADA, Y (1960)**. Studies on the freshwater fishes of Japan. Prefectural University of Mie Tsu, Mie Prefecture, Japan. 860 p.
65. **OYAMATSU, T., HATA,N., YAMADA,K., SANO,T., FUKUDA,H (1997)**. An etiological study on mass mortality of cultured color carp juveniles showing edemas. *Fish Pathol* 32: 81–88.
66. **PARIPATANANONT, T., TANGTRONGPAIRO,J., SAILASUTA,A., CHANSUE,N (1999)**. Effect of astaxanthin on the colouringation of goldfish *Carassius auratus*. *J. World Aquacult. Soc.*, 30, 454–460.
67. **PASCAL, M., LORVELEC,O., VIGNE, J.D (2006)**. Invasions biologiques et extinctions: 11 000 ans d’histoire des vertébrés en France. Versailles, FRA : Editions Quae, 352 pp.
68. **PHILLIPE, D.V (2003)**.l’anatomie de la carpe koi. Jardin aquatique et nature. https://www.aquajardin.net/dos_koi_anatomie2.htm
69. **PUTRI,F., NURMALIA,D., NINA, (2016)**. Growth monitoring of koi fish (*Cyprinus carpio*) in natural hatchery techniques in Umbulan, Pasuruan, East Java. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 236(1), pp: 1-9
70. **RAFAEL & DOADRIO (1998)**. Phylogenetic relationships of Iberian Cyprinids: Systematic and biogeographical implications. *Proc. R. Soc Lond. B*, 265: 1365-1372.
71. **RANSON, S (2003)**. L’alimentation de la Carpe commune (*Cyprinus carpio*) dans son biotope et en élevage. Doctorat vétérinaire, la faculté de médecine de Créteil, école nationale vétérinaire d’Alfort. pp120.
72. **RASOANANDRASANA, E., RASOLONJATOVO,M.Z., RASOLONJATOVO, H (2013)**. Valorisation de déchets de crustacés pour l’alimentation des (*Penaeus monodon*) à Madagascar, *Déchets sciences et techniques*, N°63, p. 16-24.
73. **RASOANANDRASANA, E ., RASOLONJATOVO, M., RATSIMBAZAFY, H (2013)**. Valorisation de déchets de crustacés .Dechets sciences et techniques- N°63. Pp9
74. **RAZAFITSEHENO, G (2003)**. La crevetticulture à Madagascar, in crevetticulture responsable, Antananarivo, CITE, pp, 53-57.
75. **ROBERTO, O (2011)**. Advanced koi diagnostic & treatment dun can griffits.la gazzatta delle koi. pubblicato su fundamentas of ornmanththal fish healt.
76. **ROBERTS, J., CHICK, A., OSWALD, L., THOMPSON, P (1995)**. Effect of carp, (*Cyprinus carpio*), an exotic benthivorous fish, on aquatic plants and ater quality in experimental ponds. *Marine and Freshwater Research* 46: 1171-1180.

