

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ACDI : Agence Canadienne de Développement International

ANA : Agence Nationale de l'Aquaculture

ANOVA : Analyse de la Variance

C : Cendre

°C : Degrés Celsius

CAB : Commission Après Barrage

CB : Cellulose Brute

CMC : Carboxy-Méthyl-Cellulose

CIRAD-EMVT : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique Pour le Développement du Département d'Elevage et de Médecine Vétérinaire

CSS : Compagnie Sucrière Sénégalaise

DEB : Budgets d'Energie Dynamiques

DPCA : Direction de la Pêche Continentale et de l'Aquaculture

ENSA : Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture

ESP : Ecole Supérieure Polytechnique

FAO : Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture

FST : Faculté des Sciences et Techniques

GP : Gain de Poids

IFREMER : Institut Français de Recherche Pour l'Exploitation de la Mer

IRD : Institut de Recherche Pour le Développement

IUPA : Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture

MES : Matières en suspension

MO : Matières Organiques

MS : Matière Sèche

IRD : Institut de Recherche Pour le Développement

PAES : Projet d'Appui à l'Enseignement Supérieur

PB : Protéine Brute

PME : Petites et Moyennes Entreprises

PRDA : Projet de Recherche et Développement de l'Aquaculture

PSSA : Programme Spécial Pour la Sécurité Alimentaire

SAED : Société nationale d'aménagement et d'exploitation des terres du Delta

SAS: Statistical Analysis System

T : Température

TCA : Taux de Conversion Alimentaire

TCS : Taux de Croissance Spécifique

UCAD : Université Cheikh Anta DIOP de Dakar

UE : Union Européenne

UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

USD : United States Dollar

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : données de production de l'aquaculture au Sénégal de 2011 à 2014	13
Tableau II: composition des aliments.....	29
Tableau III : les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques.....	39
Tableau IV: les performances de croissances et le taux de survie durant l'expérience	41
Tableau V : l'efficacité alimentaire.....	45
Tableau VI : composition biochimique des aliments	47
Tableau VII : résultats de la composition bromatologique de la chair des poissons	48
Tableau VIII: les résultats de l'analyse économique.....	49



LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Caractéristiques morphologiques spécifiques d' <i>Oreochromis niloticus</i> : papilles génitales d' <i>Oreochromis niloticus</i> male, fendue transversalement chez la femelle (d'après Huet, 1970).....	4
Figure 2 : production globale d'aquaculture d' <i>Oreochromis niloticus</i> (fao fishery statistic) 2012 .	6
Figure 3 : la production globale des plus grands producteurs du tilapia du Nil dans le monde	7
Figure 4 : courbe d'évolution de la température durant l'expérience (01 novembre au 15 décembre 2015)	39
Figure 5 : courbe d'évolution de l'oxygène dissous durant l'expérience (01 Novembre Au 15 Décembre 2015)	40
Figure 6 : courbe d'évolution du pH durant l'expérience (01 Novembre au 15 Décembre 2015)	40
Figure 7 : courbe de croissance du GPmA durant l'expérience (01 novembre au 15 décembre 2015).....	42
Figure 8 : évolution du GPmr durant l'expérience du (01 Novembre au 15 Décembre 2015).....	43
Figure 9: courbe d'évolution du TCS durant l'expérience (01 Novembre au 15 Décembre 2015)	43
Figure 10 : évolution de la CJI durant l'expérience (01 Novembre au 15 Décembre 2015)	44
Figure 11 : courbe d'évolution du TCA durant l'expérience	46
Figure 12 : évolution du taux de survie durant l'expérience	47

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : L' <i>Adansonia digitata</i>	17
Photo 2 : La <i>gomme arabique</i>	19
Photo 3 : le <i>Corchorus tridens</i>	21
Photo 4: <i>Oreochromis niloticus</i>	22
Photo 5 : Matériel de mesures	23
Photo 6 : Matériel pour la fabrication des aliments	25
Photo 7 : matériel d'élevage	26
Photo 8 : diagramme de fabrication d'un aliment	30
Photo 9 : Salle d'écloserie	34
Photo 10 : système expérimental	35

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	I
REMERCIEMENTS.....	II
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	IV
LISTE DES TABLEAUX.....	VI
LISTE DES FIGURES	VII
LISTE DES PHOTOS	VIII
I INTRODUCTION	1
II SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
II.1 BIO-ECOLOGIE D'OREOCHROMIS NILOTICUS.....	3
II.1.1 Taxonomie et morphologie	3
II.1.1.1 Systématique	3
II.1.1.2 Caractéristiques morphologiques	3
II.1.2 Habitat et exigences écologiques.....	3
II.2 PRODUCTION MONDIALE DU TILAPIA.....	6
II .2.1 Marché du tilapia.....	8
II.2.2 Situation et tendances:.....	8
II.3 AQUACULTURE EN EAU DOUCE AU SENEGAL.....	9
II.3.1 Importance de l'aquaculture au Sénégal	9
II.3.2 Atouts physiques et potentiel aquacole du Sénégal	9
II.3.3 Pratiques et systèmes d'élevage.....	10

II.3.4	Initiatives et expériences	10
II.3.4.1	L'aquaculture en eau douce	10
II.3.5	Production	13
II.4	UTILISATION DES LIANTS DANS LA FABRICATION DES ALIMENTS EN AQUACULTURE	14
II.4.1	les principaux liants utilisés dans la formulation des aliments aquacoles	14
II.4.2	Les différents liants naturels utilisés dans cette étude	15
II.4.2.1	L' <i>Adansonia digitata</i>	15
II.4.2.2	La gomme arabique	18
II.4.2.3	Le <i>Corchorus tridens</i>	20
III	MATERIEL ET METHODES	22
III.1	MATERIEL	22
III.1.1	Matériels biologiques	22
III.1.3	Matériel pour la fabrication des aliments	24
III.1.4	Matériel d'élevage	26
III.1.5	Matériel d'analyse et de traitement des données	26
III.2	METHODES	27
III.2.1	Sélection des liants naturels	27
III.2.2	Fabrication des aliments	28
III.2.3	Analyse biochimique des aliments	31
III.2.4	Cadre de l'étude	33
III.2.5	Conditions d'élevage	35

III.2.6	Suivi des paramètres physico-chimiques	36
III.2.7	Paramètres de croissance, de survie et d'efficacité alimentaire	36
IV	RESULTATS ET DISCUSSION.....	38
IV.1	RESULTATS.....	38
IV.1.1	Les paramètres physico-chimiques	38
IV.1.2	Paramètres de croissance, d'efficacité alimentaire et de survie.....	41
IV.1.3	Les résultats de la composition bromatologique des aliments et de la chair des poissons	47
IV.1.4	Les résultats de l'analyse économique	49
IV.2	DISCUSSION.....	50
IV.2.1	Les paramètres physico-chimiques	50
IV.2.2	Paramètres de croissance, d'efficacité alimentaire et de survie.....	50
IV.2.4	L'analyse économique.....	55
V	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	56
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	58

I INTRODUCTION

La pêche a de tout temps, constitué une importante source de nourriture pour l'humanité, assurant un emploi et des bénéfices économiques pour ceux qui la pratiquent. Toutefois, les hommes commencent à comprendre que la surexploitation des pêcheries et les modifications subies par les écosystèmes menacent la durabilité des pêches et leur contribution à l'approvisionnement alimentaire.

Au Sénégal, le secteur de la pêche n'a pas échappé aux bouleversements. Face à ce constat, une prise de conscience fait de l'aquaculture une nouvelle activité qui a pour objectif d'augmenter la production afin de maintenir un équilibre entre la production halieutique et la consommation, assurer la production de protéines alimentaires d'origine animale et réduire la pression sur les stocks naturels. L'aquaculture est donc considérée de plus en plus comme partie intégrante des moyens utilisés pour assurer la sécurité alimentaire et le développement économique mondial (FAO, 2002).

Cependant, il faut reconnaître que le secteur de l'aquaculture n'a pas encore atteint une dimension économique viable en Afrique, que ce soit en termes de volume ou en termes de place de cette activité dans les autres systèmes de production selon (Lazard *et al.*, 1991). Selon Siddhuraju et Becker (2003), la contrainte majeure à l'émergence de l'aquaculture, dans les pays en développement, est le coût élevé de l'alimentation. Pour eux, l'utilisation de la farine de poisson comme principale source de protéines dans les aliments destinés à l'aquaculture est à l'origine du coût onéreux de ces aliments. Selon (Slembrouck *et al.*, 1991) et (Gourène *et al.*, 2002), en termes de dépenses, l'alimentation représente environ 50 % du coût de production du poisson d'élevage. Ces divers sous-produits agricoles qui sont utilisés par de nombreux pisciculteurs de façon empirique ont besoin d'être formalisés en vue d'une réduction du coût de l'alimentation. L'emploi de produits-agricoles dans l'alimentation des poissons a déjà donné des résultats encourageants dans les régions des savanes (Nord et Centre) de la Côte d'Ivoire (Campbell, 1978 et Lazard, 1984).

Cependant les contraintes de formulation sont peu favorables à une bonne compaction de l'aliment et ne permettent pas encore la réalisation d'un granulé comprenant toutes les qualités requises. Cela se traduit par beaucoup de retours de fines (constituants de certains liants

hydrauliques) (10 à 20%) et par une mauvaise stabilité à l'eau (plus de 90 % de perte en 10 minutes), Luquet et Rumsley (1978). Ces auteurs indiquent en outre que ces agents liants, en dehors de leur pouvoir de durcissement, ont en général un rôle secondaire de lubrifiant. Ils affirment par ailleurs que les travaux récents relatifs à ce thème, mettent en œuvre des liants artificiels (Carboxy-Méthyl-Cellulose (CMC)) et des dérivés d'algues (alginates, carraghénane) sans valeur nutritive.

C'est pourquoi nous jugeons nécessaire de mener une recherche en ce sens en utilisant des liants naturels disponibles localement en quantité et à moindre coût (feuilles d'*Adansonia digitata*, sève d'*Acacia senegal* communément appelée *la gomme arabique* et les feuilles de *Corchorus tridens*) dans la formulation de l'aliment pour *Oreochromis niloticus*.

Ce travail a donc pour objectifs ;

- ✓ d'utiliser les liants naturels suscités dans la fabrication d'aliments pour *Oreochromis niloticus* en vue de remplacer le liant CMC qui coûte cher et dont l'accès est difficile ;
- ✓ mais également de déterminer leurs effets sur les performances de croissance de cette espèce ;

II SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1 BIO-ÉCOLOGIE D'OREOCHROMIS NILOTICUS

II.1.1 Taxonomie et morphologie

II.1.1.1 Systématique

Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) fait partie de l'Embranchement des Vertébrés, Classe des Ostéichthyens, Super Ordre des Téléostéens, Ordre des perciformes, Famille des Cichlidés, Genre *Oreochromis* et Espèce *niloticus*.

Dernièrement, certains taxonomistes s'accordaient à diviser la tribu des Tilapiinés en quatre genres en se basant non seulement sur les caractères anatomiques, mais aussi, sur le comportement reproducteur et la nutrition (Trewavas, 1983) :

- incubation des œufs sur substrat avec garde biparentale, macrophytophages: *Tilapia* ;
- incubation buccale avec garde biparentale ou paternelle, planctonophages: *Sarotherodon* ;
- incubation buccale avec garde uniparentale maternelle, planctonophages: *Oreochromis* ;
- caractéristiques éco-morphologiques particulières ;

II.1.1.2 Caractéristiques morphologiques

Le corps est comprimé; la profondeur du pédicule caudal est égale à sa longueur. Les écailles sont cycloïdes et il y a absence de protubérance (knob) sur la surface dorsale du museau. La longueur de la mâchoire supérieure ne montre aucun dimorphisme sexuel. Le premier arc branchial compte 27 à 33 branchiospines. La ligne latérale est interrompue. Des rayons épineux et mous forment une ligne continue de la nageoire dorsale. Celle ci contient 16 à 17 épines et 11 à 15 rayons mous. La nageoire anale a 3 épines et 10 à 11 rayons. La nageoire caudale est tronquée. La couleur des nageoires pectorales, dorsale et caudale pendant la saison de frai devient rougeâtre; la nageoire caudale comporte de nombreuses lignes noires (Linnaeus, 1758).

II.1.2 Habitat et exigences écologiques

Le tilapia du Nil est une des espèces tropicales qui préfère vivre dans une eau peu profonde. Les températures létales inférieures et supérieures pour ce poisson sont 11-12°C et

42°C, respectivement, alors que les températures optimales varient entre 28 et 31°C. C'est un omnivore-brouteur, qui s'alimente sur le phytoplancton, le périphyton, les plantes aquatiques, les petits invertébrés, la faune benthique, les détritux et les films bactériens liés aux détritux. Le tilapia du Nil peut filtrer les aliments par occlusion intestinale des particules suspendues, y compris le phytoplancton et les bactéries, sur un mucus dans la cavité buccale, bien que sa nourriture principale soit le périphyton. La maturité sexuelle dans les étangs est atteinte après 5-6 mois. Le frai commence quand la température d'eau atteint 24°C. Le processus de reproduction commence quand le mâle marque un territoire, creuse un nid frayère sous forme de cratère et surveille son territoire. Les femelles matures frayent dans le nid, et juste après la fécondation par le mâle, collectent les œufs dans leur bouche et partent. La femelle incube les œufs dans sa bouche et couve les alevins après éclosion jusqu'à ce que leur vésicule vitelline soit résorbée. L'incubation et la couvaison durent 1 à 2 semaines, selon la température. Après, les alevins sont libérés mais en cas de danger, ils peuvent regagner en nageant la bouche de la femelle.

Pour le dimorphisme sexuel, la papille génitale du mâle est allongée (gonopode) alors que chez la femelle elle est courte et présente en son milieu une fente transversale (l'oviducte) située entre l'anus et l'orifice urétral. Ceci permet de distinguer les mâles des femelles dès que la taille atteint 12 cm (25 à 30 g) selon HUET, 1970 (Figure 3).

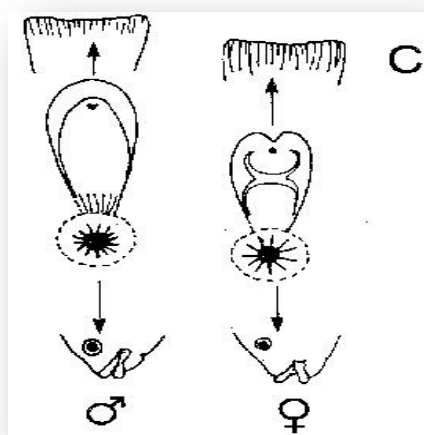


FIGURE 1 : Caractéristiques morphologiques spécifiques d'*Oreochromis niloticus*: papilles génitales d'*Oreochromis niloticus* male, fendue transversalement chez la femelle (d'après Huet, 1970)

L'espèce est relativement euryhaline. Elle supporte des salinités de 0,015 pour mille à 30 pour mille.

En ce qui concerne le pH, le tilapia tolère 5 à 11ppm. Les meilleures conditions sont proches de la neutralité.

Quant à l'ammoniaque, elle existe sous deux formes dans l'eau: NH_3 et NH_4^+ selon un équilibre chimique. La fraction toxique de l'ammoniaque (NH_3) dissoute augmente avec le pH et lorsque le taux d' O_2 diminue. Les Concentrations létales sont les suivantes : ammoniaque: $\text{NH}_3 = 2.3 \text{ mg/l}$ d' NH_3 et nitrite: $\text{NO}_2 = 2.1 \text{ mg/L}$ (Pauly *et al.*, 1988).

Concernant l'oxygène dissous, l'augmentation du taux d' O_2 dissous exerce une influence positive sur la croissance. La tension critique pour *Oreochromis niloticus* serait en dessous de 3 ppm d' O_2 dissous. Sous cette concentration les croissances sont affectées. Au-delà de ce taux, les vitesses de croissances se stabilisent : la vitesse de croissance est la même à 5 ppm qu'à 3 ppm pour des poissons de 200 g. Sur des poissons plus petits, on observe une stabilisation de la vitesse de croissance à partir de 4 mg/l d' O_2 dissous. Pratiquement en élevage, on cherchera à se maintenir au-dessus de 4 mg/l. Par ailleurs, on observe que la disponibilité en O_2 dissous exerce une influence sur la croissance d'autant plus forte que le poisson est petit. La croissance se stabilise à partir de 1000 mg d' $\text{O}_2/\text{Kg/h}$ pour des poissons de 200 g, à partir de 1500 mg/kg/h pour des poissons de 20 g (Mélard, 1986).

Par rapport à la turbidité, les tilapias présentent une bonne tolérance allant jusqu'à 13 g de matières en suspension par litre (MES/l).

La croissance d'*Oreochromis niloticus* présente donc une extrême plasticité aux conditions fixées par le milieu. La croissance est sous la dépendance de multiples facteurs : physico-chimiques, physiologiques et environnementaux. A conditions égales, les vitesses de croissance augmentent avec la T° jusqu'à 27°C . Entre 27 et 31°C on n'observe pas de différences significatives en matière de croissance. Les valeurs 27°C - 31°C constituent celles de la vitesse de croissance maximale. Cette influence de la température est d'autant plus forte que les poissons sont jeunes. A 27°C des poissons de 5 g grandissent 7 fois plus vite qu'à 21°C . Ce rapport est ramené à 4 pour des poissons de 300 g. Les larves et alevins sont donc plus exigeants en T° que les adultes (Ruwet *et al.*, 1975).

A conditions comparables, les densités faibles débouchent sur des croissances plus élevées qu'à haute densité. En élevage intensif, les densités supérieures à 1000 ind/m² réduisent les croissances de façon très significative.

Par ailleurs le sous-produit principal du métabolisme est l'ammoniaque. Il peut représenter jusqu'à 90% de l'azote total excrété. L'excrétion est sous la dépendance de la composition de l'aliment, principalement de sa teneur en protéine, de la température et du poids corporel.

Enfin, l'influence négative du taux de matières en suspension sur la consommation de nourriture a été mise en évidence. A contrario, le taux d'O₂ dissous exerce un effet bénéfique sur l'efficacité alimentaire (Pauly *et al.*, 1988).

II.2 PRODUCTION MONDIALE DU TILAPIA

Les deux principales espèces cultivées dans le monde sont le tilapia du Mozambique (*Oreochromis mosambicus*) et surtout le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) qui représente plus des 2/3 de la production mondiale de tilapia (**Figure 2**).

