

# Université Assane Seck de Ziguinchor

\*\*\*\*\*



## UFR Sciences et Technologies

\*\*\*\*\*

## Département d'Agroforesterie

### Mémoire de Master

**Spécialité** : Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers  
(AGDEFA)

**Evaluation de l'effet des fertilisants organo-minéraux sur la performance agronomique de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) et les propriétés chimiques du sol en moyenne Casamance (Sénégal).**

Présenté et soutenu par :

**Babacar Lamane POUYE**

Sous la supervision de **Dr Saliou FALL (ISRA/LNRPV), Directeur de Recherches CAMES**

Encadrants : **Dr Antoine SAMBOU, Maître Assistant (UASZ)**

**Dr Abdoulaye BADIANE, Chargé de Recherches (ISRA/CRA Djibélor)**

Soutenu publiquement le 26-04-2024 devant le jury composé de :

Président:	Pr Ismaïla COLY	Maitre de conférences	UFR-ST / UASZ
Membres:	Dr Aly DIALLO	Maitre-Assistant	UFR-ST / UASZ
	Dr Boubacar CAMARA	Maitre-Assistant	UFR-ST / UASZ
	Dr Antoine SAMBOU	Maitre-assistant	UFR-ST / UASZ
	Dr Abdoulaye BADIANE	Chargé de recherches	ISRA / CRA Djibélor

**Année universitaire 2022-2023**

# DEDICACES

Tout d'abord je rends grâce à ALLAH, le tout puissant, le clément et le très miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage d'accomplir ce travail.

Je dédie ce présent mémoire à mes chers parents pour leur soutien, leur patience, leur encouragement durant tout mon parcours scolaire.

Je le dédie également à :

- Toutes les familles POUYE et SOW qui ne cessent de me porter dans leurs prières ;
- Toutes les familles MANE et DIALLO de Ziguinchor qui m'ont accueillis à bras ouverts;
- Tous(tes) les étudiants(es) du département d'agroforesterie notamment ceux de la onzième promotion pour tous les moments de bonheur que nous avons passé ensemble dans une atmosphère de solidarité et
- Toute personne à qui ma réussite tient à cœur, que ce travail soit un témoignage de ma gratitude et de mon profond respect !

# REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à remercier toutes les autorités de l'Université Assane Seck et de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles en occurrence le CRA de Djibélor pour l'accueil et la formation. Au centre International pour le Développement des Engrais (IFDC) et le projet «DUNDAL SUUF » pour l'accompagnement et le financement.

Je suis heureux d'exprimer également mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance à:

- Mes encadreurs Dr Antoine SAMBOU, Enseignant-Chercheur au département d'Agroforesterie de l'Université Assane SECK de Ziguinchor et Dr Abdoulaye BADIANE, chercheur au CRA de Djibélor/ISRA pour avoir accepté de diriger ce travail et pour tous les conseils qu'ils m'ont régulièrement prodigués ;
- Dr Djibril SARR, chef de Département d'Agroforesterie d'alors et tout le personnel enseignant dudit département, notamment : Pr Mohamed Mahamoud CHARAHABIL, Pr Ngor NDOUR, Pr Siré DIEDHIOU, Pr Ismaïla COLY, Dr Aly DIALLO, Dr Boubacar CAMARA, Dr Joseph Saturnin DIEME, Dr. Saboury NDIAYE, Dr Abdoulaye SOUMARE et Dr Oulimata DIATTA qui n'ont ménagé aucun effort pour nous fournir une formation de qualité ;
- Tous les stagiaires qui m'ont aidé durant l'étude, en particulier M Cheikh Amath Tidiane SOW, M Boubacar SONKO, ainsi qu'à tous les doctorants du département d'Agroforesterie en l'occurrence M Yaya DIATTA, M Jean BASSENE, M Yves Paterné SAGNA et M Mamadou SOW et
- Nos camarades étudiants de la onzième promotion d'Agroforesterie, pour leur soutien.

Je ne saurais oublier le personnel chercheur et technique du CRA de Djibélor/ISRA en particulier Dr Baboucar BAMBA et M Anifane Houtifa Sankoume MANGA pour les conseils et soutien.

Enfin, que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation du présent document trouvent, ici, l'expression de ma profonde gratitude.

# LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

**ANDS** : agence nationale de la statistique et de la démographie.

**CE** : conductivité électrique.

**C** : carbone total.

**CSE** : Centre de Suivi Ecologique.

**ENSA**: Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture.

**FAO**: Food Agriculture Organisation (Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation).

**ISRA** : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles.

**JAS**: jour après semis.

**MO**: matière organique.

**NPK**: Azote, Phosphore et Potassium.

**Pass** : Phosphore assimilable.

**UASZ** : Université Assane Seck de Ziguinchor.

**UNIFA** : Union des Industries de la Fertilisation.

**IRAT** : Institut de Recherches Agronomiques Tropicales.

**IRHO** : Institut de Recherche pour les Huiles et Oléagineux.

# LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1:</b> occupation et localisation du département de Sédhiou (Diallo, 2016). .....	9
<b>Figure 2:</b> variation interannuelle de la pluviométrie de 1981 à 2022 en moyenne Casamance enregistrée à la station météorologique régionale de Sédhiou (ANACIM, 2022) .....	10
<b>Figure 3:</b> schéma du dispositif expérimental dans les sites de SEFA, Koussy3 et SAME. ....	11
<b>Figure 4:</b> mesure de la hauteur (photo crédit 2022) .....	12
<b>Figure 5:</b> détermination du poids des gousses (photo crédit).....	13
<b>Figure 6:</b> détermination du poids sec en fane.....	14
<b>Figure 7:</b> variation de la hauteur en fonction des sites et des fertilisants.....	19
<b>Figure 8:</b> variation de la densité des plants à la récolte en fonction des traitements et sites. .	19
<b>Figure 9:</b> variation du nombre de gousses total (A), mono graines (B) et bi graines (C) en fonction des sites et fertilisants. ....	21
<b>Figure 10:</b> variation du rendement en gousses en fonction des sites et fertilisants.....	22
<b>Figure 11:</b> variation du rendement en graine en fonction des sites et fertilisants. ....	23
<b>Figure 12:</b> variation du rendement en fane en fonction des sites et fertilisants. ....	24
<b>Figure 13:</b> variation du poids cent graines en fonction des sites et fertilisants.....	24
<b>Figure 14:</b> relation entre les différentes variables et les différents traitements.....	25

# LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : doses des fertilisants apportées par parcelle élémentaire.....	11
<b>Tableau 2</b> : Variation des paramètres chimiques du sol en fonction des sites et fertilisants.....	18

## TABLE DES MATIERES

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES .....	iii
LISTE DES FIGURES .....	iv
LISTE DES TABLEAUX .....	v
RESUME.....	viii
ABSTRACT .....	ix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE .....	3
1.1 Généralités sur sol .....	3
1.1.1 Propriété physique .....	3
1.1.2 Propriété chimique du sol .....	3
1.1.3 Les propriétés biologiques du sol .....	4
1.2 Généralités sur la culture de l'arachide .....	4
1.2.1 Origine et systématique.....	4
1.2.2 Ecologie de l'arachide .....	5
1.3 Généralités sur la fertilisation de culture d'arachide au Sénégal.....	6
1.3.1 La fertilisation minérale .....	6
1.3.2 La fertilisation organique .....	7
1.3.3 La fertilisation organo-minérale.....	7
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES .....	9
2.1 Présentation de la zone d'étude. ....	9
2.1.1 Situation administrative et géographique.....	9
2.1.2 Pluviométrie .....	10
2.2 Matériel végétal .....	10
2.3 Dispositif expérimental et traitements .....	10
2.4 Conduite de l'essai .....	11
2.5 Collecte de données .....	12

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION .....	17
3.1 Résultats.....	17
3.1.1 Caractéristiques chimiques du sol .....	17
3.1.2 Paramètres agronomiques .....	18
3.1.2.10 Relation entre les paramètres agronomiques de l'arachide et les propriétés chimiques du sol .....	25
3.2 DISCUSSION.....	26
3.2.1 Effets des fertilisants sur les propriétés chimiques du sol .....	26
3.2.2 Effets des fertilisants sur les paramètres agronomiques de l'arachide.....	27
CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	29
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	30



# RESUME

Le Sénégal connaît une crise de la filière arachidière. Cette crise pourrait s'expliquer entre autres par les variations climatiques, la pression démographique et la pauvreté des sols. Cette étude a pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance des fertilisants pour améliorer la production de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) dans la basse et la moyenne Casamance. Pour ce faire, un dispositif en blocs randomisés avec deux facteurs a été mis en place pour évaluer l'effet des fertilisants minéraux et organo-minéraux sur la performance de l'arachide et les propriétés chimiques du sol. Le premier facteur est le fertilisant avec quatre modalités qui sont : témoin absolu (T0), 6N-20P-10K (T1), 8N-27P-13K-10CaO (T2) et 8N-27P-13K-10CaO+matière organique (T3). Le second facteur est le site avec deux modalités (station SEFA et milieu paysan). Les résultats obtenus sur les paramètres chimiques du sol ont montré que les fertilisants ont entraîné une diminution (5,84 à 5,75) et une augmentation (5,60 à 5,72) du pH respectivement en milieu paysan et station SEFA. Les teneurs en azote total, phosphore assimilable, carbone disponible, le rapport C/N et le taux de matière organique ont varié significativement en fonction des fertilisants et sites. L'étude a révélé que les meilleurs résultats ont été enregistrés en station SEFA avec le traitement T3 (8N-27P-13K-10CaO + matière organique). Les résultats sur les paramètres agro morphologiques ont révélés que les plants cultivés en station SEFA ont donné la plus grande hauteur (30,88±1,31cm). De même la meilleure croissance en hauteur (30,87±1,30cm) a été obtenue avec le traitement T3. Tandis que la densité à la récolte n'a significativement varié quels que soient le site, le fertilisant et l'interaction. Les fertilisants T1 et T2 ont donné respectivement les meilleurs résultats du nombre total de gousses (222,42±21,19 gousses/20 pieds) et du nombre de gousses mono graines (53,91±4,51 gousses/20 pieds). Néanmoins, les fertilisants n'ont pas influencé significativement le nombre de gousses bi graines. S'agissant du rendement, les fertilisants T1, T2 et T3 ont favorisé respectivement les meilleurs rendements en gousse (992,88±132,51Kg/ha), graine (652,00±55,32Kg/ha) et fane (2343,75±278,71Kg/ha).

**Mots-clés:** Arachide, développement, fertilisation organo-minérale, propriétés chimiques du sol.

# ABSTRACT

Senegal is experiencing a crisis in the groundnut sector. This downturn could be explained by climatic variations, demographic pressure and soil poverty, among other factors. The aim of this study is to contribute to a better understanding of fertilizers for improving groundnut (*Arachis hypogaea* L.) production in the lower and middle Casamance regions. To this end, a randomized block design with two factors was set up to assess the effect of mineral and organo-mineral fertilizers on groundnut performance and soil chemical properties. The first factor is the fertilizer, with four modalities: absolute control (T0), 6N-20P-10K (T1), 8N-27P-13K-10CaO (T2) and 8N-27P-13K-10CaO+organic matter (T3). The second factor is site, with two modalities (SEFA station and farmers' environment). The results obtained on soil chemical parameters showed that fertilizers led to a decrease (5.84 to 5.75) and an increase (5.60 to 5.72) in pH in the farmers' environment and SEFA station respectively. Total nitrogen, assimilable phosphorus, available carbon, C/N ratio and organic matter content varied significantly according to fertilizer and site. The study revealed that the best results were recorded at the SEFA station with treatment T3 (8N-27P-13K-10CaO + organic matter). Results on agromorphological parameters revealed that plants grown at the SEFA station gave the greatest height ( $30.88 \pm 1.31$  cm). Similarly, the best growth in height ( $30.87 \pm 1.30$  cm) was obtained with treatment T3. While density at harvest did not vary significantly across site, fertilizer and interaction. Fertilizers T1 and T2 respectively gave the best results for the total number of pods ( $222.42 \pm 21.19$  pods/20 feet) and the number of single-seeded pods ( $53.91 \pm 4.51$  pods/20 feet). However, fertilizers did not significantly influence the number of two-seeded pods. In terms of yield, T1, T2 and T3 fertilizers respectively favored the best pod ( $992.88 \pm 132.51$  Kg/ha), seed ( $652.00 \pm 55.32$  Kg/ha) and fane ( $2343.75 \pm 278.71$  Kg/ha) yields.

**Key words:** Groundnut, development, organo-mineral fertilization, soil chemical properties.

# INTRODUCTION

L'agriculture est la principale activité économique des pays de l'Afrique subsaharienne. Au Sénégal, à l'instar de la plupart des pays subsahariens, l'agriculture est largement tributaire des conditions climatiques. L'agriculture paysanne occupe 60% de la population active et contribue pour 20% au PIB. Elle est dominée par plusieurs filières dont la filière arachide (Kouadio, 2007). L'arachide (*Arachis hypogaea* L.) constitue la sixième culture parmi les oléagineuses les plus importantes dans le monde (FAO, 2003). Elle est une plante légumineuse originaire d'Amérique Latine et est aujourd'hui cultivée dans toute la zone intertropicale du fait de son importance nutritionnelle et économique (Kouadio, 2007 ; FAO, 2003). L'arachide est une culture importante dans de nombreux pays africains, notamment en Afrique de l'Ouest, où elle joue un rôle économique et social clé (Diallo, 2018). Les pays en développement détiennent 97 % de la superficie et 94 % de la production globale de cette culture d'arachide (Ntare et al., 2008). Les premiers producteurs sont la Chine et l'Inde qui fournissent plus de 60 % de la production. L'Afrique fournit environ 25 % de la production avec notamment le Nigeria, le Sénégal et le Soudan (Kouadio, 2007).

