



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Fertilisation du maïs (*Zea mays L.*) à base d'urines humaines hygiénisées dans un oxisol de l'Ouest Cameroun

Emile TEMGOUA^{1*}, Honorine NTANGMO TSAFACK², Emmanuel NGNIKAM³,
Raoul TAKUETE GOUANA⁴ et Gabin Régis ZENA DONGMO⁴

¹ *Laboratoire d'Analyse des Sols et de Chimie de l'Environnement, Faculté d'Agronomie et Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun.*

² *Laboratoire d'Ecologie et de Biologie Appliquées, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences, Université de Dschang, BP 67 Dschang, Cameroun.*

³ *Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé, Laboratoire Energie, Eau et Environnement,*

⁴ *Faculté d'Agronomie et Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun.*

* *Corresponding author; E-mail: emile.temgouda@univ-dschang.org*

REMERCIEMENTS

Cette recherche a obtenu l'appui financier du projet MODEAB conduit par la ville de Bangangté et ses partenaires.

RESUME

Les urines contenues dans les eaux usées nécessitent de gros moyens pour leur traitement. Elles contiennent pourtant de l'azote que l'on peut rentabiliser. La culture du maïs, fertilisée à l'urine humaine à différentes doses, a été comparée à celle fertilisée à l'engrais minéral. L'urine a été hygiénisée, puis appliquée sur deux sites sur la base d'un dispositif en blocs complètement randomisés répétés 4 fois. Pour éviter l'évaporation de l'azote, l'urine a été enfouie dans des layons d'environ 5 centimètres de profondeur. A maturité, les traitements à l'urine pour 90, 120 et 150 kg N/ha respectivement indiquent une production de biomasse sèche de 12,6±6,7 t/ha, 17,5±6,7 et 20,7±6,7 t/ha, et des rendements grains du maïs de 4,4±1,9, 5,0±1,9 et 5,2±1,9 t/ha. La dose d'engrais 20-10-10 (120 kg N/ha) donne une production plus élevée de biomasse sèche de 23,0±6,7 t/ha et un rendement grain de 6,7±2,6 t/ha. Pour tous ces résultats, la différence n'est hautement significative (P<0,01) qu'entre les fertilisations à l'urine à 120, 150 t/ha, l'engrais minéral et celle à 90 kg N/ha d'une part, et les témoins d'autre part. L'augmentation du nombre de sites et de traitements serait nécessaire pour une bonne extension de ces résultats.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Toilette écologique, urine hygiénisée, fertilisation, biomasse sèche, rendement grain, maïs.

Fertilization of the corn (*Zea mays L.*) based on sanitized human urines in an oxisol of the West Cameroon

ABSTRACT

The urines contained in waste water require large means for their treatment. They however contain nitrogen that can make profitable. The corn cultivation, fertilized with the human urine with various N-contents (90, 120 and 150 kg N.ha⁻¹), was compare with mineral manure NPK 20-10-10 (120 kg N.ha⁻¹). The urine was

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

2978-IJBCS

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.11>

purified, then applied to two sites on repeated blocks device completely randomized with 4 repetitions. To avoid the evaporation of nitrogen, the urine was hidden in tailboards of approximately 5 centimeters depth. With maturity, the treatments with urine for 90, 120 and 150 kg-N.ha⁻¹ respectively, produced the dries biomass of 12.6 ±6.7 t.ha⁻¹, 17.5±6.7 and 20.7±6.7 t.ha⁻¹, and corn grains outputs of 4.4 ±1.9, 5.0±1.9 and 5.2±1.9 t.ha⁻¹. The manure 20-10-10 applied with 120 kg N.ha⁻¹ gives a higher production of dry biomass (23.0 ±6.7 t.ha⁻¹) and an output grain of 6.7 (± 2.6) t.ha⁻¹. For all these results, the difference was highly significant (P<0.01) only between fertilizations by urine of 120, 150 t/ha, mineral manure and that of 90 kg N/ha on the one hand, and the control on the other hand. The increase in number of sites and treatments would be necessary for validation of these results.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Ecological latrine, hygienised urine, fertilisation, dry biomass, grain yield, mays.

INTRODUCTION

L'augmentation de la population mondiale exerce une pression grandissante sur l'agriculture (FAO, 2010). Cette dernière se doit alors de chercher des stratégies pour satisfaire les besoins alimentaires des populations. L'une des difficultés majeures qui se pose à la production agricole dans les pays en développement comme le Cameroun est le maintien de la fertilité des sols en condition de culture permanente. Le prix exorbitant et sans cesse croissant des engrais minéraux, le faible revenu des producteurs constituent des limites conduisant à une fertilisation marquée par l'utilisation de sous dose d'engrais, pouvant causer au niveau du sol des déséquilibres chimiques. L'utilisation des engrais minéraux surtout azotés et phosphatés pose souvent des risques de pollution des nappes et d'eutrophisation des eaux (Bonzi et Koné, 2004).

