

Effet du biofertilisant à base d'urine humaine sur la production de la variété CMS 9015 du maïs (*Zea mays* L.) dans la localité de Warba, Commune de Mora

Philippe KOSMA^{1*}, Ariane Doris JEUTSA^{1,2}, Rosine PATCHONG TCHIMTCHOUA²
et Mohamadou MOCTAROU YOUSOUF^{1,2}

¹ Université de Maroua, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Maroua, Département d'Agriculture, Elevage et Produits Dérivés, Laboratoire de Biosciences et Applications, BP 46 Maroua, Cameroun

² Action Contre la Faim (ACF), Redressement Economique et Social Inclusif du Lac Tchad (RESILAC), Unité de Démonstration de Warba, BP 35317 Yaoundé, Cameroun

(Reçu le 13 Mars 2022; Accepté le 05 Juin 2022)

* Correspondance, courriel : philippekosma@yahoo.fr

Résumé

La présente étude vise à évaluer l'effet du biofertilisant à base d'urine humaine sur la production de maïs (CMS 9015) dans la localité de Warba (commune de Mora). Quatre doses d'urine humaine [0L/casier (T0) ; 1L/casier (T1) ; 1,25 L/casier (T2) ; 0,75 L/casier (T3)] ; une dose de NPK [0,23 kg/casier (T4)], et une dose de fientes de poules [(5,375 kg/casier (T5))] ont été préparé. Un dispositif expérimental en blocs aléatoires complets avec 3 répétitions a été mis en place. Les propriétés chimiques du sol ont été déterminées avant la mise en place de l'essai. Les paramètres de croissance et de rendement ont été respectivement évalués pendant la phase végétative et à la récolte. Les résultats obtenus montrent que le sol de la localité de Warba est acide, pauvre en matières organiques et en macroéléments majeurs. Le traitement T3 (0,75 L/casier) permet d'optimiser la croissance des plants par rapport aux autres traitements. Le rendement en grains le plus élevé a été obtenu dans les parcelles traitées avec l'urine à la dose T3 ($5,57 \pm 0,55$ t/ha) suivi du traitement T4 ($3,98 \pm 0,67$ t/ha), ensuite T5 ($3,61 \pm 0,27$ t/ha), puis T2 ($3,23 \pm 0,11$ t/ha), et enfin du traitement T1 ($3,28 \pm 0,21$ t/ha). Les plants témoins T0 ont donné le plus faible rendement ($2,91 \pm 0,45$ t/ha). L'urine humaine à la dose T3 permet d'obtenir un meilleur rendement de maïs et par conséquent peut être recommandée aux producteurs afin d'assurer une bonne production, gage de la sécurité alimentaire.

Mots-clés : *Zea mays*, urine humaine, production, rendement, Warba, Extrême-Nord.

Abstract

Effect of human urine-based biofertilizer on the production of maize (*Zea mays* L.) variety CMS 9015 in Warba locality (Mora commune)

The present study aims to evaluate the effect of human urine biofertilizer on maize production (CMS 9015) in Warba locality (Mora commune). Four doses of human urine [0L/box (T0); 1L/box (T1); 1.25 L/box (T2); 0.75L/box (T3)]; one dose of NPK [0.23 kg/box (T4)], and one dose of chicken droppings [(5.375 kg/box (T5))

were prepared A randomised complete block design with 3 replicates was set up. The chemical properties of the soil were determined before the trial was set up. Growth and yield parameters were assessed during the vegetative phase and at harvest, respectively. The results obtained show that the soil in Warba is acidic, poor in organic matter and major macroelements. The T3 treatment (0.75 L/crate) optimised plant growth compared to the other treatments. The highest grain yield was obtained in the plots treated with urine at T3 (5.57 ± 0.55 t/ha), followed by T4 (3.98 ± 0.67 t/ha), then T5 (3.61 ± 0.27 t/ha), then T2 (3.23 ± 0.11 t/ha), and finally T1 (3.28 ± 0.21 t/ha). The T0 control plants gave the lowest yield (2.91 ± 0.45 t/ha). Human urine at T3 gives a higher maize yield and can therefore be recommended to farmers to ensure good production for food security.

Keywords : *Zea mays*, human urine, production, yield, Warba, Far North.

1. Introduction

Les systèmes de production agricole se trouvent confrontés à un double défi. Au plan mondial, la question de la capacité de la planète à nourrir ses habitants naît d'inquiétudes liées à l'évolution de l'offre et de la demande alimentaire [1]. En effet, en une décennie, la population mondiale est passée de 6,7 milliards d'habitants (2009) à 7,7 milliards (2020) [2]. On estime qu'elle augmente de 220 000 personnes chaque jour, soit 90 millions de personnes chaque année [2]. L'Afrique en particulier, qui est le deuxième continent le plus peuplé au monde après l'Asie avec 1,1 milliards d'habitants, soit 16,5 % de la population mondiale a enregistré depuis 1980 une considérable explosion démographique [3]. Le Cameroun, qui n'est pas du reste, enregistre un accroissement annuel de 2,6 % en moyenne, rythme auquel la population doublera au bout de 27 ans environ [4]. En raison de la démographie galopante et des besoins alimentaires qui s'en suivent, la production agricole doit augmenter de manière significative afin de nourrir la population mondiale [5]. Au Cameroun, les perspectives de la sécurité alimentaire suscitent des vives préoccupations [6]. L'insécurité alimentaire sévère touche surtout les régions de l'Ouest (3,3 % des ménages), du Nord (3,7 % de ménages) et de l'Extrême-Nord (4,1 % des ménages) du pays [7]. Dans cette dernière région, le maïs (*Zea mays* L.) constitue l'une de principale denrée alimentaire des populations. Cette céréale est utilisée pour l'alimentation humaine et animale et ainsi que dans plusieurs industries notamment brassicoles. Il est également la céréale la plus énergétique en raison de ses atouts nutritifs (richesse en amidon, présence de protéines, de minéraux) [8].

En outre, c'est une source de revenu pour les producteurs [9]. Assurer une meilleure production de cette céréale pourrait donc permettre de pallier au problème d'insécurité alimentaire et générer aux principaux acteurs de la filière des revenus substantiels. Malgré son importance alimentaire, nutritionnelle et économique, la production du maïs reste faible. L'une des difficultés majeures qui se pose à sa production est le maintien de la fertilité des sols en condition de culture permanente [10]. Pour compenser les pertes des éléments nutritifs utiles du sol, les agriculteurs utilisent les engrais chimiques, qui non seulement coûtent chers mais ont effets néfastes aussi bien pour les consommateurs que pour l'environnement [11, 12]. Pour faire face à la baisse du niveau de fertilité des sols, à la hausse des prix des engrais chimiques sur le marché et à la pollution de l'environnement, l'on doit rechercher d'autres sources d'engrais pouvant permettre une agriculture durable. Cette dernière est basée sur l'adoption des systèmes de culture écologiquement viables et économiquement rentables. Rappelons que l'utilisation des urines comme biofertilisants en agriculture est une vieille pratique. Dans certains pays, les excréta humains sont utilisés en agriculture comme source de nutriments [10]. Au Burkina Faso, la valorisation des excréta humains en agriculture est un concept dénommé ECOSAN (Assainissement Ecologique). Ce dernier est un programme opérationnel dans 7 pays africains (Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Sénégal, Togo, Guinée, Mali, Bénin). Au Nigéria, l'urine à la dose de 60 kg N/ha a

permis d'augmenter substantiellement les rendements du gombo [13]. Les tests de fabrication d'engrais à base d'urine, sont très avancés en Suisse [14]. Cet engrais liquide contient les substances nécessaires à la croissance végétale mais aussi des oligoéléments qui contribuent fortement au bon développement des végétaux [15]. Cette étude vise à évaluer l'effet du biofertilisant à base d'urine humaine sur la production et le rendement de la variété CMS 9015 du maïs à Warba, une localité située dans la commune de Mora, département de Mayo-sava, région de l'Extrême-Nord Cameroun.