La production d'arachide en Afrique a connu une baisse importante, et demeure faible par rapport aux pays en développement (Senghor et al., 2020;). Le Sénégal, qui fut à l'indépendance le premier exportateur mondial d'arachide (Freud et al., 1997), connaît une crise de la filière arachidière. Sa production est actuellement très loin derrière la Chine (3,6 millions d'hectares et 6 millions de tonnes produites annuellement), l'Inde (plus de 8 millions d'hectares et environ 5,6 millions de tonnes par année), les États-Unis, le Nigeria, l'Argentine et l'Indonésie qui ont des productions annuelles variant entre 1 million et 1,5 million de tonnes par an (Ndéné, 2011). De plus, les produits arachidières ne représentent plus que 4 % des exportations ; ce qui est très loin du record de 80 % que représentait l'arachide dans les exportations à l'indépendance (Ndéné, 2011). Cette baisse de production pourrait s'expliquer entre autres par les maladies, les ravageurs, la dégradation du sol, les changements climatiques, la pression démographique et en grande partie par le fait que la plus part des sols de l'Afrique subsaharienne est intrinsèquement pauvre en élément nutritif (Pieri, 1989 ; FAO, 2003; Senghor et al., 2020).

Face à cette situation, des solutions ont été proposées pour augmenter la production d'arachide, notamment l'utilisation de fertilisants minéraux et organo-minéraux. Ces fertilisants ont pour rôle d'améliorer les propriétés chimiques du sol et les performances agronomiques de l'arachide, ce qui peut contribuer à une agriculture plus durable et à une sécurité alimentaire

accrue (Diop, 2019). En effet, selon Bationo et Ntare, (2000) et Bado, (2002), la disponibilité des éléments nutritifs a une influence sur la fixation symbiotique. Par conséquent, un minimum d'engrais est nécessaire dans les sols pauvres pour améliorer la fixation symbiotique et par la suite accroître les rendements de l'arachide.

C'est en ce sens que cette étude a été réalisée afin de contribuer à l'amélioration de la production de l'arachide au Sénégal. Il s'agit spécifiquement d'évaluer l'effet des fertilisants minéraux et organo-minéraux sur les propriétés chimiques du sol et la performance de l'arachide.

Le document est scindé en trois chapitres. La synthèse bibliographique sur la culture d'arachide et les fertilisants utilisés a été faite dans le premier, dans le second chapitre le matériel et les méthodes utilisées ont été présentés et enfin les résultats obtenus ont été présentés et discutés dans le troisième chapitre.

# CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

## 1.1 Généralités sur sol

Le sol est la couche superficielle meuble, de l'écorce terrestre dans laquelle se développent les racines des plantes (Stengel et Gelin, 1998). Il se forme à partir de la roche mère qui s'altère, se transforme sous l'effet des actions conjuguées de la vie, de l'eau, de l'air. Les sols sont donc différents selon les roches, les climats, les végétations, les reliefs, et les sociétés humaines qui y vivent (CIRAD - GRET, 2002). Autrement défini, c'est un corps naturel de constitution minérale et organique, différencié en horizons d'épaisseur variable, qui diffère de la roche mère par sa morphologie, ses propriétés physiques et chimiques, sa composition et ses caractéristiques biologique (Joffe, 1949). Le sol est constitué d'une phase solide, liquide et gazeuse. En effet, les proportions de ces différentes phases varient, selon le type de sol mais aussi au cours du temps selon les épisodes climatiques. Ainsi, la phase solide est composée de particules minérales, de taille variable et d'une fraction organique souvent minoritaire. En outre, la fraction minérale du sol provient de la désagrégation et de l'altération des roches mères alors que la fraction organique est d'origine animale et végétale (Stengel et Gelin, 1998).

### 1.1.1 Propriété physique

Les propriétés physiques sont diverses à l'image de la texture et de la structure. La texture d'un sol correspond à sa composition granulométrique définie par les proportions des particules minérales de taille inférieure à 2 millimètres. Elle est caractérisée par une classification triangulaire « diagramme des textures » où l'on retrouve les principales classes tels que le sable, le limon et l'argile. Il existe généralement les textures sableuses, limoneuses, argileuses et équilibrées (Le Douarin et Werckmann, 2010). Par ailleurs, la Structure du sol correspond au mode d'assemblage tridimensionnelle à un moment donné, des constituants solides du sol. Elle évolue dans le temps (Néron et Alletto, 2021). En effet, les éléments minéraux du sol, soudés par le complexe argilo-humique, forment des agrégats entre lesquels circulent l'eau et l'air. La structure d'un sol résulte donc du mode d'assemblage des agrégats (Delas, 2010).

### 1.1.2 Propriété chimique du sol

Le complexe argilo-humique, le pouvoir adsorbant, le pH et la salinité sont quelques éléments qui permettent de comprendre les propriétés chimiques du sol. Le complexe argilo-humique (CAH) ou complexe d'échange est composé par l'ensemble des agrégats d'un sol (Néron et Alletto, 2021). C'est la propriété des colloïdes minéraux (argiles) et organiques (Composés humiques) de fixer les cations grâce à leurs charges électro-négatives. Les particules argileuses

et humiques peuvent s'associer pour aboutir à la constitution du complexe adsorbant argilo-humique (CAH). Il est aussi défini comme la propriété que possède le complexe adsorbant du sol, de retenir à sa surface des ions provenant de la solution du sol.

Le pH du sol est la concentration en ion  $H_3O^+$  d'une solution. Il est utilisé en pédologie, pour déterminer l'acidité ou l'alcalinité des sols. Le pH varie de 0 à 14, la neutralité correspondant au pH 7. En effet, la proportion plus ou moins importante des ions hydrogène ( $H^+$ ) fixés par le complexe adsorbant par rapport aux autres ions basiques va déterminer l'acidité du sol. Un sol est dit acide quand son pH est inférieur à 7, alcalin ou basique quand il est supérieur 7. Toutefois les différences de pH observées pour un même sol selon que la détermination est réalisée dans un extrait à l'eau (pH eau) ou dans un extrait salin (pH chlorure de potassium ou chlorure de calcium) s'expliquent par les aptitudes différentes de ces extraits à faire passer en solution les ions  $H^+$  fixés sur le complexe adsorbant (Delas, 2010).

### **1.1.3 Les propriétés biologiques du sol**

Les formes de vie peu visible sont nombreuses dans le sol (taupes, vers de terre, microarthropode, protiste, etc.). Ainsi l'intensité des processus de transformation (minéralisation et humification) de la matière organique conditionne directement la nature et les propriétés de l'humus formé. Les modalités d'incorporation de l'humus à la fraction minérale et la définition du type d'humus sont donc dépendantes de l'activité biologique du sol (Baize et Jabiol, 1995).

## **1.2 Généralités sur la culture de l'arachide**

### **1.2.1 Origine et systématique**

L'arachide est originaire du bassin amazonien où sont localisées toutes les espèces du genre *Arachis*, parmi lesquelles seule *A. hypogaea* a été durablement domestiquée (Doucouré, 1999). L'arachide aurait été domestiquée à partir d'*A. monticola* dans la région des Yungas boliviennes, sur le versant de la Cordillère des Andes (Novelo et Santamaria, 2005). Sa dissémination, à partir du XVI<sup>e</sup> siècle, s'est faite en direction de l'Extrême-Orient sur l'axe espagnol-Pérou-Philippines et en direction de l'Afrique sur l'axe portugais-Brésil-côte ouest africaine. La plante a ensuite progressivement couvert la totalité des zones tropicales à partir des deux centres de diversification secondaire constitués par l'Afrique de l'Ouest et le Sud-Est asiatique, d'où sont issus les types variétaux exploités par la sélection arachidière pour aboutir aujourd'hui à une collection de plus de 15 000 variétés (Schilling, 2003). La culture déborde très largement son aire d'origine, puisqu'on la retrouve jusqu'aux 40<sup>e</sup> parallèles nord et sud. L'arachide est cultivée

sur tous les continents lorsque les étés chauds permettent à la plante de boucler son cycle malgré la latitude élevée (Schilling, 2003). Actuellement, l'arachide est cultivée dans toutes les régions tropicales et subtropicales du monde (Hamasselbé, 2008). Selon Mayeux (2001), le nom scientifique de l'arachide est *Arachis hypogaea*. Elle appartient au genre *Arachis* et à la famille des *Fabaceae*.

### **1.2.2 Ecologie de l'arachide**

Les facteurs physiques des sols interviennent dans l'adaptation à un environnement de l'arachide, surtout par leur rôle dans l'alimentation hydrique et minérale et leur effet sur la pénétration et le développement des racines. L'arachide est une plante adaptée au climat tropicale (Doikh, 2001).

### **1.2.3 Exigences édapho-climatiques**

A l'inverse de nombreuses autres plantes, l'arachide semble préférer les températures plus ou moins constantes. Les températures optimales se situent entre 25 et 35°C. Il s'agit d'une espèce mégatherme (Doikh, 2001). Les limites minimales et maximales se situent respectivement à 15 et 45°C. L'arachide est une plante peu sensible au photopériodisme et très tolérante au pH. Elle est en effet cultivée sur des sols à pH allant de 4 à 5. L'arachide est une plante rustique, notamment vis-à-vis de la sécheresse et des qualités physiques et même chimiques du sol (Gillier, 1969).

### **1.2.4 Besoin en eau**

Il faut à l'arachide pour boucler son cycle végétatif une hauteur d'eau comprise entre 400 et 1.200 mm afin de favoriser la maturation et la récolte, il est préférable que la dernière partie du cycle soit plus sèche (Doikh, 2001).

### **1.2.5 Nutrition**

L'arachide a besoin d'un sol léger poreux permettant une bonne aération. C'est une légumineuse fixatrice d'azote mais de nombreux travaux montrent que l'application d'azote a un effet important surtout avant la formation des nodosités (entre 0 et 20 jours). Le phosphore est le principal élément nécessaire à l'arachide; il est actif au développement et à la maturité. Les carences sont décelables par un port rabougri, les folioles petites et une défoliation prématurée (ISRA, 2003). La potasse est absorbée en grande quantité surtout en début de la croissance. Ses carences se manifestent par une chlorose périphérique et parfois inter-veineuse de folioles qui prend une forme incurvée caractéristique. Le calcium est indispensable à la croissance des

coques et des graines. Le soufre contribue à la résistance aux maladies cryptogamiques (Shilling, 1996). Le molybdène agit sur le développement de la plante, la coloration des feuilles et augmente le nombre et le poids des nodosités (Gillier, 1969).

### **1.3 Généralités sur la fertilisation de culture d'arachide au Sénégal**

La fertilité naturelle n'est pas un critère retenu pour le choix d'un sol à arachide, ce sont beaucoup plus les conditions satisfaisantes de drainage, liées à la structure et à la texture du sol, qui importent, ainsi que son comportement en condition de sécheresse (pénétration des gynophores, arrachage, aération de la zone racinaire pour le développement des nodosités,...) (Doikh, 2001). Les sols légers, clairs, sableux, profonds et aérés sont cependant conseillés pour la réalisation de cette culture, et un tel choix correspond souvent dans la zone intertropicale à des sols peu fertiles, très lessivés et peu riche en matière organique (Doikh, 2001).

#### **1.3.1 La fertilisation minérale**

Au Sénégal, les deux instituts de recherche (I.R.H.O et I.R.A.T.), après examen de l'ensemble des résultats expérimentaux, ont déterminé pour la zone arachidière quatre types de fumure (Gillier et Silvestre, 1969):

- ✓ N.P.K. : 150 kg/ha de 6-20-10 (moitié de phosphate sous forme bi calcique et moitié sous forme de phosphate).
- ✓ N.P.K. : 120 kg/ha de 6-20-10 (total du phosphate sous forme de bi calcique).
- ✓ N.K. : 100 kg/ha de 10-0-30 dans la zone de Thiès, riche en phosphore.
- ✓ N.P.K. : 120 kg/ha de 12-10-10 dans la zone de Louga.

Les besoins de l'arachide en potasse au Sénégal sont généralement faibles, et les engrais utilisés sont à prédominance phosphorés sur la plus grande partie de la zone arachidière (Bockelee Morvan, 1964). Des essais sur la fertilisation de l'arachide dans le bassin arachidier ont donné d'importants résultats. L'arachide répond assez nettement à la future minérale avec +500 kg de gousses à l'hectare et + 800 kg de fanes. Cette réponse est obtenue avec la dose de 75 kg/ha de NPK 8-18-27. L'effet engrais sur la taille des gousses est très net (Mayeux et Bonhomme, 1993).