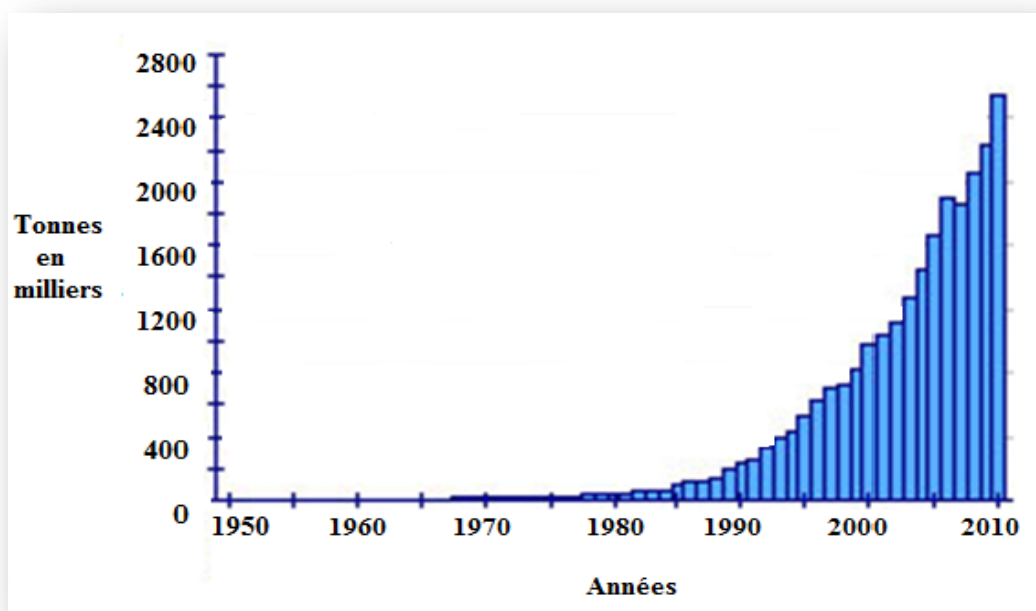


Figure 2 : production globale d'aquaculture d'*Oreochromis niloticus* (fao fishery statistic 2012)

Les tilapias constituent le deuxième groupe de poissons élevés après les carpes et avant les saumons. La production mondiale a connu un véritable boom puisqu'en trente ans (30 ans), elle a été multipliée par 15. Au cours de la dernière décennie, elle a plus que quadruplé, passant de 830 000 tonnes en 1990 à 3,5 millions de tonnes en 2008.

La Chine reste le principal pays producteur de tilapia, avec une production de 1,1 million de tonnes en 2008 et près du tiers de la production mondiale.

La production africaine, destinée aux marchés nationaux, a également augmenté, avec 430 000 tonnes de tilapia d'élevage produites en 2008, soit deux fois plus qu'en 2000. L'Egypte est le deuxième producteur mondial et le premier producteur africain (**Figure 3**).

Les principaux pays producteurs en Amérique sont le Mexique (150.000 tonnes), le Brésil (80.000 T), la Colombie, l'Equateur, les USA (15.000 T).

L'Europe produit également du tilapia, un projet récent vise à l'implantation d'une ferme de 1500 tonnes/an en Pologne.

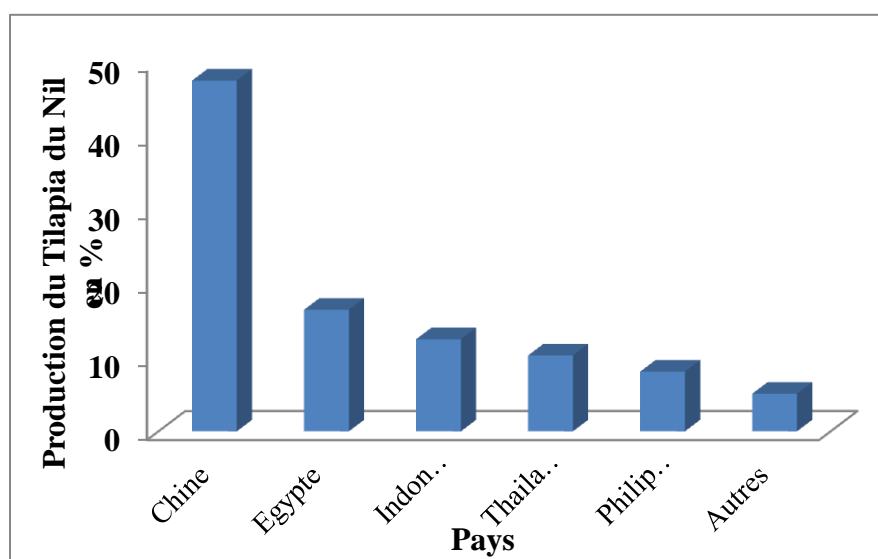


Figure 3 : la production globale des plus grands producteurs du tilapia du Nil dans le monde

Source : fiche technique du tilapia (APIX, 2013)

II .2.1 Marché du tilapia

L'Afrique est un des plus importants consommateurs de tilapia avec 950 000 tonnes consommées par an, tandis que l'UE ne compte qu'environ 56 000 tonnes, même qu'il est probable que la demande augmente. L'augmentation de la production de produits à plus forte valeur ajoutée à base de tilapia est probable dans les pays en développement.

Aux Etats-Unis d'Amérique, le tilapia est l'un des cinq produits aquatiques les plus vendus. Sa chair ferme, blanche et à la saveur délicate, est très bien acceptée sur le marché, tant par les ménages que par les meilleurs restaurants. Il est considéré comme aussi polyvalent que le poulet.

A l'image de la carpiculture et de l'ostréiculture, les productions de tilapia sont principalement destinées aux marchés nationaux. Moins de 15% des tilapias d'élevage font l'objet d'un commerce international. Le tilapia a un rôle majeur dans la sécurité alimentaire des populations des pays du Sud (Apix, 2013).

II.2.2 Situation et tendances

Le tilapia est le deuxième plus important groupe de poissons cultivé après les carpes, et le plus largement mis en élevage parmi tous les poissons. En 2004, le tilapia a gagné la huitième place parmi les produits comestibles de la mer les plus populaires aux Etats-Unis d'Amérique. La production globale de toutes les espèces de tilapia est passée de 1,5 million tonnes en 2003 à 2,5 millions tonnes en 2010, avec une valeur marchande de plus de 5 milliards d'USD. On s'attend à ce que la majeure partie de cette grande production soit attribuée au tilapia du Nil. Quelques tendances actuelles incluent :

- le développement de nouvelles souches à croissance plus rapide par des techniques de reproduction sélective ;
- les procédures de reproduction visant à produire génétiquement des mâles sans utilisation directe d'hormones ;
- les systèmes de polyculture en étang ;
- les systèmes rentables intensifs à recyclage ;

Source : Apix, 2013

II.3 AQUACULTURE EN EAU DOUCE AU SENEGAL

II.3.1 Importance de l'aquaculture au Sénégal

Au Sénégal, l'aquaculture est développée en eau douce et en eau marine. Dans le cas des activités aquacoles menées en eau douce plusieurs facteurs sont réunis pour le développement durable de l'aquaculture. On peut citer, entre autres :

- ✓ la chute drastique des captures halieutiques favorisant l'introduction d'espèces telles que le tilapia du Nil, l'ormeau et le silure au Sénégal ;
- ✓ le déficit de produits halieutiques dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest: le tilapia du Nil, principalement peut y atteindre des prix élevés ;
- ✓ les températures favorables des eaux au Sénégal permettant, par exemple, au tilapia d'atteindre une taille commercialisable plus rapidement que dans les autres pays producteurs, avec la possibilité de deux récoltes par an ;
- ✓ les conditions de reproduction et d'élevage au Sénégal susceptibles de rendre la production de tilapia du Nil très compétitive ;
- ✓ les potentialités de production aquacole de tilapia à Saint-Louis (*dans les vallées inondables notamment*) et sur la Petite Côte, dans un système d'élevage intensif en circuit fermé ; (Source : Apix, 2013)

II.3.2 Atouts physiques et potentiel aquacole du Sénégal

Au Sénégal, il existe six zones géographiques propices à l'aquaculture. Les conditions éco-géographique sont favorables, avec une disponibilité de ressources en eau suffisantes et de bons sols. Certaines zones offrent des caractéristiques idéales pour la production de l'aquaculture, notamment :

- le fleuve Sénégal long de 1770 km, son bassin est de 337000 km² et son débit 732 m³/s ;
- le lac de Guiers long de 50 km, son bassin est de 298 km² et son Volume est de 601 millions m³ ;
- la retenue d'eau du bassin de l'Anambé avec une superficie de 11000 ha, un bassin de 1100 km² et une réserve de 50 millions m³ ;

- la partie continentale du fleuve Casamance avec une longueur de 350km dont 260 km en débit permanent, un bassin de 14000 km² et un débit de 1,65 millions m³ ;
- la partie continentale du fleuve Gambie (niveau bassin versant) avec une longueur de 477 km au Sénégal, son bassin est de 77100 km² (dont 72% au Sénégal), un débit de 135 m³/s (Gouloumba) et de 70 m³ (Kédougou) ;
- le Sine Saloum long de 130 km avec un débit de 410 m³/s ;

Source : Apix, 2013

II.3.3 Pratiques et systèmes d'élevage

Actuellement, les types de systèmes aquacoles, pratiqués et adaptés au développement du tilapia au Sénégal, sont :

- la pisciculture extensive au niveau des plans d'eau naturels (bassins de rétentions, barrages etc.) ;
- la pisciculture semi-intensive pratiquée au niveau des fermes communautaires et privées (PME en cages, étangs et/ou bassins) ;
- l'ostréiculture artisanale est progressivement en modernisation avec un grossissement en pochons et en lanternes qui donne des produits de meilleure qualité ;

II.3.4 Initiatives et expériences

II.3.4.1 L'aquaculture en eau douce

Face à la baisse des captures de la pêche fluviale due à plusieurs années de sécheresse et à la surexploitation, le Sénégal a initié dès 1980 un programme pour le développement de la pisciculture dans la Vallée. Ainsi, deux projets d'une certaine ampleur se sont succédés : le projet « Peace Corps » (1980 à 1988) et le projet « Matam III » (1987 à 1992). Ces projets n'ont pas atteint leur objectif en termes de pérennité car sur la cinquantaine d'unités piscicoles villageoises en étang mises en place entre Dagana et Bakel, aucune n'a été opérationnelle. L'héritage n'est toutefois pas négligeable car la station d'alevinage de Richard Toll a été aménagée lors du projet « Peace Corps ».

Par ailleurs, à partir de 1984, des essais en cage flottante ont été menés à Bakel et à Waoundé. En 1992, dans le prolongement du projet Matam III, le centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement et particulièrement le département d'élevage et de médecine vétérinaire (CIRAD-EMVT) a initié un « projet de recherche et développement de l'aquaculture dans la vallée du fleuve Sénégal » (projet PRDA).

Depuis 1997, le programme spécial pour la sécurité alimentaire (PSSA) mène au Sénégal une action de coopération Sud-Sud avec des partenaires vietnamiens, avec un objectif principal qui est d'augmenter les rendements et la production rizicole. C'est dans ce cadre qu'une expérience de pisciculture a été menée à partir de 2001 dans les départements de Podor (site de Nianga) et Matam (Ndounlou Madji). Dans un autre contexte, un projet pilote de rizipisciculture a été mis en œuvre à Mbodiène dans la communauté rurale de Ross Béthio, en relation avec la FAO, la société nationale d'aménagement et d'exploitation des terres du Delta (SAED) et le centre régional des recherches en écotoxicologie et de sécurité environnementale (Ceres-Locustox). Il s'inscrivait dans un objectif de réduction de l'utilisation des pesticides et de promotion d'alternatifs à la lutte chimique en riziculture. Le programme a donné des résultats encourageants en termes de croissance des poissons, de rendement et de production de riz.

Entre 2001 et 2006, le projet « aquaculture et lutte biologique » avait pour objectif de développer l'élevage des carpes chinoises en tant qu'agents biologiques pour la lutte contre la végétation envahissante des canaux d'irrigation et en tant que poissons de consommation. Ce projet était financé par la Coopération Wallonne dans le cadre d'un partenariat entre la Direction de la pêche continentale et de l'aquaculture (DPCA), la Compagnie Sucrière Sénégalaise (CSS) et la Commission après barrage (CAB).

Il y avait également un projet de crevetticulture dont l'objectif principal était contre la lutte biologique. Il était financé par le projet MANOBI.

En 2008, la production aquacole du Sénégal tournait autour de 53 tonnes. Cette production qui ne représentait que 0,013 % de la production halieutique totale, provenait de l'aquaculture en eau douce. L'espèce produite est le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) élevée dans des systèmes extensifs (étangs, bassins de rétention). En 2009, la production aquacole est

passée à 142,4 tonnes grâce à la production de juvéniles de tilapia mono sexe et à l'importation d'un aliment de qualité dans le cadre de la mise en œuvre du projet de coopération technique.

L'année 2010 a enregistré une baisse de la production aquacole (107 tonnes environ) due à l'indisponibilité d'un aliment de qualité pour poisson et l'assèchement de plusieurs bassins de rétention. De 2011 à 2012, la production aquacole est passée respectivement de 334,6 tonnes à 371,3 tonnes. Ces performances réalisées, par rapport à 2010, sont en partie imputables aux effets induits de la mise en œuvre de deux projets de la FAO. Cette production est dominée par la production piscicole en majorité le tilapia du Nil (193,3 tonnes en 2011) soit 57,8 % de la production aquacole de l'année 2011.

La production ostréicole (*Crassostrea gazar*) occupe la deuxième place (118,2 tonnes en 2011) soit 35,3 % de la production aquacole totale de la même année. Les mêmes tendances sont observées au cours de l'année 2012. La production de poissons ornementaux a démarré en 2011 avec 23 tonnes et 27 tonnes en 2012.

II.3.5 Production

Les données de production de 2011 à 2013 sont consignées dans le tableau I.

Tableau I : données de production de l'aquaculture au Sénégal de 2011 à 2014

Filières de production	Production (Tonnes)			
Production (tonnes)	2011	2012	2013	2014
1. Poissons de consommation	193,3	176,1	495	761
·Etangs	11	80	237	393
·Cages	8,5	40,9	98	8
·Bassins en béton	0,6	3	21	8
·Enclos	0,1	3	9	12
·Stations	2,7	27	62	86
·Bassins de rétention	170,4	22,2	68	254
2. Poissons ornementaux (basins)	23	27	20	2
Total	216,3	203,1	515	763

Source : Rapport d'activités ANA, 2015

II.4 UTILISATION DES LIANTS DANS LA FABRICATION DES ALIMENTS EN AQUACULTURE

Un liant peut se définir comme étant un produit qui sert à agglomérer les particules solides, sous forme de poudre ou de granulats. Les liants enrobent la poudre pigmentaire et l'agglutinent pour former une pâte plus ou moins liquide ou épaisse.

Ils jouent un rôle de sécheur et de durcisseur. Ils vont permettre à la matière colorée à former un film pictural solide et durable. Cette solidification (ou siccativation dans le cas de l'huile) peut être permanente (cas des acryliques) ou réversible (cas des gouaches et de la cire).

II.4.1 Les principaux liants utilisés dans la formulation des aliments aquacoles

De nombreuses substances différentes ont été utilisées pour augmenter la stabilité de l'eau d'une alimentation en aquaculture. Certaines sont déjà utilisées par l'industrie des aliments pour augmenter la durabilité (résistance à la dégradation physique lors de la manipulation et du stockage) des aliments pour les espèces aquacoles. Certaines sont des produits chimiques spécialisés, d'autres sont des produits naturels qui sont bruts ou raffinés. Certains liants ont une valeur nutritive supplémentaire. Parmi ces liants nous distinguons : la gélatine, l'agar agar, le carraghénane, l'alginate de sodium, le carboxy-Méthyl-cellulose (CMC), le glucomannane de konjac, la gomme de guar, la gomme de xanthane etc. (Annexe 1).

Généralement ces liants ont des effets sur la croissance des espèces aquacoles et sur la digestibilité des aliments.

➤ L'effet des liants sur la croissance

La relation entre la composition et la disponibilité de l'alimentation et le taux de croissance des espèces aquatiques est d'une importance cruciale pour l'optimisation des conditions de l'élevage. Pour comprendre cette relation, les principaux processus physiologiques de l'organisme (l'ingestion, l'assimilation, la respiration, la croissance et la reproduction) doivent être pris en compte et évalués au moyen de modèles intégrés (Van der Meer, 2006) par exemple les théories des budgets d'énergie dynamiques (DEB).

Des auteurs ont montré que certains liants ont des effets positifs sur la croissance des poissons (Annexe 1).

➤ L'effet des liants sur la digestibilité des aliments

Plusieurs rapports indiquent une relation entre liants et la digestibilité des nutriments. Beaucoup de facteurs différents influencent l'efficacité de la digestion. Il semble que certains liants ont des effets néfastes sur des éléments nutritifs de digestibilité chez les poissons, car ils accélèrent le temps de transit gastro-intestinal (Storebakken. 1987). Des concentrations élevées de liants peuvent aussi provoquer une réduction de la digestibilité de la ration. L'inclusion de la gomme de guar à l'alimentation du tilapia a des coefficients de digestibilité des nutriments inférieurs à ceux des régimes contenant de la CMC, de l'amidon de maïs et du gluten de blé (Fagbenro et Jauncey, 1995).

Récemment, l'effet de deux liants naturels (fèves et haricots) sur la digestibilité des protéines et des lipides de l'aliment pour le saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) n'ont montré aucune différence significative entre les traitements alimentaires et l'addition de la gomme de guar pour l'alimentation de truite (Pratoomyot *et al.*, 2011).

En plus de ces liants cités plus haut nous avons utilisé pour les besoins de notre étude des liants naturels tels que cités : l'*Adansonia digitata*, la Gomme arabique et *Corchorus tridens*.

II.4.2 Les différents liants naturels utilisés dans cette étude.

II.4.2.1 L'*Adansonia digitata*

- **Ecologie et biologie**

L'*Adansonia digitata* appartient au Règne des *Plantae*, Sous-règne des *Tracheobiontas* Classe des *Magnoliopsida*, Ordre des *Malvales*, Famille des *Bombacaceae*, Genre *Adansonia* et Espèce *Adansonia digitata* selon Cronquist (1981). Il est présent naturellement dans les zones sahélienne, sahélo-soudanienne et soudanienne, où les précipitations annuelles moyennes sont respectivement de 300, 500 et 800 mm. Il a été introduit dans des environnements plus humides au Gabon et en République Démocratique du Congo. Il peut résister à des températures allant jusqu'à 42°C, mais il est très sensible au gel et se limite à des zones où ce phénomène a lieu au maximum un

jour par an. L'espèce prospère sur des sols très divers, aussi bien des sols à la texture épaisse et perméable que des sols argileux. Il est fréquemment associé au tamarinier (*Tamarindus indica*), au karité (*Vitellaria paradoxa*), au néré (*Parkia biglobosa*), au dattier du désert (*Balanites aegyptiaca*) et au cad (*Faidherbia albida*). L'espèce est décidue et généralement dépourvue de feuilles pendant près de huit mois de l'année. Les brindilles contiennent de la chlorophylle et les arbres peuvent donc continuer à se développer lentement pendant cette période, en utilisant l'eau stockée dans leur gros tronc. Dans de bonnes conditions, les arbres poussent très rapidement les premières années, atteignant deux mètres en deux ans et jusqu'à 15 mètres en 12 ans. On pense que les baobabs vivent jusqu'à 1 000 ans, voire plus.

