

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE VEGETALE



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de
Master en Agroforesterie, Ecologie, Adaptation (AFECA)

par

Saïd Chanfi REHEMA

THEME

**Effet de dose de la matière organique sur les paramètres
de croissance et de biomasse de *Hibiscus sabdariffa* (L.)**

Soutenu publiquement le 20 Avril 2023
devant le jury composé de:

Président: Monsieur Aboubacry KANE Maitre de conférences FST/UCAD, Sénégal

Membres:

Monsieur Aliou GUISSÉ Professeur titulaire FST/UCAD, Sénégal

Monsieur Oumar SARR Assistant FST/UCAD, Sénégal

Monsieur Moustapha B. SAGNA Assistant FST/UCAD, Sénégal

Directeur de mémoire: Docteur Oumar SARR Assistant FST/UCAD, Sénégal

Superviseur: Pr Aliou GUISSÉ Professeur Titulaire FST/UCAD, Sénégal

Année académique 2021-2022

DÉDICACES

A mes très chers parents que j'aime profondément et dont le soutien m'est d'une très grande importance,

A mes frères et sœurs que j'aime énormément.

REMERCIEMENTS

Avant tout, je rends grâce à ALLAH, le Tout Puissant, le Clément et Miséricordieux de m'avoir donné la santé, la force et le courage d'accomplir ce travail.

Il a été réalisé grâce au projet Nutrigreen avec de plusieurs institutions à savoir l'Université Cheikh Anta DIOP de Dakar (UCAD), l'Université Humboldt de Berlin et l'ONG APAF Sénégal.

Remercier le ministère fédéral allemand de l'alimentation et de l'agriculture (BMEL) par l'intermédiaire de l'Office fédéral de l'agriculture et de l'alimentation (BLE) pour la subvention de la recherche du projet Nutrigreen.

J'exprime ma reconnaissance et ma gratitude au Pr Aliou GUISSSE coordonnateur du projet Nutrigreen au Sénégal, Professeur Titulaire à l'Université Cheik Anta Diop de Dakar et Dr Judith Henze de l'Université Humboldt de Berlin de m'avoir fait confiance pour mener ce travail.

Je remercie également Dr.Oumar SARR, Enseignant Chercheur au Laboratoire d'Ecologie Végétale et d'Eco-Hydrologie (LEVEH) de l'Université Cheikh Anta DIOP de Dakar qui a suivi ce travail depuis le début et qui a su nous apporter les conseils judicieux, les moyens et l'assistance nécessaire pour le bon déroulement de ce travail.

Mes remerciements profonds s'adressent au Pr Aboubacary KANE, Maître de conférences, Chef du Département de Biologie Végétale, d'avoir accepté de présider le jury malgré son agenda chargé.

Ma reconnaissance va aussi à l'endroit du Dr Moustapha Bassimbé SAGNA, Enseignant Chercheur au Laboratoire d'Ecologie Végétale et d'Eco-Hydrologie de l'Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, qui a considérablement contribué à l'amélioration de ce travail. Je remercie aussi Dr Ndiabou FAYE et Mr Éric Sylvain BADJI, doctorant au même laboratoire, pour leur assistance lors de mes travaux de terrain, mais aussi pour leur participation généreuse dans l'élaboration de ce mémoire, et leur disponibilité.

J'adresse également mes remerciements à l'ONG APAF à tout son personnel de m'avoir accueilli dans leur structure. A travers leurs techniciens M. Télém DIOUF et Mme Ndèye Fatou NDIAYE, j'exprime toute ma gratitude pour leur assistance, leur disponibilité, leurs judicieux conseils et toutes les ressources nécessaires mises à ma disposition pour la réalisation de mes travaux.

Je suis infiniment reconnaissante aux braves mamans de Nobadane pour leur collaboration et leur hospitalité. Je suis très touchée par l'amour et le respect qu'elles avaient à notre égard.

Je témoigne ma reconnaissance à l'endroit du Professeur Daouda NGOM et du Dr Sékouna DIATTA, coordinateurs du Master Agroforesterie, Ecologie, Adaptation (AFECA) et à tous les enseignants du Département de Biologie Végétale de l'Université Cheikh DIOP de Dakar, qui nous ont donné une excellente formation.

Aux Comores, il y a une mère et un père dont les sacrifices attendrissants, l'amour inconditionnel et les encouragements réconfortants ont toujours stimulé ma volonté de relever les défis. Je les remercie pour l'éducation indéniable que j'ai reçu d'eux.

Je remercie mes frères et sœurs, l'amour et la confiance qu'ils ont toujours eu en moi, m'ont permis de parcourir ce chemin qui a été loin d'être facile.

Je tiens à remercier des personnes de mon entourage qui me sont très chères, le fait de les avoir auprès de moi m'a donné beaucoup de force et de courage. Je pense particulièrement à Messieurs Mansour GUEYE, Ifradya Saïd CHANFI, El-Habib YAHAYA et Chafi Said CHAFI Je pense également à Mesdames Zainaba Saïd CHAFI, Rafizatie Djaanfar SAÏD, Laïa NOURDINE et Awa TOURE.

Je remercie enfin tous mes camarades du Master Agroforesterie, Ecologie, Adaptation.

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|---|
| Tableau 1. Classification de <i>Hibiscus sabdariffa</i> (L)..... | 4 |
| Tableau 2. Différentes utilisations alimentaires de <i>Hibiscus sabdariffa</i> | 8 |

LISTE DES PHOTOS ET DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Photo 1: Feuilles de <i>Hibiscus sabdariffa</i> (Rehema, 2022) | 5 |
| Photo 2: Fleur de <i>Hibiscus sabdariffa</i> (Cissé, 2009) | 5 |
| Photo 3: Partie calice et fruit de <i>Hibiscus sabdariffa</i> (Cissé, 2009) | 6 |
| Photo 4: Calice de <i>Hibiscus sabdariffa</i> (Cissé, 2009). | 6 |
| Photo 5: graine de <i>Hibiscus sabdariffa</i> | 7 |
| Photo 6: Tisane de <i>Hibiscus sabdariffa</i> (Bonjean, 2018) | 9 |
| Photo 7: Présentation du schéma du profil du sol | 17 |
| Photo 8: Fumure organique (crottin de cheval) (Rehema, 2022) | 19 |
| Photo 9: Graine de <i>Hibiscus sabdariffa</i> (Rehema, 2022) | 19 |
| Photo 10: Dispositif expérimental d'un bloc élémentaire | 20 |
| Photo 11: Comptage des feuilles | 22 |
| Photo 12: Mesure de la hauteur | 22 |
| Photo 13: Mesure de diamètre au collet | 22 |
| Photo 14 : première récolte | 23 |
| Photo 15: deuxième récolte | 23 |
| Photo 16: Quantité de la production sèche | 23 |
| | |
| Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude | 13 |
| Figure 2: Tendances des moyennes pluviométriques de 1998 à 2021 de la région de Fatick..... | 14 |
| Figure 3: Diagramme ombrothermique de la région de Fatick pour la série des pluviométries et températures moyennes de 1998 à 2021 (source de données: ANACIM, 2022)..... | 15 |
| Figure 4: Evolution des nombres des feuilles des plants de <i>Hibiscus sabdariffa</i> en fonction des doses de crottin de cheval et du temps après semis | 24 |
| Figure 5: Evolution de la hauteur des plants de <i>Hibiscus sabdariffa</i> en fonction des doses de crottin de cheval et du temps après semis..... | 25 |
| Figure 6: Evolution du diamètre des plants de <i>Hibiscus sabdariffa</i> en fonction des doses de crottin de cheval et du temps après semis..... | 26 |
| Figure 7: Production foliaire en fonction des doses de crottin de cheval..... | 27 |
| Figure 8: Quantité de la production totale sèche en fonction des doses de crottin de cheval..... | 27 |

SIGLES ET ABREVIATIONS

ANACIM: Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie

ANDS: Agence National de la Statistique et de la Démographie

ANOVA: Analyse des variances

CSE : Centre de Suivi Écologique

DF100% : Dose de fumure organique (crottin de cheval) 100%

DF50% : Dose de fumure organique (crottin de cheval) 50%

DF0% : Dose de fumure organique (crottin de cheval) 0% (témoins)

DPEE: Direction des Prévisions et des Études Économiques

F.A.O: Organisation de Nations Unies pour l'Alimentation et de l'Agriculture

ITV (France): Indépendant Télévision

JAS: Jours après semis

MO: Matière organique

ONUDI: Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel

PNDL: Programme National de Développement Local

SRSD: Service Régional de la Statistique et de la Démographie

Table des matières

| | |
|---|------|
| DÉDICACES | i |
| REMERCIEMENTS..... | ii |
| LISTE DES TABLEAUX | iv |
| LISTE DES PHOTOS ET DES FIGURES..... | iv |
| SIGLES ET ABBREVIATIONS | v |
| RESUMÉ..... | viii |
| ABSTRACT | ix |
| INTRODUCTION..... | 1 |
| CHAPITRE I: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE..... | 3 |
| I.1. Présentation de l'espèce <i>Hibiscus sabdariffa</i> | 3 |
| I.1.1. Origine et répartition géographique | 3 |
| I.1.2. Nomenclature et classification | 3 |
| I.1.3. Description botanique de la plante..... | 4 |
| I.1.4. Ecologie..... | 7 |
| I.1.5 Utilisation de <i>Hibiscus sabdariffa</i> | 7 |
| I.1.5.1 Utilisation alimentaire | 7 |
| I.1.5.2. Utilisations médicinales | 9 |
| I.1.6. Composition nutritionnelle des différentes parties du plant de <i>Hibiscus sabdariffa</i> | 10 |
| I.2. Fertilisation par la matière organique..... | 10 |
| I.2.1. Rôle de la matière organique | 11 |
| I.2.2 Entretien de la fertilité des sols..... | 12 |
| CHAPITRE II. Matériel et Méthodes | 13 |
| II.1. Présentation de la zone d'étude | 13 |
| II.1.1. Situation administrative et géographique du site d'étude..... | 13 |
| II.1.2. Le climat..... | 14 |

| | |
|--|----|
| II.1.3. Ressources en eau | 16 |
| II.1.4. Les sols..... | 16 |
| II.1.4.1. Caractéristiques des sols de la région de Fatick | 16 |
| II.1.4.2. Profil pédologique de la zone d'étude..... | 16 |
| II.1.5. Flore et Faune | 17 |
| II.1.6. La population et ses activités socioéconomiques | 18 |
| II.2. Le matériel biologique | 19 |
| II.3. Le dispositif expérimental | 19 |
| II.4. Préparation des champs et entretiens des plantes..... | 21 |
| II.5. Paramètres mesurés | 21 |
| II.5.1. Taux de lever | 21 |
| II.5.2. Paramètres de croissance..... | 21 |
| II.5.3. Récolte | 22 |
| II.6. Analyses statistiques des données | 23 |
| CHAPITRE III: RÉSULTATS ET DISCUSSION | 24 |
| III.1. Résultats | 24 |
| III.1.1. Taux de germination des plants de <i>Hibiscus sabdariffa</i> | 24 |
| III.1.2. Effets des doses de Fertilisant organique sur les nombres des feuilles des plants de <i>Hibiscus sabdariffa</i> | 24 |
| III.1.3. Effets des doses de Fertilisant organique sur l'évolution de la croissance en hauteur des plants de <i>Hibiscus sabdariffa</i> | 25 |
| III.1.4. Effets des doses de Fertilisant organique sur l'évolution de la croissance en diamètre au collet des plants de <i>Hibiscus sabdariffa</i> | 25 |
| III.1.5. Effets des doses de Fertilisant organique sur l'évolution de la production de biomasse en fonction des traitements | 27 |
| III.2. Discussion | 28 |
| CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES | 29 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 30 |

RESUMÉ

L'*Hibiscus sabdariffa* (L.) joue un rôle socio-économique important au Sahel ; de par ses calices, ses feuilles et ses graines. Il constitue une source de nourriture importante et apporte un revenu considérable aux producteurs. Néanmoins sa production est confrontée à d'énormes difficultés liées notamment à la pauvreté des sols, au manque d'eau qui occasionne une baisse de rendements. Pour pallier à ce problème, les producteurs s'adonnent à une utilisation excessive de fertilisants chimiques qui outre les problèmes écologiques et environnementaux qu'elle cause, ne permettent pas de maintenir le niveau de fertilité des sols. D'où l'importance de cette étude qui est de promouvoir l'utilisation des résidus organiques dans la restauration de la fertilité des sols. L'objectif vise à déterminer les effets d'un apport de fumure à base de crottin de cheval sur la croissance et la production de biomasse de l'oseille (*Hibiscus sabdariffa* (L.)). Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher avec trois répétitions et un facteur à savoir le fertilisant avec trois : dose 100%, dose 50% comparées aux témoins. Chaque fertilisant a été appliqué, par poquet de semis, à 2 kg, 1 kg et 0 kg de sol. Les paramètres de croissance ont été mesurés à des dates régulières (chaque semaine) et la biomasse en fin d'essai. Comparés au témoin et aux doses de 50%, la croissance et la biomasse ont été meilleurs avec la dose de 100% de fumier. Mais, les analyses statistiques n'ont montrées aucune différence significative entre ses deux doses. Ainsi, nous pouvons dire que peu importe la dose utilisée ; la fumure de cheval améliore la croissance et la production d'oseille.

