



Effet de différentes doses de bouse de vache, d'urine humaine et de leur combinaison sur la croissance végétative et le poids des fruits de l'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) au Sud Bénin

Aziz Kpéra^{1,2}, Christophe Bernard Gandonou^{1,*}, André Boya Aboh³, Savin Gandaho⁴, Léopold Simplicie Gnancadja^{1,2}

¹Laboratoire de Physiologie Végétale et d'Étude des Stress Environnementaux, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, 01BP 526 Tri postal, Cotonou, République du Bénin

² UFR Sciences Agronomiques, Université Africaine de Technologie et de Management (UATM Gasa Formation), 04 BP 1361 Cotonou, République du Bénin

³ École d'Aquaculture, Université Nationale d'Agriculture, BP 43 Kétou, République du Bénin

⁴Ferme Agro System, Zinvié Kpotomè, République du Bénin

* Corresponding author : Courriel : ganchrist@hotmail.com , Tél. : (00229) 97 39 69 78

Original submitted in on 28th December 2016. Published online at www.m.elewa.org on 28th February 2017
<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v110i1.6>

RESUME

Objectifs : L'ananas est un fruit tropical très apprécié et consommé à travers le monde. Dans le but de proposer aux producteurs d'ananas du Sud-Bénin une formule de fertilisation organique efficace et peu onéreuse, la présente étude a examiné les effets de différentes doses de bouse de vache, d'urine humaine et de leur combinaison sur la croissance végétative et celle des fruits de l'ananas cultivé suivant les normes biologiques.

Méthodologie et résultats : Des plants d'ananas de trois mois de la variété "pain de sucre" ont été soumis, tous les trois mois jusqu'à la maturité physiologique, à sept traitements : deux traitements T1-1 et T1-2 à base de bouse de vache ; deux traitements T2-1 et T2-2 à base d'urine humaine, deux traitements T3-1 et T3-2 à base de combinaison des deux fertilisants et un témoin sans apport de fertilisant suivant un bloc aléatoire complet à sept traitements et quatre répétitions. Les résultats montrent que les fertilisants utilisés ont amélioré la croissance des plants et des fruits avec une différence significative entre les traitements.

Conclusions et applications des résultats : Les traitements T1-2 (bouse de vache à 310,56 g) et T3-2 (bouse de vache 155,28 g + urine humaine 28,1 g) ont donné la meilleure croissance des plants et/ou des fruits. Ainsi, ces deux traitements apparaissent comme les plus efficaces et peuvent être conseillés aux producteurs d'ananas biologique au niveau actuel des connaissances. Ces résultats confirment l'importance de la bouse de vache et de l'urine dans la fertilisation du sol et révèlent que l'utilisation de ces deux traitements permettra d'avoir des fruits d'ananas de bonne qualité aptes à l'exportation. Toutefois, une étude approfondie de l'effet de ces fertilisants organiques sur la qualité nutritionnelle de l'ananas et de la rentabilité économique de l'utilisation de ces fertilisants pour la production de l'ananas sont nécessaires pour une meilleure exploitation des résultats.

Mots clés : *Ananas comosus*, agriculture biologique, fertilisation, croissance des plants, croissance des fruits, Bénin.

Effect of different doses of cow's dung, human urine and their combination on plant growth and fruit weight of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) in southern Benin

ABSTRACT

Objectives : Pineapple is a tropical fruit much appreciated and consumed throughout the world. In order to propose an effective organic fertilization method to producers, the present study aims to evaluate the effects of different doses of excrements such as cow's dung, human urine and their combination on the growth parameters and fruit weight of pineapple cultivated following organic standard.

Methodology and Results : Three-months old plants of the variety named "Pain de sucre" were submitted, every three months until physiological maturity, to seven treatments including two doses of cow's dung (T1-1 and T1-2) ; two doses of human urine (T2-1 and T2-2) ; two combinations of both excrements (T3-1 and T3-2) and control without any fertilization (T0) following a complete randomized block design with four repetitions. This study showed that the six treatments with excrements have improved plant growth and fruit weight with a significant difference among treatments.