- **Importance et usage**

Le baobab est extrêmement important pour les humains et les animaux qui vivent dans les zones sèches d'Afrique. Il offre un abri et fournit de la nourriture, des fibres et des médicaments, ainsi que des matières premières destinées à de nombreux usages. Les feuilles de baobab constituent une excellente source de protéines et contiennent tous les acides aminés essentiels, ainsi que la plupart des acides aminés non essentiels. Elles ont également une forte teneur en minéraux et en vitamines A et C. Elles sont utilisées fraîches en tant que légume ou sont séchées au soleil, moulues et tamisées pour produire une poudre verte servant à aromatiser les sauces dans de nombreuses parties de l'Afrique. Dans la plupart des pays africains où l'on trouve *Adansonia digitata*, les feuilles sont utilisées comme légume ; elles sont cueillies et vendues par de nombreuses familles. Dans la partie sud du continent, les populations récoltent les fruits et les graines pour les vendre à des entreprises locales qui fabriquent de l'huile à partir des graines et conditionnent la pulpe des fruits. Lorsque les fruits sont mûrs, leur pulpe est une poudre sèche et granuleuse. Elle peut être consommée fraîche ou ajoutée à du gruaau cuit. Consommer la pulpe crue permet de préserver les vitamines qu'elle contient. Celle-ci peut également être mélangée à de l'eau ou du lait pour en faire une boisson, ou utilisée comme complément en la mélangeant à des aliments de base comme la farine de maïs ou de manioc. Les graines et les amandes sont largement utilisées, malgré leur coque épaisse et dure. Les graines servent communément à épaissir les soupes, mais elles sont également fermentées et employées comme aromate ou grillées et consommées comme amuse-gueule. Les graines fournissent aussi une huile de cuisson mais cet usage n'est pas répandu, malgré le déficit actuel d'huiles végétales dans de nombreuses régions où le baobab est présent. Les pousses et les racines des graines germées sont

comestibles, tout comme les racines pivotantes des jeunes arbres, mais leur consommation est très rare. L'utilisation des produits du baobab dans une nouvelle génération d'aliments et de boissons est un débouché prometteur car ils ont une valeur nutritionnelle élevée et des propriétés utiles pour la transformation, notamment une forte teneur en pectine et en fibres. Par ailleurs, leur consommation présenterait de nombreux bénéfices pour la santé.

- **Valeur socio-économique**

Les produits du baobab sont vendus essentiellement sur les marchés locaux et informels. Les plus courants sont les feuilles (fraîches et séchées), les fruits, les produits artisanaux et surtout ceux issus de l'écorce (fibres). L'espèce est une source de revenus pour les foyers locaux. On dispose de peu d'informations concernant le commerce des produits du baobab. L'huile utilisée dans des cosmétiques et les fibres de l'écorce (qui servent à fabriquer de la corde) sont exportées vers l'Europe. La quantité et la valeur monétaire de ces envois sont inconnues. Les nombreux produits du baobab utilisés localement et leurs propriétés uniques offrent des débouchés commerciaux non négligeables, notamment dans les secteurs des aliments et des boissons, des remèdes botaniques et des produits nutraceutiques, ainsi que des cosmétiques naturels. Cependant, leur potentiel ne sera exploité que si le déclin des peuplements de baobabs peut être stoppé et inversé (Venter SM *et al.*, 2010) (Photo 1).

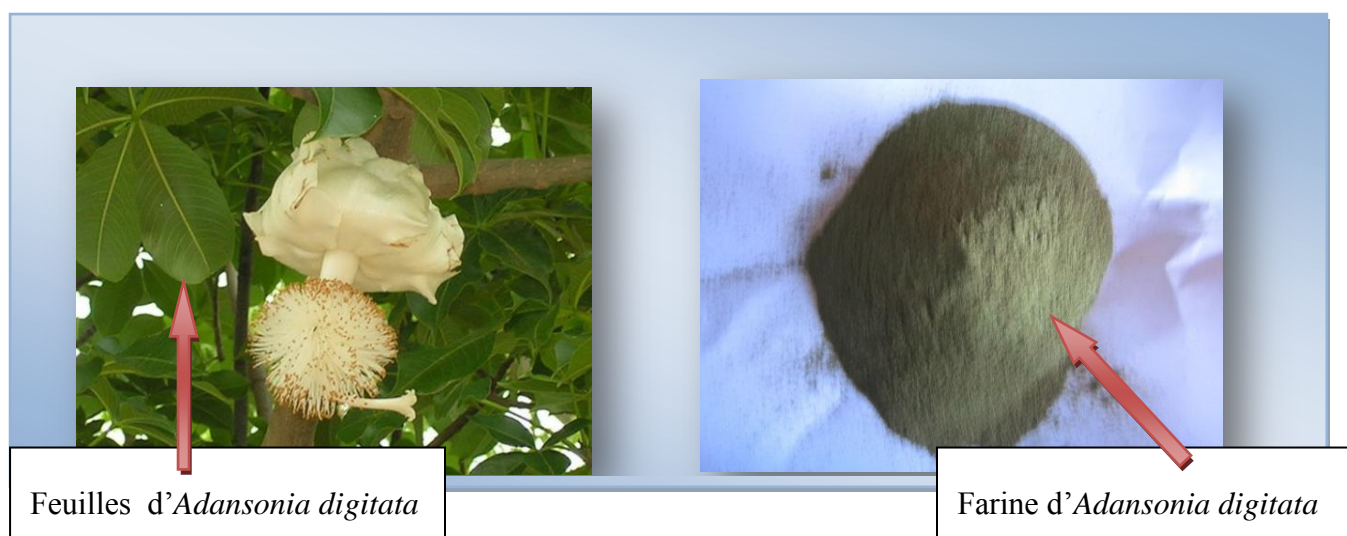


Photo 1 : *Adansonia digitata*

II.4.2.2 La gomme arabique

- **Ecologie et systématique**

L'*Acacia senegal* (communément appelé gommier du senegal) présente une distribution géographique assez caractéristique des milieux sahéliens. On le retrouve dans une vaste zone allant des confins du Sahara (isohyète 100 mm) jusqu'à la savane soudanienne (isohyète 800 mm). L'*Acacia senegal* appartient à la famille des *Mimosaceae*, sous règne des *Aculeiferum*. (Willd., 1806)

L'*Acacia senegal* fournit une gomme arabique très utilisée. Elle est un exsudat de sève descendante solidifié, produit naturellement ou à la suite d'une incision, sur le tronc et au pied d'arbres de la famille des *Mimosaceae*. Comestible, elle est récoltée principalement en Afrique saharienne (Maghreb, Mali, Sénégal, Tchad, Egypte, Soudan, etc.).

La gomme arabique est un polysaccharide acide fortement ramifié qui se présente sous la forme de mélanges de sels de potassium, de magnésium et de calcium. Les éléments monomères de l'acide libre (acide arabique) sont le D-galactose, le L'arabinose, le L-rhamnose et l'acide D-glucuronique. On admet que les gommes arabiques se composent au moins de deux fractions de polysaccharides de structures différentes. La fraction de masse moléculaire supérieure contient une part d'acides aminés modeste mais déterminante pour ses propriétés. On trouve la gomme arabique dans le commerce sous forme de poudre ou de cristaux non moulus plus ou moins ronds de couleur jaune pâle à jaune brunâtre (photo 2). La gomme est fade (insipide) et inodore. Elle est soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool (Dione., 1996).

- **Rôles et usages**

Les usages de la gomme arabique remontent à la préhistoire. Elle est employée à l'ancienne Egypte à divers collage en particulier à celui des bandelettes des momies. Les hiéroglyphes le représentaient par un signe se lisant Kome dont le kopte a fait Kome, le grec koumi et le français gomme.

La gomme arabique est douée de propriétés lénitives. C'est un émollient topique dont l'application sur les muqueuses enflammées, donne d'excellents résultats probablement en modifiant les phénomènes osmotiques et en maintenant l'eau à la surface des tissus ; d'où son usage fréquent dans les inflammations de la gorge et du tube digestif.

Elle est employée autrefois comme diurétique dans les néphroses lipoïdiques et comme succédané de plasma.

La gomme arabique se prend sous forme de tisanes à 20 pour 1000 (préparées par macération) de portions gommeuses, sirop de gomme etc. Elle est également utilisée pour l'empesage des habits traditionnels africains en les rendant raides et craquants.

Par ailleurs la *gomme arabique* est utilisée comme épaississant alimentaire E414, notamment dans les dragées, et normalisée en Europe. (Roussel, 1996).

- **Marché de la gomme**

L'*Acacia senegal* fournit 90 % de la gomme arabique mise sur le marché mondial. Il surpasse en quantité tous les autres *Acacias*. La gomme est un produit d'exportation très important. Avant les sécheresses des années 70, la commercialisation annuelle de la gomme arabique dans les pays subsahariens a tourné en moyenne autour de 70 000 tonnes. Elle a baissé par la suite pour atteindre 40 000 tonnes vers les années 80. Elle se situe actuellement aux alentours de 30 000 tonnes dont 25 000 tonnes pour le soudan et le reste est reparti entre le Sénégal, la Mauritanie, le Tchad, le Nigeria et le Mali.

Il se trouve que la demande mondiale est aujourd'hui de 60 000 tonnes par an. L'instabilité et le dérèglement du marché utilisateur suite aux sécheresses récurrentes qui ont décimé plus de 80 % des *Acacias*, ont entraîné un recours partiels des produits de substitutions, mais il demeure toujours un volume indispensable au marché de 40 000 tonnes de *gomme arabique* irremplaçable par les divers succédanés. (Dione, 1996)



Photo 2 : La gomme arabique

II.4.2.3 Le *Corchorus tridens*

- **Systématique et écologie**

Le genre *Corchorus* L. appartient à la famille des *Tiliaceae*, de l'ordre des *Malvales* selon Olorode (1984). Les Lébous le nomment « Thiniamkhadj ». Il renferme une quarantaine d'espèces. Il est représenté au Sénégal par cinq espèces (Berhaut, 1967) : *C. aestuans* L., *C. fascicularis* Lam., *C. olitorius* L. avec deux variétés *C. olitorius* var *olitorius* L. et *C. olitorius* var *incisifolius* Asch. et Schw., *C. tridens* L. et *C. trilocularis* L. Ces espèces présentent une grande importance économique et systématique. Du point de vue économique, en plus de leur statut d'adventices des cultures tropicales (Merlier *et al.*, 1982 ; Le Bourgeois *et al.*, 1995 ; Johnson, 1997 ; Noba et Bâ, 1998 ; Mbaye, 1999) ces espèces présentent d'autres intérêts.

- **Importance**

Les feuilles de *C. olitorius* L., *C. aestuans* L., *C. tridens* L., *C. capsularis*, *C. depressus* etc. sont utilisées dans l'alimentation humaine sous le nom de Corètes, comme les Laitues et les Epinards. Les espèces du genre présentent également des propriétés émollientes et mucilagineuses (Baillon, 1886; Pursglove, 1968).

Les tiges contiennent des fibres qui sont utilisées dans la fabrication de fils et cordes, de toiles d'emballage et dans la confection de sacs (Anonyme, 1991). *C. olitorius* L. est considéré comme un taxon médicinal du fait de ses graines qui sont utilisées en Inde comme purgatif et de ses feuilles qui sont toniques et diurétiques (Olivier-Bever, 1986). *C. aestuans* L. est également considéré comme un taxon médicinal puisque ses feuilles et ses racines sont utilisées en Afrique occidentale contre la blennorragie (maladie infectieuse des organes génitaux), tandis que ses fruits et ses graines soignent la colique et la pneumonie (Ayensu, 1978).

Toutes ces propriétés font que certaines espèces de *Corchorus* L. sont cultivées. C'est le cas de *C. olitorius* L. (Akoroda, 1988 ; Akoroda *et al.*, 1983 ; Akoroda *et al.*, 1981).

En outre l'organisation et la forme du réceptacle floral, tantôt court, tantôt en colonne rencontrée chez diverses espèces font de ce genre un groupe de transition entre les *Tiliae* et les *Grewiae*, deux tribus de la famille des *Tiliaceae* (Baillon, 1886).

Pour leurs intérêts divers, ces espèces ont fait l'objet de plusieurs études parmi lesquelles celles de Roberty (1954), Hutchinson *et al.* (1958) ; Berhaut (1967) ; Epenhuijsen (1974) ; Merlier et Montégut (1982) ; Norman (1992) ; Le Bourgeois *et al.* (1995) ; Mbaye (1999).

Il ressort de ces études que les caractères du fruit sont les plus discriminants. En effet les caractères morphologiques et anatomiques de l'appareil végétatif ainsi que ceux de la fleur présentent de très grandes ressemblances entre les espèces rendant ainsi difficile leur identification.



Photo 3 : le *Corchorus tridens*

La synthèse bibliographique contenue dans la première partie de notre étude a permis d'identifier certaines contraintes au développement de l'aquaculture au Sénégal et ailleurs en Afrique. Ces contraintes sont dues au coût élevé des aliments importés. C'est pourquoi nous avons jugé utile d'orienter notre contribution sur la recherche de substituant au CMC qui coûte cher aux aquaculteurs.

Pour ce faire nous avons choisi de sélectionner et de mettre au point des liants naturels locaux, disponibles en quantité, moins coûteux, qui pourront servir comme agent liant pour la fabrication d'aliments aquacoles.

L'analyse et l'expérimentation de ces différents liants naturels utilisés nous permettront d'identifier de manière qualitative ceux qui répondent le mieux à l'objet de notre contribution.

III MATERIEL ET METHODES

III.1 MATERIEL

III.1.1 Matériels biologiques

III.1.1.1 L'espèce élevée : *Oreochromis niloticus*

Les individus utilisés durant l'expérience sont des alevins mixtes de 6 g en moyenne, âgés de trois à quatre semaines et proviennent de la station piscicole de Richard Toll dans la région de St louis au Sénégal (Photo 4).



Photo 4: *Oreochromis niloticus*

III.1.1.2 Les ingrédients utilisés

La liste qui suit représente l'ensemble des ingrédients disponibles sur le marché local et utilisés pour la fabrication des aliments :

- la farine de poisson (NSAAP), avec un taux de protéines de 56 %,
- la farine de sorgho, avec un taux de protéines de 10,9 %,
- le *Moringa oleifera*,
- le tourteau de sésame,

- l'huile de poisson (AFRIC AZOTE),
- les Vitamines et Minéraux prémix (Aquavet, Tivaone Thiès),
- les produits utilisés comme liants disponibles sur le marché :
 - la farine des feuilles d'*Adansonia digitata*, avec un taux de protéines de 15,15 %,
 - la farine des feuilles de la gomme arabique,
 - la farine des feuilles de *Corchorus tridens* avec un taux de protéines de 16,76 %,
 - le Carboxy-méthyl-cellulose disponible à Aquavet Tivaone Thiès.

III.1.2 Matériel de mesures

Lors de la phase expérimentale les deux principaux matériels de mesures utilisés sont :

- ✓ la balance (0,1g de précision)
- ✓ l'appareil multifonctionnel YSI Modèle 58 mètres de l'oxygène (Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH, USA).
- ✓ le pH mètre pour la mesure de pH ; (Photo 5)

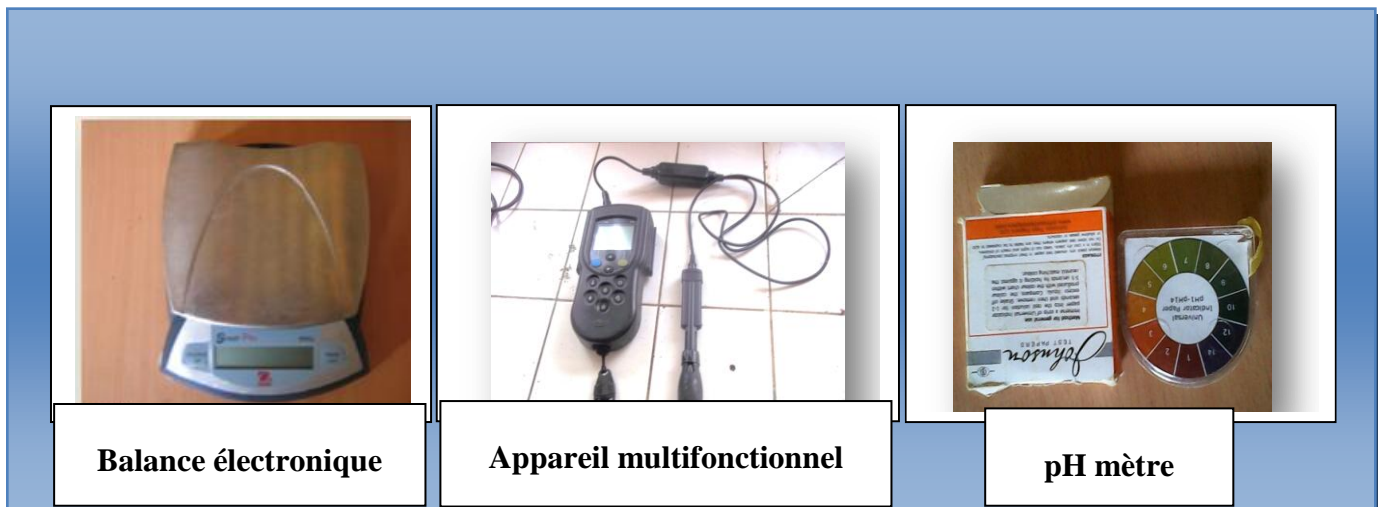


Photo 5 : Matériel de mesures

III.1.3 Matériel pour la fabrication des aliments

Pour la fabrication des aliments, l'usage d'un lot de matériels était nécessaire. Il s'agissait entre autres :

- ✓ le Moulinex et accessoires ;
- ✓ les ingrédients (farine de sésame, farine de poisson, farine de *Moringa oleifera*, farine de sorgo, liants, huile, vitamines et minéraux) ;
- ✓ les seaux, bocaux, tamis, cuillères, plateaux, éprouvette etc. ; (Photo 6)



Photo 6 : Matériel pour la fabrication des aliments

III.1.4 Matériel d'élevage

Les différents matériels d'élevage utilisés pour les manipulations sont les suivants :

- ✓ les bacs plastiques de 50 l pour l'élevage des poissons ;
- ✓ les bulleurs et la tribune pour oxygénation ;
- ✓ les épuisettes pour la manipulation des poissons ;
- ✓ les tubes en plastiques pour le siphonage ;