Par ailleurs, les eaux usées sont soit acheminées dans des stations d'épuration où elles sont dépolluées à grand renfort de moyens soit déversées dans l'environnement où elles polluent mers, lacs, rivières et nappes phréatiques (Eawag News, 2015). Même si l'urine ne représente qu'un pour cent du volume d'eau usée traitée, elle est responsable d'une grande partie de la charge polluante en raison de sa forte concentration en matières nutritives. Elle est ainsi à l'origine de 90 pour cent de l'azote des effluents traités dans les stations d'épuration. Et la transformation et l'élimination de cet azote sont à leur tour, responsables d'une grande partie de la

consommation d'énergie des stations modernes.

Il y a donc grand intérêt à trouver des sources alternatives de matières nutritives. La collecte séparée de l'urine est rendue possible par l'usage de toilettes à séparation dans lesquelles l'urine s'écoule à l'avant de la cuvette dans une canalisation particulière grâce à l'installation d'une cloison (Adissoda et al., 2004). Lorsque ces toilettes fonctionnent sans chasse, elles permettent de réaliser des économies d'eau et se passent de réseau d'égouts. Les matières fécales accumulées dans ces toilettes dites sèches peuvent être directement compostées ou séchées. Cette collecte aide ainsi à boucler le cycle des nutriments.

Pour Esray et al. (2001), l'urine est en général stérile et ne constitue un danger que dans certains cas. Les pathogènes les plus fréquents existant dans l'urine peuvent provoquer la typhoïde, la paratyphoïde et la bilharziose. Adissoda et al. (2004) avancent que le temps de stockage recommandé pour les urines est de 2 mois avant utilisation. Après 1 mois de stockage, seuls les virus survivent et après 6 mois de stockage, il n'y a probablement plus de virus dans les urines. Lors des procédés de fabrication de l'engrais liquide à base d'urine, les bactéries naturellement présentes dans l'urine sont éliminées par nitrification (Bischel et al., 2015). De plus, l'engrais en question est pasteurisé pendant la distillation, ce qui permet de détruire tous les virus qui auraient survécu à la nitrification. Gonidanga et al.

(2004) ont montré que pour les urines, un temps de stockage d'une semaine est suffisant pour observer l'inactivation des coliformes fécaux et 4 semaines pour celles des streptocoques fécaux. Sou (2011), Makaya et al. (2014) parlent d'une hygiénisation complète des urines au bout d'un mois si elles sont dans un bidon rempli à ras bord et hermétiquement fermé.

L'utilisation des urines en agriculture est une vieille pratique. En Afrique du Sud, l'urine a été appliquée aux cultures de chou, épinards, tomate et maïs. Le maïs et la tomate ont répondu plus ou moins identique à l'urée et à l'urine. Au Nigéria, l'urine à la dose 60 kg N/ha a permis d'augmenter substantiellement les rendements du gombo (Akpan-Idiok et al., 2012). Les tests de fabrication d'engrais à base d'urine, sont très avancés en Suisse (Bonvin et al., 2015). Cet engrais liquide contient toutes les substances nécessaires à la croissance végétale : de l'azote, du phosphore et du potassium mais aussi des oligoéléments tels que le fer, le zinc et le bore qui contribuent fortement au bon développement des végétaux. A l'inverse, il renferme très peu de métaux lourds.

Gonidanga et al. (2004) ont montré que la déperdition de l'azote est faible lorsque les urines sont stockées dans des conditions anaérobies et par contre dans des conditions aérobies, la teneur en azote subit des pertes d'environ 38% au bout de 45 jours de stockage. La combinaison de l'urine et des fèces est très profitable au sol dans un rapport urine/fèces de 75/25% mais l'effet des urines sur les propriétés des sols reste très mal documenté (Sangare et al., 2015). La construction des toilettes écologiques dans les écoles et villages communautaires dans la commune de Bangangté, Ouest Cameroun, appelle à réfléchir sur l'utilisation des sous-produits de ces toilettes (fèces et urine) dans la production agricole. L'objectif de cette étude est de ressortir les doses d'urine qui apportées de manière rationnelle, permettraient d'obtenir des rendements optimum dans la culture du maïs, comparées à la fertilisation minérale.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Site de l'étude

L'essai de fertilisation du maïs à base des urines a été conduit dans deux villages (Banoumga et Projet II) de l'arrondissement de Bangangté, département du Ndé, région de l'Ouest du Cameroun. Bangangté se situe entre 5°09'00" de latitude Nord et 10°31'00" de longitude Est. Avec une superficie de 800 km², Bangangté compte 33 600 habitants pour une densité de 42 habitants/Km².