Conclusions and application of findings : Treatments T1-2 (cow's dung 310.56 g) and T3-2 (cow's dung 155.28 g + human urine 28.1 g) induced the highest plant and/or fruit growth. Thus, these two treatments appeared as the most effective and may be suggested to farmers for biological pineapple production in Southern Benin at this knowledge stage. These results confirm the importance of the cow's dung and human urine in soil fertilization and reveal that the use of these two treatments will facilitate production of good quality pineapple suitable for exportation. However, a thorough study of the effect of these organic fertilizers on the nutritional quality of pineapple and the economic profitability of the use of these fertilizers for pineapple production are necessary for a better use of the results.

Keywords : *Ananas comosus*, organic agriculture, cow's dung, fertilization, human urine.

INTRODUCTION

L'ananas est une plante xérophyte, originaire d'Amérique du Sud (Nord du Brésil), et des Caraïbes (Abiassi et Quenum, 2010). C'est l'un des principaux fruits tropicaux faisant l'objet d'un commerce au niveau international avec une production mondiale annuelle qui dépasse 15 millions de tonnes depuis 2005 (Loeillet, 2005). Au Bénin, la production de l'ananas a contribué en 2006 à 1,2% du Produit Intérieur Brut (PIB) national et 4,3% du PIB agricole. Selon Cosinus Conseil (2016), la superficie occupée par cette culture en 2008 qui était de 3.049 ha avec une production de 171.331 tonnes est passée à 6.719 hectares avec une production de 358.869 tonnes en 2013, soit un accroissement de plus de 100%. Environ 50% de la production annuelle du Bénin sont vendus sur le marché national : 35% pour l'autoconsommation et 15% pour la transformation et le reste est exporté à l'état frais ou séché (avec 2% vers l'UE et le reste vers le Nigéria, le Niger, le Burkina Faso, le Mali.) (Sohinto, 2008). L'ananas est aujourd'hui l'une des rares cultures vivrières les

plus exportées du Bénin et est produit dans sept (07) des douze (12) départements du pays, avec en tête le Département de l'Atlantique (Tossou, 2001). Du fait de sa très forte rentabilité, il constitue une importante source de revenus pour les producteurs individuels et peut donc assurer la stabilité financière des ménages (MAEP, 2006). Au Bénin, elle procure un revenu de près de 2 milliards de FCFA par an à l'échelle régionale permettant ainsi aux producteurs de disposer de liquidités pour faire face à leurs besoins (Aïvodji et Anasside, 2009). Cependant, depuis 1994, la part du continent africain dans l'exportation de l'ananas frais (deuxième fruit tropical importé en Europe derrière la banane) a été sans cesse en baisse grandissante (Allagbé et al., 2012). L'une des raisons de la chute des exportations de l'ananas produit sur le continent africain vers le marché européen est l'exigence de plus en plus grande des normes de ce marché par rapport à la présence de résidus de pesticides et d'engrais chimiques dans les fruits (Allagbé et al., 2012).

Tossou (2001), rapporte que la limite maximale de résidus (LMR) autorisée est passée de 2 pour mille en 2005 à 0,5 pour mille en 2008, selon les règlements de la Commission Economique de l'Union Européenne n°889/2 008 du 5 septembre 2008. En effet, pour maintenir la fertilité de leurs sols, les agriculteurs ont recours aux intrants chimiques (Batiana et Mokwunye, 1991) et au Bénin, les formules d'engrais minéraux existants sont spécifiques au cotonnier. Dans le but d'accéder au marché européen, certains producteurs d'ananas du Bénin ont adopté l'utilisation de différents types de fumures organiques comprenant la fiente de volaille et le compost (Allagbé et al., 2012). Par ailleurs, l'existence d'un marché international florissant pour l'ananas biologique a accentué la recherche d'autres fertilisants organiques pour la production de l'ananas ouvrant la voie à l'utilisation de résidus

de récoltes ou différents types de composts, de fiente de volaille, de déjections animales, de guano et d'urine humaine. L'ananas biologique a commencé ainsi à être développé au Bénin depuis quelques années. Toutefois, aucune formule de fertilisation organique n'existe pour cette culture. Par ailleurs, très peu d'études ont abordé l'influence de différentes doses de fumures organiques disponibles au Bénin sur la production d'ananas biologique. Au plan mondial, les études sont également très rares. La présente étude portant sur les effets de différentes doses de bouse de vache, d'urine humaine et de leur combinaison sur la croissance végétative de la plante et sur le poids des fruits de l'ananas permettra de combler le manque de données et de renforcer le potentiel de production des périmètres de culture de l'ananas pour l'exportation et suivant les normes biologiques du pays.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal : Il est constitué par des rejets d'ananas de la variété *pain de sucre*. Ces rejets ont été fournis par la ferme Agro-System localisée à Zinvié.