2. Méthodologie

2-1. Localisation de la zone d'étude

L'essai a été réalisé du 1^{er} décembre 2020 au 30 mars 2021 en contre saison à Warba, une localité située dans la commune de Mora, département de Mayo-sava, région de l'Extrême-Nord, Cameroun. Le site est situé entre 10°57' de latitude Nord et 14°10' de longitude Est et à une altitude de 508 m. Le climat de la zone d'étude est du type soudano-sahélien avec une longue saison sèche de 8 à 9 mois et une courte saison des pluies de 3 à 4 mois.

2-2. Matériel

Le matériel végétal utilisé pour cette étude est la variété CMS 90-15 de maïs. Elle a été obtenue auprès de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Maroua. C'est une variété composite ayant un cycle de culture de 3 mois. Cette variété de maïs est cultivée par les populations de l'Extrême-Nord du Cameroun en raison de son adaptabilité au climat et au sol de cette localité et ainsi que de la qualité de maïs produite. La **Photo 1** présente l'image de la variété CMS 90-15 de maïs utilisée dans le cadre de cette étude. Trois types de fertilisant (**Photo 2**) ont été utilisés dans cette étude. Il s'agit de l'urine humaine collecté auprès des bénéficiaires du programme RESILAC/Action Contre la Faim (ACF), des fientes de poules et d'un engrais minéral, sous la forme d'engrais composé NPK (14-24-14). Le matériel technique est essentiellement constitué d'une motopompe et d'un tuyau de 100 m pour l'irrigation de la parcelle ; des machettes pour le défrichage de la parcelle ; des étiquettes pour la numérotation et le marquage des blocs, des parcelles élémentaires et pour l'identification des différents traitements ; les houes pour le nivelage et le sarclage ; des ficelles pour permettre un bon alignement lors du semis ; un décimètre pour prendre des mesures et des piquets pour délimiter la parcelle expérimentale ; un entonnoir, des seaux de 5 L et des bidons de 20 L pour la collecte et le stockage des urines ; des gants, des caches nez et des bottes qui sont des équipements de protection ; des binettes utilisées pour faire les trous près des plants à fertiliser ; une paire de bœuf pour le labour de la parcelle à la traction animale ; une tarière pour le prélèvement des échantillons de sol, etc.

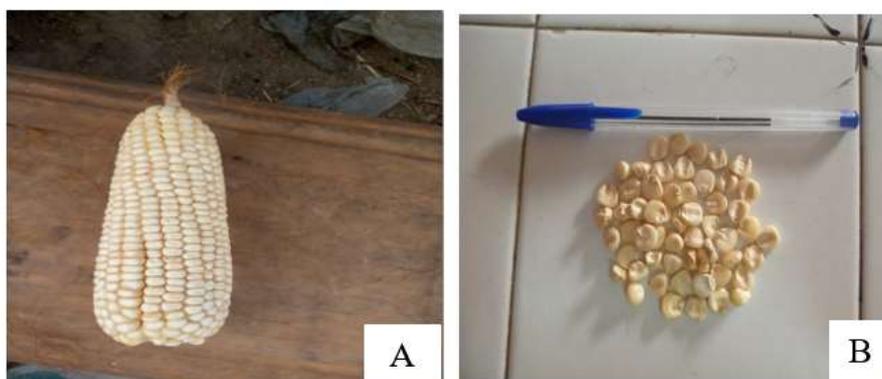


Photo 1 : *Epis (A) et graines (B) de maïs*



Photo 2 : *Images des bidons contenant les urines (A), assiette contenant les fientes de poules (B) et d'un sac d'engrais minéral (C)*

2-3. Dispositif expérimental

L'essai a été réalisé selon un dispositif en blocs aléatoires complets, avec quatre niveaux de fertilisation à l'urine (0L ; 0,75 L ; 1 L ; 1,25 L/casiers), un niveau de NPK 14-24-14 (201,6 g/casier), un niveau de fientes de poules (5,376 kg/casier) et 3 répétitions (ou blocs), soit 18 unités expérimentales. Pour chaque bloc, 6 traitements distincts ont été répartis de manière aléatoire. La distance entre deux blocs successifs était de 1 m, de même que la distance entre deux parcelles successives dans un même bloc. Dans une parcelle (casier dimensionné de 4,2 m de long * 3,2 m de large), la distance entre les lignes était de 80 cm tandis que la distance entre les poquets était de 40 cm, soit une superficie par casier de 13,44 m², une superficie totale de 353,32 m² et une densité de 42 poquets par casier.

2-4. Mise en place de l'essai

Pour la mise en place de cet essai, plusieurs opérations ont été effectuées :

2-4-1. Collecte, stockage et fermentation de l'urine humaine

Cette étape était primordiale pour la fabrication du biofertilisant à base d'urine humaine. Il faut noter qu'une sensibilisation sur l'usage et l'utilité de l'urine humaine a été faite au préalable auprès des bénéficiaires avant la collecte. Ainsi, les étapes suivantes ont été suivies :

- La collecte de l'urine humaine : Pour se faire, les bidons de 20 litres et les seaux de 5 litres ont été distribués auprès de chaque famille. Cette dernière urinait donc dans les seaux, et le contenu était transféré à l'aide d'un entonnoir dans les bidons de 20 litres fermés hermétiquement afin d'éviter que les éléments fertilisants ne s'évaporent ;
- Le stockage et la fermentation de l'urine humaine : Les bidons hermétiquement fermés étaient stockés pendant deux semaines, afin de favoriser la fermentation de l'urine humaine et d'éliminer tous les germes susceptibles de propager les maladies et aussi d'éviter l'évaporation des éléments fertilisants contenu dans l'engrais liquide.

2-4-2. Préparation de la parcelle

La préparation de la parcelle expérimentale a débuté par un défrichage, ensuite un arrosage a été effectué afin de faciliter le labour et le semis. Ces opérations étaient suivies du labour à la traction animale à une profondeur d'environ 20 cm, puis le piquetage a été fait en utilisant la formule de Pythagore, afin de définir les angles lors de l'implantation des piquets, et pour permettre un bon alignement des plants de maïs. Ce dernier a été réalisé à l'aide d'une ficelle, un double décimètre et de piquets de bois.