Conduite de l'essai

La variété de maïs KASSAI (CHC201), composite développé par l'Institut camerounais de Recherche pour le Développement (IRAD) avec des rendements entre 5 - 7 tonnes/ha et adapté aux hautes altitudes a été utilisée. L'urine humaine hygiénisée collectée dans les écoles et l'engrais 20-10-10 sont les fertilisants utilisés. Après défrichage et dessouchage, les unités expérimentales séparées d'un mètre entre eux et les blocs de deux mètres, ont été labourées manuellement délimitées à l'aide des ficelles et des piquets. Celles-ci mesuraient 2 m x 1,6 m soit de 3,2 m² de superficie. Le semis s'est fait à l'écartement 0,50 m x 0,80 m.

Les latrines écologiques ont été construites dans les écoles par une ONG camerounaise (ERA-Cameroun) pour la collecte des urines. Ces latrines sont conçues de façon à permettre une séparation de l'urine et des fèces. Un système de drainage permet d'acheminer les urines dans les bidons de 20 litres. Et une fois ces bidons pleins, on les ferme hermétiquement pendant un mois pour l'hygiénisation. Après cela, l'urine hygiénisée est disponible pour la fertilisation des plants. L'essai a été réalisée selon un dispositif en blocs complètement randomisés avec quatre niveaux de fertilisation à l'urine (0, 90, 120 et 150 kg N/ha) et un niveau de NPK 20-10-10 (120 kg N/ha) et 4 répétitions, soit 20 unités expérimentales. Pour parvenir à ces doses, la teneur en azote des urines étant entre 2 et 3 g/l, il faut 45.000, 60.000 et 75.000 litres/ha pour la teneur de 2 g/l ; il faut 30.000, 40.000 et 50.000 litres/ha pour la teneur de 3 g/l. Les

fertilisants ont été apportées en deux applications à savoir deux semaines après semis et pendant la phase de montaison. L'application des urines s'est faite dans des raies formées à 10 cm des pieds de maïs puis recouvertes immédiatement avant arrosage à 200% (2 litres d'eau pour 1 litre d'urine) pour éviter les effets de toxicité. L'épandage du 20-10-10 s'est effectué en couronne de 2 cm tout autour du poquet et recouverte d'une terre fine. Les doses correspondantes à chaque traitement étaient les suivantes:

- T0=Témoin (aucune fertilisation)
- T1= traitement à l'urine dont la quantité d'azote est équivalente à la quantité d'azote de l'engrais minéral (120 kg N/ha).
- T2= traitement à l'urine dont la quantité d'azote est à 25% supérieure à la quantité d'azote de l'engrais minéral (150 kg N/ha).
- T3= traitement à l'urine dont la quantité d'azote est à 25% inférieure à la quantité d'azote de l'engrais minéral (90 kg N/ha).
- T4= traitement à l'engrais minéral 20-10-10 : dose d'engrais recommandée par l'IRAD soit 4,8 g/poquet correspondant à 120 kg à l'hectare.

L'analyse granulométrique des échantillons de sol s'est faite par la méthode à la pipette de Robinson Köhn. Le pH du sol a été mesuré à l'aide d'un potentiomètre muni d'une électrode de verre au ratio 1/2,5. Deux types de pH ont été mesurés (pH-H₂O et le pH-KCl). La détermination du carbone organique a été faite par la méthode de Walkey et Black. L'azote total a été déterminé par la méthode Kjeldhal. La détermination des bases échangeables et de la capacité d'échanges cationiques à pH7 est faite suivant la méthode de Metson. La détermination du phosphore a été faite selon la méthode de Bray II.

Au niveau de l'essai de maïs, les données collectées portent sur les paramètres de croissance et ceux de rendement. Les données de croissance ont été collectées pendant la douzième semaine lorsque les fleurs mâles étaient entièrement épanouies et les données de rendement à maturité physiologique. Les variables considérées

étaient la circonférence de la tige au niveau du collet à 20 cm du sol, la hauteur à l'insertion de l'épi, la taille du plant à l'inflorescence mâle, la biomasse aérienne fraîche, sèche et le poids des graines à 15% d'humidité.

Les données ont été soumises à l'analyse de la variance et en cas de différences significatives entre les traitements, les tests de probabilité de Turkey à 1 et à 5% ont permis de séparer les moyennes à l'aide du logiciel R, version de 2007.