Références bibliographiques

77. **RODRIGUEZ-AMAYA, B (2001)**. A GUIDE TO CAROTENOID ANALYSIS IN FOODS. ILSI Human Nutrition Institute. ISBN 1-57881-072-8. PP 60
78. **RAZAFIMANDIMBY, R (2016)**. Validation du témoin interne pour la comparaison de souche de carpe commune en condition malgache. Doctorat d'état. Faculté de médecine vétérinaire. Université d'antananarivo. pp103.
79. **SACHINDRA, N.M., BHASKAR, N., MAHENDRAKAR, N.S (2006)**. Recovery of carotenoids from shrimp waste in organic solvents waste management, vol26, pp. 1092-1098.
80. **SACHINDRA, N.M., BHASKAR, N., SIDDEGOWDA, G.S., SHATSHISHA , A.D., SURESH , P.V (2007)**. Recovery of carotenoids from ensilaged shrimp waste, Biological Sciences, Biotechnology Bioresources Technology, vol 98, issue 8, pp. 1642-1646
81. **SCHAPERCLAUS, W (1962)**. Traité de pisciculture en étang. Paris : Vigot Frères. 62
82. **SHAHIDI, F., Metusalach, A, Brown, J.A (1998)**. Carotenoid pigments in seafood and aquaculture. Critical Reviews of Food Science and Nutrition. 1998; 38:1-67
83. **SHERIDAN, M.A (1988)**. Lipid dynamita in fish: aspects of absorption, deposition and mobilization. Comp. Biochem. Physiol., 90B, 679-690.
84. **SIMPSON , K.L (1981)**. Carotenoid in fish feeds. Carotenoid as Colorants and Vitamin A. Precursors. Academic Press, New York, pp. 463–537.
85. **SKREDE,G & STOREBAKKEN,T (1987)**. Instrumental colour analysis of salmonids. In: Rapid Analysis in Food Processing and Food Control. Proc. 4th Eur. Conf. Food Chem., 1-4 June 1987, Loen, Norway, 2: 470-474.
86. **SUZUKI, R & YAMAGUCHI , M (1980)**. Meristic and morphometric characters of five races of *Cyprinus carpio*. Jap. J. Ich., 27, 3, 199-206.
87. **SWEE, U.R., MCCRIMMON, H.R (1966)**. Reproduction biology of the carpe, *Cyprinus carpio L.*, in lake St.Lawrence, Ontario. Trans .Am.Fish.Soc.95(4) :
88. **TEMPERO, G.W., LING, N., HICKS, B.J., OSBORNE., M, W (2006)**. Age composition, growth, and reproduction of koi carp (*Cyprinus carpio*) in the lower Waikato region. N.Z.J.Mar.Freshw.Res. 40 : 571-583.
89. **TEMPERO, G.W (2004)**. Boat electrofishing survey of Apata Pond and Lake McLaren. Commissioned Report for External Body. University of Waikato.
90. **PHAN- THI, H (2014)**. Utilisation Des Carotenoides Naturels De *Momordica Cochinchinensis* (Gac) Comme Composes Sante. Extraction Et Bioactivite En Fonction De L'origine Et Du Procédé, Docteur de l'Université de Bourgogne Sciences des Aliments Option: Biochimie et Procédés Alimentaires p :21.

Références bibliographiques

91. **TORRISSSEN, O, J (1985).** Pigmentation of salmonids — A comparison of astaxanthin and canthaxanthin as pigment sources for rainbow trout. *Aquaculture* Volume 53, Issues 3–4, 1, Pages 271-278
92. **VETTER, W., ENGLERT, G., RIGASSI, N, SCHWIETER, U (1971).** Carotenoids . Editors: **Isler, O., Gutmann, Solms (Hrsg.).** ISBN 978-3-0348-5831-1, pp 935.
93. **VINCENT-CORPORATION (1998).** Dechets de crevettes , <http://www.vincentcorp.com/content/shrimp-wast.issue79>
94. **WACKENRODER, H (1831).** Ueber das Oleum radices Dauci aetherum, das Carotin, den Carotenzucker und den officinellen succus Dauci; so wie auch über das Mannit, welches in dem Möhrensaft durch eine besondere Art der Gährung gebildet wird,” *Geigers Magazin der Pharmazie*, 33, 144-172.
95. **WENHONG,C., CHAOHUA, Z., PENGZHI, H., HONGWU, J (2008).** Response surface methodology for autolysis parameters optimization of shrimp head and amino acids released during autolysis, *Food Chemistry Elsevier*, vol 109, issue I, pp, 176-183.
96. **XIANGIUM, S., YU, C., YUANTU, Y., ZHIHONG, M., YONGJU,L, TIELIANG, L., WEI, X., LIN, I (2012).** The effect of dietary pigments on the coloration of Japanese ornamental carp (koi, *Cyprinus carpio* L) *Aquaculture* volume 342-343, Pages 62-68.
97. **XU,Y., GALLERT , C., WINTER, J (2008).** Chitin putification from shrimp wastes by microbial deproteination and decalcification, *environmental bioetchnology, Appl Microbiol Bioetchnol*, vol 79, pp, 687-697.
98. **POOTANGON, Y., BOONYAPAKDEE, AV., LAUDADIO,V., TUFARELLI, V (2014).** Astaxanthin extraction from golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) eggs to enhance colours in fancy carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Applied Animal Research*. Volume 43, Issue 3. Pages 291-294.
99. **MOREAU, Y (2001).** Couverture des besoins énergétiques des poissons tropicaux en aquaculture. Purification et comparaison des amylases de deux tilapias *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon melanotheron*. Doctorat en sciences. faculté des sciences et techniques de saint-jérôme. Université d’Aix-Marseille iii. pp215.
100. **ZAMBRANO,L., PERROW, M.R., MACÍAS-GARCÍA, C., MACÍAS-GARCÍA, V (1999).** Impact of introduced carp (*Cyprinus carpio*) in subtropical shallow ponds in Central Mexico. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery* 6 :281-288