2-4-3. Application des fertilisants

L'urine humaine a été appliquée à partir d'un mois après semi, ceci une fois par semaine durant 1 mois. Son application a suivi plusieurs étapes à savoir :

- La dilution des urines : Après la collecte, le stockage et la fermentation de l'urine humaine, et avant l'application, l'engrais liquide a été dilué en fonction des concentrations retenues. Cette opération a consisté à utiliser une portion de l'urine fermentée pour une portion d'eau soit des quantités égales. Nous avons donc eu 3 doses d'urine diluée à savoir la dose de 0,75 L/casier de 13,44 m² ; 1L/casier et 1,25L/casier ;
- L'application des urines : L'application des urines a été faite dans des trous formés à 10 cm des pieds de maïs. Ces trous ont été recouverts immédiatement avant irrigation de la parcelle, pour éviter les effets de toxicité, réduire les odeurs et empêcher que les nutriments ne s'évaporent. L'urine a donc été appliquée à l'aide d'une bouteille, dont le couvercle a été perforé au centre pour permettre l'écoulement du biofertilisant, ceci tout en évitant qu'elle ne touche les plantes.

Quant aux fientes de poules, elles ont été appliquées deux fois au cours du cycle cultural, c'est-à-dire deux semaines après semi et 30 jours après semi. L'épandage a été faite dans les trous à 10 cm environ du plant puis recouverte d'une terre fine. La dose était de 5,376 kg par casier soit environ 130 g/poquet. S'agissant de l'engrais minéral, elle a été appliquée deux fois au cours du cycle cultural, c'est-à-dire à deux semaines et 30 jours après semi. L'application du 14-24-14 a été fait dans les trous à 10 cm environ des plants recouverte d'une terre fine, la dose étant de 4,8 g/poquet.

2-4-4. Opérations d'entretien

Les opérations d'entretien suivantes ont été effectuées :

- L'irrigation : le système d'irrigation adopté était celui de surface. À l'aide d'une motopompe et des tuyaux, l'on faisait passer de l'eau dans les différents casiers. Ainsi, les irrigations ont été faites soit très tôt en matinée, ou en soirée (majoritairement en matinée), à une fréquence de 2 fois par semaine tout au long du cycle cultural ;
- Le sarclage et buttage : ont consisté à un nettoyage manuel de la parcelle, en arrachant les mauvaises herbes, et un sarclage à l'aide des houes afin d'éviter une compétition entre les mauvaises herbes et les plants de maïs pour les éléments nutritifs. Cette opération a été effectuée à partir de deux semaines après semi et au fur et à mesure que le besoin se faisait ressentir. Le démariage a été effectué, lors du premier sarclage à 2 semaines après semi ceci à raison d'un plant par poquet, après une bonne irrigation.

2-5. Collecte des données

2-5-1. Détermination des paramètres chimiques du sol

Les paramètres du sol suivants ont été déterminés :

- ✓ La méthode potentiométrique dans un rapport sol/eau distillée de 1/2,5 a permis de déterminer le pH (eau et KCl) du sol ;
- ✓ La méthode Walkley et Black (1934) [16] a permis de déterminer la matière organique du sol ;
- ✓ La méthode de Kjeldahl a permis de déterminer la teneur en azote du sol ;
- ✓ La méthode de Pansu et Gauthyrou (2003) [17] a permis de déterminer la teneur en phosphore du sol ;

- ✓ La méthode « Aqua-Regia extraction » a permis de déterminer les cations ou bases échangeables du sol (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+).

2-5-2. Evaluation des paramètres de croissance et de rendement des plants de maïs

- ✓ La circonférence de la tige au niveau du collet à 20 cm du sol a été évaluée une fois par semaine à partir de 30 JAS, sur 10 plants des deux lignes centrales de chaque unité expérimentale. Ceci a été fait à l'aide d'une petite ficelle qu'on a entouré autour du collet du plant à 20 cm du sol, et qu'on a placé ensuite sur une règle graduée pour avoir la correspondance ;
- ✓ La taille du plant a été évaluée une fois par semaine à partir de 30 JAS, sur 10 plants choisis de façon aléatoire sur les deux lignes centrales de chaque parcelle élémentaire. La taille des plants a été mesurée à partir du collet de la plante, jusqu'au bourgeon terminal à l'aide d'une traceuse graduée de 30 cm et d'un décimètre selon le niveau de croissance.
- ✓ Le nombre de feuilles a été évalué à partir du décompte du nombre de feuilles sur 10 plants identifiés au hasard sur les deux lignes centrales de chaque unité expérimentale. Cette évaluation a été faite une fois par semaine à partir de 30 JAS.
- ✓ La longueur et la largeur des feuilles ont été mesurées une fois par semaine à partir de 30 JAS, à l'aide d'une traceuse graduée de 30 cm, ou d'un décimètre selon le niveau de croissance. Ces données ont servi à déterminer la surface foliaire. La surface foliaire moyenne a été calculée à l'aide de la **Formule** classique utilisée :

$$\text{Surface foliaire} = 2/3 (L \times l) \quad (1)$$

où L = la longueur du limbe et l = largeur maximale du limbe.

- ✓ Le nombre d'épis par traitement a été évalué par décompte des épis, après la récolte ;
- ✓ Le poids de 1000 graines a été évalué après égrainage des épis récoltés. Ceci a été fait par peser des lots de 1000 graines collectées par traitement, à l'aide d'une balance ;
- ✓ Le rendement en grain à l'hectare a été évalué après égrainage des épis récoltés et séchés préalablement. Ceci a été fait par pesée des grains récoltés, par traitement à l'aide d'une balance puis extrapolation à l'hectare selon la **Formule** suivante :

$$\text{Rendement en grain} \left(\frac{\text{T}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Quantité de grains récoltés par UE (T)}}{\text{Superficie de l'UE (ha)}} \times 100 \quad (2)$$

UE étant l'Unité Expérimentale

2-6. Analyse des données

Les données récoltées ont été saisies et mises en forme avec le tableur Excel 2013. Par la suite, elles ont été importées sous forme de fichiers (séparateur : tabulation) dans le logiciel SPSS pour analyse. Pour tous les paramètres, le test de normalité des résidus utilisant le test de normalité Shapiro-Wilk et le test d'homogénéité des variances utilisant le test de Bartlett ont été faits. Lorsque l'analyse de variance montre un effet significatif pour le facteur étudié, elle est complétée par le test de comparaison de Duncan.

3. Résultats et discussion

3-1. Caractéristiques chimiques du sol

Les échantillons de sol prélevés sur les parcelles d'expérimentation de l'essai ont été soumis aux analyses chimiques. Les résultats obtenus ont montré que le sol du site d'étude est acide ($\text{pH}_{\text{eau}} = 5,8$ et $\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,68$) et très pauvre en matière organique (0,52 %). Les teneurs en azote (0,25 %) et en phosphore (1,17 %) sont faibles. De même, les teneurs en bases échangeables [Ca^{2+} (3,857), Mg^{2+} (1,042), K^+ (0,145), Na^+ (0,169)] sont moyennement faibles. Ces résultats montrent que le sol du site d'étude est acide, pauvre en matière organique et en macroéléments majeurs, par conséquent nécessite des apports en fertilisants afin d'améliorer le rendement des cultures qui y sont pratiquées. Plusieurs chercheurs [18 - 20] ont obtenus des résultats similaires rapportant que l'apport en fertilisant minéral a un effet significatif sur la production et le rendement.

