

# Evaluation des performances agro-morphologique de *Zea mays* L. en gestion intégrée en zone de savane, Damara, République Centrafricaine

KOSH-KOMBA E.<sup>1,3\*</sup>, GOUGODO DE MON-ZONI Léancy Julie.<sup>2,3</sup>, ABA TOUMNOU Lucie<sup>4</sup>, WABOLOU KOMEMBA Jean-François<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Plant and Fungal Biodiversity Laboratory, Faculty of Sciences, University of Bangui, CAR.

<sup>2</sup>Central African Institute for Agricultural Research (ICRA), Bangui, CAR.

<sup>3</sup>Soil and Environment Laboratory (LSE), Faculty of Sciences, University of Bangui, Central African Republic.

**Mots clés :** maïs, fertilisants, Densité, rendement, savane, RCA.

**Key words:** maize, fertilizers, density, yield, savannah, CAR.

Auteur correspondant : E.mail : [ephremkoshkomba7@gmail.com](mailto:ephremkoshkomba7@gmail.com)

Submitted 14/07/2025, Published online on 31<sup>st</sup> August 2025 in the [Journal of Animal and Plant Sciences \(J. Anim. Plant Sci.\) ISSN 2071 – 7024](#)

## 1 RESUME

L'intensification agricole et la diversification des cultures, surtout vivrières, sont une nécessité pour assurer la sécurité alimentaire. L'étude menée en gestion intégrée en zone de savane, dans la localité de Damara, précisément au village Ndara I, avait pour objectif d'analyser les différents paramètres de croissances et agronomiques sur la culture du maïs de la variété CMS sous deux densités (D1=41 666 plants/ha et D2= 25 000 plants/ha), couplées à différents traitements à base de fertilisants minéraux et organiques, en vue d'apprécier l'association « traitement+densité » la plus performante. Pour cela, deux dispositifs expérimentaux, conduits au champ en milieu paysan, ont été mis en place. Les dispositifs sont contigus et sont conduits en blocs complets randomisés. Il y a en tout six traitements (T0= témoin sans fertilisants ; T1= maïs + 30g/plants d'urée + 10g/plants de TSP + 4g/plant de sulfate de potassium ; T2= maïs + 30g/plants de d'urée + 10g/plants de TSP + 4g/plant de sulfate de potassium + 250g/plant de bouse de vache ; T3= maïs + 250g/plant de bouse de vache ; T4= maïs + légumineuse (arachide) intercalaire ; T5= maïs + légumineuse (arachide) en vrac). Ces six traitements ont été randomisés en trois répétitions par dispositifs. Les résultats obtenus montrent que le traitement T2 (T2D1= 9,6t/ha) de la densité D1 donne le meilleur rendement en grain suivi de T3 (T3D1=8,3t/ha) de la même densité. La densité D1 est la densité qui donne le plus de rendement en grain par rapport à D2. Le traitement T3 (T3D2=50,6t/ha) de la densité D2 donne le meilleur rendement en biomasse aérienne des deux dispositifs.

## ABSTRACT

Agricultural intensification and crop diversification, especially for food crops, are essential to ensure food security. The aim of this integrated management study carried out in the savannah area of Damara, in the village of Ndara I, was to analyze the various growth and agronomic parameters of the CMS maize crop at two plant densities (D1=41,666 plants/ha and D2= 25,000 plants/ha), coupled with different mineral and organic fertilizer treatments, with a view to assessing the most effective “treatment+density” combination. To this end, two experimental set-ups were set up in the field. The systems are contiguous and run in randomized complete blocks. There are six treatments in all (T0= control with no fertilizers;

T1= maize + 30g/plant urea + 10g/plant TSP + 4g/plant potassium sulfate ; T2= maize + 30g/plant urea + 10g/plant TSP + 4g/plant potassium sulphate + 250g/plant cow dung; T3= maize + 250g/plant cow dung; T4= maize + legume (groundnut) intercrop; T5= maize + legume (groundnut) bulk). These six treatments were randomized to three replicates per system. The results show that treatment T2 (T2D1=9.6t/ha) at density D1 gives the best grain yield, followed by T3 (T3D1=8.3t/ha) at the same density. Density D1 is the density with the highest grain yield.

## 2 INTRODUCTION

Le maïs (*Zea mays* L.) est un aliment important et une culture vivrière dans le monde. Il est la première céréale produite devant le blé (*Triticum aestivum* L. subsp.aestivum) (FAOSTAT, 2016). Originaire d'Amérique centrale et latine, le maïs est actuellement cultivé avec succès dans les régions tempérées, tropicales et subtropicales (Malumba, 2008). Dans le monde, les zones à haut rendement restent relativement limitées ; elles se situent principalement aux Etats-Unis et en Europe de l'Ouest. Dans ces régions le maïs est destiné essentiellement à l'alimentation animale et aux industries de transformation. En Afrique, en Asie et en Amérique latine, il est cultivé pour l'alimentation humaine. La production du maïs au plan mondial était de 160 millions d'hectares de graines cultivées, soit 1054 millions de tonnes de grains produits avec un peu plus de 12% en 2013 (FAO, 2019). Une production de maïs qui sert à 60% pour l'alimentation animale, 30% pour l'industrie et 10% pour l'alimentation humaine. Les Etats-Unis sont les premiers exportateurs mondiaux de maïs avec 52 millions de tonnes, devant le Brésil avec 37 millions de tonnes, l'Argentine avec 34 millions de tonnes, l'Ukraine avec 24 millions de tonnes et la Russie 5 millions de tonnes (FAO, 2019). En termes de production, les Etats-Unis reste le premier avec environ 367 millions de tonnes et après vient la Chine avec plus de 224 millions de tonnes et le Brésil avec 76 millions (FAOSTAT, 2016). En Afrique, le maïs constitue une source d'alimentation importante (Falalou, 2000). Si en occident, la culture du maïs est essentiellement destinée à l'alimentation animale et aux industries de transformation, en Afrique elle est plutôt orientée vers l'alimentation humaine.

L'alimentation des peuples subsahariens est basée en grande partie sur les céréales. Ainsi le maïs vient en deuxième position après le riz. Les plus grands producteurs de maïs en Afrique sont, en première position, l'Afrique du Sud avec 15,3 millions de tonnes, suivi du Nigéria avec 12 millions de tonnes, de l'Ethiopie avec 10,02 millions de tonnes, de l'Egypte avec 7,5 millions de tonnes et de la Tanzanie avec 6,71 millions de tonnes (FAOSTAT, 2020). La République Centrafricaine possède plus de 15 millions d'hectares de terres arables dont environ 800 000 hectares sont cultivés. L'agriculture emploie environ 75% de la population active et contribue à hauteur de 45% du PIB. La culture du maïs en Centrafrique est principalement une agriculture de subsistance, utilisant des moyens rudimentaires. Il est cultivé sur toute l'étendue du territoire avec une prédominance en zone de savane. La République Centrafricaine a une production moyenne de 90 mille tonnes de maïs et se classe à la 28e position sur 51 des plus grands producteurs de maïs en Afrique (FAOSTAT, 2020). Cette faible production peut avoir plusieurs causes dont : le manque de matériels performants de production (tracteurs par exemple) ; la faible utilisation des variétés améliorées et des intrants agricoles (engrais minéraux et organiques) ; à l'importance des dégâts dus aux diverses maladies de la plante ; les mauvaises pratiques culturales ; etc. dans un tel contexte, une intensification des systèmes de production s'avère nécessaire. Elle passe par l'utilisation de variétés améliorées, de nouvelles techniques culturales, l'application des rotations de culture et diversification des cultures (Bougma et al., 2018 ; Doumbia et al., 2020). Afin de contribuer aux efforts visant l'augmentation

de la production du maïs pour une rentabilité économique, cette étude est conduite en zone de savane par une évaluation des performances agro-morphologique sous différents traitements couplés à deux types de densités. L'objectif général de cette étude est d'évaluer la production agricole du maïs à travers une gestion intégrée en zone de savane par l'évaluation de l'effet des fertilisants organo-minéral et des densités de

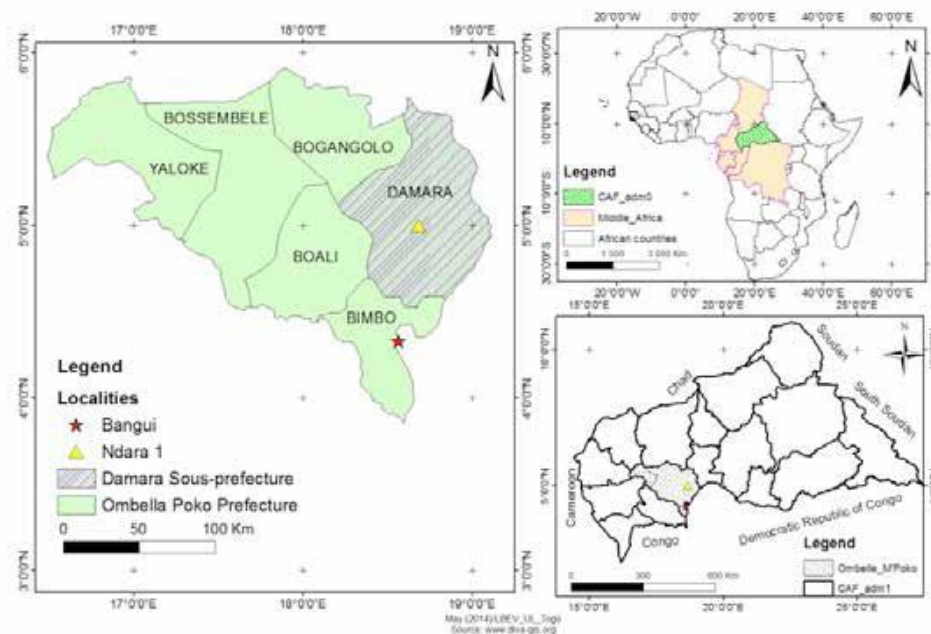
semis. D'une manière plus spécifique, il s'agit de :

- Evaluer la croissance du maïs en lien avec les différents traitements en fonction des densités ;
- Evaluer les rendements du maïs en fonction des traitements et des densités.

