

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR Sciences et Technologies

ECOLE DOCTORALE : SCIENCES TECHNOLOGIES ET INGENIERIE

THESE DE DOCTORAT

Effets de l'utilisation de *Garcinia kola* « petit cola » sur la production et la rentabilité économique du Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* L. (Kédougou, Sénégal).

Présenté par :

M. Cheikh SARR

Pour obtenir le grade de

Docteur de l'Université Assane Seck de Ziguinchor

Spécialité : Agroforesterie et Productions Végétales

Soutenue publiquement le 23 Novembre 2024 devant le Jury composé de

Composition du Jury

N

Président:	M. Cheikh Tidiane BA	Professeur titulaire	Faculté des Sciences et Techniques,	Université Cheikh Anta Diop de Dakar ;
Rapporteurs :	M. Alassane SARR	Maître de Conférences	Institut des pêches et d'Aquaculture	Université Cheikh Anta Diop de Dakar
	M. Ismaïla COLY	Maître de Conférences	Unité de Formation et de Recherches des Sciences et technologies	Université Assane Seck de Ziguinchor
	M. Bienvenu SAMBOU	Maître de Conférences	Faculté des Sciences et Techniques,	Université Cheikh Anta Diop de Dakar
Examineurs	M. Ousmane NDIAYE	Maître de Conférences	Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture	Université Iba der THIAM de Thiès
	M Hamet Diaw . DIADHIOU	Maître de Recherche	Centre de Recherche Océanographique Dakar Thiaroye	
Directeur	M. Ngor NDOUR	Maître de Conférences	Unité de Formation et de Recherches des Sciences et technologies	Université Assane Seck de Ziguinchor

DEDICACES

*A mes enfants adorés Binta, Moustapha et Mamadou
Lamine et à ma très chère épouse Fatoumata Bintou Bayo.*

*A la mémoire de mon père. Qu'Allah les accueille dans son
paradis.*

A ma vaillante mère ma source de tendresse et de courage,

Mes frères, sœurs, neveux, nièces, oncles et tantes,

*A mes amis qui font mon équilibre, pour leur présence dans ma
vie.*

*Ce modeste travail est dédié à la mémoire de mon cher
P.A.P.A. M.A.R. S.A.R.R.*

*Reposés en paix P.A.P.A. Que la terre de Ziguinchor
vous soit légère (Fatiha + 11 Al-Ikhlâs + Al-Qadr)*

REMERCIEMENTS

Au terme de cette étude, je rends grâce au seigneur Dieu, Le Clément, Le Miséricordieux pour m'avoir donné la santé, le courage, la patience et toutes les capacités physiques et mentales ayant permis de réaliser cette thèse de doctorat.

L'aboutissement de cette thèse est le fruit des appuis techniques et financiers de plusieurs personnes et institutions. Ainsi, c'est un plaisir et un devoir de remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de cette thèse. Qu'ils trouvent à travers ces lignes ma gratitude.

Il s'agit de l'Unité de Formation et de Recherche des Sciences et Technologies de l'Université Assane SECK de Ziguinchor, Ministère de la Jeunesse de l'emploi et de l'entrepreneuriat et du Programme des Domaines Agricoles Communautaire (PRODAC). *Je voudrais remercier les responsables de ces institutions pour leur soutien et leur disponibilité dans la réalisation de cette thèse.*

Durant toutes ces années de recherche, j'ai aussi eu le privilège de rencontrer de merveilleuses personnes qui n'ont ménagé aucun effort pour contribuer à l'aboutissement de cette thèse. C'est le moment pour moi de leur exprimer toute ma gratitude pour tous ces bons instants de réflexions scientifiques et de convivialité.

Je voudrais tout d'abord remercier mon Directeur de thèse Dr Ngor NDOUR. Vous aviez accepté de m'encadrer pour la thèse de doctorat, en guidant mes premiers pas dans le monde sinueux de la recherche, vous avez marqué ma carrière d'une empreinte indélébile en m'inculquant des valeurs telles que la rigueur scientifique, la persévérance et l'abnégation. Durant ces années, malgré vos multiples occupations, vous avez fait preuve d'une attention particulière, d'un grand sens de responsabilité et sacrifice qui forcent mon admiration. Merci infiniment Docteur pour la confiance dont vous avez fait preuve à mon égard.

Je témoigne toute ma gratitude au Professeur Cheikh Tidiane BA pour m'avoir fait l'honneur non seulement de juger ce travail mais aussi de présider le jury. Je remercie vivement les Docteurs Alassane SARR, Ismaila COLY et Bienvenu SAMBOU d'avoir accepté d'être rapporteurs de cette thèse. Mes remerciements vont également à l'endroit des Docteurs Ousmane NDIAYE et Hamet Diaw DIADHIOU qui ont accepté d'examiner cette thèse. Je suis sensible à l'honneur que les membres ce jury me font, en acceptant de juger ce travail malgré leurs multiples occupations. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude. Vos jugements et suggestions objectifs seront d'un apport significatif pour rehausser la facture scientifique de cette thèse.

Je voudrais également adresser mes sincères remerciements aux merveilleuses personnes avec qui j'ai partagé des moments inoubliables et une atmosphère conviviale dans lequel j'ai vécu mes

séjours en Chine. Je veux nommer le Professeur Yu Chen gun à travers lui je réitère mes remerciements à toute l'équipe de Zhejiang Ocean University.

Je témoigne toute ma gratitude aux Dr Ousmane Ndiaye et Dr Hamet Diadhiou pour m'avoir fait l'honneur non seulement de corriger ce travail mais aussi de participer à cette recherche.

Mes sincères remerciements à toutes les collègues du PRODAC et particulièrement à ceux du DAC de ITATO pour leur collaboration et leur disponibilité.

J'ai une pensée pieuse pour tous ceux qui m'ont appuyé dans la collecte des données. Je veux nommer Maleyni SANE, Oumar BIAYE et Mamadou Lamine SARR. Merci pour votre soutien.

Je remercie aussi Monsieur Sidy SONKO, et toute sa famille qui m'a accueilli durant mon cursus universitaire. Trouvez ici l'expression de ma profonde reconnaissance, pour votre hospitalité, votre générosité et pour toute l'affection.

C'est enfin l'occasion de remercier mon grand frère Mamadou Lamine SARR qui a guidé mes pas, m'a soutenu durant tout mon cursus scolaire pour son affection et ces conseils.

Je ne saurais me passer d'exprimer toute ma reconnaissance à mes amis et compagnons. Je veux nommer la famille Bombacacée. Soyez honorés.

Nos remerciements vont également à l'endroit des Etudiant et Doctorants du Laboratoire d'Agroforesterie et d'Ecologie. Merci pour tous ces merveilleux moments passés ensemble au sein du Laboratoire d'Agroforesterie et d'Ecologie.

Mes vifs remerciements à tous les enseignants du département d'Agroforesterie Dr Ngor NOUR, Dr Mohamed Mahamoud CHARAHABIL, Dr Siré DIEDHIOU, Dr Djibril SARR, Dr Ismaïla COLY, Dr Soseph Saturnin DIEME, Dr Antoine SAMBOU, Dr Boubacar CAMARA, Dr

Saboury NDIAYE Dr Oulimata DIATTA et Dr Abdoulaye SOUMARE pour tous vos conseils qui m'ont servi de ligne directrice. Mes remerciement sont aussi adressés au Dr Ousmane NDIAYE, enseignant-chercheur à l'Université Iba der THIAM de thiès, mention spéciale à vous cher professeur.

Il m'est agréable d'exprimer mes remerciements, ma reconnaissance et toute ma gratitude à tous les étudiants du département d'agroforesterie, mention spéciale à mes camarades de la première promotion comme on les surnomme «*Les pionniers*». Trouvez ici ma profonde gratitude pour votre dévouement amical. Je vous adore !!!!

Toute ma gratitude, mon grand respect à ma très chère mère pour l'éducation, l'amour, la patience, la compréhension et surtout son affection et ses prières. Merci Maman! Puisse Dieu vous donner longue vie. Une pensée pieuse à mon père qui managé aucun effort pour ma réussite. Je sais qu'il aurait été très fier de voir ce jour!!! Que Dieu vous accueille dans son Paradis et la terre de Ziguinchor vous soit légère!!!

J'ai une pensée spéciale pour toute ma famille, mes frères et sœurs, oncles, tantes, neveux et nièces sans oublier ma belle-famille pour leurs encouragements et leur confiance infaillible vous aurez toujours une place dans mon cœur. Mention spéciale à mon grand frère Mamadou Lamine SARR. Je vous adore!

Que toutes les personnes que je n'ai pas pu citer dans cette rubrique de remerciement trouvent à travers ces lignes l'expression de toute ma reconnaissance.

A toi ma chère femme Fatoumata Bintou BAYO, j'ai réservé la meilleure partie de cette rubrique! Cette thèse ne pouvait aboutir sans ton soutien, ta patience et tant de sacrifices que tu as consentis à arpenter cette pente sinueuse avec tous ces caprices. Tu as été toujours à l'écoute, m'épaulant, me donnant du courage et me rassurant. Alors que je doutais parfois de mes compétences, tu as toujours gardé l'espoir que la fin sera pour bientôt. Eh oui, ma très chère, me voilà à la fin de cette thèse! Elle tourne la page de ma vie estudiantine pour un nouveau départ. Merci pour ton soutien et tous ces moments de sacrifices pour supporter mes sautes d'humeur récurrentes.

Enfin, j'ai une pensée forte et pleine d'émotion pour mes enfants. Leur grande affection a été pour moi une source de motivation. Que ce travail soit pour vous un exemple à dépasser.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	ii
REMERCIEMENTS	iii
GLOSSIAIRE	x
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	xiv
LISTE DES FIGURES.....	xvi
LISTE DES TABLEAUX.....	xvii
RESUME	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 : ETAT DES CONNAISSANCES SUR LE SUJET	3
1.1. Generalite sur <i>Garcinia kola</i>	3
1.1.1. Origine et position systemique	3
1.1.2. Description botanique.....	3
1.1.3. Écologie	4
1.1.4. Importance pharmacologique.....	5
1.1.5. Utilisation du <i>G. kola</i> dans l'élevage du Tilapia	6
1.2. Generalite sur le Tilapia du Nil, <i>Oreochromis niloticus</i>	7
1.2.1. Systematique et morphologie.....	7
1.2.1.1. Systematique	7
1.2.1.2. Morphologie	7
1.2.2. Ecologie	7
1.2.2.1. Elevage du Tilapia, <i>O. niloticus</i>	8
1.2.3. Biologie.....	8
1.2.3.1. Maturité sexuelle	8
1.2.3.2. Fécondité	9
1.2.3.3. Reproduction	9
1.2.4. Inversion du sexe et facteurs environnementaux	13
1.2.4.1. La production de monosexes males d'<i>O. niloticus</i>	14

CHAPITRE 2 : EFFET DE <i>GARCINIA KOLA</i> SUR LE TAUX D'INVERSION SEXUELLE DU TILAPIA DU NIL, <i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i> ET SUR LES PROPRIETES PHYSICO- CHIMIQUES DU MILIEU AQUACOLE	18
RESUME	19
ABSTRACT.....	20
INTRODUCTION	21
2.1. MATERIEL ET METHODES.....	22
2.1.1. Zone d'étude	22
2.1.2. Matériel	23
2.1.2.1. Caractéristiques physiques et potentialités naturelles	24
2.1.3. METHODES.....	26
2.1.3.1. Reproduction des géniteurs	26
2.1.3.2. Récupération des œufs et des larves	27
2.1.3.3. Incubation des œufs	27
2.1.3.4. Préparation de l'aliment hormone	28
2.1.3.5. Traitement des alevins avec le <i>Garcinia kola</i>	30
2.1.3.6. Ration alimentaire et fréquence de nourrissage	31
2.1.4. Suivi des paramètres physico chimiques et zootechniques.....	31
2.1.4.1. Paramètres physico-chimiques	31
2.1.4.2. Paramètres zootechniques	32
2.1.5. Analyse statistique	32
2.2. RESULTATS.....	32
2.2.1. Taux d'inversion sexuelle (%)	32
2.2.2. Croissance pondérale	33
2.2.3. Gain pondéral du Tilapia au 28 ^e jour selon le traitement.....	34
2.2.4. Taux de survie	35
2.2.5. Effet de la teneur de la ration en <i>Garcinia kola</i> sur les facteurs physico-chimiques du milieu piscicole	36
2.2.5.1. Effet sur le pH de l'eau	36

2.2.5.2. Effet sur la température de l'eau	37
2.2.5.3. Effet sur la teneur de l'eau en oxygène	38
2.2.5.4. Effet sur la densité de la population de tilapia	39
2.2.6. Relation entre la dose de <i>G. kola</i> et les paramètres zootechniques	40
2.3. Discussion.....	42
2.3.1. Inversion sexuelle.....	42
2.3.2. Croissance pondérale	43
2.3.3. Taux de survie.....	44
2.3.4. Influence des doses de <i>garcinia kola</i> sur les paramètres physico-chimiques du milieu piscicole	44
2.4. Conclusion	45
CHAPITRE 3 : ANALYSE FINANCIERE DE LA CONTRIBUTION DE <i>G. KOLA</i> A LA PRODUCTIVITE ET A LA RENTABILITE ECONOMIQUE DE L'EXPLOITATION DU DOMAINE AGRICOLE COMMUNAUTAIRE DE KEDOUGOU	46
RESUME	47
ABSTRACT.....	48
INTRODUCTION	50
3.1.METHODES.....	51
3.1.1. Definition des types de systemes d'exploitation (Typologies d'exploitation)	51
3.1.2. Collecte de données.....	53
3.1.2.1. Enquête d'opinion	53
3.1.2.2. Échantillonnage	54
3.1.3. Conduite de l'exploitation.....	54
3.1.4. Paramètres de production	56
3.1.5. Système de production	56
3.1.6. Compte de résultat prévisionnel.....	57
3.1.7. Analyse SWOT	58
3.2. RESULTATS	59
3.2.1. Détermination des coûts.....	59

3.2.1.1. Coût d'achat des matieres	59
3.2.1.2. Coût de production	60
3.2.1.3. Coût de revient	60
3.2.2. Analyse financière comparative des compte d'exploitation de ces scénarios	61
3.2.2.1. Compte d'exploitation scenario 1	61
3.2.2.2. Compte d'exploitation scenario 2	63
3.2.2.3. Compte d'exploitation scenario 3	64
3.3. DISCUSSION	67
3.4. CONCLUSION	68
CHAPITRE 4 : DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALES	70
4.1. DISCUSSION GENERALE	71
4.1.1. Typologie, fonctionnement et capacité d'inversion sexuelle du <i>Garcinia kola</i> sur l'espèce <i>Oreochromis niloticus</i>	72
4.1.2. Contribution des compléments alimentaires à la productivité et à la rentabilité économique dans une ferme piscicole	74
4.2. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	75
4.2.1. Conclusion générale	75
4.2.2. Perspectives	76
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	78
ANNEXE 1 : Schéma du dispositif expérimental	89
ANNEXE 2 : FICHE DE SUIVI DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES/ Alevins	91
ANNEXE 3 : FICHES D'INFORMATIONS DU MATERIEL D'ELEVAGE	109
ANNEXE 4 : Questionnaires pour les consommateurs	117
ANNEXE 5 : Questionnaire pour les commerçant (e)s	118
ANNEXE 6 : Questionnaire pisciculteur	123
ANNEXE 7 : Guides d'entretien	128
ANNEXE 8 : ARTICLES PUBLIES	129

GLOSSIAIRE

Alcaloïdes : Substances organiques d'origine végétale, contenant au moins un atome d'azote dans la molécule. Les alcaloïdes ont une puissante action toxique ou thérapeutique (caféine, morphine, quinine, etc.).

Alevinage : première phase dans un élevage des petits de poissons (alevins).

Alevin : C'est petit poisson morphologiquement différent de l'adulte. Ce nom est donné au jeune poisson depuis la larve jusqu'à un poids de quelques grammes.

Androgène : hormone stéroïde sécrétée par le testicule et par la glande surrénale, impliquée dans le développement des caractères sexuels masculins, également présente en faible quantité chez la femelle.

Arène de reproduction : c'est un espace de reproduction où se trouve le nid creusé par le mâle chez le Tilapia.

Biomasse : désigne l'ensemble de la matière organique animale ou végétale (présente dans un espace déterminé) dont l'unité de mesure est le gramme, le Kilogramme ou la tonne.

Cannibalisme : c'est le fait de se nourrir ou de dévorer ses congénères comme aliment.

Cavité buccopharyngienne : C'est un espace creux dans la partie inférieure de la bouche du poisson.

Cténoïdes (écaille) : désigne des écailles rondes pourvues d'aspérité en dents de scie dans la partie postérieure du poisson.

Cycloïdes : désigne des écailles circulaires dont les bords sont lisses et non dentelés.

Dimorphisme sexuel : désigne l'aspect différent du mâle et de la femelle (d'une espèce).

17 alpha-méthyltestostérone : correspond à une hormone servant à masculiniser un lot d'alevins avant leur différenciation sexuelle.

Diploïde : désigne en génétique un organisme doté de chromosomes en deux exemplaires et associés par paires (2n chromosomes).

Échantillon : fragment ou petite quantité d'une population ou d'un ensemble permettant de se faire une idée représentative des caractéristiques de la population ou d'un produit donné (qualité).

Élevage monosexé : élevage portant sur des animaux d'un seul sexe, mâle ou femelle, sur la base d'un tri ou de l'utilisation d'un agent favorisant à 100% le développement de l'un des sexes.

Les flavonoïdes : sont des métabolites secondaires des plantes vasculaires, partageant tous une même structure de base formée par deux cycles aromatiques reliés par trois carbones : C₆-C₃-

C₆, chaîne souvent fermée en un hétérocycle oxygéné hexa- ou pentagonal en termes de configuration.

Garde biparentale : se dit lorsque la garde de la progéniture est assurée par les deux parents.

Garde uniparentale : se dit lorsqu'un seul parent assure la garde de la progéniture.

Géniteurs : individus mâles ou femelles matures, destinés à la reproduction.

Génotype : désigne la totalité du stock chromosomique caractéristique d'un organisme donné.

Glycosides : Ce sont des molécules composées d'un hydrate de carbone (généralement des monosaccharides) et d'un composé non glucidique.

Gonade : c'est un organe qui produit des gamètes. La gonade mâle est le testicule et la gonade femelle désigne l'ovaire.

Hétérosides : il s'agit de molécules nées de la condensation d'un sucre et d'une substance non glucidique. Ces deux éléments sont réunis par une liaison dite glycosidique dont le type définit une classification du glycoside. La liaison peut être de type O-, de type N-, de type S-, ou de type C-.

Hybridation : désigne le croisement entre deux variétés, entre deux races ou entre deux espèces différentes.

Ichtyomètre : de Ichtyos désignant le poisson en grec, c'est un instrument de mesure de la taille du poisson (Longueur totale, longueur standard)

Incubation buccale : elle désigne le fait de maintenir les œufs au chaud et à l'abri dans la bouche du poisson

Inversion hormonale : Il s'agit de l'inversion du sexe d'un organisme à l'aide d'une hormone ou d'une substance physico-chimique.

Larve : c'est le nom donné au jeune poisson depuis l'éclosion jusqu'à sa métamorphose (formation des nageoires). La larve est le premier stade du cycle de développement de l'animal.

Masculiniser : il s'agit de provoquer l'apparition de caractères sexuels masculins (sexe phénotypique) chez un individu génétiquement femelle.

Maturité sexuelle : désigne la puberté chez l'espèce humaine et correspond à l'âge, à la taille et au poids permettent à l'homme de se reproduire avec succès.

Nanisme : phénomène de croissance anormale (au ralenti), empêchant les poissons d'atteindre une taille adulte normale.

Œstradiol : hormone femelle la plus active sécrétée par l'ovaire et impliquée dans le développement des caractères sexuels féminins.

Oléorésine : c'est un exsudat végétal principalement constitué d'essence et de résine qui résulte de l'oxydation de cette essence.

Omnivore : être vivant qui se nourrit aussi bien d'aliments d'origine végétale qu'animale.

Ovocyte : cellule reproductrice femelle animale en cours de maturation. Les ovocytes sont stockés dans les ovaires des femelles.

Papille génitale : c'est une petite protubérance vascularisée située à la surface d'une muqueuse, du derme ou d'un organe et qui contient une terminaison nerveuse.

Phénotype : ensemble de caractères apparents d'un individu (somma) résultant de l'interaction des conditions du milieu et des facteurs génétiques.

Phytoplanctonophage : désigne un être qui se nourrit de phytoplancton.

Planctonophage : désigne un être qui se nourrit à la fois de plancton végétal (phyto-) et animal (zoo-).

Poids moyen (Pm) : Le poids moyen d'un certain nombre de poissons est égal au poids total divisé par le nombre d'individus.

Ration alimentaire : correspond à la quantité d'aliments absorbés par un organisme pendant un temps donné. Elle peut être exprimée en kilocalories (kcal) ou en kilojoules (kJ).

Rhytidome : désigne un tissu mort de la périphérie d'une tige ou d'une racine ligneuse.

Saponines : désigne un glucoside qui paraît être assez répandu dans le règne végétal.

Sexage : C'est une opération qui consiste à déterminer les sexes mâle et femelle sur la base d'une simple observation de la papille génitale.

Sex-ratio : exprime le rapport entre le nombre de mâles et le nombre de femelles d'un lot d'animaux ou d'un peuplement de poissons.

Squash gonadique : technique permettant de sexer les poissons par prélèvement des gonades et leur observation sous microscope photonique.

Stéroïde : désigne un groupe de molécules qui comprend certains alcools (stérols), des acides biliaires, diverses hormones sexuelles (progestérone, testostérone, œstrogène, ...), et des substances naturelles.

Stress : c'est un ensemble de réactions non spécifiques de l'organisme déclenchées par l'action d'un agent nocif dit « agent stressant » qui peut être physique, chimique ou émotionnel et qui s'exerce sur l'organisme provoquant une agression ou une tension pouvant devenir dérangeante ou pathologique.

Substrat : C'est le support ou ce sur quoi s'exerce une action à l'image du sol, du fond, des supports naturels ou artificiels.

Surpeuplement : excès ou surnombre de la population par rapport aux ressources ou à l'espace disponibles.

Tannins : sont constitués de composés de la famille des phénols, le plus souvent hydrosolubles, d'origine végétale et qui possèdent la capacité de précipiter les protéines, alcaloïdes ou polysaccharides en solution aqueuse.

Taxonomie : C'est une Branche de la biologie spécialisée dans la classification des espèces et leurs nomenclatures.

Testostérone : C'est une hormone sexuelle sécrétée par le testicule.

Tétraploïdes : désigne en génétique, une espèce qui possède quatre lots de chromosomes au lieu de deux ($4n$ chromosomes).

Terpénoïdes : parfois appelés composés isoprénoïdes, ils forment une classe large de divers composés organiques rencontrés dans la nature, similaires aux terpènes, dérivant d'unités isopréniques à cinq atomes de carbone assemblées et de capacités de modification multiples (milliers de fois).

Thermophile : désigne les espèces capables de vivre à des températures élevées.

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

ACP : Analyse en Composantes Principales
ANA : Agence Nationale de l'Aquaculture
ANIDA : Agence Nationale de l'Insertion et du Développement Agricole
ANOVA : Analyse de Variance
ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie
APA : Agence pour la Promotion de l'Aquaculture
BHS : Bac Hors Sol
CNRA : Centre National de Recherches Agricoles
CRODT : Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye
°C : degrés Celsius
DAC : Domaine Agricole Communautaire
DDL : Degré de Liberté
O₂ : Dioxygène
DO : Oxygène dissous
DPC : Direction de la Pêche Continentale
DPC : Direction de la Pêche Continentale
DPEE : Direction de la Prévision et des Études Économiques
ENSA : Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture
ESD : Détermination du Sexe par l'Environnement
FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FCFA : Franc des Colonies Françaises d'Afrique
FFOM : Forces – Faiblesses – Opportunités – Menaces
FNRA : Fond National de Recherche Agricole
G : Gramme
GEA : Groupement d'Entrepreneur Agricole
GSD : Détermination génétique du sexe
GPS : Système de positionnement mondial
H : Heure
ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
IUPA : Institut Universitaire de Pêche de d'Aquaculture
Km : kilomètre
KV : Kilo volte
L : Litre
M³ : Mètre Cube
Mg : Milligramme
ml : Millilitre
MOD : Main d'œuvre
MPEM : Ministère de la Pêche et de l'Economie Maritime
MT : Méthyltestostérone
NER : Résultat Net d'Exploitation
ONG : Organisation Non Gouvernementale
PH : Potentiel d'Hydrogène
Pm : Poids Moyen

PNNK : Parc National de Niokolo-Koba
PRODAC : Programme des Domaines Agricoles Communautaires
PSE : Plan Sénégal Emergent
% : Pourcentage
RA : Ration Alimentaire
RE : Résultat d'Exploitation
SYPAGUA : Syndicat des Producteurs Aquacoles de Guadeloupe
T°C : Température en Degrée Celsius
TN : Taux de Nourrissage
UGB : Université Gaston Berger

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : PLANTE ADULTE DE <i>GARCINIA KOLA</i> -----	4
FIGURE 2: DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DE <i>GARCINIA KOLA</i> EN AFRIQUE -----	5
FIGURE 3: CYCLE DE REPRODUCTION NATURELLE DE <i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i> -----	10
FIGURE 4 : LES PAPILLES GENITALES DU TILAPIA FEMELLE (A) ET MALE (B) -----	13
FIGURE 5: VUE D'ENSEMBLE DE LA FERME PISCICOLE DU DAC D'ITATO-----	23
FIGURE 6: PYRAMIDE DES AGES DANS LA REGION DE KEDOUGOU -----	26
FIGURE 7: ŒUFS ET LARVES RECUPERES-----	27
FIGURE 8: L'ARVE DANS UNE « BOUTEILLE DE ZOUG » -----	28
FIGURE 9: COMPOSITIONS DE L'ALIMENT HORMONE : A=ALIMENT, B=ETHANOL, C=HORMONE -----	28
FIGURE 10: SYNTHESE DU DISPOSITIF EXPERIMENTAL ADOPTE-----	30
FIGURE 11: VARIATION DU SEX-RATIO EN FONCTION DE LA DOSE DE TRAITEMENT -----	33
FIGURE 12: DYNAMIQUE DE LA CROISSANCE PONDERALE DU TILAPIA SELON LE TRAITEMENT -----	34
FIGURE 13: GAIN PONDERAL DU TILAPIA AU 28 ^e JOUR SELON LE TRAITEMENT -----	35
FIGURE 14: LE TAUX DE SURVIE DES POPULATIONS DE POISSONS SELON LE TRAITEMENT -----	36
FIGURE 15: VARIATION DU PH JOURNALIER DE L'EAU EN FONCTION DU TEMPS SUIVANT LA DOSE DE <i>GARCINIA KOLA</i> -----	37
FIGURE 16: VARIATION DU PH JOURNALIER DE L'EAU EN FONCTION DE LA DOSE DE <i>GARCINIA KOLA</i> -----	37
FIGURE 17: VARIATION DE LA TEMPERATURE JOURNALIERE EN FONCTION DU TEMPS SUIVANT LA DOSE DE <i>GARCINIA KOLA</i> -----	38
FIGURE 18: VARIATION DE LA TEMPERATURE JOURNALIERE DE L'EAU EN FONCTION DE LA DOSE DE <i>GARCINIA KOLA</i> -----	38
FIGURE 19: VARIATION MENSUELLE DE L'OXYGENE DE L'EAU EN FONCTION DE LA DOSE DE <i>GARCINIA KOLA</i> -----	39
FIGURE 20: VARIATION JOURNALIERE DE L'OXYGENE DE L'EAU EN FONCTION DE LA DOSE DE <i>GARCINIA KOLA</i> -----	39
FIGURE 21: VARIATION MENSUELLE DE LA DENSITE DE POISSON EN FONCTION DE LA DOSE DE <i>GARCINIA KOLA</i> -----	40
FIGURE 22 :ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES DE LA MATRICE DE LA DOSE DE <i>GARCINIA KOLA</i> EN FONCTION DES VARIABLES LIEES A LA PRODUCTION -----	42

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DES DIFFERENTS DISPOSITIFS D'ELEVAGE	31
TABLEAU 2: FORMULES DE CALCUL DES PARAMETRES DE PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES.....	32
TABLEAU 3 : MATRICE DE CORRELATION ENTRE LES VARIABLES INFLUENCEES PAR LA DOSE DE <i>GARCINIA KOLA</i>	40
TABLEAU 4 : TYPOLOGIES D'EXPLOITATION.....	52
TABLEAU 5 : CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE L'ALIMENT EN FONCTION DU STADE D'ELEVAGE DU POISSON.....	55
TABLEAU 6 : PARAMETRES DE PRODUCTION	56
TABLEAU 7 : PLANIFICATION DE LA PRODUCTION PAR COHORTE.....	57
TABLEAU 8: FORCES FAIBLESSES MENACES ET OPPORTUNITES.....	58
TABLEAU 9 : COUT D'ACHAT DES MATIERES POUR LES TROIS COHORTES	60
TABLEAU 10: COUT DE REVIENT DU TILAPIA	61
TABLEAU 11 : COMPTE D'EXPLOITATION DE LA COHORTE1 (B1, B2, B3 ET B4).....	62
TABLEAU 12 : COMPTES D'EXPLOITATION DE LA COHORTE2 (B5, B6, B7 ET B8).....	63
TABLEAU 13: COMPTES D'EXPLOITATION DE LA COHORTE3 (B9, B10, B11 ET B12)	65
TABLEAU 14: SYNTHESE DES TROIS SCENARIOS RETENUS	66

RESUME

Le Tilapia (*Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon heudelothi melanotheron...*) est le principal groupe d'espèces élevées depuis 1960 dans le Nord et le centre du Sénégal. Cette pisciculture est toutefois entravée par divers problèmes comme le changement climatique, l'exode rural et la qualité des alevins utilisés. Pour résoudre ces problèmes, différents travaux de recherche ont permis des avancées notoires de la pisciculture. C'est le cas de la production d'alevins de tilapia monosexes mâles de qualité à moindre coût. Dans ce contexte, cette thèse se propose de trouver une solution en testant l'efficacité de *Garcinia kola* sur la production d'alevins monosexes de tilapia et la rentabilité économique de son utilisation. Pour ce faire, 1800 alevins de taille moyenne comprise entre 0,01 à 0,02g ont été répartis dans 12 bacs hors sol de 1m³ chacun en raison de 150 individus/bac, suivant 6 traitements en duplicata. Dans chaque traitement, les variables tels que la croissance pondérale, les taux de survie, d'inversion sexuelle, gain de poids, le potentiel hydrogène (pH), la température et le dioxygène dissous (DO) ont été évalués. Des analyses de variance ont permis de montrer l'effet de la poudre de *Garcinia kola* sur la production massive d'alevins monosexes mâles de *O. niloticus* et les corrélations existantes entre les doses de petit cola sur les facteurs physico-chimiques de l'eau. Ces différents traitements ont permis d'obtenir de fortes proportions de mâles de l'ordre de 97,03% ; 98,09% pour l'hormone conventionnelle et des proportions de 94,03% ; 93,26% pour 20g d'extraits de *Garcinia kola* ($p < 0,017$). Concernant la croissance pondérale, les meilleurs poids moyens pour l'hormone et *Garcinia kola* sont respectivement 0,896g et 0,980g. L'effet des extraits de *Garcinia kola* sur les paramètres physico-chimiques a montré que la dose 20g a suscité une hausse significative du pH de l'eau par rapport aux autres traitements avec une p-value $\leq 0,023$. Le compte des résultats de la production de tilapia varie d'un scénario à l'autre en fonction du type d'exploitation. Cependant, le scénario 3 génère un taux de rentabilité plus élevé (74%) que celui généré par le scénario 1 (69%). Le scénario 2 génère une rentabilité financière plus faible (67%) que les scénarios 3 et 1. Ce travail de recherche a permis de construire une approche répondant au déficit de la faible productivité liée à la part des femelles grâce à différentes méthodes.

Mots clés : *Oreochromis niloticus*, 17- α -méthyltestostérone, *Garcinia kola*, rentabilité économique.

ABSTRACT

Tilapia (*Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon heudelothi melanotheron*, etc.) have been the main species farmed in the north and centre of Senegal since the 1960s. However, fish farming is hampered by a number of problems, including climate change, rural-urban migration and the quality of the fry used. To address these issues, several research projects have led to significant advances in fish farming. This is the case for the production of high quality male monosex tilapia fry at lower cost. In this context, this work proposes to find a solution by testing the efficacy of *Garcinia kola* on the production of monosex tilapia fry and the economic viability of its use. To this end, 1800 fry with an average size of 0.01 to 0.02g were distributed in 12 above-ground tanks of 1m³ each at a rate of 150 individuals/tank, following 6 duplicate treatments. In each treatment, variables such as weight gain, survival, sexual inversion, weight gain, hydrogen potential (pH), temperature and dissolved oxygen (DO) were assessed. Analyses of variance showed the effect of *Garcinia kola* powder on the mass production of male monosexual fry of *O. niloticus* and the correlations between the doses of petit cola and the physico-chemical factors of the water. These different treatments resulted in high proportions of males in the order of 97.03%; 98.09% for the hormone and proportions of 94.03%; 93.26% for 20g of *Garcinia kola* extract ($p < 0,017$). In terms of weight gain, the best average weights for the hormone and *Garcinia kola* were 0.896 g and 0.980 g, respectively. Evaluation of the influence of the dose of *Garcinia kola* on physico-chemical parameters showed that the 20g dose produced a significantly higher water pH than the other treatments, with a p-value ≤ 0.023 (Nemenyi's t test for comparison of means). The income statement for tilapia production varies from one scenario to another, depending on the type of farm. However, the Scenario 3 generates a higher rate of return (74%) than the Scenario 1 (69%). Scenario 2 generates a lower financial return (67%) than scenarios 3 and 1. This work has made it possible to construct an approach that responds to the low productivity linked to the proportion of females, using different methods.

Keywords: *Oreochromis niloticus*, 17- α -methyltestosterone, *Garcinia kola*, economic profitability

INTRODUCTION GENERALE

Au Sénégal, le secteur de la pêche occupe une place importante dans l'économie nationale. En effet, la pêche contribue à hauteur de 3% du PIB national et 12% du PIB du secteur primaire (MPEM, 2019). Grâce aux produits halieutiques, la pêche fait partie des principales activités économiques pourvoyeuses de devises au Sénégal. En 2018, les exportations de produits de la pêche ont représenté 16,89% des recettes totales d'exportation du Sénégal, soit le 2^{ème} poste d'exportation (MEFP, 2011). Toutefois, malgré son poids important dans l'économie, le secteur est confronté à de multiples pesanteurs notamment la raréfaction des ressources halieutiques et leur surexploitation, l'inadaptation d'une partie des engins de pêche, la vétusté de l'armement, etc. (ANSD, 2013). La pêche de capture enregistre une baisse assez conséquente liée à une modification de la productivité des écosystèmes aquatiques et les effets du changement climatique. En outre, le secteur aquacole est très modeste, moins de 2000 tonnes même si le pays dispose de grandes potentialités pour son développement (FAO, 2011).