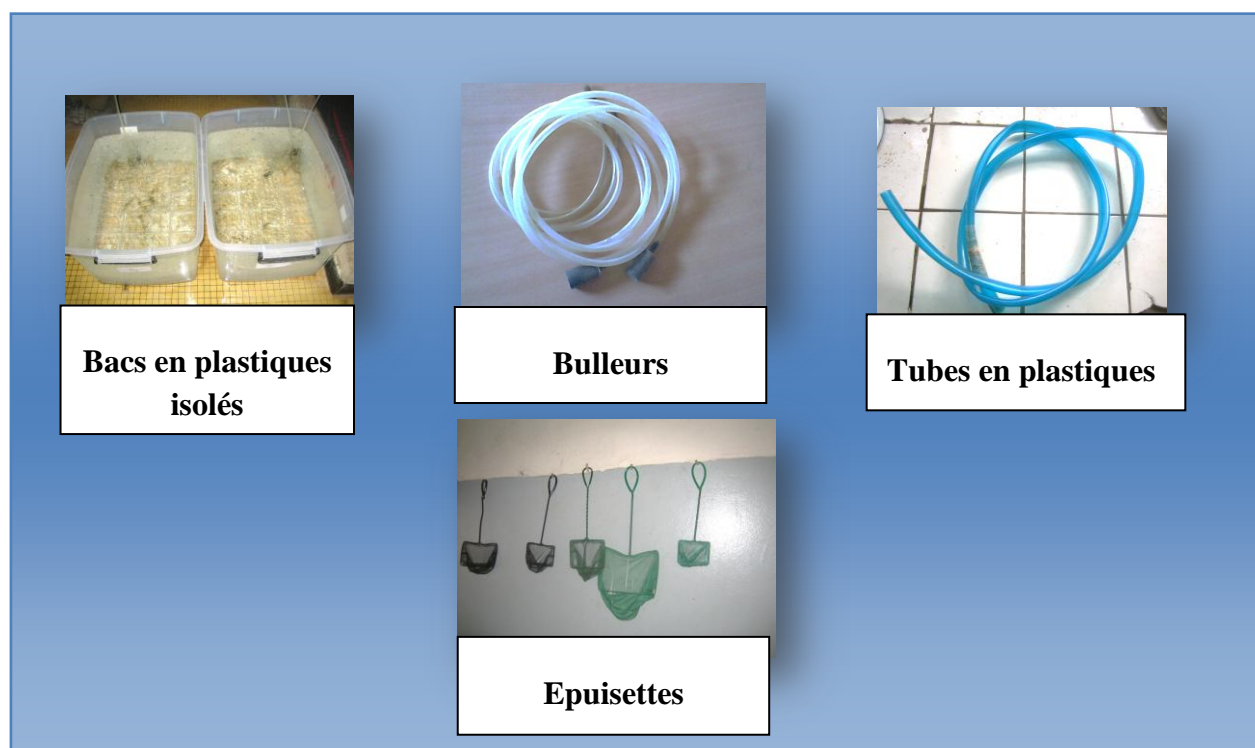


Photo 7 : matériel d'élevage

III.1.5 Matériel d'analyse et de traitement des données

Pour le traitement des données, quelques matériels d'analyse ont été utilisés. Ce sont :

- ✓ le Kjelttec 1002 (Tecator), analyse des protéines ;
- ✓ le Fibertec M 1020 (Foss Tecator), analyse des fibres ;
- ✓ le four à moufle, analyse des cendres et de l'humidité ;
- ✓ le (Soxhlet) pour l'extraction de lipide ;
- ✓ le logiciel SAS, analyse statistique ;

III.2 METHODES

III.2.1 Sélection des liants naturels

Pour chacun des liants naturels utilisés dans cette étude, nous avons suivi une méthode particulière afin d'avoir un produit fini pour les besoins de l'expérience.

III.2.1.1 *Adansonia digitata*

Les feuilles d'*Adansonia digitata* déjà séchées sont achetées au marché. Nous les avons broyées puis les vannées à l'aide d'un tamis. Le produit final sous forme de farine a été conditionné dans des bocaux en verre pour bien les conserver. Pour les besoins de l'expérience, un échantillon de 25 à 30 g a été prélevé et analysé au laboratoire de ESP enfin de déterminer sons taux de protéines.

III.2.1.2 *Gomme arabique*

La sève d'*Acacia senegal* communément appelée gomme arabique sous forme de cristaux est également achetée au marché sous emballage. Une fois arrivé au laboratoire, le produit est moulu puis tamisé et conditionné dans des bocaux pour sa bonne conservation. Contrairement à la farine d'*Adansonia digitata*, la *gomme arabique* n'a pas fait l'objet d'une analyse biochimique car étant très pauvre en taux de protéines selon les techniciens du laboratoire de l'ESP. Selon eux, il n'y a que des traces de protéines dans la *gomme arabique* et ils l'analysent le plus souvent en vue de déterminer son taux d'amidon et non pas son taux de protéines.

III.2.1.3 *Corchorus tridens*

Les feuilles de *Corchorus tridens* contrairement aux deux autres liants, sont d'abord localisées puis cueillies au niveau du jardin botanique de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar sous la supervision du Technicien Botaniste Monsieur CAMARA.

Elles sont ensuite étalées sous l'ombre jusqu'à ce qu'elles soient complètement séchées. Puis la quantité obtenue est broyée et tamisée avant d'être conditionnée dans des bocaux en verre pour la conduite de l'expérience. Par la suite, un échantillon de 25 à 30 g est transmis au laboratoire de l'Ecole Supérieure Polytechnique (ESP) pour les besoins d'analyse afin de déterminer son pourcentage en protéines.

III.2.2 Fabrication des aliments

III.2.2.1 Procédure de fabrication des aliments

Quatre régimes alimentaires isoprotéiques environ ($30 \pm 0,50 \%$), sont formulés pour une quantité d'un kilogramme (1kg). Ils se différencient les uns des autres par un agent liant (A: 20 g de farine d'*Adansonia digitata*, B : 20 g de la farine de *Corchorus tridens*, C: 20 g de gomme arabique et le régime contrôle D : 20 g de Carboxy-méthyl-cellulose.

Avant la fabrication des aliments, certains ingrédients nécessitent un traitement préalable pour enlever certaines impuretés qu'ils contiennent.

Elle consiste ensuite à sélectionner et à peser chacun des ingrédients suivant la formulation indiquée dans le tableau II avant d'homogénéiser l'ensemble.

En outre le mélange homogène final obtenu est moulu à l'aide d'un Moulinex pour avoir un aliment en forme de filaments.

Enfin, le produit issu du moulage est séché au soleil pendant 2 ou 3 jours avant d'être conditionné dans des bocaux en verre (Photo 8).

Tableau II: composition des aliments

Ingrédients	Régimes alimentaires			
	A	B	C	D
Farine de poisson	150	150	150	150
<i>Moringa oleifera</i>	460	460	460	460
Tourteau de sésame	200	200	200	200
Farine de sorgho	100	100	100	100
Huile de poisson	50	50	50	50
Vit mix ^a	10	10	10	10
Min mix ^b	10	10	10	10
<i>Adansonia digitata</i> (liant)	20	.....	.....	.....
<i>Corchorus tridens</i> (liant)	.....	20	.....	.....
Gomme arabique (liant)	.....	.....	20	.....
CMC (liant)	.....	.....	.....	20
Total (g)	1000	1000	1000	1000

^a = vit A 250000 UI; vit D3 250000UI; vit E 5000mg ; vit B1 100mg ; vit B2 400mg ; vit B3 (pp) 1000mg ; vit B5 pentode Ca2000mg ; vit B6 300mg ; vit K3 1000g ; vit C 5000mg ; H biotines 15mg ; choline 100g ; expient spécial (anti oxydant (BHT), attapulgate broyée et calcinée) qsp 1000mg ;

^b= phosphore 7% ; calcium 17% ; sodium 1,5% ; potassium 4,6% ; magnésium 7,5% ; manganèse 738mg ; zinc 3000mg ; fer 4000mg ; cuivre 750mg ; iode 5mg ; cobalt 208mg ; attapulgate calcinée et broyée qsp 1000g ; teneur en fluor du complexe 1,5% (environ), dose 1kg pour 100kg d'aliment.

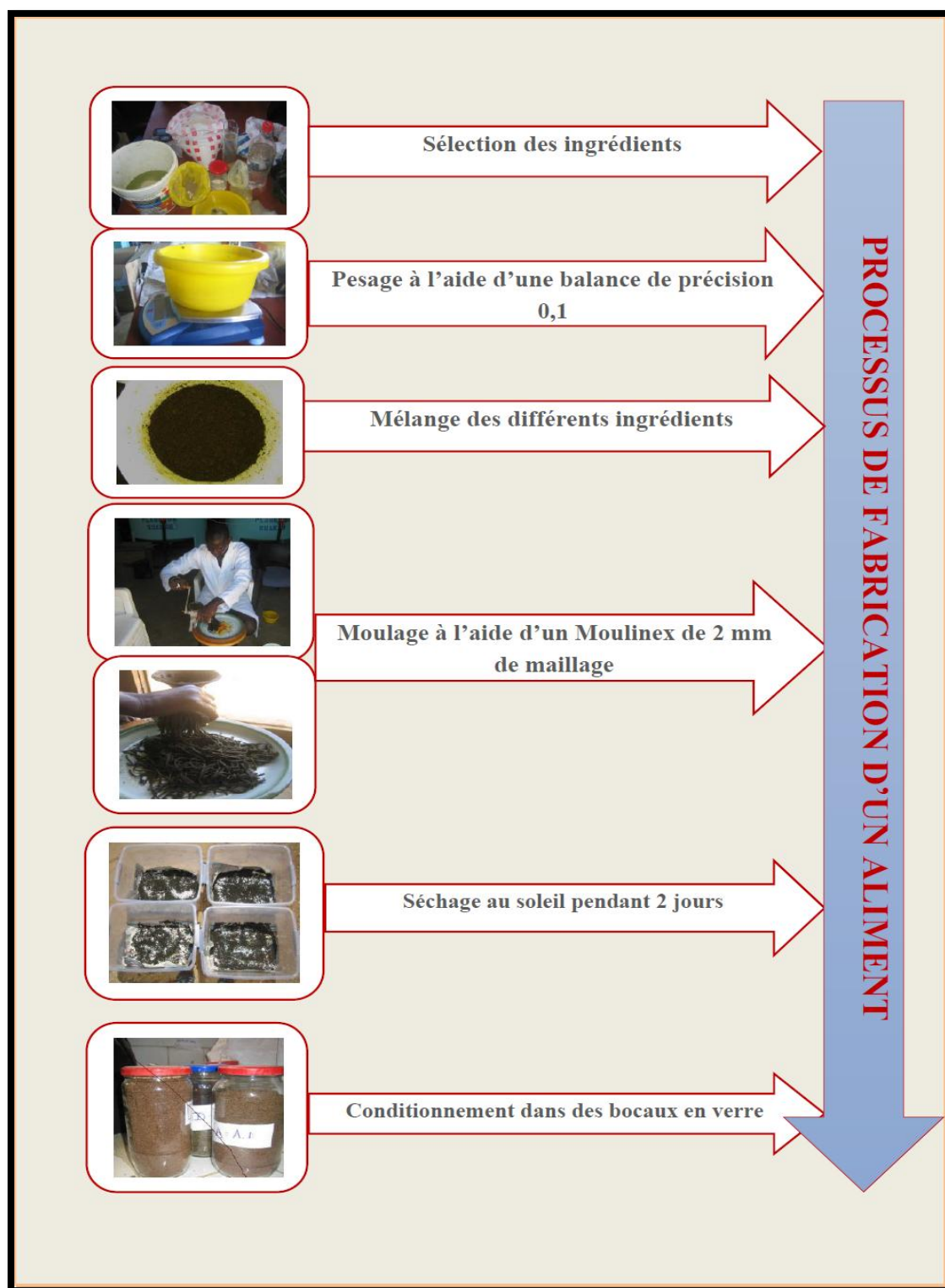


Photo 8 : diagramme de fabrication d'un aliment

III.2.3 Analyse biochimique des aliments

Des échantillons des différents liants naturels et des différents régimes sont prélevés et envoyés au laboratoire d'ENSA de Thiès pour déterminer leur composition biochimique.

III.2.3.1 Protocole expérimental utilise

III.2.3.1.1 Détermination de la matière sèche (MS)

La matière sèche est la partie dépourvue d'eau de l'aliment. Elle est déterminée à partir d'une prise d'essai de 2,5g placée à l'étuve à 105°C pendant 24 heures, c'est-à-dire jusqu'à l'obtention d'un poids constant (Lemal, 1989).

$$MS = \frac{P_2 - T_C}{P_1} \times 100$$

MS = 100 - % d'humidité

MS : matière sèche (teneur en%)

P₁ : Poids de la matière fraîche introduite dans le creuset en g

P₂ : Poids du creuset + échantillon à la sortie de l'étuve en g

T_C : Tare du creuset en

III.2.3.1.2 Détermination des cendres (C)

Pour la détermination des cendres, 2,5 g de cendres de l'échantillon est placé dans un four et réglé à 550°C pendant 8 heures. Le résidu d'incinération pesé correspond aux matières minérales (Lemal, 1989).

$$C = \frac{P_2 - T_C}{P_1 \times MSA\%} \times 100$$

C : teneur en cendre (en % de la matière sèche)

T_C : Tare du creuset en g

P₁ : Prise d'essai en g

P₂ : Poids du creuset et du résidu calciné en g

MSA : teneur en matière sèche analysé en %

III.2.3.1.3 Dosage de la cellulose brute (CB) ou fibre

La cellulose brute est déterminée par la méthode de WEENDE. Elle consiste en une double hydrolyse (acide puis basique) sur 1g d'échantillon. Deux extractions successives à chaud sont menées à l'acide sulfurique puis à la potasse. Après les deux hydrolyses, les échantillons ont été rincés plusieurs fois à l'acétone. Le résidu après séchage à l'étuve à 105°C pendant 24 heures et calcination au four à 550°C pendant 3 heures a été pesé. La perte du poids après séchage et calcination représente la cellulose brute de l'échantillon (Lemal, 1989).

$$CB = \frac{P_1 - P_2}{PE \times MSA\%} \times 100$$

CB : teneur en cellulose brute (% de MS)

PE : prise d'essai en g

P₁ : Poids du creuset sorti de l'étuve en g

P₂ : Poids du creuset sorti du four en g

MSA : matière sèche analysée %

III.2.3.1.4 Détermination de la matière grasse ou lipides

On extrait la matière grasse par la méthode de FOLCH en mettant en contact 3g de l'aliment avec l'éther éthylique, placé dans une cartouche d'extraction. Le tout est monté sur l'appareil d'extraction et placé sur une plaque chauffante pendant 6 heures. L'extrait recueilli au fond du ballon après extraction est séché à l'étuve pendant une heure puis pesé (Lemal, 1989).

$$MG = \frac{\text{ballonsec} - \text{ballon vide} + \text{pierre ponce}}{\text{prise d'essai} \times \text{matière sèche \%}} \times 100$$

III.2.3.1.5 Détermination des protéines brutes (PB)

Pour déterminer les protéines brutes de l'aliment, nous avons utilisé la méthode de KJELDHAL (Lemal, 1989). L'échantillon est minéralisé par l'acide sulfurique pour libérer

l'ammoniac qui a ensuite été distillé et recueilli dans l'acide borique puis titré par l'acide sulfurique 0,1N.

$$PB = \frac{14,01 \times N \times V}{10 \times PE} \times 6,25 \times \frac{100}{MSA} = 875,6 \times \frac{N \times V}{PE \times MSA}$$

PB : protéines brutes (en % de MS)

N : normalité de la solution titrant

PE : prise d'essai

MSA : teneur en matières sèche analytique (en %)

V : volume de la solution titrant nécessaire à l'obtention du virage de couleur (ml)

III.2.4 Cadre de l'étude

L'étude expérimentale est effectuée à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) plus précisément au Laboratoire d'Ecloserie (Photo 9).



Photo 9 : Salle d'écloserie

La présente étude expérimentale s'est déroulée dans un système isolé. Ce dernier est constitué de huit (8) bacs en plastique de 50 litres chacun. Trois (3) bacs de charge en fibre de verre de 500 litres chacun, sont utilisés pour le stockage de l'eau (photo 10). Les bacs sont pourvus d'aérateurs pour l'oxygénation du milieu d'élevage. Ce système isolé présente des avantages. En effet si une éventuelle contamination est notée dans un des bacs d'élevages, les autres peuvent être épargnés sans difficulté. Egalement la manipulation n'a pas posé de problèmes majeurs.



Photo 10 : système expérimental

III.2.5 Conditions d'élevage

Au début de l'expérience, des poissons pris au hasard sont sacrifiés. Ils sont filetés et analysés pour déterminer la composition biochimique initiale de la chair.

Les sujets utilisés pour les besoins de l'expérience sont des tilapias du Nil (*Oreochromis niloticus*) hétérosexués (mâles et femelles) de poids moyens compris entre 4 et 6 g, âgés de trois à quatre semaines provenant de la station piscicole de Richard Toll. A leur arrivée au laboratoire, ils sont acclimatés aux conditions du laboratoire pendant quatre semaines dans des bacs en plastiques. Durant cette période, les poissons sont nourris avec de l'aliment commercial importé de la Chine obtenu au niveau du TCP FAO/SEN 3307.

Après la phase d'acclimatation, des individus de taille comprise entre 5 et 6,6 g sont sélectionnés pour les besoins de l'expérience.

Ainsi, quatre régimes alimentaires sont mis à jour et testés sur les poissons pendant six semaines, en duplicata soit 104 individus de poids moyen initial égal à $5,74 \pm 0,01\text{g}$. Ils sont répartis dans 8 bacs à raison d'une densité de 13 poissons par bac.

Les bacs sont nettoyés tous les jours le matin et l'après-midi avant de servir l'aliment. Dans chaque bac, l'eau est entièrement renouvelée le matin par celle stockée dans les bacs de charges dépourvues de chlore par le phénomène d'oxygénation. Les poissons de chaque bac sont nourris à 10% de leur biomasse à raison de deux fois par jour (08:00 h et 17:00 h). Ce taux est

réduit à 6% puis à 4% après chaque pesage. La biomasse de chaque aquarium est pesée au début de l'expérience. Une pêche-contrôle est effectuée toutes les deux (2) semaines, le taux d'alimentation est ajusté en fonction de la nouvelle biomasse obtenue après chaque pesage et après chaque mortalité notée.

Après les six (6) semaines d'élevage, des poissons pris au hasard dans chaque traitement sont sacrifiés et filetés pour l'analyse de la chair afin de déterminer sa composition finale.

III.2.6 Suivi des paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques (Température, Oxygène dissous et pH) sont mesurés deux fois par semaine en utilisant un appareil multifonctionnel YSI Modèle 58 mètres de l'oxygène (Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH, USA) et un pH mètre.