3-2. Effet de l'urine humaine sur les paramètres de croissance du maïs (CMS 9015)

3-2-1. Effet de l'urine humaine sur la hauteur des plants (cm)

La **Figure 1** présente la taille des plants de maïs en fonction des différents traitements appliqués. A la fin de la période végétative (65 JAS), bien que les plants du traitement T3 (0,75 L d'urine humaine/casier) aient présenté les plus grandes tailles soit une moyenne de $178,05 \pm 3,53$ cm, les résultats de ces derniers ne diffèrent pas significativement de ceux du traitement T4 (l'engrais minéral) dont les moyennes étaient de $177,77 \pm 0,19$ cm. Toutefois, les plants des traitements T1, T2 et T5 qui ne présentent pas des résultats satisfaisants, ont néanmoins des valeurs plus élevées que ceux du traitement T0 (plants témoins) qui présentent la plus faible valeur, soit une moyenne de $157,27 \pm 0,50$ cm. L'analyse de la variance, révèle qu'il existe une différence significative (p value = 0,000) entre les traitements sur la taille des plants au seuil de 5 %. Les tailles les plus basses obtenues au niveau du témoin (T0) sont le reflet du caractère pauvre du sol du site de démonstration. Ce résultat corrobore avec ceux obtenus par plusieurs auteurs [21, 22] qui ont observé que des sols tropicaux accusaient des problèmes de déficience en éléments minéraux et de réduction de la croissance et du rendement des plantes juste après une courte période de culture. La taille la plus élevée obtenue avec la dose d'urine de 0,75 L/casier soit 1528 L/ha qui a concurrencé celle de la fumure minérale NPK (120 kg/ha) s'expliquerait par les apports supplémentaires d'azote, de phosphate et potasse indispensables à la croissance du maïs par rapport aux autres traitements. Une observation identique a été rapportée [23]. En effet, selon les travaux de ces derniers, l'action des urines (forme soluble) est beaucoup plus rapide et fugace que celle des fumiers qui comprend une majorité de nutriments piégés avec les matières organiques (MO) non digestibles. Nous constatons que la dose d'urine 1 L/casier (2040 L/ha) a également concurrencé l'engrais minéral NPK particulièrement sur la taille des plants de maïs dans le site d'expérimentation. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les urines ont mis à la disposition du maïs l'azote directement assimilable [24]. Selon le même auteur, il a été clairement établi qu'une augmentation de la dose d'urine est suivie d'une augmentation de la croissance, jusqu'à un certain seuil ceci justifie la taille moins élevée des plants traités à la dose de 1,25 L/casier qui est moindre par rapport à la dose de 0,75 L/casier et 1L/casier. Dans cette étude les plants de maïs traités avec une dose de 0,75 L/casier et ceux traités avec une dose de 1L/casier présentent les tailles les plus élevées et concurrencent bien les plants traités au NPK.

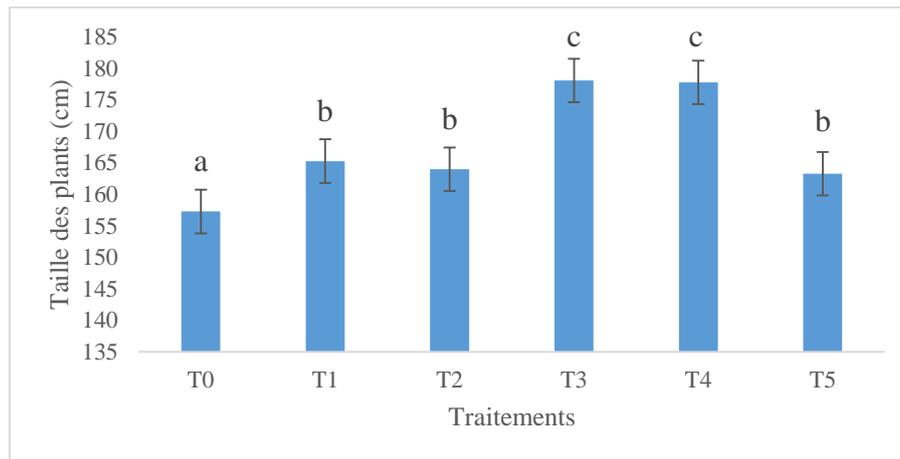


Figure 1 : Hauteur des plants de maïs en fonction des traitements

Légende : T0 : témoin ; T1 : 23,8 mL d'urine humaine/poquet ; T2: 29,7 mL d'urine humaine/poquet ; T3 : 17,8 mL d'urine humaine /poquet ; T4 : 4,8 g de 14-24-14/poquet ; T5 : 130 g de fientes de poules/poquet

3-2-2. Effet de l'urine humaine sur la circonférence au collet (cm)

La **Figure 2** présente la circonférence au collet des plants de maïs en fonction des traitements appliqués. A la fin de la période végétative, les plants du traitement T3 ont significativement la plus grande circonférence au collet ($8,16 \pm 0,50$ cm), alors que les circonférences au collet les plus basses sont observées sur les plants du traitement T5 soit une moyenne de $6,68 \pm 0,39$ cm suivi des plants témoins, où aucune fertilisation n'a été apportée soit une valeur de $6,85 \pm 0,35$ cm. L'analyse de la variance a montré qu'il existe une différence significative (p value = 0,007) entre les traitements sur la circonférence au collet. L'augmentation de la circonférence au collet des plants suite à l'application des différents fertilisants est perceptible, toutefois c'est le traitement à la dose de 0,75 L/casier qui permet d'avoir une valeur plus élevée. Ces résultats peuvent se justifier par le fait que les éléments nutritifs contenus dans l'urine, immédiatement disponibles pour les plants ont permis d'optimiser la croissance des plants de maïs, améliorant ainsi la circonférence au collet. En effet, la plupart des éléments nutritifs nécessaires aux plantes et contenus dans les excréta humains se trouvent dans les urines sous forme ionique et leur disponibilité pour la plante rivalise bien avec l'engrais chimique, et de ce fait, améliore les paramètres de croissances tels que la circonférence au collet [25]. Ainsi, on peut admettre que le processus de minéralisation préalable de 1 mois adopté pour l'urine humaine a été efficace et que les éléments nutritifs provenant de ces excréments étaient déjà bio-disponibles pour les plants au moment de l'application. Aussi, quel que soit la date considérée, la circonférence au collet des plants des traitements T1, T3 et T4 est supérieur par rapport à celle des plants des traitements T0, T2 et T5. Ceci pourrait être lié aux résultats obtenus au niveau de la taille des plantes, du fait que la dose de 0,75 L/casier (T3), 1L/casier (T1) et l'engrais minéral (T4) ont présenté une taille des plants élevé dus aux apports supplémentaires d'éléments nutritifs principalement d'azote, et de phosphate indispensables à la croissance du maïs. En effet, l'azote entre dans la synthèse des protéines qui sont des éléments plastiques permettant la bonne croissance de la plante.