### 3 MATERIALS ET METHODES

**3.1 Cadre d'étude :** Le site est situé à 80 Km de la ville de Bangui dans la préfecture de l'Ombella-Mpoko, sous-préfecture de Damara, plus précisément dans le village Ndara I situé sur l'axe Bogangolo à 5 Km du centre-ville de

Damara. Le dispositif est installé sur une parcelle appartenant au groupement agropastoral du village (04°59'622" de latitude Nord et 18°40'442" longitude Est)(figure 1)



**Figure 1 :** Localisation de la zone d'étude

La zone possède un climat du type Soudano-oubanguien ce qui fait d'elle une zone de savane. Elle est caractérisée par l'alternance de deux saisons : une saison pluvieuse, qui s'étend d'avril à septembre, et une saison sèche, de novembre à janvier, intercalée par une période d'intersaison, de février à mars. La pluviométrie annuelle y varie de 1200 mm à 1600 mm. La température oscille entre 23 et 27°C, toute l'année (Tambashe et al., 2008). La

végétation y est essentiellement composée de : *Chromolaena odorata* (L.), *Panicum maximum* (Franch.), *Purera javanica* (Benth.), *Mimosa pudica* (L.), *Daniella oliveri* (L.), *Andropogon gayanus* (Kunth.), et *Piliostigma thonningii* (Sch.) (Koko, 2008). Les sols sont de type dystic ferralsol, peu profonds, avec une bonne porosité et une intense activité biologique, mais leur structure est mal développée, et la texture, argilo-limono-sableuse (Tambashe et al., 2008). La

principale activité des habitants de la zone est l'agriculture, avec, comme cultures dominantes, les cultures de manioc (*Manihot esculenta* Crantz), de riz (*Oryza sativa* L.), de bananier (*Musa sapientum* et *Musa nana* L.). A côté de cette activité agricole, se pratiquent la pêche et la chasse (Koko, 2008).

**3.2 Matériel végétal :** Le matériel végétal est constitué des semences du maïs fournies par l'Institut Centrafricain pour la Recherche Agronomique (ICRA) et celles d'arachide tout venant achetées sur un marché local (Figure 2).



**Figure 2 :** semences de maïs et parcelle d'essai à deux mois

**Fertilisants minéraux :** Les engrais minéraux utilisés sont constitués de l'urée ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) contenant 46% de d'azote, du triple super phosphate TSP ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ) contenant 46% de Phosphore et du sulfate de potassium ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), contenant 42% de Potassium.

➤ L'urée : cet élément intervient dans le processus de développement végétatif et foliaire de la plante maïs est très volatile et aussi très soluble dans l'eau ; d'où la nécessité de fractionner son apport au cours du cycle de la culture pour éviter sa perte.

➤ Le triple super phosphate (TSP) : cet élément agit dans la formation des fruits, dans notre cas les épis.

➤ Le sulfate de potassium : il agit sur la maturation des épis et le dessèchement des feuilles.

**Fertilisant organique :** Le fertilisant organique utilisé pour la réalisation de cette étude est la bouse de vache. Cette matière fournie des éléments nutritifs, et du carbone organique et ceci pour améliorer la propriété physique du sol tel que la rétention d'eau et l'aération du sol. L'activité microbienne permet d'avoir un sol sain

(Hauser et al., 2014). La bouse de vache a passé six mois de décomposition avant utilisation.

### 3.3 Méthodes

**3.3.1 Dispositif expérimental :** Le dispositif expérimental a été conduit en blocs complètement randomisés. L'expérience a été menée par rapport à deux densités distinctes. Une densité de  $0,6 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$  et une autre de  $1 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$ . Chaque densité dispose de trois blocs dont chacun comporte six parcelles élémentaires ce qui donne un total de dix-huit (18) parcelles élémentaires pour une densité. Les six parcelles élémentaires représentent le nombre de traitements (5 traitements et un témoin) ce qui fait trois répétitions pour un traitement dans une densité donnée. Les blocs contenant les deux densités sont contigus. Une parcelle élémentaire a une dimension de  $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$  d'où une superficie de  $25 \text{ m}^2$  ; il y a une allée de 2 m entre chaque bloc et le même espacement entre les parcelles élémentaires des bordures et la végétation environnante. Le dispositif complet a une dimension de  $44 \text{ m} \times 44 \text{ m}$  soit une superficie de  $1936 \text{ m}^2$  contenant au total 36 parcelles élémentaires réparties entre deux densités pour six traitements (figure 3).



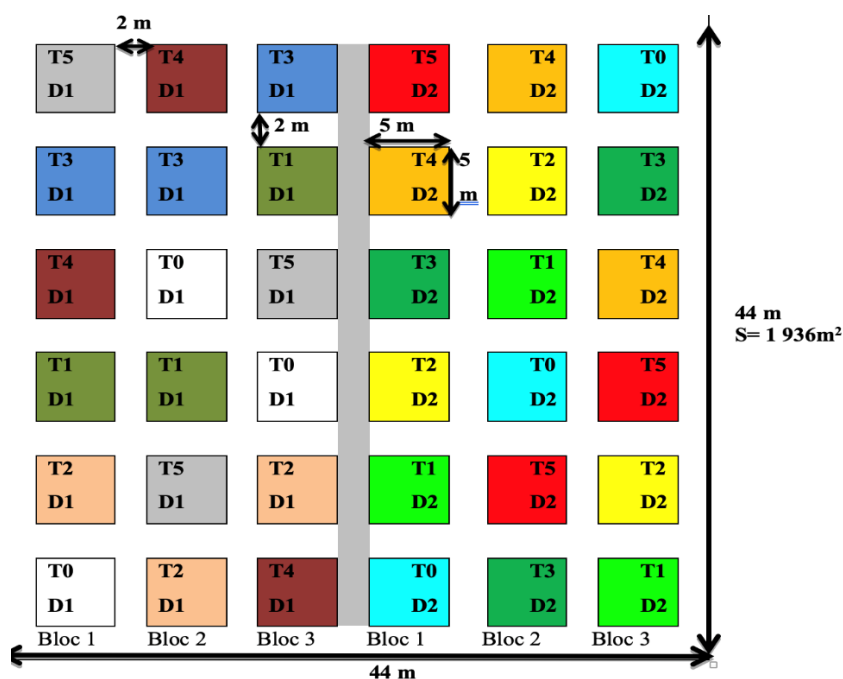


Figure 3 : Dispositif expérimental randomisé

**3.3.2 Installation et suivi du site :** Les travaux effectués lors de l'installation du site sont :

- Désherbage et nettoyage du site ;
- Labour profond 15 cm de profondeur ;
- Piquetage et délimitation des parcelles élémentaires de 5 m×5 m disposées au nombre de six par bloc séparées par des allées de 2 m de large ainsi que des bordures de 2 m de large, donc une surface totale de 1 936 m<sup>2</sup> (44 m×44 m) ;
- Installation des poquets suivant les deux densités par bloc ;
- Application des traitements dans les poquets (mêmes traitements pour les deux densités) :
  - Les poquets contenant T0 = 2 grains de maïs
  - Les poquets contenant T1 = 2 grains de maïs + 10g d'urée + 10g de TSP
  - Les poquets contenant T2 = 2 grains de maïs + 10g d'urée + 10g de TSP + 250g Bouse de vache
  - Les poquets contenant T3 = 2 grains de maïs + 250g Bouse de vache
  - Les poquets contenant T4 = 2 grains de maïs + Légumineuse (arachide intercalaire)

- Les poquets contenant T5 = 2 grains de maïs + Légumineuse (arachide en vrac)
  - Deux semaines après semis : première opération de sarclage ;
  - Un mois après semis : apport de 2g de Sulfate de potassium et 10g d'urée par pieds de maïs (application des doses d'engrais dans un cercle de 10 cm de rayon et 5 cm de profondeur autour de chaque pied de maïs) ;
  - Un mois et deux semaines après semis : deuxième opération de sarclage ;
  - Deuxième apport d'engrais un mois et deux semaines après le premier apport (même dose de d'urée et de sulfate de potassium) ;
  - Récolte trois mois et deux semaines après semis.

#### - Doses et moments d'apport des fertilisants

- Fertilisant organique : 250g de bouse de vache ont été apportées exclusivement lors du semis dans les poquets contenant les traitements T2 et T3 des deux dispositifs.

- Fertilisant minéral

Le tableau 1 présente les différentes doses d'engrais minéraux avec leur moment d'apport.

**Tableau 1 : Doses et moments d'apport des fertilisants**

Moments d'apport	Doses des fertilisants par plants (g/plant)																	
	T0			T1			T2			T3			T4			T5		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Pendant le semis	0	0	0	4,6	4,6	0	4,6	4,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 mois après semis	0	0	0	4,6	0	0,84	4,6	0	0,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 mois et 2 semaines après semis	0	0	0	4,6	0	0,84	4,6	0	0,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**3.4 Analyses des données :** Les données collectées sur le terrain ont été saisies et enregistrées dans le tableur Excel ®2010. Les analyses de variances (ANOVA) et l'Analyse en

Composante Principales (ACP) ont été réalisées sur les variables quantitatives grâce au logiciel R version 3.1.2. Les différents tests (Test de Turkey) ont été validés au seuil de 5%.