Au vu de la dégradation de la pêche et des problèmes de sécurité alimentaire, nutritionnelle et de l'emploi, le Gouvernement du Sénégal s'est engagé à développer ce sous-secteur avec la création en 2006 de l'Agence Nationale de l'Aquaculture (ANA). Sur le terrain, la production reste très faible et varie fortement d'une année à l'autre suivant l'importance des crédits alloués à l'ANA pour l'achat de l'aliment des poissons. En dehors de la disponibilité de l'aliment, la disponibilité en quantité et en qualité des alevins, l'insuffisance et la qualité de l'encadrement sur le terrain des pisciculteurs et le financement de l'ANA ont constitué des contraintes majeures pour le développement de l'aquaculture (Baldé et al, 2019). On note une différence de croissance entre les mâles et les femelles en faveur des premiers chez le tilapia du Nil (FAO, 2009). D'ailleurs Ruwet (1962) a noté que les soins parentaux sont apportés par les femelles au cours de l'alevinage après l'éclosion. Toutefois, ces soins entraînent un fort taux de survie des alevins, ce qui conduit, en milieu fermé à une situation de compétition alimentaire, de surpopulation et de nanisme des individus de tilapia (Hickling, 1963).

C'est dans cette démarche qu'un projet de transfert de technologie piloté par le CRODT a travaillé avec l'ANA et l'ANIDA entre 2016 et 2017 pour résoudre le manque d'alevins mâles de tilapia en utilisant l'hormone conventionnelle méthyltestostérone. Toutefois, son utilisation exige une forte intensité de main-d'œuvre, une vigilance dans la sélection et l'entretien des stocks de géniteurs, les exigences d'un niveau élevé de contrôle et l'acceptation par les consommateurs des poissons à inversion de sexe hormonal peuvent être limitées même dans les

pays, où les applications hormonales aux poissons destinés à la consommation sont une pratique acceptée.

Dans ce contexte, il est nécessaire de trouver des produits naturels à faibles risques sur la santé humaine, sur l'environnement et qui promeuvent à la fois la qualité, l'efficacité et l'accessibilité aux producteurs aquacoles. Eu égard à cette situation, certains auteurs ont opté pour les plantes médicinales comme compléments alimentaires naturels (Chakraborty et al, 2012 ; Mukherjee et al, 2018 ; K. Tigoli et al, 2018). Compte tenu des capacités de ces plantes, il convient de formaliser l'extrait de substances pour obtenir une bonne productivité piscicole et une rentabilité financière économiquement viables. Sur cette base, les compléments alimentaires à base des plantes médicinales méritent une attention particulière dans le domaine de la pisciculture. C'est ainsi que la présente étude contribue à l'amélioration de la productivité et de la rentabilité de l'élevage du Tilapia au Senegal. Elle cherche à mieux connaître les techniques d'inversions sexuelles efficaces chez tilapia pour maximiser la production piscicole en réduisant les délais de production et en générant des bénéfices consistants. Cet objectif est décliné en objectifs spécifiques ainsi qu'il suit :

- OS1 : déterminer l'effet de *Garcinia kola* sur l'inversion sexuelle du Tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus* ;
- OS2 : évaluer la productivité et la rentabilité économique.

Le présent document est composé de quatre (4) chapitres : le premier est consacré aux connaissances sur le sujet traitant des généralités du Tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus*, de l'utilisation de l'hormone conventionnelle 17 alpha méthyltestostérone et de la poudre de *Garcinia kola* dans une expérience piscicole. Le second chapitre porte le pouvoir d'inversion sexuelle de *Garcinia kola* en pisciculture du tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus* ainsi que l'influence des paramètres physico-chimiques sur les qualités morphologiques des alevins. Le troisième chapitre traite l'évaluation des coûts de production et de la rentabilité économique. Le quatrième chapitre est consacré à la discussion et à la conclusion générale du document.

CHAPITRE 1 : ETAT DES CONNAISSANCES SUR LE SUJET

1.1. Generalite sur *Garcinia kola*

1.1.1. Origine et position systemique

Connu sous l'appellation vernaculaire « petit cola », *Garcinia kola* est une plante de la famille des *Clusiaceae*. Cette famille compte environ 40 genres et 1200 espèces dont 16 espèces en Afrique Centrale et quelques espèces signalées en Afrique de l'Ouest, Orientale et Australe. On note 200 espèces sous les tropiques (Guedje et *al.*, 2001). Le genre *Garcinia* doit son appellation à Laurence Garein, botaniste français du 18^e siècle, qui l'a décrit pour la première fois (Rai, 2003). *G. kola* est originaire des forêts tropicales du monde. Sa position systématique a été établie ci-dessous par Eseigwu et *al.* (2014).

Règne : Végétal

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Dialypétales

Ordre : Malpighiales

Famille : *Clusiaceae*

Genre : *Garcinia*

1.1.2. Description botanique

Guedje et *al.* (2001) ont décrit *G. kola* comme un arbre de plus de 35 m de hauteur avec empâtement à la base dont le diamètre à hauteur de poitrine pourrait atteindre 100 cm. Le houppier est parfois dense avec des branches verticillées. L'écorce apparemment sans rhytidome, lisse et généralement épaisse de couleur brune-claire émet un latex jaune collant moins abondant (Eyog et *al.*, 2006). Les feuilles sont simples, opposées finement et pubescentes. La longueur et la largeur des feuilles sont comprises entre 6 - 14 cm et 2 - 6 cm, respectivement. La face inférieure est vert-sombre et la face supérieure est plus claire, possède de très nombreuses nervures secondaires peu visibles (Guedje et *al.*, 2001). L'inflorescence est en petites ombelles terminales. Les fleurs sont blanc-verdâtres, unisexuées, mâles ou femelles (Agyili et *al.*, 2006). Les fruits sont des baies veloutées de forme sphérique ou ovoïde, le

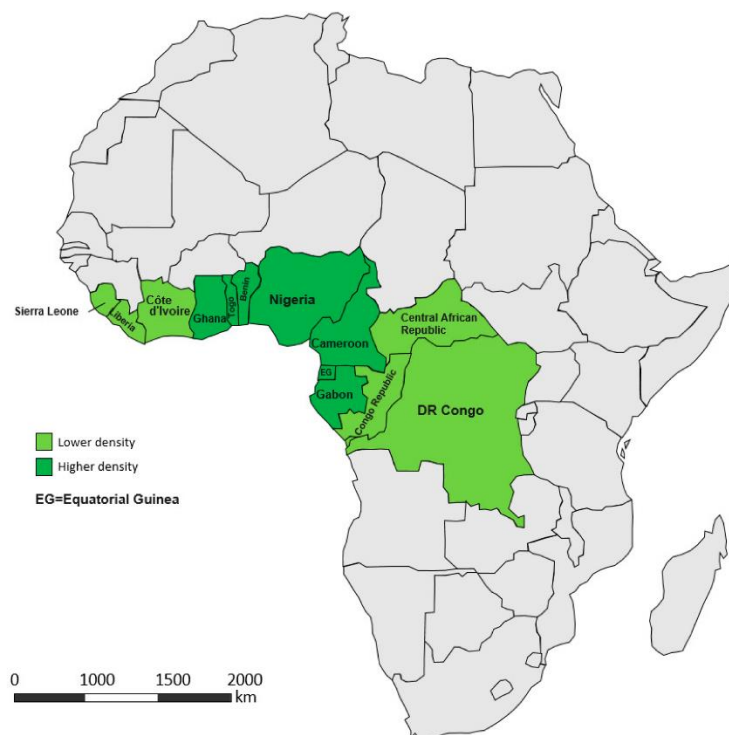
diamètre varie de 5 à 10 cm avec une masse comprise entre 30 et 50 g (Esiegwu et *al.*, 2014). La couleur varie du vert, lorsque les fruits ne sont pas mûres, au jaune-rougeâtre à la maturité (**Figure 3C**). La floraison a lieu entre décembre et janvier et la maturation des fruits de juillet à octobre (Eyog et *al.*, 2006). Dans chaque fruit, on a en moyenne deux à quatre graines dans une pulpe jaune orangé (**Figure 3D**).



FIGURE 1 : PLANTE ADULTE DE *GARCINIA KOLA*

1.1.3. Écologie

Selon Guedje et al. (2001), la famille des *Clusiaceae* est majoritairement distribuée dans les régions tropicales d'Afrique. L'espèce *Garcinia kola* s'étend de la Sierra Leone à l'Angola. Anna (2019) a établi sa carte de distribution en Afrique (**Figure 2**). *G. kola* est un arbre des forêts humides où les températures fluctuent de 25 à 32°C et l'humidité relative varie entre 76 et 93%, durant 1 'année (Hall et Swaine, 1981). *G. kola* se rencontre aussi dans les jachères ou dans les plantations cacaoyères (Kouamé et *al.*, 2008 ; CNRA, 2013). Selon Ntamag (1997), elle pousse dans les zones côtières et les plaines de basse altitude jusqu'à 300 m au-dessus du niveau de la mer, avec les précipitations moyennes annuelles qui varient de 2000 à 2500 mm.



Source : Manourova et al., (2019)

Figure 2: Distribution géographique de *Garcinia kola* en Afrique

1.1.4. Importance pharmacologique

Garcinia kola est une plante utilisée pour ces nombreuses vertus thérapeutiques. Les différentes parties de la plante (feuilles, graines, écorces, racines) sont utilisées et présentent un grand intérêt au plan médicinal (Adesuyi et al., 2012). *G. kola* est une plante médicinale contenant de nombreux composés chimiques dont les vertus thérapeutiques sont très importantes selon Eisner (1990). Parmi les phytocomposés on a les oléorésines, saponines, tanins, alcaloïdes, glycosides cardiaque biflavonoïdes (Adesuyi et al., 2012 ; Ezeanya et Daniel, 2013). Ces phytocomposés possèdent plusieurs propriétés notamment des activités anti oxydantes qui protègent les cellules des dommages oxydatifs afin de réduire le développement de certains types de cancer. Ils possèdent également des propriétés antimicrobiennes (Adesuyi et al., 2012). Les graines de *G. kola* sont réputées pour leurs propriétés aphrodisiaques (Guedje et al., 2001 ; Békro et al., 2007). La caféine qu'elles contiennent fait d'elles un bon stimulant (Chinyere et al., 2013). Selon ces mêmes auteurs, les extraits des graines et des feuilles ont des propriétés antibactériennes, antivirales, antiseptiques, anti hépatite. Selon Twu (1993), ces extraits pourraient guérir les malades atteints de la grippe. Ils sont utilisées dans le traitement de la dysenterie et de la diarrhée. La présence des biflavonoïdes, benzophénones du phénolate lui confère des propriétés anti-inflammatoires, antidiabétiques et anti-hépatotoxiques (Odebiyi, 1978). Selon Ibiro et al. (1997), les graines de *G. kola* contiennent des substances efficaces dans le traitement des ulcères. Les rameaux servent de cures dents (Guedje et al., 2001). Les

extraits des graines sont utilisés dans le traitement de la bronchite, des infections de la gorge, pour guérir les maux de tête ainsi que la toux (Agyili et *al.*, 2006). La mastication de deux graines par jour permet de lutter contre les troubles de l'érection sexuelle masculine selon Bekro et *al.* (2007). Aussi une décoction de l'écorce de *G. kola* est utilisée pour induire l'expulsion de fœtus mort et permet également de lutter contre la stérilité féminine (Adesuyi et *al.*, 2012).

C'est l'une des premières plantes médicinales du continent africain (Han et *al.*, 2005). Selon les mêmes auteurs, son importance socioéconomique est élevée en Afrique de l'Ouest. Séchées et broyées, ces graines sont mélangées à du miel pour produire un sirop traditionnel contre la toux (Onunkwo et *al.*, 2004). Les sous-produits de cet arbre sont également utiles. Son bois fait une excellente source d'énergie. Sa cime arrondie dense en fait un arbre idéal pour l'ombre près des habitations (Taiwo et *al.*, 1999). Ses tiges et rameaux sont utilisés comme brosses à dents dans plusieurs régions africaines (Tchoundieu et *al.*, 2000). Ils ont été commercialisés dans les grandes villes pendant des années, offrant des soins dentaires naturels à cause de leur goût amer et des activités antibactériennes de leurs extraits (Agyili et *al.*, 2006).

1.1.5. Utilisation du *G. kola* dans l'élevage du Tilapia

L'utilisation de ces graines comme complément alimentaire naturel pour les poissons donne des résultats zootechniques intéressants (K. Tigoli et *al.*, 2018). Couramment utilisée en médecine traditionnelle, le « petit kola » est riche en flavonoïdes, saponines, stéroïdes, tanins et terpénoïdes (Boua et *al.*, 2013 ; Yété, 2015). Ces principes bioactifs influent divers paramètres dont la stimulation de l'appétit et la croissance des poissons en aquaculture (Citarasu et *al.*, 2010 ; Chakraborty & Hancz, 2011). Ils agissent, aussi, comme modulateurs endocriniens et possèdent des propriétés anti-œstrogéniques (Syahidah, 2015). Ainsi, ils peuvent bloquer la synthèse des œstrogènes par leur capacité d'inhibiteur de l'aromatase et réduire le niveau d'œstrogènes dans le corps. L'inhibition de l'activité enzymatique de l'aromatase ou le blocage des voies de signalisation des œstrogènes conduisent en effet à une masculinisation fonctionnelle (Guiguen et *al.*, 2010). Pourtant, les effets des compléments alimentaires à base de plantes médicinales sur des larves d'*O. Niloticus* sont méconnus particulièrement au Sénégal.

1.2. Generalité sur le Tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus*

1.2.1. Systematique et morphologie

1.2.1.1. Systematique

L'espèce, *O. niloticus* appartient à la classe des Actinopterygii, à la sous-classe des Neopterygii, à l'ordre des perciformes et à la famille des *Cichlidae*. Cette famille comprend quatre genres, regroupés sous le nom courant de tilapia (Trewavas, 1983) :

- Le genre *Tilapia*, constitué de pondeurs sur substrat ;
- Le genre *Sarotherodon*, constitué d'incubateurs buccaux chez lesquels la garde de la progéniture est assurée par les deux ou un seul des parents. Le dimorphisme sexuel de croissance est peu marqué ;
- Le genre *Danakila*, qui est un genre monospécifique de faible importance économique (Almin et al., 2015);

1.2.1.2. Morphologie

Le genre *Oreochromis*, composé d'incubateurs buccaux chez lesquels la cellule familiale est maternelle. Le dimorphisme sexuel de croissance est très marqué, la femelle étant plus petite que le mâle. La particularité la plus apparente dans cette famille est une ligne latérale discontinue selon Leveque et Paugy (1984). Par ailleurs, les *Cichlidés* présentent les caractéristiques suivantes :

- Un corps couvert d'écailles imbriquées ;
- Un œil de chaque côté du corps ;
- Des nageoires ventrales rapprochées des pectorales et situées au-dessus de ces dernières;
- Une seule nageoire dorsale à rayons antérieurs épineux ;
- Trois épines à la nageoire anale ;
- Une seule narine de chaque côté.

1.2.2. Ecologie

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 31 et 36 °C. C'est un omnivore-brouteur, qui s'alimente sur le phytoplancton, le périphyton, les plantes aquatiques, les petits invertébrés, la faune benthique, les détritiques et les films bactériens liés aux détritiques. 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. Juste après la fécondation par le mâle, la femelle collecte les œufs dans leur bouche et s'éloignent. 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. Étant un incubateur buccal, le nombre d'œufs par ponte est faible en comparaison avec la majorité des autres poissons d'étang. Le nombre d'œufs est proportionnel au poids corporel de la femelle. Une femelle d'un poids de 100 g produira environ 100 œufs par frai, alors qu'une femelle de poids moyen de 600 à 1 000 g peut produire 1 000 à 1 500 œufs. Le mâle reste dans son territoire, gardant le nid et il est capable de féconder des œufs de plusieurs femelles de suite. En cas d'absence de période froide, la femelle peut pondre de façon ininterrompue. Lorsque la femelle couve, elle mange peu ou pas du tout. Le tilapia du Nil peut vivre plus de 10 ans et atteindre un poids de plus de 5 kg (Mohamed. et *al.*, 2010).

1.2.2.1. Elevage du Tilapia, *O. niloticus*

En matière d'aquaculture, l'efficacité de la reproduction du Tilapia est due aux soins parentaux (garde des alevins). Elle est accentuée par la précocité de la maturité sexuelle (Ibtissem hamouda, 2005). Ainsi, la maturité peut être observée chez *S. melanotheron* de taille 3,8 cm (Eyesson, 1983), chez *O. mossambicus* de 4,2 cm (Arrignon, 1969) et chez *T. zillii* de 6 cm (Dadzie et Wangila, 1980). La ponte est continue chez le Tilapia car la femelle peut produire toutes les 4 à 6 semaines une nouvelle cohorte d'alevins. Par ailleurs, l'absence de synchronisme dans les cycles reproducteurs des femelles d'une même population se traduit par une production continue d'alevins. D'ailleurs, l'ensemble de ces particularités, conduit en milieu fermé et en situation de compétition alimentaire, à une rapide surpopulation et au nanisme (Ouédraogo C., 2016).

1.2.3. Biologie

1.2.3.1. Maturité sexuelle

Oreochromis niloticus est connue pour sa maturité sexuelle précoce qui peut intervenir dès 3 à 4 mois dans certains élevages ; des individus de 30g et 8 cm peuvent se reproduire (Senghor, 2017). Cette maturité sexuelle est en fonction des conditions du milieu et de la densité des individus. Dans les milieux naturels, la taille de première maturité chez *O. niloticus* varie généralement entre 14 et 20 cm, ce qui correspond à un âge de 2 à 3 ans mais peut atteindre 28

cm et différer chez les mâles et les femelles. Toutefois, cette taille de maturité peut se modifier au sein d'une même population en fonction des conditions fluctuantes du milieu (FAO, 2002).

1.2.3.2. Fécondité

La fécondité est relativement faible du fait de l'incubation buccale : de quelques centaines à quelques milliers d'œufs selon la taille et l'âge de la femelle. Exprimée en nombre d'œufs par Kg de femelle elle est de 6000 à 12000 œufs selon les espèces (SYPAGUA, 2013). La taille de la première maturation varie selon les conditions environnementales. Plus le milieu est instable et les conditions défavorables, plus la maturation est précoce et les fréquences de pontes élevées. Plus la compétition entre individus est élevée, plus la maturité est retardée. Ceci se vérifie en étangs, lorsque la densité dépasse 20 ind/m², on observe peu de pontes. La reproduction est totalement inhibée au-delà de 125 ind/m².

Selon Mélard (1986), pour *O. Niloticus* : $F = 38,291 \times P^{0,672}$.

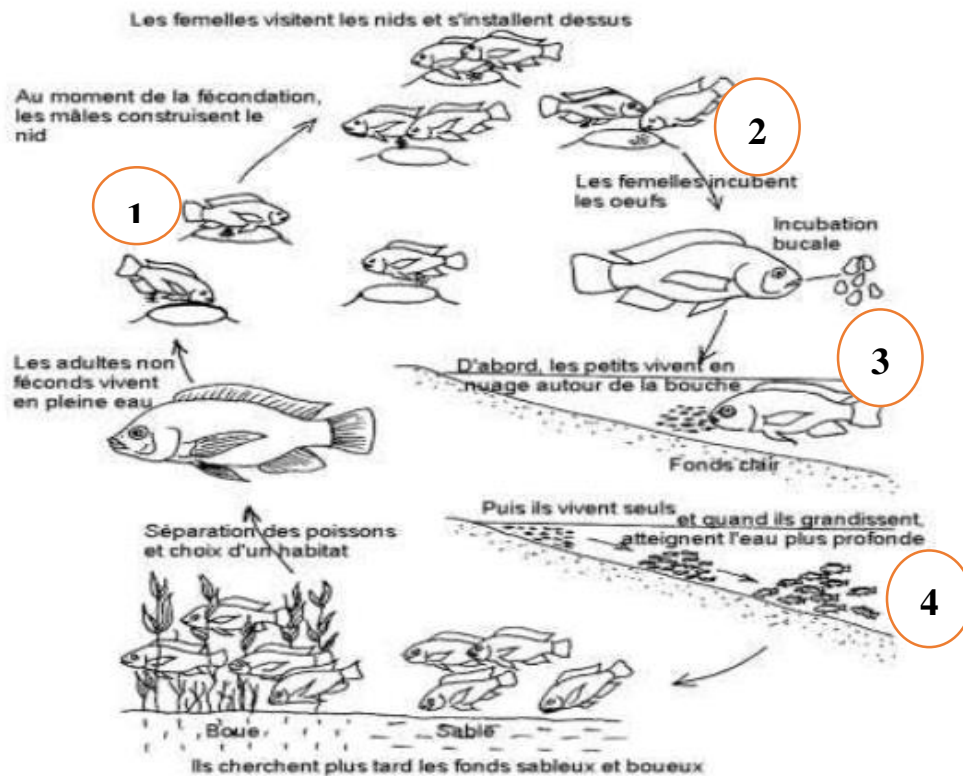
Avec F = fécondité en nb d'œufs par Kg de femelle et P = Poids de la femelle.

La fécondité absolue quant à elle est définie comme étant le nombre d'œufs fraîchement récupérés de la cavité buccale d'une femelle. Or, chez les tilapias, comme chez les autres poissons, cette fécondité augmente avec la taille des femelles. Ainsi, Dhraief (2010) a prouvé que ce paramètre augmente en fonction de la longueur des femelles. En revanche, Mélard (1986) prouve que la fécondité relative (exprimée en nombre d'œufs fécondés ou d'alevins produits/kg de femelle) varie en sens inverse du poids moyen des femelles du tilapia.

1.2.3.3. Reproduction

La reproduction du Tilapia a lieu quand la température dépasse les 22°C. Le mâle délimite un territoire sur lequel il creuse un « nid » dans le substrat, et tente d'attirer une femelle prête à pondre. Les femelles, allant d'un territoire à l'autre finissent par choisir un nid et s'associent au mâle présent pour former un couple éphémère. Dès que les ovules sont déposés au fond du nid, ils sont fécondés par le mâle, puis repris en bouche par la femelle pour leur incubation. Après que tous les ovules aient été pondus et fécondés, la femelle s'éloigne pour incuber ses œufs dans une zone abritée. L'éclosion a lieu dans la bouche de la femelle au bout de 4 à 5 jours, plus tard. La vésicule vitelline qui assure la survie des larves est résorbée au bout de 11 à 12 jours, selon la température. Dès lors, les larves capables de se nourrir d'elles-mêmes, s'échappent de la bouche de la femelle. Sans s'éloigner de leur mère, elles restent à proximité dans le but de se réfugier dans la bouche de la gardienne au moindre danger. Lorsqu'elles atteignent une taille de 1cm, elles s'affranchissent définitivement de leur mère qui les libère en eau peu profonde. Une femelle dans de bonnes conditions peut se reproduire tous les 40 jours.

Entre 25-28°C en moyenne, on considère qu'une femelle peut pondre 3 à 7 fois par an. Cependant, à cause de la phase d'incubation et de la protection des larves, les femelles ne se nourrissent plus ce qui explique leur croissance plus faible que celle des mâles. (Senghor, 2017). La figure 1 présente le Cycle de reproduction du Tilapia *Oreochromis niloticus*.



1= période de frai ; 2= ponte ; 3= incubation ; 4= alevinage

Figure 3: Cycle de reproduction naturelle de *Oreochromis niloticus*

Source: Eric, L., 2004,

1.2.3.4. EXPRESSION DU SEXE

La plupart des organismes sexués ont deux sexes. Chez de nombreuses espèces, la détermination du sexe est génétique : les mâles et les femelles ont des allèles différents ou même des gènes différents qui spécifient leur morphologie sexuelle. La différenciation sexuelle est généralement déclenchée par un gène principal (un « locus de sexe »), avec une multitude d'autres gènes suivants dans un effet domino. Dans d'autres cas, le sexe est déterminé par les variables environnementales (par exemple la température) ou des variables sociales (relatives à la taille de la population).

Chez le poisson, les types de reproduction rencontrés peuvent être classés ainsi (Prie, 1984, Chourrou, 1988) :

- le gonochorisme ou l'existence de sexes séparés ;
- l'hermaphrodisme, caractérisé par l'existence de deux sexes chez le même individu ;
- l'unisexualité, rencontrée chez des espèces à populations monosexes femelles.

La manifestation du sexe dépend de deux processus : le déterminisme sexuel et la différenciation sexuelle. Le déterminisme sexuel est responsable du sexe génotypique, tandis que la différenciation sexuelle est responsable du développement des différents types de gonades, testicules ou ovaires donc du sexe phénotypique. Ces deux processus cumulés, justifient l'existence possible de deux sexes morphologiques fonctionnels et phénotypiques mâle ou femelle. Cependant chez certains animaux, surtout les vertébrés inférieurs non mammaliens, la différenciation sexuelle peut être influencée par des facteurs environnementaux au point que le sexe phénotypique ne corresponde pas au sexe génotypique (Adkins-Regan, 1987). Cette réalité écophysiologique explique en partie le recours à l'inversion sexuelle qui autorise un phénotype différent du génotype à la faveur d'une accumulation de biomasse plus importante en termes de croissance accélérée chez les alevins concernés.

1.2.3.4.1. Déterminisme sexuel et différenciation sexuelle

L'expression du sexe chez les poissons gonochoriques est consécutive à l'interaction de deux processus que sont le déterminisme et la différenciation sexuels. Le déterminisme du sexe est le processus qui fixe le sexe génétique et oriente son expression phénotypique en établissant les éléments génétiques responsables de l'existence de la gonade bipotente, et de sa différenciation en ovaire ou en testicule ; la différenciation sexuelle inclut les événements permettant l'expression du sexe génétique par le phénotype approprié selon la base moléculaire établie (Piferrer, 2001). En d'autres termes, le processus de la détermination induit le sexe génétique, tandis que la différenciation établit son expression phénotypique. Le déterminisme sexuel est soit génétique (« Genetic Sex Determination ») soit environnemental (« Environmental Sex Determination ») (Devlin et Nagahama, 2002). Cependant, les travaux de Devlin et Nagahama (2002) ont montré que certaines espèces possèdent les deux processus (GSD + ESD) et qu'il existerait un continuum entre les 2 systèmes. Le déterminisme génétique du sexe est régulé soit par un système mono-factoriel représenté par le modèle « mammifère » XY/XX (hétérogamétie mâle) et le modèle « oiseau » WZ/ZZ (hétérogamétie femelle), soit par un système polygénique. Le déterminisme mono-factoriel ou chromosomique est piloté par des facteurs génétiques

majeurs impliquant un seul gène déterminant porté par le chromosome sexuel Y ou W selon les espèces concernées tandis que le déterminisme polygénique ou autosomal est contrôlé par des facteurs génétiques mineurs intégrant l'action combinatoire de plusieurs gènes (Devlin et Nagahama, 2002 ; Baroiller et *al.*, 2009a). En ce qui concerne le déterminisme environnemental du sexe, il est modulé par différents paramètres du milieu d'élevage tel que la température, la photopériode, la salinité et le pH (Sissao, 2014). Chez les espèces à déterminisme environnemental du sexe, la température constitue le facteur environnemental le plus déterminant, et on parle alors d'espèces à « déterminisme sexuel température dépendant » (Temperature-Dependant Sex Determination ou TSD) dont le déterminisme sexuel est exclusivement contrôlé par la température.

1.2.3.4.1. Contrôle du sexe chez *O. niloticus*

L'efficacité de la reproduction chez le tilapia repose sur les caractéristiques physiologiques et/ou éthologiques (Christian, 2016). A ce propos, si l'efficacité de cette reproduction a permis le développement de l'aquaculture du tilapia, le contrôle et la maîtrise de celle-ci sont apparus nécessaires à la rentabilité des entreprises aquacoles (Kaliba et *al.*, 2006). Les pratiques et tentatives, les plus couramment utilisées pour le contrôle du sexe chez les Tilapias sont l'hybridation, l'utilisation de l'hormone masculinisante, les chocs thermiques et le tri visuel.

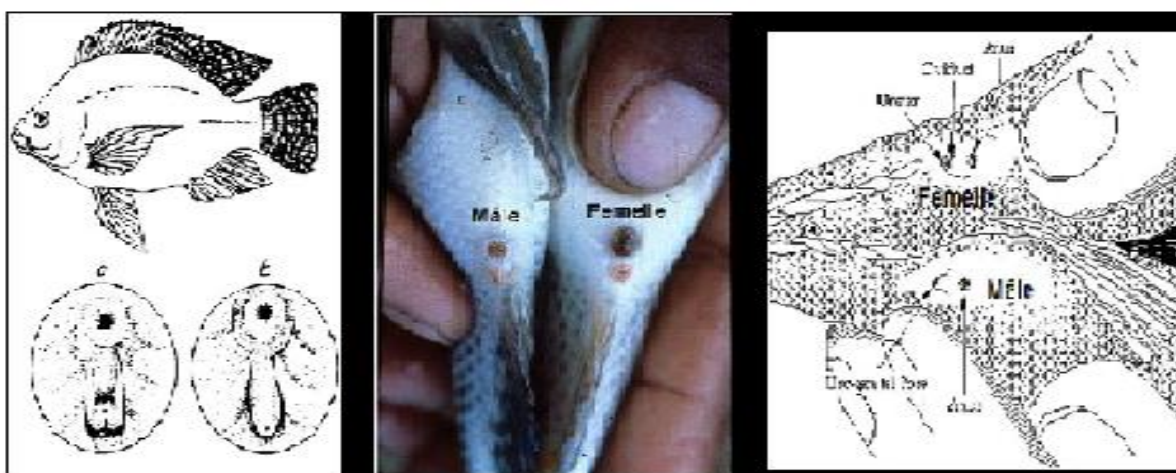
1.2.3.4.1.1. Hybridation

L'hybridation de plusieurs espèces de tilapia (*O. niloticus* x *O. aureus*) conduit à une progéniture caractérisée par une proportion élevée (90 à 100%) de mâle. Le principal désavantage de cette méthode est la nécessité de maintenir une souche pure de géniteur. L'hybridation de deux espèces différentes a été appliquée de manière extensive et avec succès pour produire des populations monosexes. Plusieurs conditions affectent le succès de l'hybridation de taxons de poissons apparentés, y compris la fécondation externe, l'abondance inégale de deux espèces parentales, les faibles mécanismes d'isolation bêta-vitale, la concurrence pour un habitat de frai limité et la diminution de la complexité de l'habitat (Trabelsi, 2019). Ces facteurs sont très probablement compatibles avec la plupart des tilapias. C'est pourquoi le tilapia a fait l'objet de beaucoup d'attention et est devenu le meilleur exemple connu de production hybride en aquaculture, car ils se caractérisent par des cycles de vie courts et une fraie fréquente. Des descendance entièrement masculines ont été produites à partir des croisements suivants ; mâle *O. hornorum* x femelle *O. niloticus* (Lee, 1979), mâle *O. aureus* x femelle *O. niloticus* (Wohlfarth, 1994), mâle *O. mossambicus* x femelle *O. aureus* (Pierce, 1980), mâle *O. hornorum* x femelle *O. mossambicus* (Hickling, 1960) et mâle *O. mossambicus* x femelle *O. spilurus niger* (Pruginin, 1967). D'autres croisements ont donné 50 à 98% de

mâles. L'absence de progéniture entièrement masculine, dans de nombreux cas, a été attribuée à la faible ségrégation des géniteurs par sexe et par espèce, ainsi qu'à l'introduction d'hybrides dans les étangs de géniteurs (Ouédraogo, 2016).

1.2.3.4.1.2. Tri visuel

Les poissons sont triés par sexe à partir de l'observation de leurs papilles génitales. Ils doivent atteindre un poids suffisant (+/- 20g) pour permettre une identification des papilles génitales (Figure 2). Cette méthode est couteuse en main d'œuvre. Elle induit par ailleurs des risques d'erreurs de l'ordre de 20%, une perte de poissons et d'aliments, les femelles étant éliminées de l'élevage. La papille urogénitale est un organe qui sert à l'excrétion de l'urine et à l'expulsion des produits sexuels. C'est une petite excroissance située à l'arrière de l'anus, percée d'un petit trou par lequel le poisson mâle peut uriner et faire sortir le sperme et le poisson femelle peut uriner et expulser les œufs (Sypagua., 2013).



Source : FAO, 1995

FIGURE 4 : LES PAILLES GENITALES DU TILAPIA FEMELLE (A) ET MALE (B)

1.2.4. Inversion du sexe et facteurs environnementaux

L'inversion sexuelle est un phénomène consécutif à des altérations du processus entre le signal primaire du déterminisme sexuel et les signaux secondaires de la différenciation (Valdivia, 2012). Ces perturbations peuvent conduire à des individus ayant un sexe phénotypique différent de leur sexe génétique. Les altérations à l'origine de l'inversion du sexe phénotypique correspondent soit à des variations anormales des taux des stéroïdes sexuels impliqués (Sissao R., 2014), soit à la modification de l'expression de certains gènes clefs (Poonlaphdecha et *al.*, 2013) suite à la méthylation de leur promoteur respectif (Uchida et *al.*, 2004 ; Navarro-Martin

et *al.*, 2011 ; Shao et *al.*, 2014). Des facteurs environnementaux (sociaux ou physico-chimiques) ont été identifiés comme étant des inducteurs de ces perturbations (Baroiller et *al.*, 2009a ; Baroiller et *al.*, 2009b ; Navarro-Martin et *al.*, 2011 ; Shao et *al.*, 2014) chez plusieurs espèces de poissons d'eau douce et marine. Ainsi, la température, le pH, la salinité, la photopériode et l'environnement social peuvent agir seuls ou en combinaison sur la différenciation sexuelle. Ces facteurs abiotiques agissent via l'axe hypothalamus-hypophysaire sur le cerveau qui perçoit les modifications environnementales transmises à l'hypophyse. Ils perturbent le schéma normal de la différenciation sexuelle en modifiant les mécanismes génétiques ou hormonaux (Dominique, 2019). La température est le principal facteur environnemental influençant le développement du sexe phénotypique ; son action sur le sex-ratio varie selon les espèces concernées. Chez les *Cyprinidae* et les *Cichlidae* tel que *O. niloticus*, les hautes et les basses températures ont respectivement un effet masculinisant et un effet féminisant (Baroiller et *al.*, 1999). Ainsi, des traitements thermiques peuvent être appliqués pendant la phase de différenciation sexuelle afin d'orienter le sex-ratio des poissons vers le sexe désiré.

Le pH du milieu d'élevage peut également influencer de façon significative l'expression du sexe phénotypique chez les poissons gonochoriques. Cela a été démontré chez certaines espèces de *Cichlidae* (*Pelvicachromis sp.*) et de *Poeciliidae* (*Xiphophorus sp.*). L'influence du pH se traduit généralement chez ces espèces par un effet masculinisant des pH acides (5 à 6), conduisant à un sex-ratio en faveur des mâles (87 à 100%). À l'inverse, les pH légèrement basiques (6,9 à 7,8) induisent un sex-ratio 80 à 100% de femelles dans la descendance (Sissao, 2014). Il faut aussi signaler l'action combinée de la température et du pH, pouvant orienter la différenciation sexuelle. Cela a été mis en évidence chez *Poecilia sphenops* où la combinaison hautes températures et faibles pH favorisent la production de femelles (Baron et *al.*, 2002).