Mots clés: fertilisant organique, crottin de cheval, croissance, biomasse, *Hibiscus sabdariffa*, Nobadane

ABSTRACT

Hibiscus sabdariffa (L.) plays an important socio-economic role in the Sahel; through its calyxes, leaves and seeds it constitutes an important source of food and brings a considerable income to producers. Nevertheless, its production is confronted with enormous difficulties related to the poverty of the soils, the lack of water which causes a decrease in yields. To overcome this problem, producers use excessive chemical fertilizers which, in addition to the ecological and environmental problems it causes, do not maintain the level of soil fertility. Hence the importance of this study which is to promote the use of organic residues in the restoration of soil fertility. The objective is to determine the effects of a manure contribution based on horse dung on the growth and biomass production of sorrel (*Hibiscus sabdariffa* (L)). The experimental set-up is a Fisher block with three replicates and one factor, namely the fertilizer with three: 100% dose, 50% dose compared to controls. Each fertilizer was applied, per seedling, to 2 kg, 1 kg and 0 kg of soil. Growth parameters were measured at regular dates (weekly) and biomass at the end of the trial. Compared to the control and the 50% doses, growth and biomass were better with the 100% manure dose. But, statistical analysis showed no significant difference between these two doses. Thus, we can say that regardless of the dose used; horse manure improves the growth and production of sorrel.

Key words: organic fertilizer, horse manure, growth, biomass, *Hibiscus sabdariffa*, Nobadane

INTRODUCTION

Au Sénégal, l'agriculture constitue un secteur-clé de l'économie, elle contribue à environ 8 % au PIB du pays. En plus d'être un important levier économique, elle participe fortement au développement social du pays à travers : la création d'emplois, la sécurité alimentaire, et la lutte contre la pauvreté (DPEE, 2014). Ainsi, 60 à 70 % de la population active est tributaire directement ou indirectement des activités agricoles. Le nombre de ménages agricoles que compte le pays est chiffré à 755 532 dont les 73,8 % sont situés en milieu rural (ANDS, 2014). Nonobstant, le nombre important de ménages agricoles ruraux, les paysans demeurent toujours confrontés à l'insécurité alimentaire et à la pauvreté dans la mesure où 57 % de la population rurale est pauvre. De plus, même si les femmes jouent un rôle non-négligeable dans l'agriculture sénégalaise, elles ne représentent que 15,3 % des ménages agricoles (ANDS, 2013). Cette faible représentativité, des femmes, serait principalement due aux difficultés d'accès aux terres agricoles en raison de plusieurs facteurs d'ordre historique et culturel (Diouf, 2015). Parallèlement, les changements climatiques (CC) sont venus complexifier d'une part, les efforts entrepris par le gouvernement sénégalais dans la réduction de la pauvreté et l'amélioration de la sécurité alimentaire en milieu rural, et d'autre part, accentuer la vulnérabilité du secteur de l'agriculture sénégalaise qui souffrait déjà de contraintes économiques, structurelles et organisationnelles (Sall et al., 2011). De ce fait, face à tout cela, l'agriculture sénégalaise à l'heure actuelle fait face à des défis nombreux et complexes. La dégradation des sols donne lieu à une baisse de fertilité des sols, pouvant entraîner la diminution de la productivité agricole et la pauvreté au niveau des populations rurales (CSE, 2011). La chute des rendements constitue une préoccupation majeure pour les paysans. L'une des possibilités préconisées dans une telle situation est la fertilisation afin d'améliorer les potentialités chimiques des sols. Dans les systèmes de culture, prédominants en Afrique, la fertilisation minérale seule, outre les problèmes écologiques et environnementaux qu'elle cause, ne permet pas de maintenir le niveau de fertilité des sols (Anonyme, 2003 ; Bado, 2002). Les travaux récents ont montré que la productivité des sols sous les tropiques baisse même avec l'utilisation continue des engrais minéraux seuls (Useni *et al.*, 2013). Aussi, compte tenu de leur coût élevé et leur indisponibilité qui les rendent presque inaccessibles aux petits paysans (N'Goran, 1995), le recours aux amendements organiques est-t-il un moyen pour répondre à ce besoin majeur ? Zougmoré *et al.* (2003) ont montré l'intérêt des fumures organiques. Les fertilisants organiques jouent en général un rôle important sur diverses propriétés du sol permettant de justifier leur utilisation . La gestion et l'utilisation des sols par

la valorisation des résidus organiques constituent un défi majeur dès lors que leur production s'accroît. Les fertilisants organiques, moins coûteux et disponibles en quantité suffisante, sont à la portée des cultivateurs. Eu, égard à ces avantages, la fertilisation organique constitue une solution appropriée pour la restauration de la fertilité des sols et la production des cultures. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude qui porte sur la culture de *Hibiscus sabdariffa* fertilisé par le crottin de cheval. C'est une plante connue de tous au Sénégal et un peu partout en Afrique depuis les régions arides et semi-arides (Sénégal, Mali, Niger, Tchad) jusqu'aux régions équatoriales (Nigeria, Gabon, Congo Kinshasa) (Reameakers, 2002). En effet, sa richesse nutritionnelle, ses multiples utilisations culinaires mais aussi ses débouchés industriels ont incité les chercheurs à s'intéresser à cette plante. Selon Sanou *et al.* (2005), elle est économiquement plus rentable et moins polluante pour l'environnement que le coton. Dans un contexte de climat semi-aride et de protection de l'environnement, l'intensification et la diversification de la production ne sont possibles qu'avec la maîtrise de l'eau et/ou la période optimale de semis et la valorisation de la fertilisation organique. Différents types de projets ont été déjà développés en vue d'accroître la production agricole. Parmi ces derniers on peut citer NUTRIGREEN dont le but est d'améliorer les chaînes de valeur des plantes traditionnelles africaines. Donc une étude a été menée sur le substrat organique (crottin de cheval) dans les conditions écologiques du village de Ndobadane dont l'objectif général est de contribuer à asseoir une productivité durable de *Hibiscus Sabdariffa*. Et spécifiquement, il s'agit de:

- déterminer l'effet de différentes doses de fertilisant organique à base de crottin de cheval sur les paramètres de croissance de *Hibiscus sabdariffa* ;
- évaluer l'effet de fertilisant organique à base de crottin de cheval sur la quantité de production de *Hibiscus sabdariffa*.

Le document s'articule essentiellement autour de trois (03) chapitres que sont les suivants: le premier chapitre est axé sur la revue bibliographique. Le deuxième chapitre aborde le matériel et la méthodologie utilisés. Le troisième et dernier chapitre présente les résultats et la discussion suivie de la conclusion.

CHAPITRE I: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Présentation de l'espèce *Hibiscus sabdariffa*

Une description des caractéristiques botaniques, de la localisation géographique et son utilisation.

I.1.1. Origine et répartition géographique

Hibiscus sabdariffa (L) fait partie de la famille des malvacées. Il était cultivé à l'origine en Afrique et a été largement distribué dans les zones tropicales et subtropicales. Selon Ismail (2008), *Hibiscus sabdariffa* est trouvée presque dans tous les pays chauds tels que l'Inde, l'Arabie saoudite, la Malaisie, l'Indonésie, la Thaïlande, les Philippines, le Soudan, l'Égypte et le Mexique, mais d'autres écologistes croient que l'origine de cette plante est l'Inde et l'Arabie saoudite. En Asie où la présence de *Hibiscus sabdariffa* est signalée depuis le 20^{ème} siècle, on pratique la sélection des variétés pour la production de fibre (Inde, Sri Lanka, Thaïlande, Malaisie, Ile de Java) et aussi de calices destinés à l'utilisation alimentaire (Ndiaye, 2010). Les spécimens d'apparence sauvage de l'espèce ont été récoltés au Ghana, au Niger, au Nigeria et en Angolan (Ndiaye, 2010). Au Sénégal, l'Hibiscus a été introduit au début du 19^{ème} siècle et cultivé de manière traditionnelle par les femmes en vue d'une consommation locale des feuilles et des calices des fleurs pour la sauce, les boissons et les confitures (Ndiaye, 2010). Ainsi, recommandé contre l'hypertension et le cholestérol, est utilisé comme un antiseptique urinaire, ces fleurs remédient aux douleurs menstruelles, la racine est utilisée pour calmer la toux (Al-Hashimi, 2012).

I.1.2. Nomenclature et classification

- **Nom scientifique:** *Hibiscus sabdariffa* (L)

Cette plante est retrouvée sous diverses appellations au Sénégal:

- Wolof: « Bissap »
- Diola « gougèce »
- Sérère: « bassape »
- Pulaar: « Foléré »
- Mandingue: Kuttia
- Français: « oseille de Guinée »

Selon la classification phylogénétique APG III, la classification de l'espèce *Hibiscus sabdariffa* présentée dans le tableau 1.

Tableau 1. Classification de *Hibiscus sabdariffa* (L)

| | |
|--------------|-----------------------------------|
| Règne | Archéplastides |
| Division | Angiospermes |
| Classe | Magnoliopsida |
| Ordre | Malvales |
| Famille | Malvaceae |
| Sous-Famille | Malvoïdées |
| Genre | <i>Hibiscus</i> |
| Espèce | <i>Hibiscus sabdariffa</i> |

I.1.3. Description botanique de la plante

Hibiscus sabdariffa est une plante qui se développe à partir d'un système racinaire en pivot, il peut atteindre une hauteur de plus de 3,5 mètres, vigoureuse, peu ramifiée et très fibreuse avec des tiges cylindriques lisses vertes ou rouges et un calice rouge ou jaune pâle comestible et possède une racine pivotante à pénétration profonde, plantule à germination épigée ; cotylédons arrondis, atteignant 2,5 cm × 3 cm foliacés (Shruthi, 2016).

❖ Tiges

Les tiges présentent un aspect lisse ou presque lisse glabre à légèrement pubescente et parfois garnie de quelques aiguillons ; elles ont une forme cylindrique et une couleur vert foncé à rouge (Shruthi, 2016).

❖ Feuilles

Les feuilles supérieures de *Hibiscus sabdariffa* sont simples et les feuilles inférieures sont profondément lobées avec 3 à 5 ou même à 7 lobes et les marges sont étouffées, Généralement les feuilles sont disposées de manière alterne sur la tige avec une longueur de 7,5 à 12,5 cm de couleur verte rouge, rouge violet, avec des nervures rougeâtres (Shruthi, 2016).



Photo 1: Feuilles de *Hibiscus sabdariffa* (Rehema ,2022)

❖ Fleurs

Les fleurs prennent naissance sur les rameaux à l'aisselle des feuilles, peuvent atteindre 12,5 cm de large, avec une couleur jaune et un œil rose ou marron et deviennent rose à la fin de la journée, elle s'ouvre tard dans la matinée et se referme tôt l'après-midi (Shruthi, 2016).



Photo 2: Fleur de *Hibiscus sabdariffa* (Cissé, 2009)

❖ Fruit

C'est une capsule ovoïde pubescente atteignant 2,5 cm de long, elles sont enfermées dans le calice, contenant de nombreuses graines peut contenir 25 à 35 graines (Cissé et al, 2009).



Photo 3: *Partie calice et fruit de Hibiscus sabdariffa* (Cissé, 2009)

❖ Calices

Le calice est ce qui reste de la fleur lorsque les pétales sont tombés, il est composé de 5 grands sépales avec un collier appelé épicalyx de 8-12 bractées minces et pointues autour de la base, il commence à s'élargir à la fin de la journée, Il est de 3,2 à 5,7 cm de long et entour complètement le fruit, il est rouge ou blanc (Shruthi, 2016).



Photo 4: Calice de *Hibiscus sabdariffa* (Cissé, 2009).

❖ Graines

Couvertes de minuscules poils robustes et étoilés, sont des graines réniformes, avec 3 à 5 mm de long et peuvent atteignant le 7 mm, généralement de couleur brun clair ou foncé (Shruthi, 2016)



Photo 5: graine de *Hibiscus sabdariffa*

I.1.4. Ecologie

La récolte d'Hibiscus prend environ 3 à 4 mois pour arriver au stade de maturité. La plante préfère un climat tropical ou subtropical avec une pluviométrie entre de 1 500 et 2 000 mm/an. Elle tolère un climat plus chaud et plus humide avec une température nocturne non-inférieure à 21 °C. En effet, les premiers mois de croissance, nécessite une exposition au soleil d'environ 13 heures par jour pour empêcher sa floraison prématurée (Ismail, 2008).