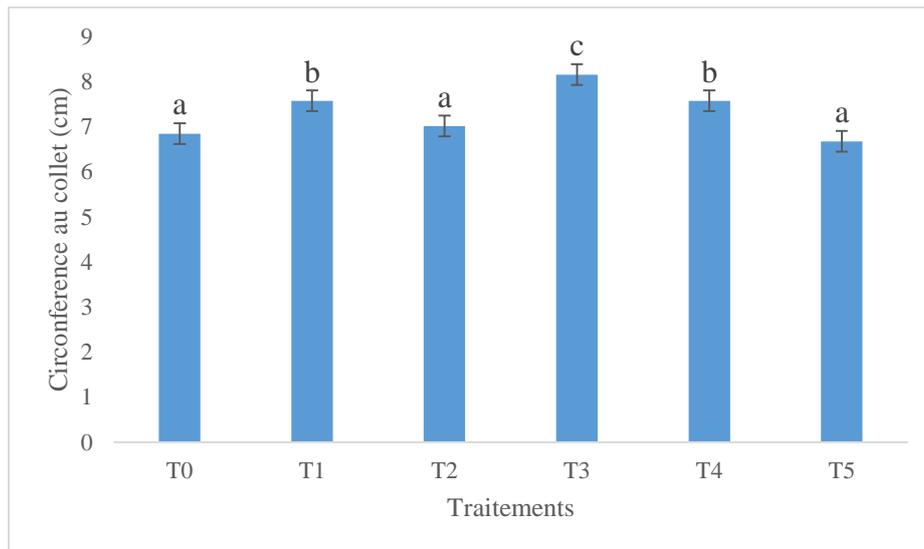


Figure 2 : *Circonférence au collet des plants de maïs en fonction des traitements*

Légende : T0 : témoin ; T1 : 23,8 mL d'urine humaine/poquet ; T2 : 29,7 mL d'urine humaine/poquet ; T3 : 17,8 mL d'urine humaine/poquet ; T4 : 4,8 g de 14-24-14/poquet ; T5 : 130 g de fientes de poules/poquet

3-2-3. Effet de l'urine humaine sur le nombre des feuilles

La **Figure 3** présente le nombre de feuilles moyen des plants de maïs en fonction des différents traitements. A la fin de la période végétative, les plants du traitement T3 présentent significativement les plus grandes valeurs ($14,44 \pm 1,11$ feuilles) par rapport à ceux des plants T1, T2, T3 et T4. Toutefois, ce sont les plants traités à la fiente de poules (T5) qui ont le nombre de feuilles le plus bas ($12,35 \pm 1,05$ feuilles). L'analyse de la variance, montre qu'il existe une différence significative (p value = 0,03) entre les traitements sur le nombre de feuilles au seuil de 5 %. En effet, à la fin du cycle végétatif, le nombre de feuilles le plus élevé ($14,44 \pm 1,11$ feuilles) a été observé sur les plants traités avec l'urine humaine à la dose de 0,75 L/casier. L'urine est une source précieuse de nutriments utilisés depuis les temps anciens pour améliorer la croissance des plantes notamment les légumes à feuilles. Il est établi que la plupart des éléments nutritifs contenus dans les urines sont sous une forme facilement utilisable par les plantes. L'azote (N) est en grande partie sous forme d'urée (80 %), d'ammoniac (7 %) et de créatine (6 %) et le reste sous la forme d'ammonio-acide ou de peptides [25]. Les éléments majeurs contenus dans les urines peuvent être directement assimilés par les plantes améliorant ainsi sa croissance [26]. La plus grande partie de l'azote contenue dans les urines initialement sous forme d'urée est rapidement transformée en ammoniac lors de la fermentation [13]. Des chercheurs [27] ont montré que la déperdition de l'azote est faible lorsque les urines sont stockées dans des conditions anaérobies, et que par contre dans des conditions aérobies, la teneur en azote subit des pertes d'environ 38 % au bout de 45 jours de stockage. Le phosphore se trouve essentiellement sous la forme de phosphate inorganique (> 95 %) et le potassium sous forme ionique [25]. Par ailleurs, des travaux scientifiques antérieurs révèlent qu'il existe une corrélation positive et significative entre le nombre de feuilles et le rendement [28]. De ce fait la production foliaire est un indicateur du rendement. Les feuilles sont les organes au sein desquels se déroule la photosynthèse, l'augmentation du nombre de feuilles de maïs suggérerait une augmentation de l'activité photosynthétique et par conséquent une augmentation du rendement en grains.

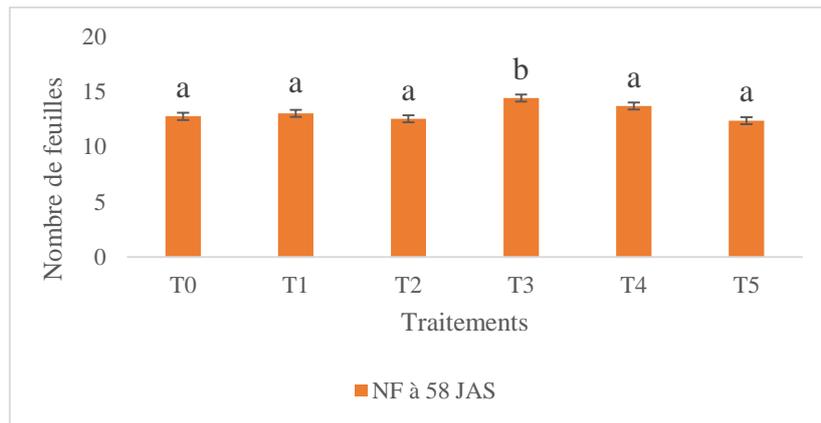


Figure 3 : Nombre de feuilles en fonction des traitements

Légende : T0 : témoin ; T1 : 23,8 mL d'urine humaine/poquet ; T2 : 29,7 mL d'urine humaine/poquet ; T3 : 17,8 mL d'urine humaine/poquet ; T4 : 4,8 g de 14-24-14/poquet ; T5 : 130 g de fientes de poules/poquet

3-2-4. Effet de l'urine humaine sur la surface foliaire des plants de maïs

La **Figure 4** présente l'évolution de la surface foliaire en fonction des différents des traitements. A la fin de la période végétative, les plants du traitement T3 ont significativement les surfaces foliaires les plus élevées ($480,75 \pm 1,17 \text{ cm}^2$), alors que les plus petites surfaces foliaires sont observées chez les plants témoins ($329,50 \pm 3,60 \text{ cm}^2$). L'analyse de la variance utilisant le test de Duncan, montre qu'il existe une différence significative ($p = 0,04$) entre les traitements. Des travaux scientifiques antérieurs révèlent qu'il existe une corrélation positive et significative entre la surface foliaire et le rendement [28].

