

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR (UASZ)



UFR DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

DEPARTEMENT : AGROFORESTERIE

Système rizi-piscicole associant *Oryza sativa L.* et *Oreochromis niloticus L.*
dans la ferme de l'UGB (Saint louis, Sénégal)

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de licence professionnelle
en Agro-ressources et entrepreneuriat

Présenté et soutenu par

M. Mamadou NIANG

Le 22 Février 2022

Jury

Dr Aly DIALLO

Maître -assistant à UASZ

Dr Antoine SAMBOU

Maître -assistant à UASZ

Encadrant : Pr Ngor NDOUR, Maître de conférences à l'université Assane
SECK de Ziguinchor

Co-encadrant : Dr Mbaye TINE enseignant-chercheur à l'université Gaston
Berger de Saint-Louis

Année académique : 2018/2019

REMERCIEMENTS

Ce travail fait suite à un stage effectué à la ferme de l'Université Gaston Berger de Saint-Louis dans le cadre d'un rapport de fin d'études pour l'obtention de la licence professionnelle en agro-ressources végétales et entrepreneuriat.

Ce travail est le fruit de la participation de plusieurs personnes et donc je tiens à remercier

- **Pr. Ngor NDOUR**, Enseignant-chercheur à l'UFR ST/Agroforesterie de l'Université Assane SECK de Ziguinchor, pour avoir été mon encadrant, pour les corrections, pour sa disponibilité malgré son calendrier très chargé mais aussi pour sa rigueur et son engagement.
- **Dr. Mbaye TINE**, Enseignant-chercheur à l'UGB.
- **M. Malick Aliou SENE**, technicien de la ferme de l'UGB, pour la confiance qu'il nous a donnée et le soutien durant notre stage.
- **Dr. Omar NDAW FAYE**, Agronome, chercheur au CRA-ISRA de Saint-Louis pour l'aide et le support moral qu'il m'a apporté tout au long de ce travail.
- **M. Mamadou SAKHO**, Agronome.
- Tous les **professeurs du département d'agroforesterie** pour les conseils.
- **M. LOUIS DIATTA**, Doctorant à l'UFR S2ATA pour son soutien.
- Tout le personnel administratif et technique de la ferme de l'UGB et de l'ISRA, particulièrement à **M. Abdou Aziz DIOP** et **M. Djibril TALL**.
- Tous les étudiants de la Licence professionnelle de la promotion 2018-2019.
- Tous les membres de ma famille pour leur soutien matériel et moral permanent.
- Tous les membres du jury.

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

% : pourcentage

°C : degré Celsius

ADRAO : Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest

ANDS : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

BF : biomasse finale

OD : oxygène dissous

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

FM : fertilisation minérale

FO : fertilisation organique

g : gramme

GPJ : gain de poids journalier

Ha : hectare

HM : hauteur à la maturité

hbt : habitant

ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

JAE : jour après élevage

JAF : jour après floraison

JAR : jour après repiquage

JAS : jour après semis

Kg : kilogramme

l : litre

m² : mètre carré

mg : milligramme

NGPa : nombre de grain par panicule

NIF : nombre d'individu final

NII : nombre d'individu initial

NPl : nombre de plant

NT : nombre de talle

PGR : Pratique de gestion Recommandée

PMF : poids moyen final

PMI : poids moyen initial

Rdt : rendement

S2ATA : Sciences Agronomiques, de l'Aquaculture et des Technologies Alimentaires

SAED : Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta

SF : sans fertilisation

Trt : traitement

t/ha : tonne par hectare

UASZ : Université Assane SECK de Ziguinchor

UFR : Unité de Formation et de Recherche

UGB : Université Gaston Berger

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Morphologie du riz (ADRAO, 2009)	5
Figure 2 : morphologie du tilapia du Nil.....	5
Figure 3: papille génitale mâle et femelle du tilapia	6
Figure 4: phases de développement du riz (SAED, 2011)	7
Figure 5: relations riz-poisson.....	9
Figure 6: zone d'étude.....	10
Figure 7: les infrastructures de la ferme	10
Figure 8: certains des outils utilisés	11
Figure 9: dispositif expérimental.....	12
Figure 10: travail du sol	12
Figure 11: étang-refuge	13
Figure 12 : préparation de la pépinière.....	14
Figure 13 : le repiquage des plants de riz.....	15
Figure 14 : variation de la température en fonction des traitements	18
Figure 15 : variation du pH moyen en fonction des traitements	19
Figure 16: variation de l'oxygène en fonction des traitements	19
Figure 17: variation de la longueur à maturité des feuilles en fonction des traitements.....	20
Figure 18: variation du nombre de talles en fonction des traitements	21
Figure 19: variation du nombre de grains par panicule en fonction des traitements.....	22
Figure 20: variation du rendement en fonction des traitements	22
Figure 21: biomasse finale des poissons	23

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : caractéristique de la variété sahel 177	11
Tableau 2 : les différents traitements	12
Tableau 3 : détails sur la mise en charge des individus.....	15
Tableau 4 : détails sur l'alimentation des poissons initialement.....	16
Tableau 5 : données des paramètres physico-chimiques.....	X
Tableau 6: Pêche de contrôle.....	XI
Tableau 7: Effet des fertilisations sur les poissons	XI

Table des matières

REMERCIEMENTS	I
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	II
LISTE DES FIGURES	V
LISTE DES TABLEAUX.....	V
RESUME.....	1
ABSTRACT	2
Introduction	3
Chapitre I : Aspect biologique et les relations riz-poisson.....	4
I.1 Morphologie du riz et du tilapia du Nil.....	4
I.1.1 Morphologie du riz	4
I.1.2 Morphologie du tilapia du Nil, <i>Oreochromis niloticus</i>	5
I.2 Développement et croissance du riz et du tilapia du Nil.....	6
I.2.1 Développement et croissance du riz	6
I.2.2 La croissance de <i>Oreochromis niloticus</i>	7
I.3 Relations riz-poisson	8
Chapitre II : Matériels et méthodes	9
II.1 Présentation du site	9
II.2 Matériels	10
II.2.1 Matériels biologiques	10
II.2.2 Matériels non-biologiques	11
II.2.3 Dispositif expérimental	11
II.2.4 Les différents traitements	12
II.3 Méthodes.....	12
II.3.2 Aménagement des diguettes.....	13
II.3.3 Aménagement des étangs-refuges	13
II.3.4 Préparation de la pépinière	13
II.3.5 Fertilisations	14
II.3.6 Repiquage.....	15
II.3.7 Empoissonnement	15
II.3.8 L'alimentation et le suivi des poissons	16
II.3.9 Maitrise des mauvaises herbes	16
II.3.10 Réduction des besoins en pesticides.....	16
II.3.11 Les paramètres physico-chimiques	17

II.3.12 Les limites de cette étude	17
II.3.13 Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau	17
II.3.14 Traitement et analyse des données	17
Chapitre III : Résultats et discussion.....	18
III.1 Résultats.....	18
III.1.1 Les paramètres physico-chimiques	18
III.1.2 Paramètre de croissance.....	19
III.1.3 Paramètres de rendement.....	20
III.1.3.2 Résultats de la production aquacole	22
III.2 DISCUSSION.....	24
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	26
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	VIII
ANNEXES	X

RESUME

Dans le cadre de la recherche de solutions pour la satisfaction des besoins en riz et en poissons de la population sénégalaise qui augmente chaque année, l'intégration de la pisciculture à la riziculture est un exemple typique pour cultiver du riz et élever des poissons sur une même surface et répondre à l'insuffisance alimentaire. Les objectifs de cette étude sont d'établir les relations riz-poissons, réduire les pesticides et les engrais et voir les rendements avec les différents traitements (SF, FM et FO). Des essais ont été menés dans la ferme de l'Université Gaston Berger de Saint-Louis dans six étangs de 16 m² chacun avec la variété sahel 177 et 25 alevins de *Oreochromis niloticus* /étang. Les résultats rizicoles ont montré que les meilleures croissances en hauteur (104,79 cm), nombre de talles par mètre carré (299 T/m²), nombre de panicules (110 Pa/m²) et le poids de 1000 grains (21,02 g) ont été obtenues avec le traitement fertilisation minérale (FM) alors que les résultats piscicoles ont montré un gain de poids journalier (GPJ) est sensiblement égale aux traitements sans fertilisation (SF) et fertilisation minérale (FM) respectivement 0,86 et 0,84 g/j. Aussi les résultats montrent que la rizi-pisciculture avec fertilisation minérale (FM) a le rendement le plus satisfaisant à la fois pour le riz et pour le poisson avec 3,7 t/ha de riz paddy et une biomasse finale de poissons de 1707,5 g soit 1067 kg/ha de poissons contrairement aux traitements fertilisation organique (2,3 t/ha et 1352,7g) et sans fertilisation (2,2 t/ha et 1534,7 g). Par ailleurs, les meilleurs rendements pour le traitement fertilisation minérale peuvent être expliqués par le fait que l'utilisation de fertilisants minéraux accroît significativement le rendement ainsi que les paramètres de rendement et de croissances des plants de riz.

Mot clé : étang, rendement, *Oreochromis niloticus*, pisciculture.

ABSTRACT

As part of the search for solutions to meet the rice and fish needs of the Senegalese population, which is increasing every year, the integration of fish farming with rice farming is a typical example for growing rice and raising fish on a same surface and respond to food insufficiency. The objectives of this study are to establish rice-fish relationships, reduce pesticides and fertilizers and see the yields with the different treatments (SF, FM and FO). Trials were conducted on the farm of Gaston Berger University in Saint-Louis in six ponds of 16 m² each with the Sahel 177 variety and 25 *Oreochromis niloticus* fry/pond. The rice results showed that the best growth in height (104.79 cm), number of tillers per square meter (299 T/m²), number of panicles (110 Pa/m²) and weight of 1000 grains (21.02 g) were obtained with the mineral fertilization (FM) treatment while the fish results showed a daily weight gain (GPJ) is substantially equal to the treatments without fertilization (SF) and mineral fertilization (FM) respectively 0.86 and 0.84 g/d. The results also show that rice-fish farming with mineral fertilization (FM) has the most satisfactory yield for both rice and fish with 3.7 t/ha of paddy rice and a final fish biomass of 1707, 5 g or 1067 kg/ha of fish unlike organic fertilization treatments (2.3 t/ha and 1352.7 g) and without fertilization (2.2 t/ha and 1534.7 g). In addition, the best yields for the mineral fertilization treatment can be explained by the fact that the use of mineral fertilizers significantly increases the yield as well as the yield and growth parameters of the rice plants.