III.2.7 Paramètres de croissance, de survie et d'efficacité alimentaire

- ✓ **Le gain de poids moyen absolu (GPmA)** : ce paramètre nous renseigne sur la croissance totale des poissons durant la période d'élevage. Il est calculé à partir de la formule suivante :

$$\text{GPmA (g)} = \text{poids moyen final} - \text{poids moyen initial}$$

- ✓ **Le Gain de poids moyen relatif (GPmr)** : ce paramètre permet d'évaluer la croissance pondérale des poissons pendant un temps donné. Il est calculé à partir de la formule ci-dessous:

$$\text{GPmr (\%)} = \frac{\text{poids moyen final} - \text{poids moyen initial}}{\text{poids moyen initial}} \times 100$$

- ✓ **Taux de conversion alimentaire (TCA)** : Ce coefficient est utilisé pour caractériser l'efficacité d'utilisation de l'aliment

$$\text{TCA} = \frac{\text{quantité d'aliment distribuée/poisson}}{\text{Gain de poids}}$$

- ✓ **Taux de croissance spécifique (TCS)** : Ce coefficient permet d'évaluer le poids gagné chaque jour par poisson, en pourcentage de son poids vif.

$$TCS(\% \text{ pc/j}) = \frac{(\ln(\text{poids moyen final}) - \ln(\text{poids moyens initial}))}{\text{durée de l'expérience/jour}} \times 100$$

- ✓ **Taux de survie (TS):** est calculé à partir du nombre total de poissons à la fin de l'expérience et de l'effectif en début d'élevage, selon la relation ci-dessous :

$$\text{Taux de survie}(\%) = \frac{\text{Nombre de poissons final}}{\text{Nombre de poissons initial}} \times 100$$

- ✓ **Croissance individuelle journalière(CIJ)**

La croissance journalière individuelle est un indice utilisé pour exprimer le gain journalier en poids de chaque individu durant toute la durée de l'élevage. Elle est calculée selon la formule suivante :

$$CIJ \left(\frac{g}{j} \right) = \frac{P_{mf} - P_{mi}}{\text{durée de l'élevage}}, \text{ avec } P_m = \text{poids moyen}$$

- ✓ **Ingéré volontaire (IV)**

Donnée qui intéresse directement l'éleveur, l'ingéré volontaire est la quantité d'aliments volontairement ingérée par unité de temps et par unité de biomasse. Cet indice de consommation est déterminé à partir de la relation suivante :

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

Avec D: quantité cumulée d'aliments distribués (g), B_i et B_f, biomasses initiale et finale

- ✓ **Coefficient d'efficacité protéique (CEP)**

Le CEP se définit comme étant le rapport qui existe entre les protéines ingérées en g et le poids corporel du poisson. C'est un moyen utilisé pour déterminer la capacité qu'a l'espèce à utiliser les protéines alimentaires (Robaina, 1998).

Il est déterminé par la formule ci-dessous :

$$\text{CEP} = \left(\frac{\text{GPA}}{Q * Cx \% \text{ protéine de l'aliment}} \right) * 100$$

Avec Q = la quantité totale d'aliment distribuée par poissons

Cx = pourcentage total de protéine du régime alimentaire

III.2.8 Paramètres de rentabilité économique

Les paramètres de rentabilité économique vont mettre en évidence le prix de revient des aliments formulés sur la base des différents ingrédients utilisés. Ils seront calculés par les formules suivantes :

✓ **Le coût des aliments (CA) = (coût de l'alimentation / kg) X Ca**

Avec Ca = (consommation alimentaire)

✓ **Prix d'un gain de kg de poids = (coût des aliments / kg) X TCA**

Avec TCA = Taux de conversion alimentaire

III.2.9 Analyse statistique

Les données obtenues sont saisies et calculées avec Microsoft Excel. L'analyse de ces données est réalisée avec le logiciel Statistical Analysis System (SAS-PC) (Joyner, 1985) soumis à une analyse de la variance (ANOVA). Le test de Duncan est utilisé pour comparer les différences significatives entre les traitements. Le seuil de signification de 5 % est retenu.

IV RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1 RESULTATS

IV.1.1 Les paramètres physico-chimiques

L'oxygène dissous (O₂), la température (T°) et le potentiel hydrogène (pH) représentent les trois paramètres mesurés durant notre phase expérimentale (Tableau III). Ces résultats nous renseignent sur les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques obtenues durant l'expérience.

Tableau III : les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques

Régimes	T°C	OD mg/l	pH
A	27,8 ± 0,3	6,9 ± 0,3	7,4 ± 0,5
B	28,2 ± 0,1	6,6 ± 0,2	7,3 ± 0,4
C	27,4 ± 0,2	7,1 ± 0,2	7,4 ± 0,7
D	27,7 ± 0,1	6,6 ± 0,1	7,2 ± 0,8

Les températures varient entre $27,4 \pm 0,2$ et $28,2 \pm 0,1$. La figure 4 nous montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les valeurs mesurées.

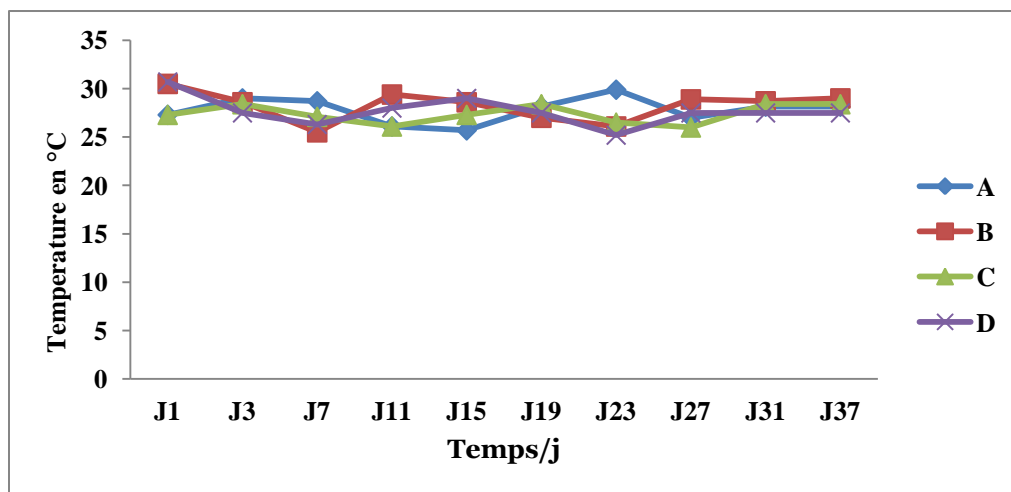


Figure 4 : courbe d'évolution de la température durant l'expérience (01 novembre au 15 décembre 2015)

La courbe d'évolution des valeurs moyennes d'oxygène dissous (Figure 5) montre que les teneurs en oxygène dissous varient entre $6,6 \pm 0,1$ et $7,1 \pm 0,2$. Elles ne reflètent pas de différence significative. Nous constatons dans cette figure une très forte baisse de l'oxygène dissous (OD) au J₂₃. Cette forte diminution de l'OD est causée par une coupure d'électricité conditionnant l'arrêt du fonctionnement de la tribune d'aération.

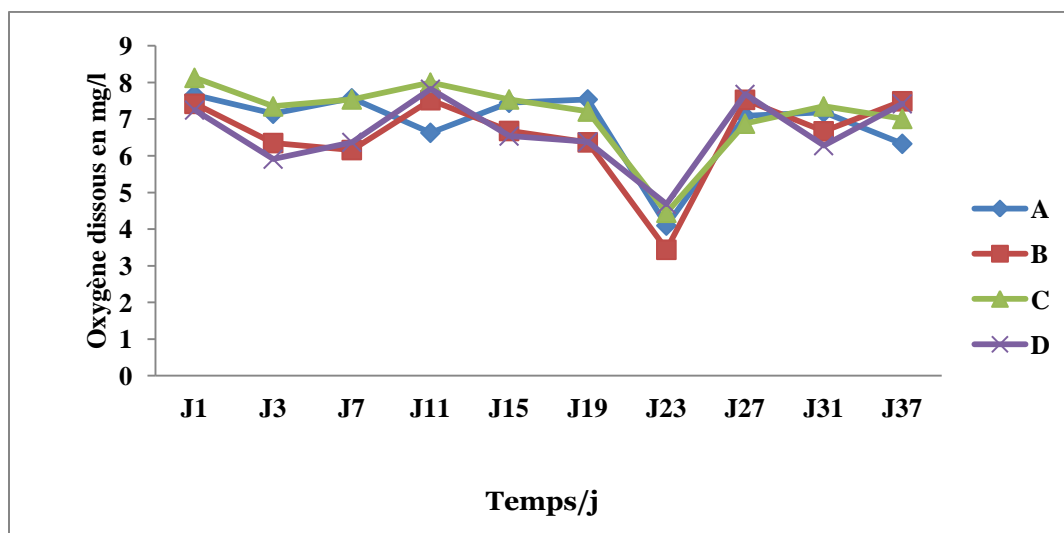


Figure 5 : courbe d'évolution de l'oxygène dissous durant l'expérience (01 Novembre Au 15 Décembre 2015)

Les valeurs moyennes du pH représentées sur la figure ci-dessus ($7,2 \pm 0,8$ et $7,4 \pm 0,7$) ne présentent pas de différence significative (Figure 6).

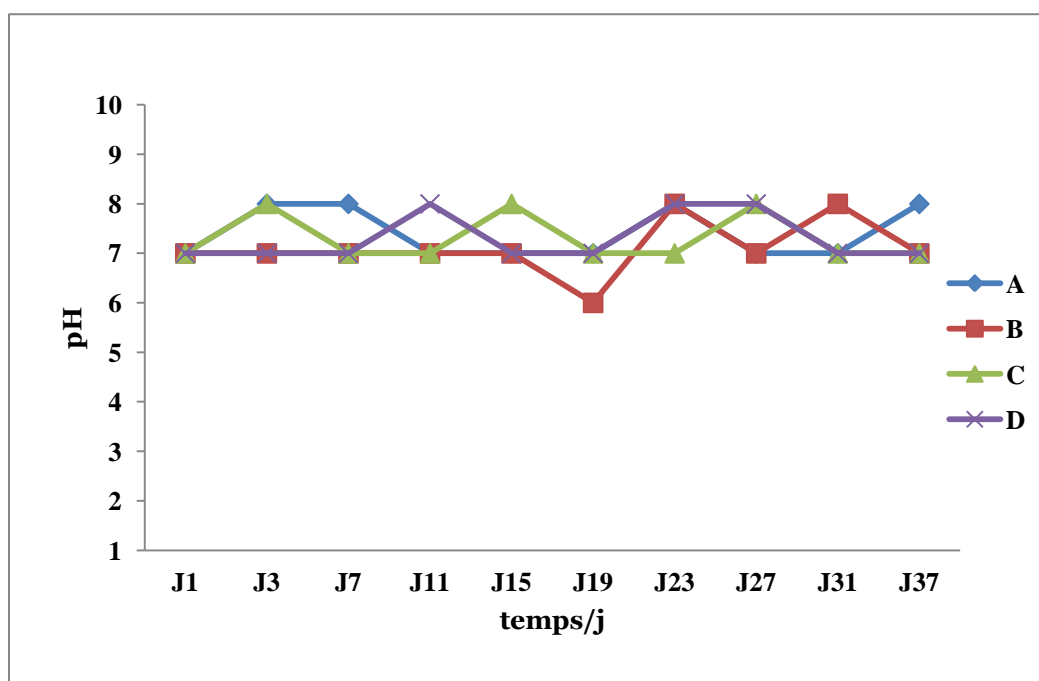


Figure 6 : courbe d'évolution du pH durant l'expérience (01 Novembre au 15 Décembre 2015)

IV.1.2 Paramètres de croissance, d'efficacité alimentaire et de survie.

IV.1.2.1 Performances de croissances durant l'expérience

Le tableau IV représente les paramètres de performances de croissances et le taux de survie des individus durant l'expérience (le gain de poids moyen absolu, le gain de poids moyen relatif, le taux de croissance spécifique, la croissance individuelle journalière et le taux de survie).

Tableau IV: les performances de croissances et le taux de survie durant l'expérience

Régimes	Pmi(g)	Pmf(g)	GPmA (g)	GPmr (%)	TCS	CIJ	TS (%)
A	5,75 ± 0,11 ^a	10,43 ± 1,12 ^b	4,68 ± 0,2 ^b	82,96 ± 3,12 ^b	1,47 ± 0,1 ^b	0,12 ± 00,2 ^b	53,85
B	5,74 ± 0,12 ^a	12,49 ± 1,15 ^a	6,75 ± 0,4 ^a	117,68 ± 10,09 ^a	1,90 ± 0,1 ^a	0,17 ± 00,1 ^a	92,31
C	5,75 ± 0,09 ^a	10,38 ± 1,14 ^b	4,63 ± 0,1 ^b	82,02 ± 3,20 ^b	1,46 ± 0,1 ^b	0,11 ± 00,1 ^b	92,31
D	5,74 ± 0,14 ^a	10,25 ± 1,10 ^b	4,51 ± 0,1 ^b	78,54 ± 2,15 ^b	1,41 ± 0,1 ^b	0,11 ± 00,1 ^b	84,62

^{a, b, c} Les différentes lettres alphabétiques en exposant indiquent une différence significative ($P < 0,05$) entre les Régimes alimentaires.

Le lot de poissons nourris avec le régime B contenant les feuilles de *Corchorus tridens* comme liant naturel, présente le meilleur gain de poids moyen absolu ($6,75 \pm 0,4$ g), par rapport à

ceux soumis aux régimes A, C et D (régime témoin) contenant respectivement les liants *Adansonia digitata*, la gomme arabique et le Carboxy-méthyl-cellulose. Les valeurs obtenues varient entre $6,75 \pm 0,4$ pour le régime A et $4,51 \pm 0,1$ pour celui du D. Ces résultats montrent une différence significative entre le régime test B et celui du témoin D mais également entre les régimes tests A et C qui ont respectivement pour valeurs $4,68 \pm 0,2$ et $4,63 \pm 0,1$. Cependant il n'y a aucune différence significative entre A, C et D. La figure 7 ci-dessous présente la courbe de croissance du GPmA durant l'expérience.

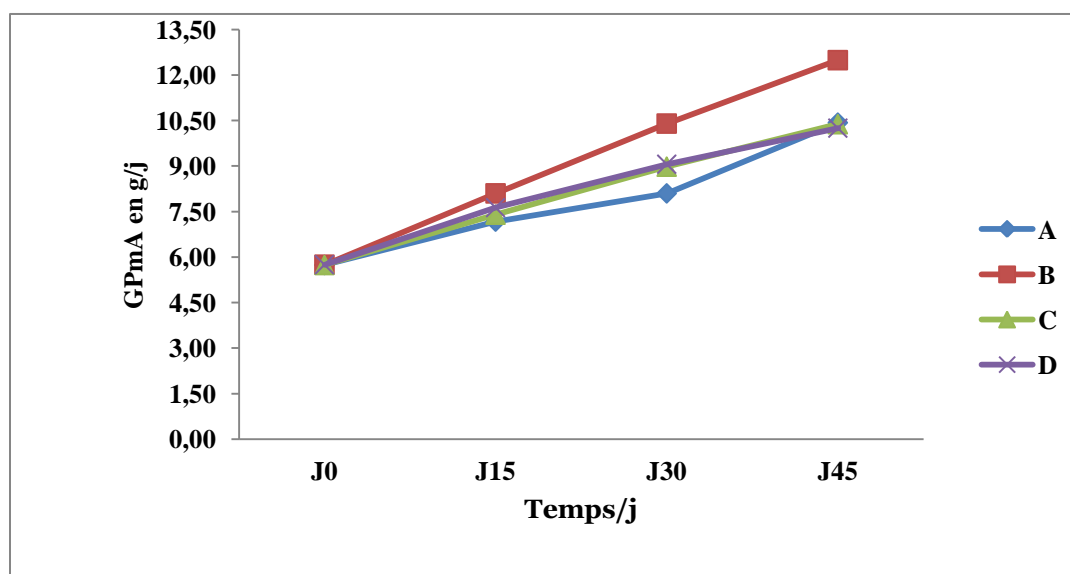


Figure 7 : courbe de croissance du GPmA durant l'expérience (01 novembre au 15 décembre 2015)

Concernant le gain de poids moyen relatif, les résultats varient entre $117,68 \pm 10,09$ % pour le régime B et $78,54 \pm 2,15$ % pour celui du témoin D. Ces valeurs nous poussent à affirmer qu'il y'a une différence significative non seulement entre le régime test B et celui du témoin D mais également entre les régimes tests A avec comme valeur $82,96 \pm 3,12$ %, B et C avec comme valeur $82,02 \pm 3,20$ %. Néanmoins, on ne note pas une différence nette entre le régime témoin D et les régimes test A et C. La figure 8 matérialise clairement la courbe d'évolution du GPmr durant l'expérience.

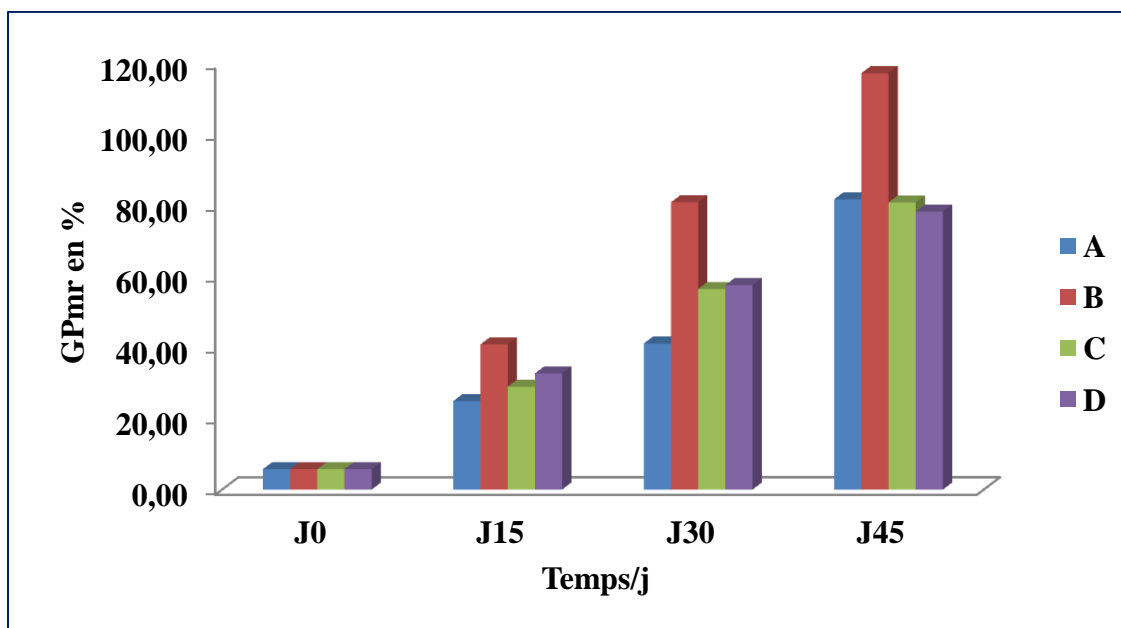


Figure 8 : évolution du GPmr durant l'expérience du (01 Novembre au 15 Décembre 2015)

Pour ce qui est du taux de croissance spécifique, le régime B présente le meilleur résultat ($1,90 \pm 0,1$), c'est-à-dire celui contenant les feuilles de *Corchorus tridens* comme liant naturel par rapport aux A, C et D dont les valeurs respectives sont $1,47 \pm 0,1$; $1,46 \pm 0,1$ et $1,41 \pm 0,1$. Celles-ci ne représentent aucune différence significative (Figure 9).