RÉSULTATS

Caractéristiques des sols d'essai

Les caractéristiques des sols de cette étude sont présentées dans le Tableau 1. Le pH illustre que les sols des deux sites sont des sols acides. D'après le triangle textural de l'USDA, la classe texturale moyenne de ces sols est argilo-limoneuse. Ces sols ont une CEC modérée comprise entre 10 et 25 cmol(+)/kg de sol, mais le taux de saturation en base est très faible. Le niveau du phosphore assimilable est très faible (<7 mg/kg) ce qui rend ces sols marginaux pour la production du maïs. L'azote total est très faible, compris entre 1 et 2%. La teneur en carbone organique est moyenne mais il s'agit d'une matière organique de bonne qualité (C/N<10). Ces deux sols sont très semblables, à quelques exceptions notées dans les teneurs en carbone organique et azote, le site Banoumga étant plus riche en matière organique, le site Projet II en azote.

Caractéristiques des urines utilisées

Les résultats d'analyse chimique donnent (Tableau 2) des teneurs faibles d'azote (2 à 3 g/l), faibles de phosphores et moyennes de potassium. Le pH donne des valeurs neutres pour les pH de l'urine humaine.

Effet de la fertilisation sur la croissance du maïs

Au moment de l'épanouissement des fleurs mâles, les traitements ont tous eu des effets hautement significatifs ($p < 0,05$) sur les paramètres de croissance étudiés (Tableau 3).

La croissance la plus élevée a été observée aux traitements à l'engrais minéral 20-10-10 à la dose de 120 kg/ha d'azote et l'urine à 120 et 150 kg/ha d'azote et les plus faibles au niveau zéro (témoin). Cependant, entre les sites, la croissance était plus élevée dans le site 2 (Projet II) par rapport au site 1 (Banoumga).

Effet de la fertilisation sur la biomasse et le rendement du maïs

Les Figures 1 et 2 illustrent l'effet des différents niveaux de fertilisation sur les rendements en biomasse aérienne sèche et en grain dans les sites Banoumga (1) et Projet II (2).

La Figure 1 montre que la biomasse aérienne sèche a varié de 4,2 t/ha (témoin sans fertilisation, T0) à 21,0 t/ha (120 kg/ha d'azote du 20-10-10) dans le site de Banoumga. Elle est plus importante au site Projet II, de 8,0 t/ha (T0) à 24,9 t/ha (120 kg/ha d'azote du 20-10-10). Les moyennes respectives sont de $13,8 \pm 1,8$ t/ha et $18,1 \pm 2,3$ t/ha pour les sites Banoumga et Projet II. Les

niveaux de fertilisation à 120 kg/ha d'azote du 20-10-10, à 150 et 120 kg/ha d'azote de l'urine ont donné les meilleurs résultats en rendement grain à 15% d'humidité par rapport au niveau 0 dans les deux sites. Cette différence est hautement significative ($p < 0,05$) sur les paramètres de rendement entre T1, T2, T3 et T4 d'une part et T0 d'autre part. Toutefois, le site Projet II a offert les rendements plus élevés que le site Banoumga. Le rendement grain à 15% d'humidité a varié de 1,0 t/ha (niveau 0) à 6,4 t/ha (120 kg/ha d'azote du 20-10-10) dans le site Banoumga et de 1,8 t/ha (niveau 0) à 7,1 t/ha (120 kg/ha d'azote du 20-10-10) dans le site Projet II avec des moyennes respectives de $3,7 \pm 0,4$ t/ha et $5,3 \pm 0,6$ t/ha. Sur la base des considérations économiques, l'urine hygiénisée à la dose 120 kg N/ha a donné une rentabilité plus élevée (1025,88%) suivi de la dose de 90 kg N/ha (992,34%), la dose de 150kg N/ha (953,47%) et l'engrais minéral (20-10-10) à la dose 120 Kg N/ha (917,27%).

Tableau 1: Caractéristiques physico-chimiques du sol (nombre d'échantillons = 3).

Paramètres étudiés	Sites étudiés		Paramètres étudiés	Sites étudiés		
	Banoumga	Projet II		Banoumga	Projet II	
CEC (Cmol+/kg)	15,67±3,4	14,93±0,8	CO% ms	4,65±0,2	2,32±1,2	
pH eau	5,56±0,3	5,33±0,04	N%	1,03±0,2	1,22±0,3	
pH KCl	4,63±0,3	4,56±0,2	P assimilable	0,66±0,2	0,4±0,03	
Δ pH	0,93±0,2	0,67±0,2	Humidité Air	15,02±0,3	11,97±0,4	
Ca	0,51±0,01	0,50±0,02	Humidité du sol à 105°C	12,83±0,3	10,25±0,3	
Mg	3,68±0,1	4,70±1,6	Sable	5,07±0,5	6,86±1,9	
Na	<1	<1	Granulométrie	Limons	36,92±7,1	31,53±3,9
			fine (%)			
K	1,01±0	1,04±0	Argile	58,01±6,8	61,61±5,8	

Tableau 2 : Caractéristiques des urines utilisées pour les essais.