La culture de *Hibiscus sabdariffa* se pratique dans divers types de sol, parmi les meilleurs, on a le type sablonneux et terreux .Pour ensemercer 1 hectare il faut environ 5 à 8 Kg de graines de *H.sabdariffa* en fonction de la densité choisie. Les graines germent à une température minimale de 10°C et la plante a besoin d'une température optimale entre 20 et 35°C pour se développer. Le pH optimum du sol, est de 5-6. La culture de Hibiscus est plus favorable durant les mois d'octobre et février (Endrias, 2006).

I.1.5 Utilisation de *Hibiscus sabdariffa*

Toutes les parties de plante de *Hibiscus sabdariffa* (calice, tige, feuille) sont utilisées soit dans l'alimentation, soit dans la médecine traditionnelle, soit dans l'industrie textile.

I.1.5.1 Utilisation alimentaire

L'espèce *Hibiscus sabdariffa* est utilisée dans l'alimentation humaine et dans l'industrie agroalimentaire. La plante est exploitée pour ses calices, feuilles et graines (Tableau 2).

Tableau 2. Différentes utilisations alimentaires de *Hibiscus sabdariffa* (Cissé et al., 2009 ; Diop, 2015)

| Partie de la plante | Exemples d'utilisation |
|---------------------|---|
| Calices | - Fabrication de glace, de gelée, de confiture, de boissons et infusions - Ingrédients dans les aliments, vin vinaigre |
| Feuilles | Sauces aigres, légumes feuilles |
| Graines | Fabrication de condiments, produit de substitution de la viande, production de farine, d'huile |

Les calices qui sont parfois appelés « fleurs de Hibiscus », connus comme la partie de la plante la plus exploitée dans l'alimentation humaine, qui est utilisée pour faire des différentes boissons rouge carmin, tonifiantes et fraîches, l'extrait des calices obtenu après trempage dans de l'eau chaude de façon artisanale où les transformatrices utilisent 1 kg de calices secs pour 35 litres d'eau. Après 3 heures de macération, l'extrait est filtré et sucré à une dose de 150 g de sucre il peut être mélangé avec d'autres jus de fruits, aromatisants ou des morceaux de fruits (ananas, fraise) (Endrias, 2006). Cette boisson est connue sous plusieurs appellations, en Afrique et en Asie largement répandue. Au Sénégal nommée « bissap », au Mali est appelée « da bilenni ». En Égypte elle est dénommée « boisson des pharaons », au Soudan « thé de karkadé », au Nigéria « zobo », cette boisson consommée, soit fraîche ou chaude selon la saison. Au Mexique la production du sirop d'Hibiscus à partir des sépales est connu sous le nom « flore de jamaïca », utilisé pour parfumer et colorer des cocktails où être simplement mélangé avec l'eau bien fraîche et du sucre (Endrias, 2006).

Les calices sont utilisés également pour fabriquer du vin, de confiture, gelée et dessert. L'extrait de calice séché (concentrés ou de poudre) est employé comme colorant naturel dans les industries alimentaires (pâtisserie, jus de fruits, boissons, etc.). Les graines de *Hibiscus sabdariffa* sont utilisées dans la fabrication de condiments traditionnels et la production de farine par la cuisson et la fermentation de ces graines (Cissé, 2009).

Au nord du Nigéria, les graines sont fermentées et mélangées avec d'autres épices pour préparer un aliment appelé « mungza ntusa », d'autre part, elles sont utilisées pour préparer un produit de remplacement de la viande connu sous le nom « viande d'oseille », l'huile résultante utilisée

essentiellement en cuisine en Tchad, en Tanzanie et en Chine et également dans la fabrication de savon et de produits cosmétiques (Cissé, 2009).

Les feuilles de *H. sabdariffa* sont aussi propices à leur utilisation dans l'alimentation humaine pour fabriquer une sauce aigre, épaisse, appelée « bĕkĕj » en wolof et « kauthia » en mandingue, servie avec le riz au poisson.



Photo 6: Tisane de *Hibiscus sabdariffa* (Bonjean, 2018)

I.1.5.2. Utilisations médicinales

Hibiscus sabdariffa présente de nombreuses propriétés thérapeutiques et est utilisée dans la médecine traditionnelle (Cissé, 2009). Elle est connue comme un antiseptique, antimicrobienne et antifongique, hypotenseur, sédatif, digestif, diurétique, maintien un bon niveau de cholestérol et de triglycérides, antioxydant, prévention de certains cancers et réduction des troubles diabétiques, antibiotique et protecteur cardiovasculaire (Cissé, 2009).

L'infusion de calice utilisée pour soigner les rhumes, les maux de dents, l'anémie et la rougeole. De plus, le jus des feuilles a été exploité pour traiter la conjonctivite et pour traiter les plaies et les ulcères (Endrias, 2006).

L'usage traditionnel de *H. sabdariffa* est connu dans le traitement des troubles hépatiques aussi pour soigner les troubles rénaux et les infections urinaires (inhibe *E. coli*, et streptocoque) et conseillé pour traiter les angines et les bronchites et remédier aux douleurs menstruelles en relaxant des muscles utérins (Endrias, 2006)

Les fleurs ont une propriété anti-œdémateuse et antiphlogistique pour réduire et soulager les œdèmes et l'eczéma. Les racines bouillies ont un excellent pouvoir purgatif pour calmer la toux et abaisse les inflammations des voies respiratoires (Endrias, 2006).

Des études suggèrent que le bissap réduit la tension artérielle, car cette plante contient de nombreux composants ayant une activité antihypertensive s'explique via une activité anti-aldostérone et vasodilatateur et les anthocyanines contenant dans la plante inhibe l'enzyme de conversion de l'angiotensine et que l'effet rapide de *H.sabdariffa* sur la pression artérielle lié à un mécanisme d'action vasoactif et peuvent être plus efficace quel l'hydrochlorothiazide qui est une molécule utilisée contre l'hypertension artérielle (Endrias, 2006).

I.1.6. Composition nutritionnelle des différentes parties du plant de

Hibiscus sabdariffa

La partie la plus importante et la plus exploitée et comestible dans la plante de *H. sabdariffa* est les calices. Ils sont riches en acide organique tels que l'acide succinique, oxalique (deux acides organiques majoritaires 76 % des acides organiques totaux), l'acide tartrique, malique et une importante concentration de vitamine C (il est rapporté que chaque 100 g de calices frais contiennent 2.85 µg vitamine D, 0.04 mg vitamine B1 et 0.6 mg vitamine B2) (Cissé, 2009). Les sucres présents dans les calices de *H. sabdariffa* sont glucose, fructose et saccharose où le glucose présente 40 % des sucres totaux. Globalement, les calices de *H. sabdariffa* connue comme une source importante d'éléments essentiels (Ca, Cu, Fe, K, Mn, Zn) ainsi que les polyphénols, les pectines, les carotènes et les fibres (Mady, 2009). Le colorant extrait des calices séchés contient différents anthocyanes principalement le delphinidine-3-sambubioside et le cyanidine-3-sambubioside dont les quantités sont relativement élevées: 1,5g d'anthocyanes pour 100g de calices séchés (Endrias, 2006). Les graines de *H. sabdariffa* également contiennent des concentrations très importantes en protéines (26 %), lipides (20 %) et sucres totaux (40 %), des acides aminés essentiels majoritaires tels que l'acide glutamique, aspartique, la leucine et l'arginine. L'huile des graines de *H. sabdariffa* est connue par leur composition idéale de matières grasses tels les acides gras insaturés aussi riche en tocophérols, acide linoléique/acide oléique, palmitique, stéariques et l'acide arachidonique (Cissé, 2009). La partie feuille est connue comme une importante source de calcium, magnésium, fer et de zinc (Endrias, 2006).

I.2. Fertilisation par la matière organique

La fertilisation recouvre toutes les techniques permettant d'accroître le niveau de fertilité d'un sol par action sur les facteurs limitants liés aux milieux physico-chimique et biologique (Mbodj, 1987). A chaque campagne agricole, le sol s'appauvrit de quantités importantes de sels minéraux comme l'azote, le phosphore, le sulfate, le potassium, le magnésium, ...

Les sols s'épuisent et, au bout de quelques années, les rendements deviennent faibles. Il convient de restituer la fertilité de ces sols sous forme d'amendement avec de la fumure organique et/ou d'engrais (Girard *et al.*, 2005). Ainsi, la fertilisation a pour principal objectif, l'entretien de la fertilité du sol pour satisfaire les besoins des cultures. Elle permet l'adaptation de la nutrition des plantes et de la gestion de la fertilité du sol aux conditions locales, en exploitant les avantages de l'utilisation conjointe des sources de nutriments organiques, minérales et biologiques pour satisfaire les besoins concurrentiels de la production alimentaire et de la viabilité économiques, environnementale et sociale (FAO, 2003).

I.2.1. Rôle de la matière organique

Le terme matière organique (MO) regroupe une somme importante et hétérogène de substances et composés carbonés d'origine végétale et animale (ITV France, 2003). D'après Fertile (2008), la fertilisation organique ou amendement est définie comme, l'incorporation au sol, de matières organiques plus ou moins décomposées, telles que les fumiers. La matière organique est un élément clé de la fertilité des sols tropicaux. Leur rôle nutritif n'est donc pas prépondérant, mais il n'est pas toujours négligeable pour autant. Les apports de matières organiques au sol sont essentiellement assurés par les résidus de récoltes, le compost, le fumier et les engrais verts. La fertilisation organique vise à maintenir et à améliorer le stock de matières organiques du sol (Ouatarra, 2014). L'apport de matière organique permet non seulement de restaurer la fertilité du sol mais aussi d'apporter à la plante les éléments nécessaires à sa croissance par l'augmentation de la capacité du complexe argilo-humique à stocker les éléments nutritifs. Les effets d'apports de matière organique sur le développement, la croissance et surtout l'enracinement des plantes dans les conditions pédoclimatiques de la zone soudano-sahélienne ont fait l'objet de très peu d'études (Cissé, 1988). Ce rôle éventuel peut s'expliquer par l'amélioration de la structure, par le développement de la mycorrhization, la stimulation de la vie microbienne, la libération progressive d'azote minéral, l'adsorption des éléments assimilables. Malgré leur faible proportion par rapport à la masse des terres cultivées, les matières organiques (MO) du sol ont des rôles extrêmement importants à jouer: construction et stabilité de la structure, maintien ou augmentation de la capacité à retenir l'eau ou les éléments minéraux, etc. Les différents types de matières organiques influent sur ces propriétés, notamment en fonction de la texture des sols (Leclerc, 2012). Selon Petit et Jobin (2005), lorsqu'on laisse ou qu'on apporte des matières organiques facilement dégradables au sol, dans de bonnes conditions, il se développe une importante population de microorganismes qui s'en nourrit et les décompose. Si les apports sont en quantité raisonnable, cette activité biologique

sera structurante pour le sol. Des « colles » secrétées par le mycélium des champignons qui s'enchevêtrent aux fines particules du sol, agglomèrent en boulettes plus ou moins grosses les fines particules du sol. Cette activité est efficace en surface du sol, mais concoure peu à en à structurer les couches profondes. À ces microorganismes, se joignent aussi d'autres organismes du sol (vers de terre, collemboles, etc.) qui vivent aussi de la décomposition de la matière organique et contribuent à la structuration du sol.

I.2.2 Entretien de la fertilité des sols

De nombreuses études sur la fertilisation ou amendement organique ont été menées sur l'évolution de la MO dans le sol, allant de l'analyse chimique de laboratoire à l'impact sur les différentes propriétés du sol (Dieng, 2014 ; Hubert et Schaub, 2011). Dans la pratique, à l'échelle d'une exploitation, l'idée est de veiller au moins à ce que les stocks de MO du sol ne diminuent pas pour éviter une dégradation des sols sur le moyen et long terme. C'est la raison pour laquelle, dans la recherche, des méthodes ont été élaborées pour maintenir ou améliorer la fertilité du sol (Bouvier, 2012). Il est indispensable de réaliser quelques calculs afin de se donner des repères et des limites d'apports à réaliser, en particulier concernant l'azote. Cela permet d'éviter la sur fertilisation et les problèmes qui lui sont liés: mauvais équilibre en besoins nutritifs des plantes, problèmes sanitaires, pollution des nappes phréatiques et des cours d'eau. Cela permet aussi de vérifier que l'on respecte la réglementation, les normes environnementales...