1.2.4.1. La production de monosexes males d'*O. niloticus*

Pour la réussite d'un traitement d'inversion hormonale du sexe, un certain nombre de variables doit être pris en compte. Ces variables peuvent être scindées en deux catégories : qualitative et quantitative (Piferrer, 1990).

1.2.4.1.1. Variables qualitatives

Elles sont également appelées variables attribuées, prenant en compte le type de flavonoïdes (riche en substances phytochimiques) et améliorant le fonctionnement du corps. Elles affectent aussi le type de terpénoïdes qui grâce à ses principes bioactifs influent divers paramètres dont la stimulation de l'appétit et la croissance des poissons. Il est de même pour le type de stéroïdes et le type de tanins... (Boua et *al.*, 2013 ; Yété, 2015);

1.2.4.1.2. Variables quantitatives

Les principales variables sont le timing, la dose et la durée du traitement. La valeur effective de chacune de ces variables pour une espèce donnée varie en fonction du type de produit de *Garcinia kola*, de son origine (naturelle ou synthétique) et des objectifs de l'étude.

1.2.4.1.2.1. Le type et la nature des stéroïdes

Les stéroïdes également appelées variables attribuées prennent en compte :

- le type de stéroïde comme les œstrogènes ou les androgènes qui sont utilisés pour le contrôle du sexe chez le poisson. Les œstrogènes, particulièrement l'œstradiol-17 β sont utilisés comme hormones pour la féminisation tandis que les androgènes comme 17- α - méthyltestostérone sont utilisés pour la masculinisation lorsqu'ils sont administrés en petites doses ou pendant une période assez courte (Senghor, 2017). Cependant, une situation de féminisation paradoxale est observée lorsque la dose de 17- α - méthyltestostérone est élevée. C'est ainsi qu'à 1000 $\mu\text{g.g}^{-1}$ d'aliment, la méthyltestostérone conduit chez *Oreochromis mossambicus* à une féminisation. La stérilisation intervient lorsque que l'on alimente *C. carpio* à 400mg de 17- α - méthyltestostérone par kg d'aliment pendant 30 jours (Senghor, 2017) ;

- la nature du stéroïde notamment des stéroïdes naturels et synthétiques ou de leurs dérivés chimiques ont des pouvoirs œstrogéniques et androgéniques utilisés pour le contrôle du sexe chez le poisson (Yamamoto, 1969 ; Piferrer and Donaldson, 1992 ; Kavumpurath and Pandian, 1993). Ces substances synthétiques sont capables d'activer les récepteurs œstrogène et androgène et de réguler ainsi la transcription de certains gènes (Piferrer, 2001). Ainsi la 17- α -éthinyloestradiol et le diéthylstilbestrol sont utilisés pour la féminisation de *O. aureus* (Rosenstein and Hulata, 1994) ou *O. niloticus* (Gilling et al., 1996) et la 17- α -méthyltestostérone pour la masculinisation (Mebanga, 2020). Quelques substances non stéroïdiennes sont également utilisées pour orienter le sex-ratio chez le poisson. C'est le cas du N.N-diméthylformamide (Van den Hurk et al., 1980) pour la féminisation de la truite arc-en-ciel. De même des travaux ont révélé que la gonadotrophine chorionique humaine (Koulisch and Kramer, 1989) ou le neuropeptide Y (Kramer and Imbriano, 1997) pourrait induire une inversion sexuelle chez *Thalassoma bifasciatum*. Des substances dites « perturbateurs endocrines » et qui peuvent imiter les œstrogènes, seraient capables de causer une féminisation chez une grande variété de vertébrés, y compris le poisson (Krime, 1995 ; Jobling et al., 1998).

1.2.4.1.2.2. *Le timing, la dose et la durée du traitement*

La valeur effective de chacune de ces variables pour une espèce donnée varie en fonction du type d'hormone, de son origine (naturelle ou synthétique) et des objectifs même de l'expérience, ainsi, le timing du traitement chez les individus sexuellement indifférenciés est plus sensible aux effets des traitements. Il existe une période dite labile pendant laquelle les gonades sont plus sensibles à l'action des stéroïdes exogènes (Senghor, 2017). Toutefois, l'existence d'une période labile ne signifie pas toujours qu'en dehors de cette période, il ne peut plus y avoir d'inversion sexuelle. En effet, peu de temps après la différenciation sexuelle, les gonades sont encore assez sensibles aux stéroïdes exogènes comme l'ont montré les travaux de Brasquez et al. (1999) sur le bar européen et de Nakamura (1984) sur la truite *O. keta*. Cette sensibilité des gonades, en dehors de la période labile chez certaines espèces, s'expliquerait par la bio-potentialité des cellules germinales (Fabioux, 2005). Par ailleurs, la dose de traitement dite dose-dépendante ainsi que les intersexes pourraient apparaître lorsque de très fortes doses sont utilisées (Hunter and Donaldson, 1983). Hishida (1965) estime que la dose effective de stéroïde pour induire l'inversion sexuelle est de loin inférieure à la dose de stéroïde présente dans l'eau ou dans l'aliment lors des traitements. Au regard de la durée des traitements faits sous forme d'immersion, l'application se fait par la voie alimentaire durant des mois (Piferrer, 2001). D'ailleurs, il apparaît que l'efficacité des traitements hormonaux requiert une combinaison de la dose du stéroïde et de la durée de l'application (Piferrer and Donaldson, 1993). Cependant, l'utilisation de doses élevées pourraient prolonger la durée de la période labile (Dzwillo, 1966 ; Hackmann and Reinboth, 1974 ; Piferrer and Donaldson, 1989). Lorsque toutes les autres variables sont constantes, plus le temps du traitement est prolongé plus la dose nécessaire ou efficace est réduite.

1.2.4.2. Traitement hormonal (17- α - méthyltestostérone)

Une ponte donne naissance à une population de larves constituée de 50% de mâles et 50% de femelles. Chez *Oreochromis niloticus*, les mâles possèdent deux chromosomes sexuels XY et les femelles XX. Durant le mois qui suit la résorption de la vésicule vitelline, on peut orienter le développement sexuel des larves vers un comportement mâle ou des deux sexes (male-femelle). A ce stade, les larves sont traitées avec une hormone masculinisant (17- α -méthyltestostérone), ce qui provoque le développement des gonades. Au bout d'un mois de traitement, on obtient une population constituée de 97% de mâles. En réalité cette population est constituée à moitié de « vrais mâles » XY et de néo-mâles XX. Les alevins de Tilapia traités

aux androgènes présentent généralement une croissance plus rapide que ceux non traités (Rothbard et *al*, 1983).

La posologie de la 17- α -méthyltestostérone (MT) utilisée pour produire tous les Tilapias masculins varie en fonction des expériences.

Les doses varient entre 10 et 100mg. Par exemple, la préparation et l'administration de l'aliment selon Rothbard et *al*, 1983 sont décrits comme il suit :

- Dissolution de 60mg de 17- α -méthyltestostérone dans 0,5l d'éthanol à 95% ;
- Mélange de la solution dans 1kg d'aliment ;
- Évaporation de l'éthanol par séchage à l'abri de la lumière ;
- Nourrissage des alevins à raison de 14% de leur poids par jour.

Cette technique est utilisée depuis plusieurs années par certains pays producteurs de Tilapia comme l'Israël, les Philippines et Taiwan. Toutefois, elle implique de traiter chaque nouvelle population d'alevins destinés à la production. Or, l'utilisation de l'hormone pour la production destinée à la consommation humaine reste interdite dans de nombreux pays (France, Royaume Uni, Egypte...) pour qui le devenir et l'effet des produits de dégradation des stéroïdes de synthèse sont insuffisamment étudiés (Senghor, 2017).

CHAPITRE 2 : EFFET DE *GARCINIA KOLA* SUR LE TAUX D'INVERSION SEXUELLE DU TILAPIA DU NIL, *OREOCHROMIS NILOTICUS* ET SUR LES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DU MILIEU AQUACOLE

Ce chapitre a fait l'objet d'une publication dans la revue de chimie agricole et environnement , Vol. 12 N0.4 en Novembre 2023.

SARR C., NDOUR N., NDIAYE O., DIADHIOU H. D., 2023. Effets de la poudre de *Garcinia kola* « Bitter Kola » sur le changement de sexe, la survie et les performances de croissance du tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, **12**, 351-364. doi: [10.4236/jacen.2023.124025](https://doi.org/10.4236/jacen.2023.124025) .

RESUME

Cette étude a été réalisée en 2022 à l'écloserie de la station piscicole du Domaine Agricole Communautaire (DAC) de Itato au Sénégal oriental. Elle est menée dans le but de trouver une méthode alternative au 17- α -méthyltestostérone par l'utilisation de la poudre de *Garcinia kola* « petit cola » pour obtenir des populations de *Oreochromis niloticus* de sexes mâles. 1800 alevins de poids moyenne comprise entre 0,01 à 0,02g ont été répartis dans 12 bacs hors sol de 1m³ chacun en raison de 150 individus/bac, suivant 6 traitements en duplicata. Les régimes témoins négatifs (B1 et B2) et positifs (B3 et B4), auxquels on a ajouté respectivement entre 0 et 60mg/kg du 17- α -méthyltestostérone mélangés à l'aliment industriel titrant 40% de protéines ; les régimes des bacs (B5 et B6) ; (B7 et B8) ; (B9 et B10) et (B11 et B12) contiennent respectivement 10g ; 20g ; 30g et 40g de poudre de *Garcinia kola* pour 1kg de l'aliment industriel titrant 40% de protéines. La comparaison de l'efficacité du méthyltestostérone et de la poudre de *Garcinia kola*. Ce test a permis de noter une plus grande efficacité du premier avec un taux d'inversion de l'ordre de 97,56% contre 93,65% pour 20g de la poudre de *Garcinia kola*. Au niveau de la croissance pondérale, les meilleurs poids moyens pour l'hormone et *Garcinia kola* sont respectivement 0,896g et 0,980g. Pour ce qui est de la survie des poissons, moins de mortalité pour les alevins nourris avec de l'aliment auquel on ajoute de la poudre de *Garcinia kola* 5% contre 35% pour les alevins nourris avec le MT. Par contre une différence significative du taux de mortalité de 35% et 5% respectivement pour l'hormone conventionnelle et 20g de la poudre de *Garcinia kola* est observée. La densité est négativement corrélée à la dose de *Garcinia kola* dans la ration ($r=-0,9$ et $p=0,029$). La croissance pondérale est significativement corrélée au sex-ratio (0,73), au quotient nutritif (0,57) et au gain de poids journalier (0,82). Ces variables contribuent significativement sur le poids final du poisson. La dose T_{20g} permet une bonne oxygénation du dispositif d'élevage, un plus grand pH, une plus grande densité, le plus grand taux de survie avec un bon sex-ratio, et un quotient nutritif et un gain de poids journalier important. La dose T_{30g} est compatible avec un pH et une température importante, une bonne croissance pondérale, un taux de survie important, un bon quotient nutritif et en fin un bon poids final. La dose T_{40g} offre le meilleur poids final mais un sex-ratio faible, une densité et une oxygénation assez faible. Il est recommandé des études complémentaires pour déterminer la qualité organoleptique de la chair des poissons obtenus.

Mots clés : *Oreochromis niloticus*, 17- α -méthyltestostérone, *Garcinia kola*, inversion sexuelle, paramètres physico-chimique.

ABSTRACT

This study was carried out in 2022 at the Itato the agriculture community estate of fish hatchery in eastern Senegal with the aim of finding an alternative method to 17- α -methyl testosterone by using *Garcinia kola* "Bitter kola" powder to obtain *Oreochromis niloticus* male sex populations. 1800 fry of average size between 0.01 and 0.02g were distributed in 12 aboveground tanks of 1m³ each at a rate of 150 individuals/tank, following 6 duplicate treatments. The negative (B1 and B2) and positive (B3 and B4) control diets, to which between 0 and 60mg/kg of 17alpha-methyltestosterone had been added respectively, were mixed with industrial feed containing 40% protein; the tank diets (B5 and B6), (B7 and B8), (B9 and B10) and (B11 and B12) contained 10g, 20g, 30g and 40g of *Garcinia kola* powder respectively for 1kg of industrial feed containing 40% protein. These different treatments resulted in high proportions of males in the order of 97.56% for the hormone and proportions of 93,65% for 20g of *Garcinia kola* powder. Density was negatively correlated with the dose of *Garcinia kola* in the diet ($r=-0.9$ and $p=0.029$). Weight gain was significantly correlated with sex ratio (0.73), nutrient quotient (0.57) and daily weight gain (0.82). These variables contributed significantly to the final weight of the fish. The T20g dose provides good oxygenation of the rearing system, higher pH, higher density and highest survival with good sex ratio, high nutrient quotient and daily weight gain. The T30g dose is compatible with high pH and temperature, good weight gain, high survival, good nutrient quotient and finally good final weight. The T40g dose gives the best final weight but low sex ratio, density and oxygenation. Further studies are recommended to determine the organoleptic quality of the flesh we get.

Keywords: *Oreochromis niloticus*, 17- α - methyltestosterone, *Garcinia kola*, sexual inversion, male fry.

INTRODUCTION

Ces dernières décennies, les ressources halieutiques ont subi une très forte pression (surpêche et changement climatique...) entraînant une baisse considérable des potentialités halieutiques dans les estuaires, des fleuves et des mers (MPEM, 2011). Pour faire face à cette surexploitation des ressources halieutiques et pallier au gap des pêches de capture, le gouvernement du Sénégal s'est engagé à développer l'aquaculture avec la création de la Direction de la Pêche Continentale (DPC), puis l'Agence pour la Promotion de l'Aquaculture (APA) et en fin l'Agence Nationale de l'Aquaculture (ANA) en charge de conduire la mise en œuvre de la politique aquacole au Sénégal. Pour illustrer d'avantage sa volonté, l'État du Sénégal a inscrit l'aquaculture parmi les 6 secteurs prioritaires et dans les 27 projets phares moteurs de création d'emplois et de richesses, capables d'impulser la croissance économique du pays. Parallèlement, des institutions furent créées comme la Direction de la pêche continentale (DPC), l'Agence Nationale D'insertion et de Développement Agricole (ANIDA) et le Programme des Domaines Agricoles Communautaires (PRODAC). Parmi les espèces élevées au Sénégal, le tilapia constitue le groupe de poissons dont l'élevage a connu la plus forte croissance ces dix dernières années (Lazard, 2007). Toutefois, l'essor de cette production est confronté à un problème lié à la forte reproduction de l'espèce et à la différence de croissance entre les mâles et les femelles en faveur des mâles. C'est dans cette démarche qu'un projet de transfert de technologie financé par le Fond National de Recherche Agricole (FNRA) piloté par le CRODT entre 2016 et 2017 a travaillé avec les structures de développement comme l'ANA et l'ANIDA pour régler ce problème de la disponibilité en quantité d'alevins mâles de tilapia en utilisant l'hormone méthyltestostérone. Cependant, les coûts élevés et les difficultés d'importation de l'hormone synthétique limitent actuellement son utilisation pour la production de tilapias monosexes mâles dans les pays en développement.

Fort de ce constat, il est important de trouver des méthodes de production d'alevins monosexes mâles en utilisant la poudre de *Garcinia kola* comme complément alimentaire qui avec ces principes bioactifs influent sur divers paramètres dont la stimulation de l'appétit et la croissance des poissons en aquaculture (Tigoli et al., 2018 ; Citarasu et al., 2010 ; Chakraborty & Hancz, 2011). Il est largement disponible et distribué dans tout le pays. Il agit, aussi, comme modulateur endocrinien et possède des propriétés anti-œstrogéniques (Syahidah, 2015). Ainsi, il peut bloquer la synthèse des œstrogènes par leur capacité d'inhibiteur de l'aromatase et réduire le niveau d'œstrogènes dans le corps. L'inhibition de l'activité enzymatique de l'aromatase ou le blocage des voies de signalisation des œstrogènes conduisent en effet à une masculinisation fonctionnelle (Guiguen et al., 2010). L'objectif de la présente étude est de

contribuer à l'amélioration de la productivité piscicole de *O. niloticus*. Il s'agit d'évaluer l'effet de *Garcinia kola* sur la production en masse d'alevins monosexes mâles de *O. niloticus* et de déterminer la dose optimale et la dose létale de *Garcinia kola* sur l'inversion sexuelle, la survie et la performance de croissance.

2.1. MATERIEL ET METHODES

2.1.1. Zone d'étude

Située à 15 km du département de Kédougou, la ferme piscicole du Domaine Agricole Communautaire (DAC) se trouve à la commune de Bandafassi, village d'Itato. Elle se situe à proximité du fleuve Gambie un choix stratégique qui permet l'alimentation des bassins en eau. Les infrastructures suivantes sont présentes sur le site : une station de pompage avec un réservoir d'eau de 10 000m³ ; une écloserie d'une capacité de 100 000 alevins/mois ; des unités de grossissement constituées de 80 bassins en béton dont 10 bassins de 10m³, 20 bassins de 20m³ et 50 bassins de 50m³ ; un magasin de stockage d'aliments et de matériel.

Pour garantir le contrôle du cycle de production, le PRODAC s'est investi, dans la mise en place d'une écloserie, d'une capacité de plus d'un million d'alevins, assurant ainsi son propre approvisionnement.

Les meilleures conditions d'hygiène alliées à un contrôle rigoureux de la qualité à chaque étape de la production (œufs, larves, alevins) permettent de mener chaque cycle d'élevage dans les conditions les plus maîtrisées.

Ainsi, du matériel de qualité était mis en place dans l'écloserie afin de pouvoir assurer son bon fonctionnement en particulier et celui de la ferme piscicole en général.

La présente étude a été réalisée dans cette station piscicole entre mars 2022 et mai 2023. La Figure 5 montre une vue d'ensemble de la station piscicole du DAC de Itato



Figure 5: Vue d'ensemble de la ferme piscicole du DAC d'Itato

Crédit photo : Sarr, (2022)

2.1.2. Matériel

Pour réaliser cette présente étude, nous avons utilisé comme matériel végétal le *Garcinia kola* (petit cola) provenant de la République de Guinée et comme matériel biologique *O. niloticus*, une souche provenant de la vallée du fleuve Sénégal. Les expériences ont commencé par la récupération de larves d'un poids moyen compris entre 0,01 à 0,02g. Ces derniers sont issus de géniteurs de masse corporelle comprise entre 100 et 200g bien adaptés à la vie en captivité dans la station piscicole du DAC. Ces larves ont été subdivisées en 12 lots de 150 individus chacun \pm 5%. Chacun des lots est placé dans un bac hors sol de 1m³. En termes de matériel d'élevage, deux bassins en bétons de 10m³ pour la reproduction avec un ratio de 1 mâle pour 3 femelles ont été utilisés. Pour ce qui est du matériel d'incubation, six bouteilles de Zoug, six plateaux de résorption du sac vitellin, six happas et une (01) pompe submersible de 12 kV ont été utilisées. Concernant la formulation de l'aliment hormoné, nous avons utilisé 60mg/kg de 17- α -méthyltestostérone en poudre ; de l'alcool (Ethanol) à 95% ; de l'aliment industriel très fin titrant 40% de protéines et des verreries (éprouvettes, cuillères, plateaux, bouteilles, etc). Et pour la formulation de l'aliment contenant la poudre de *Garcinia kola* (petit cola); de l'alcool (Ethanol) à 95% et de l'aliment industriel très fin titrant 40% de protéines. Par ailleurs, des appareils de mesure des paramètres physico-chimiques ont été utilisés. Il s'agit du thermomètre qui a permis de mesurer la température de l'eau, de l'oxymètre (DO9100) qui a permis de mesurer l'oxygène dissous dans l'eau, du pH-mètre qui a servi à mesurer le potentiel hydrogène

de l'eau, du GPS destiné à la localisation de la zone d'étude et de la balance qui a servi à mesurer la biomasse des poissons.

2.1.2.1. Caractéristiques physiques et potentialités naturelles

2.1.2.1.1. Relief

La région épouse les contours de l'ancien département de Kédougou. Le relief de la région est le plus accidenté du pays avec un point culminant à 581 m à Sambangallou au Sud. La région est bordée à l'ouest par les collines du pays Bassari et le mont Assirik qui domine le Parc National de Niokolo – Koba (PNNK). Ce relief est entrecoupé par des plateaux et des vallées qui constituent les principales zones de culture.

2.1.2.1.2. Climat

La région a un climat de type soudano-guinéen. On y distingue deux grandes périodes de régime thermique. La période de basses températures, allant de juillet à février avec plus de fraîcheur aux mois de décembre et de janvier et la période de hautes températures se situant entre mars et juin. Les températures sont généralement élevées avec des maximas variant entre 34° et 42° et des minimas de 21° à 25°. Elle est l'une des régions les plus pluvieuses du pays avec au moins 1300 mm/an. La saison des pluies dure environ six (6) mois, de mai à octobre, avec une saison sèche de six mois également allant de novembre à mai. Elle est soumise à l'harmattan pendant sept (7) mois (octobre à avril). Toutefois, cette pluviométrie se caractérise par une grande variabilité spatio-temporelle, les mois d'août et septembre étant les plus pluvieux. L'insolation moyenne annuelle dépasse 3 000 heures, soit environ 8 à 9 heures d'ensoleillement par jour.

2.1.2.1.2.1. Pluviométrie

En 2018, la région a enregistré, en moyenne, 1 204,7 mm de pluies sur les 10 stations (Kédougou, Bandafassi, Fongolimbi, Dakatéli, Oubadji, Salémata, Ethiolo, Saraya, Sabodala, Médina Baffé) pour 60 jours de pluies. Sur ces mêmes stations, une amélioration de la quantité de pluies a été notée entre 2017 et 2018. En effet, durant la première année, la quantité de pluie enregistrée était de 1 108,1 mm. Cependant, une baisse de 3 jours du nombre de jours de pluie a été enregistrée.

2.1.2.1.2.2. Températures et humidité

La région de Kédougou a un climat de type soudano-guinéen. On y distingue deux grandes périodes de régime thermique. La période de basses températures, allant de juillet à février avec plus de fraîcheur aux mois de décembre et de janvier et la période de hautes températures se situant entre mars et juin. Les températures sont généralement élevées avec des maximas variant

entre 34° et 42° et des minimas de 21° à 25°. L'humidité relative est très élevée en hivernage. Elle dépasse 97% entre août et octobre. De janvier à mars, elle baisse pour atteindre une valeur minimale voisine de 10%. L'évaporation croît du sud au nord, à l'inverse du gradient pluviométrique. De décembre à mai, elle est supérieure à 200 mm (ANSD, 2019).

2.1.2.1.3. Végétation et Faune

La nature du relief et celle des types de sol confèrent à la région une biodiversité très importante aussi bien du point de vue faunique que floristique. En effet, on y rencontre quasiment toutes les espèces de la flore guinéenne présente au Sénégal mais aussi une bonne partie de la faune de l'Afrique de l'Ouest dont plusieurs espèces d'antilopes. Cette biodiversité est, en partie, la résultante de caractéristiques climatiques favorables. Ainsi, les formations végétales de la région couvrent une superficie de près de 1 606 514 ha, soit 95% du territoire régional. La végétation comprend plusieurs types de formation dont les principaux sont : la steppe, la savane, la forêt claire, la forêt galerie, les prairies marécageuses et les bowé. La région représente l'un des derniers bastions de la faune du Sénégal. On rencontre au niveau de la Zone d'Intérêt Cynégétique (ZIC) de la Falémé la grande faune composée de bandes d'antilopes les plus prestigieuses dont l'hippopotame (antilope cheval ou Koba) et l'élan de derby. On y trouve aussi des hippopotames, des buffles, des lions, des panthères, des crocodiles...). Dans cette zone, est pratiquée la grande chasse aux bovidés. La région abrite également une grande partie du Parc National de Niokolo Koba (ANSD, 2019).

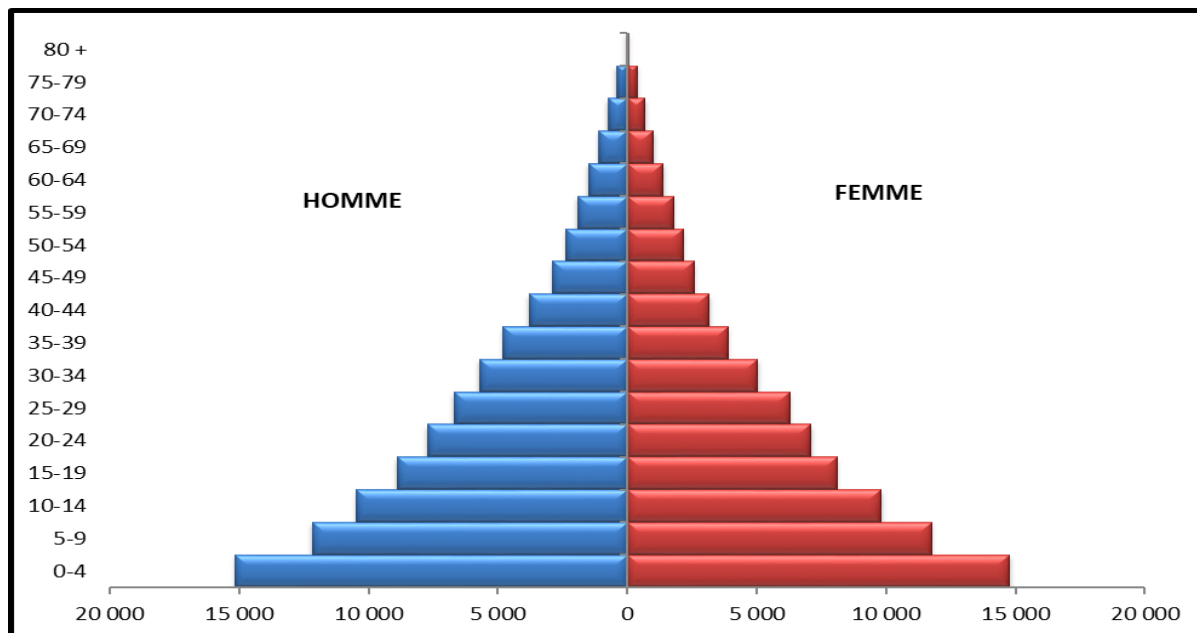
2.1.2.1.4. Eaux de surface et les eaux souterraines

Le réseau hydrographique est dense et dépend très fortement de la pluviométrie. La région est arrosée par la Falémé et le fleuve Gambie et ses affluents tels que le Niokolo. La Gambie et la Falémé qui constituent les deux grands fleuves, entrent en étiage par endroits et jouent un rôle important dans le développement local (agriculture, alimentation en eau des hommes et du bétail). La région compte également une multitude de petits cours d'eau, mais intermittents dont le Diougol, le Daléma, le Dialé, le Diaguiri, le Diarra, le Thiokoye, le Sandoundou, etc.

2.1.2.1.5. Situation démographique de la région

Avec une population de 172 482 habitants répartis ainsi : les hommes 89 493, les femmes 82 493, la région de Kédougou ne représente que 1,1 % de la population du Sénégal (ANSD, 2017). La région occupe la dernière place du point de vue démographique par rapport aux autres régions du Sénégal. Lors du premier recensement général de la population de 1976, la région de Kédougou (ancien département) comptait une population de 63 549 habitants. La population a continué de croître lentement entre 1976 et 1988 (71 125 habitants) avant d'amorcer une phase

de croissance (2,7 %) au-dessus de la moyenne nationale entre 1988 et 2002. Cette croissance s'est accélérée entre 2002 et 2013 pour atteindre une moyenne de 3,5 % par an sur la période. La croissance démographique de la région est l'une des plus élevées du Sénégal durant cette dernière décennie. La figure 6 présente la pyramide des âges dans la région de Kédougou.



Source : ANSD, projection démographique 2019

FIGURE 6: PYRAMIDE DES AGES DANS LA REGION DE KEDOUGOU

L'analyse de la pyramide des âges montre que la population de Kédougou est relativement jeune. En 2019, la population potentiellement active, c'est-à-dire celle âgée de 15-64 ans, représente 52,1% de la population régionale respectivement, celle des moins de 15 ans font 44,9% et celle des personnes âgées de 65 ans et plus représentent la même proportion de 3,0% de la population de Kédougou. Le rapport de dépendance démographique qui mesure la taille de la population « à charge » par rapport à celle « en âge de travailler » se situe à 0,92. Cela signifie que 100 personnes actives ont à leur charge 92 personnes. Cette situation démographique pourrait être liée à l'émigration massive des jeunes vers les exploitations d'or.

2.1.3. METHODES

2.1.3.1. Reproduction des géniteurs

Pour obtenir douze (12) lots d'alevins, des géniteurs de Tilapia ont été mis en reproduction dans deux bassins en béton de 10m³ chacun, avec un sex-ratio de 1 mâle pour 3 femelles dans le bassin. La température de l'eau varie entre 25 et 30°C. Ces géniteurs sont alimentés trois fois par jour en fonction de leurs besoins et de leurs poids. La température est vérifiée trois fois par

jour (9h, 13h et 17h) et l'oxygène deux fois par jour (10h et 16h). Les œufs incubés par les femelles sont récupérés par les techniciens du DAC de Itato.

2.1.3.2. Récupération des œufs et des larves

Au cours de cette étude, les géniteurs ont été maintenus dans des conditions abiotiques optimales d'élevage. Plusieurs signes permettent l'identification de femelles incubatrices, telles que l'apparition d'une bande sombre au niveau du front et des tâches noires sur les flancs, un nuage rapide et discontinu avec un comportement assez agressif envers les autres individus présents dans le bassin (Laouar et Barhoumi, 2017). La récolte des œufs a été faite en capturant les femelles une à une dans chaque bassin à l'aide d'un filet et d'une épuisette de petites mailles. La figure 7 présente la phase de récupération des œufs et des larves de la bouche du Tilapia.



Figure 7: œufs et larves recuperes

CREDIT PHOTO : SARR, (2022)

2.1.3.3. Incubation des œufs

La phase d'incubation a été réalisée artificiellement. Pour ce faire, 2730 œufs déjà féconds ont été collectés et incubés dans les bouteilles de Zoug de 1,5 L. La température d'incubation durant l'expérience était de 28°C jusqu'à la résorption de la vésicule vitelline entre le 5^{ème} et le 7^{ème} jour. Les larves obtenues ont été ensuite pesées, dénombrées et réparties en 12 lots de 150 individus chacun. La figure 8 présente la phase d'incubation des œufs dans des bouteilles de Zoug.



CREDIT PHOTO : SARR, 2022

FIGURE 8: L'ARVE DANS UNE « BOUTEILLE DE ZOUG »

2.1.3.4. Préparation de l'aliment hormone

L'aliment utilisé durant l'expérience est industriel de marque « GOUESSANT AQUACULTURE » présente dans des sacs de 20kg. La figure 9 présente la composition de l'aliment hormone



FIGURE 9: COMPOSITIONS DE L'ALIMENT HORMONE : A=ALIMENT, B=ETHANOL, C=HORMONE
(ajouter les photos l'alcool et le l'hormone= constituants de la formule alimentaire)

Au cours de cette expérience, 6 régimes alimentaires correspondant chacun à un traitement ont été élaborés à raison de 2 témoins (2 négatifs et 2 positifs) et 4 tests avec *Garcinia kola* (Annexe 1).

- ❖ Les témoins négatifs sont appliqués directement (aliment simple titrant 40% de protéines) ;

- ❖ Les témoins positifs ont été obtenus en dissolvant 60 mg d'hormone 17- α - méthyl testostérone dans 250ml d'éthanol à 95% dans un aliment industriel titrant 40% de protéines. Afin de faire évaporer l'alcool, l'aliment est soigneusement mélangé et séché à la température ambiante à l'abri de la lumière.
- ❖ Concernant la préparation des aliments tests, 4 régimes alimentaires ont été élaborés, à raison de 2 répartitions pour chaque dose de *G. kola*. A cet effet, les graines de *G. kola* fraîches ont été nettoyées avec de l'eau distillée, découpées en petits morceaux, séchées séparément à la température ambiante pendant sept jours, transformées en poudre, puis passées au tamis de mailles 0,1mm selon la méthode de Tigoli et *al.* (2018). Pour chaque kilogramme d'aliment, des échantillons de *G. kola* de 10, 20, 30 et 40g ont été macérés respectivement dans 50, 100, 150 et 200ml d'éthanol 95% à l'abri de la lumière à la température ambiante pendant 24h.

Six fois deux (6x2) régimes alimentaires tests : B5 et B6 (10g de poudre de *G. kola* chacun), B7 et B8 (20g de poudre de *G. kola* chacun), B9 et B10 (30g de poudre de *G. kola* chacun) et B11 et B12 (40g de poudre de *G. kola* chacun) pour un kilogramme d'aliment titrant 40% de protéines. La figure 10 présente le dispositif expérimental de l'étude.

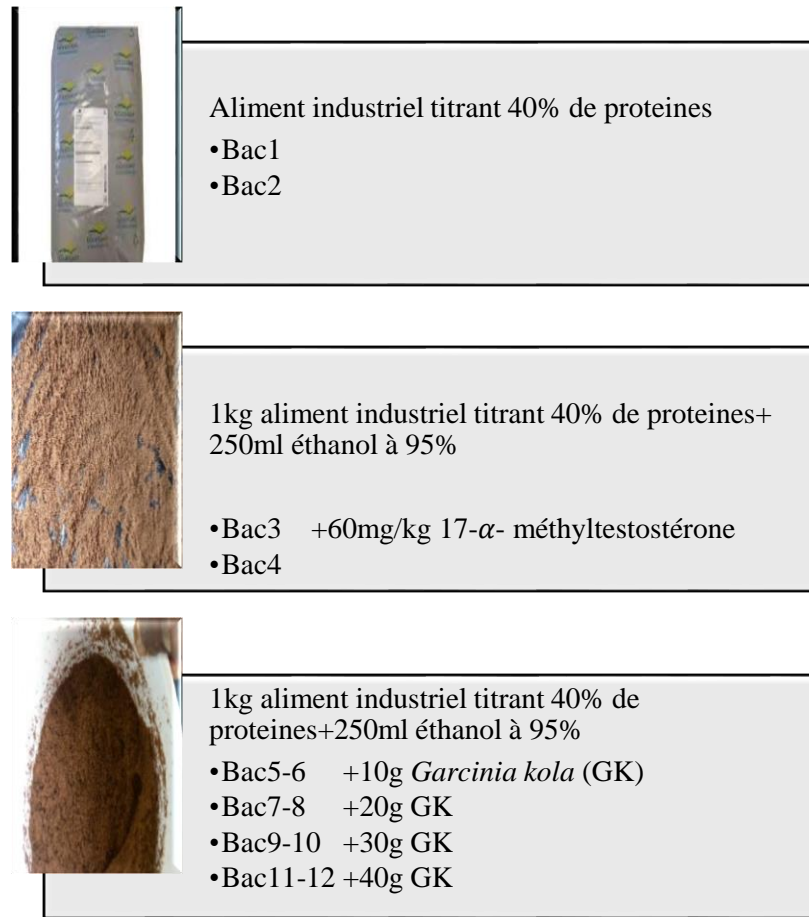


FIGURE 10: SYNTHESE DU DISPOSITIF EXPERIMENTAL ADOPTE

2.1.3.5. Traitement des alevins avec le *Garcinia kola*

Une ponte donne naissance à une population de larves constituée de 50% de mâles et de 50% de femelles. Chez *O. niloticus*, les mâles possèdent deux chromosomes XY et les femelles XX. Durant le mois qui suit la résorption de la vésicule vitelline, on peut orienter le développement sexuel des larves, vers un comportement mâle ou femelle. Les larves dès la résorption de la vésicule vitelline sont traitées avec *G. kola*. Les alevins de tilapia traités aux androgènes présentent généralement une croissance plus rapide que ceux non traités (Rothbard et al., 1983). La posologie du *G. kola* utilisée pour produire des tilapias masculins, varie en fonction des doses expérimentales. Les doses varient de 10-40g/kg d'aliment. Les graines de *G. kola* fraîches sont nettoyées avec de l'eau distillée, découpées en petits morceaux, séchées séparément à la température ambiante pendant au moins sept jours, transformés en poudre, puis passées au tamis de mailles 0,1 mm (K. Tigoli et al, 2018). La plante mixée, des échantillons végétaux de 10, 20, 30 et 40g seront macérés respectivement dans 50, 100, 150 et 200ml d'éthanol 95 % à l'abri de la lumière, à la température ambiante, pendant 24h. Sur 1 kg de l'aliment titrant 40% de protéine, sera aspergée de la solution végétale obtenue précédemment. Chaque échantillon

d'aliment sera soigneusement mélangé et séché à l'obscurité à la température ambiante, pour faciliter l'évaporation de l'alcool. Quatre régimes alimentaires tests (duplicatas) A1-A'1 ; A2-A'2 ; A3-A'3 et A4-A'4 contiendront respectivement 10, 20, 30 et 40g de poudre de la plante de *G. kola* par kilogramme d'aliment industriel titrant 40 % de protéine.