L'azote est l'un des éléments nutritifs majeurs utilisés par les plantes. C'est le quatrième constituant des plantes qui est utilisé dans l'élaboration de molécules importantes comme les protéines, les nucléotides, les acides nucléiques et la chlorophylle (Bado, 2002). L'azote favorise l'utilisation des hydrates de carbone, stimule le développement et l'activité racinaire, favorisant ainsi l'absorption des autres éléments minéraux et la croissance des plantes. Il est



essentiel pour la synthèse des enzymes de la photosynthèse (Lamaze et *al.*, 1990). Les plantes absorbent l'azote sous forme de nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). L'importance relative de chacune de ces formes dépend de l'espèce végétale et des conditions du milieu (Layzell, 1990; Hageman, 1984).

Le phosphore est un nutriment primaire obligatoire pour la production agricole. Il assure la croissance et le développement de la plante, une maturation rapide des cultures et une amélioration de la qualité et de la quantité de la production. Les composés phosphatés sont indispensables pour l'accumulation et la libération de l'énergie nécessaire au métabolisme cellulaire, à la formation de la graine, au développement du système racinaire et à la maturité de la culture (Soltner, 1994).

Une bonne nutrition phosphatée réduit le risque d'attaque des ravageurs et augmente la résistance de la plante aux maladies (Doikh, 2001). La production agricole dépend donc du phosphore sans lequel les effets des autres éléments nutritifs sont limités sur la croissance et le développement de la plante. Ainsi, face à une carence prononcée en phosphore, les légumineuses sont incapables de fixer l'azote atmosphérique car cette fixation par les bactéries nécessite du phosphore.

Selon UNIFA (2005), le potassium joue un rôle multiple dans l'équilibre acido-basique des cellules et régularise les échanges intracellulaires, la réduction de la transpiration des plantes, l'augmentation de la résistance à la sécheresse et l'activation de la photosynthèse en favorisant la formation des glucides dans la feuille. Il participe à la formation des protéines, et favorise leur migration vers les organes de réserve (tubercules et fruits) et contribue à renforcer les parois cellulaires, offrant aux plantes une meilleure résistance à la verse et à l'agression des maladies ou parasites.

### **1.3.2 La fertilisation organique**

Contrairement à la fumure minérale, l'apport de matière organique n'entraîne pas une augmentation de la taille des gousses; par contre la production par pied diminue ce qui peut traduire un effet dépressif sur la fructification (nombre de gousses). La production de fane reste sensiblement le même (Mayeux et Bonhomme, 1993).

### **1.3.3 La fertilisation organo-minérale**

Un apport de matière organique, associé à la fumure minérale entraîne une augmentation de la production de fanes. La fumure organique agit sur le développement racinaire (Doikh, 2001), qui se traduit par une augmentation de l'activité de nutrition hydrique et minérale qui favorise

la croissance et le développement végétatif. En effet, l'engrais minéral améliore les rendements, mais pour une courte période. L'engrais minéral seul n'est pas suffisant et n'est pas recommandé pour une production à long terme car il conduit à l'acidification des sols (Bado, 1994). Un complément de fumure organique est donc nécessaire pour éviter une forte baisse du carbone du sol et sa capacité d'échange cationique (CEC).

# CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

## 2.1 Présentation de la zone d'étude.

### 2.1.1 Situation administrative et géographique

L'étude a été menée dans les sites de SEFA, Koussy 3 et SAME respectivement localisés dans les communes de Djendé, koussy et Djiredji (Figure 1). Ces sites sont situés dans le département de Sédhiou. Ce dernier se situe au centre de la région de Sédhiou entre 12° 49' 29' Nord et 15° 33' 25' Ouest. Il couvre une superficie totale de 2726,14 km<sup>2</sup> qui représente 37,19% de la superficie de la région de Sédhiou. La zone regorge d'énormes potentialités dans le domaine de l'agriculture. Ces potentialités sont entre autres un climat favorable aux activités agro-sylvo-pastorales et une bonne aptitude des sols à l'agriculture pluviale (ANDS, 2019 ; Malé, 1971).

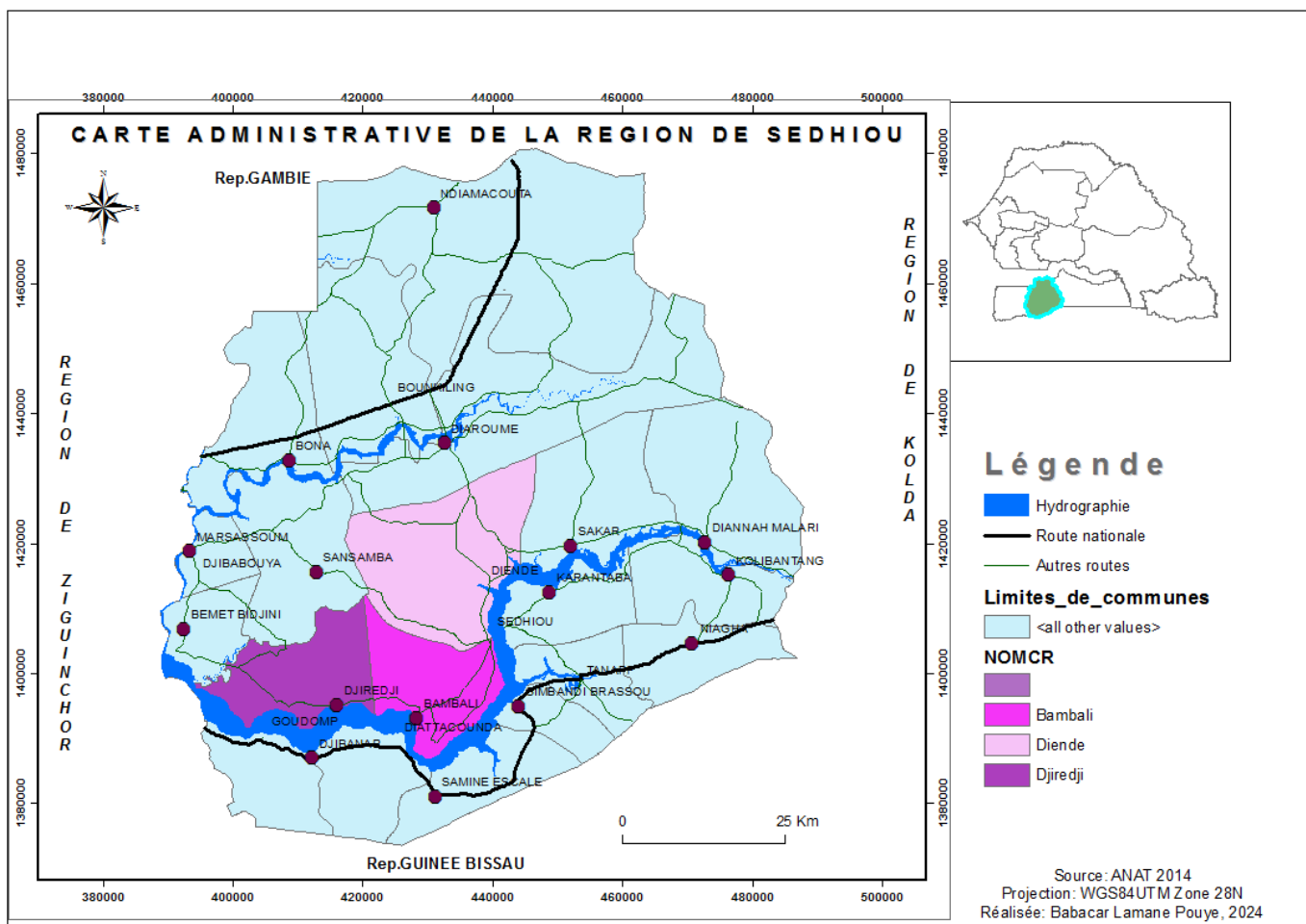
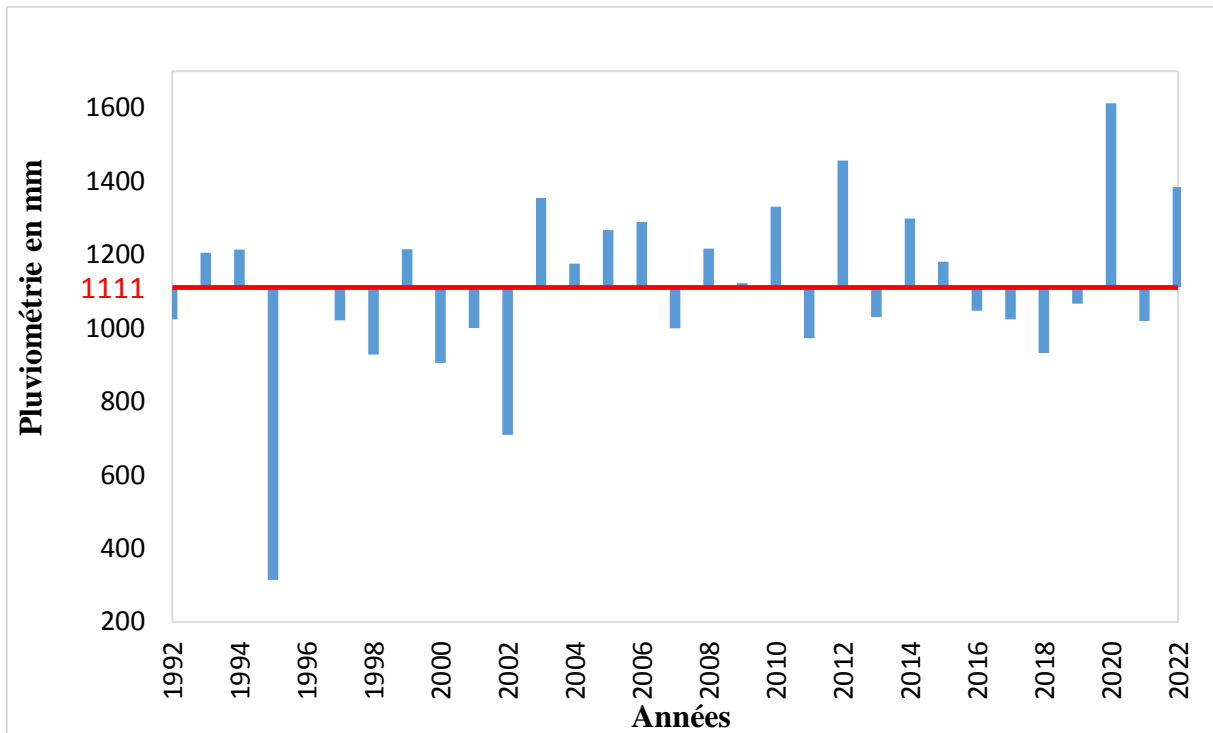


Figure 1: carte administrative des sites SEFA, Koussy 3 et Samé.

### 2.1.2 Pluviométrie

La pluviométrie moyenne annuelle sur la série 1992-2022 est de 1111 mm (Figure 2). L'année la plus pluvieuse de la série observée (2020), a enregistré 1613 mm de pluie, en revanche l'année la plus déficitaire est 1995 (314 mm). L'année 2022 a enregistré une pluviométrie de 1384 mm qui est supérieure à la normale (10100 mm) pour cette série de 30 ans (1991-2022).



**Figure 2:** variation interannuelle de la pluviométrie de 1991 à 2022 en moyenne Casamance, enregistrée à la station météorologique régionale de Sédhiou (ANACIM, 2022)

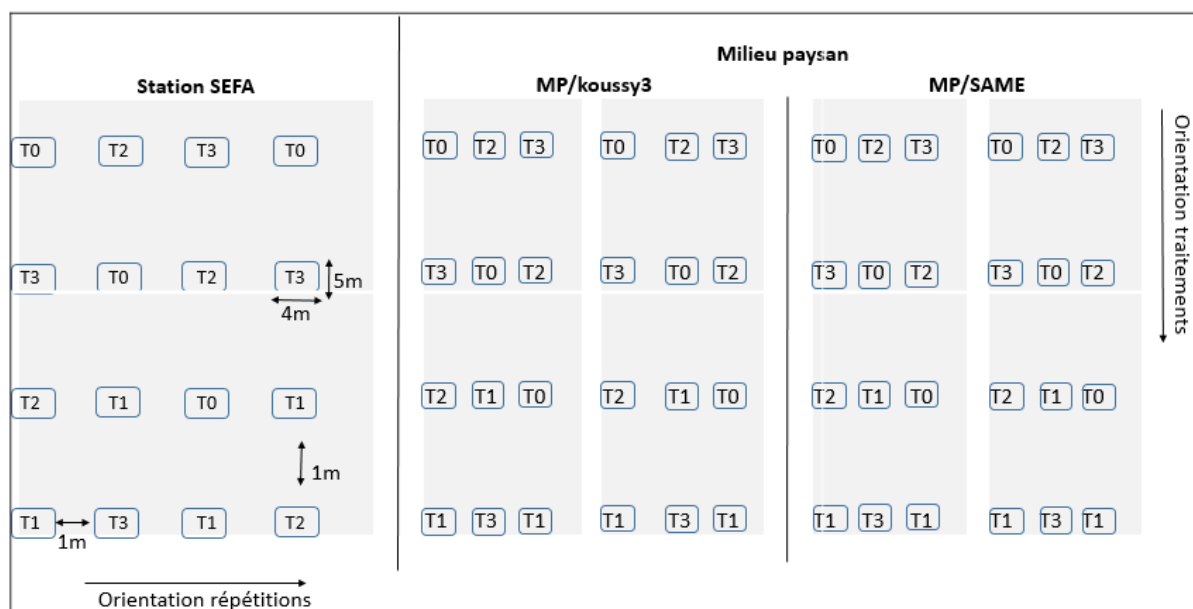
### 2.2 Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé était composé des graines d'une seule variété d'arachide. Cette variété (69-101) a un port érigé, son cycle cultural est de 125 jours. Le choix de cette variété repose sur le fait qu'elle est bien adaptée en Casamance. Elle peut donner des rendements en gousse allant de 1,5 à 2,5 t à l'hectare et un poids 100 graines qui varie entre 46g et 50g (Bockele-Morvan, 1983).