La question est de savoir « comment convertir les unités d'azote en tonne de matière organique par hectare ? ». Selon bouvier (2012), la formule suivante permet de calculer la quantité de MO à épandre:

$$\text{Quantité de produit à épandre } \left(\frac{t}{ha} \right) = \frac{\text{Azote à apporter}}{\text{Teneur du produit en azote disponible}}$$

Ces apports permettront de compenser les pertes annuelles de N du sol et même d'en renforcer la teneur. Toutefois, la fertilisation est loin d'être une science exacte. Il existe beaucoup de facteurs qui interviennent dans le fonctionnement du sol et les besoins des plantes. Il est difficile de savoir précisément les quantités justes à apporter.

CHAPITRE II. Matériel et Méthodes

II.1. Présentation de la zone d'étude

II.1.1. Situation administrative et géographique du site d'étude

L'étude a été menée dans le village de Nobadane qui appartient à la commune rurale de Loul-Sessène, arrondissement de Fimela, au département de Fatick dans la région du Fatick. La région de Fatick est située au Centre-Ouest du Sénégal et fait partie de la zone éco-géographique du bassin arachidier. Elle comporte trois départements: le département de Foundiougne, le Département de Gossas et le département de Fatick. Ce dernier, qui fait l'objet de notre zone d'étude est situé au centre de la région. Avec une superficie de 2 646 Km² soit 33,4 % du territoire régional et 1,5 % du territoire national, le département de Fatick s'étire du Nord au Sud, sur environ, 90 Km à l'Est et 80 Km à l'Ouest (Diallo, 2010).

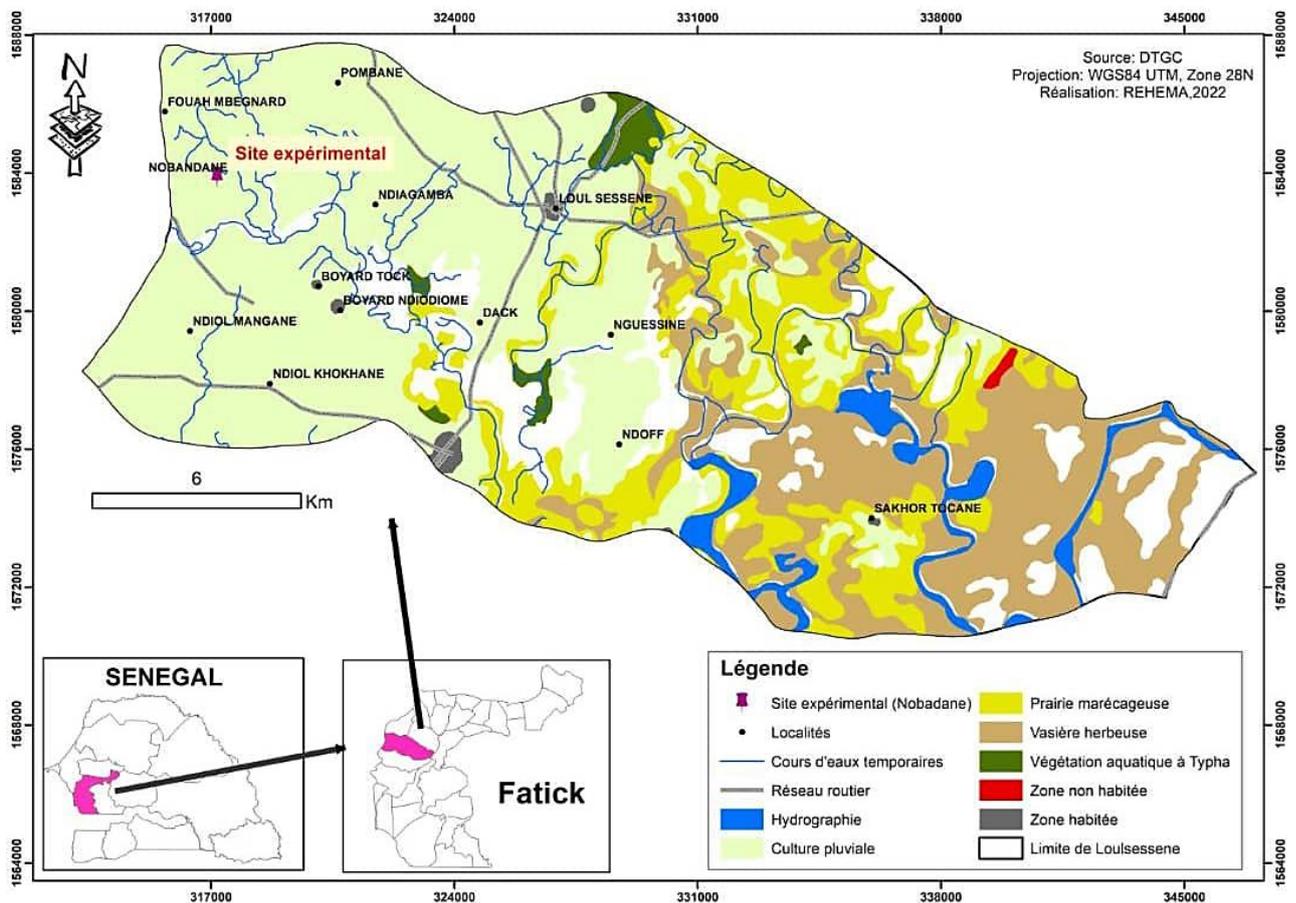


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude

II.1.2. Le climat

Le climat joue un rôle essentiel dans la répartition des végétaux et des animaux. Il contribue aussi à la formation des sols, par la décomposition de la matière organique et par l'altération des matériaux géologiques (Ciesla, 1997). Le climat de la région de Fatick est de type soudano-sahélien. Il est caractérisé par deux saisons: une saison sèche qui dure 9 mois (octobre à juin) et une saison des pluies de 3 mois (de juillet à septembre) (PNDL, 2019).

Les pluviométries annuelles de la région de Fatick pour la série 1998 à 2021 montrent des quantités de pluie moyennes se situant entre 300 et 900 mm (Figure 8). Les précipitations sont réparties entre juillet, août et septembre. La pluviométrie moyenne de la région de Fatick est de 629,85 mm sur une période de 24 ans (1998 à 2021). Cinquante pour cent (50%) des années sont déficitaires. L'année 2007 est la plus sèche, et à partir de là une succession d'années pluvieuse a été remarquée notamment de 2008 à 2010. Cependant, les années de 2009 et de 2012 potentiellement les plus humides se dégagent de cette période de 20 ans, elles correspondent aussi aux années les plus pluvieuses pour la série de 24 ans. La seconde période allant de 2013 à 2021 se caractérise par une succession d'années excédentaires et déficitaires. Sur les 24 ans, 14 années sont déficitaires et la saison des pluies de 2019 avec seulement 316 mm est la plus sèche.

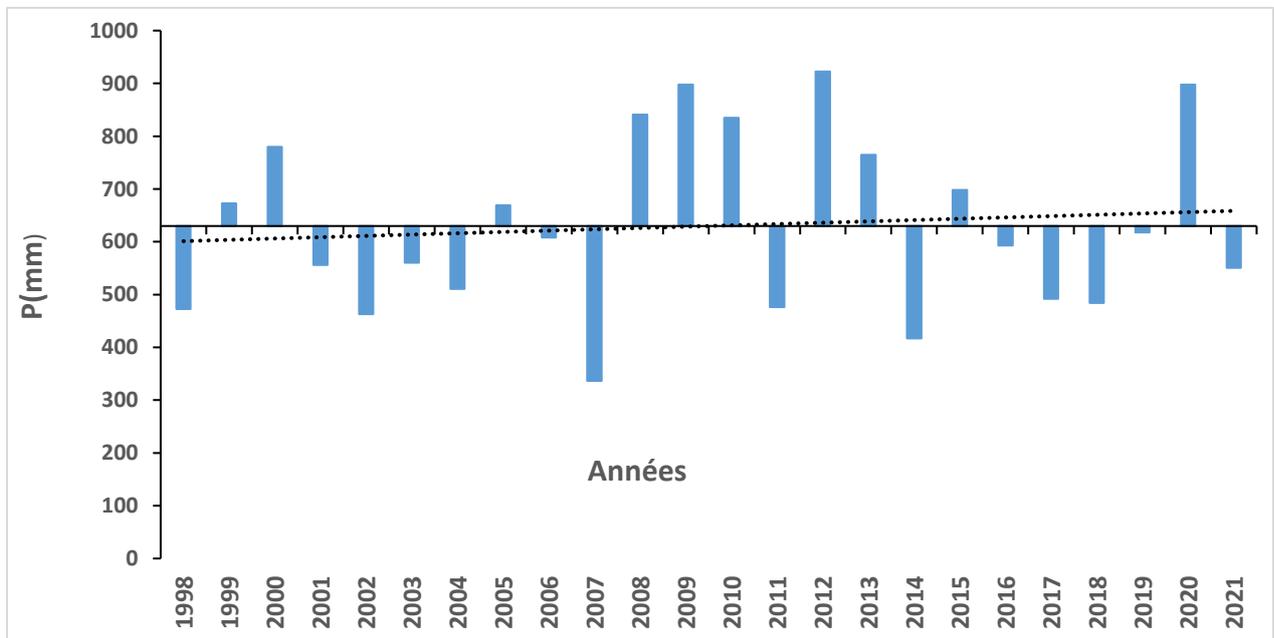


Figure 2: Tendence des moyennes pluviométriques de 1998 à 2021 de la région de Fatick

(Source de données: ANACIM, 2022)

La région présente une variation thermique importante suivant les mois. Elle présente une température moyenne mensuelle de 28,83°C, avec la moyenne mensuelle la plus élevée (30,51°C) au mois de juin, et la plus faible (25,59°) au mois de janvier (Figure 3).

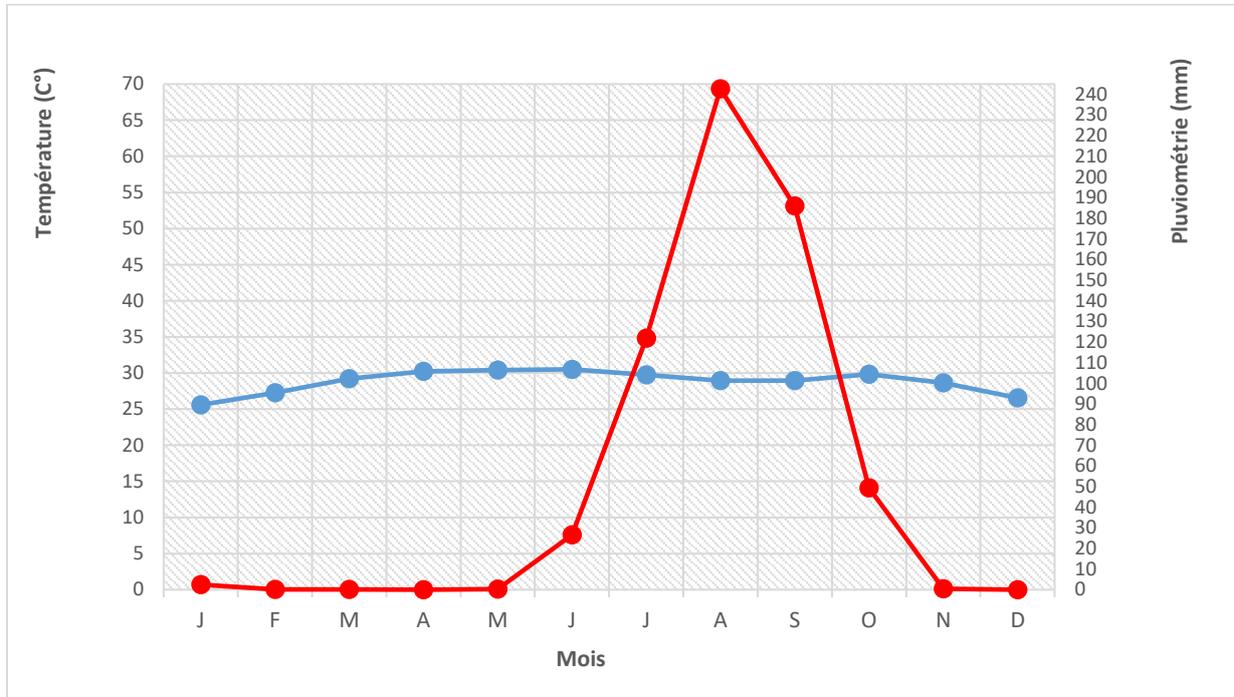


Figure 3: Diagramme ombrothermique de la région de Fatick pour le série des pluviométries et températures moyennes de 1998 à 2021 (source de données: ANACIM, 2022)

Les vents: dans l'espace du département de Fatick, les principaux vents sont l'alizé maritime, dont l'influence est très grande dans la zone côtière. Le harmattan, un vent chaud et sec qui demeure un agent érosif très actif et la Mousson qui souffle en général entre les mois d'avril et octobre et génère les premières pluies à partir du mois de juin (N'diaye, 2006). La zone est influencée par du vent venant du Nord-Ouest issu de l'anticyclone des Açores et du vent de l'Est provenant de l'anticyclone Saharo-libyen. La mousson est issue de l'anticyclone de sainte Hélène qui est une zone de haute pression située au sud de l'océan atlantique. La terre constitue dans la zone, le moyen et le support essentiel de la production agricole (Thiam, 2017). Elle est notamment exploitée par l'agriculture sous pluie.