Echantillons	N (g/l)	P (g/l)	K (g/l)	pH
BANOUMGA	1,97	0,1	3,41	7,15
PROJET II	2,53	0,14	3,50	7,17

Tableau 3 : Paramètres de croissance du maïs à l'issue de la fertilisation minérale et à l'urine.

Traitement	Fertilisation	Hauteur à l'inflorescence mâle	Hauteur à l'épi	Circonférence à 20 cm du sol
T0	0 kg N/ha	195 (d)	60 (c)	5,25 (b)
T1	120 kg N-Urine/ha	240,5 (bc)	103,25 (ab)	7,75 (ab)
T2	150 kg N-Urine/ha	260,75 (ab)	105,5 (ab)	8,25(ab)
T3	90 kg N-Urine/ha	220 (cd)	83,75 (bc)	7,5(ab)
T4	120 kg N-20-10-10/ha	263,75 (a)	128,5 (a)	8,75(a)
Moyenne		236	96,2	7,5
Ecart type		8,017	3,095	0,7268

Les traitements qui ne sont pas suivis par une même lettre dans la même colonne sont significativement différents ($p < 0,05$).

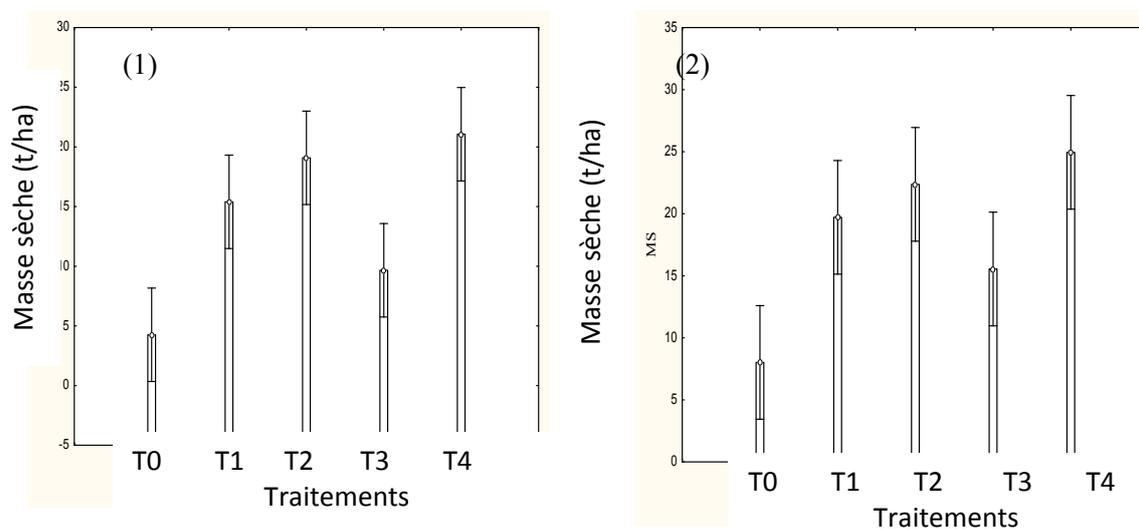


Figure 1 : Quantité de biomasse aérienne sèche. (1) Banoumga et au (2) Projet II (T0 : Témoin sans fertilisation, T1, T2 et T3 : urine respectivement à 120, 150 et 90 kg/ha d'azote, T4 : engrais minéral à 120 kg/ha d'azote).