### 2.3 Dispositif expérimental et traitements

Un dispositif en blocs randomisés de Fischer a été mis en place. Quatre répétitions ont été mises en place à la station SEFA. Le même dispositif a été reconduit en milieu paysan (Koussy 3 et SAME) avec six répétitions disposées en bloc de 3 sur chaque site. Au total 64 parcelles élémentaires de dimensions 4\*5m ont été installées et espacées entre-elles de 1m selon la configuration du terrain sur tous les sites (Figure 3). Sur chaque site, quatre fertilisants

constitués de deux fertilisants minéraux de 150kg/ha de 6N-20P-10K (témoin minéral : T1) et 150kg/ha de 8N-27P-13K-10CaO (nouvelle formule : T2), et un mélange organo-minéral de 150kg/ha 8N-27P-13K-10-CaO + 5t/ha de compost (T3) et un témoin absolu sans amendement (T0) ont été expérimentés (Tableau 1).



**Figure 3:** schéma du dispositif expérimental en station (A) et en milieu paysan (B).

**Tableau 1 :** doses des fertilisants apportées par parcelle élémentaire.

Fertilisants	Doses		
	6N-20P-10K (g)	8N-27P-13K-10-CaO (g)	Compost (kg)
T0	-	-	-
T1	300	-	-
T2	-	300	-
T3	-	300	10

## 2.4 Conduite de l'essai

### 2.4.1 Préparation du sol et délimitation des parcelles

Les parcelles ont été d'abord bien nettoyées à l'aide des râtaux, fourchettes et hilaire. Les débris ont été alors évacués et un hersage léger a été effectué après que le sol ait humecté par une pluie. Ensuite un planage a été effectué avec les râtaux afin d'éviter les pentes. Après, une délimitation des blocs et parcelles élémentaires a été effectuée à l'aide des piquets, ficelles et ruban-mètre.

### **2.4.2 La fumure et semis**

La fertilisation consistait à un amendement minéral du sol de 300g de 6N-20P-10K et 300g de 8N-27K-13P-10CaO respectivement pour les traitements T1 et T2. Et un amendement organo-minéral de 300g 8N-27P-13K-10CaO et 10Kg de compost a été effectué pour les parcelles T3. Cependant, le témoin absolu T0 n'a reçu aucune dose de fertilisation (Tableau 1).

Le semis a été effectué le 20 juillet 2022 après amendement du sol à raison d'une graine par poquet. Le mode de semis a été conduit de manière à respecter des écartements moyens de 15cm sur la ligne et 5àcm entre les lignes (110 000pieds/ha) puisqu'il s'agissait d'une variété de type Virginia (grosses graines).

### **2.4.3 Entretien**

Trois binages ont été faits pour éliminer les adventices. La première intervention a été effectuée au 15e JAS. Ces deux dernières interventions se sont limitées aux interlignes pour éviter de déterrer les gynophores.

### **2.4.4 Récolte**

La récolte a été effectuée au 125<sup>e</sup> JAS. Ainsi des parcelles utiles de 4m<sup>2</sup> ont été définies sur chaque parcelle élémentaire pour l'évaluation des paramètres de rendement. L'arrachage des plants d'arachide a été effectué à l'aide de la houe sine en traction bovine.

## **2.5 Collecte de données**

### **2.5.1 Paramètres agronomiques**

#### **2.5.1.1 Hauteur des plants**

La hauteur des plants a été mesurée au 45<sup>e</sup>, 75<sup>e</sup>et 105<sup>e</sup>JAS à l'aide d'une règle graduée. Ces mesures ont été faites sur 20 pieds centraux pour chaque parcelle élémentaire.



**Figure 4:** mesure de la hauteur (photo crédit Pouye, 2022)

### 2.5.1.2 Densité des plants

Avant la récolte, le nombre total de pieds d'arachide a été compté pour chaque parcelle élémentaire. Ensuite, la densité a été déterminée grâce à la formule suivante :

$$\text{Densité} = \frac{\text{Nombre de pieds}}{\text{Surface (m}^2\text{)}}$$

Ensuite la densité a été ramenée à l'hectare pour chaque parcelle élémentaire.

### 2.5.1.3 Nombre total de gousses/20 pieds

A la récolte, 20 pieds d'arachide ont été choisis sur chaque carré utile de 2m<sup>2</sup> délimitée au niveau de chaque parcelle élémentaire. Ainsi, le nombre total de gousse a été déterminé par comptage sur ces 20 pieds.

### 2.5.1.4 Nombre de gousses mono graines et bi graines/20 pieds

Au décorticage, le nombre de gousses mono graines et le nombre de gousses bi graines ont été déterminés par comptage pour chaque enveloppe de lot de 20 pieds choisis à la récolte.

### 2.5.1.5 Rendement en gousse

Dans chaque parcelle élémentaire, une parcelle utile de 4m<sup>2</sup> a été délimitée afin de d'évaluer les paramètres de rendement. Ainsi, les gousses récoltées dans chaque parcelle utile ont été pesées avant d'être séchées à l'étuve pendant 48heures puis ensuite repesée à l'aide d'une balance électronique de précision pour déterminer le poids sec (Figure 5). Le rendement en gousse a été déterminé grâce à la formule suivante :

$$\text{Rdt gousses} = \frac{\text{Poids sec gousses(Kg)}}{\text{Surface (m}^2\text{)}}$$

Ensuite le rendement en gousse a été ramené à l'hectare.



**Figure 5:** détermination du poids des gousses (photo crédit Pouye, 2022).

### 2.5.1.6 Le rendement en graine

Après décorticage des gousses séchées pour chaque parcelle utile, les graines ont été pesées à l'aide d'une balance électronique de précision. Ainsi, le rendement en graine a été déterminé grâce à la formule suivante :

$$\text{Rdt graine} = \frac{\text{Poids sec } \textit{graines}(g)}{\text{Surface (m}^2\text{)}}$$

Le rende a été ramené à l'hectare (Kg/ha).

### 2.5.1.7 Le rendement en fane

La biomasse aérienne et racinaire de chaque carré utile a été séchée après la récolte. Ainsi, le poids sec a été ensuite évalué à l'aide d'un peson en suspension. Ensuite le rendement en fane a été calculé avec la formule suivante :

$$\text{Rdt fane} = \frac{\text{Poids sec } \textit{fane}(Kg)}{\text{Surface (m}^2\text{)}}$$

Le rendement en fane a été ensuite ramené à l'hectare (Kg/ha)



**Figure 6:** détermination du poids sec en fane (Photo crédit Pouye, 2022).

### 2.5.2 Propriétés chimiques du sol

Des échantillons de sol en composite ont été prélevés au niveau des couches arables (20cm de profondeur) sur chaque parcelle élémentaire avant et après l'essai. Un dispositif croisé a été suivi avec cinq points de prélèvement. Les échantillons ont été séchés à l'air, broyés et tamisés



à l'aide d'un tamis de maille de 2 et 0,5mm. Ensuite différentes quantités ont été prélevées en fonction des analyses chimiques. Les échantillons des sols ont été analysés au laboratoire de l'ISRA de Saint Louis. Les paramètres évalués sont la teneur en matière organique (MO), carbone (C), azote (N), Phosphore assimilable (Pass), le pH, le rapport C/N, et la conductivité électrique (CE) du sol.

### **Matière organique (MO) et rapport C/N**

Les pourcentages en matière organique (MO) et le rapport C/N ont été calculés en fonction des teneurs en C et N du sol. La teneur en MO total du sol s'obtient généralement en dosant la teneur en carbone, on estime que le rapport matière organique /carbone est à peu près constant (Fitzpatrick ; 1983) et est égal à :

$$1,72 = \frac{\text{MO} (\%)}{\text{C} (\%)}$$

#### ▪ **La teneur en azote**

Le principe du dosage est basé sur une oxydation catalytique à l'aide d'un analyseur élémentaire. La procédure adoptée comprend un séchage des échantillons de sol durant une nuit à l'étuve à 105°C. Il s'en suit une étape de refroidissement pendant 1h au dessiccateur. Les analyses sont effectuées à partir de l'appareil CHN (CHNSO EA 1112 Thermofinnigan Séries, France). Cet appareil est équipé d'un brûleur, des nacelles en étain et d'un détecteur à conductibilité thermique. L'étain assure l'élimination de la matière organique par augmentation de la température jusqu'à 1800°C. Ce qui permet l'obtention du carbone et de l'azote. Ces deux composés passent successivement dans le catalyseur d'oxydation (900°C) et dans la colonne de réduction (750°C). Le carbone se transforme en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et l'azote en azote moléculaire (N<sub>2</sub>). La séparation des deux composés est faite par chromatographie en phase gazeuse utilisant l'hélium comme gaz vecteur qui accélère l'extraction des gaz (CO<sub>2</sub> et N<sub>2</sub>). Dans le chromatographe, les différents constituants gazeux sont séparés par le détecteur à conductibilité thermique. Les résultats peuvent être exprimés en mg C/g de sol sec ou en g de C/kg de sol sec ou en encore pourcentage de % C pour le carbone total et en mg N/g de sol sec ou en g de N/kg de sol sec ou en encore pourcentage de % N pour l'azote total.

#### ▪ **Le Phosphore assimilable (Pass)**

La détermination colorimétrique du phosphore des divers extraits d'échantillons de sols est effectuée par réduction au bleu de molybdène à froid selon Murphy et Riley (1962).

- **Le pH du sol**

Les mesures de pH ont été faites sur une suspension (eau) dans un rapport sol/solution de 1g de sol/2,5 ml d'eau déminéralisée.

- **La conductivité électrique (CE)**

Les mesures de CE ont été faites sur une suspension (eau) dans un rapport sol/solution de 1g de sol/5 ml d'eau déminéralisée.

## **2.6 Traitement et analyse des données**

Les données collectées ont été saisies sur le tableur Excel version 2013. Ce dernier a permis d'élaborer les tableaux. Les données ont été testées pour leur normalité en utilisant le test de Shapiro. Les données de hauteur, rendement, pH, Pass, densité et nombre de gousses sont normales tandis que celles de teneur en azote et carbone, taux de matière organique et conductivité électrique ne sont pas normales. Pour les données normales, une analyse de variance suivie de comparaison des moyennes à l'aide du test de comparaison des moyennes de Fisher au seuil de significativité de 5% a été réalisée à l'aide du logiciel R version 4.2.1. Pour les données non normales, un test non paramétrique (scheirer RayHare) a été effectué pour la comparaison entre les fertilisants. Pour la caractérisation des fertilisants, une analyse de clustering et une analyse en composantes principales (ACP) ont été réalisées avec le logiciel R version 4.2.1. Pour voir la relation entre les variables, une analyse de corrélation de Pearson a été réalisée. Les graphiques ont été élaborés à l'aide de la même version du logiciel R.

# CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

## 3.1 Résultats

### 3.1.1 Caractéristiques chimiques du sol

Les sites sont initialement caractérisés par des sols légèrement acides. Cette acidité était accompagnée d'une faible teneur en azote ( $<0,14$ ), phosphore assimilable ( $Pass < 5$ ) et d'un rapport C/N  $< 15$  pour les couches arables (0- 20cm profondeur). Le pH n'a pas varié significativement ( $p > 0,05$ ) entre les sites. Les autres paramètres chimiques du sol (CE, MO, C, N, C/N et Pass) ont varié significativement ( $p < 0,05$ ) entre les sites. Cependant, la station SEFA a présenté des propriétés chimiques du sol significativement plus favorables à la culture d'arachide comparativement au milieu paysan (Tableau 2).

Les fertilisants n'ont pas influencé significativement ( $p > 0,05$ ) le pH, la conductivité électrique, la teneur en carbone, azote et matière organique du sol. Les pH initiaux du sol n'ont pas connu de modifications significatives après application des fertilisants. En valeur absolue, les fertilisants ont augmenté et diminué le pH du sol en station SEFA et milieu paysan respectivement. La conductivité électrique a significativement diminué dans le temps par rapport à la situation de référence (T0i). La teneur en phosphore assimilable et le rapport C/N ont été significativement influencés par les fertilisants ( $p < 0,05$ ). La teneur en phosphore assimilable la plus importante ( $7,62 \pm 2,44$  ppm) a été enregistrée au niveau fertilisant T3. Quant au rapport C/N, le témoin T0 ( $12,11 \pm 6,01$ ) a enregistré le meilleur résultat. Le rapport C/N qui était initialement de 8,61 a augmenté significativement avec les traitements jusqu' à 12,42 pour le Témoin absolu qui a obtenu la plus grande valeur. Mais cette valeur est statistiquement la même que celles des traitements T2 (11,73), et T3 (11,81).