Key word: pond, yield, *Oreochromis niloticus*, fish farming.

Introduction

La phrase "Il y a du riz dans les rizières, du poisson dans l'eau" gravée sur une plaque de pierre datant de la période Sukhôtai, un royaume Thaï, il y a 700 ans, est un exemple qui traduit l'abondance et l'autosuffisance pour ces ressources (Halwart et Gupta, 2010). La culture riz-poisson n'est pas une technique nouvelle, elle a été décrite pour la première fois par Liu Xun 889-904 avant Jésus-Christ. Les premiers essais ont démarré avec le relâchement de plusieurs alevins d'espèces d'intérêt commercial par les producteurs (Halwart et Gupta, 2010). Ce n'est que vers la fin des années 1980 que l'intérêt mondial pour la rizi-pisciculture a connu un regain (Gupta, 2010). L'association riz-poisson ou rizi-pisciculture est une méthode efficace d'utilisation d'eau qui permet de produire sur une même surface des denrées complémentaires dans l'alimentation humaine des protéines animales et du riz (Miller, 2010).

Le riz et le poisson sont des aliments de base de la plupart des pays africains. En effet, le Sénégal est l'un des plus gros consommateurs de riz et de poisson de l'Afrique de l'Ouest (90 kg/hbt contre 28 kg/hbt/an de poissons). La demande en riz et en poissons pour la consommation humaine est en constante augmentation due à la croissance de la population sénégalaise avec une estimation de plus de 16 millions d'habitants en 2019 (ANSD,2016). L'aquaculture et l'agriculture assurent l'alimentation humaine et peuvent jouer un rôle dans le renforcement de la sécurité alimentaire des populations rurales (Wallemacq et San, 2016).

La rizi-pisciculture est pratiquée actuellement dans plusieurs pays du monde dont le Sénégal (Diallo, 1998) mais les plus grandes exploitations sont concentrées en Asie du Sud, de l'Est et du Sud-est.

Les objectifs de cette étude sont d'établir les relations riz-poissons, réduire les intrants utilisés que sont les pesticides et les engrais mais aussi voir les rendements possibles avec les différents traitements.

Ce document est structuré en trois chapitres :

- Chapitre I : la revue bibliographique qui présente l'état des connaissances générales sur le riz et sur le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) et leurs relations ;
- Chapitre II : les matériels et méthodes utilisés ;
- Chapitre III : les résultats obtenus suivi de leur discussion
- Une conclusion et les perspectives de l'étude complètent cette rédaction.

Chapitre I : Aspect biologique et les relations riz-poisson

I.1 Morphologie du riz et du tilapia du Nil

I.1.1 Morphologie du riz

Le riz est une plante herbacée annuelle avec une tige ronde recouverte de feuilles sessiles et une panicule terminale (Figure 1). De même que les autres espèces du genre *Oryzae*, le riz peut s'adapter à un habitat aquatique (Lacharme, 2001). Les organes végétatifs sont constitués d'un système racinaire, de tiges et de feuilles.

- Le système racinaire

Le riz possède un système racinaire fasciculé (Figure 1). Les racines primaires, qui apparaissent au début de la germination, possèdent une vie éphémère (Molina et al., 2011). Quand la plante croit, les racines secondaires prennent naissance, d'abord sur les premiers bourgeons de la base de la tige, ensuite sur les nœuds supérieurs (Molina et al., 2011). Ce sont ces racines secondaires qui assurent la survie de la plante lors d'un repiquage.

- La tige

C'est un chaume dressé tallant à la base (Figure 1). Dès la germination, le grain de paddy développe une tigelle entourée par un fourreau de couleur pâle appelé coléoptile. Cette tigelle aura généralement douze nœuds (Molina et al., 2011). Chaque nœud porte une feuille et un bourgeon qui peut se transformer en talle. À partir des nœuds de la tige principale, naissent de façon alternative d'autres tiges appelées talles secondaires qui à leur tour portent des talles tertiaires (Molina et al., 2011). L'ensemble de talles produites d'un seul plant constitue la touffe de riz.

Le pouvoir de tallage varie suivant les variétés et les conditions culturales (fertilité du sol, date de repiquage, écartement et quantité d'eau) (Molina et al., 2011). Les talles après leur apparition, poussent rapidement pour atteindre la hauteur de la tige principale. C'est le tallage qui marque le début de la phase de croissance.

- Les feuilles

Chaque feuille est constituée par la gaine foliaire et le limbe (Figure 1). La gaine foliaire constitue la partie inférieure de la feuille qui enveloppe le nœud. Le limbe se caractérise par une forme linéaire, lancéolé, rubanée et comporte des nervures parallèles. Sa longueur et sa forme sont fonction de l'espèce et de la variété.

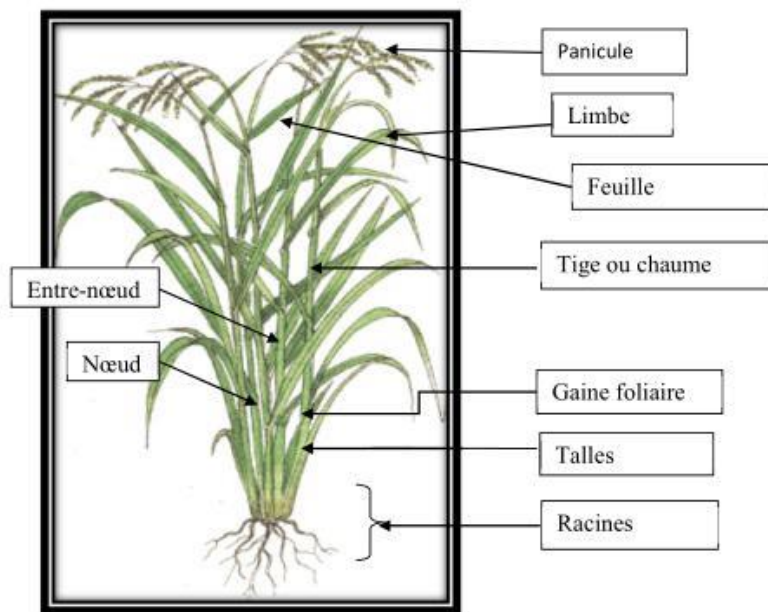


Figure 1: Morphologie du riz (ADRAO, 2009)

I.1.2 Morphologie du tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus*

Le tilapia du Nil appartient à l'ordre des perciformes et à la famille des Cichlides. Il est caractérisé par des écailles cycloïdes et une absence de protubérance sur la surface dorsale du museau. La longueur de la mâchoire supérieure ne montre aucun dimorphisme sexuel sauf au niveau de la papille génitale (Figure 2). La ligne latérale est interrompue. Des rayons épineux et mous forment une ligne continue de la nageoire dorsale. La nageoire dorsale contient 16 à 17 épines et 11 à 15 rayons mous. La nageoire anale a 3 épines et 10-11 rayons. La nageoire caudale est tronquée. Les nageoires pectorales, la dorsale et la caudale deviennent rougeâtres pendant la saison de frai. La nageoire caudale comporte de nombreuses lignes noires (FAO, 2004).

Chez les mâles, la papille est allongée alors que chez les femelles elle est courte et présente à son milieu une fente transversale appelée oviducte située entre l'anus et l'orifice urétral.

L'espèce est reconnaissable grâce aux rayures verticales noires et blanches de la nageoire caudale.



Figure 2 : morphologie du tilapia du Nil



Figure 3: papille génitale mâle et femelle du tilapia

I.2 Développement et croissance du riz et du tilapia du Nil

Le développement correspond à l'ensemble des transformations matérialisées par la création d'organes nouveaux. C'est un phénomène mesurable quantitativement par la hauteur de la plante, la longueur des feuilles ou par une augmentation de taille, la surface foliaire et la quantité de matières sèche produite. La croissance est un processus biologique complexe qui fait intervenir de nombreux facteurs (Melard, 1986).

I.2.1 Développement et croissance du riz

À partir d'une graine jusqu'à la récolte, le cycle végétatif du riz se divise en trois phases bien distinctes : la phase végétative, la phase de reproduction et la phase de maturation (figure 3).

- La phase végétative

Elle commence de la germination jusqu'au stade d'initiation paniculaire. Cette phase est très sensible aux variations de la longueur du jour (photopériodisme), de la température et de l'intensité lumineuse. Le tallage actif est atteint entre 50 et 65 jours selon les variétés puis décroît par suite de dégénérescence de certaines talles (SAED, 2011).

On distingue :

- **la levée** qui correspond à une germination de la graine et à l'apparition de l'hypocotyle. Peu après, se développe la première feuille, la deuxième, la troisième et la quatrième feuille ;
- **le stade plantule** qui correspond à l'apparition de la cinquième feuille ;
- **le stade tallage** marqué par le début de ramification de la tige principale.

Des tiges apparaissent sur le brin maître. Cela correspond à la talle de premier rang. Ensuite, elles apparaissent sur les talles ayant déjà poussé, ce qui donne les talles de deuxième, puis de troisième, de quatrième rang...

- La phase reproductive

De l'initiation paniculaire jusqu'à la floraison, la phase reproductive assure la reproduction du riz. Le stade initiation paniculaire se reconnaît par la formation d'ébauche de la panicule

appelée primordium paniculaire au nœud supérieur de la talle. Il s'ensuit à la montaison qui correspond au gonflement de la tige. L'épiaison se distingue par l'émergence de la panicule à la base de la gaine paniculaire. Enfin, nous avons le stade floraison qui est reconnu par l'ouverture des anthères et la pollinisation. La durée de cette phase est plus ou moins fixe et est de 30 à 35 jours selon les variétés (Lacharme, 2001).