II.1.3. Ressources en eau

- Les ressources en eau du département de Fatick sont constituées par des eaux de surfaces et des eaux souterraines. Les eaux de surfaces sont constituées de par: des cours d'eau pérennes du sine et du Saloum et des cours d'eau temporaires (des marigots et des mares souvent précaires et tributaires de l'hivernage) (Diallo, 2010).
- Les eaux souterraines sont constituées par: la nappe Maestrichtienne qui a une profondeur variante entre 200 m et 450 m, la nappe Paléocène dont la profondeur varie entre 60 m et 150 m parfois 200 m, la nappe du Continental terminal avec 30 m et 70 m de profondeur et la nappe de l'Eocène qui n'est pas très productive en eau (PDD, 2016)

II.1.4. Les sols

II.1.4.1. Caractéristiques des sols de la région de Fatick

Dans le département de Fatick on distingue plusieurs types des sols repartis selon les zones écologiques suivantes:

- La zone continentale dans laquelle on rencontre:
Les sols ferrugineux tropicaux lessivés ou « Dior » (ANSD, 2015). Les sols ferrugineux tropicaux lessivés sont pauvres en matières organiques. La texture sablonneuse de ces sols leurs confère une faible capacité de rétention en eau (Ndour, 2006). Ils sont très sensibles à l'érosion éolienne et au lessivage qui accentue leur pauvreté en éléments nutritifs. Ils sont généralement soumis à la culture du mil et de l'arachide.
Les sols ferrugineux tropicaux non lessivés ou « Deck » qui fait de leur texture fine, refferment une forte proportion de limons et une teneur en argile élevée (ANSD, 2015). Ils sont plus riches que les précédents en matières organiques. Leur forte teneur en argile leurs confère une structure compacte et une forte capacité de rétention en eau et des sols « Deck-Dior » qui sont des sols de transition entre les Decks et Diors (Diallo, 2010)
- La zone des estuaires où on rencontre: des sols des mangroves, des sols halomorphes et des sols hydromorphes ; les sols des mangroves sont situés dans les zones intertidales et /ou subtidales constitués généralement du sable et ou de vase ; les sols halomorphes sont subdivisés en sols salins et sols salin acidifiés communément appelés « tannes », alors que les hydromorphes sont généralement concentrés au niveau des vallées (ONUDI, 2009).

II.1.4.2. Profil pédologique de la zone d'étude

Le profil présenté par la photo7 a été réalisé au niveau d'un plateau à Nobadane (Fatick). Il comprend trois horizons et est localisé au 14° 19' 10'' Nord et 16° 42' 0,5'' Ouest, sur une pente légère d'une parcelle maraichère couverte par un tapis herbacé composé par les espèces comme *Panicum laetum*, *Cyperus rotundus*, *Senna obtusifolia*, *ses*. Ces horizons peu compacts voir très compacts ont une texture limono-argileuse à argileuse et une structure fragmentaire à particulaire voir massive. Ils sont caractérisés par une présence de radicules et de nombreux axes d'infiltrations qui diminuent en profondeur. Des intrusions (rougeâtres, noirâtres) ont été noté dans les horizons H2 et H3, puis des galeries sont observées uniquement dans l'horizon H1. Les transitions sont nettes à progressives et l'état des horizons est humide.

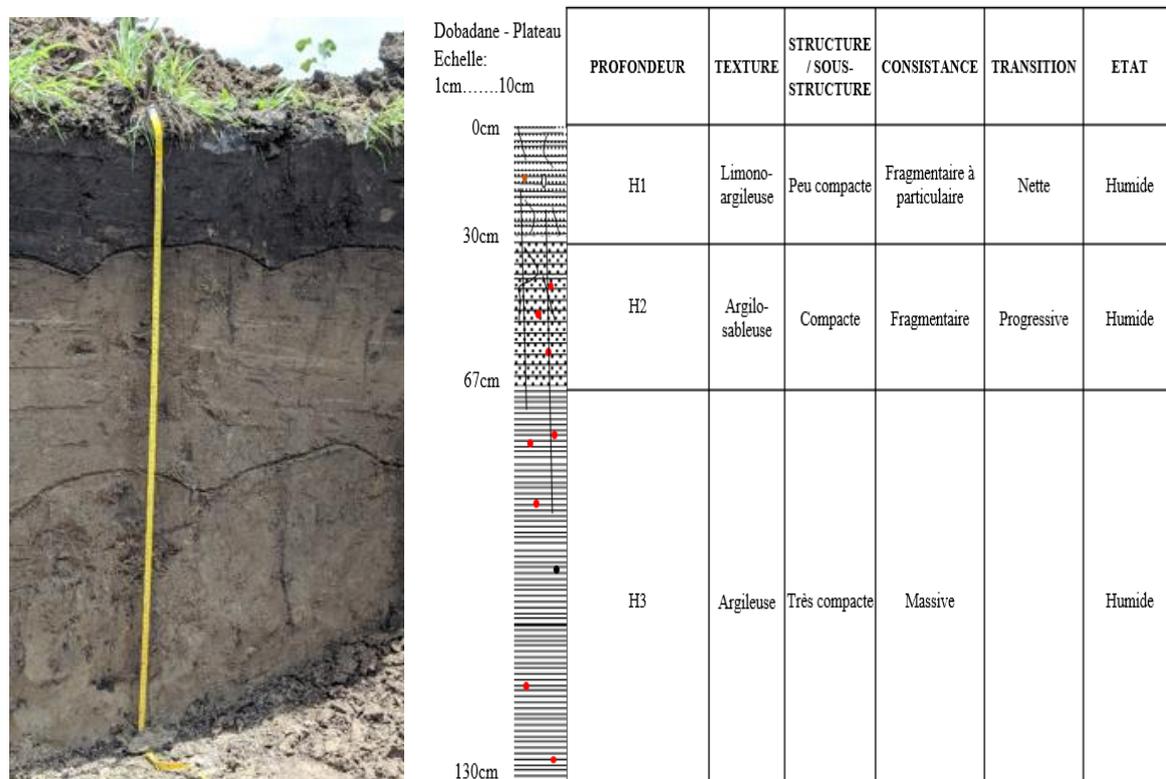


Photo 7: Présentation du schéma du profil du sol

II.1.5. Flore et Faune

La végétation est dominée par la savane. Aux alentours des villages la végétation est clairsemée. Elle est constituée par une strate arborée, une strate arbustive et une strate herbacée. Au sein du département on rencontre aussi des plantations forestières : *Prosopis juliflora*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Faidherbia albida*, *Ziziphus mauritiana* et *Acacia nilotica*. Dans les arrondissements de Tattaguine, Niakhar et Diakhao, on trouve des espèces comme *Faidherbia albida*, *Celtis integrifolia*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica* (ONUDI, 2009).

Les paysages des tannes et les vallées mortes sont occupées essentiellement par les herbacées halophytes (*Philoxerus vermicularus*, *Sesuvium portulacastrum*, *Hygrophila senegalensis*) et le *Tamarix senegalensis* (ONUDI, 2009)

Selon Faye (2005), la faune du département de Fatick est abondante et variée. Toutefois, elle est essentiellement composée de petits animaux sauvages, avec une prédominance des rongeurs: on y trouve des espèces comme le chacal « du genre *Carnis* », le lièvre « du genre *Lepus* », les patas « *Erythrocebus patas* », le rat palmiste « *Xerus erythropus* », la mangouste « *Cynictis penicillata* », l'Hyène « *Crocuta crocuta* », on y trouve aussi des oiseaux comme la pintade « *Numida meleagris* », le francolin « du genre *Pternistis* », le pigeon « du genre *Columba* », l'aigrette « *Egretta gularis* »

II.1.6. La population et ses activités socioéconomiques

La commune de Loul Sessène comporte environ 26 924 habitants répartis dans 17 villages. Le village du site d'étude qui est Nobadane compte 2 250 habitants dont 1 175 sont des hommes et 1 075 sont des femmes.

Les principales activités économiques de la commune sont l'agriculture, l'élevage, l'exploitation des produits forestiers et le petit commerce. Selon les enquêtes réalisées, l'agriculture concerne surtout l'arachide et le mil (Badji *et al.*, 2014). La région est essentiellement agricole, près de 65% de la population pratiquent l'agriculture. D'autres activités telles que l'élevage, les activités de pêche, l'exploitation forestière, les activités industrielles et artisanales, le commerce, ... sont aussi pratiquées dans la région (ANSD/SRSD, 2019). Par contre, les principales activités économiques du village après une enquête sont l'agriculture, l'élevage et le commerce (ANSD, 2009). La région, avec son type de sol (sol Dior) fournit les 40 à 50% de la production arachidière et céréalière, de même que 80% de la production de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) de la zone (Papsen, 2015). L'élevage est caractérisé globalement par le système agropastoral (Dièye *et al.*, 2002). Le cheptel est relativement important et se compose essentiellement de bovins, d'ovins, d'équins, d'assins, de porcins. Les agriculteurs pratiquent un type d'élevage traditionnel consistant à faciliter l'agriculture par les animaux de trait comme les chevaux et les ânes. Les bovins, les ovins et les caprins dont les déjections constituent un fertilisant organique des champs correspondent aussi à des sources de revenu non négligeable pour les paysans.

II.2. Le matériel biologique

Le matériel biologique est constitué des semences de *Hibiscus sabdariffa* (photo8) et le crottin de cheval (photo9) qui a été utilisé comme fertilisant dans notre étude.



Photo 8:Fumure organique (crottin de cheval) (Rehema, 2022)



Photo 9:Graine de *Hibiscus sabdariffa* (Rehema, 2022)

II.3. Le dispositif expérimental

Un dispositif en blocs complètement randomisé à un facteur ; contenant trois (03) traitements a été mis en place. Il est constitué de trois répétitions repartis à trois (03) groupements de femme. Le facteur étudié était l'effet du dosage de la matière organique (crottin de cheval).

Les traitements avec la matière organique ont été appliqués durant l'étude, soit 15 jours après semis tout en suivant le dose de chaque traitement. Le dispositif comprenait trois traitements :

- **traitement 1:** Dose de crottin de cheval 100 % ;
- **traitement 2:** Dose de crottin de cheval 50% ;
- **traitement 3:** Dose de crottin de cheval 0% (témoins).

Pour le traitement T1 le crottin de cheval a été apporté à une dose totale (100%) de 2 Kg/poquet et 1 kg par poquet pour la dose de 50% et 0 pour les témoins. Elles ont été appliquées en quatre fractions ;

- 1^{er} apport fumure d'entretien (15 jours après semis) ;
- 2^{ème} apport fumure d'entretien (30 jours après semis) ;
- 3^{ème} apport fumure d'entretien (45 jours après semis) ;
- 4^{ème} apport fumure d'entretien (60 jours après semis).