L'interaction site\*fertilisant a influencé significativement la conductivité électrique, la teneur en carbone, en azote, en matière organique, en phosphore assimilable et le rapport C/N ( $p < 0,05$ ) (Tableau 2). Le témoin initial T0i a présenté la plus grande valeur de CE en milieu paysan ( $296,67 \pm 401,35 \mu\text{s.cm}^{-1}$ ) et SEFA ( $169,07 \pm 35,61 \mu\text{s.cm}^{-1}$ ). Par ailleurs, seul le fertilisant T3 a enregistré en station une teneur en carbone plus élevée (0,75%) que celle du témoin initial T0i (0,33%). En station SEFA, les fertilisants ont augmenté de 2% la teneur en azote après application, mais en milieu paysan, la teneur en azote a diminué de 1% après application des fertilisants. Les fertilisants T0 en milieu paysan, T3 et T2 en station SEFA ont donné respectivement les meilleures valeurs de rapport C/N (12,42, 12,11 et 12,02) par comparaison au témoin initial de la station SEFA qui a présenté la plus faible valeur (7,40%). Concernant le

taux de MO, le fertilisant T3 en station SEFA a enregistré le meilleur résultat (1,29%) et le témoin initial en station (T0i) a donné statistiquement la plus faible valeur (0,59%) avec les autres fertilisants à la récolte. Pour le phosphore assimilable, seul le fertilisant, T3 enregistré en station une teneur (7,62%) supérieure à la valeur initiale (6,59%). Le témoin absolu T0 a obtenu la faible teneur en phosphore (2,31%) (Tableau 2).

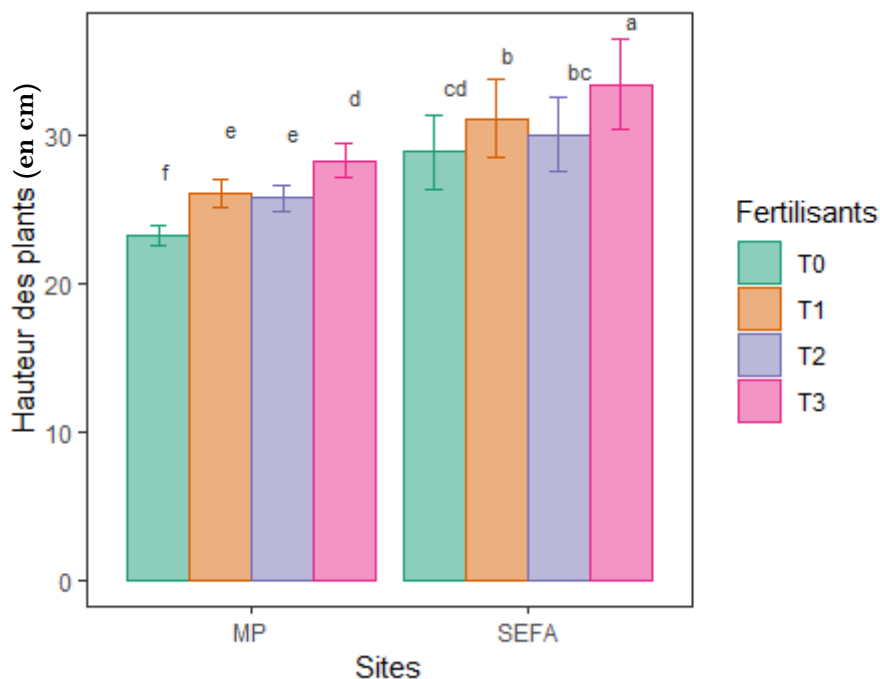
**Tableau 2:** Variation des paramètres chimiques du sol en fonction des sites et fertilisants

Sites	Fertilisants	pH eau	CE ( $\mu\text{s.cm}^{-1}$ )	C(%)	N(%)	C/N	MO(%)	Pass
Milieu paysan	T0i (avant l'essai)	5,84 a	296,67 a	0,40 b	0,05 ab	8,61 b	0,69 b	7,02 b
	T3	5,81 a	15,82 b	0,45 b	0,04 abc	11,52 b	0,77 b	7,1 b
	T1	5,67 a	15,08 b	0,52 b	0,04 abc	11,81 b	0,89 b	3,56 e
	T2	5,74 a	14,75 b	0,46 b	0,04 abc	11,45 b	0,79 b	4,20 de
	T0	5,69 a	15,16 b	0,45 b	0,04 abc	12,42 a	0,77 b	1,92 f
	<b>Moyenne</b>	<b>5,75 a</b>	<b>71,50 a</b>	<b>0,46 b</b>	<b>0,04 b</b>	<b>11,16 b</b>	<b>0,78 b</b>	<b>4,78 b</b>
Station SEFA	T0i (avant l'essai)	5,60 a	169,08 b	0,33 b	0,04 abc	7,40 b	0,56 b	5,30 c
	T3	5,80 a	18,70 b	0,75 a	0,06 a	12,11 a	1,29 a	9,03 a
	T1	5,69 a	20,22 b	0,68 b	0,06 a	11,20 b	1,18 b	4,65 cd
	T2	5,75 a	20,09 b	0,68 b	0,06 a	12,02 a	1,17 b	6,68 b
	T0	5,78 a	18,16 b	0,66 b	0,06 a	11,20 b	1,13 bc	3,49 e
	<b>Moyenne</b>	<b>5,72 a</b>	<b>49,25 b</b>	<b>0,62 a</b>	<b>0,06 a</b>	<b>10,78 a</b>	<b>1,07 a</b>	<b>5,83 a</b>
<b>P</b>		<b>0,456</b>	<b>0,000579</b>	<b>0,00907</b>	<b>0,0393</b>	<b>0,0307</b>	<b>0,009</b>	<b>0,000000205</b>

### 3.1.2 Paramètres agronomiques

#### 3.1.2.1 La hauteur

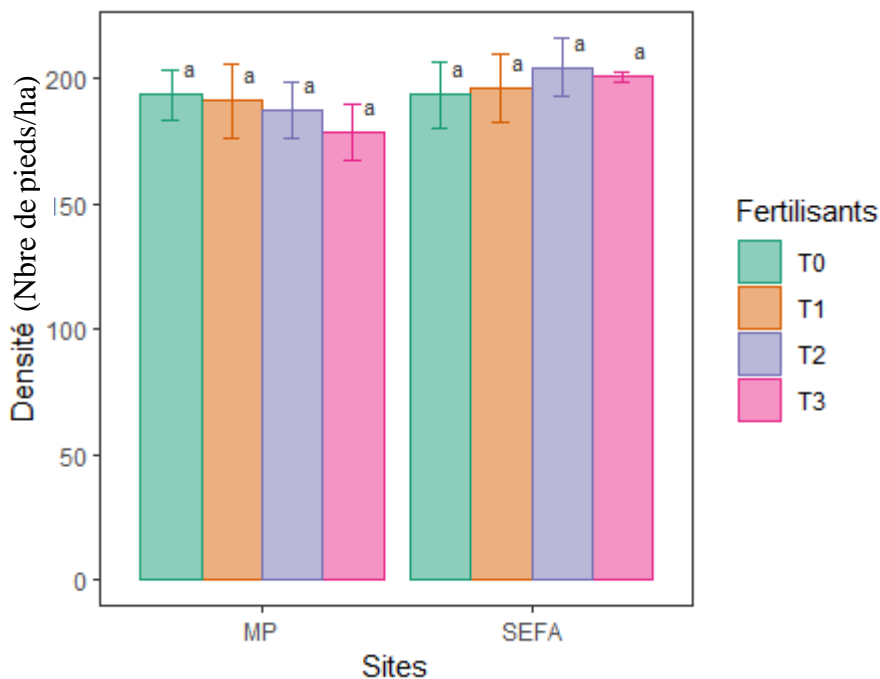
Il ressort des analyses qu'il existe une différence significative ( $P < 2e^{-16}$ ) de la hauteur des plants entre les sites (Figure 7). En effet, les plants cultivés en station SEFA ont donné les plus grandes hauteurs ( $30,88 \pm 1,31$  cm) par rapport aux plants cultivés en parcelles paysannes ( $25,86 \pm 0,49$  cm) qui ont obtenu les plus faibles résultats. Une différence significative de la hauteur des plants a été également notée entre les fertilisants ( $P < 2e^{-16}$ ). Les meilleures croissances en hauteur ont été obtenues avec le fertilisant T3 ( $30,87 \pm 1,30$  cm) tandis que les plus faibles résultats ont été obtenus par le témoin absolu ( $26,08 \pm 0,58$  cm). Les plants d'arachide des parcelles fertilisées avec le T3 ont enregistré les meilleures hauteurs à SEFA ( $33,45 \pm 3,02$  cm) et en milieu paysan ( $28,3 \pm 1,14$  cm) par rapport aux plants du T0 avec  $28,89 \pm 2,51$  cm et  $23,28 \pm 0,71$  cm respectivement à SEFA et en milieu paysan ( $P < 2e^{-16}$ ).



**Figure 7:** variation de la hauteur en fonction des sites et des fertilisants.

### 3.1.2.2 Densité des plants à la récolte

Les résultats présentés dans la figure 8 montrent que la densité des plants reste la même quels que soient le site ( $P=0,316$ ), le traitement ( $P=0,887$ ) et l'interaction sites\*traitements ( $P=0,876$ ).



**Figure 8:** variation de la densité des plants à la récolte en fonction des traitements et sites.

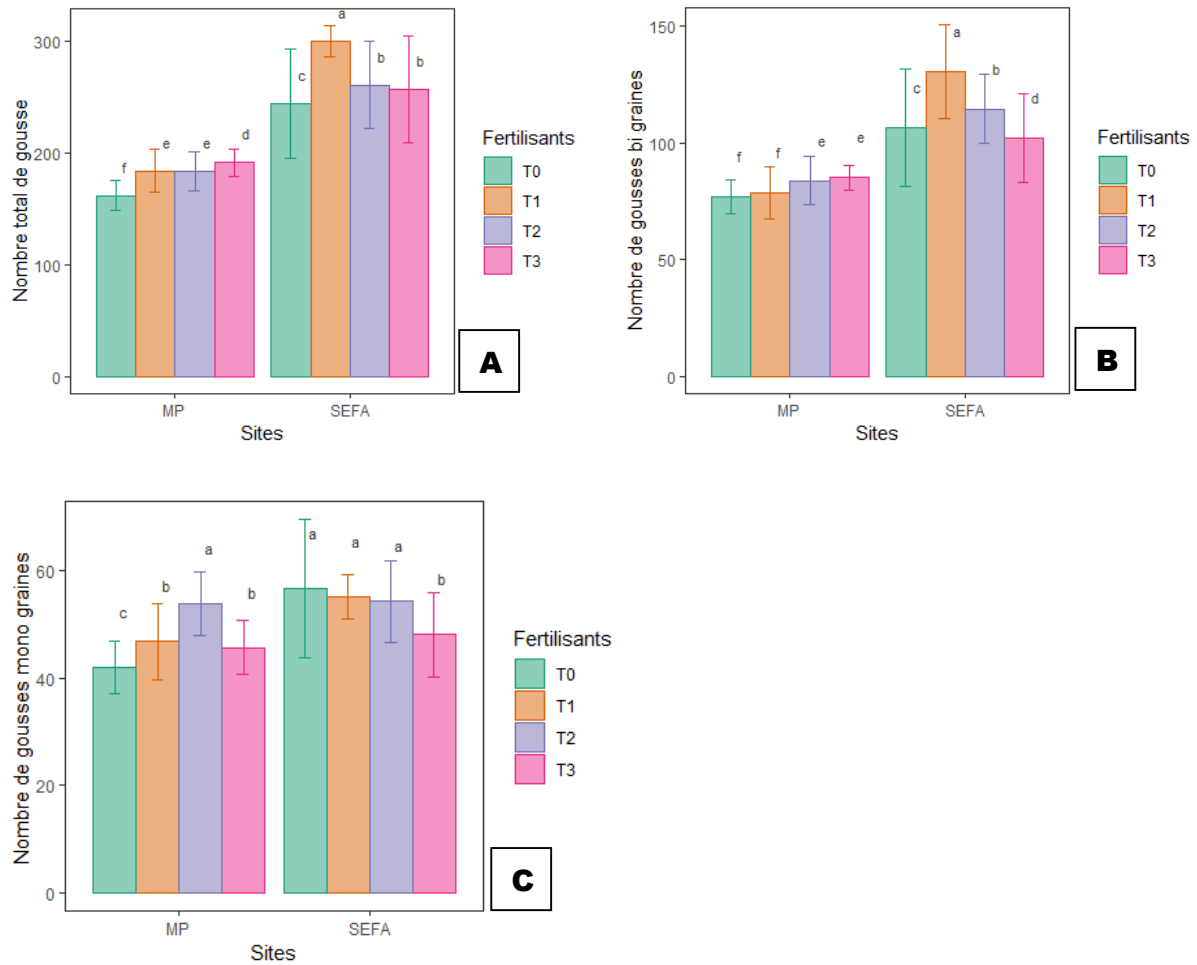
### 3.1.2.3 Nombre de gousses/20 pieds

Les analyses statistiques ont révélé l'existence de différence significative ( $P=2e^{-16}$ ) du nombre total de gousses/20 pieds entre les sites. Ainsi, les plants d'arachide cultivés en station SEFA ont donné le plus grand nombre total de gousse ( $265,13\pm 18,63$  gousses/20 pieds) par rapport aux plants cultivés en milieu paysan ( $180,19\pm 7,84$  gousses/20 pieds). Une différence significative ( $p=0,001077$ ) du nombre total de gousses/20 pieds a été également révélée entre les fertilisants. En effet, T1 a permis d'obtenir le meilleur résultat en termes de nombre total de gousses ( $222,42\pm 21,19$  gousses/20 pieds) tandis que le témoin absolu a obtenu le plus /20 pieds faible résultat ( $189,42\pm 20,85$  gousses/20 pieds). Par ailleurs, l'interaction site\*fertilisants a influencé significativement ( $P=0,001077$ ) le nombre total de gousses/20 pieds. Le fertilisant T1 testé en station SEFA a enregistré le meilleur résultat en termes de nombre total gousses ( $299,25\pm 14$  gousses/20 pieds) contrairement au témoin absolu du milieu paysan qui a obtenu le plus faible résultat ( $162\pm 13,78$  gousses/20 pieds) (Figure 9A).