- La phase de maturation

C'est la période de remplissage des grains. Elle dure environ 30 à 45 jours en fonction des conditions de température et d'humidité du milieu (SAED, 2011).

Il y a trois stades (Figure 3) :

- **Stade grain laiteux** : un stade de remplissage des grains avec des matières aqueuses incolores. Ces matières s'épaississent et prennent une couleur laiteuse. Le port de la panicule est dressé.
- **Stade grain pâteux** : la matière laiteuse se transforme en pâte molle puis durcie
- **Stade de maturité** : la graine devient mûre, pleine et résistante. La panicule prend une allure courbée dans la plupart des variétés.

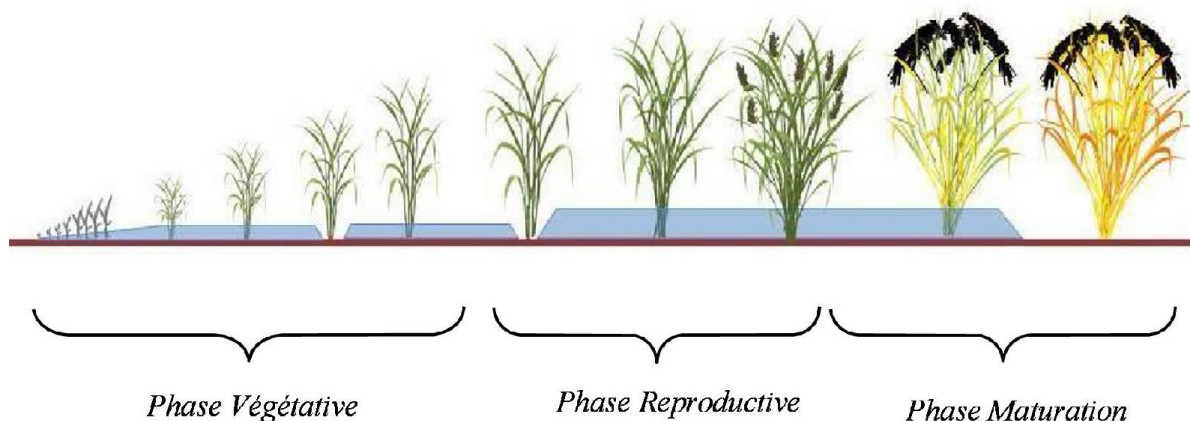


Figure 4: phases de développement du riz (SAED, 2011)

I.2.2 La croissance de *Oreochromis niloticus*

La croissance du tilapia du Nil varie selon le sexe (meilleure performance des mâles par rapport aux femelles) et les conditions d'élevage (densité de population, alimentation, température de l'eau, salinité, pH). Le tilapia du Nil a un taux de croissance d'environ 1 à 2 g/jour dans une eau à 25° C en élevage.

Sa vitesse de croissance est variable selon les stades de développements :

- une croissance linéaire stationnaire pendant le 1^{er} mois d'élevage 1-30 JAE ;
- une croissance linéaire lente pendant le 2^{ième} mois 30-65 JAE ;
- une croissance rapide durant aux 65-115 JAE.

I.3 Relations riz-poisson

Le système riz-poisson permet une réduction de l'usage d'engrais par rapport à la riziculture classique. La rizière va offrir aux poissons des aliments naturels que sont les insectes, les phytoplanctons, zooplanctons et mollusques mais aussi de l'oxygène (figure 4). En revanche les poissons par leurs déchets organiques sous forme d'ions ammonium et nitrate participent à la fertilisation et protègent le riz contre les insectes nuisibles, ce qui limite le recours aux pesticides.

Les poissons excrètent des déchets qui sont riches en azotes ammoniacaux (un cation qui peut être capturé par le complexe absorbant du sol en induisant sa faible mobilité dans le sol) et sont directement assimilables par les plantes du riz. L'azote est formé sous forme d'azote ammonium (NH_4^+), de nitrate (NO_3^-) et l'urée $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Chacun de ces trois sources d'azotes, lorsqu'elle est absorbée par les racines des plantes, provoque différentes réactions chimiques.

- L'azote ammonium

Cet azote (NH_4^+) est absorbé par la plante en faible quantité et converti en ammoniac (NH_3^+) par les racines (figure 4). Ce processus résulte de la libération par les racines des plantes de cations H. L'ion ammonium (NH_4^+) se comporte comme un cation antagoniste de k^+ , Ca^{2+} ou Mg^{2+} .

- L'azote nitrate

Contrairement aux ions NH_4^+ , les ions NO_3^- favorisent la pénétration des cations et principalement celle de k^+ . L'ion NO_3^- n'est pas toxique et c'est la forme préférée des plantes. L'absorption des ions NO_3^- se fait directement par les racines (figure 4).

- L'urée

Les racines des plantes n'absorbent pas directement l'azote uréique en quantité significative. Avant d'être absorbée, l'urée doit être préalablement hydrolysée en ammonium par les enzymes du sol.

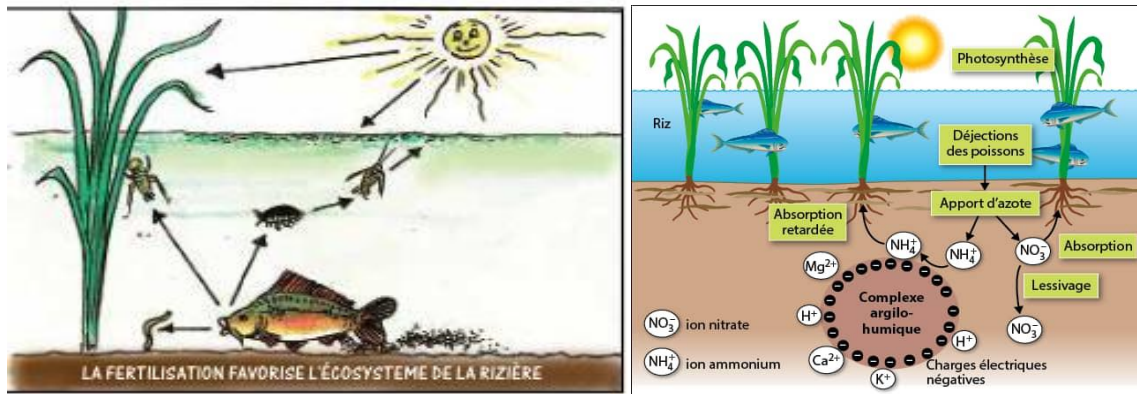


Figure 5: relations riz-poisson

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1 Présentation du site

L'étude a été réalisée de septembre à décembre 2020 dans la ferme agricole de l'Université Gaston Berger de Saint-Louis (Figure 5). Cette ferme s'étend sur 30 hectares et se trouve dans l'enceinte de ladite université, située entre 16°13' de l'attitude Nord et 16°18' de longitude Ouest, dans la région de Saint Louis au Nord du Sénégal, précisément dans le delta du fleuve Sénégal (Diack et Loum, 2014). L'eau utilisée pour l'irrigation des parcelles provient du bras du fleuve Sénégal appelé Djeuss, situé à 1031 m de la station de pompage de l'UGB.

Le climat de la zone est du type soudano-sahélien, marqué par deux saisons : une saison sèche plus longue (novembre-juin) et une saison des pluies plus courte (juillet-octobre) (Diack et Loum, 2011).

Le relief de la ferme est globalement plat. Les sols sont sableux à l'horizon 0-50 cm et à sablo-argileuses à 50-140 cm (Diack et Loum, 2011). Cette texture confère à ces terres une aptitude réelle à des activités agricoles et particulièrement le maraîchage et l'arboriculture. Quelques inclusions de texture fine (argileuse) au niveau des parties dépressionnaires propices à la pisciculture sont observées.

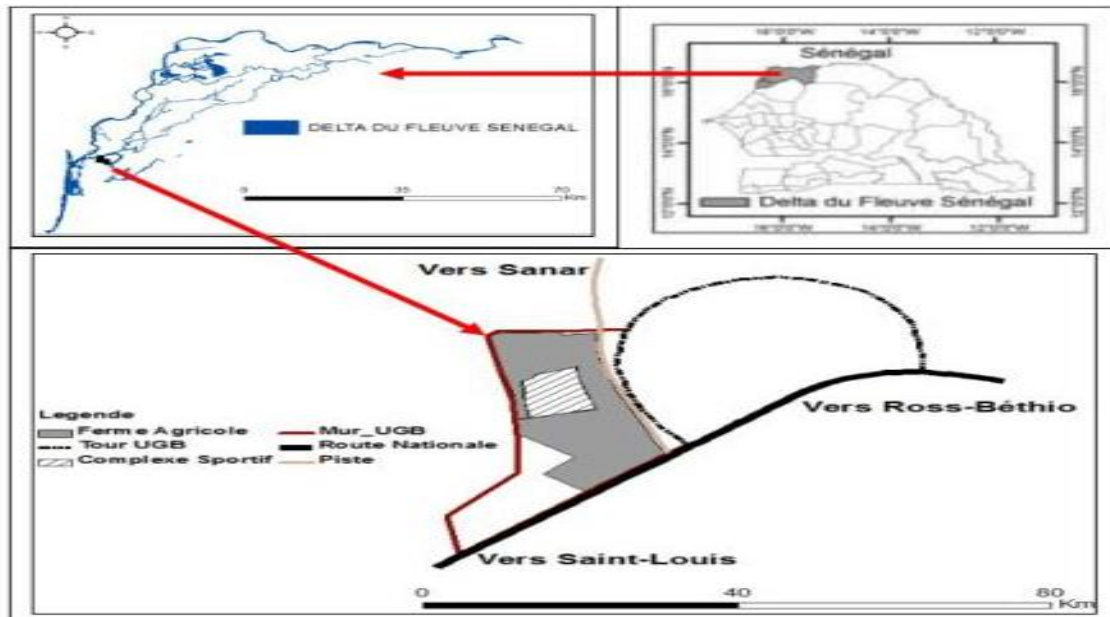


Figure 6: zone d'étude

La ferme de l'UGB est équipée d'un certain nombre d'infrastructures (Figure 6).