Les dimensions suivantes ont été respectées :

- distance entre les lignes: 60 cm ;

- distance entre les individus: 30 cm ;
- distance entre planche: 1 m

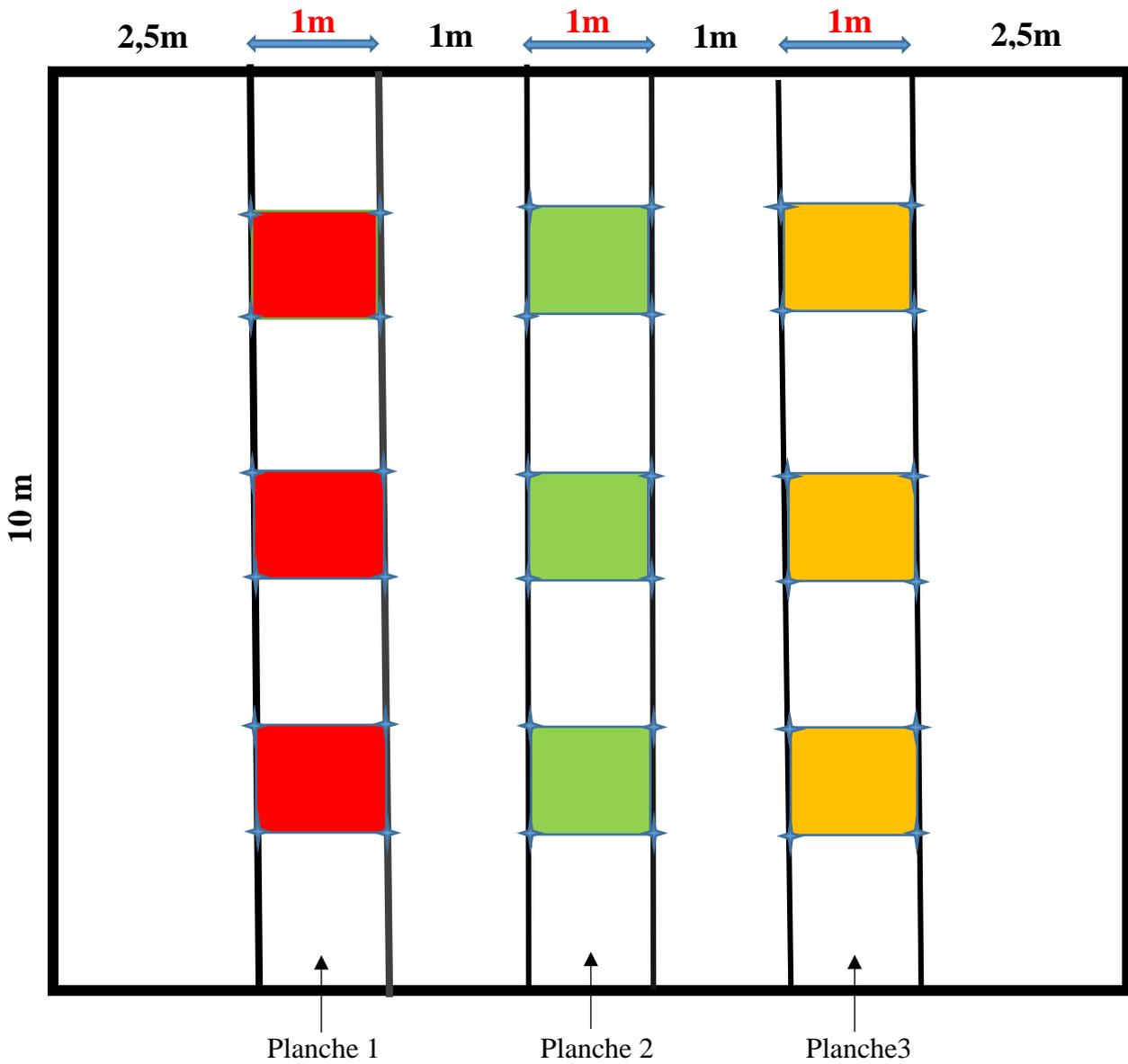


Photo 10:Dispositif expérimental d'un bloc élémentaire

 : Dose fumure 100%

 : Dose fumure 0%

 : Dose fumure 50%

 : Individus choisis

II.4. Préparation des champs et entretiens des plantes

Pour la conduite de l'essai, cinq parcelles de 100 m² ont été mises en place et confiées à des groupes de femmes. À l'intérieur de chaque parcelle, des sous planches de 1 m² correspondantes aux parcelles élémentaires pour chaque dose ont été confectionnées à l'aide d'un décimètre pour la mesure des dimensions, d'une pioche pour le labour du sol, d'un râteau pour le nivellement du sol et des piquets pour matérialiser les angles des parcelles. Après la confection des parcelles élémentaires, les semis ont été effectués manuellement en mettant 4 graines par poquet avec des écartements de 30 cm entre les poquets et 60 cm entre les lignes.

Quinze jours après semis, nous avons procédé au premier sarclo-binage suivi du démariage à un (01) plant par poquet avec chaque groupe de femme. Une fumure d'entretien à la dose de 2 Kg, 1 kg, 0 kg respectivement aux traitements DF100%, DF50% et DF0% a été apportée aux plantules, juste après le démariage. L'application de la fumure organique a été effectuée tous les quinze (15) jours.

L'arrosage a été effectué quotidiennement chaque matin et soir à l'aide d'un arrosoir.

Les travaux d'entretien ont surtout porté sur le désherbage, l'application de fumure organique, de même des traitements phytosanitaires avec de la terracleane et anelicleane ont été appliqués suites aux attaques constatées.

Les récoltes ont commencé au 58^{ème} jour après semis (JAS) pour un cycle de 90 à 120 jours.

II.5. Paramètres mesurés

II.5.1. Taux de lever

Le taux de germination des plants de *Hibiscus* a été déterminé quatre (04) jours après semis avant l'application de la fumure organique par la formule suivante:

$$\text{Taux de lever} = \frac{\text{Nombre de graines levées}}{\text{Nombre total de graines semées}} \times 100$$

II .5.2. Paramètres de croissance

Les paramètres de croissance des plants de *Hibiscus sabdariffa* ont concerné la hauteur, les nombres de feuilles et le diamètre au collet. Ces mesures ont été réalisées 21 JAS et sont reprises chaque semaine jusqu'à la récolte de la production totale (90 JAS). Le choix des plantes à suivre a été fait selon la méthode d'échantillonnage aléatoire simple. En effet, dans chaque bloc et pour chaque traitement, une planche de 1 m sur 10 a été délimitée regroupant 2 lignes et 56 poquets.

Ensuite, des individus ont été sélectionnés et matérialisés pour le suivi des paramètres cités plus haut. Les mesures ont porté sur 12 plantes choisis au hasard au niveau de chaque planche ; soit une totale de 36 Pantés pour chaque dose «La hauteur a été mesurée à partir du collet jusqu’au bourgeon terminal à l’aide d’un ruban mètre. Ces observations ont permis d’apprécier la croissance des plants par rapport aux différentes doses de la fumure organique. Le nombre de feuilles a été obtenu par comptage. Cette production foliaire a renseigné sur le développement aérien de la plante. Le diamètre de la tige a été déterminé à l’aide d’un pied à coulisse au niveau du collet.



Photo 11:Comptage des feuilles



Photo 12:Mesure de la hauteur



Photo 13:Mesure de diamètre au collet

II.5.3. Récolte

La production a été déterminée au fur et à mesure de la récolte. Une première récolte qui a été faite 58 jours après semis et une deuxième qui a été faite 90 jours après semis (3mois après semis). A cet effet, la récolte des lignes d’observation de chaque traitement a été pesée à la balance pour déterminer la production foliaire à 58 JAS. Ensuite, la quantité totale de production a été indiquée à la fin de l’expérimentation et est obtenu en faisant le cumul des poids frais par récolte:

$$RT= R1 + R2$$

Avec:

RT= quantité de production totale ;

R1= poids frais de la première récolte ;

R2= poids frais de la deuxième récolte.

la quantité de production totale collecté est par la suite séché à l'étuve à 70⁰C pendant 72h .Enfin la biomasse fraiche est pesé à nouveau à l'aide d'une balance électrique de précision un gramme.



Photo14 : première récolte



Photo15: deuxième récolte



Photo16:Quantité de production sèche

II.6. Analyses statistiques des données

La saisie des données et l'élaboration des graphiques ont été effectuées à l'aide du tableur Excel. Une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée avec le logiciel R au seuil de 5% pour la comparaison des moyennes (Dagnelie 2008). Le Test LSD de Fischer (test post hoc) a été utilisé pour la séparation des moyennes et pour la constitution de groupes homogènes.

CHAPITRE III: RÉSULTATS ET DISCUSSION

III.1. Résultats

III.1.1. Taux de germination des plants de *Hibiscus sabdariffa*

Les résultats ont montré que pour 432 graines semées 386 ont été germées soit un taux de 89,35%.

III.1.2. Effets des doses de Fertilisant organique sur les nombres des feuilles des plants de *Hibiscus sabdariffa*

La figure4 indique l'effet de la dose de la fumure organique sur le nombre de feuilles produites par les plants de Hibiscus par rapport au temps. Les analyses statistiques révèlent que les traitements n'ont pas eu d'effets significativement différents (au seuil de 5 %) sur les feuilles. Néanmoins, Il apparaît à travers cette figure que pour toutes les doses de la fumure organique étudiées, c'est la dose DF100% qui a donné la meilleure production foliaire avec des moyennes qui varient de 6 à 90 feuilles. Cependant pour la dose DF 50% et les témoins, les plants ont montré un rythme de production presque identique avec des moyennes qui varient de 6 à 60 feuilles.

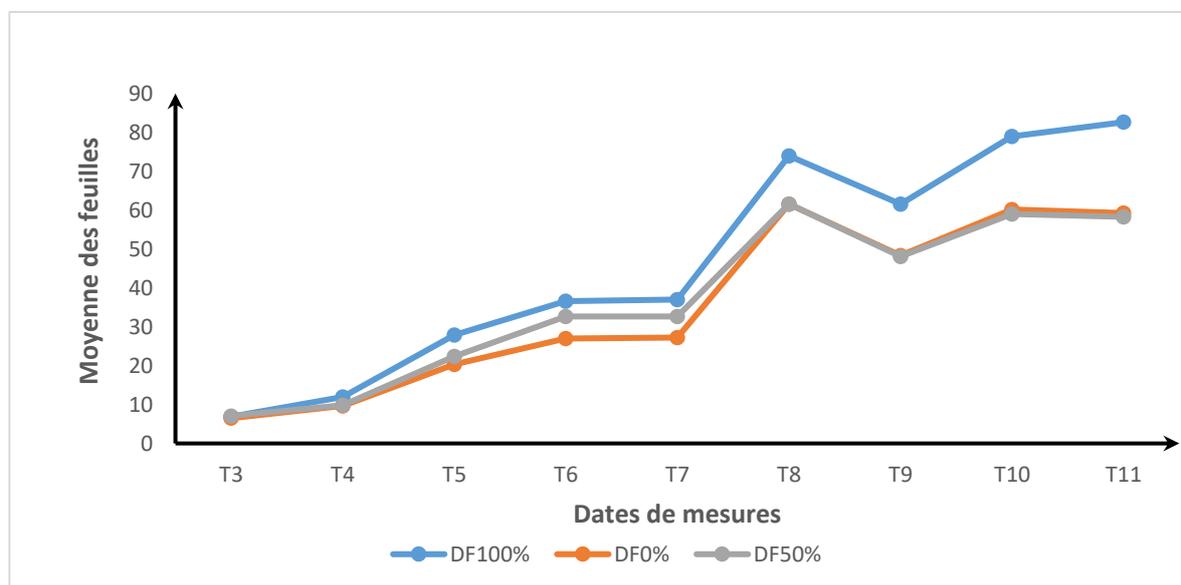


Figure 4: Evolution des nombres des feuilles des plants de *Hibiscus sabdariffa* en fonction des doses de crottin de cheval et du temps après semis

T3: 21 JAS ; T4: 28 JAS ; T5: 35 JAS ; T6: 42 JAS, T7: 49 JAS ; T8: 56 JAS ; T9: 63 JAS ; T10: 70 JAS ; T11: 77 JAS

III.1.3. Effets des doses de Fertilisant organique sur l'évolution de la croissance en hauteur des plants de *Hibiscus sabdariffa*

La figure5 représente la variation moyenne de la hauteur des plantes au cours du temps. L'analyse de variance (ANOVA) réalisée sur les mesures de hauteurs des plantes à 21 JAS au 77 JAS, n'a pas montrée une différence significative quelle que soit la dose utilisée, avec un P-value supérieur à 0,05. Néanmoins on note une différence de hauteur au cours du temps. En effet, les plantes ayant reçues la dose 100 % de croissent plus vite que les autres suivis par celles ayant reçues la dose 50% comparés aux témoins non fertilisé.