L'analyse a montré qu'il y'a une variation significative ( $P=0,000502$ ) du nombre de gousses mono-graines/20 pieds entre les sites. Ainsi, le nombre de gousses mono graines a été plus élevé à SEFA ( $53,43\pm 3,97$  gousses/20 pieds) qu'en milieu paysan ( $47\pm 2,84$  gousses/20 pieds). Les fertilisants ont également influencé significativement ( $P=0,000613$ ) le nombre de gousses mono-graines. Le fertilisant T2 a donné le plus grand nombre de gousses mono graines ( $53,91\pm 4,51$  gousses/20 pieds) comparé aux fertilisants T3 ( $46,41\pm 4,00$  gousses/20 pieds) et T0 ( $46,75\pm 5,41$  gousses/20 pieds). L'interaction site \*fertilisants a également influencé significativement ( $P=0,015357$ ) le nombre de gousses mono graines (Figure 9B). Les fertilisants T0 ( $56,5\pm 12,88$  gousses/20 pieds), T1 ( $55\pm 4,18$  gousses/20 pieds) et T2 ( $54,25\pm 7,57$  gousses/20 pieds) testés en station SEFA et le traitement T2 ( $53,75\pm 5,96$  gousses/20 pieds) en MP ont enregistré les plus importants nombres de gousses mono graines contrairement au traitement T0 du MP qui a enregistré le plus faible nombre ( $41,87\pm 4,83$  gousses/20 pieds).

L'analyse de la variance a montré qu'il existe une différence significative ( $P=1,87e^{-07}$ ) du nombre de gousses bi graines entre les deux sites. En effet, les plants cultivés à SEFA ont produit des gousses bi graines beaucoup plus importantes ( $113,50\pm 9,38$  gousses/20 pieds) par comparaison aux plants cultivés en MP ( $81,16\pm 4,24$  gousses/20 pieds). Cependant, aucune différence significative ( $P=0,6708$ ) du nombre de gousses bi graines n'a été révélée entre les fertilisants. En revanche, l'effet de l'interaction site\*fertilisants sur le nombre de gousses bi graines a été significative ( $P=0,0408$ ). Ainsi, le fertilisant T1 testé à la station SEFA a donné le plus grand nombre de gousses bi graines ( $130,50\pm 20,02$  gousses/20 pieds) que les fertilisants

T1 ( $85,13 \pm 5,05$  gousses/20 pieds) et T0 ( $83,88 \pm 10,34$  gousses/20 pieds) en milieu paysan (Figure 9C).

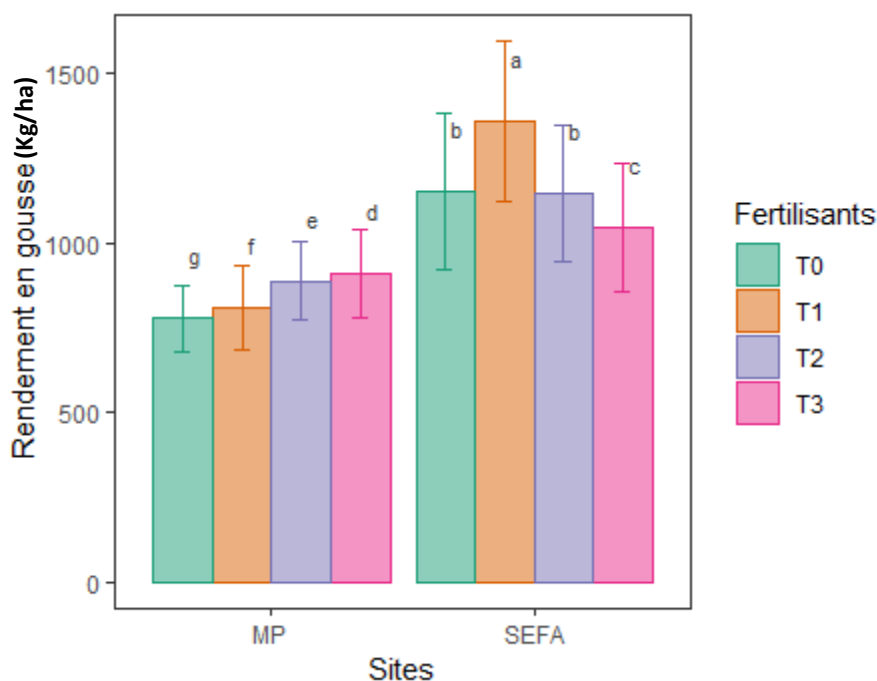


**Figure 9:** variation du nombre total de gousses/20 pieds (A), mono graines/20 pieds (B) et bi graines/20 pieds (C) en fonction des sites et fertilisants.

### 3.1.2.4 Rendement en gousses

Il ressort de ces analyses que l'effet site sur le rendement en gousses a été significatif ( $P < 2 \times 10^{-16}$ ). Ainsi, le meilleur rendement en gousses ( $1174,84 \pm 100,46$  Kg/ha) a été obtenu en station SEFA tandis que, le plus faible rendement ( $846,23 \pm 56,26$  Kg/ha) a été obtenu en milieu paysan. S'agissant des fertilisants, un effet significatif a été également noté ( $P = 0,018$ ). Le fertilisant T1 a induit le meilleur rendement ( $992,88 \pm 132,51$  Kg/ha) en gousse par rapport au témoin T0 qui a obtenu le plus faible rendement en gousse ( $902,48 \pm 108,40$  Kg/ha).

L'interaction site\*fertilisants a eu un effet significatif ( $P = 5,79 \times 10^{-6}$ ) sur le rendement en gousses (Figure 10). Effectivement, le meilleur rendement en gousses ( $1357,13 \pm 234,23$  Kg/ha) a été obtenu avec le fertilisant T1 en station SEFA et le plus faible ( $777,41 \pm 98,52$  Kg/ha) au niveau de T0 en milieu paysan (Figure 10).



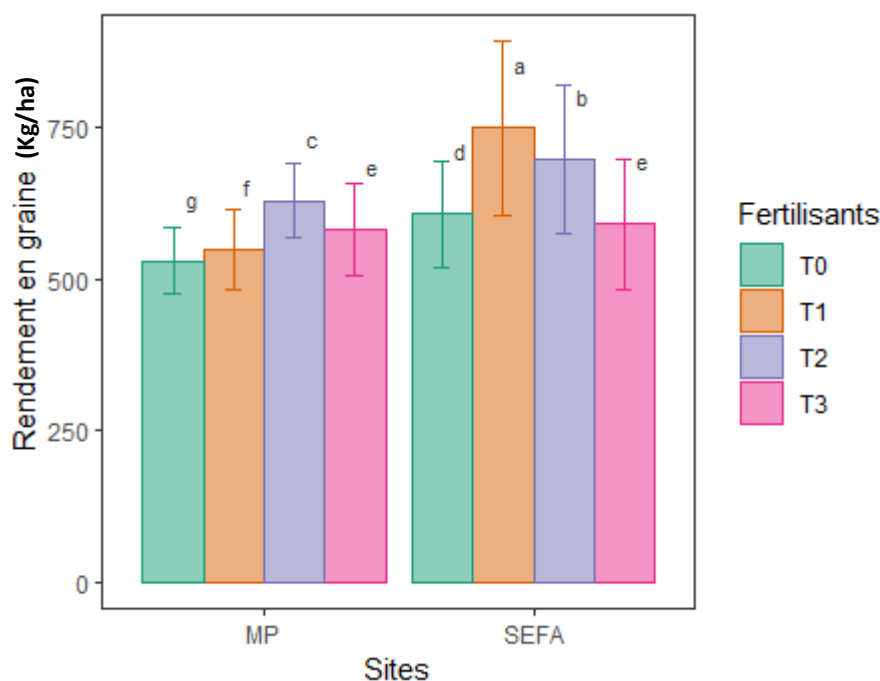
**Figure 10:** variation du rendement en gousses en fonction des sites et fertilisants.

### 3.1.2.7 Rendement en graines

Les analyses statistiques ont montré une différence significative ( $P < 2e^{-16}$ ) du rendement en graines entre les sites. En effet, le rendement en graine obtenu en station SEFA ( $661,53 \pm 54,95 \text{Kg/ha}$ ) a été plus important que celui obtenu en milieu paysan ( $572,41 \pm 31,63 \text{Kg/ha}$ ). L'existence de différence significative a été également notée entre les fertilisants ( $P=0,018$ ). Ainsi, le fertilisant T2 a donné un rendement en graine ( $652,00 \pm 55,32 \text{Kg/ha}$ ) significativement plus important que celui du témoin absolu T0 ( $555,94 \pm 45,31 \text{Kg/ha}$ ) qui donné le plus faible résultat.

De même, l'interaction site\*fertilisant a une influence significative ( $P=5,79e-06$ ) sur le rendement en graine (Figure 11). Le meilleur rendement en graine ( $749,31 \pm 142,79 \text{Kg/ha}$ ) a été induit par le fertilisant T1 en station SEFA et le plus faible rendement en graine ( $530,38 \pm 54,00 \text{Kg/ha}$ ) a été noté au niveau du T0 en milieu paysan (Figure 11).



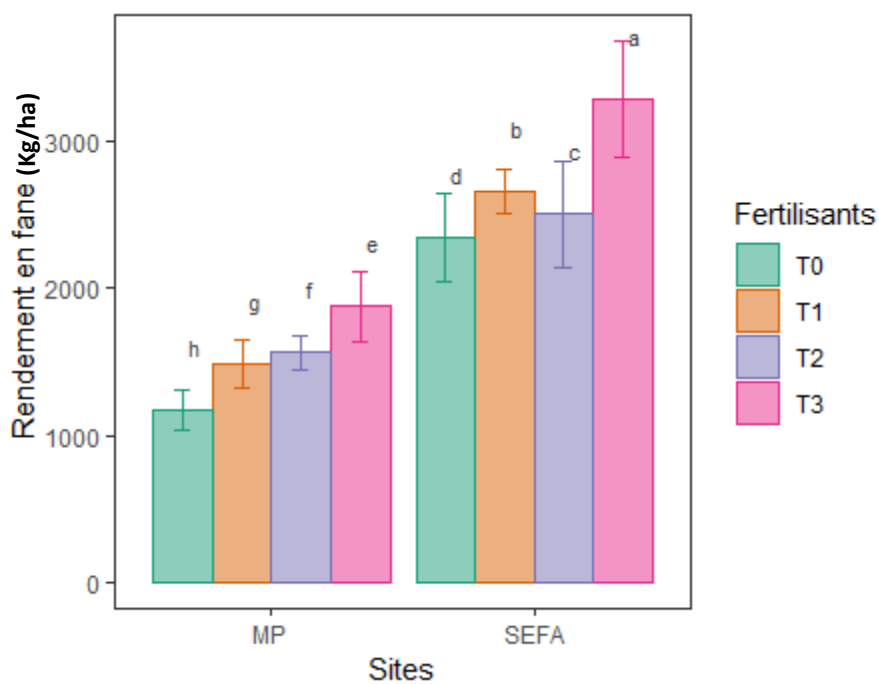


**Figure 11:** variation du rendement en graine en fonction des sites et fertilisants.

### 3.1.2.8 Rendement en fane

L'analyse de la variance du rendement en fanes a révélé qu'il existe une différence significative entre les sites ( $P < 2e^{-16}$ ). Le rendement en fanes des plants cultivés en station SEFA ( $2695,31 \pm 168,47 \text{Kg/ha}$ ) a été plus important par comparaison à celui obtenu par les plants cultivés en milieu paysan ( $1523,44 \pm 92,81 \text{Kg/ha}$ ). Le même constat a été fait entre les fertilisants qui ont influencé significativement ( $P < 2e^{-16}$ ) le rendement en fane. Ainsi, le fertilisant T3 a obtenu globalement le meilleur rendement en fane ( $2343,75 \pm 278,71 \text{Kg/ha}$ ) tandis que T0 a donné le faible rendement ( $1562,50 \pm 210,69 \text{Kg/ha}$ ).