Description du milieu d'étude : L'étude a été conduite dans l'arrondissement de Zinvié, Commune d'Abomey-Calavi dans la partie méridionale de la République du Bénin (Département de l'Atlantique), à une altitude moyenne de 48 m par rapport au niveau de l'Océan Atlantique et comprise entre 06°62' et 06°37' latitude nord puis 02°35' et 02°21' longitude est. Le climat est du type subéquatorial à deux saisons de pluies et à deux saisons sèches. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1200 mm environ, dont 700 à 800 mm pour la première saison pluvieuse et 400 à 500 mm pour la seconde saison pluvieuse (source). On y distingue deux saisons agricoles d'importances inégales (CENAGREF, 2010). La plus grande va de mars à juillet et la petite se situe entre septembre et novembre. Ces dernières années, on assiste à une modification sensible de la répartition des saisons suite aux perturbations engendrées par le changement climatique. Les températures ambiantes moyennes mensuelles varient entre 25,79 et 33,98°C. Si le mois d'août est le mois le plus froid, le mois de mars est celui le plus chaud avec un écart thermique allant jusqu'à 8°C au du Bénin (CENAGREF, 2010). L'humidité relative de l'air selon les mois varie entre 65% (janvier-mars) et 95% (juin-juillet) (source). Les maxima absolus

atteints sont de 100% et sont enregistrés au cours des mois pluvieux. Les minima absolus tournent autour de 20% et correspondent à la grande saison sèche quand l'harmattan bat son plein. Le site expérimental est constitué par des sols ferrallitiques.

Collecte et détermination des quantités de fertilisants organiques : Les fumures d'origine animale utilisées sont constituées de bouse de vache et d'urine humaine. Les urines ont été collectées dans les écoles proches du site expérimental en se basant sur le niveau d'hygiène et de l'effectif des écoles. Dans chaque école, il a été déposé des bidons stériles d'une capacité de 25 litres dont le contenu est récupéré en fin de chaque journée. Les bidons de stockage bien séchés sont minutieusement refermés afin d'éviter la volatilisation de l'azote et les urines sont conservées dans les mêmes conditions à température ambiante pendant un minimum de un mois avant leur utilisation. Quant à la bouse de vache, elle provient d'un troupeau situé à environ 1 km du champ d'expérimentation. Les excréments frais déposés par les bêtes sont recueillis sans ajout de sable avec le consentement du pasteur, et ramenés sur le site dans une fosse de dimension 2 m x 1 m x 1 m (Longueur-Largeur-Profondeur) prévue à cet effet, pour un séjour de 3 mois pour la minéralisation. Selon DPQC (1999), l'ananas a besoin d'un apport fractionné de 1,04 g de N, de 0,65 g de P et de 2,6 g de K par plant tous les deux mois ; il a été

Kpera et al., J. Appl. Biosci. 2017 Effet de différentes doses de bouse de vache, d'urine humaine et de leur combinaison sur la croissance végétative et le poids des fruits de l'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) au Sud Bénin

donc nécessaire de déterminer la composition en éléments nutritifs de la bouse de vache et de l'urine afin d'évaluer la quantité de chaque fertilisant à apporter aux plants. La composition d'échantillons d'urine humaine et de bouse de vache en matière organique,

en azote, en carbone organique, en phosphore et en potassium a été déterminée au Laboratoire des Sciences du Sol de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA/UAC). Les résultats des analyses des échantillons sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Teneur en éléments nutritifs (%) et ratios P/N et K/N de l'urine et de la bouse de vache utilisées