## 4 RESULTATS

**4.1 Paramètres de croissances (organe végétatif) :** D'après la figure 4, les performances agro-morphologiques varie selon les traitements et les densités. Ainsi, pour la longueur des feuilles, le traitement T3 de la densité D2 présente la plus grande longueur (T3D2=102,55cm), la plus petite longueur revient au traitement T1 de la densité D1 (T1D1=93,33). La différence au plan statistique de l'effet des traitements en fonction des densités sur la longueur des feuilles est significative ( $p\text{-value}=0,028<0,05$ ). La largeur des feuilles varie entre 9,31cm en T0D1 et 11,06cm en T2D1. La différence sur le plan statistique de l'effet des traitements en fonction des densités sur la largeur des feuilles n'est pas significative ( $p\text{-value}=0,324>0,05$ ). Tous les plants dépassent 2,5m et aucun n'atteint 3m, ils sont compris dans un intervalle de 2,70m-2,90m, avec la moyenne en hauteur la plus élevée en T2D1=290,66cm et la plus faible en T2D2=267,66cm. La différence de l'effet des traitements en fonction des densités sur la hauteur des plants n'est pas significative ( $p\text{-value}=0,221>0,05$ ). T1D1=130,77cm présentent la plus faible hauteur d'épi dans tous le dispositif et T0D2=153,22cm la plus haute du dispositif. Les hauteurs des épis de la densité D2

sont en moyenne plus élevées que celles de la densité D1. Il y a peu de variation entre la hauteur des épis au niveau des traitements T3, T4, et T5 entre les deux densités. La différence de l'effet des traitements en fonction des densités sur la hauteur des épis est significative ( $p\text{-value}=0,003<0,05$ ). La moyenne de nombre de feuilles au-dessus de l'épi est plus élevée pour la densité D1 avec la plus grande moyenne  $n=6,44$  pour le témoin T0 mais il y a peu de différences avec les résultats de la densité D2. La différence sur le plan statistique de l'effet des traitements en fonction des densités sur le nombre de feuilles au-dessus de l'épi n'est pas significative ( $p\text{-value}=0,761>0,05$ ). Le nombre de nervures varie peu pour les deux densités avec un léger pic au niveau du traitement T2 de la densité D1 avec  $n=36,77$ . La différence sur le plan statistique de l'effet des traitements en fonction des densités sur la hauteur des épis est significative ( $p\text{-value}=0,028<0,05$ ). La moyenne de nombre de feuilles pour les deux densités varie peu, de 11,66 au niveau du témoin T0 de la densité D1 à 12,66 au niveau du traitement T3 de la densité D2. La différence sur le plan statistique de l'effet des traitements en fonction des densités sur le nombre de feuilles n'est pas significative ( $p\text{-value}=0,782>0,05$ ).

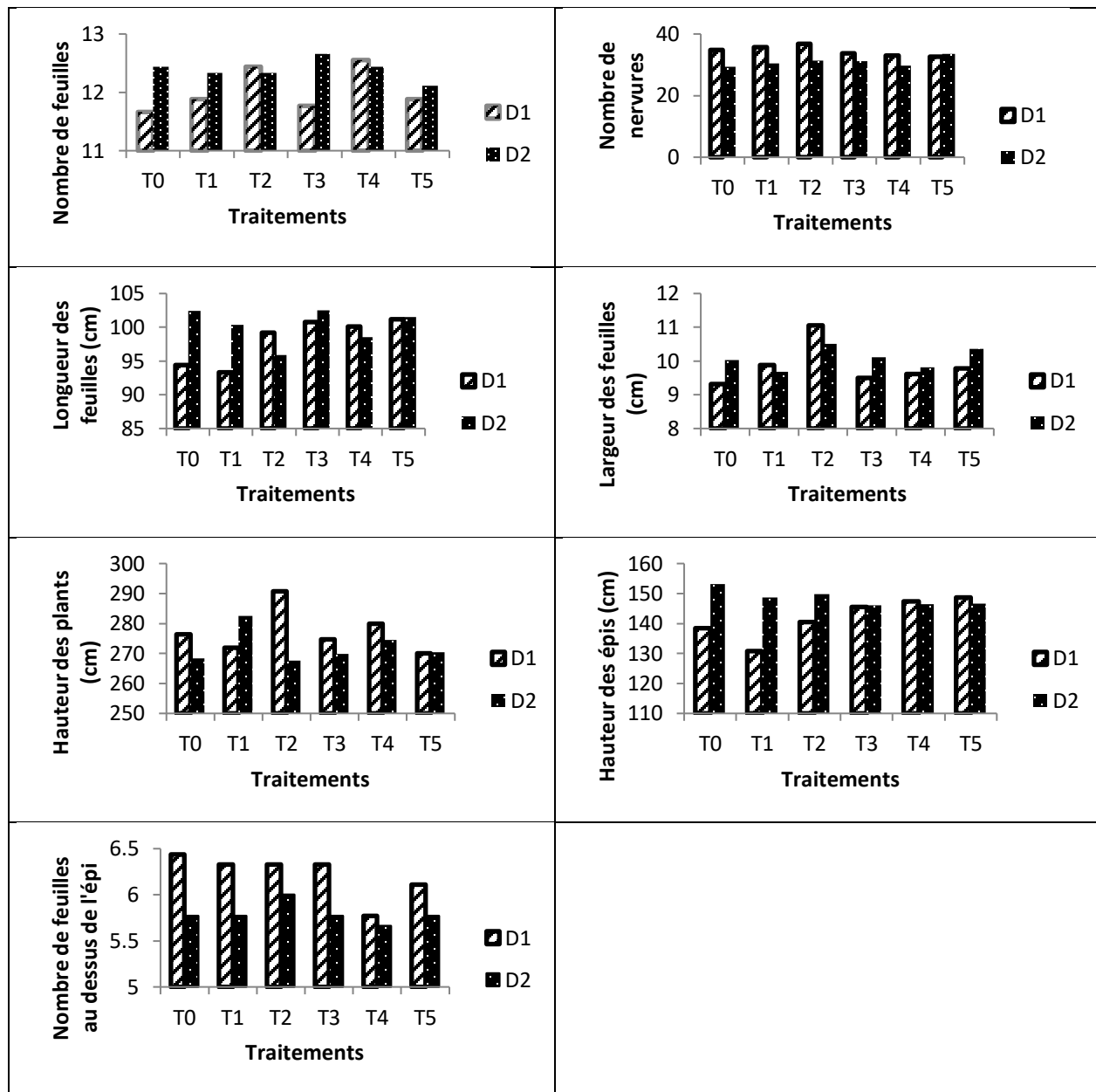


Figure 4 : Variation des paramètres de croissance

**4.2 Paramètre de croissance (organe reproducteur):** La figure 5 montre que les plants de la parcelle élémentaire T0D2, T2D2 et T3D2 présentent des longueurs de panicule plus longues qui sont respectivement de 44,88cm, 44,66cm et 45,55cm et pour la densité D1, T1D1=44,66cm et T3D1=44cm présentent des longueurs similaires, la plus basse longueur se retrouve au niveau de T0D1=40,33. Le traitement T3 semble avoir des effets sur la taille

des panicules. La différence de l'effet des traitements en fonction des densités sur la longueur des panicules n'est pas significative ( $p\text{-value}=0,621>0,05$ ). T4D1=8,11cm présentent les plus petites longueurs de pédoncule et T4D2=10,77cm la plus grande longueur ; la variation de longueur des pédoncules entre les traitements T1, T3, et T5 entre les deux densités semble stable. L'effet des traitements en fonction des densités sur la longueur des

pédoncules ne présente pas de différences significatives ( $p\text{-value}=0,104>0,05$ ). Les distances de ramification sont comprises dans un intervalle qui varie de 10,33cm-11,55cm. La plus grande distance se trouve au niveau de T4D2=T5D2=11,55cm et la plus petite au niveau de T4D1=10,33cm. L'effet des traitements en fonction des densités sur les distances de ramification n'a pas présenté une différence significative ( $p\text{-value}=0,699>0,05$ ). Le nombre de ramification primaire est plus élevé en moyenne au niveau de la densité D1 avec le plus grand nombre au niveau de T1D1=25 et le plus petit nombre au niveau de T0D2=22,55. Il n'y-a cependant pas

de différence significative s'agissant de l'effet des traitements en fonction des densités sur le nombre de ramification primaire ( $p\text{-value}=0,431>0,05$ ). La densité D2 présente plus de plants avec une ramification secondaire notamment en T2D2, T3D2, T4D2, T5D2 et en ramification tertiaire en T2D2, T3D2, T4D2. Le traitement T3 semble être plus efficace pour la floraison. Mais la moyenne reste assez faible pour le nombre des ramifications secondaires et tertiaires. La différence au plan statistique de l'effet des traitements en fonction des densités sur le nombre des ramifications secondaires et tertiaires n'est pas significative (respectivement  $p\text{-value}=0,869>0,05$  et  $p\text{-value}=0,640>0,05$ ).