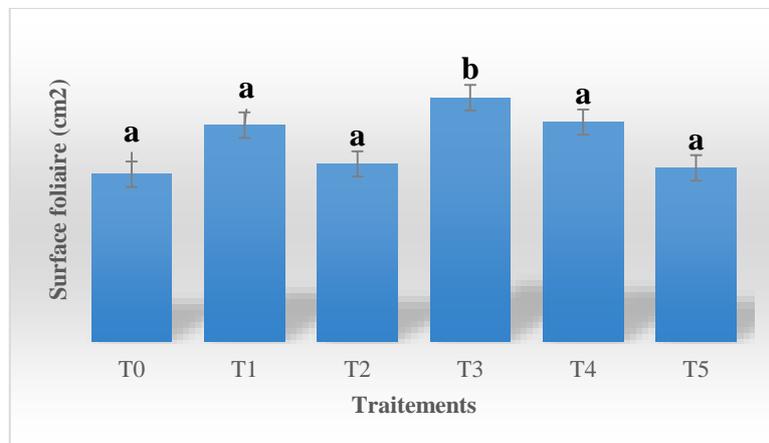


Figure 4 : Surface foliaire des feuilles des plants de maïs en fonction des traitements

Légende : T0 : témoin ; T1 : 23,8 mL d'urine humaine/poquet ; T2 : 29,7 mL d'urine humaine/poquet ; T3 : 17,8 mL d'urine humaine/poquet ; T4 : 4,8 g de 14-24-14/poquet ; T5 : 130 g de fientes de poules/poquet

3-3. Effet de l'urine humaine sur les paramètres de rendement du maïs

3-3-1. Effet de l'urine humaine sur le nombre d'épis de maïs à l'hectare

Le **Tableau 1** présente le nombre d'épis de maïs obtenu à l'hectare en fonction des différents traitements. Les résultats obtenus montrent que le nombre d'épis varie de 40 178 épis (T0) à 53 575 épis (T3). Le nombre

d'épis à l'hectare le plus élevé a été obtenu avec le traitement T3 (0,75 L/casier). L'utilisation des engrais azoté sur les plantes est indispensable pour répondre à leurs exigences nutritionnelles et l'effet bénéfiques de ces engrais à la fois sur le rendement et la qualité des cultures est connue [29]. Il est bien connu que l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K) et le calcium (Ca) sont des éléments essentiels à la croissance et au bon développement de la plus part des plantes cultivées augmentant ainsi le rendement en épis. Les valeurs plus élevées des traitements T3, T4 et T1 seraient en effet une conséquence de la qualité de fertilisant apportée (plus riche en éléments nutritifs notamment l'azote) qui a permis une bonne croissance et par conséquent un rendement en épis élevé.

Tableau 1 : Nombre d'épis à l'hectare

Traitements	Nombre d'épis à l'hectare
T0	40 178
T1	49 355
T2	40 923
T3	53 572
T4	46 627
T5	45 883

T0 : témoin ; T1 : 23,8 mL d'urine humaine/poquet ; T2 : 29,7 mL d'urine humaine/poquet ; T3 : 17,8 mL d'urine humaine /poquet ; T4 : 4,8 g de 14-24-14/poquet ; T5 : 130 g de fientes de poules/poquet

3-3-2. Effet de l'urine humaine sur le poids moyen de 1000 graines

Le **Tableau 2** présente le poids de 1000 graines obtenu en fonction des différents traitements. Les résultats obtenus montrent que le poids de 1000 graines a varié de 185 grammes (T0) à 226 grammes (T3). Le traitement T3 (0,75 L/casier) a permis d'obtenir un poids de 1000 graines plus élevé par rapport aux autres traitements. Ces résultats montrent que l'apport des différentes doses d'urine humaine a impacté positivement le poids de 1000 graines du maïs par rapport au témoin qui n'a reçu aucun traitement. L'augmentation du poids de 1000 graines du maïs suite à l'application de doses d'urines a un seuil et devient de plus en plus faible au fur et à mesure que les doses apportées augmentent (dose 1,25 L/casier).

Tableau 2 : Poids de 1000 graines des épis en fonction des différents traitements

Traitements	Poids de 1000 graines (grammes)
T0	185
T1	197
T2	193
T3	226
T4	215
T5	201

T0 : témoin ; T1 : 23,8 mL d'urine humaine/poquet ; T2 : 29,7 mL d'urine humaine/poquet ; T3 : 17,8 mL d'urine humaine /poquet ; T4 : 4,8 g de 14-24-14/poquet ; T5 : 130 g de fientes de poules/poquet

3-3-3. Effet de l'urine humaine sur le rendement du maïs

Le **Tableau 3** présente le rendement en grain de maïs obtenu à l'hectare en fonction des traitements. A la récolte, les plants témoins ont significativement le plus petit rendement en grains à l'hectare ($2,91 \pm 0,44$ T/ha), alors que le rendement le plus élevé a été obtenu sur les plants traités avec l'urine humaine à la

dose de 0,75 L/casier ($5,57 \pm 0,50$ T/ha). L'analyse de la variance, montre qu'il existe une différence significative (p value = 0,007) entre les valeurs moyennes des rendements (à l'hectare) du maïs obtenues dans les parcelles contenant les différents traitements au seuil de 5 %. Plusieurs auteurs ont montré respectivement que le rendement en grains du maïs augmente avec les doses d'urine hygiénisée [30, 31]. La variété de maïs CMS 90-15, est supposée présenter des rendements entre 4 et 5 tonnes/ha dans les sols de l'Extrême-Nord Cameroun, en condition d'une fertilisation adéquate à l'aide d'engrais minéral. Dans le cadre de cette étude, la fertilisation à base d'urine humaine à la dose de 0,75 L/casier nous a permis d'avoir de rendement de 5,57 t/ha de maïs (CMS 90-15). Des auteurs ont montré dans leurs travaux que la fertilisation à l'urine humaine hygiénisée, collectée à partir des latrines écologiques dans des écoles de l'Ouest Cameroun (Bagangté), construites par une ONG Camerounaise (ERA-Cameroun), aux doses de 40 000 L/ha et 50 000 L/ha donne aussi des rendements de 4 à 5 t/ha de la variété KASSAI (CHC201) [10]. La grande différence de la quantité utilisée pourrait s'expliquer par le fait que les urines collecté dans le site de Warba seraient très riches en éléments nutritifs par rapport à celles collectées pour l'étude conduite à l'Ouest Cameroun. En effet, la concentration de l'urine humaine en éléments nutritifs variant selon le régime alimentaire (plus l'on mange des aliments riches en protéine, produits laitiers, œufs, légumineuses plus nos urines sont concentrés), le climat (plus il fait chaud, plus on transpire et plus nos urines sont concentrés). Nous relevons ainsi que les individus se seraient essentiellement nourris de produits laitiers, viandes, légumineuses, œufs. De plus, le climat qui y régnait lors de la collecte des urines humaines pourrait justifier ce résultat. Une étude pilote ECOSAN au Burkina Faso a montré que l'urine humaine contient environ $6,7 \text{ g N L}^{-1}$ et accroît considérablement la production de maïs et d'aubergine [32, 33]. Au Zimbabwe, des auteurs ont également montré dans leurs travaux que la production de maïs augmente avec un apport d'urine humaine [34]. L'effet positif de l'urine humaine sur les productions de betterave et de carotte a également été noté en Afrique du Sud [30].