Pour ce qui est des bassins d'élevage, il s'agit de deux (02) types de bassins interconnectés par des canaux : un grand bassin de vingt-cinq mètres (25 m) de longueur et vingt mètres (20 m) de largeur pour la production et d'un autre bassin plus petit (8 m x 5 m) pour vider l'eau du grand bassin. Un système de canalisation et d'interrupteur permet de remplir le bassin à la hauteur convenable.



Bassin en béton (crédit : M. Niang)

Ecloserie (crédit : M. Niang)

Bac circulaire en PVC (crédit : M. Niang)

Figure 7: les infrastructures de la ferme

II.2 Matériels

II.2.1 Matériels biologiques

- Matériel végétal

Des semences certifiées ont été utilisées pour le semis des parcelles dans cette étude.

Tableau 1 : caractéristique de la variété sahel 177 (catalogue officiel des espèces et des variétés cultivées au Sénégal, 2012)

Variété	Cycle maturité	Nature génétique	Obtenteur	Pays	Hauteur tige en cm	Rendement potentiel	Poids 1000 grains
Sahel 177	122 JAS	Lignée pure	ISRA	SEN	90 cm	8 t/ha	28 g

Matériel animal : *Oreochromis niloticus*

Oreochromis niloticus est une espèce d'eau douce chaude et thermophile qui se rencontre en milieu naturel entre 14° et 35° C. Le tilapia du Nil peut supporter des températures de 7° à 41° C et une salinité de 0,015 à 30 pour mille et un pH de 5 à 11. Venant d'Afrique, il a été acclimaté en Asie, en Amérique et en Europe. Son élevage est un succès dans les régions, car il est résistant, fécond et croit facilement (Ranson, 2003).

II.2.2 Matériels non-biologiques

C'est l'ensemble des moyens utilisés pour la conception des étangs et qui font partie à l'essai. Parmi ces outils, nous avons (Figure 7) :

- un décimètre : pour la délimitation des parcelles
- une balance électronique : pour mesurer la quantité d'aliments et d'engrais nécessaires
- un oxymètre : l'appareil permettant la mesure de la saturation en oxygène.
- un pH-mètre : pour la mesure du pH.



Balance électronique (crédit : M. Niang) Oxymètre (crédit : M. Niang) pH-mètre (crédit : M. Niang)

Figure 8: certains des outils utilisés

II.2.3 Dispositif expérimental

Dans ce dispositif, nous avons six (6) parcelles de dimension 4 m x 4 m chacune et un étang-refuge (3,70 m³) pour les poissons en cas de baisse de la lame d'eau (Figure 8). Les parcelles sont séparées entre elles par des diguettes de 1 m. Chaque étang est empoissonné avec 25 poissons (*Oreochromis niloticus*).

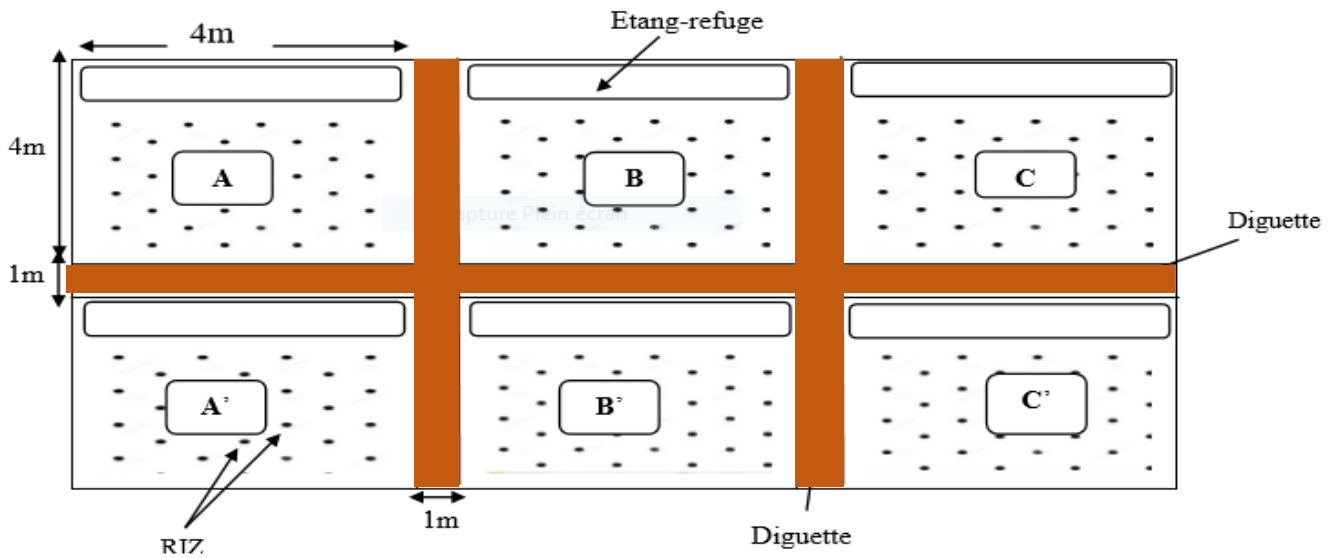


Figure 9: dispositif expérimental

II.2.4 Les différents traitements

Dans ces essais, nous avons utilisé des fertilisants minérales et fertilisants organiques avec l'association riz-poissons.

Tableau 2 : les différents traitements

Notations	Traitements	Abréviations
A	Sans fertilisation	SF
B	Fertilisation minérale	FM
C	Fertilisation organique	FO

II.3 Méthodes

Une enquête a été faite dans différentes localités de la zone pour voir la variété la plus cultivée (questionnaire en annexe)

II.3.1 Travail du sol

Les étangs ont été creusés à l'aide des pelles et le sol a été préparé à l'aide d'une daba après une pré-irrigation (Figure 9). Les diguettes séparant les étangs et des étangs-refuges ont été ensuite confectionnés (Figure 9). Un planage à sec et une mise en boue suivie d'un planage humide ont été effectués sur les parcelles pour supprimer les mottes.



Figure 10: travail du sol

II.3.2 Aménagement des diguettes

Elles sont des chaussées ou obstacles pour contenir des eaux. Pour que les diguettes puissent assurer cette fonction, elles doivent être conçues avec précaution. Leur hauteur doit être suffisamment élevée (environ 60 cm sur une base de 1 m) pour empêcher les infiltrations d'eau.

II.3.3 Aménagement des étangs-refuges

Un refuge à poisson est une zone plus profonde conçue au sein d'une rizière pour servir de refuge aux poissons (figure 10). Il peut être constitué d'une ou de plusieurs tranchées, d'un étang, voir juste d'une cuve ou d'une fosse. Son but est d'offrir un espace aux poissons en cas de baisse de la lame ou de faible profondeur de l'eau (figure 10). Le refuge est également conçu pour faciliter la récolte des poissons à la fin de la campagne rizicole, ou pour conserver les poissons dont l'élevage doit être poursuivi après la récolte du riz (Halwart, 1998). Conjointement avec la conception du refuge, des mesures sont souvent prises pour que le poisson ait un meilleur accès à la rizière et à la nourriture.



(Photo crédit : M. Niang)



(Photo crédit : M. Niang)

Figure 11: étang-refuge

II.3.4 Préparation de la pépinière

Les semences ont été pré-germées en les trempant dans de l'eau. Après 24 heures de trempage, elles sont incubées pendant 24 heures pour stimuler la germination avant de les semer en pépinière (figure 11).

Le sol de la pépinière doit être soigneusement sélectionné (sols moins argileux, ni trop sableux) pour faciliter l'arrachage des plantules au moment du repiquage (figure 11). La pépinière a été faite sur une surface de 1 m² fertilisée avec 3 kg de fumiers organiques (bouse de vache).

Des paillages ont été faits pendant les premiers jours pour protéger les semences contre l'attaque des oiseaux et le rayonnement solaire. La pépinière a été arrosée une fois par jour. Le paillage a été enlevé dès le développement des jeunes plantes.



(Photo crédit : Mme. Diaw)

(Photo crédit : M. Niang)

(Photo crédit : M. Niang)

Figure 12 : préparation de la pépinière

II.3.5 Fertilisations

L'application d'engrais, qu'ils soient organiques ou inorganiques, profite à la fois au riz et au poisson. La présence de nutriments adaptés favorise la croissance du phytoplancton, lequel peut être consommé directement par les poissons ou indirectement à travers le soutien de la production de phytoplanctons.

- **Engrais de fond**

Généralement, la Pratique de Gestion Recommandée (PGR) applique 150 kg/ha de phosphate d'ammoniaque (DAP) (18-46-0) ou 300 kg de NPK (9-23-30) (engrais multi-nutriments contenant un certain pourcentage d'azote : N, de phosphore : P et de potassium : K). Dans notre étude, la bouse de vache a été utilisée comme fumure de fond avant repiquage à la dose de 1kg/m² plus 0,25 kg de NPK (10-10-20) pour chacune des parcelles.

- **Engrais de couverture**

Pour l'engrais de couverture, l'urée a été utilisée en raison de 150 kg/ha (la moitié recommandée) soit 0,48 kg pour les 32 m² et est répartie comme suit :

- 40% soit 0,192 kg pour les parcelles B et B' soit 0,096 kg pour chaque parcelle (environ entre 70° et 75° JAS).
- 40% soit 0,192 kg au 60° JAS pour les deux parcelles.
- 20% soit 0,096 kg (0,048 kg chaque parcelle) au 70° JAS.

Et quant aux parcelles C et C'on utilisera 16 kg de fumures organiques

- 40% soit 6,4 kg au 10° JAR
- 40% soit 6,4 kg au 60° JAR
- 20% soit 3,2 kg au 70° JAR.

II.3.6 Repiquage

Le repiquage est recommandé pour un meilleur déplacement des poissons dans la rizière. Cette opération nécessite tout d'abord l'installation d'une pépinière. Environ 0,192 kg de semences ont été utilisées pour emblaver les 96 m².

Le repiquage a été effectué au 23^e jour après semis au stade 4 à 5 feuilles avec une dimension de 25 cm entre les lignes et 25 cm entre les colonnes (25 cm x 25 cm) (Figure 12).