2.1.3.6. Ration alimentaire et fréquence de nourrissage

La ration alimentaire journalière (R.A) est calculée selon la formule de la FAO, (2002) déterminée par la relation suivante :

$$R. A = (Pm \times T.N/100) \times \text{Nombre d'individus} ; \text{avec}$$

Pm= poids moyen (g) et **T. N**= taux de nourrissage

Le taux et la fréquence de nourrissage, au début de l'expérience sont les mêmes pour les douze lots. Cependant, ce taux change en fonction du poids moyen des individus. Il est de 25% de la biomasse du 1^{er} au 10^{ème} jour ; ensuite de 20% du 11^{ème} au 20^{ème} jour et enfin de 15% du 21^{ème} au 28^{ème} jour.

La ration alimentaire est distribuée trois (03) fois par jour sur une période de 28 jours après chaque prise de paramètre (température, pH et l'oxygène dissous).

2.1.4. Suivi des paramètres physico chimiques et zootechniques

2.1.4.1. Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico chimiques de l'eau tels que la température, le pH, la densité et l'oxygène dissous sont mesurés tous les jours respectivement à l'aide d'un thermomètre, d'un pH-mètre et d'un oxymètre. Les données sont collectées à l'aide de fiche de suivi des paramètres physico chimiques (Annexe 2). Le tableau 1 présente les valeurs des paramètres physico-chimiques pour chaque phase d'élevage.

TABLEAU 1: PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DES DIFFERENTS DISPOSITIFS D'ELEVAGE

Dispositifs d'élevage	T ⁰ C	pH	DO
Reproduction	25-37	7,7-8,3	2,1-5,0
Ecloserie	28-29	7,2-8,0	2,9-4,9
Traitements sexuelle (inversion)	28-30	7,1-7,9	3,1-4,7
Alevinage	27-35	6,5-7,5	3,0-5,2

2.1.4.2. Paramètres zootechniques

Un échantillon de 25% de la population est prélevé au hasard de façon hebdomadaire pour contrôler la biomasse et réajuster la ration alimentaire de la semaine. Après 28 jours d'élevage, tous les poissons ont été prélevés et comptés et 20 individus choisis au hasard dans chaque bac ont fait l'objet de mesures de longueurs et de poids individuel. Au 75^{ème} jour correspondant à la fin du pré-grossissement, tous les poissons ont été capturés et sexés manuellement. La confirmation du sexe a été faite par observation direct des papilles génitales de chaque spécimen. Différents paramètres zootechniques à savoir le sexe ratio, le taux de survie, le gain de poids moyen, le taux de croissance spécifique, le quotient nutritif, le taux de mortalité ont été calculés. Le tableau 2 présente les méthodes de calcul des paramètres de performances zootechniques.

TABLEAU 2: FORMULES DE CALCUL DES PARAMETRES DE PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

Paramètres	Formules
Sex-ratio (%)	(Nombre femelles/Nombre mâles) x 100
Gain de poids (g)	Poids moyen final (g)-Poids moyen initial (g)
Gain de poids journalier (g/j)	Gain de poids (g)/ Durée traitement
Taux de croissance spécifique (%/j)	((Ln poids moyen final)-(Ln poids moyen initial)/ Durée traitement) x100
Quotient nutritif	Quantité aliment sec distribué/ (biomasse final- biomasse initial)
Taux de survie (%)	(Nombre final/ Nombre initial de poissons) x100

2.1.5. Analyse statistique

Le taux d'inversion sexuelle, le gain de poids journalier, la croissance pondérale et le taux de survie ont été soumis à l'analyse de variance à un facteur (dose de *Garcinia kola*) pour comparer les doses avec les tests de comparaison de moyennes selon Nemenyi. La densité du peuplement, la température, l'oxygène dissous et le pH de l'eau ont été soumis à l'analyse de variance à un facteur (ANOVA) associée au Test de Friedman. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée pour voir les effets des doses de *Garcinia kola* sur chaque paramètre et en fonction des variables liées à la production. L'analyse de variance a indiqué des différences significatives ($p < 0,05$).

2.2. RESULTATS

2.2.1. Taux d'inversion sexuelle (%)

Le sex-ratio augmente en fonction du renforcement de la quantité de *Garcinia kola* dans la ration alimentaire des alevins jusqu'à un certain seuil proche de l'effet suscité par la ration de référence. Cependant à partir de 30g et au-delà, le sex-ratio diminue considérablement. Les

pourcentages de mâles du lot témoin positif et du lot traité avec 20g de *G. kola* sont significativement ($p < 0,001$) supérieur à ceux des autres lots. Par contre, celui du lot témoin négatif est significativement inférieur à ceux des lots traités avec du complément alimentaire ($p < 0,017$). Pour les lots traités avec la poudre de *G. kola*, le meilleur taux de mâle a été obtenu dans le lot traité avec 20g de *G. kola* (94,03-93,06%). La comparaison des deux lots (témoin positif et 20g de *G. kola*) sont significativement meilleurs que ceux des autres lots (témoin négatif et 10, 30 et 40g de *G. kola*). Le lot témoin positif à respectivement 97,03% et 98,09% de mâles. Le lot témoin négatif à respectivement 49,22% et 53,02% et le lot traité avec 10g de *G. kola* à respectivement 80,01% et 75,72% de mâles. Le tableau 3 présente la répartition des taux d'inversion sexuelle par bassin et la figure 11 présente la variation du sex-ratio en fonction de la dose de *Garcinia kola* dans la ration alimentaire.

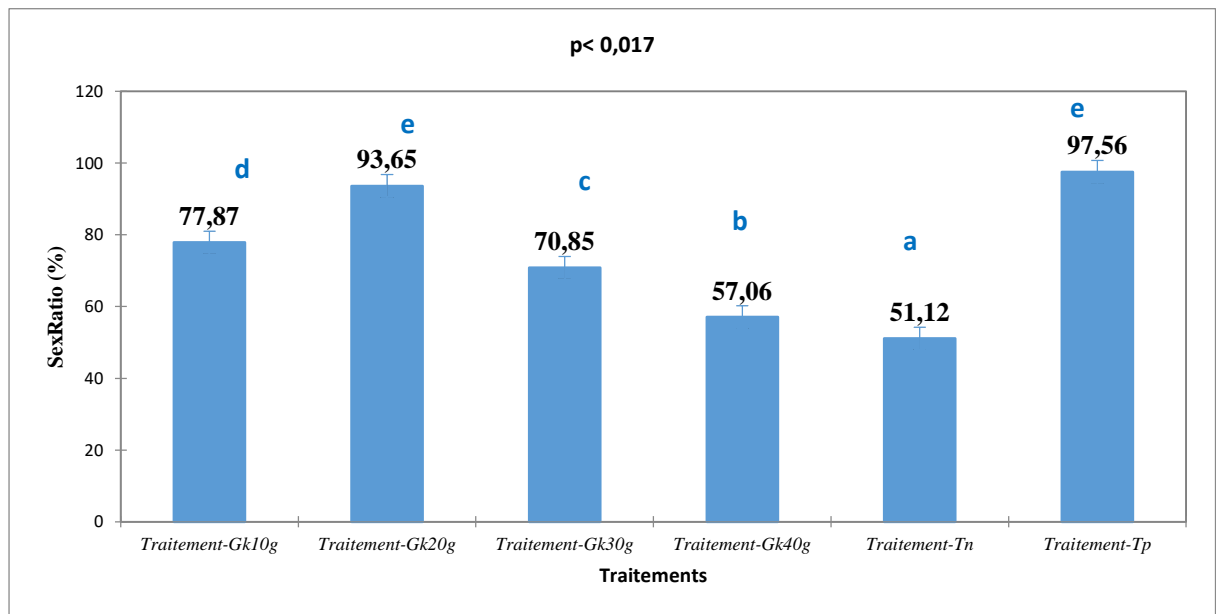


FIGURE 11: VARIATION DU SEX-RATIO EN FONCTION DE LA DOSE DE TRAITEMENT

2.2.2. Croissance pondérale

Le test de Friedman montre que les différents traitements n'induisent pas une même croissance. En effet la ration T30g est la plus proche de la ration de référence ($T_{réf}$). Au-delà de 30g l'effet sur la croissance pondérale est dépressif.

La durée de traitement est fixée à 28jours. Les performances de croissance pondérale observées sont significativement meilleures ($p < 0,001$) chez les lots ayant reçu l'aliment témoin positif et 30g d'extraits de *G. kola*, suivies de celles soumises aux régimes alimentaires contenant 10 et 20 g d'extrait de *G. kola*. Par contre, les témoins négatifs sont plus proches de ceux contenant 40g d'extrait de *G. kola*. Au 28^{ème} jour de traitement, un échantillon de 50 individus est prélevé dans chaque bac et les poids moyens finaux des populations traitées avec 10 ; 20 ; 30 et 40g

d'extraits de *G. kola* en moyenne ont atteints respectivement 0,560g ; 0,658g ; 0,882g et 0,490g. Ceux des populations des témoins négatifs et positifs en moyennes ont atteints respectivement 0,308-0,308g ; 0,896-0,980g. La figure 12 présente la dynamique de la croissance pondérale du tilapia selon le traitement.

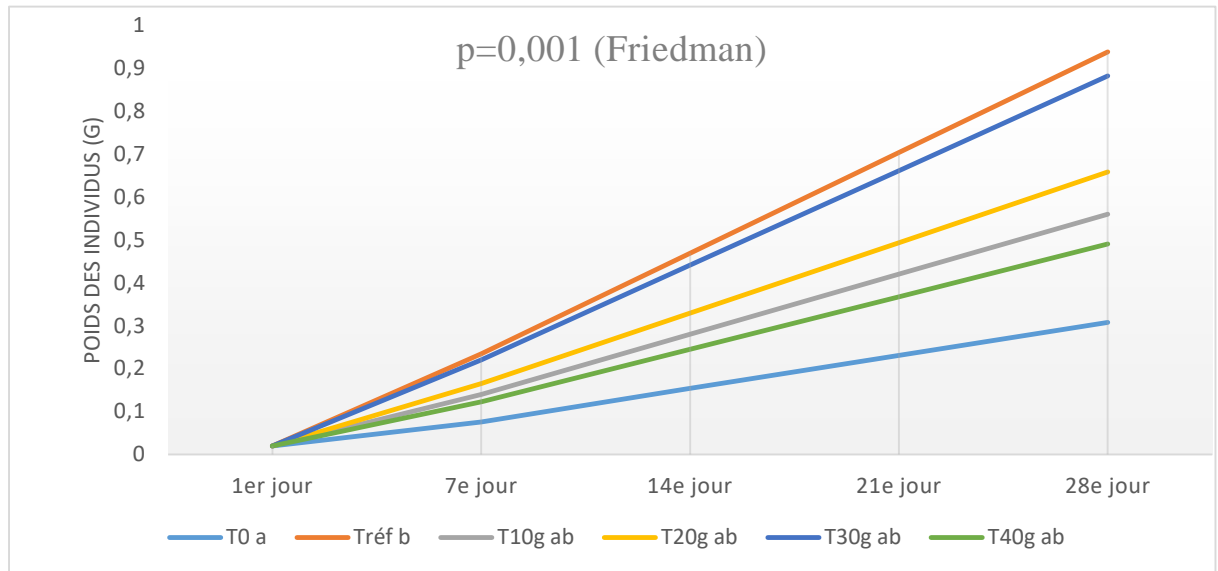


FIGURE 12: DYNAMIQUE DE LA CROISSANCE PONDERALE DU TILAPIA SELON LE TRAITEMENT

2.2.3. Gain pondéral du Tilapia au 28^e jour selon le traitement

L'analyse linéaire révèle une forte corrélation entre le gain pondéral et la dose de *Garcinia kola* de l'aliment des alevins ($r=0,99$ et $p=0,0058$). Ainsi une dose de 40g induit un gain supérieur au Témoin de référence. Au 28^e jour de traitement, les poissons ont le même gain de poids qu'ils soient nourris avec de l'aliment témoin positif où qu'ils consomment une ration complétée par 30g de poudre *Garcinia kola*. En effet, à partir de 10g toute augmentation de la quantité de *Garcinia kola* de 10g suscite un gain pondéral significatif jusqu'à 30g ($p \leq 0,023$). Au-delà de cette quantité, toute augmentation de *Garcinia kola* entraîne un effet dépressif sur la croissance pondérale du Tilapia. La figure 13 présente la croissance pondéral du Tilapia au 28^{ème} jour selon le traitement.

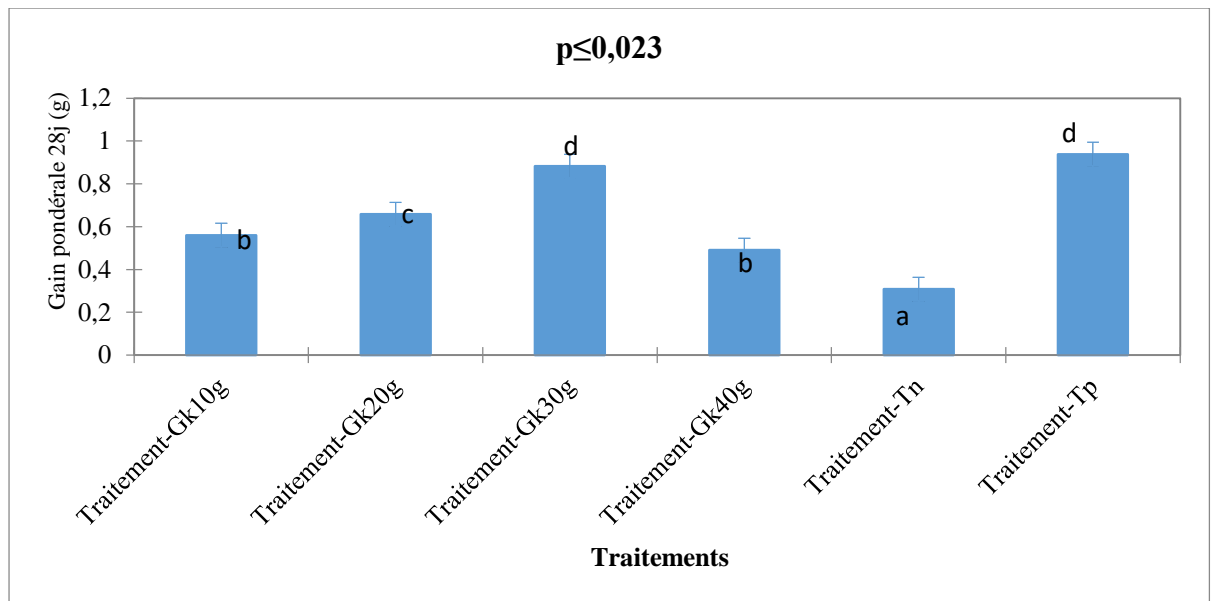


FIGURE 13: GAIN PONDERAL DU TILAPIA AU 28^E JOUR SELON LE TRAITEMENT

2.2.4. Taux de survie

Les taux de survie sont plus élevés quand le Tilapia est nourri avec une ration alimentaire enrichie à la poudre de *Garcinia kola* comparé aux taux de survie obtenus avec les poissons nourris au Témoin positif et Témoin négatif ($p \leq 0,039$). Même si le taux de survie n'est pas significativement différent chez les Tilapias complémentés au *Garcinia kola*, l'excès semblerait entraîner la mortalité du Tilapia. Ainsi, au 28^{ème} jour de traitement, le taux de survie enregistré est environ 95% pour le lot des populations de poissons traités avec 20g de *G. kola*. En revanche, une forte mortalité est enregistrée sur les lots traités avec de l'hormone 17- α -méthyltestostérone (MT) comparés au témoin négatif ($p \leq 0,002$). Les mortalités sont plus importantes durant les premiers 28 jours de traitement hormonal que durant l'alevinage. La figure 14 présente le taux de survie des populations de poissons des différents bacs.

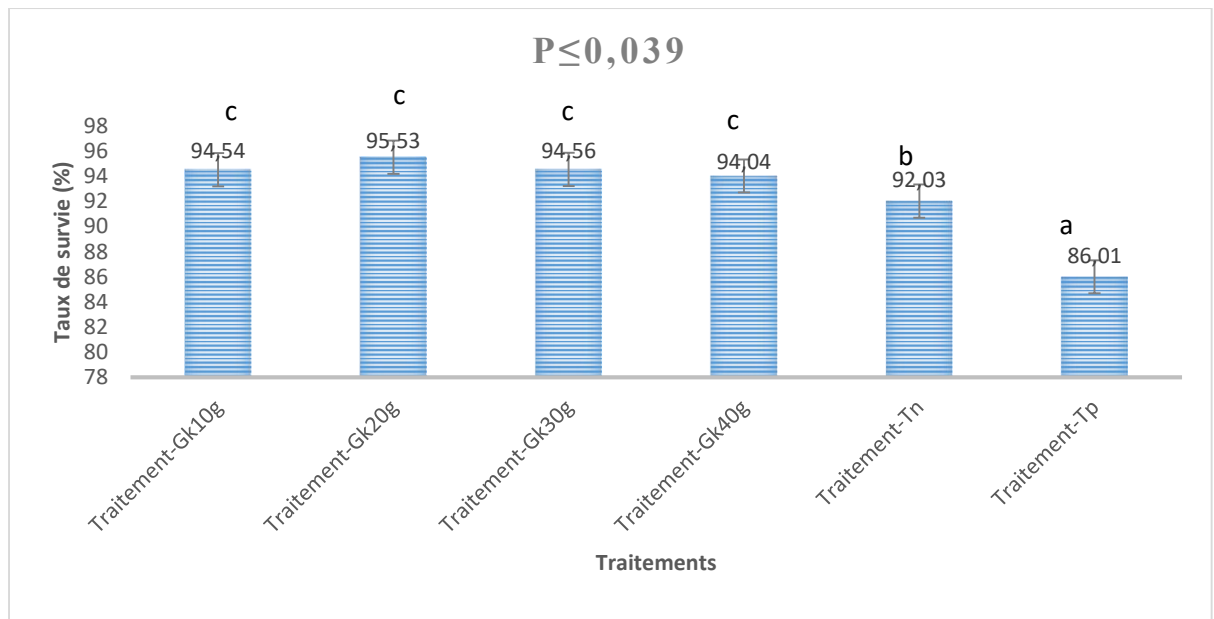


FIGURE 14: LE TAUX DE SURVIE DES POPULATIONS DE POISSONS SELON LE TRAITEMENT

2.2.5. Effet de la teneur de la ration en *Garcinia kola* sur les facteurs physico-chimiques du milieu piscicole

2.2.5.1. Effet sur le pH de l'eau

La dynamique du pH révèle des valeurs élevées du 13 au 24 mars ; au-delà de cette date particulièrement entre le 24 et le 26 mars, ses valeurs ont chuté et le milieu devient acide.

L'application du Test de Friedman atteste une différence significative entre les traitements pour le pH avec une p-value < 0,0001. Ainsi la dose 20g a suscité une valeur de pH de l'eau significativement plus élevée que celle des autres traitements avec une p-value du test de comparaison de moyenne de Nemenyi $p \leq 0,023$. L'augmentation de la dose de *Garcinia kola* a été stimulateur sur le pH matinal de l'eau tandis que l'effet résultant le soir est dépressif sur le pH. La figure 15 présente la variation du pH journalier de l'eau en fonction du temps suivant la dose de *Garcinia kola* et la figure 16 présente la variation du pH journalier en fonction de la dose de *Garcinia kola* dans la ration alimentaire.

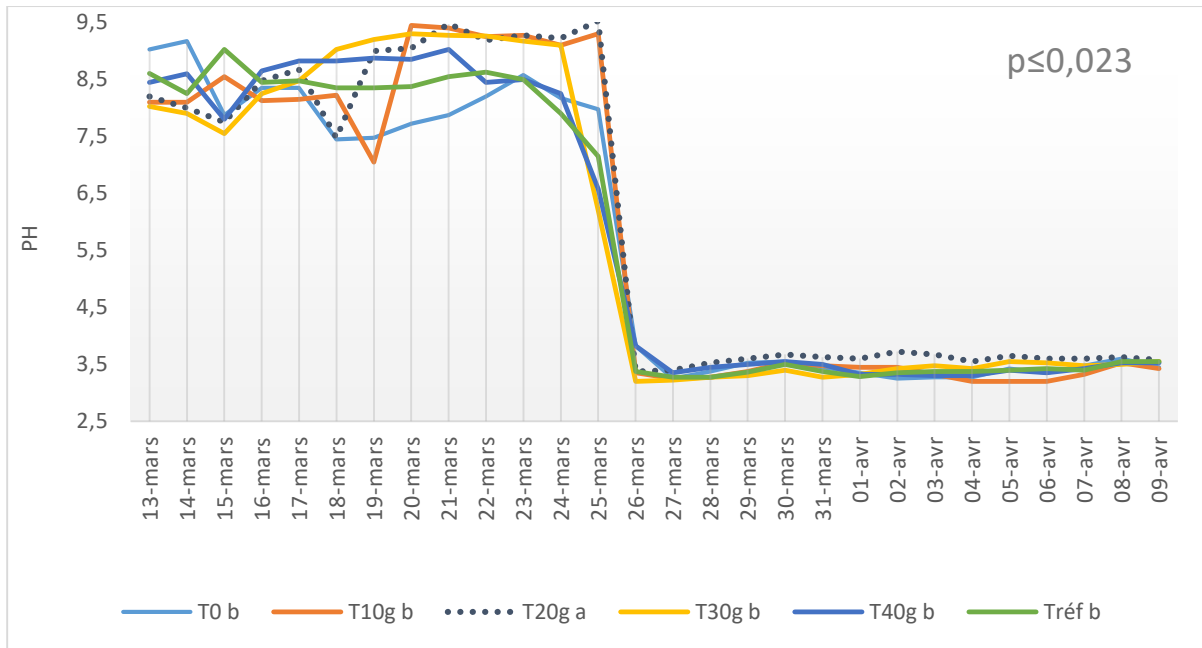


FIGURE 15: VARIATION DU PH JOURNALIER DE L'EAU EN FONCTION DU TEMPS SUIVANT LA DOSE DE *GARCINIA KOLA*

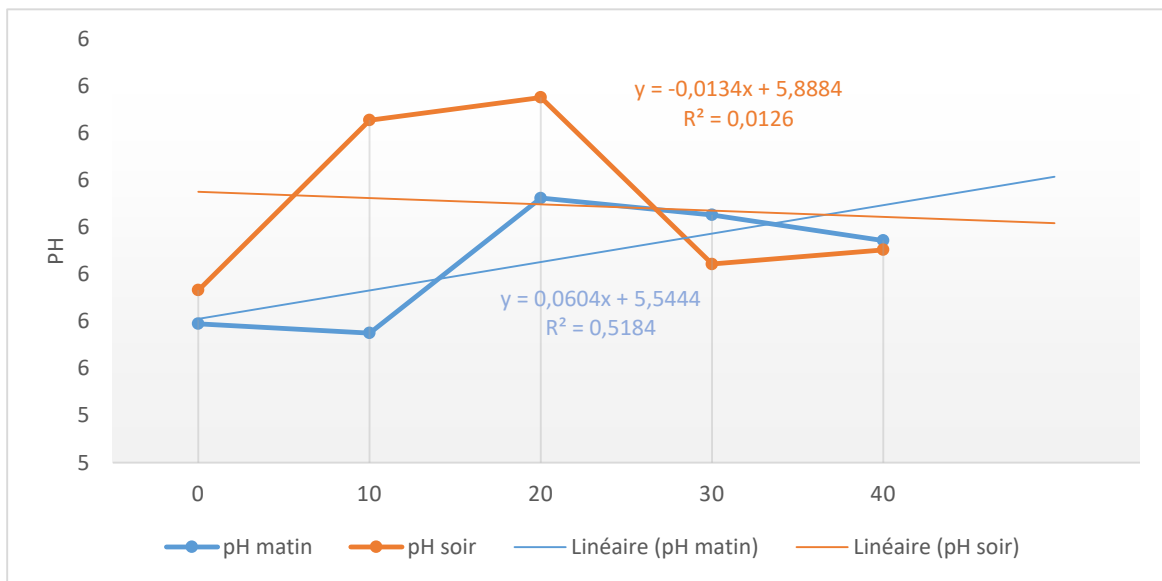


FIGURE 16: VARIATION DU PH JOURNALIER DE L'EAU EN FONCTION DE LA DOSE DE *GARCINIA KOLA*

2.2.5.2. Effet sur la température de l'eau

La dynamique de la température révèle que les valeurs de température dans les eaux relatives au T₀ et T_{10g} sont plus élevées que celle des traitements T_{40g} et T_{réf.} Ainsi l'application du Test de Friedman atteste une différence significative entre les traitements pour la température de l'eau avec p-value < 0,0001. La figure 17 présente la variation de la température journaliere en fonction du temps suivant la dose de *Garcinia kola* et la figure 18 celle la variation de la température journalière en fonction de la dose de *Garcinia kola* dans la ration alimentaire.

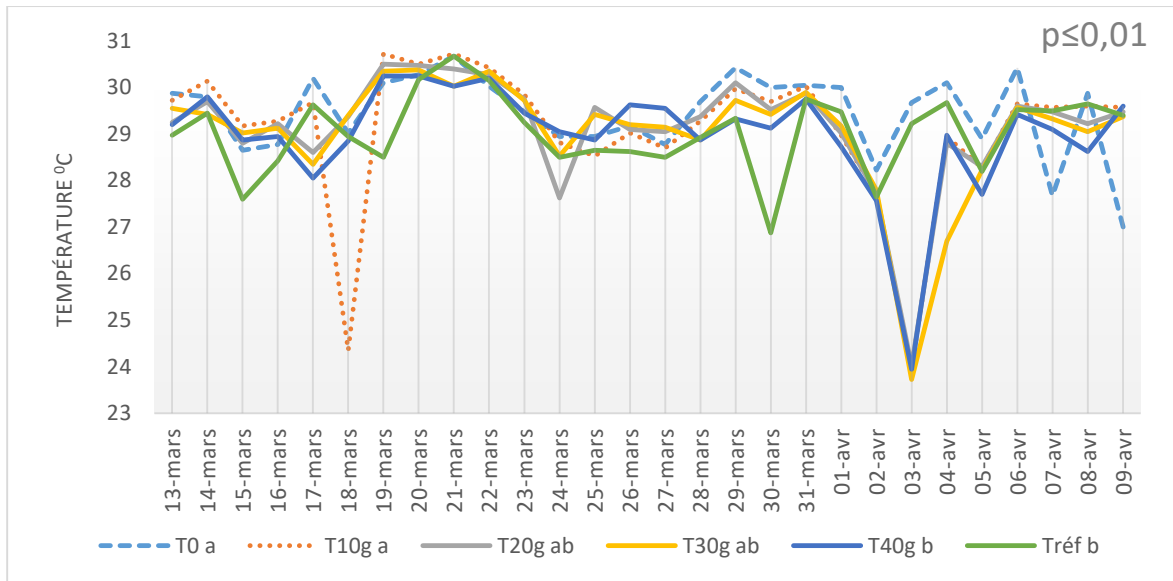


FIGURE 17: VARIATION DE LA TEMPERATURE JOURNALIERE EN FONCTION DU TEMPS SUIVANT LA DOSE DE *GARCINIA KOLA*

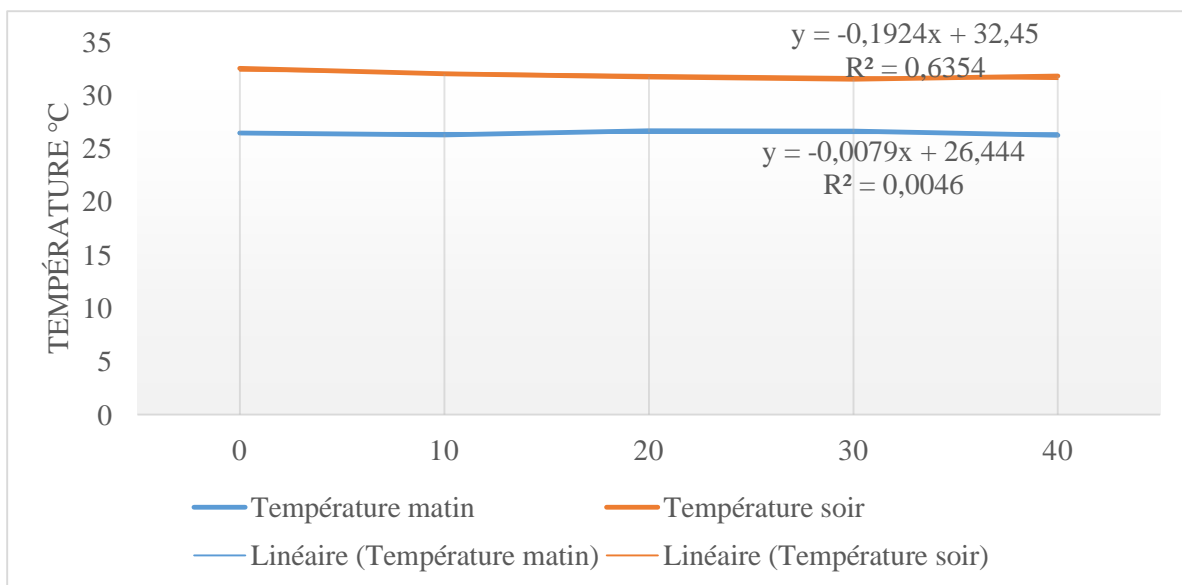


FIGURE 18: VARIATION DE LA TEMPERATURE JOURNALIERE DE L'EAU EN FONCTION DE LA DOSE DE *GARCINIA KOLA*

2.2.5.3. Effet sur la teneur de l'eau en oxygène

Au début la teneur en oxygène a été plus élevée excepté T_{10g}, mais au-delà du 17 mars elle devient relativement faible. Toutefois l'eau est plus fournie en oxygène avec la dose T_{20g} comparée au témoin absolu T₀ pour une p-value ≤0,016. La teneur en *Garcinia kola* de la ration est moyennement corrélée à l'oxygénation de l'eau (R= -0,57). La Figure 19 présente la variation de l'oxygène de l'eau en fonction de la dose de *Garcinia kola* dans la ration alimentaire de façon mensuelle et la figure 20 celle du jour.

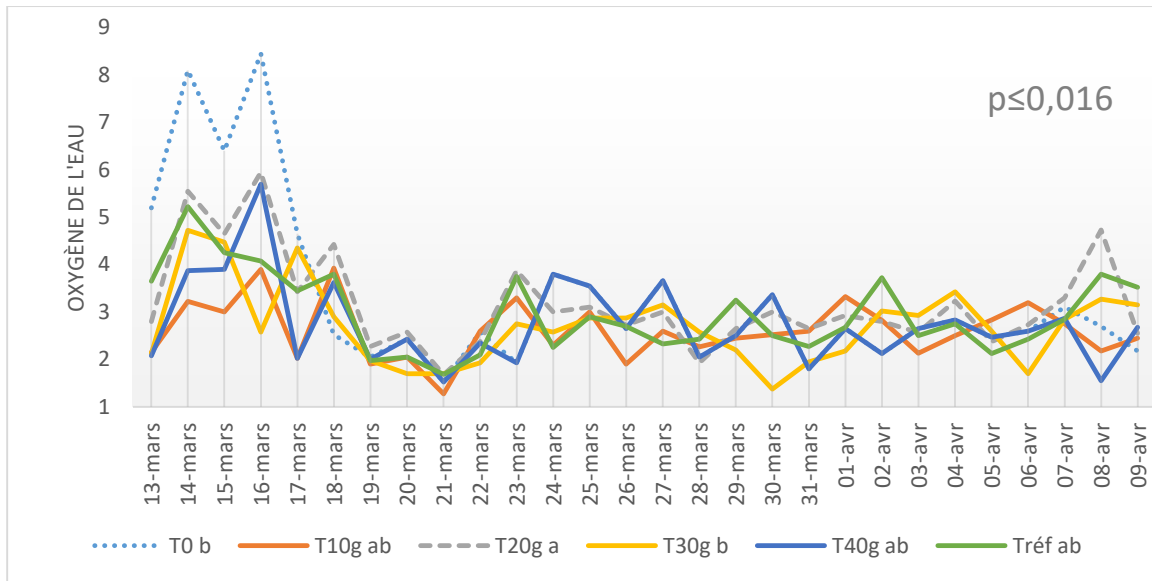


FIGURE 19: VARIATION MENSUELLE DE L' OXYGENE DE L'EAU EN FONCTION DE LA DOSE DE *GARCINIA KOLA*

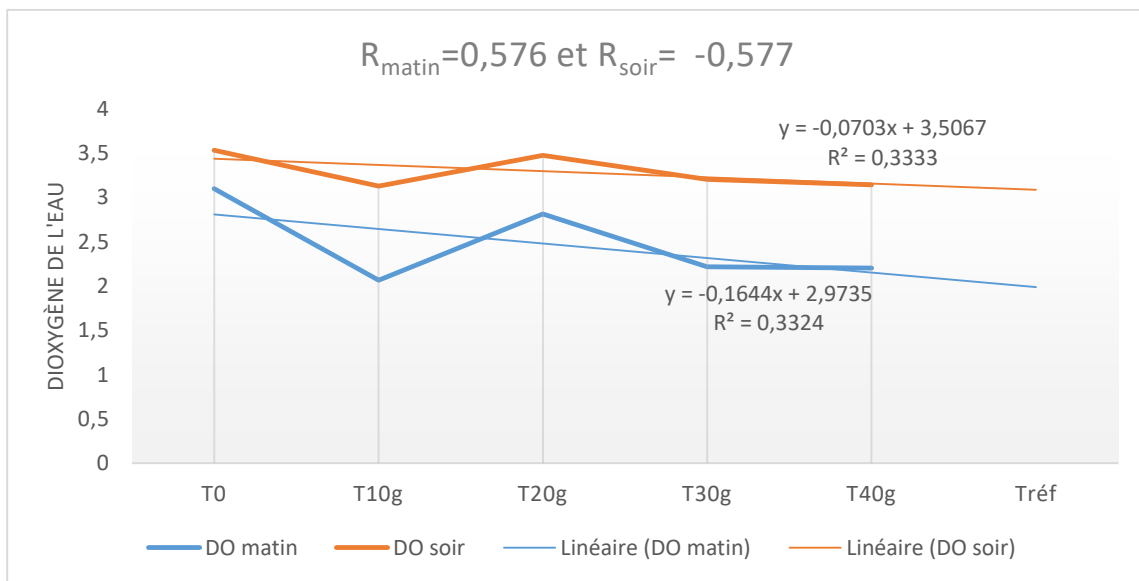


FIGURE 20: VARIATION JOURNALIERE DE L' OXYGENE DE L'EAU EN FONCTION DE LA DOSE DE *GARCINIA KOLA*

2.2.5.4. Effet sur la densité de la population de tilapia

Après une semaine d'élevage, la densité en poisson des bacs commence à chuter pour devenir très faible dans les traitements T_{40g} et le témoin de référence (T_{réf}) comparé au Témoin absolu (T₀) pour une p-value ≤ 0,019. Toute fois la densité des poissons est aussi importante avec les doses T_{10g} et T_{20g} que le témoin absolu T₀. La densité est négativement corrélée à la dose de *Garcinia kola* de la ration (r=-0,9 et p=0,029). La figure 21 présente la variation de la densité en fonction de la dose de *Garcinia kola* dans la ration alimentaire mensuelle.