Des auteurs ont montré dans leurs travaux que, le rendement à l'hectare de l'aubergine, du gombo et de la tomate sur les champs ayant reçu un traitement minéral n'est pas significativement différent de celui des champs ayant reçu de l'urine seule [35]. Les auteurs ont justifié cet état de chose par le fait que les éléments nutritifs contenus dans l'urine se présentent sous forme ionique et leur biodisponibilité se compare bien avec les engrais chimiques [36]. Ces auteurs ont cependant indiqué que les ratios P/N et K/N qui en découlent sont inférieures aux besoins des cultures. Par ailleurs, des auteurs ont rapporté que l'urine est une précieuse source de nutriments (en particulier en N), mais en raison de sa teneur comparativement élevée en N et de sa faible teneur en matière organique, il est souvent recommandé de compléter l'application d'urine avec des nutriments et d'autres sources de matière organique [35]. Dans cette étude, le traitement à la fiente de poule nous a permis d'avoir un rendement plus élevé par rapport au témoin et à l'urine humaine à la dose de 1L/casier et de 1,25 L/casier soit respectivement 3,61T/ha contre 2,91 T/ha, 3,28L/ha et 3,23 L/ha. Il est connu que l'utilisation des composts, produits par les déchets organiques, ainsi que des fientes de poules augmentent la fertilité des sols [37] en améliorant leur structure, leur capacité de rétention en eau et en nutriments, et en stimulant l'activité microbienne, augmente ainsi les rendements [38]. Par ailleurs, la viabilité d'une terre dépend avant tout de sa richesse en humus [39], ce qui fait de l'utilisation des déjections animales une pratique courante en agriculture et constitue une valorisation des sous-produits de l'élevage fortement vulgarisés en agriculture biologique.

4. Conclusion

La présente étude vise à évaluer l'effet de l'urine humaine sur la croissance et le rendement de la variété CMS 9015 du maïs dans la localité de Warba, département de Mayo-Sava, région de l'Extrême-Nord Cameroun. A cet effet, les propriétés chimiques des sols du site d'étude ont été analysées. Les paramètres de croissances et de rendements du maïs ont été également évalués. Après collecte et analyse des données, les résultats obtenus ont montré que les sols du site d'étude sont acides, pauvres en matières organiques et en macroéléments majeurs. L'urine humaine appliquée à la dose 0,75 L/13,44 m² (soit 1528 L/ha) permet d'assurer la croissance et le développement des plants de maïs (variété CMS 9015) et d'améliorer ainsi le rendement en grains (5,57 t/ha). Ces résultats montrent que, la dose T3 (1528 L/ha) d'urine humaine peut être utilisée pour la fertilisation du maïs et peut être conseillée aux producteurs afin d'assurer une production durable de maïs, gage de la sécurité alimentaire dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun.

Remerciements

Les auteurs remercient Action Contre la Faim (ACF), le Groupe Urgence Réhabilitation Développement (Groupe URD) et le projet Redressement Economique et Social Inclusif du Lac Tchad (RESILAC) pour le financement de cette étude.

Références

- [1] - P. LEPOIVRE, *Phytopathologie : bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte*. Les presses agronomiques de Gembloux. De Boeck & Larcier s.a., Editions De Boeck Université, rue des Minimes 39, B-1000 Bruxelles. 1^{er} édition. ISBN 2-8041-4115-1. (2003) 427 p.
- [2] - ONU, "World population prospects : The 202049 ", (2020)
- [3] - O. L. FRESCO, *Les engrais et l'avenir*. In : la sécurité mondiale et le rôle de la fertilité durable. Maisonneuve Larousse (eds). Conférence IFA/FAO. Rome, Italie (2003) 51 - 67
- [4] - MINEPAT, "La population du Cameroun en 2010 (3è RGPH)", (2010) 67 p.
- [5] - K. L. NYEMBO, S. Y. USENI, K. M. CHUKIYABO, K. J. TSHOMBA, N. F. NTUMBA, M. E. MUYAMBO, K. P. KAPALANGA, M. M. MPUNDU, M. D. BUGEME, L. L. BABOY, Rentabilité économique du fractionnement des engrais azotés en culture de maïs (*Zea mays* L.) : cas de la ville de Lubumbashi, sud-est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences* 65 (2013) 4945 - 4956
- [6] - FAO, "The State of Food and Agricultural ", Series No. 36. ISSN 0081-4539, Rome, Italy (2005) 580 p.
- [7] - S. T. G. TCHUENGA et F. SAHA, Le maïs : une céréale à multiples usages au Cameroun sous la menace des contraintes climatiques et de ravageurs. *Afrique SCIENCE* Vol. 13, N°6 (2017) 177 - 188
- [8] - A. CHARCOSSET et A. GALLAIS, Emergence et développement du concept de variétés hybrides chez le maïs. "Le Sélectionneur Français". UMR Génétique Végétale. INRA - Université de Paris-Sud-CNRS-Agroparistechferm du moulin 91190GIF/YVETTE, 60 (2009) 21 - 30
- [9] - P. KOSMA, A. MADI, G. M. TEN HOOPEN et Z. AMBANG, Contraintes et opportunités à l'adoption de nouvelles variétés améliorées du maïs et du niébé au Nord Cameroun. *Science et Technique - Revue Burkinabé de la Recherche. Lettres, Sciences Sociales et Humaines* (1 h.s.) (2014) 47 - 54
- [10] - E. TEMGOUA, T. H. NTANGMO, E. NGNIKAM, G. R. TAKUETE et D. G. ZENA, Fertilisation du maïs (*Zea mays* L.) à base d'urines humaines hygiénisées dans un oxisol de l'Ouest Cameroun. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(5) (2017) 2071 - 2081