(Photo crédit : M. Sene)

(Photo crédit : M. Niang)

(Photo crédit : M. Niang)

Figure 13 : le repiquage des plants de riz

II.3.7 Empoisonnement

De préférence l'empoisonnement se fait au 8^{ème} jour après repiquage pour éviter le déracinement des plants par les poissons mais aussi pour esquiver la turbidité de l'eau. Le choix de la technique porte sur l'élevage mono-sexe (les mâles uniquement qui ont une croissance rapide). La technique utilisée est le sexage manuel qui vise à identifier le sexe de l'espèce avec sans aucune aide d'appareil.

Des individus ayant un poids moyen compris entre 15-25 g ont été mis en charge suivant les normes (tableau 3).

La formule suivante est utilisée pour déterminer le gain de poids journalier (GPJ).

$$\text{Gain de poids journalier} = \frac{\text{Biomasse moyenne finale} - \text{Biomasse moyenne initiale}}{\text{Durée d'élevage}}$$

Tableau 3 : détails sur la mise en charge des individus. A/A' sont des répliques, de même que B/B' et C/C'.

Étang	Poids moyen initial en g	Biomasse initiale en g	Nombre d'individus
A	19,44	486	25
A'	19,24	480	25
B	18,48	462	25
B'	17,68	442	25
C	19,24	481	25
C'	18,32	458	25

A/A' sont des répliques, de même que B/B' et C/C'.

II.3.8 L'alimentation et le suivi des poissons

Les poissons ont été nourris avec l'aliment industriel importé. La quantité d'aliments distribuée est calculée sur la base de 5 % de la biomasse qui est ensuite réduit à 3 % (tableau 4). Le nourrissage se fait manuellement à une fréquence de 2 fois/jour, puis à 1 fois/jour après 25 à 30 jours d'élevage dû au fait de la multiplication des microalgues (phytoplanctons et zooplanctons) dans l'étang et qui servent de nourriture aux poissons (tableau 4).

Tableau 4 : détails sur l'alimentation des poissons initialement

Étang	Quantité journalière en g	Ration journalière en g	Fréquence
A	25	12,5	2
A'	23	11,5	2
B	24	12	2
B'	23	11,5	2
C	23	11,5	2
C'	23	11,5	2

A/A' sont des répliques, de même que B/B' et C/C'

Le suivi des poissons consiste à faire des pêches de contrôle tous les intervalles de 3 jours du 12^{ème}-15^{ème} jours pour voir l'évolution de leur croissance (longueur-poids), la gestion de l'eau (renouvellement et le maintien de la lame) et le contrôle des paramètres physico-chimiques (température, pH, oxygénation...).

II.3.9 Maitrise des mauvaises herbes

Les mauvaises herbes ou adventices sont les facteurs biotiques les plus importants qui réduisent les rendements du riz en Afrique subsaharienne (Nhamo et al., 2014 ; Seck et al., 2012).

L'introduction des poissons herbivores permet la réduction de plantes adventices (Halwart et Gupta, 2010) d'une part et le maintien de l'eau à 15 cm qui empêche le développement des mauvaises herbes d'autre part.

II.3.10 Réduction des besoins en pesticides

Les insectes nuisibles peuvent provoquer une chute de la production pouvant aboutir à l'abandon des parcelles si le nombre de panicules vides est très important (le cas de la zone nord du Sénégal avec les prédateurs *Nezera sosor* en 2020).

Une réduction du nombre d'insectes nuisibles tel que les foreurs de tiges du riz, qui serait due à leur consommation par les larves par les poissons a été observée (Aminur Rahman et al., 2016).

II.3.11 Les paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques peuvent être des facteurs limitant de la production du riz comme de poissons. Il est donc nécessaire de prendre les paramètres physico-chimiques de chaque étang. La culture du riz comme l'élevage des poissons présente des exigences d'ordre climatique et édaphique dont les plus importants sont : la température, le pH, l'oxygène dissous, le nitrite, le phosphore et le nitrate.

II.3.12 Les limites de cette étude

Des contraintes plus ou moins inévitables ont été rencontrées durant les activités expérimentales.

- présence de grenouilles et d'oiseaux aquatiques (prédateurs) ;
- rendement différent à celui de beaucoup de producteurs ;
- demande beaucoup de présence ;
- la technique aquacole est peu documentée ;
- effondrement des diguettes ;
- débordement des eaux durant la saison des pluies ;
- infiltration importante ;
- on note des reproductions au niveau de certains étangs (étangs FM et FO) ;
- sexage non-uniforme.

II.3.13 Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau

La température, le pH et l'oxygène dissous ont été les éléments les plus importants. Un échantillon d'eau de chaque étang a été prélevé dans des bocaux ensuite on plonge la sonde du pH-mètre pour mesurer le pH. Pour la température et l'oxygène dissous (OD) les mesures se faisaient par plongeon de la sonde directement dans les étangs avec un appareil spécifique : l'oxymètre

II.3.14 Traitement et analyse des données

Le test d'égalité de moyennes avec variance connue a été utilisé pour comparer les différences significatives entre les traitements, les interactions type-traitements et les paramètres agromorphologiques. Les différences ont été déclarées significatives si la valeur de l'écart-réduit (mesure de combien d'écarts-types une observation particulière est éloignée de la moyenne de la population) entre deux données est supérieure au seuil de 5 % soit la valeur de 1,96.

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1 Résultats

III.1.1 Les paramètres physico-chimiques

- La température

Nous avons noté que la température moyenne dans les étangs SF, FM et FO sont sensiblement égales respectivement 28,84, 28,54 et 28,68 mais aussi on note une diminution de la température suivant les mois (figure 13). La comparaison des températures moyennes montre qu'il n'y a pas de différence significative entre traitement (Écart-réduit égale à 0,614 entre traitements SF et FM, 0,530 entre SF et FO et 0,087 entre FO et FM (Figure 13).

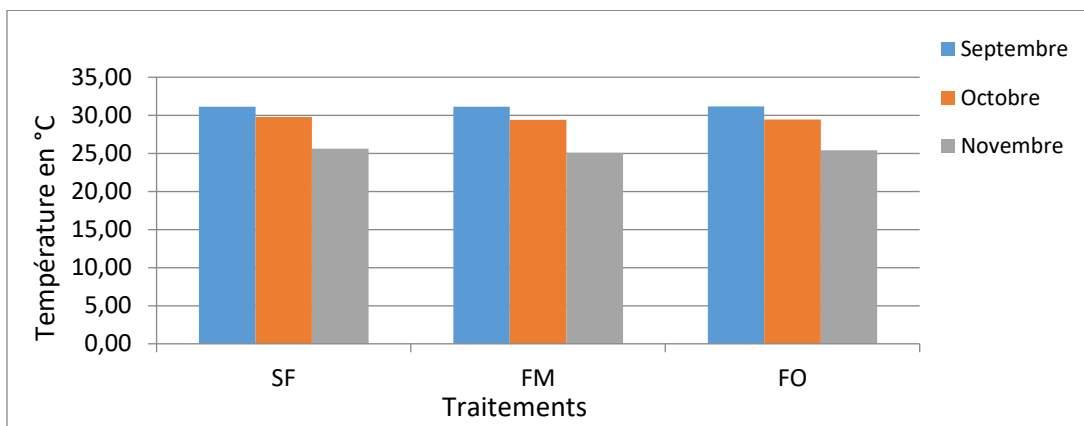


Figure 14 : variation de la température en fonction des traitements

- Le pH

Contrairement à la température moyenne, le pH augmente avec la durée d'élevage qui passe de 8,23 (septembre) à 8,68 (novembre) dans l'étang SF, de 8,30 à 8,69 dans l'étang FM et de 8,43 à 8,59 (figure 14). En effet, nous avons observé des différences significatives entre les traitements SF et FM, SF et FO avec des écart-réduits respectivement 2,05 et 3,44 et aucune différence significative entre FM et FO valeur écart-réduit=1,93.

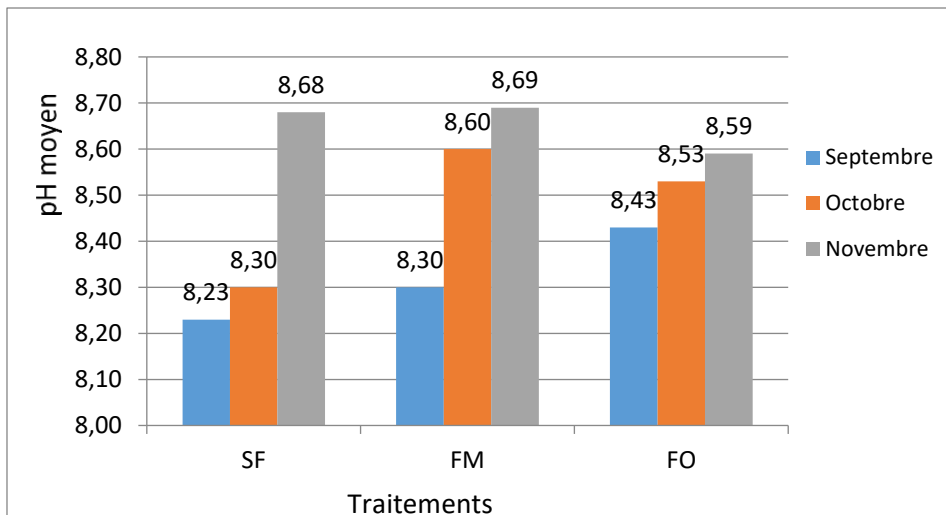


Figure 15 : variation du pH moyen en fonction des traitements

- L'oxygène

Pour l'oxygène, seules les données des mois octobre-novembre ont été prises (indisponibilité de l'oxymètre). Par conséquent, nous avons noté une augmentation de la concentration en oxygène avec la croissance du riz. En effet, aucune différence significative n'a été notée entre traitement SF et FM avec un écart-réduit de 0,566 par contre, on note des différences significatives entre SF et FO d'un écart-réduit de 4,83 et entre FO et FM d'un écart-réduit de 3,4.