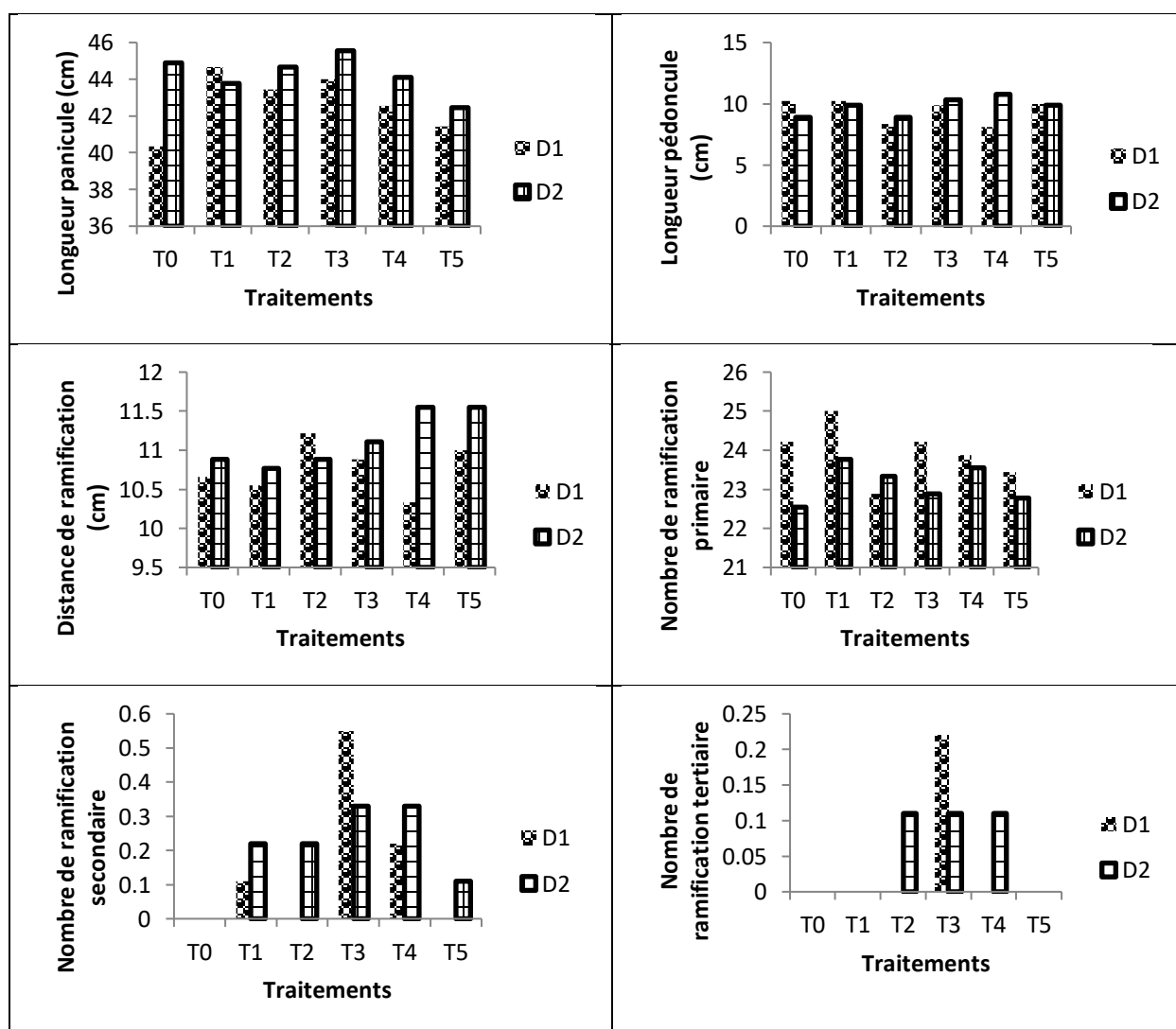
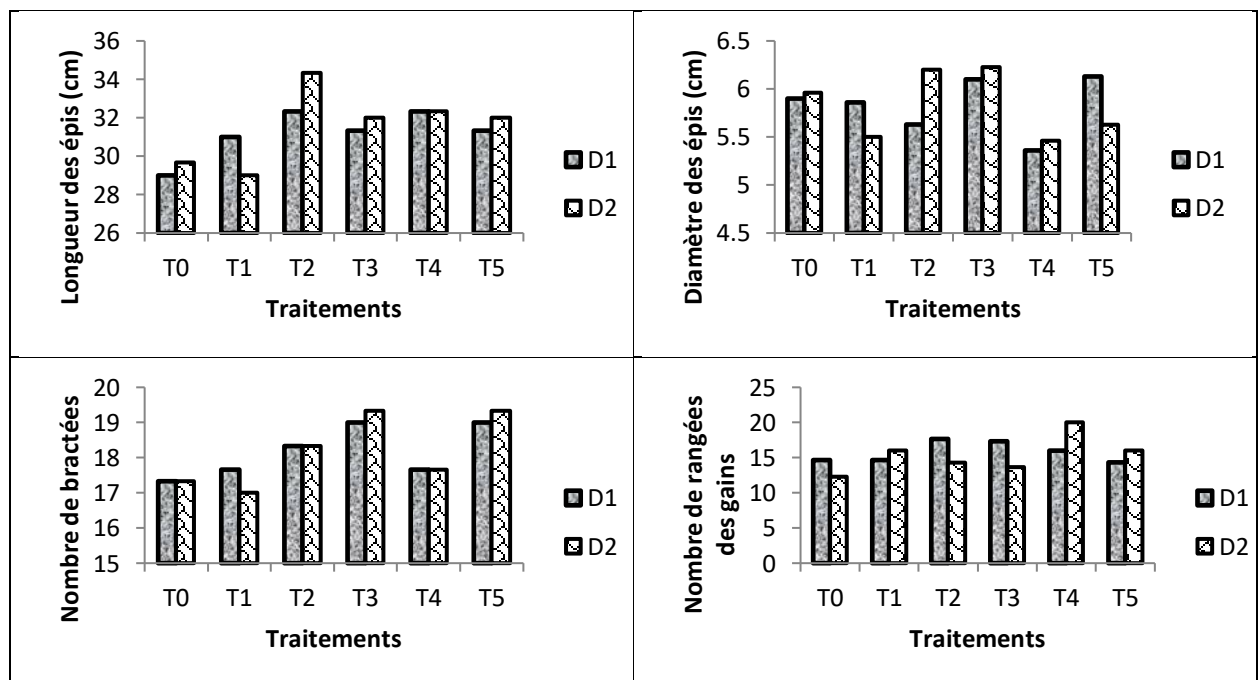


Figure 5 : Variation des paramètres de l'inflorescence



**4.3 L'épi** : La figure 6 montre que le traitement T2 au niveau des deux densités présente des épis qui ont les tailles les plus élevées, T2D1=32,33cm et T2D2=34,33cm. IL n'y-a pas de différence significative par rapport à l'effet des traitements en fonction des densités sur la longueur des épis ( $p\text{-value}=0,901>0,05$ ). Les traitements T2 et T3 de la densité D2, donnent des épis avec un plus grand diamètre respectivement 6,20cm et 6,23cm. T5D1=6,13cm a le diamètre le plus grand pour la densité D1. La différence sur le plan statistique de l'effet des traitements en fonction des densités sur le diamètre des épis n'est pas significative ( $p\text{-value}=0,731>0,05$ ). T2D1=18,33, T3D1=19 et T5D1=19 présentent en moyenne un nombre de bractées similaire respectivement à T2D2=18,33, T3D2=19,33 et T5D2=19,33 qui sont les valeurs les plus élevées ; T2, T3 et T5 dans les deux densités agit mieux sur la couverture des épis. La différence sur le plan statistique de l'effet

des traitements en fonction des densités sur le nombre de bractées n'est pas significative ( $p\text{-value}=0,927>0,05$ ). T4D2=20 rangées, est la valeur la plus élevée des dispositifs ; le nombre des rangées de graines par épis varie peu, en moyenne, en fonction des traitements et des densités. L'effet des traitements en fonction des densités sur le nombre de rangées des graines sur l'épi présente une différence hautement significative ( $p\text{-value}=9,04\text{e-}13<0,05$ ). Les longueurs des pédoncules sont presque similaires pour les deux densités avec une moyenne supérieure au niveau de T1D1=10,63cm. Le nombre d'épi par plant tourne autour d'une moyenne comprise entre un intervalle de 1 à 2 épis par plant, avec la plus grande moyenne  $n=1,77$  au niveau du traitement T2 de la densité D1. La différence au plan statistique de l'effet des traitements en fonction des densités sur le nombre d'épi par plant n'est pas significative ( $p\text{-value}=0,325>0,05$ ).



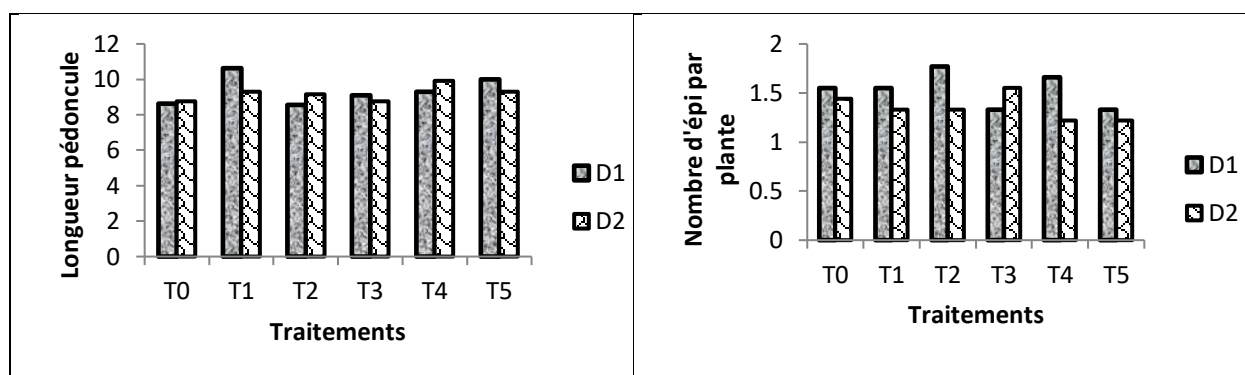


Figure 6 : Variation des paramètres de l'épi

**4.4 La graine:** Selon la figure 7 la longueur moyenne des graines de T4D1=1,53 cm, est la valeur la plus élevée des traitements, mais peu variable peu pour l'ensemble les traitements en fonction des deux densités. L'effet des traitements en fonction des densités sur la longueur des graines ne donne pas de différence significative ( $p\text{-value}=0,09>0,05$ ). T4D1=1,03cm en moyenne de largeur, présente la valeur la plus élevée des largeurs des graines. Les traitements T3 et T5 présente les mêmes largeurs pour les deux densités (T3D1=T3D2=T5D1=T5D2=0,93cm). La

différence sur le plan statistique de l'effet des traitements en fonction des densités sur la largeur des graines n'est pas significative ( $p\text{-value}=0,532>0,05$ ). Le diamètre moyen des graines du traitement T4 est stable pour les deux densités (T4D1=T4D2=0,43cm). Le diamètre le plus bas se retrouve au niveau de T0D1=0,33cm). En moyenne, les diamètres des graines varient peu. La différence au plan statistique de l'effet des traitements en fonction des densités sur le diamètre des graines n'est pas significative ( $p\text{-value}=0,371>0,05$ ).