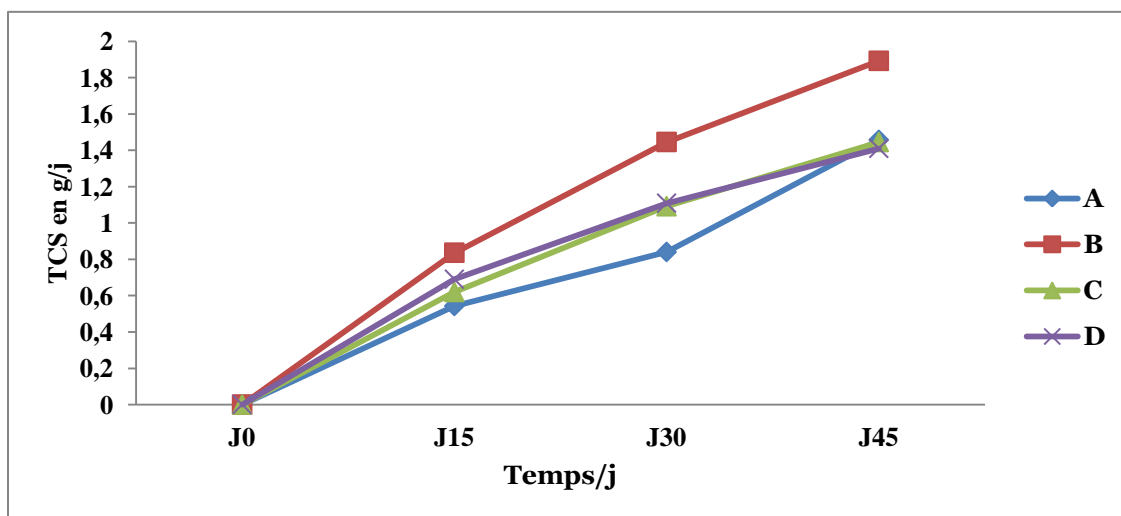


Figure 9: courbe d'évolution du TCS durant l'expérience (01 Novembre au 15 Décembre 2015)

L'étude de la croissance journalière individuelle (CJI) nous présente les mêmes tendances que les autres paramètres de croissance déjà étudiés. Les valeurs des régimes A, C et D n'ont aucune différence significative concernant la CJI. Le régime B contenant le *Corchorus tridens*, comme liant naturel, donne la plus grande valeur ($0,17 \pm 0,01$). La figure 10 présente clairement l'évolution de la CJI durant l'expérience.

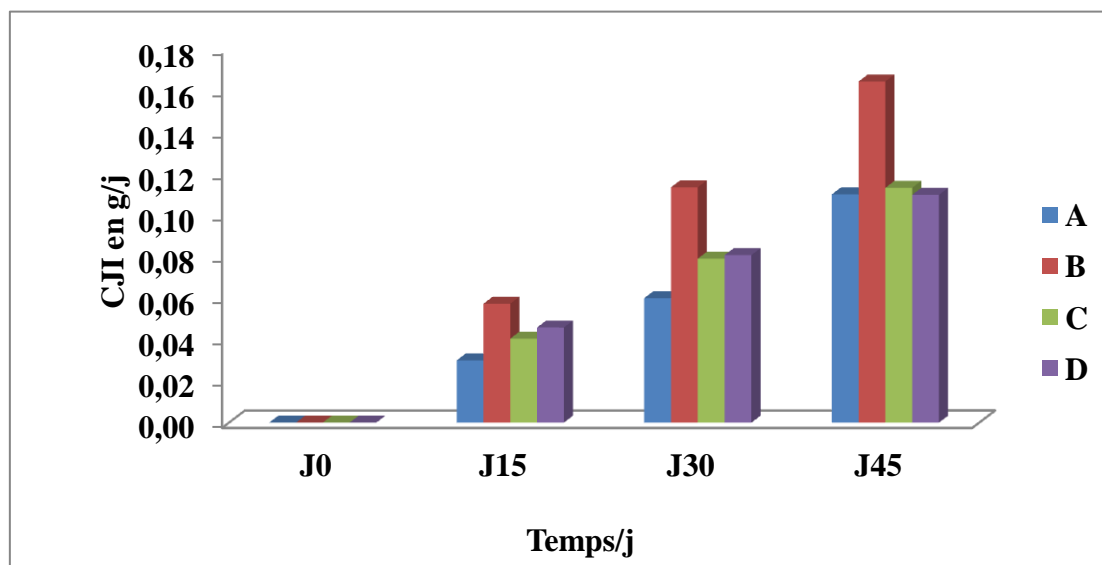


Figure 10 : évolution de la CJI durant l'expérience (01 Novembre au 15 Décembre 2015)

IV.1.2.2 Efficacité alimentaire

Le tableau V représente les paramètres de l'efficacité alimentaire à savoir : le Taux de conversion alimentaire, le Coefficient d'efficacité protéique et l'Ingéré volontaire.

Tableau V : l'efficacité alimentaire

Régimes	TCA	CEP	IV
A	$3,21 \pm 0,02^a$	$1,01 \pm 0,09^a$	$1,14 \pm 0,03^a$
B	$2,43 \pm 0,01^b$	$1,34 \pm 0,05^a$	$1,10 \pm 0,01^a$
C	$3,56 \pm 0,01^a$	$0,93 \pm 0,03^b$	$1,26 \pm 0,02^a$
D	$3,75 \pm 0,01^a$	$0,88 \pm 0,04^b$	$1,19 \pm 0,02^a$

^{a, b, c} Les différentes lettres alphabétiques en exposant indiquent une différence significative ($P < 0,05$) entre les Régimes alimentaires.

Les résultats présentés dans le tableau V ci-dessus mettent en exergue l'efficacité des régimes expérimentés.

Concernant le taux de conversion alimentaire, le régime alimentaire le plus efficace est celui qui présente le plus faible taux. Dans notre expérience, on peut dire que le régime B contenant le liant naturel *Corchorus tridens* est l'aliment le plus efficace car ayant le TCA le plus faible qui est égal à $2,43 \pm 0,01$. Les autres régimes présentent des TCA plus élevés qui sont A= $3,21 \pm 0,02$, C= $3,56 \pm 0,01$ et D= $3,75 \pm 0,01$. Ces trois derniers régimes n'ont aucune différence significative. Par contre ils présentent une nette différence par rapport au régime B.

Par ailleurs la figure ci-dessous nous enseigne que plus le poisson s'adapte à l'aliment, plus il l'utilise. C'est ce qui explique d'ailleurs un taux de conversion alimentaire supérieur à 5g au 15^{ème} jour de l'expérience et un TCA égale à 1g après 45 jours de cette phase expérimentale (Figure 11).

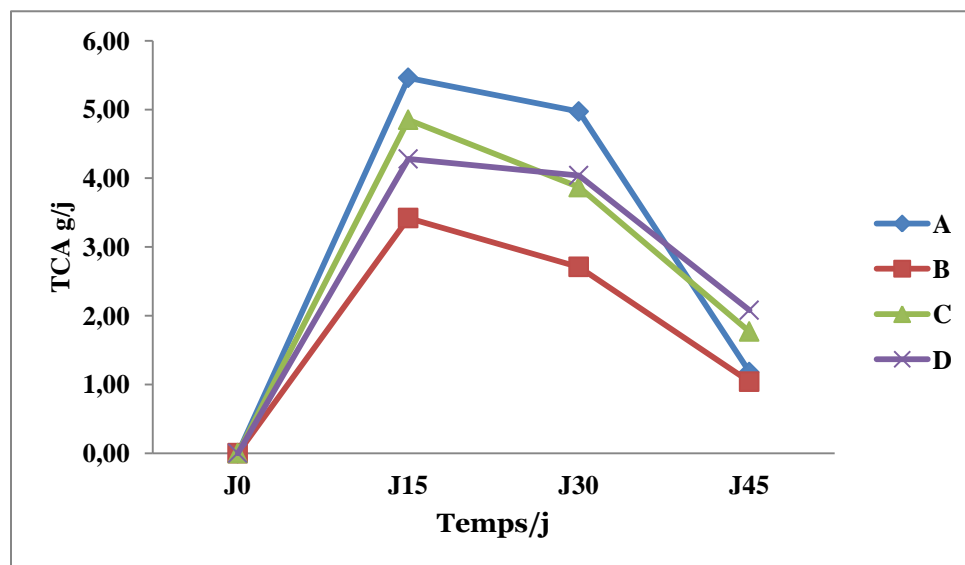


Figure 11 : courbe d'évolution du TCA durant l'expérience (01 Novembre au 15 Décembre 2015)

Pour le coefficient d'efficacité protéique, les meilleurs résultats sont obtenus avec les régimes B ($1,36 \pm 0,05$) et A ($1,03 \pm 0,09$). Ces deux premiers ne présentent aucune différence significative. Tandis que les régimes C et D présentent respectivement les plus faibles valeurs : $0,93 \pm 0,03$ et $0,88 \pm 0,04$. D'après ces résultats, on peut dire qu'il n'y a pas de différence nette entre ces deux derniers régimes. Cependant il existe une différence significative entre les deux premiers (A, B) et les deux derniers (C, D).

Il a été observé que les poissons mangeaient avec une avidité apparente les aliments distribués. En effet l'ingéré volontaire a varié de $1,10 \pm 0,01$ à $1,26 \pm 0,02\%$ par jour, aucune différence significative n'étant observée entre les régimes ($P > 0,05$).

IV.1.2.3 Evolution du taux de survie

Le taux de survie des régimes pendant la durée de l'expérience varie entre 53,85 % et 92,31%. La valeur la plus élevée (92,31%) est obtenue chez les poissons nourris avec les régimes B et C contenant respectivement le *Corchorus tridens* et la *Gomme arabique* comme liants naturels. Ceux nourris avec le régime contrôle contenant le CMC comme liant suivent avec un pourcentage de survie de 84 %. Enfin, la plus faible valeur 53,85 % de taux de survie est obtenue avec le régime A contenant l'*Adansonia digitata* comme liant naturel. (Voir figure 12)

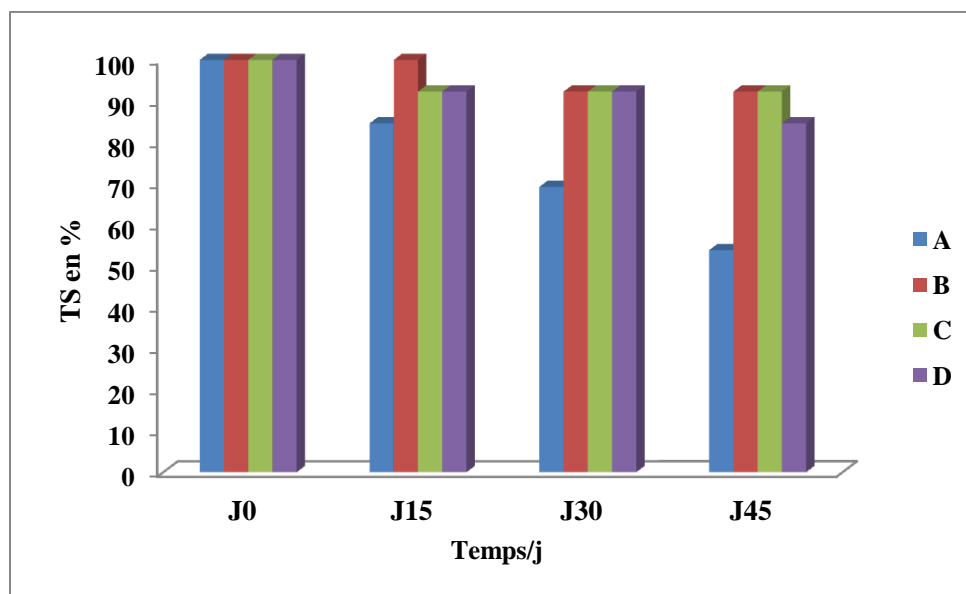


Figure 12 : évolution du taux de survie durant l'expérience (01 Novembre au 15 Décembre 2015)

IV.1.3 Les résultats de la composition bromatologique des aliments et de la chair des poissons

Le tableau VI présente la composition biochimique des aliments (A, B, C et D) utilisés durant l'expérience.

Tableau VI : composition biochimique des aliments

Composition	Régimes			
	A	B	C	D
Matière sèche (%)	90,59	90,59	90,59	92,39
Cendre (%)	3,98	3,98	3,98	4,08
Energie brute (MJ/Kg)	3,79	3,79	3,79	3,79
Energie digestible (MJ/Kg)	2,81	2,81	2,81	2,81
Protéine brute(%)	30,53	30,56	30,22	30,22
Protéine digestible(%)	0,60	0,60	0,60	0,60
Lipides(%)	11,31	11,31	11,31	11,31
Fibres(%)	5,88	5,88	5,88	5,88

Les résultats de l'analyse biochimique des aliments montrent qu'il n'existe pas de différence significative entre les régimes. Les aliments sont formulés avec les mêmes taux sauf pour les protéines où on note une légère variation due aux liants naturels.

Le tableau VII présente la teneur en protéines, en lipides et en matières sèche de la chair des poissons avant et après expérience.

Tableau VII : résultats de la composition bromatologique de la chair des poissons

Composition	Régimes				
	Poissons initiaux	A	B	C	D
Protéines (%)	87,25	80,51	89,03	86,14	85,58
Matière sèche (%)	92,58	93,24	93,34	93,01	93,32
Lipides (%)	8,00	3,88	6,31	6,73	7,17

^{a, b, c} Les différentes lettres alphabétiques en exposant indiquent une différence significative ($P < 0,05$) entre les Régimes alimentaires.

D'après les résultats de la composition bromatologique de la chair des poissons présentés dans le tableau VII ci-dessus, on peut noter des différences importantes entre les régimes alimentaires testés. La teneur en protéine des poissons nourris avec le régime B (89,03) est plus importante que celle des poissons initiaux dont le pourcentage en protéine est de 87,25. Le régime B présente également des résultats plus probants en matière de teneur en protéine par rapport aux diètes A, C et D. Les valeurs respectives sont 80,51 ; 86,14 et 85,58. Cependant la teneur en protéine de la chair des lots de poissons soumis aux régimes A, C et D montre des valeurs plus faibles par rapport à celle des poissons initiaux.

Par contre concernant le pourcentage en matière sèche, nous ne notons aucune différence entre les régimes par rapport à l'état initial d'après les résultats du tableau VII. En effet les valeurs de tous les régimes testés (A= 93, 24, B = 93, 34, C = 93,01 et D = 93,32) ne sont pas supérieures à celle des poissons initiaux (92,58) du point de vue statistique.

Des différences significatives ont été observées sur la teneur en matière grasse des différentes diètes. La valeur la plus faible par rapport à celle des poissons à l'état initial a été observée chez le lot de poissons soumis au régime A. Aucune différence significative n'a été notée entre la teneur en lipide de la chair des poissons initiaux et celle de la chair des poissons nourris avec les régimes B, C et D.

IV.1.4 Les résultats de l'analyse économique

L'évaluation économique des régimes expérimentaux a été calculée par l'évaluation du coût de l'alimentation en FCFA nécessaire pour produire 1 kg de gain de poids vif de chaque groupe d'espèces expérimentales.

- Le coût des aliments consommés (CAC) en (FCFA) = (prix d'un kg d'aliment) X (consommation alimentaire)
- Prix d'un gain de poids/kg = (coût des aliments / kg) X TCA

Tableau VIII: les résultats de l'analyse économique

Régimes	P/Kg en (FCFA)	CA/g	TCA	CAC en (FCFA)	PGP/kg en (FCFA)
A	274,2	0,01517	3,21	4,16	13,52
B	274,2	0,01644	2,43	4,51	10,97
C	280,2	0,01665	3,56	4,67	16,81
D	302,94	0,01691	3,75	5,12	19,22

Avec : CA/g = Consommation alimentaire en g

Avec PGP/kg = Prix d'un gain de poids par kg en (FCFA)

CAC en FCFA = Coût des aliments consommés en (FCFA)

P = Prix par kg

Ce tableau nous montre les valeurs de l'analyse économique des aliments testés. Les résultats nous enseignent que le prix du kilogramme varie entre 274,2 et 302,94 FCFA. Cela montre une différence significative entre le prix des régimes alimentaires testés. En effet le régime témoin D (302,94) coûte plus cher par rapport à A et B qui reviennent à 274 FCFA le kg. Concernant le coût des aliments distribués, le prix est faible et varie entre 4,16 FCFA à 5,12.

Pour ce qui est du prix d'un gain de poids par kg en (FCFA), l'aliment B coûte beaucoup moins cher par rapport aux autres. Il revient à 10,97 FCFA tandis que le régime témoin s'élève à 19,22. Les régimes A et C quant à eux coûtent respectivement 13,52 et 16,81 FCFA.

En somme, vu les résultats de l'analyse économique on peut dire que l'aliment B présente plus d'avantages du point de vue économique.

IV.2 DISCUSSION

IV.2.1 Les paramètres physico-chimiques

Les moyennes des paramètres étudiés de la qualité de l'eau : la température, l'oxygène dissous (OD) en mg/l, et le pH pendant toute la période expérimentale sont présentées dans le tableau IV. Les résultats ont révélé que la température de l'eau se situait entre 27, 4 à 28,2°C; l'oxygène dissous entre 6, 6 à 7,1 mg /L et le pH compris entre 7,2 à 7,4. Ces paramètres sont similaires à ceux rapportés par Hakim *et al.*, 2007. Ces résultats obtenus montrent des proportions acceptables pour une croissance normale et un développement des activités physiologiques du tilapia du Nil.

IV.2.2 Paramètres de croissance, d'efficacité alimentaire et de survie.

IV.2.2.1 Performances de croissances durant l'expérience

L'utilisation de liants naturels dans la formulation de l'aliment d'*Oreochromis niloticus* affecte positivement les performances de croissance de cette espèce. Cependant les meilleurs taux de croissance parmi les paramètres étudiés ont été obtenus chez le lot de poissons soumis au régime B, c'est à dire l'aliment contenant le *Corchorus tridens* comme liant naturel.

En effet, pour le gain de poids moyen absolu (GPmA), le régime B donne le meilleur résultat avec un gain de poids moyen absolu de $6,75 \pm 0,4$. Ce résultat confirme les travaux de

Pearce *et al.* (2002). Ils soutiennent que l'usage des liants naturels dans la formulation d'aliments pour les espèces aquacoles a des effets positifs sur la croissance des organismes aquatiques.

Concernant le gain de poids moyen relatif, les meilleurs résultats ont été obtenus par le régime B soit $117,68 \pm 10,09$ % par rapport au témoin D contenant le CMC comme liant soit $78,54 \pm 2,15$. Les résultats obtenus par le régime contenant le *Corchorus tridens* comme liant naturel sont satisfaisants. Ils ont les même valeurs en effet avec ceux présentés par Adam *et al.* (2011) dans leur étude sur les performances de croissance du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*). En effet les valeurs trouvées par ces auteurs concernant le GPmr ($113,43 - 120,11$) sont similaires à celle de notre régime B ($117,68$).