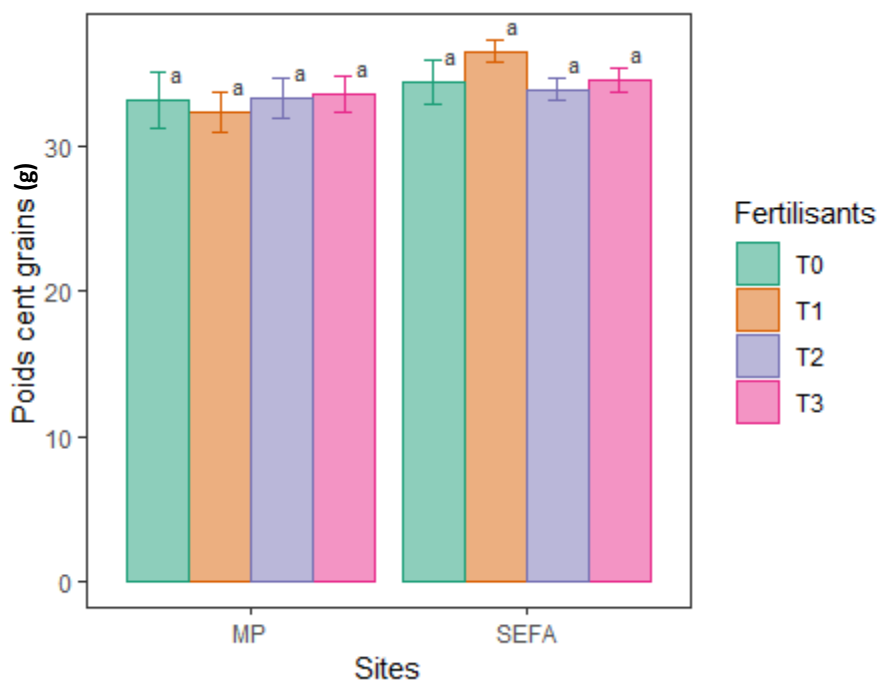
L'analyse a montré également que l'interaction site\*fertilisant a eu un effet significatif ( $P = 1.91e^{-08}$ ) sur le rendement en fane (Figure 12). Le fertilisant T3 testé en station SEFA a donné le meilleur rendement en fane ( $3281,25 \pm 393,22 \text{Kg/ha}$ ) par comparaison au témoin absolu en milieu paysan qui a enregistré le plus faible rendement en fane ( $1171,88 \pm 141,61 \text{Kg/ha}$ ) (Figure 12).



**Figure 12:** variation du rendement en fane en fonction des sites et fertilisants.

### 3.1.2.9 Poids cent graines

L'analyse de la variance a révélé que le poids cent graines n'a pas varié significativement ( $p > 0.05$ ) entre les sites, fertilisants et interaction site\*fertilisant (Figure 13).

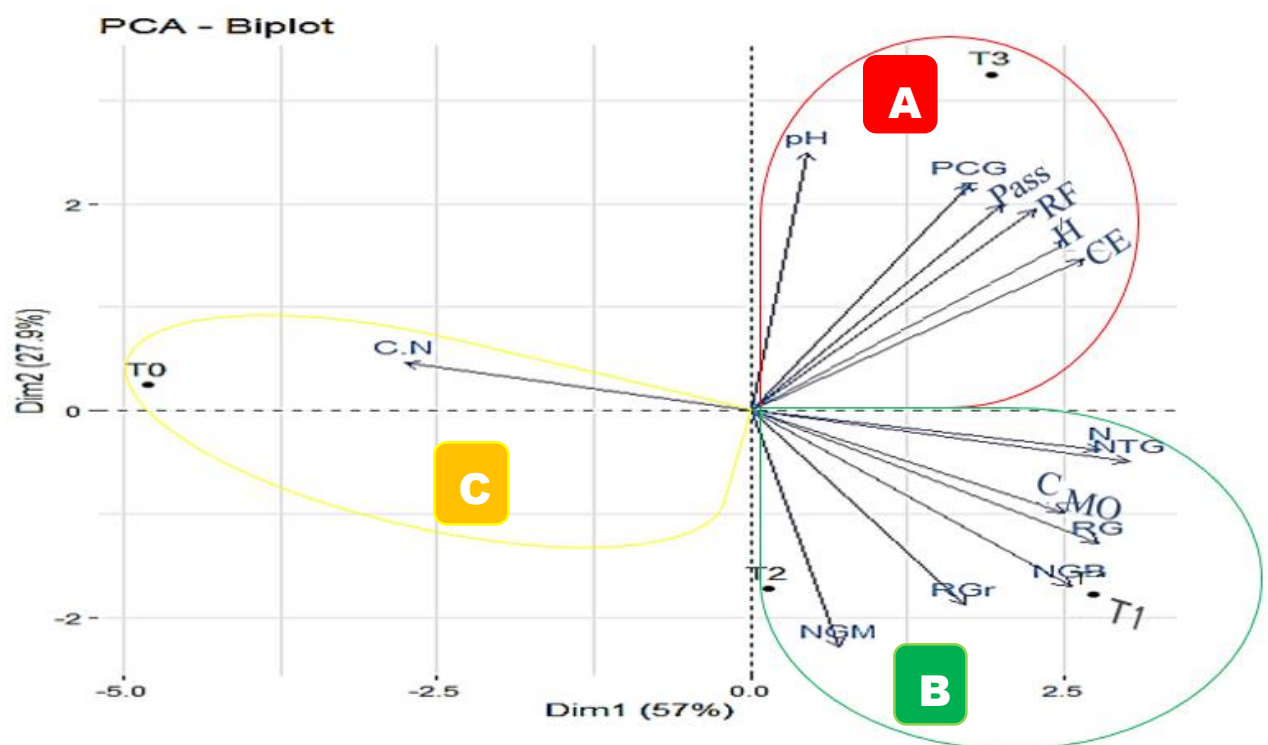


**Figure 13:** variation du poids cent graines en fonction des sites et fertilisants.

### 3.1.2.10 Relation entre les paramètres agronomiques de l'arachide et les propriétés chimiques du sol

Les axes F1 (29,7%) et F2 (57%) absorbent 86,7% de la variabilité étudiée, ce qui est suffisant pour une bonne représentation graphique de l'information contenue dans la matrice (Figure 14). Ainsi l'ACP a permis de distinguer trois groupes :

- ❖ Le groupe **A** est constitué du fertilisant T3 qui a une forte influence positive sur le poids cent graines, la hauteur, le rendement en fane. Ce fertilisant a une forte corrélation avec la conductivité électrique, la teneur en phosphore assimilable et le pH (réduction l'acidité du sol).
- ❖ Le groupe **B** est constitué des fertilisants T1 et T2. Ces derniers ont une forte influence positive sur le rendement en gousse, le nombre de gousses bi-graines, le nombre total de gousse, le rendement en graine et le nombre de gousses mono graines. Ces deux traitements sont fortement corrélés avec le carbone disponible, l'azote disponible et le taux de MO.
- ❖ Enfin le groupe **C** composé du témoin absolu T0, est caractérisé par de faibles valeurs sur la hauteur et les paramètres de rendement. Mais ce traitement est fortement corrélé avec le rapport C/N.



**Figure 14:** relation entre les différents paramètres et les différents traitements.

## 3.2 DISCUSSION

### 3.2.1 Effets des fertilisants sur les propriétés chimiques du sol

Le pH est une donnée très importante qu'il faut prendre en compte car comme l'explique Bacye (1993), les quantités d'éléments nutritifs disponibles dans le sol au cours du cycle cultural, déterminent la qualité de la nutrition minérale des plantes et en grande partie, les rendements des cultures.

L'analyse chimique des sols des deux sites a montré que ces sols sont légèrement acides. En milieu paysan, le pH a diminué; il est passé de 5,84 à 5,75. Cela est conforme aux travaux de Wangs et *al.* (2010) qui ont signalé que le pH du sol tend à diminuer dans une moindre mesure avec l'apport de fumure minérale. Le même constat a été fait par Uyo et Ka., (2000) qui ont révélé l'effet acidifiant des engrais chimiques sur les sols au Nigeria.

Par contre, au niveau de la station SEFA, le pH a augmenté. Il est passé de 5,60 à 5,72. Ces résultats confirment ceux de Traoré, (2015) qui a montré que l'engrais minéral pourrait réduire l'acidification du sol. Ces résultats ne sont pas similaires à ceux obtenus par Olusegun (2014) et Traoré (2015) qui avaient trouvé un pH plus élevé sur des parcelles témoins que sur des parcelles ayant reçues de la fumure minérale. Toutefois, Yaho (2015), et Bacye (1993) ont montré que l'utilisation d'engrais minéral à long terme conduit à une acidification du sol. Cette acidité peut jouer sur l'absorption de certains éléments surtout le phosphore et le potassium.

Pour ce qui concerne l'azote total, les analyses ont relevées une différence significative entre les taux moyens d'azote total sur les deux sols. En effet l'azote initial présent dans le sol a connu une diminution en milieu paysan et une augmentation en station. Ceci pourrait s'expliquer d'une part (en milieu paysan) par l'acidité du sol et son utilisation par les plantes et d'autre part (en station) par la faculté de cette plante d'arachide à fixer l'azote atmosphérique et une acidité réduite après application des fertilisants. Ces résultats corroborent ceux de l'UNIFA, (2015) qui stipulait qu'en l'absence d'azote, l'arachide bien que capable de fixer l'azote utilise d'abord l'azote contenu dans le sol pour sa croissance surtout au début de son cycle. Cette absorption d'azote peut avoir un impact sur les rendements.

L'analyse des deux sols a relevé une augmentation de la teneur en Pass sur le site SEFA et une diminution de celle-ci en milieu paysan par rapport au témoin initial. En station SEFA, la plus forte quantité de P assimilable a été observée avec la fertilisation organo-minérale T3 qui avait un niveau de P élevé car associant matière organique et NPK. Bacyé (1993) avait affirmé que, l'acidité peut jouer sur l'absorption de certains éléments surtout le phosphore et le potassium.

Encore mieux, Lompo (2009) explique ce phénomène par le fait qu'à un pH compris entre 5,5 et 7, on retrouve le Pass fixé sur les oxydes de fer et d'aluminium et sur les argiles donc inutilisable par les plantes.

Le taux de matière organique est assez bon pour tous les traitements mais sa valeur la plus élevée a été obtenue avec le compost associé à la fertilisation minérale (T3) en station SEFA. Ces résultats confirment que la matière organique améliore les propriétés chimiques du sol, les rendant favorables à la croissance des cultures et constitue une source d'éléments nutritifs pour les cultures (Mulaji, 2011). Nos résultats sont similaires à ceux de Yang et al (2007) selon qui, une élévation du rapport C/N et du taux de MO du sol révèle une plus grande proportion de la MO fraîche partiellement décomposée.

En revanche, le rapport C/N est compris entre 10 et 15 pour tous les traitements, mais sa valeur a été plus proche de 15 au niveau du témoin absolu en milieu paysan. Ceci témoigne d'une vitesse de décomposition qui s'accroît. Ainsi, selon Giroux et Audesse, (2004) un rapport C/N inférieur à 15 indique une minéralisation rapide et une production d'azote, ce qui est favorable à la plante. Cette minéralisation est à son maximum pour un rapport C/N=10.

### **3.2.2 Effets des fertilisants sur les paramètres agronomiques de l'arachide**

Les résultats de cette étude ont montré que le traitement T3 procure à l'arachide une plus-value importante sur la hauteur. Nos résultats confirment ceux de Doikh (2001). Ainsi, selon lui, la fumure organique agit sur le développement racinaire, qui se traduit par une augmentation de l'activité de nutrition hydrique et minérale qui favorise la croissance et le développement végétatif. Pour Lompo (2005), la matière organique accroît la capacité d'échange cationique et donc accroît avec la fertilisation minérale la quantité et la disponibilité des éléments minéraux dans le sol. De plus, elle améliore la structure du sol et la rétention de l'eau permettant de réduire l'impact des périodes sèches en cours de culture.

Le traitement T3 a donné également le meilleur rendement en fane. Ce résultat s'expliquerait par la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol permettant ainsi une meilleure nutrition de la plante. Nos résultats confirment les travaux de Mayeux et Bonhomme (1994) qui avaient conclu que l'apport de matière organique, associé à la fumure minérale entraîne une augmentation de la production de fane. En effet, l'engrais minéral améliore les rendements, mais pour une courte période. L'engrais minéral seul n'est pas suffisant et n'est pas recommandé pour une production à long terme car il conduit à l'acidification des sols Bado (1994). Un complément de fumure organique est donc nécessaire pour éviter une forte baisse du carbone

du sol et sa capacité d'échange cationique (CEC). Ainsi selon Ouattara (1991), la MO fournit à la plante en plus des éléments majeurs, des oligoéléments qu'elle contient. Cependant la présence de matière organique à des taux élevés diminue la qualité de la récolte et provoque la formation de gousses vides Forestier (1976). Cette affirmation pourrait expliquer les faibles rendements en gousse et en graine obtenus avec le traitement T3.

S'agissant du rendement en graine, le fertilisant T2 ( $652 \pm 61,459$ kg/ha) a donné le meilleur résultat. Ceci laisse penser que la formule d'engrais T2 (8N-27P-13K-10CaO) qui est à prédominance phosphorée et calcique, répond mieux aux besoins de l'arachide pour cette variable. Cette affirmation est soutenue par Bockelee-Morvan (1964) selon qui, les besoins de l'arachide en potasse au Sénégal sont généralement faibles, et les engrais utilisés sont à prédominance phosphorés sur la plus grande partie de la zone arachidière.