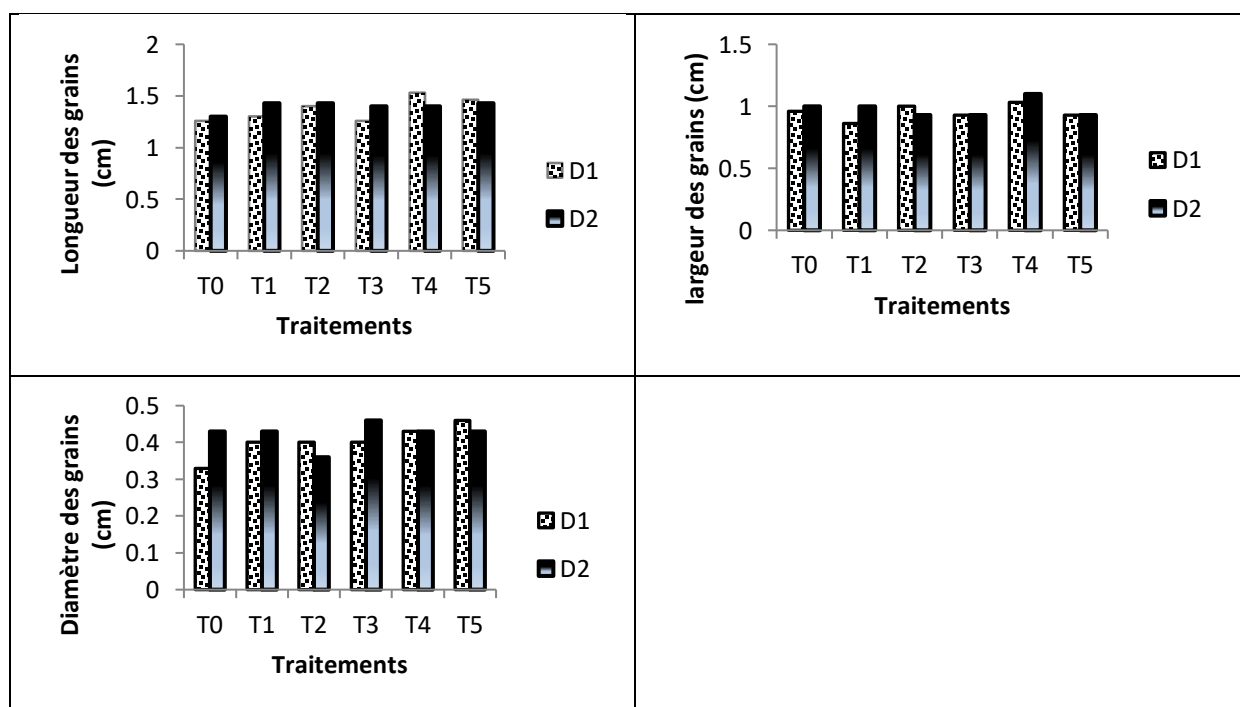


Figure 7 : Variation des paramètres de la graine

**4.5 Les rendements :** Les données du tableau 2 montrent que T3D2=5,06Kg/m<sup>2</sup> de matière fraîche et 3,10kg/m<sup>2</sup> de matière sèche, après passage à l'étuve pendant 3 jours à une température de 45°C, présente un bon rendement en matière carbonnée sur le dispositif, favorable pour une culture fourragère (ensilage), suivi de T0D2=4,62Kg/m<sup>2</sup> de matière fraîche et T4D2=4,39Kg/m<sup>2</sup> de matière fraîche pour respectivement 2,05Kg/m<sup>2</sup> et 2,03Kg/m<sup>2</sup> de matière sèche ; la densité D2 donne de meilleurs rendements en matières fraîches et sèches. La différence au plan statistique de l'effet des traitements sur la biomasse aérienne de la plante n'est pas significative (p-value=0,460>0,05) mais elle l'est au niveau des densités (p-value=0,017<0,05). T2D1=1,73Kg/m<sup>2</sup> de rendement en épis avec spaths, pour 1,30Kg/m<sup>2</sup> de rendement après déspathage et 0,96Kg/m<sup>2</sup> après egrenage représente le traitement et la densité qui a un bon rendement en épis et en graines. Les traitements qui répondent le mieux dans la première densité avec en plus de T2, T3D1=0,83Kg/m<sup>2</sup>,

T4D1=0,76Kg/m<sup>2</sup> et T5D1=0,76Kg/m<sup>2</sup> en rendement en graines et seulement T3D2=0,81Kg/m<sup>2</sup> en rendement en grains dans la deuxième densité, avec le plus faible rendement en grains au niveau du témoin T0D2=0,47Kg/m<sup>2</sup>. Les différences au plan statistique de l'effet des traitements sur le poids des épis avec spaths, le poids des épis sans spaths et le poids des grains ne sont pas significatives, respectivement de p-value=0,064>0,05 ; p-value=0,055>0,05 et p-value=0,063>0,05 ; mais significatives par rapport à la densité, respectivement de, p-value=0,028<0,05 ; p-value=0,019<0,05 et p-value=0,012<0,05. T3D2=0,77Kg/m<sup>2</sup> de poids frais racines pour 0,48Kg/m<sup>2</sup> de poids sec racines présente la valeur la plus élevée et T0D1=0,39Kg/m<sup>2</sup> de poids frais racines pour 0,20Kg/m<sup>2</sup> de poids sec racines présente la valeur la plus faible. L'effet des traitements sur le poids frais racines et de l'effet de la densité sur la même variable n'ont pas de différences significatives, respectivement de p-value=0,916>0,05 et p-value=0,777>0,05.

**Tableau 2 : Carrés de rendement (1m×1m)**

Traitements	Poids frais plant sans racines (Kg/m²)		Poids sec plant sans racines (Kg/m²)		Poids frais racines (Kg/m²)		Poids sec racines (Kg/m²)		Poids épis avec spathes (Kg/m²)		Poids épis sans spathes (Kg/m²)		Poids grains (Kg/m²)	
	Densités													
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
T0	2,27	4,62	1,29	2,05	0,39	0,60	0,20	0,43	1,06	0,96	0,73	0,69	0,50	0,47
T1	3,02	3,79	1,84	1,28	0,63	0,51	0,48	0,26	1,33	0,91	0,92	0,60	0,76	0,52
T2	3,39	3,61	1,37	1,70	0,69	0,46	0,39	0,18	1,73	1,10	1,3	0,89	0,96	0,71
T3	3,32	5,06	1,89	3,10	0,45	0,50	0,28	0,25	1,40	1,26	1,0	0,91	0,83	0,81
T4	3,69	4,39	1,97	2,03	0,43	0,77	0,22	0,48	1,23	1,10	0,94	0,80	0,76	0,63
T5	2,68	3,56	1,20	1,62	0,57	0,49	0,42	0,23	1,13	0,98	0,96	0,76	0,76	0,61

**4.6 Prévisions des rendements à l'hectare :** Le tableau 3 présente la projection des rendements à l'hectare pour les mêmes traitements et densités de l'essai. Pour une production de maïs à grande échelle, le

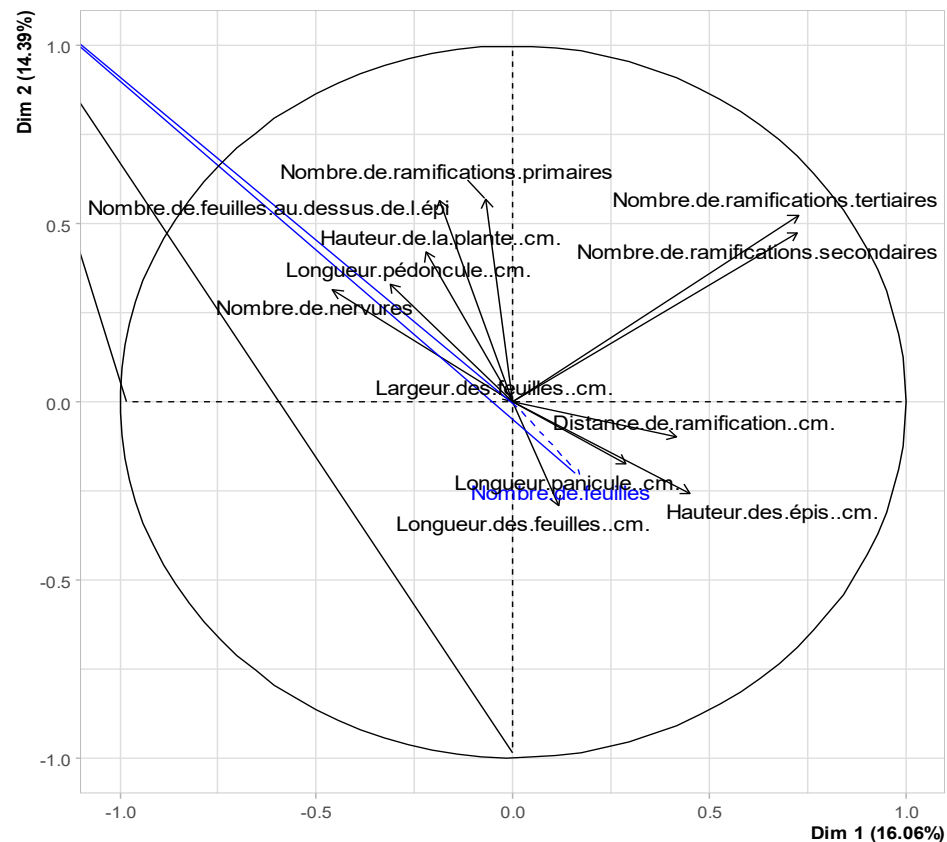
traitement T2 de la densité D1 présente de forts potentiels de rendement. Pour une production accrue en biomasse aérienne, le traitement T3 de la densité D2 présente un fort potentiel.