En outre, les TCS (taux de croissance spécifique) enregistrés ici sont convenables. En effet les valeurs obtenues montrent des performances de croissance positives chez le lot de poissons soumis au régime B. Ce dernier note un TCS de $1,90 \pm 0,1$ % /j qui est supérieur à ceux des régimes A, C et celui du témoin D (TCS moyen $1,40 \pm 0,1$ % /j). Ces résultats sont proches à ceux rapportés par Bahnasawy (2009) ; Iga-Iga (2008). Ils notent des TCS variant entre $1,47 \pm 0,08$ à $1,66 \pm 0,03$.

Cependant il apparait aussi que les valeurs obtenues au cours de cette présente étude sont en dessous de celles rapportées par Fanda (2012), un TCS ≥ 3 % /j. Par ailleurs, nos résultats sont toutefois moins intéressants comparativement aux données rapportées avec des régimes plus équilibrés (taux de croissance spécifique supérieur à 3 %/j (Jauncey (1982)). En plus, Hung *et al.* (2010) dans leur étude sur l'alimentation des juvéniles de cobia avec l'alginate comme liant, trouvent des valeurs de TCS allant de 2,74 à 3,17 % /j qui sont supérieures à celle du régime B de notre étude.

S'agissant de la croissance individuelle journalière (CIJ), les valeurs observées dans cette étude sont relativement faibles et n'ont aucune différence significative. La plus grande est présentée par le régime B ($0,17 \pm 0,01$ g/j) et la plus faible valeur est rapportée par les régimes C et D ($0,11 \pm 0,01$ g/j). Ces résultats sont moins importants par rapport à ceux rapportés par Iga-Iga (2008) présentant des CIJ variant entre $0,60 \pm 0,06$ g/j à 1,20 g/j dans ses études sur la croissance des alevins d'*Oreochromis niloticus* soumis à différents régimes.

IV.2.2.2 Efficacité alimentaire

Durant l'expérience et quel que soit le régime alimentaire utilisé, les alevins d'*Oreochromis niloticus* connaissent des croissances positives.

S'agissant du taux de conversion alimentaire (TCA) chez les alevins du *tilapia du Nil*, le régime le plus efficace est celui qui a présenté le plus faible TCA. Dans ce cas précis, le meilleur taux de conversion alimentaire en termes de valeurs absolues est obtenu par le régime B avec un TCA de $2,43 \pm 0,01$. Cette valeur est meilleure que celle rapportée par Benabdella (2011) qui a trouvé un TCA élevé de $3,96 \pm 0,63$ dans son étude sur l'alimentation des alevins du tilapia avec comme liant l'agar.

Néanmoins cette valeur est moins importante que celle trouvée par Mohamed *et al.*, (2009) avec un TCA de 1.36 ± 0.09 dans leur étude sur l'effet du taux de protéines alimentaires sur les performances de croissance du Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*).

Les taux élevés de conversion alimentaire durant cette expérience sont probablement dus à la ration alimentaire maximale distribuée et aux perturbations des conditions d'élevage durant l'expérience constatées suite aux coupures d'électricité, de l'oxygène et des températures basses. D'après Mélard (1986), les performances de croissance des alevins de d'*Oreochromis niloticus* sont dépendantes des conditions thermiques et de disponibilité d'oxygène dissous dans le milieu d'élevage plutôt que des régimes alimentaires distribués.

Le coefficient d'efficacité protéique (CEP) obtenu au terme de nos expériences avec le régime B ($1,34 \pm 0,05$) est supérieur à ceux obtenus par Fagbenro (1994) et Benabdella (2011) avec un CEP de $0,62 \pm 0,05$ en utilisant l'agar comme liant dans l'alimentation des alevin du tilapia. Par contre, la valeur de CEP trouvée par Johnny *et al.* (2008) était plus importante (2.29 ± 0.10) dans leur étude sur les performances de croissance de *Oreochromis niloticus*.

Au regard des valeurs obtenues, l'ingéré volontaire ne présente pas de différences significatives au niveau de la consommation des aliments. En apparence, aucun des aliments testés ne présente de caractère répulsif (inappétence). La différence de croissance des poissons peut être expliquée, soit par la variation de l'ingéré volontaire, soit par la différence dans l'efficacité d'utilisation des aliments. Comme au niveau de la consommation, la différence entre les régimes est moins apparente, les faibles performances de croissance des poissons nourris avec

les régimes A, C et D résulteraient de la mauvaise digestibilité des nutriments de cet aliment. Ceci est en ligne avec d'autres études montrant que les aliments pour poissons contenant des liants très efficaces ont des effets négatifs sur la digestibilité des macronutriments probablement dus à des effets physiques, tels que les changements dans les propriétés viscoélastiques (Storebakken *et al.*, 1987)

Plusieurs études montrent que des liants incorporés dans des régimes destinés aux espèces aquacoles peuvent affecter positivement ou négativement la croissance de ces dernières. En effet Personne Le Ruyet *et al.* (1993) ont montré que l'alginate semble être propice à la culture des larves de bar (*Dicentrarchus labrax*). Lee *et al.* (1996) ont rapporté précédemment que les larves de *Lates calCIFer* ont pu digérer à la fois l'alginate et de la gélatine liés dans des régimes alimentaires. Par contre le sodium *Carboxy-méthyl-cellulose* inclus dans l'alimentation des post-larves (*Cynoglossus semilaevis*) n'entraînait pas une croissance positive selon Liu *et al.* (2008).

IV.2.2.3 Taux de survie

Au regard des valeurs obtenues, il ressort que nous n'avons pas enregistré de problèmes majeurs au niveau de la mortalité. Le pourcentage de survie obtenu est entre 53,85 % et 92 %. Les quelques morts dénombrés au cours de l'expérience ne semblent pas être liés à l'alimentation. Ces décès surviennent un, deux ou trois jours après les manipulations ou à la suite d'une agressivité entre les poissons. La mortalité est due au stress causé pendant les manipulations et à l'agressivité causée par l'utilisation des alevins hétérosexués pour les besoins de l'expérience.

Pendant toute la durée de l'expérience, les survies moyennes ont variées entre 53,85 % à 92 %. Nous ne notons pas de différences significatives ($P > 0,05$) en ce qui concerne les survies des poissons nourris avec les différents régimes B, C et celui du témoin D. Seul le régime A (53%) présente un taux de survie faible. Aucun des aliments ne présente de toxicité pour le tilapia *Oreochromis niloticus*. Le taux de survie de 90 % étant généralement admis en élevage, et ceux obtenus se situant au-dessus, nous pouvons donc considérer que nos résultats se situent dans la norme admise. Les valeurs obtenues sont proches de celles de Yacouba *et al.* (2008) (75,49 % et 92,48 %). Ce qui confirme la bonne qualité des aliments testés. Des résultats similaires ont été obtenus par Iga-Iga (2008) (96 % de taux de survie) dans ses travaux mis au point d'aliments pour *Oreochromis niloticus* à base d'intrants locaux.

IV.2.3 La composition bromatologique de la chair des poissons

Les analyses de la composition bromatologique de la chair des poissons (protéines, matière sèche et lipides) sont représentées dans le tableau VII. Elles déterminent la composition de la chair des poissons au début et à la fin de l'expérience. Des études ont montré que des facteurs exogènes (composition de l'aliment, température, oxygène etc.) et ceux endogènes (taille, sexe, stade de maturité sexuelle etc.) sont susceptibles d'influencer la composition corporelle des espèces élevées (Hepher, 1990).

Les résultats du tableau VII montrent que la teneur en protéines des poissons initiaux, est supérieure à celles des régimes A, C et D mais inférieure à celle du régime B. Autrement dit le taux de protéine de la chair des individus soumis au régime B est supérieur à celui des poissons initiaux. Ce résultat peut justifier la qualité du régime B. Par conséquent les individus soumis à ce dernier, peuvent valoriser les nutriments qui y sont présents. En plus ce résultat pourrait s'expliquer par l'apport en protéines du *Corchorus tridens* (16,76 %) dans le régime alimentaire. En effet, les feuilles de *Corchorus* sont riches en acides aminés essentiels et que seule la méthionine y est présente en faible quantité (Fafunso et Bassir, 1975).

Cependant le faible pourcentage présenté par les régimes A, C et D par rapport à celui des poissons initiaux est peut-être dû aux facteurs exogènes et à l'agressivité notée durant l'expérience.

Pour la teneur en matière sèche, il n'y a pas de différence significative du point de vue statistique. Néanmoins les résultats des régimes expérimentés sont légèrement supérieurs à ceux des poissons initiaux.

Les teneurs en matières grasses des poissons initiaux sont supérieures à ceux des espèces soumises aux différents régimes expérimentés. Ces résultats ne concordent pas avec ceux rapportés par Rivas-Vega *et al.* (2012). Ces derniers montrent dans leur recherche que la composition de la chair des poissons initiaux en matière grasse est inférieure à celle des espèces soumises aux régimes tests. Cela pourrait signifier que les poissons soumis aux régimes ont dépensé beaucoup d'énergie durant la phase expérimentale pour faire face aux conditions de leurs milieux de vie d'où la présence de faible pourcentage en lipide dans la chair.

Par ailleurs, ce faible pourcentage en lipides des poissons soumis aux régimes (A, B, C et D) peut être causé par une mauvaise digestion des matières grasses présentes dans l'aliment test. En effet les lipides, généralement bien digérés, permettent aux poissons d'avoir des dépôts lipidiques. Ceux-ci jouent un rôle majeur pour la fourniture d'énergie, rôle d'autant plus important chez les poissons que la majorité de ces derniers digèrent mal les glucides complexes (Guillaume *et al.*, 1999).

IV.2.4 L'analyse économique

Les résultats de l'analyse économique montrent que le régime B lié avec le *Corchorus tridens* est le moins cher et le plus performant par rapport aux autres régimes. Le CMC peut être substitué par le *Corchorus tridens* comme agent liant dans la formulation des aliments aquacoles. En effet, l'usage de ce liant naturel dans la formulation des régimes alimentaires peut être bénéfique pour les pisciculteurs.

V CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objectif majeur poursuivi par cette étude était d'identifier parmi les aliments formulés à base de liants naturels comparés au CMC, celui qui soit le meilleur du point de vue de la performance et de la rentabilité économique. Ceci pour tenter de résoudre le problème posé par le manque d'aliments de qualité pour poissons accessibles aux pisciculteurs moyens et ainsi contribuer à l'essor de cette activité au Sénégal.

À l'issue de cette investigation, des résultats encourageants, bien que préliminaires, ont été obtenus.

Au vu des performances de croissance, de l'indice de consommation et surtout du coût d'un kilogramme d'aliment, nous pouvons, dans l'état actuel des résultats obtenus, considérer le régime B contenant les feuilles de *Corchorus tridens* comme agent liant naturel, comme le plus intéressant en termes de qualité, de performance et de rentabilité économique. Le meilleur aliment est celui qui couvre au mieux et à moindre coût les besoins nutritionnels de l'espèce et qui optimise les résultats économiques.

Nous pouvons donc affirmer au terme de notre étude que le liant naturel le plus efficace parmi les autres soumis aux expériences est le *Corchorus tridens*. Celui-ci est susceptible à présent de suppléer le *Carboxy-méthyl-cellulose* dans les formulations d'aliments pour espèces piscicoles. Les deux autres liants naturels à savoir (l'*Adansonia digitata* et l'*Acacia senegal* ou la *gomme arabique*) dont les résultats de l'étude n'ont pas été satisfaisants ne pourront pas faire l'objet de notre choix.

Nous devons néanmoins reconnaître que l'aliment B retenu accuse encore des déficiences en nutriments. Ce régime est loin d'être équilibré. Sa formulation et sa fabrication sont artisanales. La formulation des régimes équilibrés pour l'élevage des poissons obéit à certaines normes d'exigences nutritionnelles pour couvrir les besoins en acides gras indispensables, en minéraux et en vitamines. De plus, la technologie de fabrication des aliments doit être bien maîtrisée (utilisation des substances antioxydants et antifongiques, d'alginate, recours aux techniques d'extrusion, etc.) de manière à conserver les propriétés nutritionnelles de certains de ces composés (vitamines C en particulier) et à assurer une bonne stabilité dans l'eau et une densité adéquate des granulés.

Ce travail réalisé dans un laboratoire mériterait d'être repris en étang, où la productivité naturelle pourrait contribuer à améliorer les résultats. Connaissant le potentiel du *tilapia* à tirer profit de sources alimentaires diverses dans le milieu naturel, les organismes du plancton ou du benthos, ingérés par les poissons, pourraient ainsi résoudre, dans une certaine mesure, le problème des nutriments déficients.

D'autres études comme la détermination du taux d'inclusion optimal de *Corchorus tridens*, et l'effet des liants naturels sur la digestibilité des aliments et la stabilité à l'eau viendront compléter ce travail. Car un bon aliment formulé à base de matières premières disponibles de bonne qualité, couvre les besoins nutritionnels et énergétiques des poissons, permet une croissance optimale, limite les rejets, et surtout, donne un produit ayant de bonnes qualités nutritionnelles, technologiques et sensorielles.

Il serait également intéressant de mener d'autres études pour tester les différents *Corchorus* afin de déterminer le meilleur d'entre eux comme liant.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adam S. and Khamis Ahmed F.I. (2011).** Performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed fish meal and poultry by-product 446 p.
- Akiyama, T., Unuma T. and Yamamoto, T. (2001).** Optimum protein level in a purified diet for young red sea urchin *Pseudocentrotus depressus*. *Fisheries Science* pp. 361-363
- Akoroda, M.O. (1988).** Cultivation of jute (*Corchorus olitorius* L.) for edible leaf in Nigeria pp. 297-299.
- Akoroda, M.O. and Akintobi, D.A. (1983).** Seed production in *Corchorus olitorius* pp. 231-236
- Akoroda, M.O. and Olufajo, O.O. (1981).** Harvest index of market morphotypes of *Corchorus olitorius* L. at Ibadan, Nigeria. Abstracts, 6th African Horticultural Symposium, Ibadan, Nigeria.
- Baillon, M.H. (1886).** Dictionnaire de Botanique (Tome II). *Libraries Hachette et Cie; Paris*. pp. 207-208
- Benabdella, N.M. (2011).** Etude expérimentale sur l'activité des enzymes digestives (trypsine et chymotrypsine) chez les alevins du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) en relation avec la qualité du régime alimentaire protéique distribué 46 p.
- Berhaut, J., (1967).** Flore du Sénégal. 2 ème édit. *Clairafrique-Dakar*, 485 p.
- Brito R., Chimal, M.E., Gaxiola, G. and Rosas, C. (2000).** Growth, metabolic rate, and digestive enzyme activity in the white shrimp *Litopenaeus setiferus* early postlarvae fed different diets. p. 21-36.

- Campbell D. (1978).** Formulation des aliments destinés à l'élevage de *Tilapia nilotica* dans le lac de Kossou. Bouaké, Côte d'Ivoire : Rapport Technique. 31 p.
- Coccia, E., Santagata, G., Malinconico, M., Volpe, M.G., Di Stasio, M. and Paolucci, M. (2010)** *Cherax albidus* juveniles fed polysaccharide-based pellets: rheological behavior and effect on growth. *Freshwater crayfish*, pp.13-18
- Carlos R., Julia T., Julieta B., Ariadna S., Vianey S.Cristina P., Leticia A., Pedro D. and Gerard C. (2008).** Effect of type of binder on growth, digestibility, and energetic balance of *Octopus maya* Archimer Archive *Institutionnelle de l'Ifremer* pp. 1-7
- Coccia, E., Varricchio, E. and Paolucci, M. (2011).** Digestive enzymes in the crayfish *Cherax albidus*: polymorphism and partial characterization. *International Journal of Zoology*, pp.1-9,
- Cronquist A. (1981).** An Integrated System of Classification of Flowering Plants 41 p.
- Dione, M., (1996):** Recherches experimentales sur le gommier *Acacia senegal* dans le ferlo Sénégalais. These Doctorat Université Toulouse 150 p.
- Epenhuijsen, C.W. (1974).** Growing native vegetables in Nigeria. F.A.O., Rome
- Fabbrocini, A., Volpe, M.G., Di Stasio, M., D'Adamo, R., Maurizio, D., Coccia, E. and Paolucci, M. (2011).** Agar-based pellet as feed for sea urchins (*Paracentrotus lividus*): rheological behaviour, digestive enzymes and gonad growth.
- Fafunso and Bassir. (1985).** Same mineral profiles of fresh and bottled palm wine a comparative study 75 p.
- Fagbenro O. A. (1994).** Dried fermented fish silage in diets for *Oreochromis niloticus* Israeli *journal of Aquaculture-Bamidgeh* 46 p., pp. 140 -147.

- Fagbenro, O. and Jauncey, K. (1995).** Water stability, nutrient leaching and nutritional properties of moist fermented fish silage diets. *Aquaculture Engineering*, pp. 143–153
- Fanda N.J.P. (2012).** Effet du type d'aliment sur la croissance d'*Oreochromis niloticus* 32 p.
- FAO. (2002).** La Situation Mondiale Des Pêches Et De l'aquaculture pp. 129-132
- Figueiredo, M.S.R.B., and Anderson, A.J. (2009).** Digestive enzyme spectra in crustacean decapods (Paleomonidae, Portunidae and Penaeidae) feeding in the natural habitat. pp. 282–291,
- Garcia, S., Domingues, P., Navarro, J.C., Hachero, I., Garrido, D. and Rosas, C. (2011).** Growth, partial energy balance, mantle and digestive gland lipid composition of *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797) fed with two artificial diets. pp .174-187
- Gerard C. (2008).** Effect of type of binder on growth, digestibility, and energetic balance of *Octopus maya* *Archimer Archive Institutionnelle de l'Ifremer* p. 1-7.
- Gourène G., Kobena K. B. et Vanga A.F. (2002).** Etude de la rentabilité des fermes piscicoles dans la région du moyen Comoé. Abidjan, Côte d'Ivoire, Université Abobo-Adjamé : Rapport Technique. 41 p.
- Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Metailler R. (1999).** Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. 489 p.
- Hepher. (1990).** Nutrition of pond fishes, Cambridge. *Cambridge University Press*, 388 p.
- Huet M. (1970) .**Traité de pisciculture. de Wyngaert, Bruxelles, 718 p.
- Hung, P.D. and Mao, N.D. (2010).** Effects of different trash fish with alginate binding on growth and body composition of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). 53 p.

Hutchinson p., Dalziel J.M., Keay R.W.J. and Hepper F.N. (1958). Flora of West tropical Africa.

Vol I Part 2. 2nd édit. Whitefriars Press Ltd, London, Tonbridge, England, 828 p.

Iga-Iga R. (2008). Contribution à la mise au point d'aliments pour tilapia *Oreochromis*

niloticus à base d'intrants locaux : cas du Gabon pp.29 – 30.

Jayner, S.P. (1985). SAS/STAT Guide for personal computer, statistical analysis système Institute,

cary, NC, USA.

Johnson, D.E. (1997). Les adventices en riziculture en Afrique 67 p.