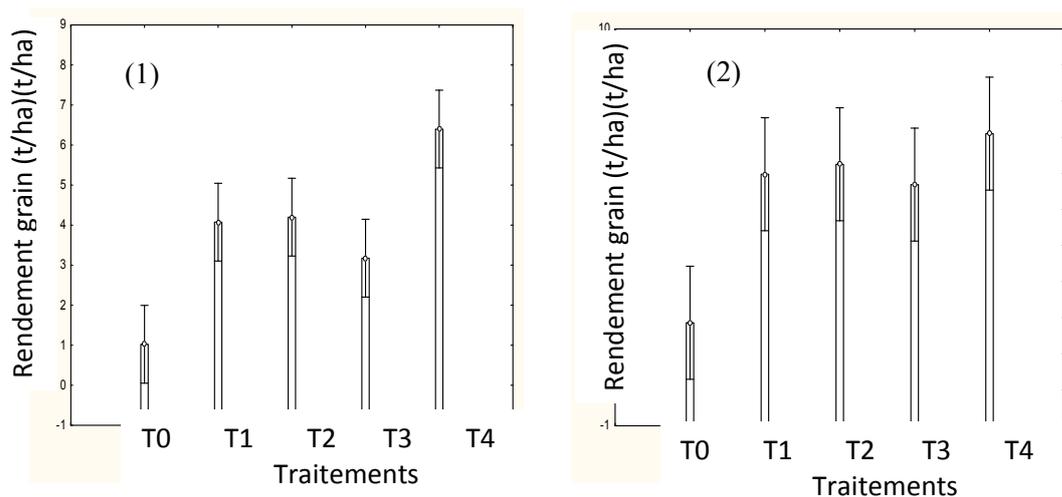


Figure 2 : Rendement en grains de maïs à 15% d'humidité obtenu. (1) Banoumga et au (2) Projet II (T0 : Témoin sans fertilisation, T1, T2 et T3 : urine respectivement à 120, 150 et 90 kg/ha d'azote, T4 : engrais minéral à 120 kg/ha d'azote).

DISCUSSION

Les résultats de l'analyse chimique de l'urine montrent non seulement des teneurs variées en azote mais phosphore et potassium. L'urine de Banoumga renferme moins d'azote que celle collectée au site Projet II. Selon Vinnerås et Jönsson (2002), Makaya et al. (2014) la composition des urines humaines varie d'une personne à une autre et d'une région à une autre dépendant du mode d'alimentation, de la quantité d'eau consommée, de l'activité physique, de l'âge, des facteurs environnementaux et aussi du mode de stockage. Les teneurs obtenues sont semblables à celles de Kiba (2005) au sein de 09 ménages du Burkina Faso et montrent que les urines sont surtout riches en azote. En effet, la plupart des éléments nutritifs nécessaires aux plantes contenus dans les excréta humains se trouvent dans les urines et un adulte peut produire 400 litres d'urines par an contenant 4 kg d'azote, 0,4 kg de phosphore et 0,9 kg de potassium. Esray et al. (2001) trouvent que le pH de l'urine est

normalement de 6, mais peut varier de 4,5 à 8,2.

L'analyse de la variance des résultats du site Projet II présentée dans le Tableau 4 a montré que les traitements ont eu des effets hautement significatifs ($P < 0,05$) respectivement sur le poids de la biomasse fraîche, et poids des grains à 15% d'humidité. Pour la biomasse sèche, il n'y a pas eu de différence significative à $P < 0,05$.

L'analyse des données de croissance et de rendement collectées à maturité physiologique a révélé des différences significatives en fonction des doses d'urine appliquées. Les croissances les plus basses obtenues au niveau 0 (témoin) sont le reflet du caractère pauvre des oxisols de l'Ouest Cameroun, qui à force de connaître des prélèvements sans remplacement des éléments minéraux, sont devenus pauvres. Somba et al. (2017), Dabré et al. (2017) ont observé que plusieurs 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 croissance et le rendement les plus élevées obtenues avec la fumure minérale NPK (120 kg/ha) s'expliqueraient par les apports supplémentaires de phosphate (60 kg/ha de P_2O_5) et potasse (60 kg/ha) indispensables à la croissance du maïs par rapport aux autres traitements. Les doses d'urine hygiénisée 120 kg/ha et 150 kg/ha d'azote ont concurrencé valablement l'engrais minéral NPK particulièrement sur la croissance des plants de maïs dans les deux sites. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que les urines ont mis à la disposition du maïs l'azote assimilable nécessaire (Heinonen-Tanski et al., 2007). Il a été clairement établi qu'une augmentation de la dose d'urine est suivie d'une augmentation de la vitesse de croissance. Mkeni et al. (2006) et Germer et al. (2006) ont montré respectivement que le rendement en grains du maïs et de sorgho augmente avec les doses d'urine hygiénisée et qu'il n'existe pas de différence significative entre la fertilisation à l'urine et à l'engrais aux doses presque équivalentes. Il ressort de façon générale qu'il n'y a pas de différence significative entre les doses d'urine à 120 kg N/ha, à 150 kg N/ha et la dose 120 kg/ha d'engrais 20-10-10 sur la biomasse fraîche, la biomasse sèche et les rendements grains à Bangangté.

La dose d'urine à 90 kg N/ha s'est avérée insuffisante pour une production optimale du maïs. En effet, les biomasses et les rendements grains obtenus par ce dosage sont significativement inférieurs aux doses de 120 et 150 kg N/ha d'urine et de 120 kg N/ha du 20-10-10. Ces résultats épousent ceux de Johansson et al. (2001), Richert et al. (2001,

2010), Rodhe et al. (2004) qui ont testé l'urine comme fertilisant sur l'orge en Suède et les résultats ont prouvé que l'effet de l'azote des urines correspondrait à environ 90% de quantités égales d'engrais minéraux de nitrate d'ammonium. Les résultats de Lundström et Lindén (2001) ont montré que l'urine appliquée à 40, 80, et 120 kg N/ha sur le maïs et le blé entraînait une augmentation moyenne des rendements du blé d'hiver de 750, 1500 et 2000 kg/ha respectivement.