Tableau 3 : Préviation des rendements à l'hectare

Traitements	Poids frais plante sans racines (Kg/m²)		Poids sec plante sans racines (Kg/m²)		Poids frais racines (Kg/m²)		Poids sec racines (Kg/m²)		Poids épis avec spathes (Kg/m²)		Poids épis sans spathes (Kg/m²)		Poids grains (Kg/m²)	
	Densités													
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
T0	22,7	46,2	12,9	20,5	3,9	6,0	2,0	4,3	10,6	9,6	7,3	6,9	5,0	4,7
T1	30,2	37,9	18,4	12,8	6,3	5,1	4,8	2,6	13,3	9,1	9,2	6,0	7,6	5,2
T2	33,9	36,1	13,7	17,0	6,9	4,6	3,9	1,8	17,3	11,0	13,0	8,9	9,6	7,1
T3	33,2	50,6	18,9	31,0	4,5	5,0	2,8	2,5	14,0	12,6	10,0	9,1	8,3	8,1
T4	36,9	43,9	19,7	20,3	4,3	7,7	2,2	4,8	12,3	11,0	9,4	8,0	7,6	6,3
T5	26,8	35,6	12,0	16,2	5,7	4,9	4,2	2,3	11,3	9,8	9,6	7,6	7,6	6,1

- **Variabilité entre les paramètres de croissance et d'inflorescence :** La nature et le degré de la divergence des descripteurs ont été appréciés grâce à l'analyse en composante principale (ACP) effectuée à partir des variables quantitatives. Les axes (1) Dim 1 et Dim 2 présentent, respectivement, 16,06 % et, 14,39 % d'affinité entre les paramètres de croissance de la plante. Les variables telles que le nombre de ramifications secondaires, le nombre de ramifications tertiaires, la distance de ramification, la hauteur des épis et la longueur des panicules sont bien représentés dans le cercle de corrélation et se rapprochent de l'axe 1 (Dim 1), de coordonnée positive ; il y a une corrélation

positive entre ces variables de l'ordre de 16,06% de variabilité. Les variables telles que le nombre de ramifications primaires, le nombre de feuilles au-dessus de l'épi, la hauteur de la plante, et la longueur des pédoncules sont très proches de l'axe 2 (Dim 2) de coordonnées positives, de l'ordre de 14,39% de variabilité. La variable, nombre de nervures et les variables, nombre de feuilles et longueur des feuilles, se rapprochent plutôt, respectivement, de l'axe 1 (Dim 1) de coordonnées négatives et de l'axe 2 (Dim 2) de coordonnées négatives ; bien qu'elles soient dans le cercle, elles sont négativement corrélées. La variable, largeur des feuilles a une corrélation nulle (figure 8).

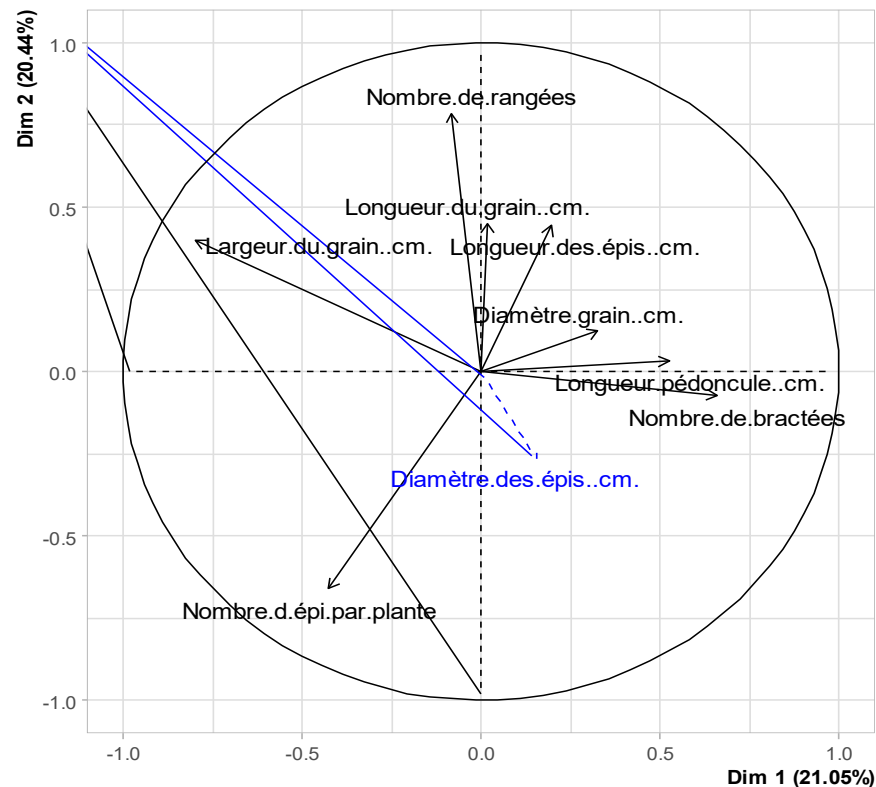


**Figure 8** : Lien entre les paramètres de croissance et de l'inflorescence en fonction des traitements

- **Variabilité entre les paramètres de l'épi et de la graine** : L'analyse en composantes principales (ACP) a permis d'établir une corrélation entre certains paramètres concernant l'épi et la graine de la plante (figure 9 ). La projection des variables dans le plan factoriel formé par les deux axes principaux de l'Analyse en Composante Principale (ACP) a révélé, d'une

part, des corrélations positives entre les variables, le diamètre des grains, la longueur des pédoncules et le nombre de bractées, avec 21,05% de variabilité. On constate une variabilité au niveau des variables, la longueur des épis, la longueur des graines et le nombre de rangées de graines, de l'ordre de 20,44%. Les variables largeur des graines, le nombre d'épi par plante et le diamètre des épis sont négativement corrélées.





**Figure 9** : Lien entre les paramètres de l'épi et de la graine en fonction des traitements

- **Variabilité entre les paramètres agronomiques** : La figure 10, subdivisée en deux axes, permet de vérifier s'il existe une corrélation entre les paramètres agronomiques et les traitements. Les variables, le poids des graines, le poids des épis sans spaths et le poids des épis avec spaths, sont très proches de l'axe 1 (Dim 1) de coordonnées positives ; il y a une corrélation positive de l'ordre de 49,44% de

variabilité. Les variables, le poids sec racines et le poids frais des racines, sont très proches de l'axe 2 (Dim 2) avec une variabilité de l'ordre de 31,96%. Les variables, poids frais/plant sans racines et poids sec/plant sans racines, sont plutôt, respectivement très proche de l'axe 1 (Dim 1) de coordonnées négatives et de l'axe 2 (Dim 2) de coordonnées négatives ; elles ont une corrélation négative.

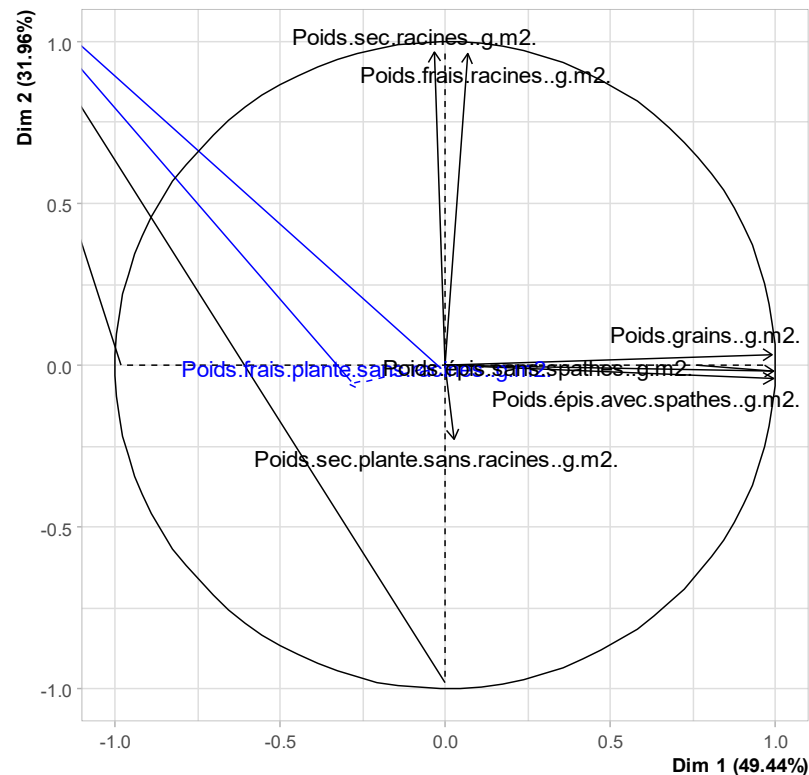


Figure 10 : Lien entre les paramètres agronomique en fonction des traitements.

## 5 DISCUSSION

L'apport des engrais minéraux contribue à l'amélioration de la santé des terres et du rendement des cultures (Mouïnou et al., 2016). Les auteurs comme Tshibingu et al., (2017) ; Tshimbombo et al., (2018), ont montré que l'engrais chimique contient une forte concentration en élément nutritif (N, P et K) et une fois au contact de la solution du sol, libère ses éléments nutritifs qui sont immédiatement utilisés par les plantes. Ainsi, le niveau du rendement en graines a varié selon les combinaisons ; il est observé que les plants de maïs fertilisés à base de la bouse de vache ont présenté de bonnes performances agronomiques, ce qui corrobore avec les résultats obtenus par Muepu et al., (2023) sur l'association bouse de vache, engrais minéraux et la biomasse foliacée de *Tithonia diversifolia* dans le Sud de la République Démocratique du Congo. L'analyse des résultats ont révélé que le traitement T2 (30g/plants d'urée + 10g/plants de TSP + 4g/plant de sulfate de potassium +