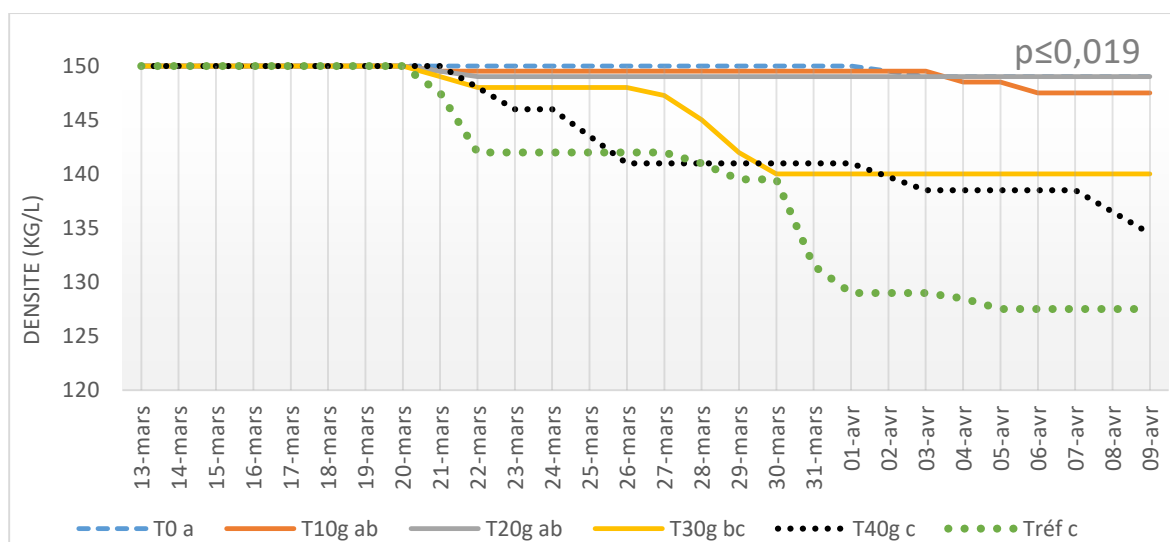


FIGURE 21: VARIATION MENSUELLE DE LA DENSITE DE POISSON EN FONCTION DE LA DOSE DE *GARCINIA KOLA*

2.2.6. Relation entre la dose de *G. kola* et les paramètres

zootechniques

La croissance pondérale est significativement corrélée au sex-ratio (0,73), au quotient nutritif (0,57) et au gain de poids journalier (0,82). Ces variables contribuent significativement sur le poids final du poisson. Cependant le poids final subit un effet dépressif de la densité (-0,83) et de la température (-0,88). Le quotient nutritif est négativement corrélé à la densité (-0,77) et au taux de survie (-0,96). Le tableau 3 présente la matrice de corrélation entre les variables influencées par la dose de *Garcinia kola*.

TABLEAU 3 : MATRICE DE CORRELATION ENTRE LES VARIABLES INFLUENCEES PAR LA DOSE DE *GARCINIA KOLA*

Variables	DO	pH	Densité	T°C	Croiss. P	Sex-ratio	Taux de survie	Quotient nutritif	Gain poids journalier	Poids final
DO	1									
pH	-0,136	1								
Densité	0,274	0,314	1							
Température	0,791	-0,361	0,620	1						
Croissance pondérale	-0,294	0,200	-0,663	-0,661	1					
Sex-ratio	0,004	0,518	-0,313	-0,408	0,729	1				
Taux de survie	-0,243	0,599	0,720	-0,001	-0,384	-0,328	1			
Quotient nutritif	0,205	-0,363	-0,770	-0,163	0,572	0,558	-0,961	1		
Gain poids journalier	-0,013	0,518	-0,473	-0,529	0,825	0,955	-0,333	0,581	1	
Poids final	-0,507	0,135	-0,835	-0,88	0,678	0,301	-0,233	0,369	0,522	1

Le taux de survie (25,78%), le pH (25,26%), le quotient nutritif (16,84%), l'oxygène dissout (13,38%) et la température (11,25%) contribuent à 92,53% à la formation de l'axe F2. La croissance pondérale (16,38%), la densité (14,45%), le gain de poids journalier (14,31%), le poids final (13,17%), la température (11,40%), le quotient nutritif (10,75%), le sex-ratio (10,98%) et le taux de survie (6,19%) contribuent à 97,63% à la formation de l'axe F1.

Les axes F1 et F2 représentent 75,75% de l'information de la figure 23. Au regard de cette figure, la ration T₀ suscite une augmentation de la température. Le traitement T₀ permet de maintenir une meilleure densité, une meilleure oxygénation, une augmentation de la température et dans une certaine mesure le quotient nutritif. Cependant T₀ suscite un faible sex-ratio et une faible croissance pondérale. La ration de référence offre la meilleure croissance pondérale, le meilleur sex-ratio, le meilleur quotient nutritif, le meilleur gain de poids journalier et en fin un bon poids final.

La dose T_{20g} permet une bonne oxygénation de l'étang, un plus grand pH, une plus grande densité, le plus grand taux de survie avec un bon sex-ratio, et un quotient nutritif et un gain de poids journalier important. La dose T_{30g} est compatible avec un pH et une température importante, une bonne croissance pondérale, un taux de survie important, un bon quotient nutritif et en fin un bon poids final. La dose T_{40g} offre le meilleur poids final mais une sex-ratio faible, une densité et une oxygénation assez faible. La Figure 22 présente l'analyse en composantes principales de la matrice de la répartition de la dose de *Garcinia kola* en fonction des variables liées à la production.

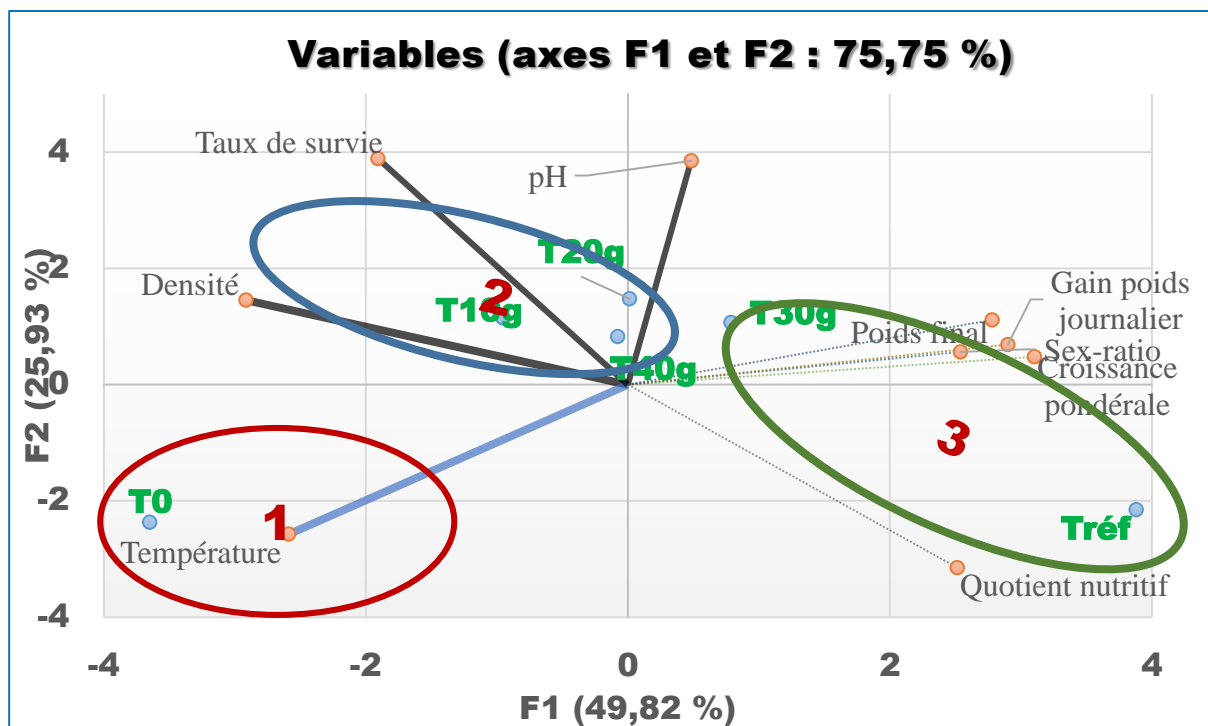


FIGURE 22 :ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES DE LA MATRICE DE LA DOSE DE *GARCINIA KOLA* EN FONCTION DES VARIABLES LIEES A LA PRODUCTION

2.3. Discussion

2.3.1. Inversion sexuelle

Les populations de poissons traités avec l'hormone 17- α - méthyltestostérone et 20g de la poudre de *G. kola* ont enregistrées les plus fortes proportions de mâles. Selon Flynn et Benfey (2007), l'hormone 17- α -méthyltestostérone possède des effets anabolisants. Ainsi, les alevins de *Tilapia* traités aux androgènes présentent généralement une croissance plus rapide que les individus non traités, probablement en raison de l'augmentation de l'appétit, de l'amélioration de l'utilisation des aliments et de la synthèse des protéines (Baroiller & Toguyeni, 1996). Toutefois, il existe certaines limites dans les techniques impliquées, telles que : la contamination des stocks de géniteurs, la vigilance requise dans la sélection et l'entretien des stocks de géniteurs, les exigences d'un niveau élevé de contrôle et l'acceptation par les consommateurs des poissons à inversion de sexe hormonal peuvent être limitées. En revanche, les extraits de *G. kola* incorporés dans les différents régimes alimentaires des poissons, favorisent l'augmentation des proportions de mâles (Tigoli et al., 2017). Les résultats de cette étude confirment les travaux de plusieurs auteurs avec un taux d'inversion de plus de 95% de mâles. La présence de stéroïdes dans les graines de *G. kola* pourrait être à la base de leur activité androgénique. Selon Chakraborty et al., (2014), diverses voies sont associées à des mécanismes

fonctionnels de composés phytochimiques causant à la fois la masculinisation et la féminisation à différentes concentrations.

2.3.2. Croissance pondérale

La présente étude démontre que la présence des extraits de *Garcinia kola* dans les différents régimes alimentaires des poissons, améliore leur croissance. Les extraits végétaux n'ont pas influencé négativement les performances de croissance sauf le lot des populations traités avec 40g d'extraits de *G. kola*. En effet, les différents travaux ont montré que l'utilisation des plantes médicinales comme compléments alimentaires donne des résultats zootechniques intéressants, plus précisément *Garcinia kola* (Tigoli et al., 2017). Les performances de croissance enregistrées sur les alevins inversés sont très importantes. Ces résultats confirment l'étude selon laquelle l'incorporation des extraits végétaux et de l'hormone dans l'alimentation du tilapia *O. niloticus* améliore nettement les performances de croissance des alevins comparée à l'aliment commercial simple couramment utilisé en pisciculture (Tigoli et al., 2018). En revanche, les résultats enregistrés montrent également une faible croissance pour les populations traitées avec une concentration élevée de *Garcinia kola* (40g). *G. kola* qui est une plante riche en tanins. Les tanins dérivant de cette plante sont amers et forment un complexe polyphénolique élevé avec des protéines, le rendant ainsi indisponible dans l'alimentation. Le tanin peut réduire la qualité des protéines en diminuant la digestibilité et la palatabilité. Il inhibe également les activités des enzymes digestives (Bello et al., 2008). La présence de tanins en grande proportion dans les régimes enrichis avec des concentrations plus élevées de la poudre de racine ou graine pourrait entraîner une mauvaise consommation alimentaire par les poissons entraînant ainsi un retard de croissance. *G. kola* est une plante médicinale couramment utilisée en médecine traditionnelle, riche en flavonoïdes, saponines, stéroïdes, tanins et terpénoïdes (Boua et al, 2013 ; Yété, 2015). Ces principes bioactifs influenceraient divers paramètres dont la stimulation de l'appétit et la croissance des poissons en aquaculture (Citarasu et al., 2010 ; Chakraborty et Hancz, 2011). En outre, la croissance des alevins inversés est très impressionnante. Little et al., (2003) ont comparé les performances de l'élevage de différentes souches de *Oreochromis niloticus* et ont constaté que compte tenu de toutes les souches, le traitement à l'hormone 17- α -méthyl testostérone des poissons a entraîné une taille finale de 10,7% de plus que les poissons non traités. Ceci affirme l'idée selon laquelle les populations de poissons traités ont une croissance beaucoup plus rapide que ceux nourris avec de l'aliment simple ce qui confirme les résultats de notre présente étude.

2.3.3. Taux de survie

Cette étude a permis d'obtenir des taux de survie intéressants pour les lots nourris avec des extraits végétaux de *G. kola* mais aussi dans les lots traités avec de l'aliment simple. En revanche, les populations de poissons traités avec de l'hormone 17- α - méthyltestostérone ont un taux de survie faible dans les premiers jours de traitement. Piferrer (2001) précise que le taux de mortalité est plus fort dans les premiers stades de développement, lors des traitements hormonaux et aurait tendance à se stabiliser dans les stades avancés de l'ontogenèse. En d'autres termes, les concentrations d'extraits de plante n'ont pas influé négativement les taux de survie des larves. Des conclusions similaires ont été formulées par Tigoli et al., 2017. De même, les taux de survie relevés indiqueraient que ces alevins valorisent bien les aliments sans incidence sur leur survie.

2.3.4. Influence des doses de *garcinia kola* sur les paramètres physico-chimiques du milieu piscicole

Cette partie vise à mettre en évidence l'effet des doses de *Garcinia kola* sur les paramètres physico-chimiques de l'eau. Elle consiste également à déterminer les différentes phases d'élevage aussi bien des géniteurs que des larves en montrant que les paramètres physico-chimiques (T°C, O₂ dissous, pH, etc.) sont corrélés aux doses de *Garcinia kola*. Le suivi des paramètres physico-chimiques lors de la période d'alevinage, nous a montré une stabilité des valeurs moyennes dans les bacs avec une dose comprise entre 20 et 30g de *Garcinia kola*, ce qui correspond aux conditions optimales de tolérance de *Oreochromis niloticus* (T°C : 27,8°C - 29,2°C ; pH : 7,7- 8,1 ; O₂ dissous : 3,0- 5,2 mg/L), Seck et al., (2018). En effet, les doses 20g et 30g induisent des températures médianes avec une p-value du test de comparaison de moyenne de Nemenyi $p \leq 0,023$; mais aussi l'eau est plus fournie en oxygène avec la dose T_{20g} comparée au témoin absolu T₀ pour une p-value $\leq 0,016$. Par contre l'augmentation de la dose de *Garcinia kola* a été stimulateur sur le pH matinal de l'eau tandis l'effet résultant le soir est dépressif sur le pH. Cependant, au-delà de ce seuil le taux de survie diminue. En réalité le taux de survie est relativement corrélé à la dose de *Garcinia kola* dans l'aliment ($r=0,61$). Autrement dit, à la dose 20g le taux de survie est important mais au-delà de 30g, il devient faible. Le meilleur résultat enregistré jusqu'ici reste la dose 20g. En somme, les individus traités avec la dose 20g de *Garcinia kola* se comportent mieux et cette valeur est corrélée aux paramètres physico-chimiques. Elle influe positivement sur les individus traités et n'entrave pas la productivité et la rentabilité économique de l'activité car source d'avantages supplémentaires à l'exploitation.

2.4. Conclusion

La production commerciale du tilapia nécessite généralement des populations unisexes constituées uniquement de mâles. La croissance des tilapias mâles est à peu près deux fois plus rapide que celle des femelles. Par conséquent, les populations de sexes mélangés montrent une grande inégalité de taille, ce qui affecte les ventes. D'ailleurs, la présence des femelles mène à la reproduction non contrôlée, au recrutement excessif des juvéniles, à la concurrence pour la nourriture, et au blocage de la croissance naturelle du stock, qui peut ne pas atteindre la taille marchande. Chez les populations de sexes mélangés, le poids des recrues peut constituer jusqu'à 70 pour cent du poids total à la récolte. De ce fait, il est nécessaire d'inverser le sexe des alevins femelles. Ceci est possible car le tilapia devient sexuellement différencié quelques jours après la résorption du sac vitellin. En effet, l'utilisation de complément alimentaire dans l'alimentation des populations de poissons améliore les performances de croissance. Un des meilleurs résultats enregistrés pour les performances de croissance et le taux de survie est de 20g/kg de *Garcinia kola*. Pour une quantité de poudre de *Garcinia kola* supérieur à 30g/kg, la croissance des populations de poissons est similaire à celle nourris avec de l'aliment simple. Les alevins nourris avec cette quantité ont tendance à ne pas manger à cause du goût amère de l'aliment. En effet, dans les bacs traités avec 40g/kg de la poudre de *G. kola* près de la moitié de l'aliment n'est pas consommé par les poissons. Ainsi, des études complémentaires seraient nécessaires en vue d'utiliser différentes variétés ou « origines » de *Garcinia kola* d'isoler les différents constituants du *Garcinia kola* afin de déterminer celui qui les empêche de manger de façon optimale la poudre de *Garcinia kola* incorporée dans l'aliment. Par ailleurs, il serait aussi intéressant d'isoler et de caractériser au plan biochimique le principe actif responsable de l'inversion sexuelle pour atteindre l'exigence idéale de 100% de mâles.

CHAPITRE 3 : ANALYSE FINANCIERE DE LA CONTRIBUTION DE *G. KOLA* A LA
PRODUCTIVITE ET A LA RENTABILITE ECONOMIQUE DE L'EXPLOITATION
DU DOMAINE AGRICOLE COMMUNAUTAIRE DE KEDOUGOU

Ce chapitre 4 à fait l'objet d'une publication dans la revue de chimie agricole et environnement
Vol.13 No.1, Février 2024

SARR C., NDOUR N., NDIAYE O., BADJI A., DIADHIOU H D., 2024. Contribution
de *Garcinia kola* à la productivité et à la rentabilité économique de la zone agricole
communautaire de Kédougou : analyse financière et comparative des facteurs de
production. *Revue de chimie agricole et environnement*, **13**, 54-66.
doi: [10.4236/jacen.2024.131004](https://doi.org/10.4236/jacen.2024.131004).

RESUME

Seule à être pratiquée dans la région de Kédougou, la pêche continentale ne répond pas encore à la demande des populations locales en produits halieutiques. Pour répondre à cette préoccupation, un Domaine Agricole Communautaire abritant une ferme piscicole intégrée a été créé dans le but d'approvisionner les aquaculteurs en alevins mâles d'*Oreochromis niloticus*, à faible coût. L'étude comparative des différents facteurs de production ne montre des disparités que dans le facteur intrant, où les scénarios 2 et 3 utilisent des compléments alimentaires. Il s'agit de la 17- α -méthyltestostérone pour le scénario 2 et du *Garcinia kola* pour le scénario 3. Ces produits interfèrent significativement avec la production de poissons, avec un taux de mortalité de 25% pour le scénario 2 traités avec le 17- α -méthyltestostérone. Concernant les scénarios 1 et 3, les mortalités sont de l'ordre de 5% avec ou sans compléments alimentaires (*G. Kola*). Par ailleurs, la production moyenne de poissons pour les trois (03) scénarios est estimée à 28 687,5kg/2 cycles. Elle varie d'un scénario à l'autre, soit 30 937,5 kg/2cycles pour le scénario 1 et 3 et 24 187,5 kg/2cycles pour le scénario 2. Il est donc plus élevé dans les scénarios 1 et 3 que dans le scénario 2. Cette différence est due aux pertes d'individus assez importantes dans le scénario 2. Par ailleurs, l'analyse des comptes de résultats de la production de tilapia varie d'un scénario à l'autre en fonction du type d'exploitation : 476 FCFA pour le scénario 1, 610 FCFA pour le scénario 2 et 472 FCFA pour le scénario 3. Le revenu d'exploitation moyen (REM) pour toutes les unités de pisciculture est de 34 726 142 FCFA. Les RE les plus élevés (41 638 075 FCFA) et les plus faibles (29 281 075 FCFA) ont été observés dans les scénarios 3 et 2 respectivement. Il est de 33 259 275 FCFA pour le scénario 1. La différence entre les Résultats Nets d'Exploitations (NER) des trois scénarios est plus ou moins significative en termes de résultats. Le revenu d'exploitation (RE) est positif dans les 3 scénarios de notre étude. Cependant, le système du scénario 3 génère un taux de rentabilité (rapport entre un revenu et le capital employé pour obtenir ce revenu) plus élevé (74%) que celui généré par le système du scénario 1 (69%). Quant au système du scénario 2, il génère une rentabilité financière plus faible que les deux systèmes précédents (67%). Ce travail a surtout permis de construire une approche permettant de répondre à une telle question en s'appuyant successivement sur différentes méthodes : une typologie, en fonction des facteurs de production impliqués dans le fonctionnement d'une exploitation piscicole.

Mots clés : Typologie d'exploitations, rentabilité économique, 17- α -méthyltestostérone, *Garcinia kola*, Inversion sexuelle.

ABSTRACT

Inland fishing is the only activity in the Kedougou region, but it does not yet meet the local population's demand for fish products. In response to this concern, a Community Agricultural Estate housing an integrated fish farm was set up in the commune of Bandafassi, in the village of Itato. Since its creation, this production unit has been faced with the problem of sourcing high-quality, low-cost, monosex male *Oreochromis niloticus* fry. In order to overcome this constraint, the present research focuses on the contribution of *Garcinia kola* to the productivity and economic profitability of the Itato farm. The aim of the research is to assess fish production in the experimental set-up and the production costs of tilapia in a controlled environment. The comparative study of the various production factors shows disparities only in the input factor, where scenarios 2 and 3 use additional products. These are 17- α -methyl testosterone for scenario 2 and *Garcinia kola* for scenario 3. These products significantly interfere with fish production, with a fairly high mortality rate for scenario 2 (25% for two production cycles/cohort2 (B5, B6, B7 and B8) treated with 17- α -methyl testosterone). As for scenarios 1 and 3, mortalities are 5% with or without recourse to additional products (*G. Kola*). In addition, average fish production for the three (03) scenarios is estimated at 28,687.5kg/2 cycles. It varies from one scenario to another, i.e. 30,937.5 kg/2cycles for scenarios 1 and 3 and 24,187.5 kg/2cycles for scenario 2. It is therefore higher in scenarios 1 and 3 than in scenario 2. This difference is due to the fairly large losses of individuals in scenario 2. Furthermore, the analysis of the profit and loss accounts for tilapia production varies from one scenario to another depending on the type of farm: 476 Franc CFA for scenario 1, 610 Franc CFA for scenario 2 and 472 Franc CFA for scenario 3 (F CFA= franc of the French Colonies of Africa). The Average operating income for all the fish farming units is 34,726,142 Franc CFA. The highest (41,638,075 Franc CFA) and lowest (29,281,075 Franc CFA) ERs were observed in scenarios 3 and 2 respectively. It was 33,259,275 Franc CFA for scenario 1. The difference between the NERs of the three scenarios is more or less significant in terms of results. The operating result (OR) is positive in all 3 scenarios in our study. However, the scenario 3 system generates a higher rate of return (the ratio between an income and the capital employed to obtain that income) (74%) than that generated by the scenario 1 system (69%). As for the scenario 2 system, it generates a lower financial return than the two previous systems (67%). Above all, this work made it possible to construct an approach that would make it possible to answer such a question by relying successively on various methods: a typology, according to the production factors involved in the operation of the Community Agricultural Estate fish farm.

Keywords: Farm typology, economic profitability, 17- α -methyl testosterone, *Garcinia kola*, sexual inversion.

INTRODUCTION

Face à la baisse des ressources halieutiques marines, les autorités sénégalaises ont opté pour l'aquaculture comme une des solutions probables aux problèmes de déficit en protéines animales. L'aquaculture apparaît ainsi comme un secteur stratégique et constitue un des piliers du Plan Sénégal Émergent (PSE) qui vise à faire du Sénégal un pays émergent basé sur une croissance soutenue et durable. Par ailleurs, elle est considérée aujourd'hui comme un moyen de création d'emplois rémunérateur. La production aquacole est passée de 334 tonnes en 2011 à 1095 tonnes en 2014 et 2082 tonnes en 2016 (DPEE, 2016). Le taux d'accroissement de la production est estimé à 71,3 % en 2016 (DPEE, 2016). Cependant, malgré d'immenses potentialités naturelles (façade maritime longue de 750 km, fleuve d'une longueur de 1700 km etc.) et des conditions éco-géographiques locales favorables, la pisciculture n'a pas encore atteint une dimension économique viable. La production totale n'a été que de 200 tonnes en 2010 (ANA, 2014) composée essentiellement de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Ce dernier est le poisson le plus consommé dans le monde (plus de 7,6 millions de tonnes en 2014) et le second groupe d'espèces le plus élevé à travers le monde, derrière les carpes (19,3 millions de tonnes) et devant les salmonidés (3,17 millions de tonnes de saumons et truites) (EO., 2017).

Le Tilapia constitue un choix préférentiel dans la pisciculture au Sénégal grâce à son élevage qui se fait toute l'année, en circuit ouvert ou fermé, sa croissance rapide, à son adaptation à des écosystèmes variés et à sa chair savoureuse.

Dans la région de Kédougou au Sénégal oriental, le déficit en produits halieutiques demeure persistant. En effet, 90% des produits halieutiques proviennent des autres régions du Sénégal et l'activité de pêche est principalement dominée par la pêche continentale. La quantité de poisson consommée en 2021 dans la région est d'environ 2 253 tonnes. En 2020, elle était estimée à 3 238 tonnes, ce qui représente une baisse de 30,4% au cours de la période sous revue. Le volume des débarquements de la pêche artisanale a permis de satisfaire 54,2% des besoins de consommation des ménages en 2021 contre 65,2% en 2020 (ANSD., 2023). En outre, selon les normes de la FAO, une personne doit consommer en moyenne 16 kg de poissons par an, alors que dans la région de Kédougou la consommation moyenne par personne et par an est de 7 kg. Elle est très inférieure à la consommation moyenne de la population Sénégalaise qui est de 25 kg de poissons par personne par an. Ces données montrent qu'il y a un véritable déficit à combler.

Ainsi pour répondre à ces préoccupations, un Domaine Agricole Communautaire (DAC) a été mis en place par l'Etat du Sénégal, dans le département de Kédougou avec une ferme piscicole produisant du tilapia et du poisson chat. Confronté à un problème d'approvisionnement en

alevins monosexes mâles de qualité à moindre coût, une piste de recherche portant sur la contribution du *G. kola* à la productivité et à la rentabilité économique a été identifiée.

Il s'agit dans ce chapitre de :

- Identifier les différents paramètres dans les principales étapes de la chaîne de valeur;
- évaluer la production piscicole du tilapia et des coûts de production ;
- évaluer les comptes d'exploitations et analyser les différents scénarios ;
- identifier les axes stratégiques, les perspectives de croissance et de développement de la filière piscicole ;

Cette analyse financière passe d'abord par une analyse technique de la production, puis une analyse économique, ensuite une analyse concurrentielle avec l'utilisation des cinq forces de Porter et enfin une analyse des contraintes et opportunités auxquelles la chaîne de valeur du Tilapia est confrontée.

3.1.METHODES

3.1.1. Définition des types de systèmes d'exploitation

(Typologies d'exploitation)

Une typologie des systèmes d'exploitation est une représentation de la diversité des dits systèmes reposant sur la distinction entre types d'exploitation à partir de critères discriminants. C'est le résultat d'une démarche construite de classification d'objets d'intérêt pour représenter une réalité complexe. Autrement dit, il s'agit d'identifier à la fois des groupes d'observations ayant des caractéristiques similaires et des groupes qui se démarquent d'une manière significative. Au final, l'élaboration de typologie vise à avoir des individus dans un même groupe qui se ressemblent le plus possible et des individus dans des groupes différents qui se démarquent le plus possible. C'est une action de modélisation qui vise à réduire la diversité pour la représenter plus facilement. Les approches pour réaliser les typologies diffèrent en fonction des objectifs recherchés, de la nature des informations ou données mobilisables et des critères discriminants retenus pour caractériser les systèmes d'exploitation. Cette méthode a été élaborée pour mieux comprendre cette étude. Jouve (1986) : « dès lors que l'on cherche à donner un caractère opératoire à l'étude du fonctionnement des exploitations agricoles, on est conduit à établir des typologies ».

Le recours aux typologies permet de produire une information synthétique qui peut venir, à différentes échelles et selon diverses modalités, en appui aux décisions de gestion du secteur.

Nous avons utilisé la typologie, qui est une représentation sous forme de tableau des disparités existantes dans notre cas de figure c'est-à-dire trois situations d'exploitation de la pisciculture du DAC, pour une analyse plus pointue et pertinente des informations reçues autour de

l'exploitation piscicole des GEA (Groupement d'Entrepreneurs Agricoles). Le tableau 4 présente la typologie d'exploitation de l'étude.

TABLEAU 4 : TYPOLOGIES D'EXPLOITATION

Facteurs	Variables		
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Extrants	<i>Vente d'alevins</i>	<i>Vente d'alevins</i>	<i>Vente d'alevins</i>
	<i>Vente de poissons</i>	<i>Vente de poissons</i>	<i>Vente de poissons</i>
Foncier	<i>Domaine Agricole Communautaire (site Itato)</i>	<i>Domaine Agricole Communautaire (site Itato)</i>	<i>Domaine Agricole Communautaire (site Itato)</i>
Investissement et infrastructures	<i>Station Piscicole : Bassins Piscicoles, Écloserie et château d'eau</i>	<i>Station Piscicole : Bassins Piscicoles, Écloserie et château d'eau</i>	<i>Station Piscicole : Bassins Piscicoles, Écloserie et château d'eau</i>
Intrants	<i>Eau</i>	<i>Eau</i>	<i>Eau</i>
	<i>Alevins</i>	<i>Alevins</i>	<i>Alevins</i>
	<i>Aliments</i>	<i>Aliments</i>	<i>Aliments</i>
	-	<i>Alcool</i>	<i>Alcool</i>
	-	<i>Produit chimique 17-α-méthyltestostérone</i>	<i>Plante naturelle (G. Kola)</i>
Matériels d'exploitation	<i>Panneaux Solaires</i>	<i>Panneaux Solaires</i>	<i>Panneaux Solaires</i>
	<i>Petit matériel</i>	<i>Petit matériel</i>	<i>Petit matériel</i>
Entretien et réparation	<i>Réfection bassins</i>	<i>Réfection bassins</i>	<i>Réfection bassins</i>
	<i>Entretien Panneaux</i>	<i>Entretien Panneaux</i>	<i>Entretien Panneaux</i>
MOD (Main d'œuvre)	<i>Exploitants/GEA</i>	<i>Exploitants/GEA</i>	<i>Exploitants/GEA</i>
Dépenses supplémentives	<i>Frais de communication</i>	<i>Frais de communication</i>	<i>Frais de communication</i>
	<i>Frais liés à la commercialisation</i>	<i>Frais liés à la commercialisation</i>	<i>Frais liés à la commercialisation</i>

	<i>Taxes liées à la commercialisation</i>	<i>Taxes liées à la commercialisation</i>	<i>Taxes liées à la commercialisation</i>
--	---	---	---

L'exploitation agricole implique avant tout, un centre de décision, une unité de production, une organisation et un ensemble d'interactions entre les différentes composantes. Elle est caractérisée par la description de ses activités, les productions obtenues et les facteurs de production en jeu (mobilisés). C'est une unité de production au sein de laquelle l'exploitant mobilise des ressources de diverses natures (Foncier, main-d'œuvre, intrants, matériels, etc.) qu'il combine dans des proportions variables pour obtenir certaines productions (extrants) pour ainsi satisfaire ses besoins et intérêts.

3.1.2. Collecte de données

Afin de recueillir toutes les informations nécessaires à notre étude, nous avons confectionné des fiches de suivi pour les producteurs et la production (Annexe 6), des questionnaires pour les clients ou consommateurs et des guides d'entretiens pour les services techniques (Service Régionale de la Pêche de Kédougou) afin d'inclure au maximum tous les maillons de la chaîne de valeur du Tilapia (les producteurs, les commerçants et les consommateurs) dans le département de Kédougou.

La finalité de ces guides d'entretien et questionnaires est de montrer le niveau d'appréciation et d'acceptabilité de la poudre de *G. kola* comme complément alimentaire par les différents maillons de la chaîne de valeur mais surtout sa contribution à la rentabilité économique de l'élevage du Tilapia.

3.1.2.1. Enquête d'opinion

Des entretiens avec des personnes ressources évoluant dans ce domaine sur l'acceptabilité et l'importance du « petit kola » dans la société ont été réalisés durant cette phase. Des sites internet ont été consultés. Cela nous a permis d'élargir la base de la documentation. Tout cela a été réalisé dans le but, d'identifier clairement le type d'informations à recueillir auprès de chaque acteur, de chaque structure et de faciliter dans le même temps la collecte des données. Un répertoire de l'ensemble des acteurs selon les différents maillons de la chaîne de valeur a été conçu (Annexes 4, 5 et 6).