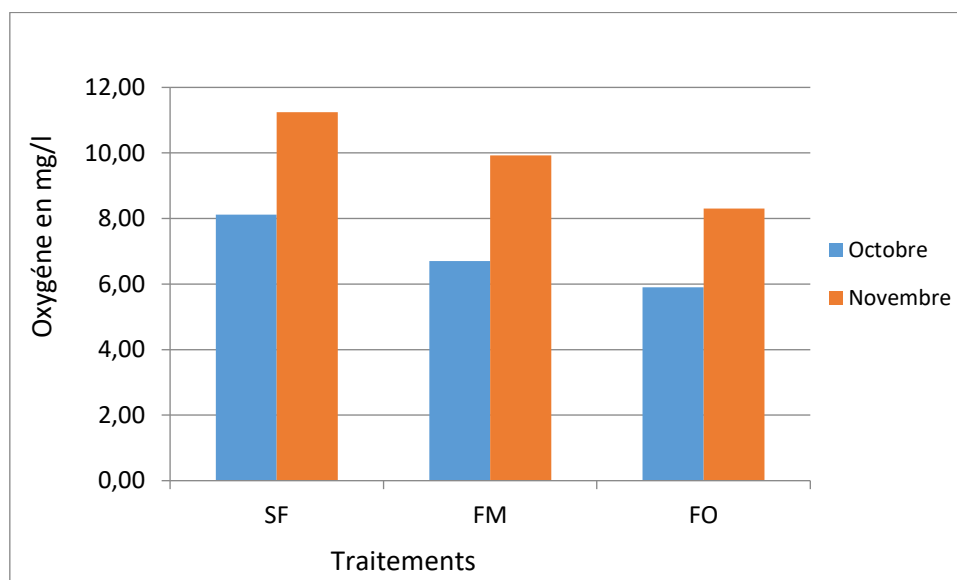


Figure 16: variation de l'oxygène en fonction des traitements

III.1.2 Paramètre de croissance

- Hauteur moyenne (HM) des plantes à la maturité

Une différence significative de la hauteur moyenne (HM) au seuil de 5 % par test de variance a été observée entre les traitements sans fertilisation (SF), fertilisation avec minérale (FM) et fertilisation avec organique (FO) (Figure 16). La hauteur moyenne de la plante est plus grande pour le traitement FM (104,79 cm) comparés aux traitements SF (94,94 cm) et FO (87,89 cm) (Figure 16). Des différences significatives de la hauteur moyenne de la plante ont été observées entre les traitements SF et FM avec une valeur de l'écart-réduit de 11,92, 15,99 entre FM et FO et 17,99 entre SF et FO.

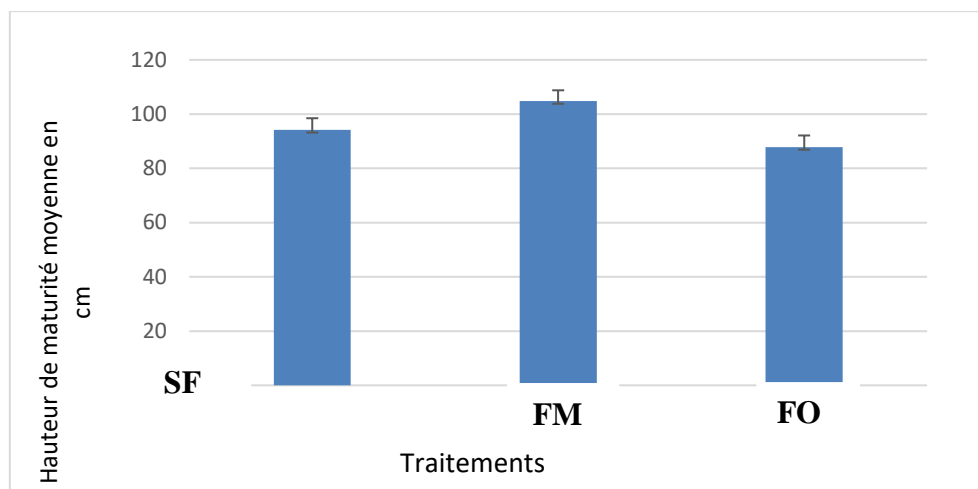


Figure 17: variation de la longueur à maturité des feuilles en fonction des traitements

III.1.3 Paramètres de rendement

✚ Nombre de talles

La figure 17 montre que le traitement ayant bénéficié d'une FM a en moyenne 299 talles/m² contre 217 talles/m² pour la parcelle SF et 223 talles/m² pour FO. La comparaison du nombre de talles entre les différents traitements montre une différence significative entre traitements. De ce fait, l'analyse nous a montré une différence significative entre les traitements sans fertilisation (SF) et fertilisation minérale (FM) avec une valeur de l'écart-réduit de 66.36 supérieure au seuil de 5 % soit la valeur 1.96, une différence significative entre FM et FO avec une valeur de l'écart-réduit de 34.996 et une différence moins significative entre traitement SF et FO d'une valeur d'écart-réduit de 2.788.

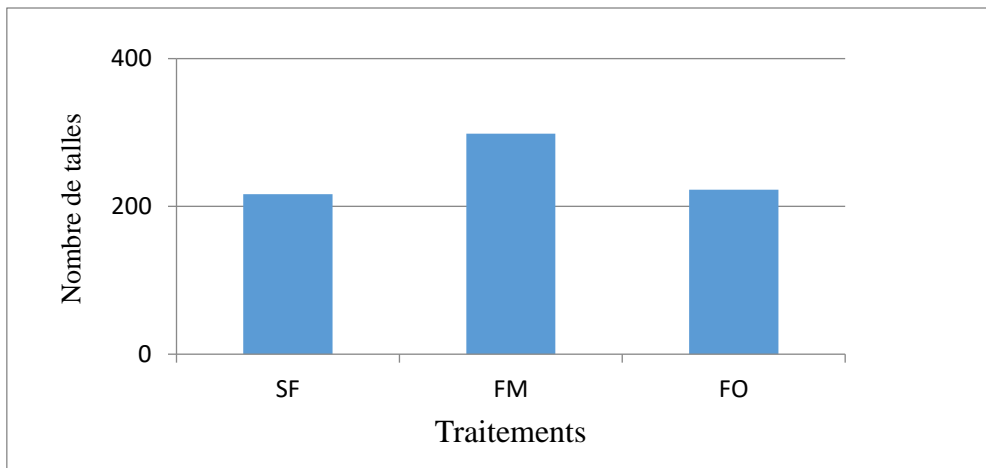


Figure 18: variation du nombre de talles en fonction des traitements

✚ Poids de 1000 grains (P1000)

Il renseigne sur sa capacité de réserve qui dépend d'une part, de la capacité photosynthétique de la plante, et d'autre part, de l'absorption des éléments fertilisants du milieu. Ces résultats (Tableau 6) montrent que le traitement avec FM a un poids de 1000 grains (P1000) le plus élevé avec 21,02 g contre 20,5 g pour le traitement SF et 19,38 g pour la FO. Cela peut être expliqué avec l'association azote minérale et organique des poissons dont la plante a assimilé directement.

✚ Nombre de grains par panicule (NGPa)

Il correspond au maillon final des composantes du rendement. Ces résultats (Figure 18) montrent que le traitement sans fertilisation a un nombre plus élevé avec 110 grains ensuite 108 grains avec la fertilisation minérale et 89 grains avec la fertilisation organique. Mais malgré sa quantité importante, le traitement sans fertilisation (SF) a le nombre de grains vides le plus élevé avec 52 % soit 58 contre 33 pour la fertilisation organique et 51 grains pour la fertilisation minérale. En effet, les résultats montrent des différences significatives entre les traitements. La valeur de l'écart-réduit est 66,17 pour les traitements SF et FM, 40,29 pour les traitements FO et SF et 35,18 entre les fertilisations minérale et organique.

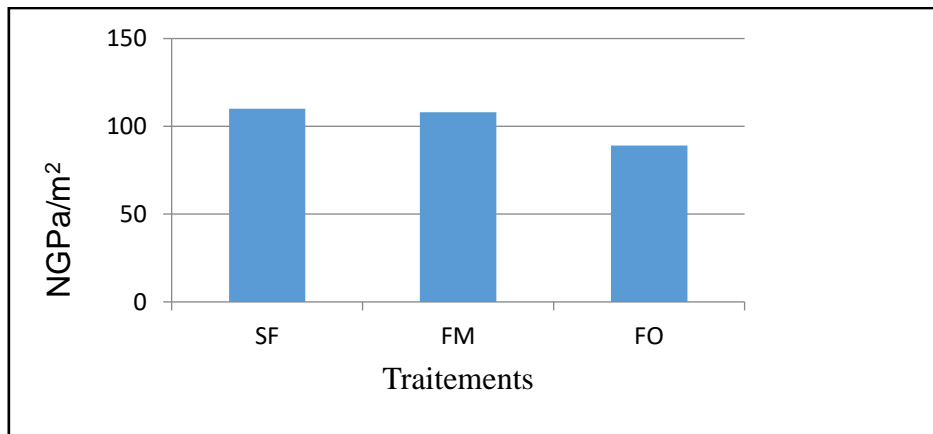


Figure 19: variation du nombre de grains par panicule en fonction des traitements

III.1.3.1 Rendement rizicole

Les résultats obtenus révèlent des différences de rendement en riz et en poissons en fonction des traitements (Figure 19). Le meilleur rendement a été obtenu pour la FM avec une valeur de 3,7 t/ha comparées aux traitements FO et SF où les rendements obtenus sont de 2,2 et 2,3 t/ha, respectivement. Ces résultats montrent des différences significatives entre les traitements. La valeur de l'écart-réduit est 331,856 pour les traitements SF et FM, 19,96 pour les traitements FO et SF et 251,99 entre les fertilisations minérale et organique.