Paramètres	Bouse de vache	Urine
Azote total (N)	1,61	8,89
Matière organique	17,69	-
Carbone organique	10,26	-
Phosphore total (P)	0,47	0,205
Potassium total (K ⁺)	2,635	2,16
P/N	0,292	0,023
K/N	1,637	0,243

A partir de ces résultats, les quantités de chaque fertilisant à appliquer pour avoir les sept (7) traitements envisagés ont été définies. Par exemple, 155,28 g de bouse de vache appliquée par plant correspond à environ 3,14 g d'azote (N) ; 0,76 g de phosphore (P) et 4,05 g de potassium (K) ; et 310,56 g de bouse vache correspond à 6,28 g d'azote (N) ; 1,52 g de phosphore (P) et 8,1 g de potassium (K).

Analyse préalable du sol : Les résultats de l'analyse de la composition en éléments fertilisants du sol sont consignés dans le Tableau 2. La teneur moyenne en matière organique, en carbone, en azote total et en potassium sont respectivement de 1,92%, 1,12%, 0,09% et 0,714%. Celle du phosphore assimilable s'élève à 11,35 ppm.

Tableau 2 : Composition en éléments fertilisants du sol expérimental

Paramètres	Unité	Moyenne
Matière organique	%	1,92
Carbone organique	%	1,12
Azote total	%	0,09
C/N	-	12,44
Phosphore assimilable	ppm	11,35
Potassium (K ⁺)	%	0,714

Échantillonnage et analyses préalables du sol expérimental : Avant l'application des fertilisants, des échantillons de sol ont été prélevés sur différents points de la parcelle suivant les diagonales à l'aide de la tarière sur une profondeur de 15 cm. Les échantillons ont été mélangés et la composition du sol en matière organique, en azote, en carbone organique, en phosphore et en potassium a été déterminée au Laboratoire des Sciences du Sol de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA/UAC).

Dispositif expérimental : Le dispositif expérimental est un bloc aléatoire complet randomisé avec sept (7) traitements et quatre (4) répétitions. Un seul facteur a été pris en compte : le traitement avec 7 niveaux à savoir : T0 : témoin sans apport de fertilisant ; T1-1 : 155,28 g de bouse de vache par plant ; T1-2 : 310,56 g

de bouse de vache par plant ; T2-1: 28,1g d'urine humaine par plant ; T2-2: 56,2 g d'urine humaine par plant ; T3-1: 77,64 g de bouse de vache + 14,05 g d'urine humaine par plant ; et T3-2: 155,28 g de bouse de vache + 28,1 g d'urine humaine par plant. La parcelle expérimentale de 1665 m² (22,5 m/74 m) a connu un labour à plat à une profondeur de 20 cm. Des parcelles élémentaires de 50 m² (5 m sur 10) ont été délimitées et plantées de rejets de tailles uniformes. Une allée de 0,50 m de largeur a séparé les parcelles élémentaires. Sur chaque parcelle élémentaire, les rejets d'ananas ont été plantés en bandes de deux lignes selon un écartement de 0,30 m entre rejets et 0,90 m entre deux bandes. Les parcelles rectangulaires ont été ainsi disposées en blocs alignés dans le sens de la longueur des parcelles d'une part et de l'autre

dans le sens de la largeur. Par ailleurs, les blocs sont distants de 90 cm l'un de l'autre. A l'aide d'un peson et d'une seringue, les quantités appropriées des différents fertilisants ont été apportés aux pieds des plants dans des poquets selon leurs natures. Les traitements ont commencé lorsque les plants ont atteint l'âge de trois mois. L'épandage des fertilisants est effectué tous les trois mois jusqu'à la maturité physiologique des fruits juste avant le traitement d'induction florale (TIF) intervenu au treizième mois après plantation.