3.1.2.2. Échantillonnage

Étant donné qu'il n'y a que douze (12) bacs hors sol (BHS) pour les besoins de l'expérience ou étude, le dispositif a été réparti comme, suit :

- ❖ Un (01) technicien pour les 08 (BHS) avec des individus traités aux compléments alimentaires (poudre de *G. kola*) à différentes doses ;
- ❖ Une (01) technicienne pour les 04 BHS dont 02 nourris avec de l'aliment simple et les deux autres avec de l'aliment hormoné.

Les questionnaires administrés aux deux techniciens concernent le niveau de productivité, le gain de temps et la qualité des produits selon le type de traitement . Pour les consommateurs, nous avons mené les enquêtes auprès de 45 consommateurs du Tilapia du DAC (base de données des clients) en utilisant l'effet boule de neige dans le cadre du choix des personnes à enquêter.

3.1.3. Conduite de l'exploitation

C'est l'un des maillons essentiels de la chaîne de valeur du Tilapia. Cette étape est conduite par des techniciens en pisciculture et s'articule autour des activités comme la prise des paramètres physicochimiques du milieu, le nourrissage des poissons, le nettoyage des bassins et le lancement de la reproduction.

- Prise des paramètres physicochimiques du milieu : Les paramètres physicochimiques sont indispensables à la conduite de toute production piscicole, elles se résument essentiellement à la qualité de l'eau, à la température et à l'oxygène.
- Nourrissage des Tilapias : c'est une activité quotidienne qui permet aux techniciens de donner de l'aliment aux poissons. Elle diffère en fonction des caractéristiques nutritionnelles de l'espèce. Le genre de Tilapia élevé est microphage et a un estomac de petite taille. Le mode de nourrissage doit être adapté à cette particularité ; ceci implique des nourrissages de faible quantité mais fréquents et étalés tout au long de la journée. Dans les conditions physicochimiques normales, les poissons sont nourris deux à trois fois par jour excepté les larves (qui sont nourries au moins six fois par jour). La distribution de l'aliment se fait soit manuellement soit avec un appareil appelé nourrisseur automatique. Le type d'aliment utilisé pour cette étude est le Gouessant aquacole. Il est composé de blé, de farine de poissons, de protéines animales, de phosphates mono calciques, d'huile de poissons. Le tableau 5 présente les caractéristiques physiques de l'aliment en fonction du stade d'élevage.

TABLEAU 5 : CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE L'ALIMENT EN FONCTION DU STADE D'ELEVAGE DU POISSON

Caractéristiques de l'aliment	% Protéines/Lipides	Tailles
Élevage larvaires (pulvérulent)	Plus de 35/10	Poudre
Pré grossissement (flottant)	32-35/6	1,2-2mm
Grossissement (flottant)	30-32/6	2-4mm
Géniteurs	32-35/6	2-4mm

Source : Seck et al., 2018.

- Nettoyage des bassins : c'est une activité fondamentale pour le bien-être des poissons. En effet, il consiste à nettoyer le bassin en éliminant l'eau et en la renouvelant après deux jours de séchage du bassin. Son importance est liée au fait qu'il permet d'éviter les pertes d'individus dues aux microbes et à l'ammoniac issue de la décomposition des excréments des poissons ;
- Le transfert des poissons : c'est une activité qui consiste à faire le déplacement des poissons d'un bassin à un autre ;
- Le lancement de la reproduction : Cette activité commence par le sexage qui est la différenciation des individus (mâles et femelles). Pour cela les mâles sont séparés des femelles ou ils sont placés dans des bassins chacun en stabulation. Ainsi le lancement de la reproduction est fait après le sexage où les géniteurs sont isolés dans un bassin de telle sorte qu'on ait en moyenne un mâle pour trois femelles.

Les étapes du transfert sont les suivantes : les poissons sont pêchés à l'aide d'un filet de pêche et séparés en deux lots (les gros et les petits) on parle de triage. Une fois les deux lots formés, les individus sont pesés pour déterminer la masse moyenne avec la formule suivante :

$Masse\ moyenne = \frac{masse\ de\ l'échantillon\ (en\ gramme)}{nombre\ total\ d'individus\ dans\ l'échantillon}$

Ce qui permet d'obtenir le nombre d'individu par la formule ci-après :

$Nombre\ d'individus = \frac{masse\ totale}{masse\ moyenne}$

3.1.4. Paramètres de production

Dans le cadre de cette étude, les paramètres de production concernent la gestion du stock, la gestion de la production et les coûts. Le tableau 6 présente les paramètres pour deux cycles de production.

TABLEAU 6 : PARAMETRES DE PRODUCTION

PARAMETRES DE PRODUCTION	
Production semestrielle (kg)	1 080
Nombre de cycles	2
Nombre d'employés	2
Nombre de mois/cycle	6
Besoin en aliments	94,5
Taux de mortalité	5%
Besoin en alevins	3600
Poids moyen des alevins (g)	20
Poids moyen des poissons commercialisable (g)	300

3.1.5. Système de production

Le système de production de la station est semi-intensif avec des objectifs de production d'au moins 500 000 alevins et 20 000 tonnes de poissons par an. Concernant cette étude, les objectifs de production sont fixés à 21 600 alevins mâles et 6480 tonnes de poissons par an. Les 12 bacs hors sol de la station piscicole sont repartis en 3 compartiments. Chaque technicien est chargé de suivre une cohorte du stade larvaire au stade grossissement. C'est ainsi qu'il dispose pour cette activité de 6 mois fois 2 répartis en fonction de chaque étape de la pisciculture. Le tableau 7 présente la planification de la production par cohorte et pour deux cycles de production (12 mois).

TABLEAU 7 : PLANIFICATION DE LA PRODUCTION PAR COHORTE

<i>Mois</i>	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
	<i>Cohorte1</i>	Blue	Yellow	Yellow	Green	Green	Green								
		Blue	Yellow	Yellow	Green	Green	Green								
<i>Cohorte2</i>	Blue	Yellow	Yellow	Green	Green	Green									
		Blue	Yellow	Yellow	Green	Green	Green								
<i>Cohorte3</i>	Blue	Yellow	Yellow	Green	Green	Green									
		Blue	Yellow	Yellow	Green	Green	Green								

	Alevinage, 30 jours
	Pré-grossissement, 60 jours
	Grossissement, 90 jours

Ces étapes sont suivies minutieusement en vue de pouvoir obtenir les rendements désirés dans un traitement donné. Autrement dit déterminer le coût de production de chaque traitement/cohorte.

NB :

- ✓ Objectifs de production d'au moins 21 600 alevins mâles ;
- ✓ Besoins en alevins pour le grossissement : 3 600 alevins ;
- ✓ Production de 6 480 kg de poissons : soit 6, 480 tonnes de poissons commercialisables (production des 12 bacs hors sol) ;
- ✓ Vente d'alevins mâles : 176 400 alevins vendus.

3.1.6. Compte de résultat prévisionnel

Ces données de production sont pour une durée d'un an c'est-à-dire deux cycles de production, car chaque cycle dure environ six mois. Dans cette présente étude, trois cohortes ou trois lots d'expériences ont été choisi qui correspondent aux trois traitements :

- Cohorte 1 (Bac1, 2, 3 et 4), est suivie par un technicien. Constitue le lot nourrit avec de l'aliment industriel titrant 40% de protéines sans complément alimentaire ;

- Cohorte 2 (Bac5, 6, 7, et 8), est suivie par le même technicien de la cohorte 1 constitue le lot nourrit avec le 17- α –méthyl testostérone et de l'aliment industriel titrant 40% de protéines ;
- Cohorte 3 (Bac9, 10, 11 et 12), est suivie par une technicienne. Constitue le lot nourrit avec l'aliment industriel titrant 40% de protéines et 40g de *G. kola* en poudre ;

3.1.7. Analyse SWOT

L'analyse SWOT (Strengths – Weaknesses – Opportunities –Threats) ou FFOM (Forces – Faiblesses – Opportunités – Menaces) qui est un outil d'analyse stratégique a été utilisée. Il combine l'étude des forces et des faiblesses d'une organisation, d'un territoire, d'un secteur, etc., avec celle des opportunités et des menaces de son environnement, afin d'aider à la définition d'une stratégie de développement. Cet outil nous permet ici d'avoir un aperçu global sur le secteur de l'aquaculture et son environnement. Le but de l'analyse SWOT est de pouvoir prendre en compte dans la stratégie, à la fois les facteurs internes et externes, en maximisant le potentiel de forces et d'opportunités et en minimisant les effets des faiblesses et des menaces sur la chaîne de valeur. Le tableau 8 présente les forces, les faiblesses, les menaces et les opportunités de notre cadre d'étude.

TABLEAU 8: FORCES FAIBLESSES MENACES ET OPPORTUNITES

FORCES	FAIBLESSES
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bonne maîtrise de la pisciculture par les techniciens de la ferme d'ITATO. ➤ Volonté affichée des travailleurs aux nouvelles techniques piscicole. ➤ Présence d'une éclosérie dans le DAC. ➤ Présence de matériels équipements nécessaire pour la pisciculture. ➤ Possibilité de produire du poisson durant toute l'année. [L] [SEP] ➤ Disponibilité de l'eau à proximité de la ferme piscicole (Fleuve Gambie). ➤ Aliments de qualités nutritionnelles favorables. ➤ Poisson très apprécié par les consommateurs. ➤ Suivie de la récolte par le Service de la pêche de Kédougou. ➤ Appuis des partenaires publics et privés. ➤ Disponibilité de financement dans ce 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Production insuffisante par rapport à la demande ➤ Panne fréquente de la motopompe qui assure la fourniture en eau des bassins ➤ Absence de laborantin dans l'éclosérie ➤ Manque de mobilisation de tous les travailleurs lors des activités ➤ Inexistence de fabrique d'aliments dans la zone de production ➤ Inexistence de chambre froide au niveau de la ferme pour la conservation des produits en cas de mévente

<p>domaine</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Présence de fiche de suivi des activités. 	
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Existence de marchés dans la région. ➤ Forte demande en poissons dans la région. ➤ Climat favorable pour deux campagnes dans l'année. ➤ Existence de structures publiques, de recherche et d'appui-conseil sur l'aquaculture. ➤ Volonté de l'État du Sénégal de soutenir le développement de l'aquaculture. ➤ Possibilité de mettre en place une unité de fabrication d'aliments dans la ferme (création d'emplois). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pollution de l'eau du fleuve (orpaillage clandestin...). ➤ L'insécurité grandissante dans la zone. ➤ Ouverture des poissonneries. ➤ Ouverture de fermes piscicoles dans la région. ➤ Problèmes d'inondations dans le DAC durant la saison des pluies

3.2. RESULTATS

3.2.1. Détermination des coûts

3.2.1.1. Coût d'achat des matières

Le coût d'achat des matières est calculé dans les mêmes conditions que le coût d'achat des marchandises d'une entreprise commerciale. Dans le cas de cette étude, il s'agit des alevins qui après grossissement donnent des Tilapias commerciaux. Les frais d'approvisionnements sont nuls car les alevins proviennent directement dans la ferme piscicole. Le coût d'achat est ainsi calculé dans le tableau 9.

$$\text{Coût d'achat} = \text{Prix d'achat (net des réductions obtenues)} \\ + \text{Frais d'approvisionnement}$$

TABLEAU 9 : COUT D'ACHAT DES MATIERES POUR LES TROIS COHORTES

Paramètres	Quantité	Coût unitaire	Montant
Prix d'achat des alevins	1800	100	180 000
Frais d'achat	0	0	0
Coût d'achat	0	0	180 000

3.2.1.2. Coût de production

Le coût de production incorpore le coût des matières consommées, ainsi que les charges directes et indirectes liées à la production. Les matières premières sont généralement les aliments de poissons et les produits chimiques et prophylactiques. Concernant la main d'œuvre direct il s'agit du salaire du technicien de la ferme. Le technicien est rémunéré à 40 000FCFA le mois.

$$\text{Coût de production} = \text{coût des maitières} + \text{Charges directes(main d'oeuvre)} \\ + \text{Charges indirectes(provenant du tableau de répartition)}$$

3.2.1.3. Coût de revient

Il exprime, comme dans l'entreprise commerciale, le coût du produit mis sur le marché. Il inclut les frais de distribution, ainsi que toute autre charge que l'entreprise choisirait d'imputer à ce niveau : frais de magasinage ou tout autre frais considéré « hors production ». Dans le cas de cette étude les frais de distribution sont ceux liés à la commercialisation. Le tableau 10 présente le coût de revient du tilapia pour chaque scénario de production. Celui-ci est évalué à l'aide de la formule suivante

$$\text{Coût de revient} = \text{Coût de production} + \text{Frais de distribution} + \text{Autres frais hors production}$$

TABLEAU 10: COUT DE REVIENT DU TILAPIA

<i>Charges</i>	<i>C. Unitaire</i>	<i>Quantité</i>	<i>Montant</i>	<i>Quantité</i>	<i>Montant</i>
1. Intrants					
<i>Alevins</i>	<i>100</i>	<i>600</i>	<i>60 000</i>	<i>1 200</i>	<i>120 000</i>
<i>Aliments</i>	<i>775</i>	<i>372</i>	<i>288 300</i>	<i>756</i>	<i>585 900</i>
<i>Lubrifiants (L)</i>	<i>755</i>	<i>360</i>	<i>271 800</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Complément alimentaire</i>	<i>50</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>120</i>	<i>6 000</i>
2. Matériel d'exploitation					
<i>Panneau solaire</i>	<i>75750</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>2</i>	<i>151 500</i>
<i>Petit matériel</i>	<i>200 000</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>2000</i>

Le coût de revient d'un kilogramme de Tilapia est de 487 FCFA pour le scénario 1 ; de 622 FCFA pour le scénario 2 et de 484 FCFA pour le scénario 3.

3.2.2. Analyse financière comparative des compte d'exploitation de ces scénarios

3.2.2.1. Compte d'exploitation scenario 1

Ce compte d'exploitation est le récapitulatif de l'ensemble des paramètres (produits et charges d'exploitation pour deux cycles de production) pour mettre en lumière le niveau de rentabilité économique de chaque scénario de l'étude. Dans ce scénario, les alevins sont nourris avec de l'aliment simple. Le tableau 11 présente les charges et les résultats d'exploitation pour deux cycles de production/ cohorte1 (B1, B2, B3 et B4) nourrit avec de l'aliment industriel simple titrant 40% de protéines.

TABLEAU 11 : COMPTE D'EXPLOITATION DE LA COHORTE1 (B1, B2, B3 ET B4)

<i>DONNÉES DE PRODUCTION</i>				
Paramètres	Unité	Quantité	Prix Unitaire en F CFA	Montant en F CFA
Charges variables				
<i>Alevins</i>		108 000	15	1 620 000
<i>Aliments nécessaires</i>	Kg	7 560,0	450	3 402 000
<i>Sous total</i>				5 022 000
Charges fixes				
<i>Acquisition panneaux solaires</i>	FCFA	4	75 750	303 000
<i>Entretien Panneaux solaires (forfaitaire)</i>	FCFA/2 cycles	2	10 000	20 000
<i>Amortissement panneaux solaires /10 ans</i>	F CFA/an			30 300
<i>Acquisition petit matériel (forfait)</i>	FCFA			200 000
<i>Amortissement petit matériel/ 5ans</i>	F CFA/an			40 000
<i>Entretien Bassin de production (forfait)</i>				100 000
<i>Main d'œuvre (MOD)</i>	FCFA/2 cycles	15	600 000	9 000 000
<i>Sous total charges fixes</i>				9 693 300
<i>Coût de production du Kg de poisson</i>	FCFA/2 cycles			476
Autres Charges				
<i>Charges liées à la commercialisation (emballage vente in situ)</i>	FCFA/2 cycles	3094	100	309375
<i>Taxe liée à la commercialisation (forfait)</i>	FCFA/2 cycles			30000
<i>frais de communication (forfait)</i>	FCFA/2 cycles			10000
<i>Sous total Autres charges</i>				349375
<i>Total charges d'exploitation</i>				15 064 675
<i>Coût de revient du Kg de poisson</i>	F CFA/2 cycles			487
Recettes d'exploitation				
<i>Chiffre d'affaires/ Vente Alevins</i>	F CFA/2 cycles	99000	15	1485000
<i>Chiffre d'affaires/ Vente de poissons</i>	F CFA/2 cycles	30937,5	1500	46406250
<i>Valeur Résiduelle (Amortissement Panneaux solaires & Amortissement petit Mat)</i>	F CFA/2 cycles			432700

<i>Total Recettes d'exploitation</i>	<i>F CFA/2 cycles</i>			48323950
Résultat d'exploitation				
<i>Résultat Net</i>	<i>F CFA/2 cycles</i>			33 259 275
<i>Marge sur coût variable</i>	<i>F CFA/2 cycles</i>			42 869 250
<i>Seuil de rendement</i>	<i>F CFA/2 cycles</i>			10 828 840
<i>Taux de rentabilité</i>	<i>F CFA/2cycles</i>			69,4%

3.2.2.2. Compte d'exploitation scenario 2

Le scénario 2 prend en compte tous les paramètres du scénario 1 plus l'hormone conventionnelle 17- α -méthyltestostérone et de l'alcool comme charges variables. Les alevins du scénario 2 sont nourris avec de l'aliment hormoné. Le tableau 12 présente les charges et les résultats d'exploitation pour deux cycles de production/cohorte 2 (B5, B6, B7 et B8) traités avec le 17- α -méthyltestostérone et de l'aliment industriel titrant 40% de protéines.

TABLEAU 12 : COMPTES D'EXPLOITATION DE LA COHORTE2 (B5, B6, B7 ET B8)

DONNÉES DE PRODUCTION				
Paramètres	Unité	Quantité	Prix Unitaire en F CFA	Montant en F CFA
Charges variables				
<i>Alevins</i>		108 000	15	1 620 000
<i>Aliments nécessaires</i>	Kg/2cycles	7 560,0	450	3 402 000
<i>hormone (mg)/cycle (forfait)</i>	mg/ 2cycles	140		200 000
<i>Alcool (ml)/cycle (forfait)</i>	ml/2cycles	480		6 000
<i>Sous total</i>				5 228 000
Charges fixes				
<i>Acquisition panneaux solaires</i>	FCFA	2	75 750	151 500
<i>Entretien Panneaux solaires (forfaitaire)</i>	FCFA/2 cycles	2	10 000	20 000
<i>Amortissement panneaux solaires /10 ans</i>	F CFA/an			15 150
<i>Entretien bassins de production (forfait)</i>				100 000
<i>Acquisition petit matériel (forfait)</i>	FCFA			200 000

<i>Amortissement petit matériel/ 5ans</i>	<i>F CFA/an</i>			40 000
<i>Main d'œuvre (MOD)</i>	<i>F CFA/2 cycles</i>	15	600 000	9 000 000
<i>Sous total charges fixes</i>				9 526 650
<i>Coût de Production du Kg de poisson</i>	<i>F CFA/2 cycles</i>			610
<i>Autres Charges</i>				
<i>Charges liées à la commercialisation (emballage vente in situ)</i>	<i>FCFA/2 cycles</i>	2419	100	241875
<i>Taxe liée à la commercialisation (forfait)</i>	<i>FCFA/2 cycles</i>			30000
<i>frais de communication (forfait)</i>	<i>FCFA/2 cycles</i>			10000
<i>Sous total Autres charges</i>				281875
<i>Total charges d'exploitation</i>				15 036 525
<i>Coût de revient du Kg de poisson</i>	<i>F CFA/2 cycles</i>			622
<i>Recettes d'exploitation</i>				
<i>Chiffre d'affaires/ Vente Alevins</i>	<i>F CFA/2 cycles</i>	77 400	100	7 740 000
<i>Chiffre d'affaires/ Vente de poissons</i>	<i>F CFA/2 cycles</i>	24 187,5	1 500	36 281 250
<i>Valeur Résiduel (Amortissement Panneaux solaires & Amortissement petit Mat)</i>	<i>F CFA/2 cycles</i>			296 350
<i>Total Recettes d'exploitation</i>	<i>F CFA/2 cycles</i>			44 317 600
<i>Résultat d'Exploitation</i>				
<i>Résultat Net</i>	<i>F CFA/2 cycles</i>			29 281 075
<i>Marge sur coût variable</i>	<i>F CFA/2 cycles</i>			38 793 250
<i>Seuil de rendement</i>	<i>F CFA/2 cycles</i>			10 810 516
<i>Taux de rentabilité</i>	<i>F CFA/2cycles</i>			66,5%

3.2.2.3. Compte d'exploitation scenario 3

Le scénario 3 quant à lui prend également en compte tous les paramètres du scénario 1 en y ajoutant de la poudre de *Garcinia kola* plus de l'alcool comme charges variables. Les alevins du scénario 3 sont nourris avec de l'aliment contenant de la poudre de *Garcinia kola*. Le tableau 13 présente les charges et les résultats d'exploitation pour deux cycles de production/ cohorte3 (B9, B10, B11 et B12) traités avec de l'aliment industriel titrant 40% de protéines et 20g de poudre de *G. kola*.

TABLEAU 13: COMPTES D'EXPLOITATION DE LA COHORTE3 (B9, B10, B11 ET B12)

<i>DONNÉES DE PRODUCTION</i>				
<i>Paramètres</i>	<i>Unité</i>	<i>Quantité</i>	<i>Prix Unitaire en F CFA</i>	<i>Montant en F CFA</i>
Charges variables				
<i>Alevins</i>		<i>108 000</i>	<i>15</i>	<i>1 620 000</i>
<i>Aliments nécessaires</i>	<i>Kg/2 cycles</i>	<i>7 650,0</i>	<i>450</i>	<i>3 442 500</i>
<i>Garcinia kola en poudre (g)/cycle (forfait)</i>	<i>mg/2 cycles</i>	<i>140</i>		<i>20 000</i>
<i>Alcool (ml)/cycle (forfait)</i>	<i>ml/2 cycles</i>	<i>480</i>		<i>6 000</i>
Sous total				<i>5 088 500</i>
Charges fixes				
<i>Acquisition panneaux solaires</i>	<i>FCFA</i>	<i>2</i>	<i>75 750</i>	<i>151 500</i>
<i>Entretien Panneaux solaires (forfaitaire)</i>	<i>FCFA/2 cycles</i>	<i>2</i>	<i>10 000</i>	<i>20 000</i>
<i>Amortissement panneaux solaires /10 ans</i>	<i>F CFA/an</i>			<i>15 150</i>
<i>Acquisition petit matériel (forfait)</i>	<i>FCFA</i>			<i>200 000</i>
<i>Amortissement petit matériel/ 5ans</i>	<i>F CFA/an</i>			<i>40 000</i>
<i>Entretien Bassins production (forfaitaire)</i>				<i>100 000</i>
<i>Main d'œuvre (MOD)</i>	<i>FCFA/2 cycles</i>	<i>15</i>	<i>600 000</i>	<i>9 000 000</i>
Sous total charges fixes				<i>9 526 650</i>
<i>Coût de Production du Kg de poisson</i>	<i>FCFA/2 cycles</i>			<i>472</i>
Autres Charges				
<i>Charges liées à la commercialisation (emballage vente in situ)</i>	<i>FCFA/2 cycles</i>	<i>3094</i>	<i>100</i>	<i>309375</i>
<i>Taxe liée à la commercialisation (forfait)</i>	<i>FCFA/2 cycles</i>			<i>30000</i>
<i>frais de communication (forfait)</i>	<i>FCFA/2 cycles</i>			<i>10000</i>
Sous total Autres charges				<i>349375</i>
Total charges d'exploitation				<i>14 964 525</i>
<i>Coût de revient du Kg de poisson</i>	<i>FCFA/2 cycles</i>			<i>484</i>
Recettes d'Exploitation				
<i>Chiffre d'affaires/ Vente Alevins</i>	<i>FCFA/2 cycles</i>	<i>99 000</i>	<i>100</i>	<i>9 900 000</i>
<i>Chiffre d'affaires/ Vente de poissons</i>	<i>FCFA/2 cycles</i>	<i>30 937,5</i>	<i>1 500</i>	<i>46 406 250</i>

<i>Valeur Résiduel (Amortissement Panneaux solaires & Amortissement petit Mat)</i>	FCFA/2 cycles			296 350
<i>Total Recettes d'exploitation</i>	FCFA/2 cycles			56 602 600
Résultat d'Exploitation				
<i>Résultat Net</i>	FCFA/2 cycles			41 638 075
<i>Marge sur coût variable</i>	FCFA/2 cycles			51 217 750
<i>Seuil de rendement</i>	FCFA/2 cycles			10 473 126
<i>Taux de rentabilité</i>	FCFA/2 cycles			73,9%

TABLEAU 14: SYNTHÈSE DES TROIS SCÉNARIOS RETENUS

INDICATEURS	SCENARIOS 1	SCENARIOS 2	SCENARIOS 3
<i>Coût de production en FCFA/kg</i>	476	610	472
<i>coût de revient en FCFA/kg</i>	487	622	484
<i>Chiffres d'Affaires en FCFA</i>	47 891 250	44 021 250	56 306 250
<i>Résultat Net en FCFA</i>	33 259 275	29 281 075	41 638 075
<i>Marge sur coût Variable en FCFA</i>	42 869 250	51 217 750	51 217 750
<i>Taux de rentabilité en %</i>	69	67	74

3.3. DISCUSSION

Pour évaluer la performance financière des différents scénarios d'exploitation de pisciculture identifiés, les indicateurs financiers comme le coût de production du Kg de poisson, le Résultat Net d'Exploitation (RNE) et le rendement financier ont été utilisés. À cet effet, le compte d'exploitation, compte tenu de sa simplicité a été élaboré pour chaque scénario pour 2 cycles de production (une année de production). Un cycle de production est une activité regroupant l'ensemble des opérations de la préparation de l'infrastructure à la récolte de poissons marchands. L'étude a montré que le coût de production du tilapia de l'exploitation varie d'un scénario à un autre suivant la typologie d'exploitation. Ces coûts sont respectivement de 476 FCFA pour le scénario 1 ; de 610 FCFA pour le scénario 2 et de 472 FCFA pour le scénario 3. Le coût de production d'un kilogramme de tilapia est plus cher dans le scénario 2 avec une différence de plus de 100 FCFA que les autres scénarios. En effet, l'hormone conventionnelle 17- α -méthytestostérone est ajoutée aux charges variables et le coût de l'hormone est dix fois plus cher que les compléments alimentaires *Garcinia kola*. En revanche, les coûts de production des scénarios 2 et 3 sont presque les mêmes. Ceci explique le prix faible du *Garcinia kola* pour produire 1kg de poisson. Le résultat d'exploitation (RE) moyen pour l'ensemble des scénarios est de 34 726 142 FCFA. Le résultat net d'exploitation (RNE) le plus élevé (41 638 075 FCFA) et le plus faible (29 281 075 FCFA) ont été observés respectivement dans les scénarios 3 et 2. Il est de 33 259 275 FCFA au niveau du scénario 1. La différence entre les RNE des trois systèmes est plus ou moins significative ($p < 0.05$) au regard des chiffres relatifs aux résultats obtenus. Il faut noter que le résultat d'exploitation (RE) est positif dans l'ensemble des 3 scénarios de notre étude. Cependant, le système relatif au scénario 3 dégage un plus grand **taux de rentabilité** (le rapport entre un revenu et le capital engagé pour obtenir ce revenu) et qui est de 74% et plus élevé que celui dégagé par le système propre au scénario 1 (69%). Quant au système du scénario 2, il dégage une rentabilité financière inférieure aux deux systèmes précédents (67%). L'étude comparative entre les différents éléments relatifs aux facteurs de production, montre qu'il y'a seulement des disparités sur le facteur intrant où, au niveau des scénarios 2 et 3 des produits supplémentaires entrent dans la production. Il s'agit du 17- α -méthytestostérone pour le scénario 2 et le *Garcinia kola* pour le scénario 3. Ceci va interférer significativement sur la production de poissons avec un taux de mortalité noté assez conséquent pour le scénario 2 (25%), comme l'indique les données de production pour deux cycles de production/cohorte2 (B5, B6, B7 et B8) traités avec le 17- α -méthyltestostérone). Quant aux scénarios 1 et 3 les mortalités sont de 5% avec ou sans recours de produits supplémentaires (*Garcinia Kola*). En plus, la production moyenne de poisson par rapport au trois (03) scénarios

est estimée à 28 687,5kg/2 cycle. Elle varie d'un scénario à un autre, soit 30 937,5kg/2cycle pour les scénarios 1 et 3 et 24 187,5Kg/2cycle pour le scénario 2. Elle est donc plus élevée au niveau des scénarios 1 et 3 qu'au niveau du scénario 2. Cette différence est due aux pertes d'individus assez important dans le scénario 2. Cela s'explique d'une part, par le coût élevé de l'hormone conventionnelle 17- α –méthyltestostérone aux charges variables par rapport aux autres scénarios et d'autre part, par le nombre d'individus qui arrive à maturité. Ceci confirme l'étude selon laquelle, les individus de poissons traités avec le 17- α –méthyltestostérone subissent une forte mortalité dans les premières phases d'élevage (M. Seck et *al.*, 2018). Ce taux de mortalité impacte les bénéfices net d'exploitation comparé à l'utilisation de *Garcinia kola*.

3.4.CONCLUSION

Nous avons cherché à apporter des éléments de réponse à la question structurante du présent travail « *Contribution de Garcinia kola à la productivité et à la rentabilité économique de l'exploitation du Domaine Agricole Communautaire de Kédougou : Essai d'analyse financière et comparative des facteurs de production* ». Pour cela nous avons opté pour une approche systémique qui repose sur la prise en compte du contexte dans lequel s'exerce l'activité de pisciculture dans un territoire. Ce travail a surtout permis de construire une démarche permettant de répondre à une telle question en s'appuyant successivement sur diverses méthodes : une typologie, suivant les facteurs de production entrant dans l'exploitation de la ferme piscicole du DAC, par analyse permettant de classifier les principaux types de variables suivant la nomenclature des facteurs de production. L'analyse environnementale de chacune des principaux types de scénarios a permis d'évaluer leurs impacts potentiels, leurs niveaux d'efficience et les points à améliorer; une expérience en plan factoriel fractionnaire a permis de tester deux paramètres à savoir l'utilisation de l'hormone 17- α –méthyltestostérone et le *Garcinia kola* à la productivité et à la rentabilité économique, pour définir les plus influents et proposer des scénarios «optimaux» du point de vue de leur durabilité conformément aux résultats probants en termes de rentabilités obtenus avec le test de la poudre de *G. kola* en termes de recherche de combinaisons de facteurs les plus aptes à optimiser le ou les systèmes de pisciculture, sur la base des pratiques des producteurs, en prenant en compte des critères techniques, économiques et environnementaux. En somme pour apporter une réponse à cette situation, le modèle mérite une requalification du point de vue fonctionnement et un niveau d'équipement adéquat (par exemple une écloserie fonctionnelle, système d'approvisionnement en eau des bassins et une fabrique d'aliment) répondant aux besoins selon les normes

paramétrées en fonction de la production de poissons dans le but de satisfaire le marché potentiel.

CHAPITRE 4 : DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALES

4.1. DISCUSSION GENERALE

L'objectif assigné à ce travail est la détermination des effets de l'utilisation de *Garcinia kola* « petit cola » sur le taux d'inversion sexuelle, la survie et les performances de croissances chez le tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* y compris son impact sur la production et la rentabilité économique de l'exploitation piscicole. La pertinence de l'utilisation de compléments alimentaires alternatifs aux hormones synthétiques passe inéluctablement par une étude comparative sur le taux d'inversion sexuelle, de survie et de la croissance pondérale pour aboutir à une rentabilité économique. En effet, des facteurs inconnus dans diverses plantes médicinales conduisent à des résultats favorables dans les essais sur les poissons et les crevettes Fallahpour et *al.* (2014). Sivaram et *al.*, (2004) ont également trouvé que les plantes médicinales favorisent le métabolisme des lipides, l'accumulation de protéines et les performances de croissance. L'étude est circonscrite dans la région de Kédougou correspond à une des régions du Sénégal Oriental. Pour atteindre ces objectifs, des relevés de paramètres physico chimiques (Oxygène dissous, Température, pH) ont été effectués, des mesures de la croissance pondérale, le suivi des comportements et de la mortalité a été réalisées afin d'évaluer l'impact du *Garcinia kola* sur le tilapia du Nil *Oreochromis niloticus*. Le dispositif expérimental est constitué de 12 bacs hors sol avec un traitement en duplicata (chaque dose de complément alimentaire est appliquée pour 300individus/2bacs sauf les individus des bacs n^o1 et 2 qui ont consommés de l'aliment simple sans compléments alimentaires). Afin de mieux évaluer les objectifs de l'étude, que sont d'abord les effets de l'utilisation des compléments alimentaires sur le taux d'inversion sexuelle, de survie et les performances de croissance, ensuite l'influence des paramètres physico chimiques sur les qualités morphologiques des alevins et enfin la contribution des compléments alimentaires à la productivité et à la rentabilité économique, des fiches de collectes (annexes) ont été utilisées de façon journalière et trois fois par jour (pour les paramètres physico chimiques). Ainsi, la température, le pH, l'oxygène dissous, peuvent agir seuls ou en combinaison (complément alimentaire) sur la différenciation sexuelle. Ces résultats sont similaires à ceux trouvé par Baroiller et *al.*, (1999) et Rougeot et *al.*, (2007). En effet, ces facteurs abiotiques agissent via l'axe hypothalamo-hypophysaire : les modifications environnementales perçues par le cerveau, puis transmises à l'hypophyse, perturbent le schéma normal de la différenciation sexuelle en modifiant les mécanismes génétiques ou hormonaux. En outre, des enquêtes ont été réalisés auprès des consommateurs afin d'appréhender la perception et l'acceptabilité de complément alimentaire (*Garcinia kola*) dans l'inversion sexuelle. Le Test de Friedman a été utilisé pour voir la dynamique des doses de petit cola sur les paramètres physico-chimiques de l'eau. ACP (Analyse en Composantes Principales) pour

voir les effets des doses de *Garcinia kola* sur chaque paramètre et en fonction des variables liées à la production. L'analyse de variance a indiqué des différences significatives ($p < 0,05$). Ainsi pour chacune des variables étudiées, le focus est mis sur la comparaison entre les différentes doses de traitement mais aussi entre l'hormone synthétique 17- α -méthyltestostérone et le *Garcinia kola*. Les données d'enquête quant à elles, ont été d'abord dépouillées manuellement. Il ressort de cette étude que ces deux produits (17- α -méthyltestostérone et le *Garcinia kola*) ont enregistré des résultats très satisfaisant surtout sur le taux d'inversion sexuelle et les performances de croissance. En effet, les plus fortes proportions de mâles et les meilleures croissances ont été enregistrées au niveau des lots nourris avec le 17- α -méthyltestostérone et 20g de *Garcinia kola*. Des résultats similaires ont été obtenus par Tigoli et al. (2017), en étudiant les effets de l'hormone (17- α -méthyltestostérone) sur les performances zootechniques des souches « Bouaké » et « Akosombo » d'*O. niloticus*. Et par rapport à l'acceptabilité, *Garcinia kola* est de loin le choix. Les méthodes d'application et leurs durées dans l'organisme des espèces méritent une attention très particulière avec une étude ciblée pour la pérennité de l'activité bien qu'ils jouent un rôle prépondérant dans la rentabilité économique de la pisciculture. De ces résultats analysés, il convient de retenir des faits saillants qui méritent une discussion.