250g/plant de bouse de vache) = 9,6t/ha, suivi de T3 (250g/plants de bouse de vache) = 8,3t/ha, de la densité D1 (41 666plants/ha) et T2=7,1t/ha et T3= 8,1t/ha de la densité D2 (25 000plants/ha), indiquent les meilleurs rendements en graines de maïs. La décomposition de la bouse de vache donne de l'humus ce qui permettrait au sol d'avoir une grande capacité de rétention des éléments nutritifs et de l'eau et une grande capacité d'échange cationique par conséquent les pertes par lessivage sont négligeables. La bouse de vache présente un ph alcalin qui a pu améliorer celui du sol (Ognalaga et al., 2007). Cela peut aussi avoir comme effet bénéfique de favoriser l'assimilabilité, par les plants, des éléments minéraux libérés dans la solution du sol. Une autre explication est que la combinaison de l'engrais chimique apporté dans ce traitement T2 en association avec la bouse de vache pourrait accélérer le processus de minéralisation et de libération des nutriments contenus dans cette

dernière d'après, Kaho et al., (2011). Ces résultats montrent aussi que l'azote est le nutriment majeur qui influence le rendement des plantes et la concentration en protéine, surtout en combinaison avec l'engrais organique (Olson et Swallow, 1984 ; Grant et al., 1985). Dans le cas de cet essai, c'est la combinaison de l'urée (source d'azote) et la bouse de vache (engrais organique) dans le traitement T2. Ces observations témoignent du rôle crucial joué par la fertilisation azotée dans l'obtention d'un meilleur rendement céréalier (Walkley et Black, 2003). L'azote est un élément essentiel au développement des végétaux (Mémento de l'agronome, 2002). En effet, les mêmes auteurs précisent que l'azote est un facteur essentiel de croissance des plants, surtout au niveau des feuilles et des tiges ; ce qui justifie une moyenne de croissance en hauteur (la tige) la plus élevée au niveau de T2D1=290,66cm, une moyenne en largeur de feuilles la plus élevée en T2D1=11,06cm et une moyenne en longueur de feuilles la plus élevée en T3D2=102,55cm ; la bouse de vache en se décomposant dans le sol se transforme en humus, une matière riche en azote. Néanmoins, il existe un seuil d'application dans tout apport de fertilisants (Useni et al., 2013). En effet, Lafond (2004) indique à titre d'exemple que les apports d'azote élevés peuvent aussi provoquer la verse chez le maïs et ainsi réduire les rendements en graines, d'où des micros doses d'azote apportés aux plants et en différés dans le temps au cours de l'essai. Notons le fait que Aissa (1992) a montré que les engrais phosphatés peuvent avoir un effet positif sur le rendement quand ils sont apportés au semis et localisés avec la semence, ce qui corrobore avec l'expérimentation réalisée où le phosphore apporté sous forme de TSP est appliqué directement dans les poquets des traitements T1 et T2 des deux densités directement à côté des semences lors du semis donnant ainsi de bon rendement notamment dans la densité D1 avec 9,6t/ha (1<sup>ère</sup> grande valeur en rendement en graines) en T2 et 7,6t/ha (3<sup>e</sup> grande valeur en rendement en graines) en T1. En effet, un fait constater est que, les traitements qui ont reçu l'apport potassique au stade de la montaison et

d'épiaison au cours de l'essai présentent un rendement en graines assez élevé surtout en T2D1=9,6t/ha, T1D=7,6t/ha et T2D2=7,1t/ha ; ce résultat explique l'intérêt de l'application du potassium aux stades de montaison et d'épiaison pour maintenir un approvisionnement adéquat en potassium, nécessaire à l'activation enzymatique du métabolisme de synthèse et de translocation des glucides et par conséquent garantir des rendements en graines plus élevés (Hellali, 2002) ; ces résultats corroborent avec ceux obtenus par Mankoussou et al., (2017) sur l'influence du potassium dans la production du maïs dans la vallée du Niari (Congo). L'association du maïs avec une légumineuse qui dans notre cas est l'arachide, selon deux systèmes distincts, en vrac et en intercalaire, donne aussi de bons rendements en graines, T4D1=T5D1=7,6t/ha et T4D2=6,3t/ha sensiblement supérieur à T5D2=6,1t/ha. Le fait que l'arachide soit planté en vrac ou en intercalaire n'a pas tellement d'effet sur le rendement car dans les deux cas, les résultats trouvés, montrent une similitude dans les rendements en graines. Les légumineuses sont reconnues comme des espèces qui peuvent fixer l'azote atmosphérique et le recycler dans les systèmes de culture (Justes et al., 2009 ; Eilittä et al., 2003). Mais nos résultats sont en contradiction avec ceux obtenus par Coulibaly et al., (2017) qui ont observé néanmoins des baisses significatives et peu significatives de rendement en graines de leur maïs sur les parcelles des cultures associées (maïs + niébé et maïs + mucuna) par rapport à la culture pure du maïs au cours de deux années successives. Cela peut s'expliquer par la différence de la nature des légumineuses (arachide ≠ niébé et arachide ≠ mucuna) et dans leur cas, le mucuna qui lui est une légumineuse volubile peut empêcher le bon développement du maïs. L'effet densité de culture joue aussi un rôle important dans le rendement en graines du maïs, pour la densité D1 et en rendement en matières fraîches, pour la densité D2. Les rendements en graines obtenus avec la première densité de 41 666 plants/ha sont plus élevés par rapport aux rendements de la

deuxième densité de 25 000 plants/ha respectivement entre les traitements ( $T0D1=5,0t/ha > T0D2=4,7t/ha$  ;  $T1D1=7,6t/ha > T1D2=5,2t/ha$  ;  $T2D1=9,6t/ha > T2D2=7,1t/ha$  ;  $T3D1=8,3t/ha > T3D2=8,1t/ha$  ;  $T4D1=7,6t/ha > T4D2=6,3t/ha$  ;  $T5D1=7,6t/ha > T5D2=6,1t/ha$ ). Mémento de l'agronome (1980), dit que, la densité de peuplement optimale pour le maïs est généralement comprise entre 40 à 60 000 plants à l'hectare ; ce qui correspond au densité D1 (41 666 plants/ha) de l'expérimentation. Ces résultats corroborent avec ceux obtenus par Useni et al., (2014) qui ont obtenu un rendement en graines de maïs plus élevé avec une densité de 53 333 plants/ha par rapport à celle de 33 333 plants/ha. Moradpour et al., (2013) ont aussi obtenu de mêmes résultats mais en travaillant plutôt sur le riz, dans une étude orientée vers l'évaluation des effets de la date et de la densité de semis sur le rendement du riz en Iran. Ils ont montré que l'augmentation de rendement du riz est associée à celle de la densité de semis et le rendement le plus élevé (6,4t/ha) a été obtenu à la forte densité de 68 plants/m<sup>2</sup>. Cela peut s'expliquer par le fait, qu'en dépit de la compétition entre les plantes sur les parcelles à fortes densités (Zamir et al., 2011) et de la compétition en nutriments (Sangakkara et al., 2004), le rendement obtenu est la somme des productions individuelles c'est-à-dire l'optimisation de l'utilisation du sol et des ressources environnantes par chaque pied de

maïs. Eman (2001) estime que le rendement élevé du maïs sur les parcelles à fortes densités est généralement dû au nombre élevé d'épi par ligne et au nombre élevé de rangées de graines par épi. La forte densité de plantation des plants de maïs les oblige à rentrer en compétition pour de la nourriture et à en stocker le plus possible sous forme d'amidon dans les graines d'où une plus grande production en graine. Une densité de production élevée favorise aussi la croissance en hauteur des plants car ils rentrent aussi en compétition pour de la lumière (Ruget, 1989), ce qui vérifie le résultat obtenu en  $T2D1=290,66cm$  qui est la moyenne en hauteur de la plante la plus haute des dispositifs. D'autres études ont montré aussi que la densité de plantation est un facteur clé pour l'atteinte d'un rendement élevé (Esechie, 1992 ; Akbar et al., 2002 ; Mojtaba et al., 2012). Notons aussi que l'application des fertilisant en faibles doses en association avec l'effet densité est tout aussi très important (Sallah et al., 2009 ; Nyembo et al., 2012). Cependant, une cause importante de la faible productivité des sols tropicaux serait la baisse de la fertilité des sol (Cattan et al., 2014). Les sols de Damara, précisément du village Ndara I, avec une moyenne de  $ph=5,5$  étant acides (Ballot, 2016) ; l'acidité entraînant très souvent une déficience en nutriments, peut induire une chute conséquente des rendements, ce qui est observé notamment dans les témoins  $T0$  qui présentent les plus faibles rendements en graines du dispositif,  $T0D1=5,0t/ha$  et  $T0D2=4,7t/ha$ .

## CONCLUSION

En somme, le rendement d'une culture constitue l'un des aspects recherchés le plus important que ce soit en production agricole, en expérimentation et en sélection variétale. La diversification des sources de protéine et d'amidon constitue un défi majeur pour l'atteinte de la sécurité alimentaire en République Centrafricaine. Etant aussi un pays à vocation agricole, son économie repose sur la production et l'exportation de ses produits agricoles, laquelle va contribuer de manière significative à la réduction de la pauvreté, fléau qui touche en

grande partie le milieu rural, le terroir agricole par excellence. Mais malgré son importance, ce secteur reste moins développé. Les résultats de cette étude ont montré que les meilleurs rendements en grain de maïs proviennent tous de la densité D1, comparativement à tous les traitements de la densité D2 ( $T0D1 > T0D2$  ;  $T1D1 > T1D2$  ;  $T2D1 > T2D2$  ;  $T3D1 > T3D2$  ;  $T4D1 > T4D2$  ;  $T5D1 > T5D2$ ) ; d'où la densité D1 de 41 666 plants/ha étant le plus performant pour une production en graines de maïs. Le traitement  $T2 = \text{maïs} + 30g/\text{plants d'urée} +$

10g/plants de TSP + 4g/plant de sulfate de potassium+250g/plant de bouse de vache, suivi de T3= maïs + 250g/plant de bouse de vache, ont donné les meilleurs rendements en graines dans les deux dispositifs (T2D1= 9,6t/ha ; T3D1= 8,3t/ha ; T3D2= 8,1t/ha ; T2D2= 7,1t/ha) ; d'où T2 et T3 sont les traitements les plus performants des dispositifs pour un meilleur rendement en graines. Les traitements T2 et T3 couplés à la densité D1 sont à la fin les meilleures combinaisons qui produisent le plus de rendement graines de maïs avec un pic à T2D1=9,6t/ha. Mais du point de vue économique, les traitements T4= maïs + légumineuse (arachide) intercalaire ; et T5= maïs + légumineuse (arachide) en vrac ; demeure le

plus facilement accessible aux paysans. Il est certain que l'apport de fertilisant a affecté positivement les bonnes performances agronomiques du maïs, mais de bonnes pratiques culturales et la pratique des cultures associées (céréales + légumineuses) peuvent tout aussi donner des résultats satisfaisants surtout si des semences certifiées sont utilisées pour cela ; car la faible disponibilité et les coûts élevés des engrais chimiques agricoles restent un grand problème pour les agriculteurs centrafricains. L'étude étant réalisée spécifiquement en zone agroécologique de savane, afin de soutenir les résultats obtenus, des expérimentations se feront également dans une autre zone agroécologique de la République Centrafricaine.