Johnston, D.J. and Freeman, J. (2005). Dietary preference and digestive enzyme activities as

indicators of trophic resource utilization by six species of crab. pp. 36–46

Johnny, O., Rahat A. S., Toor, Carsten, S. and Werner, K. (2008). Growth Performance,

Nutrient Utilization of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* Fed Housefly Maggot Meal (Magmeal) Diets 144p.

Kalia, A.N. (2005). Textbook of Industrial Pharmacognosy 79 p.

Kovalenko, E. E., D'Abramo, L. R., Ohs, C. L. and Buddington, R. K. (2002). A successful

microbound diet for the larval culture of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. pp. 385-395.

Lazard, J. (1984). L'élevage du Tilapia en Afrique. Données techniques sur la pisciculture en

étang. Bois et Forêts des Tropiques. 206 p., pp. 33 – 50.

Lazard, J., Lecomte Y., Stomal B. et Weigel J. Y. (1991). Pisciculture en Afrique

Subsaharienne : situation et projets dans les pays francophones 156 p.

Le Bourgeois, T.H. and Merlier, H. (1995). Adventrop: les adventices d'Afrique soudano-

sahélienne. CIRADCA *Montpellier*. pp. 564-575

- Le Moullac, G., Klein, G.B., Sellos, D. and Van Wormhoudt, A. (1997).** Adaptation of trypsin, chymotrypsin and amylase to casein level and protein source in *Penaeus vannamei* (Crustacea, Decapoda). pp. 107–125
- Lee, P.S., Southgate, P.C. and Fielder, D.S. (1996).** Assessment of two microbound artificial diets for weaning Asian sea bass (*Lateolabrax niloticus*, Bloch). *Asian Fisheries Science*, 115 p.
- Lemal, D. (1989).** Recueil des méthodes et techniques utilisées pour l'expérimentation en alimentation animale au DPA de l'INDR. Thèse: INDR, pp 46-55
- Linton, S.M., Allardyce, B.J., Hagen, W., Wencke, P. and Saborowski, R. (2009).** Food utilization and digestive ability of aquatic and semi-terrestrial crayfishes, *Cherax destructor* and *Engaeus sericatus* (Astacidae, Parastacidae) pp. 493-507
- Liu, F., Ai, Q., Mai, K., Tan, B., Ma, H., Xu, W., Zhang, W. and LiuFu, Z. (2008).** Effects of Dietary Binders on Survival and Growth Performance of Postlarval Tongue Sole, *Cynoglossus semilaevis* (Günther). pp. 441–571
- Mbaye M.S. Noba K., Sarr R. S., Kane A., Sambou J.M. et BA Amadou Tidiane1 (2001).** Eléments de précision sur la systématique d'espèces adventices du genre *Corchorus* L. (Tiliaceae) au Sénégal. 52 p.
- Mbaye M.S., (1999).** Contribution à l'étude biosystématique du genre *Corchorus* L. au Sénégal. Mémoires de DEA, Systématique végétale, *Université Cheikh Anta Diop, faculté des sciences et techniques, Département de Biologie Végétale. Dakar*, 86 p.
- Mélard C.H. (1986).** Recherche sur la biologie d'*Oreochromis niloticus* en élevage expérimental : reproduction, croissance, bioénergétique. Thèse de doctorat en sciences zoologiques, université de Liège 192 p.

- Merlier. H. and Montegut, J. (1982).** Adventices Tropicales. Ed. Ministère des Relations extérieures coopération et développement 490 p.
- Mohamed H.B., (2009).** Effect of Dietary Protein Levels on Growth Performance and Body Composition of Monosex Nile Tilapia, *O. niloticus* L. Reared in Fertilized Tanks 675 p.
- Muhlia-Almazan, A., García-Carreño, F.L., Sanchez-Paz, J.A., Yepiz-Plascencia, G., Nabil F., A. E. H., Mahmoud, O. A. et Mahmoud F.I.S. (2007).** Effect of Incorporation of Fish Silage into Diets on Growth performance and Body Composition of Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) 106 p.
- Noba K. et BA A.T. (1998).** La végétation adventice du mil (*Pennisetum typhoides* Stapf et Hubbard) dans le Centre Ouest du Sénégal: étude floristique et phytosociologique. pp. 113-125.
- Norman, J.C. (1992).** Tropical vegetable Crops. Arthur H. Stockwell Ltd. Elms Court Ilfracombe Devon pp. 203-208
- O' Mahoney, M., Mouzakitis, G., Doyle, J. and Burnell, G. (2011).** A novel konjac glucomannan–xanthan gum binder for aquaculture feeds: the effect of binder configuration on formulated feed stability, feed palatability and growth performance of the Japanese abalone, *Haliotis discus hannai*. pp. 395–407
- Olivier-Beever, B. (1986).** Medicinal plants in Tropical West Africa. Cambridge University press. pp. 25 - 262.
- Olorode, O. (1984).** Taxonomy of west African flowering plants. *Longman group ltd.* 158 p.
- Palma, J.; Bureau, P. and Andrade, J. P. (2008).** Effects of binder type and binder addition on the growth of juvenile *Palaemonetes varians* and *Palaemon elegans* (Crustacea: Palaemonidae). *Aquaculture International*, pp. 427-436

Paolucci1, M., Fabbrocini, A., Grazia Volpe, M., Varricchio, E. and Coccia, E. (2012).

Development of Biopolymers as Binders for Feed for Farmed Aquatic Organisms pp. 22-24

Pauly D., Moreau J. and Prein M. (1988). A comparison of overall growth performance of

Tilapia in open waters and aquaculture. 469-479. In: R.S.V. Pullin et al: The Second International Symposium on tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p.

Pavasovic, A., Anderson, A.J., Mather, P.B. and Richardson, N.A. (2007). Influence of

dietary protein on digestive enzyme activity, growth and tail muscle composition in redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens). pp. 644-652

Pavasovic, A., Richardson, N.A., Mather, P.B. and Anderson, A.J. (2006). Influence of

insoluble dietary cellulose on digestive enzyme activity, feed digestibility and survival in the red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens). pp. 25–32

Pearce, C.M.; Daggett, T.L. and Robinson, S.M.C. (2002). Effect of protein source ratio and

protein concentration in prepared diets on gonad yield and quality of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. pp. 307-332

Peregrino-Uriarte, A.B. (2003). Effects of dietary protein on the activity and mRNA level of

trypsin in the midgut gland of the white shrimp *Penaeus vannamei*. Comparative Biochemistry and Physiology, pp373– 383

Person Le Ruyet, J.P., Alexander, J.C., Thebaud, L. and Mugnier, C. (1993). Marine fish

larvae feeding: formulated diets or live prey? *Journal of World Aquaculture Society*, pp. 211– 224

Pratoomyot, J., Bendiksen, E.A., Campbell, P. J., Jauncey, K. J., Bell, J.G. and Tocher,

D.R. (2011). Effects of different blends of protein sources as alternatives to dietary fishmeal on growth performance and body lipid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar* L) pp.44-52

Pursglove, J. W. (1968). Tropical crops – Dicotyledons. Longman Group Limited pp. 613-619.

Rivas-Vega, M. E. (2012). Effect of Protein to Energy Ratio on Growth Performance, Body Composition and Enzymatic Digestive Activity of Juvenile Tilapia (*Oreochromis niloticus* *O. mossambicus*) Reared in Seawater 33 p.

Robaina Robaina, L. E. (1998). Utilizacion nutritiva de fuentes de proteina alternativas à la harina de pescado en dietas de engorde pera dorada (*sparus aurata*) n° 4, 195 p.

Roberty G. (1954). Petite flore de L'Ouest Africain. Ed. Larose pp. 47- 48

Rodriguez, A., Le Vay, L., Mourente, G. and Jones, D.A. (1994). Biochemical composition and digestive enzyme ´activity in larvae and postlarvae of *Penaeus japonicus* during herbivorous and carnivorous feeding pp. 45–51

Rosas, C., Tut, J., Baeza, J., Sanchez, A., Sosa, V., Pascual, C., Arena, A., Domingues, P. and Cuzon, G. (2008). Effect of type of binder on growth, digestibility, and energetic balance of *Octopus maya*. *Aquaculture*. pp. 291-297

Roussel, J. (1996). Pépinières et plantation Forestières en Afrique tropicale sèche, ISRA/CIRAD, 435 p.

Ruwet J. C., Voss J., Hanon L. et Micha J. C. (1975). Biologie et élevage des tilapias. *FAO/CIFA Tech. Pap.*, 332 p.

- Siddhuraju P. and Becker, K. (2003).** Comparative nutritional evolution of differentially processed mucuna seeds on growth performance, feed utilization and body composition in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquac. Res.* pp. 487 – 500
- Slembrouck J., Cisse A., et Kerchuen N. (1991).** Etude préliminaire sur l'incorporation de liants dans un aliment composé pour poisson d'élevage en Côte d'Ivoire. *J. Ivoir. Océanol. Limnol., CRO, Abidjan.* pp.17-22.
- Storebakken, T. and Austreng, E. (1987).** Binders in fish feeds II. Effect of different alginates on the digestibility of macronutrients in rainbow trout. *Aquaculture*, Vol. pp. 121–131
- Valverde, J. C., Hernandez M. D., Aguado-Gimenez, F. and Garcíá, B. (2008).** Growth, efficiency and condition of common octopus (*Octopus vulgaris*) fed on two formulated moist diets, pp 266-273
- Van der Meer, J. (2006).** Metabolic theories in ecology. *Trends in Ecology and Evolution.* pp 136-140
- Venter S.M. and Witkowski E.T.F. (2010).** Baobab (*Adansonia digitata*.) density, size-class distribution and population trends between four land-use types in northern Venda, South Africa. *Forest Ecology and Management* pp 294–300
- Volpe, M.G., Monetta, M., Di Stasio, M. and Paolucci, M. (2008).** Rheological behavior of polysaccharide based pellets for crayfish feeding tested on growth in the crayfish *Cherax albidus*. pp 339–346
- Willd, L. (1806).** System of Classification of Flowering Plants (*Acacia senegal*) 15p.
- Yacouba B., Allassane O., Kouassi S. Da Costa et Germain G. (2008).** Production d'*Oreochromis niloticus* avec des aliments à base de sous produits agricoles pp 90-99.

ANNEXES

Annexe 1 : les quelques liants utilisés en aquaculture et leur effet sur la croissance des espèces

Liants	liants employés(%)	Espèces	Croissance	Références
la gélatine	2 %	<i>Octopus Maya</i>	Semblable au contrôle	Rosas et al., 2008
l'agar agar	2 et 3 %	<i>Palmonetes variant</i> (juvéniles), <i>palmonetes elegans</i> (juvéniles), <i>cherax abidus</i> (adultes) et <i>cherax abidus</i> (juvéniles).	croissance positive	Palma et al., 2008 Volpe et al., 2008 Coccocia et al., 2010 Fabbrocini et al., 2011).
le Carraghénane	2 et 3%.	<i>cynoglossus semilaevis</i>	croissance négative	Liu et al., 2008
l'alginate de sodium	1 à 30 %	<i>pouroctopus maya</i> 1%	croissance négative	Rosas et al., 2008
		<i>octopus vulgaris</i> 10 et 30 %	croissance négative	Carcia et al., 2011; Volver et al., 2008)
		<i>Cherax abidus</i> , 2%	croissance positive	Coccia et al., 2010
		<i>Pseudocentrotus depressus</i> (juvéniles) 30 %	croissance positive	Akiyama et al., 2001
		<i>strongylocentrotus droebachiensis</i> (adulte) 3,5%	croissance positive	Pearce et al., 2002
le Carboxy-Méthyl-cellulose	2 %	<i>Cynoglossus semilaevis</i>	croissance négative	Liu et al. 2008
la gomme de guar	3,5 %	<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>	croissance positive	Pearce et al., 2002
la gomme de xanthane	0,1 et 7,5 %	<i>Haliotis discus hannai</i>	croissance négative	O'Mahoney et al, 2011

Annexe 2 : photos des liants naturels utilisés dans cette présente étude



Recherche du liant *Corchorus tridens* au jardin botanique de la FST



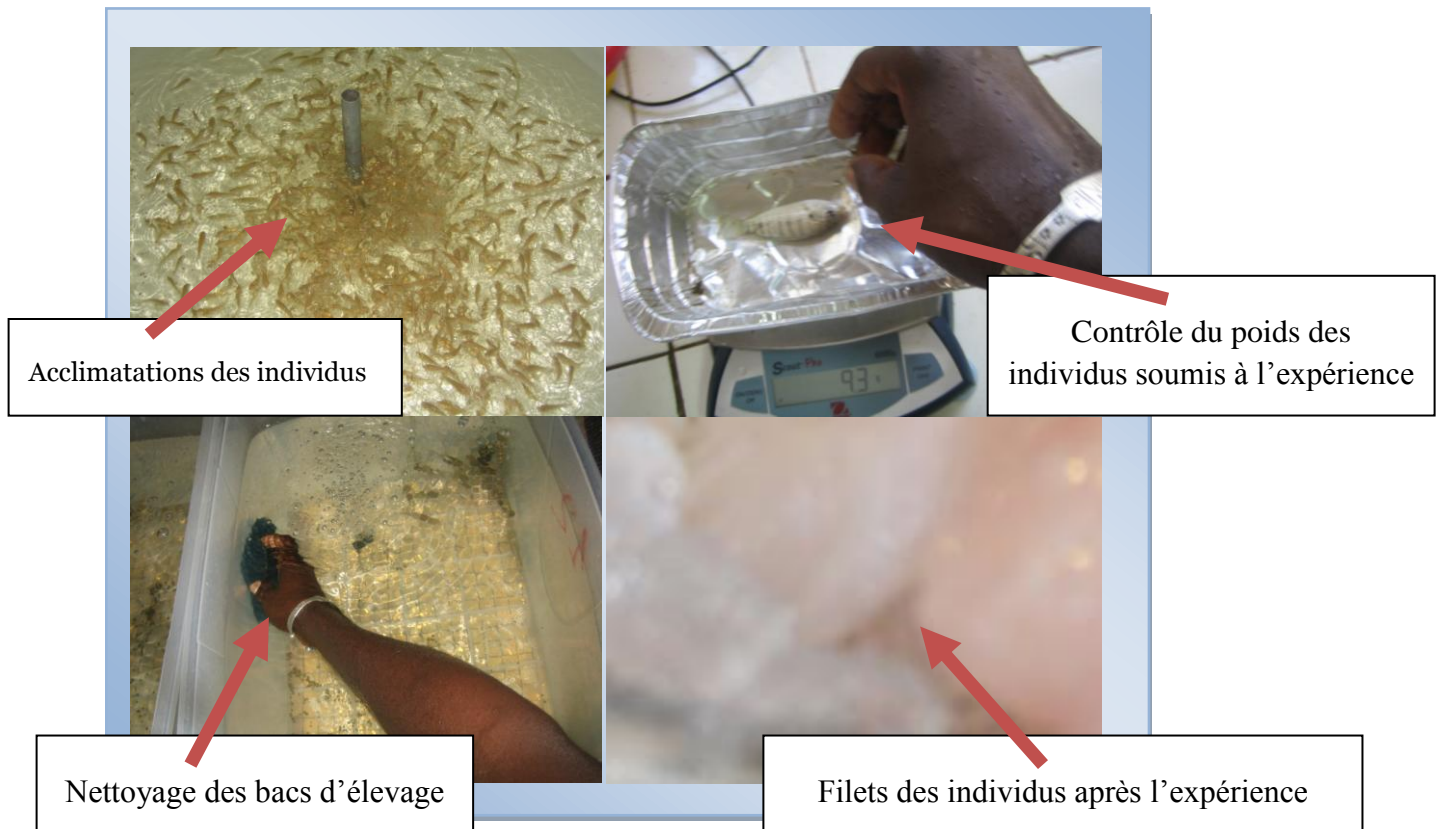
Poudre d'*Adansonia digitata* et d'*Acacia senegal*

Annexe 3 : photos des ingrédients et images de la fabrication des aliments.



Sélection et pesage des ingrédients pour la fabrication puis séchage des aliments.

Annexe 3 : photos des conditions d'élevage



Annexe 4 : photos de quelques individus morts durant l'expérience



Titre : Contribution à l'étude sur l'utilisation des liants naturels dans l'alimentation du tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Nature du document : Mémoire de fin d'études de DESS Pêche et Aquaculture

Jury :

Président : Pr. Papa NDIAYE Directeur de recherche, IFAN/UCAD

Membres : Pr. Malick DIOUF Enseignant-chercheur, IUPA/FST/UCAD

Dr. Niokhor DIOUF Enseignant-chercheur, IUPA/UCAD

Dr. Jean FALL Enseignant-chercheur, IUPA/UCAD

Soutenu le 26 Août 2015 à l'Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture

RESUME

La présente étude effectuée au laboratoire d'écloserie du Département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences et Technique de l'UCAD est une contribution à la mise au point d'aliments à base de liants naturels pour les activités aquacoles.

Un test de performance a été réalisé sur quatre régimes alimentaires isoprotéiques de $30 \pm 0,50$ % différenciés les uns des autres par un agent liant : A: 20 g de farine des feuilles d'*Adansonia digitata*, B : 20 g de la farine des feuilles de *Corchorus tridens*, C : 20 g de poudre de la gomme arabique et le régime contrôle D : 20 g de *Carboxy-méthyl-cellulose* étaient expérimentés sur des alevins d'*Oreochromis niloticus* pendant 45 jours, en duplicata soit 104 individus de poids moyen initial égal à $5,74 \pm 0,01$ g répartis dans un système isolé constitué de 8 bacs en plastiques de 50 litres avec une densité de 13 poissons par bacs.

Les résultats de cette étude montrent que les meilleurs taux de survie ont été obtenus par les régimes B et C et les plus faibles par ceux de A et D. Au niveau des performances de croissance, les résultats obtenus sont favorables au régime B ($1,90 \pm 0,1$) et défavorables aux autres (A ($1,47 \pm 0,1$), C ($1,46 \pm 0,1$) et D ($1,41 \pm 0,1$)). Concernant l'efficacité alimentaire, le meilleur TCA ($2,43 \pm 0,01$) est obtenu par le régime B et les régimes A ($3,21 \pm 0,02$), C ($3,56 \pm 0,01$) et D ($3,75 \pm 0,01$) donnent les plus faibles résultats. Il en est de même pour le CEP et l'IV où on observe les meilleurs résultats avec le régime B ($1,34 \pm 0,05$), ($1,10 \pm 0,01$) successivement et les plus faibles avec les autres régimes. On a les mêmes tendances concernant les résultats de l'analyse économique où le régime B coûte beaucoup moins cher par rapport aux autres.

Des résultats encourageants, bien que préliminaires, ont été obtenus à la fin de cette étude. Dès lors, ces résultats proposent que la farine de *Corchorus tridens* soit susceptible à présent de suppléer le Carboxy-méthyl-cellulose dans les formulations d'aliments pour espèces piscicoles.

Mots clés : *Oreochromis niloticus*, CMC, performant, croissance, liants naturels, *Corchorus tridens*, *Adansonia digitata*, *Acacia senegal*