4.1.1. Typologie, fonctionnement et capacité d'inversion sexuelle du *Garcinia kola* sur l'espèce *Oreochromis niloticus*

Communément appelé arbre miracle, le « petit cola » est une plante utilisée pour ces nombreuses vertus thérapeutiques. Les différentes parties de la plante (feuilles, graines, écorces, racines) sont utilisées et présentent un grand intérêt au plan médicinal (Adesuyi et al., 2012). Il contient de nombreux composés chimiques dont les vertus thérapeutiques sont très importantes selon Eisner (1990). Parmi ces phytoconstitués nous avons : les oléorésines, saponines, tanins, alcaloïdes, glycosides cardiaque biflavonoïdes (Adesuyi et al., 2012 ; Ezeanya et Daniel, 2013). Ces phytoconstitués possèdent plusieurs propriétés notamment des activités antioxydants qui protègent les cellules des dommages oxydatifs afin de réduire le développement de certains types de cancer. Ils possèdent également des propriétés antimicrobiennes (Adesuyi et al., 2012). Les graines de *G. kola* sont réputées pour leurs propriétés aphrodisiaques (Guedje et al., 2001 ; Békro et al., 2007). La caféine qu'elle contient fait d'elle un bon stimulant (Chinyere et al., 2013). Selon Chinyere et al. (2013), les extraits des graines et des feuilles ont des propriétés antibactériennes, antivirales, antiseptiques, anti hépatite. Sur ce, il est important de confirmer les doses optimales et létales de la poudre de *G. kola* sur le taux d'inversion sexuelle, la survie

et les performances de croissance et pourquoi pas isoler le principe actif responsable de l'inversion sexuelle pour améliorer les performances de ce complément alimentaire.

Ainsi, il est ressorti des résultats que les populations de poissons traités avec l'hormone 17- α -méthyl testostérone et 20g de la poudre de *G. kola* ont enregistrées les plus fortes proportions de mâles et les meilleures croissances. Selon Flynn et Benfey (2007), l'hormone 17- α -méthyl testostérone possède des effets anabolisants. Ainsi, les alevins de Tilapia traités aux androgènes présentent généralement une croissance plus rapide que les individus non traités. Toutefois, il existe certaines limites dans les techniques impliquées, telles que : la contamination des stocks de géniteurs, la vigilance requise dans la sélection et l'entretien des stocks de géniteurs, les exigences d'un niveau élevé de contrôle et l'acceptation par les consommateurs des poissons à inversion de sexe hormonal (Ouedraogo, 2009). En revanche, les extraits de *G. kola* incorporés dans les différents régimes alimentaires des poissons, favorise l'augmentation des proportions de mâle (Tigoli et al., 2017). Les résultats de cette étude confirment les études de plusieurs auteurs avec un taux d'inversion de plus de 95% de mâles. La présence de stéroïdes dans les graines de *G. kola* pourrait être à la base de leur activité androgénique (Sarr et al., 2023).

La présente étude démontre également que la présence des extraits de plantes comme le *T. heterophylla* et le *Garcinia kola* dans les différents régimes alimentaires des poissons, améliore leur croissance (Sarr et al., 2023). Et que les extraits végétaux n'ont pas influencé négativement les performances de croissance sauf dans le lot traité avec une dose de 40g d'extraits de *G. kola*. En effet, les différents travaux ont montré que l'utilisation des plantes médicinales comme compléments alimentaires donne des résultats zootechniques intéressants, plus précisément *Garcinia kola* (Gultiferae). En revanche, les résultats enregistrés montrent également une faible croissance pour les populations traitées avec une concentration élevée de *Garcinia kola* (40g). *G. kola* est une plante riche en tanins. Les tanins dérivant de cette plante sont amers et forment un complexe polyphénolique élevé avec des protéines, le rendant ainsi indisponible dans l'alimentation. Le tanin peut réduire la qualité des protéines en diminuant la digestibilité et la palatabilité. Il inhibe également les activités des enzymes digestives (Bello et al., 2008). En outre, la croissance des alevins inversés est très impressionnante. Little et al. (2003) ont comparé les performances de l'élevage de différentes souches de *Oreochromis niloticus* et ont constaté que compte tenu de toutes les souches, le traitement à la méthyltestostérone des poissons a entraîné une taille finale de 10,7% de plus que les poissons non traités. Ceci affirme l'idée selon laquelle les populations de poissons traités ont une croissance beaucoup plus rapide

que ceux nourris avec de l'aliment simple et sa concorde avec les résultats de notre présente étude (Sarr et *al.*, 2023).

Un taux de survie intéressant a été enregistré pour les lots nourris avec des extraits végétaux de *G. kola* mais aussi dans les lots traités avec de l'aliment simple. En revanche, les populations de poissons traités avec de l'hormone conventionnelle méthytestostérone ont un taux de survie faible (Sarr et *al.*, 2023). Piferrer (2001) précise que le taux de mortalité est plus fort dans les premiers stades de développement, lors des traitements hormonaux et aurait tendance à se stabiliser dans les stades avancés de l'ontogenèse. En d'autres termes, les concentrations d'extraits de plante n'ont pas influé négativement les taux de survie des larves. Afin d'atteindre un niveau d'inversion sexuelle de 100%, des études seraient nécessaires pour voir le (s) constituants (tanin, stéroïde, saponine, etc..) du *G. kola* qui est à l'origine de l'inversion sexuelle. Cela permettra avec les procédés chimiques d'isolation, diminuer la partie qui rend amère le « petit cola » afin d'augmenter les doses de traitements et que l'aliment soit facilement ingérable par les poissons sans beaucoup de pertes (Sarr et *al.*, 2023).

4.1.2. Contribution des compléments alimentaires à la productivité et à la rentabilité économique dans une ferme piscicole

L'avantage de l'utilisation de la poudre de *G. kola* comme complément alimentaire a été démontré par des auteurs comme (Tigoli et *al.*, 2018, Sarr et *al.*, 2023). En effet, les extraits de la poudre de *G. kola* améliorent les performances de croissance, réduits le cycle de production donc favorisent les performances financières. Afin de mieux évaluer la contribution de *G. kola* à la rentabilité financière, différents scénarios d'exploitation ont été identifiés et des indicateurs financiers ont été considérés. Il s'agit du coût de production du Kg de Tilapia, le Résultat Net d'Exploitation (RNE) et le rendement financier. À cet effet, le compte d'exploitation, compte tenu de sa simplicité a été élaboré pour chaque scénario pour 2 cycles de production (une année de production). Un cycle de production est une activité regroupant l'ensemble des opérations de la préparation de l'infrastructure à la récolte de poissons marchands.

Concernant les coûts de production pour deux cycles de production, les coûts variables ou charges opérationnelles ont été élucidés pour montrer la variabilité des dépenses en fonction du niveau de production. Il s'agit notamment des coûts d'achat d'alevins, d'aliments, des dépenses liées à l'énergie (Acquisition des panneaux solaires, entretien), à l'Acquisition des petits matériels, à la rémunération de la main-d'œuvre salariée occasionnelle, etc. Ici dans notre étude, le coût de production varie d'un scénario à un autre suivant la typologie d'exploitation (476 FCFA pour le scénario 1 ; 610 FCFA pour le scénario 2 et 472 FCFA pour le scénario 3). En ce qui concerne le résultat d'exploitation qui est par définition la part du résultat net dégagé par

l'activité courante et normale d'un système. Ce dernier est calculé par différence entre les produits d'exploitation et les charges d'exploitation réalisés par ce système au cours de son exercice comptable. Le RE moyen pour l'ensemble des unités piscicoles est de 34 726 142 FCFA. Le RNE le plus élevé (41 638 075 FCFA) et le plus faible (29 281 075 FCFA) ont été observés respectivement au niveau des scénarios 3 et 2 (Sarr et *al.*, 2024). Il est de 33 259 275 FCFA au niveau du scénario 1. La différence entre les RNE des trois systèmes est plus ou moins significative ($p < 0.05$) au regard des chiffres relatifs aux résultats obtenus. Le résultat d'exploitation (RE) est positif dans l'ensemble des 3 scénarios de notre étude.

Cependant, le système relatif au scénario 3 dégage un plus grand taux de rentabilité (le rapport entre un revenu et le capital engagé pour obtenir ce revenu) 74% que celui dégagé par le système propre au scénario 1 (69%). Quant au système du scénario 2, il dégage une rentabilité financière inférieure aux deux systèmes précédents (67%) selon Sarr et *al.*, (2024).

4.2. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

4.2.1. Conclusion générale

Face à la surexploitation des ressources et la baisse drastique des ressources halieutiques, la pisciculture constitue une solution pour palier au problème de déficit en protéines animales, plus spécifiquement dans le département de Kédougou dominée par une pêche continentale, qui n'arrive pas à satisfaire les besoins de la population.

Cette présente étude a porté sur les effets de l'utilisation de *Garcinia kola* « petit cola » sur le taux d'inversion sexuelle, la survie et les performances de croissances chez le tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* L et sur l'impact de la production et la rentabilité économique à la station piscicole du DAC de Itato. En effet, l'étude comparative effectuée à travers un dispositif expérimental de trois composantes (3 scénarios distinct) a permis de mesurer l'impact du *Garcinia kola* sur les individus de poissons (taux d'inversion sexuelle, de survie et les performances de croissance). L'analyse environnementale de chacun des principaux types de scénarios a permis d'évaluer leurs impacts potentiels, leurs niveaux d'efficacité et les points à améliorer; une expérience en plan factoriel fractionnaire a permis de tester deux paramètres à savoir l'utilisation de l'hormone 17- α -méthyltestostérone et le *Garcinia kola* à la productivité et à la rentabilité économique, pour définir les plus influents et proposer des scénarios «optimaux» du point de vue de leur durabilité conformément aux résultats probants en termes de rentabilités obtenus avec le test de la poudre de *G. kola*. En d'autres termes l'étude nous a permis de confirmer l'importance de l'utilisation du complément alimentaire dans la

pisciculture en vue de promouvoir l'activité car économiquement elle répond aux besoins des populations et particulièrement de pisciculteurs. En outre l'étude a fait ressortir les contraintes et opportunités auxquelles cette activité fait face dans la zone d'étude (département de Kédougou) mais aussi les axes stratégiques sur lesquelles, elles devraient s'adosser pour être plus compétitive. A l'issue de cette étude, nous avons pu mettre en évidence la contribution des compléments alimentaires et surtout l'impact des doses de traitements en pisciculture. Le meilleur résultat enregistré pour les performances de croissance et le taux de survie est de 20g/kg. Pour une concentration supérieure à 30g/kg, la croissance voisine celle des populations nourries avec de l'aliment simple et les alevins ont tendance de ne pas manger à cause de la forte concentration en tanin de l'aliment. En effet, dans les bacs traités avec 40g d'extraits de *G. kola* près de la moitié de l'aliment n'est pas consommé par les poissons. Ainsi, des études complémentaires seraient nécessaires en vue d'extraire le tanin de la poudre de *Garcinia kola* pour atteindre l'exigence idéale de 100% de mâle et permettre aux alevins de manger convenablement. La réussite de cet élevage passe donc par la maîtrise de la reproduction. En conditions semi-intensive, l'éleveur s'efforcera donc de limiter ce risque en élevant des bandes d'alevins mâles. En pratique, il est possible de produire des lots d'alevins à 97-98% mâles. Les 2% de femelles suffisent à perturber l'élevage. Il faut donc veiller à limiter au maximum l'impact des reproductions.

4.2.2. Perspectives

A la lumière des résultats de l'étude, nous pouvons dire que l'utilisation du « petit cola » comme complément alimentaire présente d'énormes avantages et dégage de belles perspectives. La région de Kédougou présentant d'énormes difficultés en matière d'approvisionnement en ressources halieutiques, le développement de la filière piscicole pourrait contribuer à la résolution de ce phénomène en travaillant sur sa chaîne de valeur. L'atteinte des objectifs de production passera inéluctablement par des techniques innovantes. Les techniques d'inversion sexuelle et les doses de traitement optimales du « petit cola » passeront évidemment par d'autres études complémentaires pour élucider certaines questions telles que :

- ✚ L'extraction du constituant de la composition du *G. kola* qui empêche les poissons de manger convenablement afin qu'ils puissent ingérer le maximum d'aliment pour avoir un taux d'inversion sexuelle voisinant les 100% et une croissance rapide.
- ✚ L'isolement du principe actif de *G. kola* afin d'améliorer le taux d'inversion sexuelle à 100% de mâles.

- ✚ La mise en place d'un dispositif d'exploitation piscicole opérationnel afin de permettre aux producteurs locaux de l'adopter et d'augmenter leurs capacités de production en un temps record.
- ✚ L'analyse de la chair de poissons traités au *Garcinia kola* permettra de savoir le devenir du complément alimentaire et facilitera le processus d'acceptabilité du tilapia pour les consommateurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adesuyi A.O., Elumm I.K., Adaramola F.B. et Nwokocha A.G.M. 2012.** Nutritional and phytochemical screening of *Garcinia kola*. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 4(1): 9-14.
- Adkins-Regan E. 1987.** Hormones and sexual differentiation. In: Norris, D. O., Jones, R. E. (Eds.), *Hormones and Reproduction in Fishes, Amphibians, and Reptiles*. Plenum, New York, pp. 1-29.
- Agyili J., Sacande M., Koffi E. et Peprah T. 2007.** Improving the collection and germination of West African *Garcinia kola* Heckel seeds. *New Forests*, 34(3): 269-279.
- Allanson B. R and Noble R. G. 1984.** The tolerance of *Tilapia mossambica* to high temperatures. *Trans. Fish. Soc.* 93, p323-332.
- Allison R, Smitherman R. O. et Cabrero J. 1976.** Effet of high density culture on reproduction and yield of *Tilapia aurea*. FAO Tech. Conf. on Aquaculture, Kyoto, Japan, AQ/Conf./76/E. 47, 3p Antilla E., (1984). Steroid conversion by oocytes and the early embryos of *Salmo gairdneri*. *Ann. Zool. Fenn.* 21, pp : 465-476.
- Almin Marie-Raphaëlle. 2015.** Etude des mécanismes induits par de fortes températures stérilisantes chez un poisson tropical, le tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus*. Tours : Université François Rabelais, 265 p.
- Ansd. 2013.** Enquête régionale intégrée sur l'emploi et le secteur informel : Rapport final, octobre 2019. 288 pages.
- Ansd. 2017.** Situation économique et sociale du Sénégal en 2013. 211pages.
- Ansd. 2019.** Situation économique et sociale de la région de Kédougou en 2019. 145pages.
- Ansd., 2023.** Situation économique et sociale de la région de Kédougou entre 2020-2021. 251pages.
- Arrignon J.,1969.** L'élevage de *Tilapia mossambica* comme animal de laboratoire. *Verh. Int. Ver. Theor. Angex. Limnol* 17, pp : 650-661.
- Baldé B.S., Sow F.N., Ba K, Ekau W., Brehmer P., Kantoussan J., Fall M. et Diouf M. 2019.** Variability of key biological parameters of round sardinella *Sardinella aurita* and the effects of environmental changes. *Journal of Fish Biology* 1–11. doi: 10.1111/jfb.13903.

- Bard J, Kimpe P, Lemasson J, Lessent P. 1974.** Manuel de pisciculture tropicale. Centre technique forestier tropical. 209 pages.
- Baroiller J. F. et Toguyeni A. 1996.** Comparative effects of a natural androgen, 11- β -Hydroxyl androstenedione, and a synthetic androgen 17- α -méthytestostérone on the sex ratios of *Oreochromis niloticus*. In: R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kothias and D. Boua B. B., J. A. Mamyrbekova-Bekro, B. A. Kouame et Y. A. Bekro. 2013. Criblage phytochimique et potentiel érectile de *Turraea heterophylla* de Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.* 68: 5394 - 5403.
- Baroiller J. F., Guiguen Y. et Fostier A. 1999.** Endocrine and environmental aspects of sex differentiation in fish. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 55: 910-931.
- Baroiller, J. F., D'cotta H. et Saillant E. 2009a.** Environmental effect on fish sex determination and differentiation. *Sexual development*, 3: 118-135.
- Baroiller J. F., D'Cotta, H., Bezault E., Wessels S. et Hôerstgen-Schwark G. 2009b.** Tilapia sex determination: where temperature and genetics meet. *Comparative biochemistry and physiology, Part A* 153: 30-38.
- Baron B. S., Bückle F. R. et Espina S. 2002.** Environmental factors and sexual differentiation in *Poecilia sphenops* Valenciennes (Pisces: Poeciliidae). *Aquaculture Research*, 33: 615-619.
- Békro A.Y, Janat A.M.B, Boua B.B, Fézan H.T.B et Ehouan E.E. 2007.** Étude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthamiana* (BaiU.) Herend. et Zarucchi (Caesalpiaceae). *Sciences & Nature*: 217-225.
- Bello M. O., Falade O. S., Adewusi S. R. A. et Olawore N. O. 2008.** Studies on the chemical compositions and anti nutrients of some lesser known Nigeria fruits. *African Journal of Biotechnol.* 7 : 3972 - 3979.
- Blasquez M., Carillo M., Piferrer F. 1999.** Sex ratios in offspring of sex-reversed sea bass and the relationship between growth and phenotypic sex differentiation. *Journal. Fish Biology.* 55, 916-930.
- Boua B. B., Mamyrbekova-Bekro J. A., Kouame B. A., Bekro Y. A. 2013.** Criblage phytochimique et potentiel érectile de *Turraea heterophylla* de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences.* 68: 5394 - 5403.

- Chakraborty S. B. et Hancz C. 2011.** Application of phytochemicals as immune stimulant, antipathogenic and antistress agents in *finish culture*, 3: 103 - 119.
- Chakraborty, SB, Horn, P. et Hancz, C. (2014)** Application de composés phytochimiques comme promoteurs de croissance et modulateurs endocriniens en pisciculture. *Reviews in Aquaculture*, 6, 1-19.
- Chinyere C.E et Ebakota O.D. 2013.** Antibacterial activity of Garcinia kola seed and leaf extract on some selected clinical isolates. *Science Journal publication*, 9 p.
- Chourrout D. 1988.** Revue sur le déterminisme génétique du sexe des poissons téléostéens. *Bulletin de la Société Zoologique de France*. 113, 123-144.
- Citarasu T. 2010.** Herbal biomedicines: A new opportunity for aquaculture industry, 18: 403 - 414.
- Cnra. 2013.** Le CNRA en 2012. Rapport annuel, CNRA: 6- 7.
- Dadzie S. et Wangila B. C. C. 1980.** Reproductive Biology, length-weight relationship and relative condition of pond raised *Tilapia zillii*. *Journal of Fish. Biology*. 17, p 243-253.
- Denzer H. W. 1968.** Studies on the physiology of young *Tilapia*. FAO; *Fish. Report*. 4, p356-366.
- Devlin R. H. et Nagahama Y. 2002.** Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture* Volume 208, numéros 3 et 4, pages 191 à 364.
- Dhraief, Azaza M.N., Kraiem M.S. 2010.** Etude de la reproduction du tilapia du Nil "*Oreochromis niloticus*" (L) en captivité dans les eaux géothermales du sud Tunisien. *Bullin de Institut Nationale des Sciences et Technologies de la Mer de Salammbô*, Vol. 37, 2010.
- Dominique G. 2019.** Etude de l'expression des gènes durant la différenciation sexuelle chez le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*). <http://hdl.handle.net/2268.2/7272>. 69 pages.
- Dpee. 2016.** Rapport Economique et Financier Annexe au projet de loi de finance 2016 ; 64 Rue Carnot X Saint Michel. En face BICIS Préstige BP 116 Dakar RP Sénégal, 126 pages.
- Dzwillo M. 1996.** Uber den Einfluss von Methyl testosterone auf primare and sekundare Geschlechtsmerkmale wahrend verscheidener Phasen der Embryonalentwicklung von *Lebistes reticulatus*. *Zool. Anz. Suppl.*, 29: 471-476.

- E.O., 2017.** Guide des espèces. 1p.
- Esiegwu A.C. Okoli I.C., Emenalom O.O., Esonu B.O. et Udedibie A.B.I. 2014.** The emerging nutraceutical benefits of the African wonder nut (*Garcinia kola* Heckel). *Global Journal of Animal Scientific Research*, 2 (2): 170-183.
- Eyeson K. N. 1983.** Stunting and reproduction in pond-reared *Sarotherodon melanotheron*. *Aquaculture*, 31, 257-267.
- Eyog-Matig.O., Aoudji A.K.N et Linsoussi C. 2007.** *Garcinia kola* (Heckel) seeds dormancy-breaking. *Applied Ecology and Environmental Research*, 5(1): 63- 71.
- Ezeanya Chinyere. C et Daniel Ebakota.O. 2013.** Antibacterial activity of *Garcinia kola* seed and leaf extracts on some selected clinical isolates. *Science Journal of Microbiology*, 9 p.
- Fallahpour F., Banaee M. et Javadzade N. 2014.** Effects of dietary marshmallow (*Althaea officinalis* L.) extract on growth performance and body composition of common carp (*Cyprinus carpio*). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 2 (8) : 2453 - 2460.
- Fao. (1995).** Handbook on small-scale freshwater fish farming, FAO Training Series No. 24, Compiled by V. Gopalakrishnan and A.G. Coche. Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO, Rome, Italie. 205p
- Fao. 2002.** Les méthodes de production d'alevins de *Tilapia nilotica*. *adcp/rep/89/46* :120p.
- Fao. 2009.** *Oreochromis niloticus*. In *Cultured aquatic species fact sheets*. 8 pages.
- Fao/Ana. 2011.** Vue générale du secteur aquacole national du Sénégal : Rapport d'activités de l'ANA. 8 pages.
- Fabioux C. 2005.** Origine et développement des cellules germinales chez l'huître *Crassostrea gigas*: intérêt pour le contrôle de la reproduction en éclosion. *Hal open science*. 211p.
- Flynn S. R. et T. J. Benfey. 2007.** Effects of dietary estradiol-17 β in juvenile short nose sturgeon, *Acipenser brevirostrum*, Lesueur. *Aquaculture*. **270**: 405 - 412.
- Guiguen Y., Fostier A., Piferrer F. et Chang C. F.. 2010.** Ovarian aromatase and estrogens: A pivotal role for gonadal sex differentiation and sex change in fish, 165: 352 - 366.
- Hickling C. F. (1963).** The cultivation of tilapia. 208(5) : 143-152.
- Gilling C. J, Skibinski D.O.F., Beardmore J. A. 1996.** Sex reversal of tilapia fry by immersion in water containing oestrogen. In: Pulli, R.S.V., Lazard J., Legendre M.,

- Amon-Kottias J.B., Pauly D., (Eds.), the Third Int. Symp. On tilapia in Aquaculture. Manila, Philippines, pp. 314-319.
- Hall J.B et Swaine M.D. 1981.** Distribution and ecology of vascular plants in a tropical rain forest. *Junk publishers*, 83: 45-53.
- Hickling C. F. 1960.** The Malacca tilapia hybrids. *Journal Genet.* 57: 1-10.
- Hishida T. 1965.** Accumulation of estrone 16-C14 and diethylstilbestrol-(Monoethyl-1-C14) in larval gonads of the medaka, *Oryzias latipes*, and the determination of the minimum dosage of estrogen for sex reversal. *General Comparative. Endocrinology.* 5, 137-144.
- Hunter G. A. and Donaldson E. M. 1983.** Hormonal sex control and its application to fish culture. In: Hoar, W. S., Randall, D. J., Donaldson, E. M. (Eds.), Fish Physiology, vol. IX, Reproduction, Part B, Behavior and Fertility Control, *Academie Press, New York*, pp. 223-303.
- Ibironke G.F., Olaleye S. B. et Aremu A. 1997.** Effects of diets containing seeds of *Garcinia kola* (Heckel) on gastric acidity and experimental ulceration in rats. *Phytotherapy Research*, 11(4): 312- 313.
- Ibtissem Hamouda. 2005.** Contribution à l'étude de l'inversion sexuelle chez une espèce de poisson d'eau douce : tilapia (*Oreochromis niloticus*). Mémoire Online 2000-2023.
- Jobling S., Nolan M., Tyler C. R., Brighty G., Sumpter J. P. 1998.** Widespread sexual disruption in wild fish. *Environ. Sei. Technol.* 32, 2498-2506.
- Juliana A., Moctar S., Edmond K. et Theresa P. 2007.** Improving the collection and germination of West African *Garcinia kola* (Heckel) seeds. *New forest*, 34 (3) : 269-279.
- Kaliba A. R., Osewe K. O., Senkondo E. M., Mnembuka B. V., Quagraine K. K. 2006.** Economy analysis of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Production in Tanzania. *Journal of the world aquaculture society.* 37 (4): 464-473.
- Kavumpurath S., Pandian T. J. 1993.** Determination of labile period and critical dose for sex reversal by oral administration of estrogens in *Betta splendens*. *Indian J. Exp. Biol.* 31, 16-20.

- Kophy T. et al. 2018.** Effets de deux plantes aphrodisiaques africaines *Garcinia kola* et *Turraea heterophylla* sur les performances zootechniques et le taux d'inversion sexuelle chez *Oreochromis niloticus*, *Agronomie Africaine*. 30 (2) : 135 – 146.
- Kouamé N.M.T et Gnahoua G.M. 2008.** Arbres et lianes spontanés alimentaires du département de Gagnoa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Bois et forêts des tropiques*, 298 (4): 65-75.
- Koulish S. and Kramer C. R. 1989.** Human chorionic gonadotropin (HCG) induces gonad reversal in protogynous fish, the blue head wrasse, *Thalassoma bifasciatum* (Teleostei, Labridae). *Journal Exp. Zool.* 252,156-168.
- Kramer C. Rand Imbriano M. A. 1997.** Neuropeptide Y (NPY) induces gonad reversal in the protogynous blue head wrasse, *Thalassoma bifasciatum* (Teleostei, Labridae). *Journal Exp. Zool.* 279, 133-144.
- Krime D. E. 1995.** The effect of pollution on reproduction in fish. *Rev. Fish Biol. Fish.* 3, 160-180.
- Lacroix, E. 2004 :** Pisciculture en zone tropicale. GFA Terra System, Hamburg, Allemagne. 231p.
- Laouar et Barhoumi L. 2017 :** Approche technico-économique de l'élevage en cages de tilapia du nil dans les retenues de barrages tunisiennes, Centre Technique d'Aquaculture (Ed), Tunis, p. 9.
- Lazard J. 2007.** Transfert de poissons et développement de la production piscicole. Exemple de 3 pays d'Afrique Subsaharienne. *Hydrobiologie Tropicale*, **23**: 251-265.
- Little D.C, Bhujel R.C et Pham TA. 2003.** Advanced nursing of mixed-sex and mono-sex tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry, and its impact on subsequent growth in fertilized ponds. *Aquaculture*, **221** (2003): 265-276.
- Lee J.C. 1979.** Reproduction and hybridization of three Cichlid fishes, *Tilapia aurea*, *T. hornorum* and *T. nilotica* in aquaria and in plastic pools. PhD thesis, Auburn University, Auburn, Alabama. pages 233 à 237.
- Leveque C. et Paugy D. 1984.** Guide des poissons d'eau douce de la zone du programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. ORSTOM-OMS, 381p.

- Anna Maňourová, Olga Leuner, Zacharie Tchoundjeu, Patrick Van Damme, Vladimir Verner, Ondrej Příbyl, Bohdan Lojka. 2019. Potentiel médicinal, utilisation et statut de domestication du Bitter Kola (*Garcinia kola* Heckel) en Afrique de l'Ouest et du Centre. *Forêts*, 2019 , 10 (2), 124.
- Mebanga S. A, Douanla R et Pouomogne V. 2020.** Effets comparés des doses de l'hormone 17-alpha-méthyltestostérone et du milieu d'élevage sur les taux de masculinisation, de survie et de croissance des larves du tilapia *Oreochromis niloticus* en zone d'altitude camerounaise. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14(8): 2758-2769, 12p.
- Ministère de la Pêche et de l'Economie Maritime. 2011.** Document introductif du conseil interministériel sur la pêche, 54p. MPEM, Sénégal.
- Melard C. et Philippart J. c. 1981.** La production de Tilapia de consommation dans les rejets industriels de l'eau de chaude en Belgique. *Cahiers d'Ethologie appliquée*, 1, p 7-122.
- Melard c. 1986.** Recherches sur la biologie d'*Oreochromis* (*Tilapia*) *niloticus* L. (Pisces : Cichlidae) en élevage expérimental: reproduction, croissance, bioénergétique - *Cahiers d'éthologie appliquée*. 6 (3) : 1-224.
- Mohamed Naceur DHRAÏEF., AZAZA M.S et KRAÏEM M.M. 2010.** Etude de la reproduction du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L) en captivité dans les eaux géothermales du sud tunisien. *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô*, Vol. 37. 8 pages.
- Momy Seck., Diadiou H.D., Ndao P.D., Théophile Diouf., et Niane A. (2018).** Production en masse d'alevins mâles de *Tilapia Oreochromis niloticus* de la vallée du fleuve Sénégal à partir de l'aliment hormoné au 17 alpha méthyl testostérone. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12(5): 2236-2243.
- Mukherjee D., Ghosal I., Hancz C. et Chakraborty S. B. 2018.** Dietary Administration of Plant Extracts for Production of Monosex Tilapia: Searching a Suitable Alternative to Synthetic Steroids in *Tilapia Culture*, 18: 267 - 275.
- Nakamura M. 1984.** Effects of estradiol-17β on gonadal sex differentiation in two species of salmonids, the masu salmon, *Oncorhynchus masu*, and the chum salmon, *O. keta*. *Aquaculture* 43, 83-90.
- Navarro-Martin L., Vinas J., Ribas L., Diaz N., Gutierrez A., Di Croce L. et Piferrer F. 2011.** DNA methylation of the gonadal aromatase (cyp19a) promoter is involved in

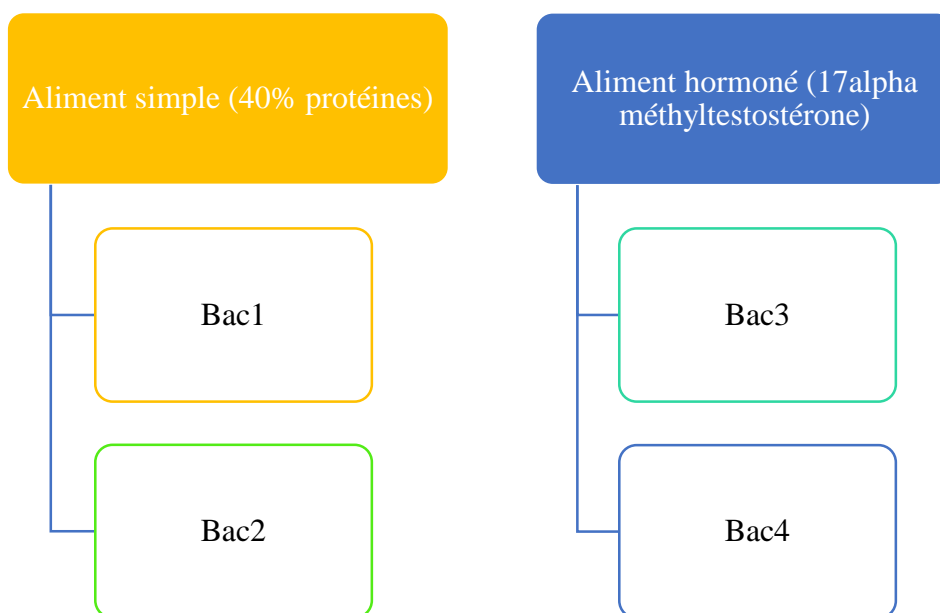
- temperature-dependent sex ratio shifts in the European sea bass. *PLoS Genetics* 7 (12): 15 pages.
- Ntamag C.N., 1997.** Spatia.J distribution of non-timber forest production collection: a case study of south Cameroon: Thesis, Wageningen Agricultural University, Abuja, 48 p.
- Odebiyi O.O et Sofowora E.A. 1978.** Photochemical screening of Nigeria medicinal plants. Lloydia Press, Canada, 41: 234-236.
- Ouédraogo C. 2016.** Analyse comparative, physiologique et moléculaire des effets de trois traitements masculinisant chez le tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus*, et recherche de marqueurs de traçabilité liés à ces approches. *Hal open science*. 185p.
- Ouedraogo Christian R. N. 2009.** Inversion hormonale du sexe par la méthyltestostérone et l'éthynylœstradiol chez le Tilapia *Oreochromis niloticus* L. Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA) en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles (GIRN). 55p.
- Owusu-Frimpong M. and Nijhar B. 1981.** Induced sex reversal in *Tilapia nilotica* (Cichlidae) with methyl testosterone. *Hydrobiologia*. 78: 157-160.
- Owusu-Frimpong M. 1987.** Breeding behavior pattern of the lake fish *Tilapia discolor* Gunter (Teleostei, Cichlidae) in captivity. *Journal of Fish Biology*. 30: 1-5.
- Pauly D. 1996.** The third international symposium on *Tilapia* in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings: pp 238 - 245.
- Pechsiri J. et Yakupitiyage A. 2005.** A comparative study of growth and feed utilization efficiency of sex reversed diploid and triploid Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquacult. Res.* 36: 45 - 51.
- Piferrer F. 1990.** Hormonal manipulation of the process of sex differentiation in Pacific salmon, PhD Thesis, Univ. Barcelona, 399 pp.
- Piferrer F. and Donaldson E. M. 1992.** The comparative effectiveness of the natural and synthetic estrogen for the direct feminization of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture* 106, 183-193.
- Piferrer F. and Donaldson E. M. 1993.** Sex control in Pacific salmon. In: Muir J. F., Roberts R. J., (Eds.), Recent advances in Aquaculture, vol. IV, *Blackwell Scientific Publications, Oxford*, pp. 67-77.
- Poonlaphdecha S, Pepey Canonne de Verbal H, Baroiller J. F. et D'Cotta H. 2013.** Temperature induced-masculinisation in the Nile *Tilapia* causes rapid up-regulation of

- both dmrtl and amh expressions. *General and Comparative Endocrinology*, 193: 234-242.
- Priece D. J. 1984.** Genetics of sex determination in fishes. A brief review. In: Potts, G. W., Wootton, R. (Eds.), *Fish Reproduction. Strategies and Tactics*. Academic Press, London, pp. 75-80.
- Pruginin Y. 1967).** Report to the Government of Uganda on the Experimental fish Culture Project in Uganda, 1965-1966. Reports on Fisheries, TA Reports 2446, FAO/UNDP (Technical assistance), FAO, Rome, 19 pp
- Rai Nitin D. 2003.** Human use, reproductive ecology and life history of *Garcioia gummigatha*, a non forest product in the western gatsbs India. Pbd. Pennsylvania Statc University (United State of America), 191 p.
- Rosenstein S. and Hulata G. 1994.** Sex reversal in the genus *Oreochromis*: optimization of feminization protocol. *Aquacult. Fish. Manage.* 25, 329-339.
- Rothboard S., Solnik E., Shabbath S., Amado R., Grabie I. 1983 -** The technology of mass production of hormonally sex-inversed all male Tilapias. In *Fishelton & Yaron (eds). First International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Israel* : 425-434
- Rougeot C., Krim A., Mandiki S.N.M., Kestemont P. et Mélard c. 2007.** Sex steroid dynamics during embryogenesis and sexual differentiation in Eurasian perch, *Perca fluviatilis*. *Theriogenology*, 67 : 1046-1052.
- Ruwet J.c., Voss J., Hanon L. et Micha J. c. 1976.** Biologie et écologie du Tilapia. In « Symposium on aquaculture in Africa»; FAO/CIFA Tech. Pap. 4 (Suppl. 1) pp. 332-364.
- Sarr C., Ndour N., Ndiaye O., Diadhiou H. D. 2023.** Effets de la poudre de *Garcinia kola* « Bitter kola » sur le changement de sexe, la survie et les performances de croissance du tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 12, 351-364. doi: [10.4236/jacen.2023.124025](https://doi.org/10.4236/jacen.2023.124025).
- Sarr C., Ndour N., Ndiaye O., Badji A. et Diadhiou H. D. 2024.** Contribution de *Garcinia kola* à la productivité et à la rentabilité économique de la zone agricole communautaire de Kédougou : analyse financière et comparative des facteurs de production. *Revue de chimie agricole et environnement*, 13, 54-66. doi: [10.4236/jacen.2024.131004](https://doi.org/10.4236/jacen.2024.131004).