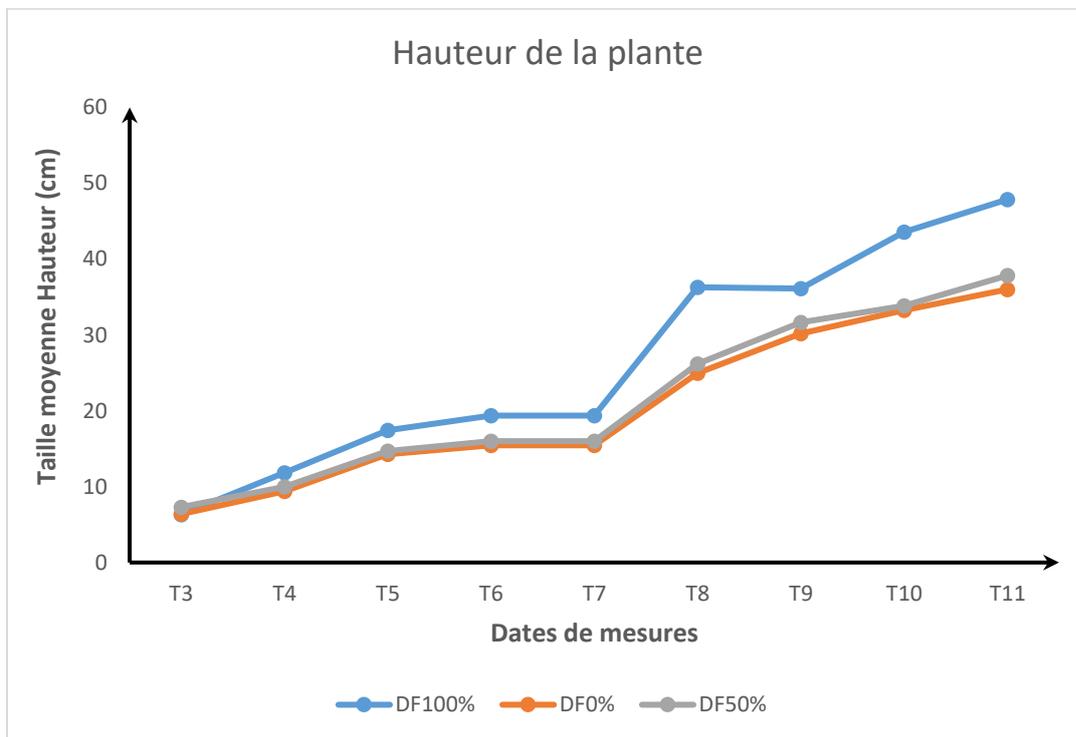


Figure5: Evolution de la hauteur des plants de *Hibiscus sabdariffa* en fonction des doses de crottin de cheval et du temps après semis

T3: 21 JAS ; T4: 28 JAS ; T5: 35 JAS ; T6: 42 JAS, T7: 49 JAS ; T8: 56 JAS ; T9: 63 JAS ; T10: 70 JAS ; T11: 77 JAS

III.1.4. Effets des doses de Fertilisant organique sur l'évolution de la croissance en diamètre au collet des plants de *Hibiscus sabdariffa*

La figure6 montre la croissance du diamètre au collet de *Hibiscus sabdariffa* par rapport aux différents traitements utilisés. L'analyse de variance (ANOVA) a engendré une différence non significative au niveau du diamètre au collet suivant les traitements. Considérant l'évolution de la croissance en diamètre suivant les traitements par rapport au temps, l'analyse de la figure 21

permet de constater un effet positif du traitement DF100% sur la croissance en diamètre des plants de Hibiscus. A tous les stades d'observation, les diamètres des plants fertilisés avec la dose de 100% de fumure organique ont été supérieurs avec une moyenne de 0,81 à 1,09 cm. Suivis du traitement DF50% avec une moyenne de 0,67 à 0,97 cm issu du témoin.

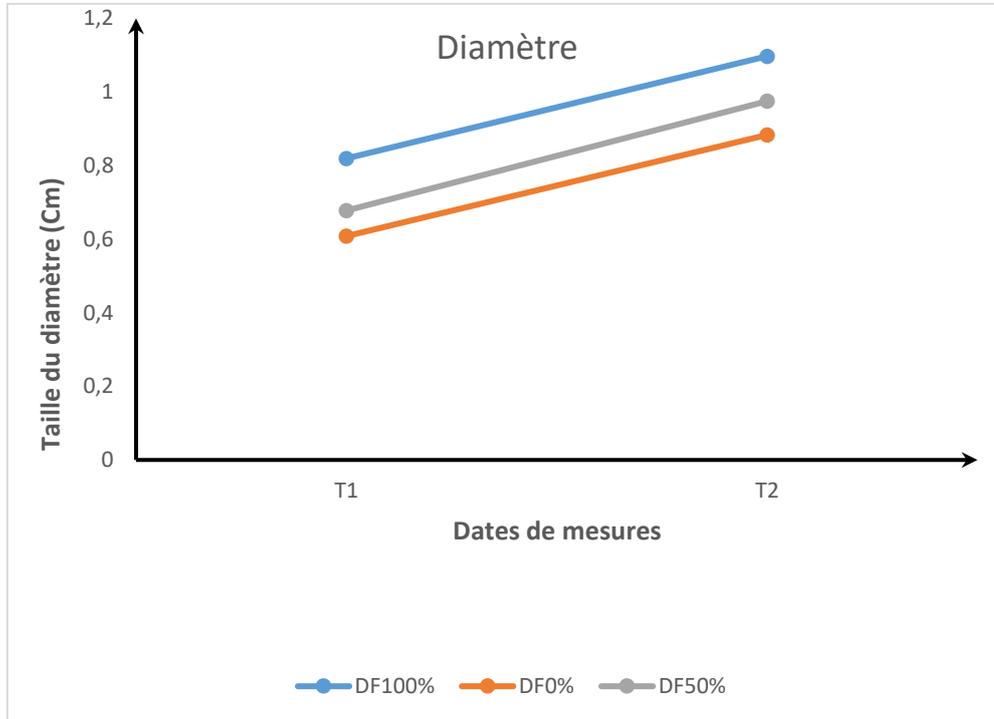


Figure 6: Evolution du diamètre des plants de *Hibiscus sabdariffa* en fonction des doses de crottin de cheval et du temps après semis

T1: Diamètre 45 JAP (première récolte) ; T2: Diamètre 90 JAP (deuxième récolte)

III.1.5. Effets des doses de Fertilisant organique sur la production foliaire

La figure 7 présente la production foliaire de *Hibiscus sabdariffa* par rapport aux différents traitements appliqués aux plants. Elle donne la production foliaire à 58 jours après. L'analyse de variance a montré une différence non significative avec un p-value qui est égale à 0,22. Toutefois, à travers cette figure on constate que la production la plus importante est obtenue avec les plantes fertilisées avec la dose 100% de fumure, suivi de celles traitées avec la dose 50%. Et enfin les plantes n'ayant reçu aucun fertilisant ont enregistré la plus faible production foliaire.

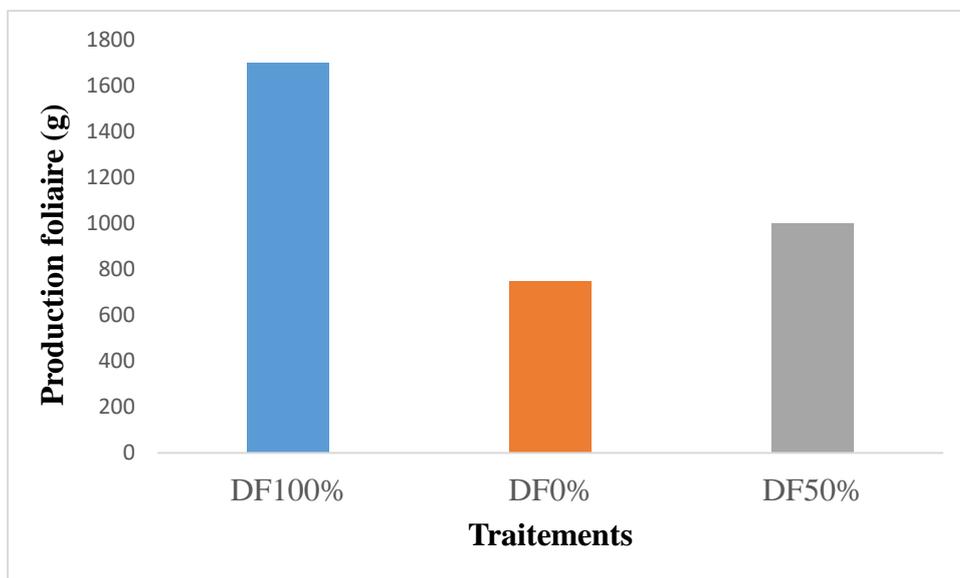


Figure 7: Production foliaire en fonction des doses de crottin de cheval

III.1.6. Effets des doses de Fertilisant organique sur la quantité de production totale de la production sèche

La figure ci-dessous représente la quantité de production totale à 90 jours après semis en fonction des différents traitements appliqués aux plants de *Hibiscus sabdariffa*. L'étude comparative sur les différents traitements montre une biomasse croissante, allant de la première à la deuxième récolte pour les plantes quel que soit les traitements utilisés. L'analyse de variance a montré une différence non significative. Les plantes fertilisés avec le traitement DF100% ont données la plus grande quantité de production, suivi de celles traitées avec le traitement DF50%. Et enfin les plantes n'ayant reçu aucun fertilisant ont enregistré la plus faible quantité de production

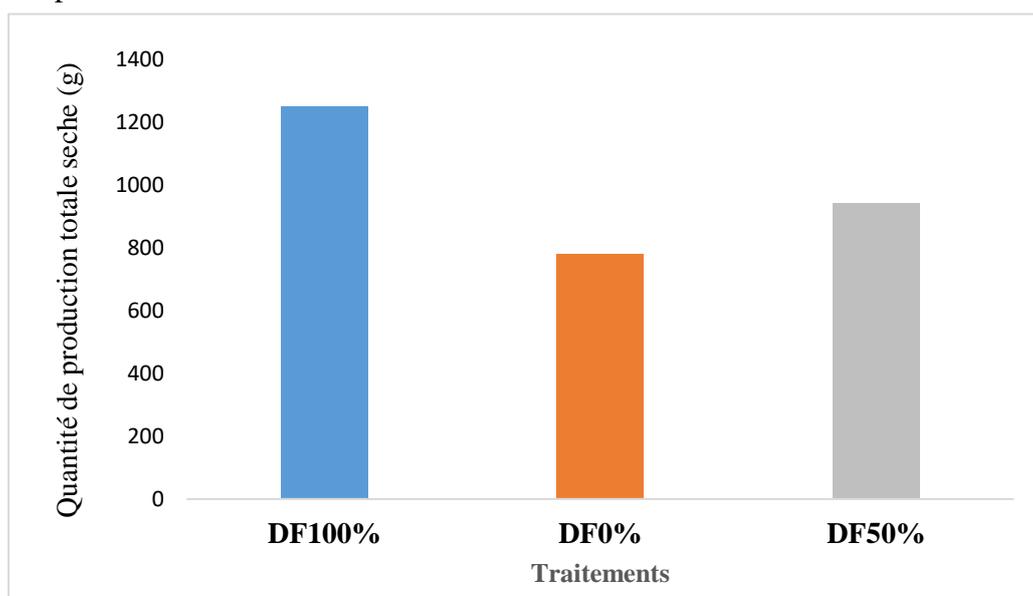


Figure 8: Quantité de la production totale sèche en fonction des doses de crottin de cheval

III.2. Discussion

Ce travail a consisté d'étudier l'effet des doses de fumure organique (crottin du cheval) sur la croissance et le développement des plants de *Hibiscus sabdariffa* (L.). Le taux de germination des graines de Hibiscus avant l'application de fumure a été relativement élevée sur toutes les parcelles avec plus de 80 %. Ces taux élevés de germination de *Hibiscus sabdariffa* pourraient s'expliquer d'une part par le bon état sanitaire des graines et, d'autre part par la fertilité élevée du sol initial. Ceci pourrait aussi s'expliquer par le fait que les graines d'oseille sont grandes et contiennent suffisamment de réserves nutritives pour alimenter la croissance des plants au cours de la première semaine suivant leur émergence (Agora 2012). En effet, dans le processus de germination, le résultat de la levée dépend avant tout de la maturité de la graine et de son état sanitaire ; la température jouant un rôle primordial sur les taux et la vitesse de germination (Grouzis et Le Floc'h, 2003). Ces résultats peuvent également s'expliquer par les bonnes conditions d'expérimentation. Les analyses statistiques révèlent que les traitements n'ont pas eu d'effets significativement différents (au seuil de 5 %) sur la croissance en hauteur, en diamètre et la production des feuilles. De même, une différence significative (au seuil de 5 %) entre les traitements n'a pas été montrée en termes de biomasse foliaire et de biomasse totale par rapport à la dose 50% ni aux témoins. Ces résultats ne corroborent pas ceux d'Useni *et al.*, (2013), Djéké *et al.*, (2011) qui ont montré que les meilleures valeurs sont obtenues avec la plus forte dose pour la croissance et le rendement de culture. Cependant, Ces résultats peuvent s'expliquer par l'hypothèse de l'état de jachère améliorée dans laquelle était notre parcelle expérimentale. Ceci aurait permis au sol de recycler les éléments minéraux et ainsi restaurer sa fertilité.