La variété de maïs KASSAI (CHC201), est supposée présenter des rendements entre 5 - 7 tonnes/ha dans les sols des hautes altitudes de l'Ouest Cameroun, en condition d'une fertilisation adéquate (Mukendi et al., 2017). Ce résultat est obtenu ici avec la fertilisation à 120 kg N/ha du 20-10-10. Le résultat important à montrer ici est que la fertilisation à l'urine humaine hygiénisée, aux doses de 120 ou 150 kg N/ha donne aussi des rendements de 4 à 5 t/ha de ce maïs. Le niveau de rentabilité obtenu à ces doses avec les urines est supérieur au taux d'intérêt (4,25%) dans l'économie camerounaise. A ce titre, l'utilisation de l'urine hygiénisée s'avère plus rentable que l'utilisation de l'engrais minéral 20-10-10. Toutefois, au vu des résultats obtenus avec du 20-10-10, on pourrait penser que la combinaison des urines aux fèces donnerait les meilleurs rendements du maïs car les urines rendraient plus disponible le P des fèces par solubilisation. Une telle combinaison a été proposée par Kiba (2005) pour le maïs (et les céréales de façon générale), soit 490 kg fèces ha^{-1} au labour et 20370 litres urines ha^{-1} en fin de montaison.

Tableau 4 : Analyse de variance des traitements et des blocs sur certains paramètres de rendements du maïs (site Projet II).

Variable	Source de variation	Somme des carrées des écarts	Carré moyen	F calculé	F Probabilité
Rendement biomasse fraîche	Traitement	4444,1	1111,0	16,2250	3,743e-05 ***
	Bloc	595,8	595,8	8,7016	0,01055 *
Rendement biomasse sèche	Traitement	225,76	56,44	0,7454	0,577
	Bloc	0,06	0,06	0,0009	0,977
Rendement grains à 15% d'humidité	Traitement	16,572	16,572	14,503	6,969e-05 ***
	Bloc	16,386	16,386	14,341	0,002002 **

Degré de liberté : Traitement= 4 ; Bloc= 3 Erreur = 12 Total= 19,

*** différence très hautement significative ** différence hautement significative * différence significative

Conclusion

Les urines humaines sont très riches en nutriments et permettent d'obtenir des rendements compétitifs à ceux obtenus avec la fumure minérale en culture maraîchère et céréalière. L'évolution des paramètres biométriques de croissance et de rendement dépend non seulement du fertilisant, mais aussi du niveau appliqué au sol. En effet, l'urine à 120 et 150 kg/ha d'azote semble être les doses améliorant de façon significative la croissance et le rendement de *Zea mays* dans le département du Ndé, région de l'Ouest Cameroun, ainsi que 120 kg/ha d'engrais minéral 20-10-10. Ces doses ont engendré les meilleures croissances et rendements de maïs par rapport aux parcelles non fertilisées. La dose de 90 kg N/ha d'urine s'est avérée insuffisante. Mais notons tout de même que le niveau de phosphate et de potasse apporté par le 20-10-10 a significativement amélioré le comportement des plantes par rapport à l'urine. Il reste donc évident qu'un supplément de phosphate et de potasse provenant d'un engrais minéral quelconque permettrait au mieux l'amélioration des

rendements des cultures en fertilisation à de l'urine.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y pas de conflit d'intérêts entre eux.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

EN a trouvé le financement de la recherche. RTG a collecté les données, les a analysées. RTG, GRZD et HNT ont rédigé le manuscrit. ET et EN ont supervisé le travail.

RÉFÉRENCES

- Adissoda Y, Guillibert P, Oldenburg M. 2004. Assainissement écologique : mode d'emploi. www/2.gtz.de/ecosan/download
- Akpan-Idiok U, Asukwo I, Ikpi B. 2012. The use of human urine as an organic fertilizer in the production of okra (*Abelmoschus esculentus*) in South Eastern Nigeria. *Resources, Conservation and Recycling*, **62**: 14-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.02.003>