## RÉFÉRENCES

- Aissa ad. (1992). Effet de la forme de l'engrais phosphaté et de sa méthode d'application sur le rendement en grain du blé dur. *Revue de l'NAT* ; 2: 145-52.
- Akbar H, Miftahullah M.T, Jan A, Ihsanullah A, 2002. Yield potential of sweet corn as influenced by different levels of nitrogen and plant population. *Asian J. Plant Sci.*, 1: 631-633.
- Bougma LA, Ouédraogo MH, Sawadogo N, Sawadogo M, Balma D, Vernoooy R. (2018). Perc eptions paysannes de l'impact du changement climatique sur le mil dans les zones sahéliennes et soudano- sahélienne du Burkina Faso. *Afrique SCIENCE*, 14(4) : 264 - 275.
- Coulibaly Kalifa, Gomgnimbou Alain Péoulé Kouhouyiwo, Traore Mamadou, Nacro Hassan Bismarck et Sedogo Michel Papaoba, (2017). Effets des associations maïs-légumineuses sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et la fertilité d'un sol ferrugineux tropical à l'Ouest du Burkina Faso. *Afrique SCIENCE* 13(6) :226 – 235.
- Doumbia S, Dembélé SG, Sissoko F, Samaké O, Sousa F, Cicek H, Adamtey N, Fliessbach A. (2020). Evaluation de la fertilité des sols et les rendements de cotonnier, maïs et sorgho à Gliricidia sepium (Jacq.) Kunth ex. Walp. . *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 14(7): 2583-2598. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i7.17>.
- Eilittä M., Sollenberger L. E., Littell R. C. and Harrington L. W., (2003). On-farm experiments with maize-mucuna systems in the los tuxtlas region of Veracruz, Southern Mexico. ii. Mucuna variety evaluation and subsequent maize grain yield, *Experimental Agriculture*, 39 :19 - 27, (DOI: 10.1017/S0014479702001114).
- Emam Y, (2001). Sensitivity of grain yield components to plant population density in non-prolific maize (*Zea mays*) hybrids. *Indian J. Agric. Sci.* 71(6):367-370.
- Esechie HA, (1992). Effect of planting density on growth and yield of irrigated maize in the Batinah coast region of Oman. *J. Agri. Sci.*, 119: 165-169.
- Falalou H., (2000). Réponse physiologique du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) au déficit hydrique s'exerçant au cours de deux stades de développement, début floraison et début formation des gousses. Mémoire DEA. Uni. De Ouaga. 62P.
- FAO STAT, 2016 - <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC/visualize>. 15 Mai 2024; 14 :23.
- FAO STAT, 2020 - <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC/visualize>. 15 Mai 2024; 15 :42.



- FAO, 2019 - <http://www.fao.org/fao/fr/#data/QC/visualize>. 15 Mai 2024; 15 :07.
- Grant C. A., Stobbe E.H., Racz G. J., (1985). The effect of fall applied N and P fertilizers and timing of N application on yield and protein content of winter wheat grown on zero-tilled land in Manitoba. *Canadian Journal of Soil Sciences*, 65: 621–628.
- Hauser S. Wairegi L. Asadu C. L. A. Asawalam D. O. Jokthan G. Ugbe U. (2014). Guide de culture du manioc. Consortium africain pour la santé des sols, Nairobi. *Consortium africain pour la santé des sols article*, 45p.
- Hellali Rachid. (2002). le rôle du potassium dans la physiologie de la plante. Atelier Gestion de la fertilisation potassique, Acquis et perspectives de la recherche. Institut National Agronomique de Tunisie, Tunis. 16p.
- Justes E., Bedoussac L., and Prieur L., (2009). Est-il possible d'améliorer le rendement et la teneur en protéines du blé en Agriculture Biologique au moyen de cultures intermédiaires ou de cultures associées ? *Innovations Agronomiques*, 4 :165 – 176.
- Kaho F., Yemefack M., Feujio-Teguefouet P., Tchantchaouang J.C. (2011). Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun. *Tropicultura*, 29: 39 - 45.
- Koko, M., (2008). Végétation et sols. In : Atlas de la République Centrafricaine. Editions Enfance et Paix, Kinshasa (RDC). 19-22.
- Lafond J, (2004). Fractionnement de la fertilisation azotée minérale et organique: Effet sur la productivité du canola de printemps et sur les nitrates du sol. *Canadian Journal of Soil Science* 84: 491–501.
- Malumba KP, (2008). Influence de la température lors du séchage sur les propriétés technofonctionnelles du maïs. Thèse de doctorat, Gembloux Faculté Universitaire des Sciences agronomiques, 212p.
- Mankoussou M, Mialoundama F, et Diamouangana J. (2017). Influence of potassium in the production of maize (zea mays L. variety Espoir) in the Niari valley (Congo). *Journal of Applied Biosciences*, vol 111, 10 882-10 893.
- Mémento de l'agronome. (1980), ministère de la coopération, Paris, 495-1573 p.
- Mémento de l'agronome. (2002), Cirad-Gret, ministère des affaires étrangères, Paris, 77-830 p.
- Mojtaba NKK, Saied KK, Taheri G, (2012). Effects of plant density and variety on some of morphological traits, yield and yield components of baby corn (Zea mays L.). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 3 (10): 2009-2014.
- Moradpour S, Roja K, Mehrie B, Meysam GK, (2013). Effect of planting date and planting density on rice yield and growth analysis (Fajr variety). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5 (3): 267-272.
- Mouïnou A. Igue, Amour C. Oga, Ibouiraïman Balogoun, Aliou Saidou, Guillaume Ezui, Sansan Youl, Gustave Kpagbin, Abdoulaye Mando, Jean M. Sogbedji. (2016). Détermination Des Formules D'engrais Minéraux Et Organiques Sur Deux Types De Sols Pour Une Meilleure Productivité De Maïs (Zea mays l.) Dans La Commune De Banikoara (Nord-Est Du Bénin). *European Scientific Journal* 12 : 1857 – 7881.
- Muepu J., Kabambi P., Nkongolo M., Muyayabantu G., (2023). Effets de la biomasse foliacée de *Tithonia diversifolia* et de la bouse de vache comparativement à l'engrais minéral sur la croissance et la production de la culture du maïs. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 11(4) 441-446.



- Nyembo KL, Useni SY, Mpundu MM, Bugeme MD, Kasongo LE, Baboy LL, (2012). Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPKS et Urée) sur le rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de *Zea mays* L. à Lubumbashi, Sud- Est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences* 59: 4286– 4296.
- Ognalaga Maurice, Daglih Messa M., Samson Daudet Medza Mve, Paul Ondo Ovono (2007). Effet de la bouse de vaches, du NPK 15 15 15 et de l'urée à 46% sur la croissance et la production du manioc (*Manihot esculenta* Crantz var 0018) au Sud-Est du Gabon (Franceville). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 31: 5063-5073.
- Olson R. V., Swallow C. W., (1984). Fate of labeled nitrogen fertilizer applied to winter wheat for five years. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 583–586.
- Ruget F.. (1989). Relation entre matière sèche à la floraison et rendement en grains chez le maïs : importance du rayonnement disponible par plante, 9 : 457-465.
- Sallah PYK, Mukakalisa S, Nyombayire A, Mutanyagwa P, (2009). Response of two maize varieties to density and nitrogen fertilizer in the highland zone of Rwanda. *Journal of Applied Biosciences* 20: 1194–1202.
- Sangakkara UR, Bandaranayake PSRD, Gajanayake JN, Stamp P, (2004). Plant populations and yield of rainfed maize grown in wet and dry seasons of the tropics. *Maydica*. 49:83-88.
- Tambashe, B.O., Ankogui-Mpoko, G.-F., Goulat, R., Macoumba, T., Nguimalet, C.-R., (2008). Atlas de la République Centrafricaine. In: Paix, E.e. (Ed.), Kinshasa (R.D. Congo), p. 170.
- Tshibingu, Tshilumba Mukadi T., Mpoyi M., Mutamba Ntatangelo B., Kabongo Musenge B., Ilunga Tshibingu M., Ngoie Kazadi J., Ngoyi Nyembo D., Munyuli Mushambani T. (2017). Évaluation de la productivité du maïs (*Zea mays* L.) sous amendements organique et minéral dans la province de Lomami, République Démocratique du Congo. *J. Appl. Biosci.*, 109: 10571-10579.
- Tshimbombo, Kankolongo, M., Tshizembe, M., Bongali, B., Banga, M.B., Kasongo, K., Mbaji, K.N. (2018). L'influence des fertilisants organiques liquides D.I. Grow, inorganiques NPK 17- 17-17 + Urée sur le rendement et la rentabilité de la culture du maïs à Ngandajika. *J. Appl. Biosci.*, 122: 12267-12273.
- Useni Sikuzani Yannick, Mwema Lumbala Alain, Musambi Luhanga, Chinawej Mbar Mukaz Dieudonné, Nyembo Kimuni Luciens.(2014).L'apport des faibles doses d'engrais minéraux permet-il d'accroître le rendement du maïs cultivé à forte densité ? Un exemple avec deux variétés de maïs à Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences* 74:6131– 6140.
- Useni SY, Chukiyabo KM, Tshomba KJ, Muyambo ME, Kapalanga KP, Ntumba NF, Kasangij A-KP, 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 sudest de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences* 66:5070 – 5081.
- Walkley A., Black C. A., (2003). Détermination de la matière organique par dosage du carbone organique dans les sols agricoles: méthode Walkley-Black modifiée Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec et Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, MA. 1010 – WB 1.0, Ministère de l'environnement du Québec, 2003, 10 p.
- Zamir MSI, Ahmad AH, Javeed HMR, Latif T,( 2011). Growth and yield behaviour of two maize hybrids (*Zea mays* L.) towards different plant spacing. *Cercetari Agronomice în Moldova*. 14(2): 33-40.