- [11] - MBONIGABA, Caractérisation physique, chimique et microbiologique de trois sols acides tropicaux du Rwanda sous jachères naturelles et contraintes à leur productivité (2007) 402 p.
- [12] - J. P. NGOH DOOH, S. BAMLE, B. DJILE, N. GODSWILL, L. GAYE, D. B. TCHOUPOU TSOUALA, T. BOULGA, K. PHILIPPE, Z. AMBANG, Impact of crop rotation and fertilizers (chemical, organic and bio) on diseases and yield of maize (*Zea mays*) in Far North Cameroon, *Journal of Agricultural and Crop Research*, Vol. 9 (2) (2021) 40 - 49
- [13] - P. CALVERT, P. MORGAN, A. ROSEMARIN, R. SAWYER and J. XIAO, Ecological Sanitation. Revised and enlarged edition, Winblad U, Simpson-Hébert M (Editors). Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, Sweden, (2004) 147 p.
- [14] - C. BONVIN, K. M. UDERT, B. ETTER, E. FROSSARD, S. NANZER, F. TAMBURINI and A. OBERSON, Plant uptake of phosphorus and nitrogen recycled from synthetic source separated urine. *Ambio*, 44(2) (2015) S217-27. DOI: 10.1007/s13280-014-0616-6
- [15] - H. JÖNSSON, A. R. STINTZING, B. VINNERAS, E. SALOMON, Guidelines on the use of urine and faeces in crop production. EcoSanres publication Series Report, 2. Stockholm Environment Institute, Sweden 5 (2004) p 6
- [16] - A. WALKLEY, I. A. BLACK, An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sciences*, 37 (1934) 29 - 38
- [17] - M. PANSU et J. GAUTHEYROU, L'analyse du sol minéralogique, organique et minérale. Montpellier, France: Springer-Verlag. (2003) 993 p.
- [18] - C. N. LLOSAS and A. M. FERNANDEZ, Influence of planting density on growth, development and yields of garlic (*Allium sativum* L.). *Centro Agricola*, Vol. 11, N°1 (1984) 17 - 26
- [19] - M. A. FAROOQUI, I. S. NARUKA, P. P. SINGH, S. S. RATHORE, and R. P. S. SHAKTAWAT, "Effect of Nitrogen and sulphur levels on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.)," *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, Vol. 2, N° (2008) 18 - 23
- [20] - M. MALOUM, P. KOSMA, A. GOUDOUM et L. NGO NKOT, Effet de la fertilisation minérale sur la production de trois cultivars d'ail (*Allium sativum* L.) à l'Extrême-Nord Cameroun. *Afrique SCIENCE* 20 (2) (2022) 90 - 102
- [21] - B. B. SOMDA, B. OUATTARA, I. SERME, M. B. POUYA, F. LOMPO, J. B. TAONDA et P. M. SEDOGO, Détermination des doses optimales de fumures organo-minérales en microdose dans la zone soudano-sahélienne du Burkina Faso (2017) 65 p.
- [22] - A. DABRE, E. HIEN, DER SOME et J. J. DREVON, Effets d'amendements organiques et phosphatés sous zaï sur les propriétés chimiques et biologiques du sol et la qualité de la matière organique en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(1) (2017) 473 - 487
- [23] - L. RODHE, S. A. RICHERT and S. STEINECK, Ammonia emissions after application of human urine to clay soil for barley growth. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 68 (2004) 191 - 198 DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/B:FRES.0000019046.10885.ee>
- [24] - H. HEINONEN-TANSKI, S. SJÖBLUM, H. FABRITIUS and P. KARINEN, Pure human urine is a good fertiliser for cucumbers. *Bioresource Technology* 98 (1) (2007) 214 - 217, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.11.024>
- [25] - I. YAHAYA, Évaluation de l'effet de l'application périodique de l'urine hygiénisée sur la culture de mil (*Pennisetum glaucum*), Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Ingénieurs des Techniques Agricoles (ITA), Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger (2009) 39 p.
- [26] - B. VINNERAS, H. PALMQUIST, P. BALMER, and H. JÖNSSON, The characteristics of household waste water And biodegradable solid waste A proposal for new Swedish design values. *Urban Water* 3 (1) (2006) 3 - 11
- [27] - S. B. GONIDANGA, K. AMAH, A. ADRIEN et T. CHEIK, Etude du processus d'hygiénisation des urines en vue d'une utilisation saine en agriculture. Communication au premier forum du réseau CREPA (2004) 39 - 40

- [28] - D. D. DEMBELE, Effets des urines humaines hygiénisées sur la productivité du riz irrigué, *Oryza sativa* Variété « Bouaké 189 » à Katiola (Centre de la côte d'Ivoire) (2008) 56 p.
- [29] - N. ZIADI, G. BELANGER, A. N. CAMBOURIS, N. TREMBLAY, M. C. NOLIN and A. CLAESSENS, Relationship between P and N concentrations in corn *Agron. J.* (2007) 9983384
- [30] - P. MKENI, C. B. JIMENEZ, M. PACHA and L. AUTIN, Use of Human Excreta from Urine Diversion Toilet in food Gardens. *Agronomical and Health Aspects. Volume 3, Report to the water Research Commission. WRC Report NO 1439/3/06* (2006)
- [31] - J. GERER and J. SAUERBORN, Exploring the Potential for Recycling Nutrients from Waste Water to Enhance Agricultural Productivity - the Example of Valley View University in Accra, Ghana. Presentation at the Tropentag- International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development. University of Bonn, October (2006) 11 - 13
- [32] - M. BONZI, F. LOMPO et M. P. SEDOGO, Effet de la fertilisation minérale et organo-minérale du maïs et du sorgho en sol ferrugineux tropical lessivé sur la pollution en nitrates des eaux. Communication à la 6^è édition du FRSIT, Ouagadougou, Burkina Faso (2005) 18 p.
- [33] - D. I. KIBA, Valorisation agronomique des excreta humains : utilisation des urines et fèces humains pour la production de l'Aubergine (*Solanum melongena*) et du Maïs (*Zea mays*) dans la zone centre du Burkina Faso. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso - Institut du Développement Rural - Mémoire Ingénieur du Développement Rural. http://www.memoireonline.com/m_valorisationagronomiqueexcreta-humains-production-aubergine-solanum-melongena.html (2005) 58 p.
- [34] - E. GUZHA, I. NHAP and J. Rockstom, An assessment of the effect of human faeces and urine on maize production and water productivity. *Physics and chemistry of the Earth* 30 (2005) 840 - 845
- [35] - A. RICHERT, R. GENSCH, H. JËNSSON, T. STENSTRËM and L. DAGERSKOG, Conseils pratiques pour une utilisation de l'urine en production agricole. Stockholm Environment Institute (SEI), EcoSanres Series 3 (2011) 54 p.
- [36] - J. SIMONS and J. CLEMENS, The use of separated human urine as mineral fertilizer. Werner C, Avendaño V, Demsat S, Eicher I, Hernandez L, Jung C, Kraus S, Lacayo I, Neupane K, Rabioga A, Wafler M (Editors), 2nd International Symposium on Ecological Sanitation "ecosan - closing the loop", April 7-11, 2003, Lübeck, Germany, ISBN 3-00-012791-7. (2004) 595 - 600
- [37] - M. A. KITABALA, U. J TSHALA, M. A. KALENDA, I. M. TSHIJIKA et K. M. MUFIND, Effets de différentes doses de compost sur la production et la rentabilité de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la ville de Kolwezi, Province du Lualaba (RD Congo). *J. Appl. Biosci.* 102 (2016) 9669 - 9679
- [38] - E. KOWALJOW and M. J. MAZZARINO, Soil restoration in semi arid Patagonia: chemical and biological response to different compost quality. *Soil Biol. Bioch* 39 (2007) 1580 - 1588
- [39] - C. TOGNETTI, M. J. MAZZARINO and F. LAOS, Compost of municipal organic waste : effects of different management practices on degradability and nutrient release capacity. *Soil Biol. Bioch.* 49 (2008) 2290 - 2296