Rappelons que le rendement moyen en gousse de l'essai a été de  $955,770$  kg/ha. Le meilleur fertilisant pour cette variable est T1 ( $992,875$ kg/ha), mais cette production est inférieure à la référence qui est de  $1,5-2,5$ t/ha pour la variété 69-101. De même que le poids des cent graines a été ( $33,675$ g) ce qui est inférieur à la référence ( $46-50$ g). Aucune différence significative n'a été notée pour cette variable. Toutefois, le fertilisant T3 a donné le meilleur poids des cent graines en termes de valeur absolue. Ces faibles résultats observés sur le rendement en gousse et sur le poids des cent graines par rapport à la référence s'expliqueraient par de mauvaises conditions de culture ou de maturation, d'ordre pédologique ou climatique. Effectivement, les fortes pluies en cours de culture pourraient induire à de faibles rendements.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objectif principal de cette étude a été de contribuer à l'amélioration des rendements de la culture d'arachide au Sénégal. Les résultats obtenus sur les analyses de sol ont rapporté que les fertilisants n'ont pas d'effet significatif sur le pH du sol. Cependant, une modification des teneurs en carbone, en phosphore assimilable, en matière organique en azote et du rapport C/N a été notée après application des fertilisants. Les meilleurs résultats ont été enregistrés en station SEFA avec la nouvelle formule 8N-27P-13K-10CaO + compost. Les hauteurs et les rendements enregistrés en station SEFA étaient supérieurs à ceux obtenus sur les parcelles paysannes. La nouvelle formule 8N-27P-13K-10CaO + compost a permis d'obtenir une meilleure croissance des plants d'arachide. Ainsi, les résultats obtenus sur la production d'arachide ont indiqué que l'apport du mélange (8N-27P-13K-10CaO + compost) au sol a permis d'obtenir le meilleur rendement en fane. Mais le meilleur rendement en grain a été obtenu avec la nouvelle formule 8N-27K-13K-10CaO. En perspectives, Il serait intéressant de :

- ✓ reconduire l'étude sur ces deux sites pour confirmer ou infirmer les résultats de la première campagne
- ✓ et d'étudier la variation des doses de matières organiques en combinaison avec différentes doses de la nouvelle formule d'engrais 8N-27K-13K-10 CaO.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ANDS., 2019.** Sénégal : Enquête démographique et de santé continue. Rapport sur les indicateurs clés publié en Novembre 2020 20 p.

**Anonyme. 2003:** Techniques de production des semences (ICRISAT). Sénégal 182 p.

**Bacyé B., 1993.** Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes en zone soudano-sahélienne. (Province du Yatenga, Burkina Faso). Thèse de doctorat en Sciences. Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III. 243 pages.

**Bado B. V., 2002.** Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de doctorat: Université Laval Québec, 197 p.

**Bado B. V., 1994.** Modification chimique d'un sol ferrallitique sous l'effet de fertilisants minéraux et organique: conséquences sur les rendements d'une culture continue de maïs, 57 p.

**Bado B.Y., Sedogo P.M., Hien Y. et Lompo F., 1991.** Utilisation efficace des engrais azotés pour une augmentation de la production vivrière: Experience du Burkina Faso. A. U. Mokwunye (Ed.), *Alleviating Soil Fertility Constraints to Increased Crop Production in West Africa*, p 115-123.

**Bationo. A et Ntare B. R., 2000.** Rotation and nitrogen fertilizer effects on pearl millet, cowpea and groundnut yield and soil chemical properties in a sandy soil in the semi- arid tropics, West Africa. *Journal of agricultural Science* 134: 277-284.

**Baize. D, Jabiol. B., 1995.** Guide pour la description des sols. Front Cover- Science. Quae, Jan 1, 1995. 375p.

**Bockelee Morvan, A., 1964** Etude de la carence potassique au Sénégal. Oléagineux N 10 p. 603,608.

**CIRAD - FRA, GRET – FRA, 2022.** Ministère des affaires étrangères (France), 2002. Mémento de l'agronome. Montpellier : CIRAD-GRET. 1691 p.



- Delas, J., 2010.** Fertilisation de la vigne 2e édition. Editeur: FeretEds. Collection: Usuels. Date de parution: janvier 2011. 166p. Consulté le 18/04/2023. <http://www.chateauloisel.com/vin/livre/delas-fertilisation-vigne-2e.htm>.
- Diallo, M., 2022.** Conseil départemental de Sédhiou 16 juin 2022. Sénégal.
- Diallo, M., 2018.** Effet des engrais organiques et minéraux sur la croissance et la production de l'arachide en basse Casamance. Mémoire de master, Université Cheikh Anta Diop de Dakar.
- Diop, A., 2019.** Fertilisation minérale et organique de l'arachide en basse Casamance. Thèse de doctorat, Université Gaston Berger de Saint-Louis.
- Doikh L.N., 2001.** Evaluation agronomique de variétés d'arachide de bouche à Nioro du RIP (Centre Sud du Bassin d'Arachidier). Mémoire de l'Ecole National des Cadres Ruraux (ENCR) de Bambey, ISRA. 32 p.
- Doucouré, F., 1999.** Utilisation d'une souche mutante pour l'identification de variétés d'arachide tolérantes à *Aspergillus flavus* et la production d'Aflatoxines. Mémoire de fin de formation d'ENSA 70 p.
- FAO, CSE, 2003.** L'évaluation de la dégradation des terres au Sénégal. Projet FAO Land Degradation Assessment. Rapport préliminaire. Avril. 59 p.
- FAO, 2003.** Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. Rome 55p.
- Fall I., 1988.** L'arachide, grand prix du président de la république pour les sciences et les technologies. 300 p.
- Fitzpatrick, E. A. 1983.** Soil organic matter analysis: A compilation of available methods. EPA/600/3-83/012. United States Environmental Protection Agency, Environmental Monitoring and Support Laboratory, Cincinnati, OH.
- Forestier J., 1976.** Bibliographie commentée de l'arachide. Institut de recherches agricoles et forestières. ONAREST. République unie du Cameroun. 174p.
- Freud C., Freud E.H., Richard J. & Thenevin P. 1997.** L'arachide au Sénégal : un moteur en panne. Paris, Karthala 138 p.
- Gillier P., 1969.** L'arachide, Maisonneuve et Larose Paris. France, 37p.

**Gillier, P. et Silvestre, P., 1969.** L'Arachide. Techniques Agricoles et Productions Tropicales. Paris. G.P. MAISONNEUVE et LAROSE. 292 pages.

**Giroux, M., Audesse, P., 2004.** Comparaison de deux méthodes de détermination des teneurs en carbone organique, en azote total et du rapport C/N de divers amendements organiques et engrais de ferme, agro-sol, *American journal of Materials Science and Engineering* Décembre 2004, vol. 15, no 2, en ligne p 35-41.

**Hageman R. H., 1984.** Ammonium versus nitrate nutrition of higher plants. In. Nitrogen in crop production. ASA-CSSA-SSSA, Madison, USA, 67-85.

**Hamasselbe A., 2008.** La revalorisation de la filière arachide dans la Zone soudano-sahélienne du Nord Cameroun in *Tropiculture* 2008, 28, N 4, p200-205. 205 p.

**Kouadio A.L., 2007.** Des Interuniversitaires en gestion des risques naturels: Préviation de la production nationale d'arachide au Sénégal à partir du modèle agro météorologique AMS et du NOVI. ULG-Gembloux 54 p.

**Joffe, J.S., 1949.** Pedology. Second Edition. Soil Science, 68(4). 346p.

**Lamaze T., Khamis S., Lemoine Y., Foyer C. 1990.** Adaptation of the Photosynthetic Apparatus in Maize Leaves as a Result of Nitrogen Limitation 1: Relationships between Electron Transport and Carbon Assimilation. In *Plant Physiology*, Volume 94, Issue 3, November 1990, p 1436–1443. <https://doi.org/10.1104/pp.94.3.1436>.

**Le Douarin, E. and Werckmann, M., 2010.** L'assainissement écologique. Éditeur(s) : Eyrolles. Collection(s) : Eyrolles environnement. Paru le : 14/01/2010 126p.

**Lompo F., 2009.** Effets induits des modes de gestion de la fertilité des sols sur les états du phosphore et la solubilisation des phosphates naturels dans deux sols acides du Burkina Faso, université de Cocody/UFR. Thèse de doctorat 254p.

**Malé S., 1971.** La riziculture dans le département de Sédhiou. Mémoire de stage de l'École nationale d'Administration du Sénégal (ENA), Dakar. 67 p.

**Mayeux A. H., 2001.** Atelier de formation échange- Dossier, techniques sur les normes de productions; de stockage et distribution des semences d'arachide en milieu paysan, 124 pages

**Mayeux A., Bonhomme A. 1994.** Rapport d'activités - campagne 1993. CIRAD Agronomie Arachide 19 pages.

**Murphy J., Riley J.P., 1962.** A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. In *Analytica Chimica Acta* Volume 27, 1962, Pages 31-36.

[https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)88444-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5)

**Mulaji K.K., 2011.** Utilisation des composts de déchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides et contaminés par les éléments traces métalliques dans les régions de Kolweji et Kinshasa en République Démocratique du Congo. Thèse de Doctorat. Université de Liège 191 p.

**Ndéné M.S., 2011.** Quand l'arachide tousse au Sénégal, l'économie rurale s'enrhume ! Extrait du CNCR. 5 p.

**Néron, F. and Alletto, L., 2021.** Petit précis d'agronomie. Editions : France Agricole. Collection : Agri production / Univers agric. Date parution : 06/2021. Consulté le 18/04/2023. <https://univ-senegal.scholarvox.com/catalog/book/88914177>

**Novello C. et Santamaria C., 2005.** L'allergie alimentaire à l'arachide. Université Paris XII - Val de Marne 61 Avenue du General de Gaulle 5-8.

**Ntare B.R, Diallo A.T., Ndjeunga J. et Waliyar F., 2008.** Groundnut Seed production Manual. Institut international de Recherches sur les cultures tropicales Semi-arides 106 p.

**Olusegun O. S., 2014.** Influence of NPK 15-15-15 fertilizer and pig manure on nutrient dynamics and production of cowpea, *vignaunguiculata* L. Walp. *American journal of Agriculture and Forestry*. vol. 2, No. 6, 2014, pp. 267-273. Doi: 10.11648/j.ajaf.20140206.16.

**Ouattara B., 1994.** Contribution à l'étude de l'évolution des propriétés physiques d'un sol ferrugineux tropical sous culture: pratiques culturales et états structuraux du sol. Thèse de docteur - ingénieur, Université nationale de côte d'Ivoire, 153p.

**Pieri C., 1989.** Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente années de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. Ministère de la coopération-IRAT/CIRAD. 444 pp.

**Senghor, A., Diop, M., et Ndiaye. S, 2020.** Impact des fertilisants organo-minéraux sur les propriétés chimiques du sol et la production de l'arachide dans la région de Ziguinchor. Rapport de recherche, Institut sénégalais de recherche agricole 182 p.

**Schilling R., 1996.** L'arachide en Afrique tropicale. Collection: le technicien d'agriculture tropicale. Editions : Maisonneuve et Larose 171 p.

**Schilling R., 2003.** Conservation de l'arachide en milieu paysan : Analyse des pertes Post-Récolte, Relation Insectes/Aflatoxine, Essai de protection. Keur-Baka campagne 1995/96. 23p.

**Stengel, P. and Gelin, S., 1998.** Sol : interface fragile. 1ère édition INRA. Collection : Mieux comprendre. Département de Biochimie. 222p.

**Soltner D., 1994.** Les bases de la production végétale. Collection Sciences et Techniques agricoles. 20e édition, Tome 1, 467p.

**Traoré O. L., 2015.** Mineral fertilizer application and grain yield of two maize varieties in the sub sudanian zone of Burkina Faso. Master of philosophy in soil science, Kwame Nkrumah University of science and technology Kumasi, Ghana School of graduate studies department of crop and soil sciences. Ghana 99p.

**UNIFA, 2015.** Les matières organiques du sol, Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc-Roussillon - Tome 1. France 12p.

**Uyo Y. E. O. et KA. E., 2000.** Effect of inorganic fertilizer and foliage of *Azadirachta* and *Parkia* species on the productivity of early maize, *Nigerian Journal of Soil Research*, 17-22p.

**Wang B. R., Cai Z. J. et Li D. c., 2010.** Effect of different long-term fertilization on the fertility of red upland soil. *Journal of soil and water conservation* 24: 85-88.

**Yao A.S., 2015.** Recommandations spécifiques d'engrais pour la fertilisation de l'arachide. Mémoire de fin de cycle présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural. Institut du développement rural (IDR) N 2015/AGRO, Burkina-Faso 46p.

**Yang, J. Y. De Jong, R. Drury, C. F. Huffman, E. C. Kirkwood, V. Yang X. M. 2007.** Development of a Canadian Agricultural Nitrogen Budget (CANB v2.0) model and the evaluation of various policy scenarios. *Canadian Journal of Soil Science* 87: Pages 153–165.