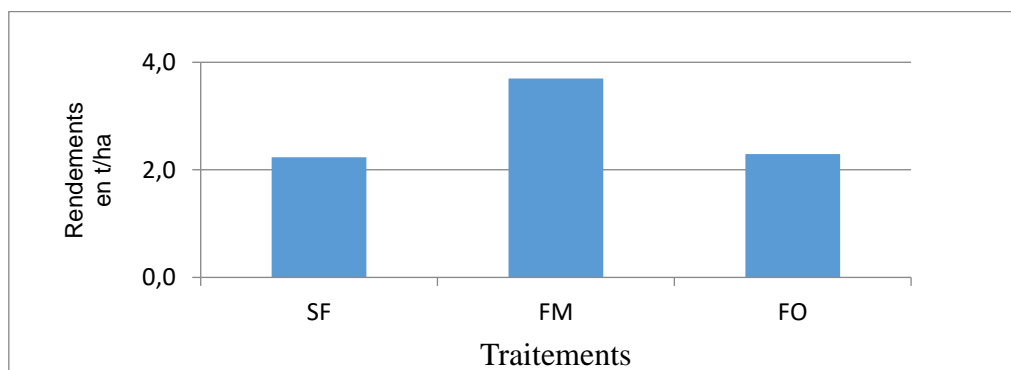


Figure 20: variation du rendement en fonction des traitements

III.1.3.2 Résultats de la production aquacole

Le gain de poids nous renseigne sur la croissance journalière des poissons en fonction des différents traitements. Nous avons effectué des analyses des effets de fertilisations sur les poissons en nous intéressant au gain de poids moyen. L'objectif était de comparer chaque parcelle à une autre et déterminer les interactions qui lient les poissons et les fertilisations. Les résultats obtenus montrent que les poissons ont des gains de poids journaliers différents suivant les traitements, avec des valeurs plus élevées pour les traitements SF et FM comparés au traitement FO.

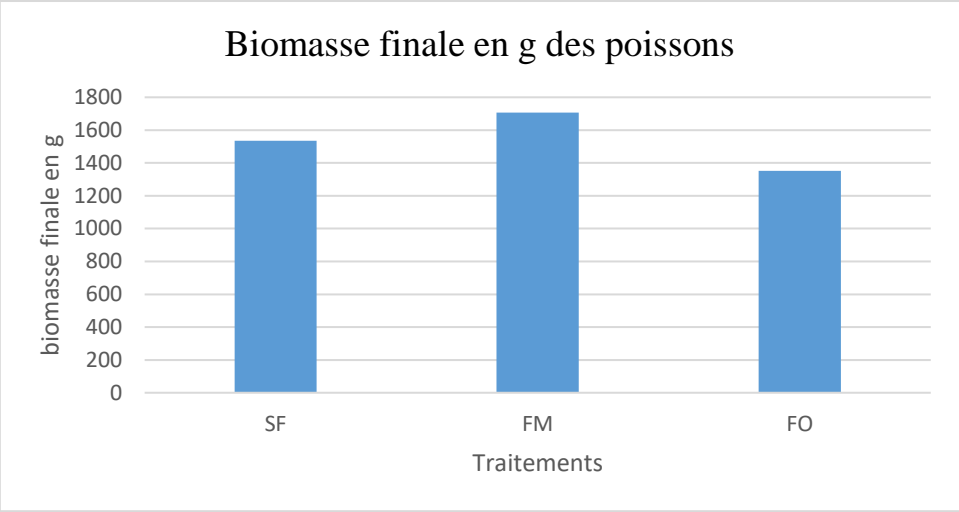


Figure 21: biomasse finale des poissons

III.2 DISCUSSION

Le test de moyenne avec variance a montré des différences significatives sur les performances entre les différents traitements en fonction des types de fertilisants utilisés sur les paramètres agro-morphologiques comme sur les composantes de rendement.

- Paramètres physico-chimiques

Concernant les données physico-chimiques, la température n'est pas significativement différente entre traitements dans cette étude (écart-réduit= 0,614 entre SF et FM, 0,530 entre SF et FO et 0,087 entre FM et FO) seulement on note une baisse progressive durant l'expérimentation qui peut être expliquée par la saison froide. Donc cette variation de la température n'est pas liée aux traitements mais à la saison.

La différence du pH est expliquée par le fait que les engrais minéraux se dissolvent et réagissent avec le calcium du sol, ce qui diminue l'acidité pour le traitement (SF) et pour le traitement (FO). La présence de composés organiques empêche les minéraux du sol de réagir avec le phosphore des engrais organiques mais la différence de pH peut aussi être due à la texture du sol. Donc les différences de pH observées dans cette étude dépendent du type de traitement et/ou de la nature du sol.

L'augmentation de l'oxygène avec la durée de l'élevage est due à la photosynthèse des plantes et des phytoplanctons qui enrichissent le milieu.

- Le rendement en riz

Au regard de ces résultats de la production rizicole, il est permis de constater que la parcelle où nous avons la fertilisation minérale (FM) a un rendement de 3,7 t/ha alors que celles sans fertilisation (SF) et avec fertilisation organique (FO) ont respectivement 2,2 t/ha et 2,3 t/ha. Ces résultats sont en accord avec ceux de Laulanié en 2011 qui disait qu'à Madagascar, les rendements dépassent à peine 3 t/ha dans les zones les plus productives. Le rendement rizicole de base sans fertilité offre 1 à 2 t/ha et avec apport de fertilisant, le rendement atteint 3,5 et rarement 4 t/ha sur les hautes terres (Laulanié, 2011). Cette différence de rendement peut être expliquée par l'utilisation de fertilisants minérales qui accroît significativement le rendement ainsi que les paramètres de rendement et de croissances des plants de riz. Par ailleurs, la fertilisation minérale s'est avérée plus efficace en matière d'augmentation de rendement. Cette différence pourrait être plus significative (la valeur de l'écart-réduit supérieur largement à 1,96) si nous n'avions pas une différence des réplicas concernant les paramètres chimiques du sol

comme la différence de pH qui sont des facteurs limitant du rendement. Ces résultats sont en conformité avec ceux reportés par beaucoup d'autres auteurs qui ont porté leurs travaux sur la rizi-pisciculture. Par exemple, au Bangladesh, les étangs sans fertilisant ne dépassent pas les 2 t/ha et les étangs avec fertilisation rarement 5 t/ha (Gupta, 1998).

L'utilisation de fertilisation organique (FO) a montré une influence significative mais pas assez grande. Nous avons noté 2,2 t/ha pour la parcelle sans fertilisation (SF) et 2,3 t/ha pour celle fertilisée en fumure organique (FO). Ce résultat est en accord avec les conclusions de Dawe et al (2003) qui défendaient que l'utilisation d'engrais ou amendement organique n'est pas une exigence pour un riz à rendement élevé et son application, que ce soit en fumure riche en azote ou sous forme de litière n'augmente pas la production dans les systèmes de culture de riz. Cela peut être expliqué par la décomposition lente du fumier en condition inondé, comparée à des situations aérobies (Zhang et He, 2004, Kogel-Knabner, 2010).

- Rendement en poisson

La réciprocité entre poisson et riz est notoire. La présence de riz ne permet pas nécessairement une grande production de poisson. Rothuis et al (1998) avaient observé ce phénomène au Vietnam où le taux d'ensemencement du riz a affecté négativement le rendement en poisson.

Dans cette étude, les résultats montrent que le rendement en poisson est plus élevé visiblement dans les étangs avec fertilisation minérale (FM) avec une biomasse finale de 1707,5 g (1000 kg/ha) avec un gain de poids journalier (GPJ) de 0,84 g/jour contrairement aux étangs sans fertilisation (SF) et fertilisation organique (FO) respectivement 1534,7 g avec un GPJ de 0,86 g/j, 1352,7 g avec un GPJ de 0,6 g/j.

La différence de gain de poids par jour (GPJ) peut être expliquée d'une part par les différences significatives de pH et d'oxygène entre les répliques des étangs avec fertilisation et d'autre part par la différence de ratio mâles/femelle (les mâles grossissent plus vite que les femelles) ce qui fait que les étangs sans reproduction ont un ratio de mâle plus élevé.

La production piscicole par parcelle peut varier de 100 à 750 kg/ha/an (Zhang, 1998). En Casamance, les rendements en poissons peuvent varier entre 965 à 1676 kg/ha pour les étangs fertilisés (Diallo, 1998).

L'engrais minéral favorise la production de plancton qui sera considéré comme la deuxième alimentation des poissons après l'aliment complémentaire. L'engrais minéral agit donc indirectement sur le rendement des poissons (Singh, 1980).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude a été menée dans la ferme de l'Université Gaston BERGER de Saint-Louis. Les résultats issus de ces analyses de données à partir des méthodes et de la détermination des statistiques ont montré des différences significatives sur les performances agronomiques en fonction des fertilisations. La rizipisciculture favorise la symbiose entre le riz et le poisson. Cette interaction est d'une importance capitale étant donné qu'elle permet la fertilisation de la parcelle.

Cependant, ces résultats ont montré que l'utilisation de l'engrais minéral à la demi dose recommandée donne un rendement plus satisfaisant sur le riz comme sur le poisson. En effet nous avons noté beaucoup de grains vides liés à la saison froide ce qui peut engendrer une diminution de l'activité métabolique du riz et favorise la présence d'insectes piqueurs-suceurs (*Nozera soror*) qui sont des facteurs de chute de la production de riz.