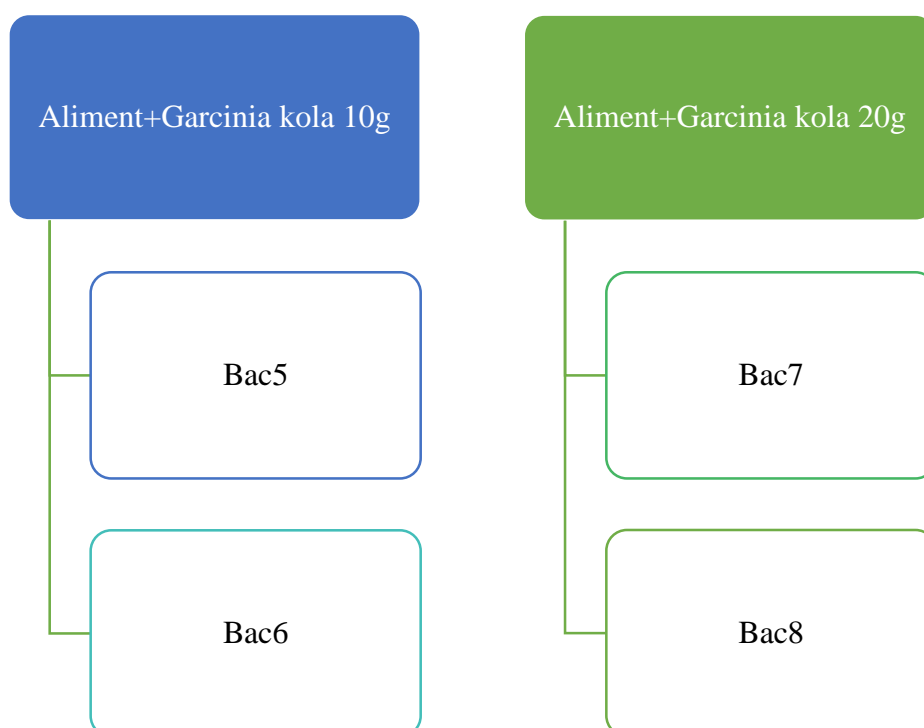
- Senghor M. L. S. 2017.** Impacts de l'utilisation de l'hormone 17 alpha méthyltestostérone dans l'élevage du Tilapia *Oreochromis niloticus* L. 1758, sur le poisson de taille marchande et l'environnement, 104p.
- Shao C. 2014.** Epigenetic modification and inheritance in sexual reversal of fish. *Genome Research*, 24: 604-615.
- Sissao R. 2014.** Inversion thermique du sexe chez le Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (Linneaus, 1758) : étude de la thermosensibilité des alevins de la population du lac de la vallée du Kou à Barna. N°.•2014/GIRN/SPFIPH. 54p.
- Sivaram V., Babu M. M., Citarasu T., Immanuel G., Murugadass S. et Marian M.P. 2004.** Growth and Immune response of juvenile greasy groupers (*Epinephelus tauvina*) fed with herbal antibacterial active principle supplemented diets against *Vibrio harveyi* infections. *Aquaculture*, 237 (4) : 9 - 20.
- Syahidah A., Saad C. R., Daud H. M. et Abdelhadi. 2015.** Status and potential of herbal applications in aquaculture. 14 (1) 27 - 44.
- Tave D., (1993).** Review of a basic genetics. *Genetics for Fish Hatchery Managers*. 2nd edn. Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 7-20.
- Tigoli K., Cissé M., Koné M., Ouattara M., Ouattara A. et Gourène G. 2017.** Effets de l'hormone (17-á-méthyltestostérone) sur les performances zootechniques des souches « Bouaké » et « Akosombo » de *Oreochromis niloticus* (Linneaus, 1758). *Agron. Afri.*, **29** (1) : 21-31.
- Trabelsi N. 2019.** Production d'alevins monosexes de Tilapia par Hybridation. 49p.
- Trewavas E. (1983).** Tilapias Des poissons du Genre Sarothérodon, *Oreochromis* et *Danakilia*, Britanniques Musée (Naturel Histoire), Londres. 583 pp.
- Uchida D., Yamashita M., Kitano T. et Iguchi T. 2004.** An aromatase inhibitor or high water temperature induce oocyte apoptosis and depletion of P450 aromatase activity in the gonads of genetic female zebrafish during sex-reversal. *Comp. Biochem. Physiol. A: Mol. Integr. Physiol.*, 137 : 11-20.
- Valdivia K. 2012.** Caractérisation du phénotype associé à la mutation masculinisante mal chez la truite arc-en-ciel, *Oncorhynchus mykiss*. Thèse de doctorat de l'université de Rennes 1. Mention: Biologie. 304p.

- Van Den Hurk R., Slob G. A. et Schurer F. A. 1980.** Gonadal sex differentiation in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, with special reference to effects of steroid hormones and N, N dimethylformamide. *Gen. Comp. endocrinol.* 40, 323.
- Varadaraj K., Sindhu Kumari, S., and Pandian, T. J. 1994.** Comparison of conditions hormonal sex reversal of Mozambique Tilapias. *Progressive Fish-culturist* 56: 81-90.
- Winge O. (1934).** The experimental alteration of sex chromosomes into autosomes and vice versa, as illustrated by *Lebistes*. *C. R. Trav. Lab. Carlsberg, Ser. Phys.* 21,1-49.
- Wokoma K. and Marioghae I. E. (1996).** Survival of *Tilapia guineensis* under conditions of low dissolved oxygen and low pH. P.442-448. In R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J. Ramon Kothias and D. Pauly (eds.) *The third International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conf. Proc.* 41, 575 p.
- Wohlfarth G.W. 1994.** The unexploited potential of tilapia hybrids in aquaculture. *Aquaculture and fisheries management.* 25, 781-788.
- Yamamoto T. 1969.** Sex differentiation. In: Hoar, W. S., Randall, D. J. (Eds.), *Fish Physiology*, vol. III, Reproduction, Academic Press, *New York*, pp. 117-175.
- Yété P., Togbé A., Koudoro Y., Agbangnan P., Ndahischimiye V., Djenontin T. S., Wotto D., Azandegbe E. C. et Sohounhloue D. 2015.** Etude comparative des Composés phénoliques et activité antiradicalaire des extraits des Graines de *Garcinia kola* (Guttiféreae) et de *Cucumeropsis dulis* (cucurbitacées) du Bénin. *International Journal of Innovative Science and Research Technology.* 15 (1): 217 - 227.
- <http://www.actinnovation.com/innobox/outils-innovation/analyse-chaine-de-valeur> (consulté le 24 juillet 2023)
- <http://www.sypagua.com/elevage-aquaculture/tilapia-oreochromis niloticus/print.html> (consulté le 22 juillet 2024)

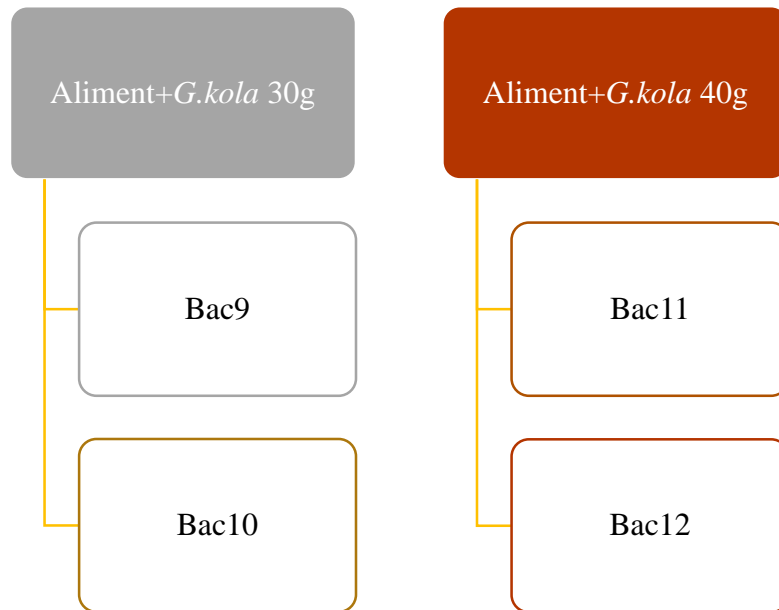
ANNEXE 1 : Schéma du dispositif expérimental



NB : Dans les bacs 1 et 2, nous avons utilisé de l'aliment simple titrant 40% de protéine. Et pour les bacs 3 et 4, de l'aliment hormoné (17alpha méthyltestostérone) et nous alimentons 3 fois par jour en fonction de la biomasse. La fréquence d'alimentation peut être évolutive en fonction de la demande mais la quantité journalière reste inchangée.



NB : Dans les bacs 5 et 6, nous avons utilisé de l'aliment contenant 10g de *G. kola*. Et pour les bacs 7 et 8, de l'aliment contenant 20g de *G. kola*. Nous alimentons 3 fois par jour (la quantité d'aliment dépend de la biomasse).



NB : Dans les bacs 9 et 10, nous avons utilisé de l'aliment contenant 30g de *G. kola*. Et pour les bacs 11 et 12, de l'aliment contenant 40g de *G. kola*. Nous alimentons 3 fois par jour (la quantité d'aliment journalière dépend de la biomasse du bassin et du poids moyen des individus).

FICHE DE SUIVI DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES/ Alevins

Bac2 : Aliment simple

Mois/ANNEE : 2022

Date/Heures/Lib	Densité	Température	pH	DO	Observations	Responsable(s)

FICHE DE SUIVI DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES/ Alevins

Bac3 : aliment+17alpha méthyltestostérone

Mois/ANNEE : 2022

Date/Heures/Lib	Densité	Température	pH	DO	Observations	Responsable(s)

FICHE DE SUIVI DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES/ Alevins

Bac5 : aliment+ *G. kola* 10g

Mois/ANNEE : 2022

Date/Heures/Lib	Densité	Température	pH	DO	Observations	Responsable(s)

FICHE DE SUIVI DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES/ Alevins

Bac7 : aliment+ *G. kola* 20g

Mois/ANNEE : 2022

Date/Heures/Lib	Densité	Température	pH	DO	Observations	Responsable(s)

FICHE DE SUIVI DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES/ Alevins

Bac8 : aliment+ *G. kola* 20g

Mois/ANNEE : 2022

Date/Heures/Lib	Densité	Température	pH	DO	Observations	Responsable(s)

FICHE DE SUIVI DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES/ Alevins

Bac9 : aliment+ *G. kola* 30g

Mois/ANNEE : 2022

Date/Heures/Lib	Densité	Température	pH	DO	Observations	Responsable(s)

FICHE DE SUIVI DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES/ Alevins

Bac10 : aliment+ *G. kola* 30g

Mois/ANNEE : 2022

Date/Heures/Lib	Densité	Température	pH	DO	Observations	Responsable(s)

FICHE DE SUIVI DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES/ Alevins

Bac12 : aliment+ *G. kola* 40g

Mois/ANNEE : 2022

Date/Heures/Lib	Densité	Température	pH	DO	Observations	Responsable(s)

Lieu	Station piscicole d'Itato
Date de récolte	
Date d'éclosion	
Nombre/Biomasse après résorption	
Date de mise en bac	
Ration alimentaire journalière	
Début alimentation	
Fréquence d'alimentation	-9h 3 fois -13h -17h
Type d'aliment	Aliment industriel titrant 50% protéines
Fin alimentation	
Observations	

Bac2 : Aliment simple

Mois/Année : 2022

Lieu	Station piscicole d'Itato
Date de récolte	
Date d'éclosion	
Nombre/Biomasse après résorption	
Date de mise en bac	
Ration alimentaire journalière	

Début alimentation	
Fréquence d'alimentation	-9h 3 fois -13h -17h
Type d'aliment	Aliment industriel titrant 50% de protéines
Fin alimentation	
Observations	

Bac3 : Aliment+17alpha méthyl testostérone

Mois/Année : 2022

Lieu	Station piscicole d'Itato
Date de récolte	
Date d'éclosion	
Nombre/Biomasse après résorption	
Date de mise en bac	
Ration alimentaire journalière	
Début alimentation (aliment+17alpha méthyltestostérone)	
Fréquence d'alimentation	-9h 3 fois -13h -17h
Type d'aliment	Aliment industriel+17alpha méthyl testostérone
Fin alimentation (aliment+17alpha méthyl testostérone)	
Observations	

Bac4 : Aliment+17alpha méthyl testostérone

Mois/Année : 2022

Lieu	Station piscicole d'Itato
Date de récolte	

Date d'éclosion	
Nombre/Biomasse après résorption	
Date de mise en bac	
Ration alimentaire journalière	
Début alimentation (aliment+17alpha méthyltestostérone)	
Fréquence d'alimentation	-9h 3 fois -13h -17h
Type d'aliment	Aliment industriel+17alpha méthyltestostérone
Fin alimentation (aliment+17alpha méthyltestostérone)	
Observations	

Bac5 : Aliment industriel+ G. kola 10g

Mois/Année : 2022

Lieu	Station piscicole d'Itato
Date de récolte	
Date d'éclosion	
Nombre/Biomasse après résorption	
Date de mise en bac	
Ration alimentaire journalière	
Début alimentation <i>G. kola</i>	

Fréquence d'alimentation	-9h 3 fois -13h -17h
Type d'aliment	Aliment industriel + <i>G. kola</i>
Fin alimentation <i>G. kola</i>	
Observations	

Bac6 : Aliment industriel+ *G. kola* 10g

Mois/Année : 2022

Lieu	Station piscicole d'Itato
Date de récolte	
Date d'éclosion	
Nombre/Biomasse après résorption	
Date de mise en bac	
Ration alimentaire journalière	
Début alimentation <i>G. kola</i>	
Fréquence d'alimentation	-9h 3 fois -13h -17h
Type d'aliment	Aliment industriel + <i>G. kola</i>
Fin alimentation <i>G. kola</i>	
Observations	

Bac7 : Aliment industriel+ *G. kola* 20g

Mois/Année : 2022

Lieu	Station piscicole d'Itato
-------------	----------------------------------

Date de récolte	
Date d'éclosion	
Nombre/Biomasse après résorption	
Date de mise en bac	
Ration alimentaire journalière	
Début alimentation <i>G. kola</i>	
Fréquence d'alimentation	-9h 3 fois -13h -17h
Type d'aliment	Aliment industriel + <i>G. kola</i>
Fin alimentation <i>G. kola</i>	
Observations	

Bac8 : Aliment industriel+ *G. kola* 20g

Mois/Année : 2022

Lieu	Station piscicole d'Itato
Date de récolte	
Date d'éclosion	
Nombre/Biomasse après résorption	
Date de mise en bac	
Ration alimentaire journalière	
Début alimentation <i>G. kola</i>	
Fréquence d'alimentation	-9h 3 fois -13h -17h

Type d'aliment	Aliment industriel + <i>G. kola</i>
Fin alimentation <i>G. kola</i>	
Observations	

Bac9 : Aliment industriel+ *G. kola* 30g

Mois/Année : 2022

Lieu	Station piscicole d'Itato
Date de récolte	
Date d'éclosion	
Nombre/Biomasse après résorption	
Date de mise en bac	
Ration alimentaire journalière	
Début alimentation <i>G. kola</i>	
Fréquence d'alimentation	-9h 3 fois -13h -17h
Type d'aliment	Aliment industriel + <i>G. kola</i>
Fin alimentation <i>G. kola</i>	
Observations	

Bac10 : Aliment industriel+ *G. kola* 30g

Mois/Année : 2022

Lieu	Station piscicole d'Itato
Date de récolte	
Date d'éclosion	
Nombre/Biomasse après résorption	

Date de mise en bac	
Ration alimentaire journalière	
Début alimentation <i>G. kola</i>	
Fréquence d'alimentation	-9h 3 fois -13h -17h
Type d'aliment	Aliment industriel + <i>G. kola</i>
Fin alimentation <i>G. kola</i>	
Observations	

Bac11 : Aliment industriel+ *G. kola* 40g

Mois/Année : 2022

Lieu	Station piscicole d'Itato
Date de récolte	
Date d'éclosion	
Nombre/Biomasse après résorption	
Date de mise en bac	
Ration alimentaire journalière	
Début alimentation <i>G. kola</i>	
Fréquence d'alimentation	-9h 3 fois -13h -17h
Type d'aliment	Aliment industriel + <i>G. kola</i>
Fin alimentation <i>G. kola</i>	
Observations	

Bac12 : Aliment industriel+ *G. kola* 40g

Mois/Année : 2022

Lieu	Station piscicole d'Itato
Date de récolte	

Date d'éclosion	
Nombre/Biomasse après résorption	
Date de mise en bac	
Ration alimentaire journalière	
Début alimentation <i>G. kola</i>	
Fréquence d'alimentation	-9h 3 fois -13h -17h
Type d'aliment	Aliment industriel + <i>G. kola</i>
Fin alimentation <i>G. kola</i>	
Observations	

ANNEXE 4 : Questionnaires pour les consommateurs

I. Identification

1.1. Identification de la zone

-Département

Kédougou

Saraya

Salémata

Commune.....

-Village ou quartier.....

Date de l'enquête.....

1.2. Identification de l'enquêté

NomN° Téléphone :.....

Age..... Sexe : 1. M 2. F

1.3. Impression/appréciation

Accordez-vous un intérêt particulier au Tilapia du DAC d'Itato ? 1. Oui 2. Non

Quelles tailles de poisson préférez-vous ?

1. 250g 2. 300g 3. 500g 4. 700g

5. Autres à préciser.....

Sur quel marché faites-vous vos achats ?

Avez-vous une préférence sur le type de poisson ? 1. Oui 2. Non

Si Oui pourquoi ?.....

Que pensez-vous du tilapia de la station piscicole du DAC d'Itato ?

Y'a-t-il une différence entre le tilapia du DAC et de celui du marché ? 1. Oui

2. non

• Si oui les quelles ?

1. Taille.....

2. Saveur.....

3. Prix.....

4. Qualité

5. Autres à préciser.....

Pouvez-vous faire la distinction entre le poisson issu de DAC et issu d'ailleurs ? 1. Oui

2. Non

Si Oui comment ?

1. Taille.....

2. Qualité.....

3. Conservation.....

4. Autre à préciser.....

Si oui, Quels avantages et inconvénients constatez-vous sur les tilapias du DAC ?

Connaissez-vous l'inversion sexuelle du Tilapia ? 1. Oui 2. Non

Si Oui avec quel produit ?

Quelles recommandations faites-vous pour le tilapia du DAC d'Itato ?

Avantages	Inconvénients	Recommandations
1		
2		
3		

ANNEXE 5 : Questionnaire pour les commerçant (e)s

Identification

Identification de la zone

-Département

Kédougou

Saraya

Salémata

-Commune.....

-Village ou quartier.....

Date de l'enquête.....

Identification de l'enquêté

Nom..... N° Téléphone.....

Age..... Sexe : 1. M 2. F

Activités :

1. Pisciculture 2. Commerce 3. Autre à préciser

A quelle catégorie appartenez-vous ? 1. détaillant 2. Semis grossiste 3. Grossiste

Durant quelle période s'étale votre activité principale ?

1. Toute l'année 2. Autre à préciser.....

Activité secondaire :

1. Pisciculture 2. Autres à préciser

Avez-vous reçu une formation particulière pour votre activité ?

1. Oui 2. Non

Si oui laquelle ou lesquelles ?

Combien de personnes travaillent dans votre unité ? [] Hommes []

Femmes []

Combien y-a-t-il de personnes salariées dans votre unité ? [] Homme [] Femmes []

]

Combien de permanents [] Homme [] Femmes []

Combien de temporaires [] Homme [] Femmes []

A combien est estimé le salaire des ouvriers permanents¹ ?

A combien est estimé le salaire des ouvriers temporaires² ?

Quelle est la fréquence de rémunération des salaires :

1. Journalière
2. Hebdomadaire
3. Mensuelle
4. Bimestrielle
5. Trimestrielle.
6. Autres à préciser.....

Capital physique

Quels moyens d'information de marché disposez-vous ?

1. Téléphone
2. Radio
3. Télévision
4. Journaux
5. Autres à préciser.....

Comment vous informez-vous sur l'évolution des marchés ?

1. Téléphone
2. Radio
3. Télévision
4. Journaux
5. Autres à préciser.....

Quels sont vos moyens logistiques ?

1. Charrette
2. Vélo
3. Voiture
4. Moto
5. Autres à préciser.

Approvisionnement

Avez-vous des liens particuliers avec vos fournisseurs ? 1. Oui 2. Non

Si oui, quel type de lien entretenez-vous ?

1. Fidélité
2. Contrat
3. Partenariat
3. Autres à préciser.....

Quelle est votre fréquence d'approvisionnement en poissons ?

1. Journalière
2. Hebdomadaire
3. Mensuelle
4. Variable
5. Autre à préciser.....

Vous souciez-vous de la qualité de vos produits achetés ? 1. Oui 2. Non

Si oui, comment ou par quel moyen ?

Quels sont vos dépenses supplémentaires réalisées lors de vos achats ?

Désignation	Prix à l'unité

Commercialisation

Sur quel (s) marché (s) commercialisez-vous vos produits ?

¹ Donner un intervalle

² Donner un intervalle

1. Local 2. Régional 3. Exportation 4. Autres à préciser.....

Quel est votre chiffre d'affaire moyen³ par annuel ?

Quel est votre bénéfice moyen⁴ par campagne ?.....

Quelles sont les meilleures périodes de vente ?

1. Fête 2. Période de fin d'année 3.Variable 4. Autre à préciser...

Sous quel format sont commercialisés vos produits ?

1. Détail 2.Semi grossiste 3. Grossiste

Disposez-vous d'une marque personnalisée de vos produits ? 1. Oui 2. Non

Si oui, la quelle ?.....

SI Non, pourquoi ?.....

1. N'en ressent pas le besoin 2. N'en dispose pas les moyens 3. Autres à préciser

Quelle est votre fréquence de commercialisation ?

1. Quotidien 2.Hebdomadaire 3. Autres.....

Faites-vous une transformation supplémentaire sur vos produits avant commercialisation ?

1. Oui 2. Non

Si oui, les quelles ?

Quelle est votre clientèle principale ?

1. Particulier 2. Commerçant-revendeur 3. Restaurant 4. Autres à préciser

Quelle est votre clientèle secondaire ?

1. Particulier 2. Commerçant-revendeur 3. Restaurant 4. Autres à préciser

Comment trouvez-vous la vitesse d'écoulement de vos produits ?

1. Très bonne 2.bonne 3. Moyenne 3. Lente

Le tilapia est-il plus compétitif que les autres tilapias provenant du fleuve ou ailleurs ?

1. Oui 2. Non

Si oui pourquoi ?

Si non pourquoi ?

³ Donner un intervalle

⁴ Donner un intervalle

Organisation et Appuis institutionnel

Appartenez-vous à des organismes sociaux de base ? 1. Oui 2. Non

Si oui lesquels ?

1. Organisations professionnelles
2. GIE
3. Mutuelle
4. Coopératives
5. Autres.....

Que vous apportent ces organisations ?.....

Avez-vous déjà bénéficié d'une aide ? 1. Oui 2. Non

Si oui, spécifier 1. Nature 2. Espèce

Si oui d'où est ce qu'elle provient ?

1. État
2. ONG
3. DAC
4. Autres à préciser....

Avez-vous bénéficié d'un appui technique dans le cadre de votre activité ? 1. Oui 2. Non

Si oui dans quel(s) domaine(s) ?

Dans quels domaines et sur quels aspects précisément souhaiteriez-vous être renforcé ?.....

2.5 Capital financier

Est-ce que vous bénéficiez de financement ? 1 Oui 2 non

Si oui, auprès de quelle institution de microfinance ou Banque ?

Quelle est la durée du prêt (en mois) ? / _____ /

Quel est le taux d'intérêt ? / _____ /

Avez-vous des difficultés pour obtenir des financements ? 1. Oui 2. Non

Si oui, quelles sont les difficultés ?

1. Absence de structure financière dans la zone
2. Crédit inadapté au besoin du secteur
3. Manque de garantie des exploitants...
4. Méfiance des structures financières à cause des aléas du secteur...
5. Autres.....

Environnement

Que pensez-vous de la commercialisation du tilapia ?

Avantages	Inconvénients
-----------	---------------

Trouvez- vous votre activité productive ? 1. Oui 2. Non

Quels sont les difficultés ou contraintes majeurs que vous rencontrez dans le cadre de votre activité ?

Quelles solutions ou recommandation proposez-vous ?

Contraintes ou Difficultés	Solutions ou Recommandations
1	
2	
3	
4	
5	

ANNEXE 6 : Questionnaire pisciculteur

I. Identification

1.1. Identification de la zone

-Département

Kédougou

Saraya,

Salémata

-Commune.....

-Village ou quartier.....

Date de l'enquête.....

1.2. Identification de l'enquêté

Nom.....

N° Téléphone :.....

Age.....

Sexe : 1. M

2. F

Activité principale :

1. Pisciculture 2. Commerce 3. Autres à préciser

Capital intellectuel :

1 -Combien d'années d'expériences avez-vous concernant l'activité ?

2-Est-ce que vous avez reçu une formation concernant l'activité ?

Capital physique

Quels moyens d'information de marché disposez-vous ?

1. Téléphone 2. Radio 3. Télévision 4. Journaux 5. Autres à préciser...

Comment vous informez vous sur l'évolution des marchés ?

1. Téléphone 2. Radio 3. Télévision 4. Journaux 5. Autres à préciser....

De quelles logistiques disposez-vous dans le cadre de votre activité ?

Matériels	Prix	Nombre	Durée de vie

Approvisionnement en aliments

Où vous approvisionnez vous en aliment ?

Fréquence d'approvisionnement en aliment ?

1. Par mois 2. Par semestre 3. Autres à préciser

À combien achetez-vous le sac d'aliments ?

Quelles quantités utilisez-vous ?

Types	Nombre de sacs ou quantité en kg	Prix unitaire

Utilisez-vous des compléments alimentaires ?

1. Oui 2. Non

Si oui lesquels, leurs Prix et Pourquoi ?

Utilisez-vous des produits de traitements ?

1. Oui 2. Non

Si oui lesquels, leurs Prix et Pourquoi ?

Nom du produit	Prix unitaire	Utilité

Production

Quels genres de tilapia utilisez-vous ?

Avez-vous une idée sur les compléments alimentaires à base de petit cola ?

Connaissez-vous l'inversion sexuelle ?

Si Oui, quel produit utilisez-vous ?

1. Hormone 2. Autres.....

Pourquoi avez-vous choisi ces genres ?

Avez-vous fait une comparaison de croissance entre les poissons inversés sexuellement et non inversés ?

Vous souciez-vous de la qualité :

- Du tilapia ? 1. Oui 2. Non

Si Oui, comment ?

- Des aliments ? 1. Oui 2. Non

Si Oui, quels sont vos critères de bonne qualité du tilapia ?

- De l'eau ? 1. Oui 2. Non

Si Oui, quels sont vos critères de bonne qualité du tilapia ?

- Du traitement hormonal/ *Garcinia kola* ? 1. Oui 2. Non

Si Oui, quels sont vos critères de bonne qualité du tilapia ?

Pourquoi avoir choisi la pisciculture en bassin ?

Comment se font vos prélèvements (récolte)?

Quelle est votre fréquence de prélèvement ?

1. Journalière 2. Hebdomadaire 4. Autres à préciser

Faites-vous le stockage ?

- Tilapia 1. Oui 2. Non

Pourquoi et quand est-ce vous le faite ?

Quels sont vos intrants et leurs prix ?

Intrants	Prix

Commercialisation

Qui sont vos principaux clients (de premier choix) ?

1. Grossiste 2. Demi-grossiste 3. Détaillants 4. Restaurant
5. Autres à préciser.....

Quelle est votre clientèle secondaire ?

1. Grossiste 2. Demi-grossiste 3. Détaillants 4. Restaurant
5. Autres à préciser.....

Sur quel marché commercialisez-vous le poisson ?

1. Permanent 2. Hebdomadaire 4. Autres à préciser.....

Le marché est-il proche de votre lieu de production ? 1. Oui 2. Non

Quels moyens de transport utilisez-vous ?

Maitrisez-vous la chaîne de froid ? 1. Oui 2. Non

Organisation et Appui institutionnel

Appartenez-vous à des organismes sociaux de base ? 1. Oui 2. Non

Si oui lesquels ?

1. Organisations professionnelles 2. GIE 3. Mutuelle 4. Coopératives
5. Autres.....

Que vous apportent ces organisations ?

Avez-vous déjà bénéficié d'une aide ? 1. Oui 2. Non

Si oui, spécifier 1. Nature 2. Espèce

Si oui d'où est ce qu'elle provient ?

1. État 2. ONG 3. DAC Autres à préciser

Avez-vous bénéficié d'un appui technique dans le cadre de votre activité ? 1. Oui 2. Non

Si oui dans quel domaine ?.....

2.5 Capital financier

Est-ce que vous bénéficiez de financement de votre activité de pisciculture ? 1 Oui
2 Non

Si oui, auprès de quelle institution de microfinance ou Banque ?.....

Combien de fois avez-vous bénéficié de crédit / _____/

Quel est le montant du dernier crédit contracté / _____/

Quelle est la durée du prêt (en mois) ? / _____/

Quel est le taux d'intérêt ? / _____/

Avez-vous des difficultés pour obtenir des financements ? 1. Oui 2. Non

Si oui, quelles sont les difficultés ?

1. Absence de structure financière dans la zone
2. Crédit inadapté au besoin du secteur
3. Manque de garantie des exploitants
4. Méfiance des structures financières à cause des aléas du secteur...

Productivité et rentabilité de l'activité

Trouvez- vous votre activité productive ? 1. Oui 2. Non

Quel est votre chiffre d'affaire moyen⁵ par an ?

Quel est votre bénéfice moyen par récolte ou campagne ?

En pourcentage.....

Quelles sont les meilleures périodes de vente ?

1. Fête 2. Période de fin d'année 2. Variable 3. Autre à préciser...

Quelles sont les difficultés ou contraintes majeures que vous rencontrez dans le cadre de votre activité ?

Quelles solutions proposez-vous ?

Contraintes ou difficultés	Solutions ou recommandations
1	
2	
3	

⁵ Donner un intervalle

ANNEXE 7 : Guides d'entretien

Inspecteur de Pêche de Kédougou

Quelle est la situation de la pêche dans la région de Kédougou ?

Comment trouvez-vous la pisciculture dans cette région ?

Comment intervenez-vous dans la pisciculture du DAC ?

Quelles recommandations faites-vous aux GEA et PRODAC ?

Passation de marché au PRODAC

Comment cherchez-vous vos fournisseurs d'intrants (aliments ou de matériels) ?

Vos fournisseurs ont-ils une influence quant à la fixation des prix des intrants (aliments produits chimiques prophylactiques et matériels) ?

Comment travaillez-vous avec les GEA du DAC d'Itato ?

Quels sont les avantages à ce que vous-vous chargiez des commandes ?

Quelles sont les contraintes rencontrées ?

Quelles sont vos recommandations concernant la fourniture d'intrants pour la chaîne de valeur du tilapia ?

Techniciens du DAC

Sur quel maillon intervenez-vous dans la chaîne de valeur du tilapia du DAC ?

Comment travaillez-vous avec les DAC ?

Quelles sont les contraintes rencontrées dans le cadre de vos activités piscicoles ?

Quelles solutions et recommandations faites-vous pour la chaîne de valeur du tilapia du DAC ?

Président des mareyeurs

D'où est ce que proviennent vos poissons ?

Sur quels marchés rendez-vous vos poissons ?

Quelles sont les espèces de poissons que vous vendus ?

Comment travaillez-vous avec les GEA du DAC ?

Quelles recommandations faites-vous pour la pisciculture du DAC ?

ANNEXE 8 : ARTICLES PUBLIES
Journal of Agricultural Chemistry and Environment, 2023, 12, *-*
<https://www.scirp.org/journal/jacen>

ISSN Online : 2325-744X

ISSN Print : 2325-7458

DOI: 10.4236/****.2023.***** **** ***, 2023 1 Journal of Agricultural Chemistry
and Environment

Effects of *Garcinia kola* “Bitter Kola” Powder
on Sex Reversal, Survival and Growth
Performance of Tilapia (*Oreochromis
niloticus* L.)

Cheikh Sarr 1*, Ngor Ndour 2, Ousmane Ndiaye 3, Hamet Diaw Diadhiou 4
1 Itato Community Agricultural Estate (Kedougou)/Agroforestry and Plant
Production Laboratory

2 Assane Seck University of Ziguinchor/Agroforestry and Plant Production
Laboratory

3 Thies National Agriculture College (ENSA)

4 Senegalese Agricultural Research Institute/Dakar-Thiaroye Oceanographic
Research Center, BP 2241 Dakar, Senegal

Email: *csarr4015@gmail.com

Journal of Agricultural Chemistry and Environment, 2024, 13, *-*

<https://www.scirp.org/journal/jacen>

ISSN Online: 2325-744X

ISSN Print: 2325-7458

DOI: 10.4236/****.2024.***** **** ***, 2024 1 Journal of Agricultural Chemistry
and Environment

Contribution of *Garcinia kola* to the

**Productivity and Economic Profitability
of the Community Agricultural Area of
Kedougou: Financial and Comparative
Analysis of Production Factors**

**Cheikh Sarr1*, Ngor Ndour1, Abdoulaye Badji2, Ousmane Ndiaye3, Hamet
Diadhiou4**

1

**Laboratory of Agroforestry and Plant Production, Assane Seck University of
Ziguinchor, Ziguinchor, Senegal**

2

Enda ECOPOP/Tambacounda Regional Office, Tambacounda, Senegal

3

**Laboratory of Agriculture and Environmental Sciences, National High School of
Agriculture, Thies, Senegal**

4

**Senegalese Institute of Agriculture Research, Oceanographic Research Center of
Dakar Thiaroye, Dakar, Senegal**

Email: *csarr4015@gmail.com