Paramètres mesurés et méthodes de collecte des données : Les données collectées au cours de cette étude portent sur le nombre de feuilles, la hauteur des plants, la circonférence au collet des plants, la longueur et la largeur des feuilles ainsi que le poids des fruits. Pour les paramètres de croissance végétative de la plante, les données ont été collectées chaque mois puis regroupées par deux mois. Cinq plants (5) ont été choisis au hasard suivant les diagonales puis dotés chacun d'une étiquette d'identification. Sur chaque plant, la longueur et la largeur des cinq (5) feuilles les plus jeunes ont été relevées sur cinq (5) plants choisis au hasard. Pour les paramètres de croissance

végétative, les données sont exprimées en taux de croissance calculés suivant la formule suivante :

$$\text{Taux de croissance pour la période } t = \frac{x_t - x_0}{x_0}$$

x_t désigne la mesure à une période de collecte (2 mois, 4 mois et 6 mois) et x_0 la mesure initiale avant l'application de fertilisant. Pour le poids moyen des fruits, il a été déterminé lorsque les fruits sont mûrs (entre le seizième et le dix-septième mois après plantation) à partir des poids de quatre (4) fruits choisis au hasard par répétition et par traitement grâce à une balance.

Analyses statistiques : Les données collectées ont été saisies sur le tableur Excel 2007, puis les taux de croissance cumulés par période de collecte ont été calculés pour chaque paramètre et chaque traitement. Les données ainsi obtenues ainsi que celles relatives au poids des fruits ont été soumises à une analyse de la variance (ANOVA) à un critère de classification (traitement) grâce au logiciel SAS 9.1. Les moyennes différentes ont été classées grâce au test de Student-Newman-Keuls (SNK) utilisant la procédure GLM.

RESULTATS

Valeurs des différents paramètres avant application des fertilisants : Le tableau III présente les valeurs des différents paramètres des plantes à l'âge de 4 mois, c'est-à-dire avant l'application des traitements. Le nombre moyen de feuilles par plant est de l'ordre de 12,

la hauteur moyenne des plants d'environ 39 cm, la circonférence moyenne au collet de 30 cm, la longueur moyenne des feuilles d'environ 41,7 cm et la largeur moyenne des feuilles d'environ 2,58 cm.

Tableau 3 : Valeurs moyennes des différents paramètres avant application des fertilisants

Paramètres	Moyennes
Nombre moyen des feuilles	12,14±0,37
Hauteur moyennes des plants (cm)	38,87±0,92
Circonférence moyenne au collet (cm)	27,9± 1
Longueur moyenne des feuilles (cm)	41,66±0,74
Largeur moyenne des feuilles (cm)	2,58±0,05

Effet des différents fertilisants sur le nombre de feuilles des plants : La figure 1 présente l'évolution du taux de croissance du nombre de feuilles après 2 mois, 4 mois et 6 mois. Après 2 mois, le taux de croissance est de 0,17 ; 0,30 ; 0,38 ; 0,33 ; 0,28 0,29 et 0,37 respectivement pour les traitements T0, T1-1, T2-1, T3-1, T1-2, T2-2 et T3-2. On note une augmentation très hautement significative ($p < 0,0001$) du taux de croissance sous l'effet des fertilisants utilisés par rapport au traitement témoin T0. Après 6 mois, les

valeurs du taux de croissance des feuilles sont de 1,44 ; 1,68 ; 1,79 ; 1,82 ; 1,74 ; 1,77 et 2,27 respectivement pour les traitements T0, T1-1, T2-1, T3-1, T1-2, T2-2 et T3-2. On note également une augmentation du taux de croissance sous l'effet des fertilisants utilisés par rapport au traitement témoin T0 mais cette augmentation n'est significative ($p < 0,0001$) que pour le traitement T3-2 qui donne les meilleures valeurs. Une tendance similaire est observée après 4 mois de traitement.