Néanmoins, les courbes de croissance des paramètres mesurés: nombres de feuilles, diamètre au collet, hauteur de tiges et les biomasses montrent que la cinétique de croissance des plants témoins est largement inférieure à celle des plantes fertilisées. De même, la production foliaire et la biomasse totale indiquent que les meilleurs résultats sont obtenus avec la dose 100% comparée aux traitements DF50% et DF0%. Donc cette bonne croissance des plants, constatée dans les traitements fertilisés avec la dose DF100% à la teneur élevée en élément nutritif de cette dose. Ogundare *et al.* (2012) ; Choudhary et Suresh (2013) ; Ognalaga et Itsoma (2014) travaillant récemment sur un certain nombre de spéculations dont *Hibiscus sabdariffa*, ont révélé des résultats semblables. Selon ces auteurs, la réaction positive du végétal, cultivé sur les sols fertilisés, met en évidence la nécessité de fertiliser ce sol sableux caractérisé par une carence marquée en phosphore. L'apport de cet élément, à travers les amendements, a pu

contribuer à améliorer la fertilité chimique du sol et favoriser la croissance du végétal. Le phosphore et l'azote sont des éléments fertilisants majeurs qui assurent des bonnes performances pour la croissance et le rendement des végétaux telle que l'Hibiscus (Atta *et al.*, 2010 ; Oyewole et Mera, 2010 ; Anyinkeng et Mih, 2011).

La dose élevée du crottin de cheval permet un enrichissement plus important du sol en éléments minéraux, les plants tirant profit de leur biodisponibilité. L'amélioration des paramètres de croissance des plants de *Hibiscus sabdariffa*, suite à l'apport du crottin, sous-entend une amélioration de la fertilité du sol par ce fertilisant. En effet, les engrais organiques permettent au sol d'avoir une grande capacité de rétention des éléments nutritifs et de l'eau, et une grande capacité d'échange cationique. Ce résultat pourrait signifier que le développement des ramifications qui ne dépendrait pas de la dose de la fumure, met surtout en relief, les déficits du sol et confirme la nécessité de le fertiliser.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

La présente étude a pour objectif de contribuer à asseoir une productivité durable de *Hibiscus sabdariffa* à travers l'utilisation du crottin de bovins dans les systèmes agraires. Des doses différentes ont été utilisées en vue de déterminer et de comparer leurs effets sur la croissance et la biomasse d'oseille dans le village de Nobadane.

Il ressort de cette étude des résultats non-significatifs entre les différentes doses. Cependant, on remarque que la croissance et la biomasse de *Hibiscus sabdariffa* ont été beaucoup satisfaisantes avec la dose DF100% suivis de la dose DF50% comparé au témoin (DF0%).

Cette étude montre tout de même la nécessité de fertiliser les ferrasols de la zone utilisés et l'effet bénéfique du crottin de bovins dans la fertilisation du sol.

Toutefois, il serait intéressant de refaire la même étude, mais avec une durée un peu plus longue que celle-ci afin de voir s'il aura une différence significative entre les différents traitements utilisés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agora.2012. Maïs. Encyclopédie de l'Agora pour un monde durable, Date de création: 2012-04-01| Date de modification: 2012-04-01, <http://agora.qc.ca/dossiers/Mais>. (Consulté le 07/12/2019)

AL-HASHIMI., Alaa G. 2012. Antioxidant and antibacterial activities of *Hibiscus sabdariffa* L. extracts. Food Science and Biotechnology Department, Agriculture College, Basrah University, Iraq. African Journal of Food Science, 15 November, 2012, vol.6 (21), p. 506-511

ANSD/SRSD. 2019. Situation économique et sociale régionale 2016, 12p.

ANSD.2009. Situation économique et sociale de la région de Dakar de l'année 2008, 157.

ANSD.2014. Recensement général de la population et de l'habitat, de l'agriculture et de l'élevage.

ANSD .2015. Situation économique et sociale régionale de Fatick en 2010

Anyinkeng N., Mih AM. 2011. Soil nutrient supplementation on growth and biomass production of Roselle under tropical conditions. Agric. Biol. J. N. Am., 2(4): 603-609. DOI: 10.5251/abjna.2011.2.4.603.609.

Atta S., Sarr B., Bakasso Y., Diallo AB., Lona I., Saadou M., Glew RH. 2010. Roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) Yield and Yield components in response to Nitrogen Fertilization in Niger. Indian J. Agric. Res., 44(2): 96 – 103. DOI : 20103240369

Badji M.,Sanogo D., Akpo L.E 2014 .Dynamique de la végétation ligneuse des espaces sylvo-pastoraux villageois mis en défens dans le sud du Bassin arachidier au Sénégal

Bonjean.2018. Diététicienne-nutritionniste, MCR 10 tisanes pour allier plaisir et santé.

Bouvier., E. 2012. Fumier de Bovins et Compost, ADEME région province alpes (France), 8.p.

Choudhary VK, Suresh KP. 2013. Maize production, economics and soil productivity under different organic source of nutrients in eastern himalayan region, India. Int. J. Plant Prod., 7(2): 167-186

Ciesla,W. M.1997 .Le changement climatique, les forêts et l'aménagement forestier: aspects généraux (Vol. 126). Food & Agriculture Org.

Cissé L.1988. Influence d'apport de matière organique sur la culture de mil et d'arachide sur un sol sableux Nord-Sénégal. II.- Développement des plantes et mobilisations minérales. *Agronomie*, 8 (5), 411-417

Cissé, M., Dornier, M., Sakho, M., MarDiop, C., Reynes, M., & Sock, O. 2009. La production du bissap (*Hibiscus sabdariffa* L.) au Sénégal. *Fruits*, 64(2), 111-124.

Cissé, M., Dornier, M., Sakho, M., Ndiaye, A., Reynes, M., & Sock, O. 2009. Le bissap (*Hibiscus sabdariffa* L.): composition et principales utilisations. *Fruits*, 64(3), 179-193.

CSE.2011. Evaluation nationale de la dégradation des terres, pr 39794 rapport final (Sénégal), 28 p.

Dagnélie P.1986. Théorie et méthodes statistiques. Vol 2. Edition Presse agronomique de Gembloux. 225 p.

Diallo A.T.2010. L'empreinte spatiale de la culture de l'arachide dans le département de Fatick. Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Direction des Prévisions et des Études Économiques (DPEE).2013. Politique Agricole, Productivité et Croissance à Long Terme au Sénégal. DPEE, Section publication – Études et travaux de recherches.

Diouf. 2015. Genre et foncier : une équation non encore résolue au Sénégal. IPAR, section Accueil. Repéré à

<http://www.ipar.sn/Genre-et-foncier-une-equation-non-encore-resolue-au-Senegal.html>

Diop Ndiaye.2015. Evaluation et maîtrise de la qualité microbiologique sur la production et la transformation de deux végétaux : (*Adansonia digitata* et *Hibiscus sabdariffa*) suivi de l'étude de leur activité antimicrobienne. Thèse pharmacie. Dakar: Université Cheikh Anta Diop, 2015.n154

Djéké D.M., Angui K.T.P., Kouadio Y.J. 2011. Décomposition des coques de cacao dans les sols ferrallitiques de la zone d'Oumé, centre-ouest de la Côte d'Ivoire: effets sur les caractéristiques chimiques des sols. *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement*. 15 (1), 109 - 117

ENDRIAS.2006. Abraham. Bio-raffinage de plantes aromatiques et médicinales appliqué à l'*Hibiscus sabdariffa* L. et à l'*Artemisia annua*. Thèse de doctorat: Science des Procédés, Sciences des Agro-ressources. Toulouse : Institut National Polytechniques, p. 41-50

FAO. 2003. Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. FAO, Rome, Italie. 63 p.

Fertil.2008 : Manuel d'utilisation d'engrais, Société de fertilisants d'Algérie fertial spa laboratoire agronomique analyses : terre –eau-foliaires 100 p.

Faye.2005 .Travaux de construction de la route Fatick-Diakhao-Gossass

Girard M. C., Walter C., Rémy J.C., Berthelin J., Morel J. L.2005. Sols et environnement, 2ème édition, Editions DUNOD (France), 816 p

Grouzis M ., Le Floc'h E. 2003. Un Arbre au Désert, Acacia raddiana. IRD Éditions: Paris ; 265-284.

HUBER G.,SCHAUB C.2011. La fertilité des sols: L'importance de la matière organique, Agriculture terre, Chambre d'agriculture Basse Rhin, France, 46p.

ISMAIL., Amin.2008. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Seeds Nutritional Composition, Protein Quality and Health Benefits. . Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Medicine and Health Sciences. Universiti Putra Malaysia, 43400 Serdang Selangor. Globel scienc books 2008, p. 1-16.

ITV France.2003. La matière organique ; fertilisation de la vigne un point sur les préconisations, Fiche 3, (France), 6p.

Jobin P., Petit J., 2005. Brochure sur la fertilisation organique des cultures. Edition, Les bases. Fédération d'agriculture biologique du Québec (FABQ), 48p.

Leclerc B. 2012. Rôles des matières organiques dans le sol. Journal, Les sols vivants BIO, 4p.

Mbodj.1987. L'emploi des engrais et des pesticides au Sénégal : Bilan et perspectives. Premier congrès des Hommes de sciences en Afrique, Commission Sciences et conditions de vie et de travail en Afrique, Dakar, 19 p

N'diaye A.2006. Le lait dans les stratégies de diversification des revenus des agropasteurs de la région de Fatick.

Ognalaga M., Itsoma E. 2014. Effet de *Chromolaena odorata* et de *Leucaena leucocephala* sur la croissance et la production de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* (L).). Agron. Afric., 21: 1-12. <http://www.ajol.info/index.php/aga/article/view/104434/94517>

Ogundare K., Agele S., Aiyelari P. 2012. Organic amendement of an ultisol: effects on soil properties, growth, and yield of maize in Southern Guinea savanna zone of Nigeria. Int. J. Recycling Org. Waste Agric., 1:11. DOI : 10.1186/2251-7715-1- 11

ONUDI (2009a) –Cartographie territoriale delta Saloum

ONUDI (2009b).Rapport d'études : cartographie territoriale delta du Saloum

Ouattara L. A. 2014. Effet des rotations et des fumures à base du Burkina Phosphate sur la croissance et le rendement du riz pluvial strict dans la zone soudanienne du Burkina Faso. Mémoire master, université polytechnique de bobo-dioulasso. 59p.

Oyewole CI., Mera M. 2010. Response of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) to rates of inorganic and farmyard fertilizers in the Sudan savanna ecological zone of Nigeria. Afr. J. Agric. Res., 5(17): 2305-2309. <http://www.academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/4F0DD6D31831>.

PAPSEN.2015.étude préliminaire sur l'horticulture dans les regions de Thiès, Diourbel et Fatick, Rapport n° 12, 177 p

PNDL. 2019. Plan local de developpement de la communaute rurale de ndiago, 1-73.

Reameakers HC. 2002. Agriculture en Afrique de Tropicale. Roselle (oseille) *Hibiscus sabdariffa*. Document ICRISAT, 1691p.

Sall, M., Samb, A., M., Tall, M.et Tandian, A. 2011. Changements climatiques, stratégies d'adaptation et mobilités. Évidence à partir de quatre sites au Sénégal.

SANOU J., OUEDRAOGO L., SANFO D., NEY B., SOMD L. et PARE P. 2005. Rapport d'activités de recherche sur le développement des fibres végétales au Burkina Faso

Thiam Sophie,2017:Rapport de Pré-diagnostic et collecte des échantillons de sols dans la commune de Djilor, 7 pages.

Useni S.Y., Chukiyabo K.M., Tshomba K.J., Muyambo M.E., Kapalanga K.P., Ntumba N.F., Kasangij A.K.P., Kyungu K., Baboy L.L., Nyembo K.L., Mpundu M.M. 2013. Utilisation des déchets humains recyclés pour l'augmentation de la production du maïs (*Zea mays* L.) sur un ferralsol du sud-est de la RD Congo. Journal Applied Biosciences. 66: 5070 - 5081

V.H.Shruthi.2016. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) As a source of Natural Colour, 2016, vol 16, N°2, p. 515-522 (ISSN 0972-5210).

Acknowledgement to Research Grant: The NUTRiGREEN project and research results is financially supported by the German Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) through the Federal Office for Agriculture and Food (BLE), grant 2821ERA14C. This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 862555.

Remerciements pour la subvention de recherche: Le projet NUTRiGREEN et les résultats de la recherche sont soutenus financièrement par le ministère fédéral allemand de l'alimentation et de l'agriculture (BMEL) par l'intermédiaire de l'Office fédéral de l'agriculture et de l'alimentation (BLE), subvention 2821ERA14C. Ce projet a reçu un financement du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne dans le cadre de l'accord de subvention n° 862555.

With support from
 Federal Ministry
of Food
and Agriculture
by decision of the
German Bundestag