- Bischel HN, Schertenleib A, Fumasoli A, Udert KM, Kohn T. 2015. Inactivation kinetics and mechanisms of viral and bacterial pathogen surrogates during urine nitrification. *Environmental Science: Water Research & Technology*, **1**: 65–76. DOI: 10.1039/C4EW00065J
- Bonvin C, Udert KM, Etter B, Frossard E, Nanzer S, Tamburini F, Oberson A. 2015. Plant uptake of phosphorus and nitrogen recycled from synthetic source-separated urine. *Ambio*, **44**(2): S217-27. DOI: 10.1007/s13280-014-0616-6.
- Bonzi M, Koné A. 2004. Techniques d'utilisation des urines humaines comme engrais azoté pour les cultures maraîchères. Fiche technique.
- Dabre A, Hien E, Der Some, Drevon JJ. 2017. 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): 473-487, DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i1.38>
- Diallo S, Nacro HB, N'Diaye A. 2017. Efficience des stratégies endogènes d'adaptation du secteur agricole aux changements climatiques dans le bassin de la région de Thiès (Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(2): 707-721. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.14>
- Eawag News. 2015. Quand l'urine se change en engrais, 1/2015, 1- 8.
- Ersay SA, Jean G, Dare R, Ron S, Mayling SH, Jeorje V. 2001. *Assainissement Écologique*. Edn. Winblad ; 91 p.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture). 2010. Bulletin de Statistique Trimestriel. FAO 12 (3/4): Rome, Italie ; 160.
- Germer J, Sauerborn J. 2006. 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 2006 - International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development. University of Bonn, October 11-13.
- Gonidanga SB, Amah K, Adrien A, Cheik T. 2004. 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.
- Hânan J, Stintzing AR, Solomon E. 2004. Rapport d'ECOSANRES, Directives pour l'utilisation des Urines et des Fèces dans la Production Agricole. 39p.
- Heinonen-Tanski H, Sjöblom S., Fabritius H. Karinen P. 2007. Pure human urine is a good fertiliser for cucumbers. *Bioresource Technology*, **98**(1): 214-217, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.11.024>
- Johansson M, Jönsson H, Richert A, Rhode I. 2001. Urine separation, closing the nutrient cycle. Stockholm Water Compagny, Sweden: <http://www.swedenviro.se/gemenamma.se/documents/urinsep-eng.pdf>
- Kiba DI. 2005. 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/07/08/1335/m_valorisation-agronomique-excreta-humains-production-aubergine-solanum-melongena.html
- Lundström C, Lindén B. 2001. Nitrogen effects of human urine and fertilizers containing meat bone meal (Biofer) or

- chicken manure (Binadan) as fertilizers applied to winter wheat, spring wheat and spring barley in organic farming. Skara series B Crops and Soils Report 8. Department of Agriculture Research Swedish, University of Agricultural Science, Skara, Sweden (in Swedish); 2001.
- Makaya JM, Savadogo A, Somda MK, Bour JB, Barro N, Traoré AS. 2014. Quality of Human Urine Used as Fertilizer: Case of an Ecological Sanitation System in Ouagadougou Peri-Urban Areas-Burkina Faso. *Journal of Environmental Protection*, **5**: 467-474. DOI: 10.4236/jep.2014.56049
- Mkeni P, Jimenez Cisneros B, Pacha M, Autin L. 2006. 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 N0 1439/3/06.
- Mukendi RT., Mutamba BT., Kabongo DM, Longanza LB., Munyuli TM. 2017. Amélioration du sol dégradé par l'apport d'engrais inorganique, organiques et évaluation de rendement du maïs (*Zea mays* L.) dans la province de Lomami, République Démocratique du Congo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(2): 816-827. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.23>
- Richert A, Gensch R, Joensson H, Stenstroem TA, Dagerskog L. 2010. *Practical Guidance on the Use of Urine in Crop Production: Ecosanres Programme*. Stockholm Environment Institute: Stockholm, Sweden.
- Richert A, Rodhe L, Åkerhielm H. 2001. Human urine as fertilizer – plant nutrients, application technique and environmental effects (In Swedish, English summary). JTI-Rapport Lantbruk and Industri 278. Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering: Sweden.
- Rodhe L, Richert Stintzing A, Steineck S. 2004. Ammonia emissions after application of human urine to clay soil for barley growth. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **68**: 191-198. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/B:FRES.0000019046.10885.ee>
- Sangare D, Sou Dakoure M, Hijikata N, Lahmar R, Yacouba N, Coulibaly L, Funamizu N. 2015. Toilet compost and human urine used in agriculture: fertilizer value assessment and effect on cultivated soil properties. *Environmental Technology*, **36**(10): 1291-1998. DOI: 10.1080/09593330.2014.984774.
- Somda BB, Ouattara B, Serme I, Pouya MB, Lompo F, Taonda JB, Sedogo PM. 2017. Détermination des doses optimales de fumures organo-minérales en microdose dans la zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **11**(2): 670-683, DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.11>
- Sou YM. 2009. Recyclage des eaux usées en irrigation : potentiel fertilisant, risques sanitaires et impacts sur la qualité des sols. Thèse EPFL, Lausanne, 178.
- Vinnerås B. 2002. Possibilities for Sustainable Nutrient Recycling by Faecal Separation Combined with Urine Diversion. *Agraria* **353**, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, Swedish University of Agricultural Sciences: Uppsala, Sweden.