En perspective, la rizi-pisciculture demande un appui technique par conséquent, il serait indispensable d'une bonne démarche en matière de vulgarisation si l'on veut partager la connaissance sur cette pratique avec les agriculteurs. Il serait aussi nécessaire d'augmenter la durée d'élevage si la variété choisie est une variété précoce ou courte (90 à 120 jours) ou empoissonner des poissons de tailles supérieures à 45 g pour une meilleure récolte.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ADRAO, 2009. Sélection végétale participative du riz : manuel de la technique. 118p.
2. Catalogue officiel des espèces et des variétés de riz cultivées au Sénégal, Aout, 2012. 163p.
3. Dawe D., Dobermann, A., Ladha., J.K., Yadav, R.L., Lin, B., Lal, P., A.X., 2003. Does organic matter improve the sustainability and profitability of intensive rice systems? *Field crops Res.* 83, 91-213.
4. Diack M, (2011). Rapport manuel d'activités de la ferme de l'université Gaston Berger de Saint-Louis. 68p.
5. Diack M., & Loum M. (2011). Caractérisation par approche géostatistique de la variabilité des propriétés du sol de la ferme agropastorale de l'université Gaston Berger de Saint-Louis, dans le Bas Delta du fleuve Sénégal. *Revue de géographie du Laboratoire Leïdi* (12) 0851 – 2515.
6. Diack M., et Loum M, (2014). Caractérisation par approche géostatistique de la variabilité des propriétés du sol de la ferme agropastorale de l'université Gaston Berger de Saint-Louis, dans le Bas Delta du fleuve Sénégal.
7. Diallo A. 1998. Integration farming: a new approach in base Casamance, Senegal, p 257-264.
8. FAO, 2004: aquaculture. FAO fisheries circular, 815, FIDI, 106p.
9. Halwart M. et M. Gupta, 2010. L'élevage des poissons en rizière. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et agriculture et worldfish center, Rome, 98p.
10. Halwart, M. 1998. Trend in rice-fish farming. FAN, the FAO Aquaculture Newsletter, April, 1998. N°18.
11. Kogel-Knabner I, Amelungw, Caoz, Fiedler, S, FrenzelP, Sanhn R, et al., 2010. Biogeochemistry of paddy soils. *Geoderma*: 157 (1-2): (1-14).
12. Lacharme M., 2010. « Fascicule 2 ». Le plant de riz, données morphologiques et cycle de la plante. *Mémento Technique de Riziculture*, 22p.
13. Laulanié H., 2011. Intensive rice farming in Madagascar, *tropiculture*.
14. Melard C, 1986. Les bases biologiques de l'élevage intensif du tilapia du Nil. *Cahier d'Ethologie appliquée*, Fasc 3, vol6, 224p, Liege.
15. Miller J., 2010, le potentiel de développement de l'aquaculture et son intégration avec l'irrigation dans le contexte du programme spécial de la FAO pour la sécurité alimentaire dans le sahel.
16. Molina, J., Sikora, M., Garud, N., Flowers, J.M., Rubinstein, S., Reynolds, A., Huang, P., Jackson, S., Schaal, B.A., Bustamante, C.D., et al. (2011). Molecular evidence for a single evolutionary origin of domesticated rice. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108, 8351–8356.

17. Nhamo, Rodenburg. J, Zenne. N, Makombe. G, Ashura, Luzi-kihupi, 2014. Narrowing the rice yield gap in East and Southern Africa: Using and adapting existing technologies. 131, 45-55.
18. Rahman A., S. Parvez et K. Marimuthu, 2016. Integrated Rice-Fish Farming: A new Avenue for Sustainable Agriculture *in* Focus on Environment, pages 16-30.
19. SAED, 2004. Manuel technique de riziculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal, pp 6-76.
20. Ranson S., 2003. L'alimentation de la carpe (*Cyprinus carpio*) dans son biotope et en élevage. Ecole Nationale Veterinaire D'alfort.
21. SAED, ADRAO, 2011. Manuel Pratique de Riziculture Irriguée dans la Vallée du Fleuve Sénégal, pp 6-76.
22. Seck, P.A., Diagne, A., Mohanty, S., Wopereis, M.C.S. 2012. Crops that feed the world. Rice. food security 4,7-22.
23. Singh, A.V., A. C. Early et T.H Wickham 1980. Rice agronomy in relation to fish culture, p.15-34.
24. Wallemacq et M. San, 2016. La rizi-pisciculture : levier de développement pour l'agriculture familiale à Madagascar. Smart Fiche, p. 3.
25. Zhang M, He, Z., 2004. Long term changes in organic carbon and nutrients of an Ultisol under rice cropping in southeast China. *Geoderma* 118:167-179.
26. Zhang, R. 1998. Scientific and technological development of rice-fish culture in China, p. 23-30. *Dans* K.T. MacKay (éd.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canada, 276p.

REFERENCES WEBOGRAPHIES

<http://Senegal-emegent.com> consulté le 17/11/2020

www.Pthorticulture.com/fr/influence-de-l-azote-sur-le-ph consulté le 15/11/2020

www.alimentaruiim.org/3/y1187f/y118f08.htm consulté le 12/11/2020

www.ands.sn consulté le 02/07/2020

www.au-sénégal.com consulté le 06/07/2020

www.bio-enligne.com consulté le 13/11/2020

www.agrireseau.net

ANNEXES

Tableau 5 : données des paramètres physico-chimiques

Température moyenne			pH moyen			Oxygène moyen		
SF	FM	FO	SF	FM	FO	SF	FM	FO
30,8	30,4	31,15	8,805	8,535	8,04	7,25	5,10	5,8
30,45	30,35	30	7,745	8,38	8,29	2,05	3,90	2,7
31,75	31,75	31,55	7,83	8,315	8,345	7,2	5,90	4,3
31,05	31,1	31,2	8,075	8,685	8,24	7,85	8,39	6,4
29,6	29,4	29,4	8,025	8,7	8,45	5,9	6,40	5,4
29,65	29,4	29,65	8,325	8,95	8,485	8,95	6,90	6,0
32,9	33,5	32,65	8,34	8,925	8,445	7	4,85	4,6
31,05	31,05	31,5	8,5	8,65	8,615	8,1	5,00	4,0
31,35	31,5	31,55	8,115	8,57	8,67	2,385	0,52	1,2
32,15	31,95	31,95	8,315	8,605	8,235	9,625	4,36	8,2
30,9	30,95	31,55	8,22	8,435	8,365	7,875	6,13	5,7
31,9	32,3	32,05	8,49	8,475	8,61	7,71	6,60	5,3
33,65	33,3	33,35	8,685	8,675	8,23	9,75	8,55	5,7
29,75	29,85	29,85	8,3	8,475	8,27	7,76	8,36	7,5
26,25	27,15	26,25	8,13	8,075	9,065	12,635	10,35	8,8
29,9	29,7	29,15	9,09	9,265	8,66	7,415	9,40	5,9
32,5	30,65	30,4	8,465	8,88	8,73	8,005	8,41	5,0
31,1	30,8	30,75	8,28	8,58	8,945	8,565	6,95	6,4
30,6	30,7	30,8	8,265	8,39	8,9	12,75	8,63	9,5
28,45	28,35	28,2	8,3	8,25	8,905	13,625	9,33	9,4
32,2	32,55	31,9	8,025	8,105	8,845	14,68	11,42	8,7
31,55	31	30,7	8,15	8,145	8,58	14,695	10,60	6,6
31,5	30,8	30,85	8,145	8,03	8,49	12,45	10,64	8,9
27,2	28,3	28,45	8,17	8,25	8,98	8,945	7,06	6,4
30,45	29,55	29,25	8,79	8,57	8,64	11,235	10,33	7,8
30,7	30,45	29,9	8,175	8,24	8,605	10,72	6,75	10,2
32,45	30,95	32,05	8,735	8,285	8,77	9,93	8,76	6,6
31,05	31,3	31,3	8,47	8,655	8,425	11,84	8,88	9,3
31,45	31,45	31,35	8,325	8,19	8,455	6,435	6,54	4,2
29,1	28,6	29,6	7,955	7,93	8,305	10,205	8,89	9,3
28,35	28,1	27,9	8,13	7,895	8,34	9,325	8,57	7,3
28,2	28,25	28,25	8,005	8,055	8,575	8,44	9,37	7,3
29,25	28,85	28,85	7,925	9,115	8,165	9,05	8,40	6,8
29,2	29,4	29,5	8,765	8,58	8,615	7,465	6,73	6,5
30,85	28,8	29,9	7,825	8,955	8,05	15,545	15,15	12,5
29,1	28,98	28,9	7,78	8,585	7,96	12,74	10,51	8,7
26,1	25,2	25,45	8,14	8,42	8,105	13,165	10,80	8,4
25,6	25,15	26,15	8,695	8,295	8,245	12,475	10,70	8,5
29,05	28,65	27,95	8,45	8,02	8,465	11,145	8,88	8,5
28,1	27,05	27,65	9,145	7,975	8,975	12	10,79	10,1
29,15	29,2	28,7	9,265	8,645	9,105	11,13	12,83	6,4
28,9	28,95	28,65	8,66	8,86	8,69	13,76	15,84	14,4
26,95	26	26,25	8,66	8,79	8,405			
27,05	26,7	27,1	8,81	8,565	8,49			
27,65	27,6	27,8	8,615	8,77	8,49			
27,95	27,15	27,35	8,485	8,53	8,45			
29,8	28,8	28,9	8,245	8,095	8,06			
30,55	29,7	30,4	8,41	8,2	8,43			
24,35	24,05	24	7,87	8,25	8,58			

24,3	23,4	23,45	8,565	8,415	8,53			
23,4	22,65	23,6	8,42	8,735	8,29			
23,6	23	22,9	9,2	8,39	9,285			
23,65	22,85	22,6	9,085	9,2	8,7			
21,65	21,35	21,1	9,1	8,71	8,82			
28,8	28	28,3	9,08	8,875	9,22			
24,75	24,05	24,05	8,68	8,88	8,65			
24,9	24,2	24,1	8,87	8,71	7,88			
23,05	22,3	22,2	8,86	8,895	8,755			
22,15	21,65	21,6	9,005	8,84	9,075			
23,25	22,45	22,9	7,24	9,38	7,48			
23,55	23,25	23,55						
26,6	26,1	26,35						
23,4	23,05	22,9						

Tableau 6: Pêche de contrôle

Pêche de contrôle					
Date	16/9/2020	3/10/2020	16/10/2020	3/11/2020	18/11/2020
SF	19,34	39	52,26	70,64	87,89
FM	18,08	24,25	34,33	49,77	73,58
FO	18,78	33	40,57	49,75	66,60

Tableau 7: Effet des fertilisations sur les poissons

Traitements	NII	PMI (g)	BI (g)	NIF	BF	PMF (g)	GPJ
SF	25	19,3	483	21	1534,7	78,90	0,86
FM	25	18,1	452	22	1707,5	77,1	0,84
SF	25	19,3	483	21	1534,7	78,90	0,86
FO	25	18,8	469,5	21	1352,7	68,4	0,6
FM	25	18,1	452	22	1707,5	77,1	0,84
FO	25	18,8	469,5	21	1352,7	67,24	0,6