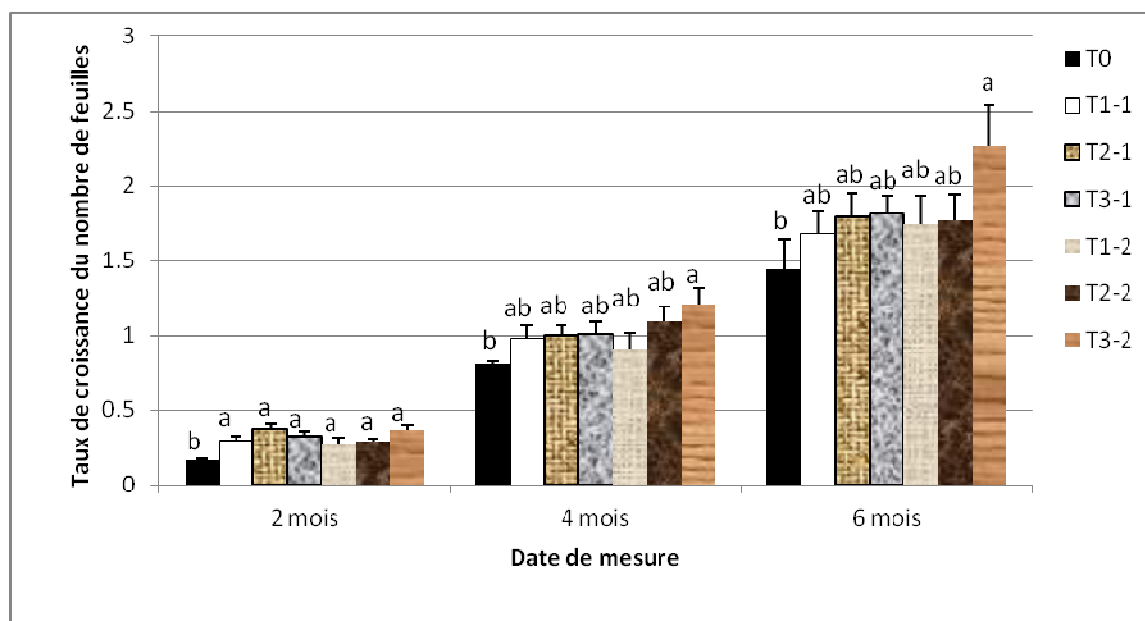


Figure 1 : Effet des différents fertilisants organiques sur le taux de croissance du nombre de feuilles des plants après 2, 4 et 6 mois

Les moyennes de la même date portant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 1%. T0 : Témoin sans fertilisant ; T1-1 : Bouse de vache à 155,28 g/plant ; T2-1 : Urine à 28,1 g/plant ; T3-1 : Combinaison bouse de vache (77,64 g) + Urine (14,05 g)/plant ; T1-2 : Bouse de vache à 310,56 g/plant ; T2-2 : Urine à 56,2 g/plant ; T3-2 : Combinaison bouse de vache (155,28 g) + Urine (28,1g)/plant.

Effet des différents fertilisants sur les dimensions des feuilles des plants : Les figures 2 et 3 présentent respectivement l'évolution du taux de croissance de la longueur et de la largeur des feuilles après 2, 4 et 6 mois. Après 2 mois, le taux de croissance de la longueur des feuilles est compris entre 0,17 et 0,38 (figure 2). On note une augmentation du taux de croissance en longueur des feuilles sous l'effet des fertilisants utilisés par rapport au traitement témoin T0 mais cette augmentation n'est significative ($p < 0,0001$) que pour le traitement T3-1. Après 6 mois, le taux de croissance des feuilles est compris entre 1,44 et 2,27.

L'effet des fertilisants sur le taux de croissance est très hautement significative ($p < 0,0001$) pour tous les traitements et les traitements T3-1 et T3-2 donnent les meilleures valeurs. Une tendance similaire est observée après 4 mois de traitement. Après 2 mois, on note une augmentation très hautement significative ($p < 0,0001$) du taux de croissance en largeur des feuilles sous l'effet des fertilisants utilisés par rapport au traitement témoin T0 (figure 3). Ce taux est compris entre 0,12 et 0,33. Les meilleures valeurs sont observées au niveau des traitements T1-2 et T2-2. Après 4 mois, la même tendance est observée avec un taux compris entre 0,28 et 1,07 ; la meilleure valeur est obtenue au niveau du traitement T1-2. Après 6 mois, on note également une augmentation très hautement significative ($p < 0,0001$) du taux de croissance en largeur des feuilles sous l'effet des fertilisants utilisés par rapport au traitement T0 mais les 6 autres traitements ne diffèrent pas significativement dans leur effet. Ce taux est compris entre 0,55 et 1,83 (figure 3).

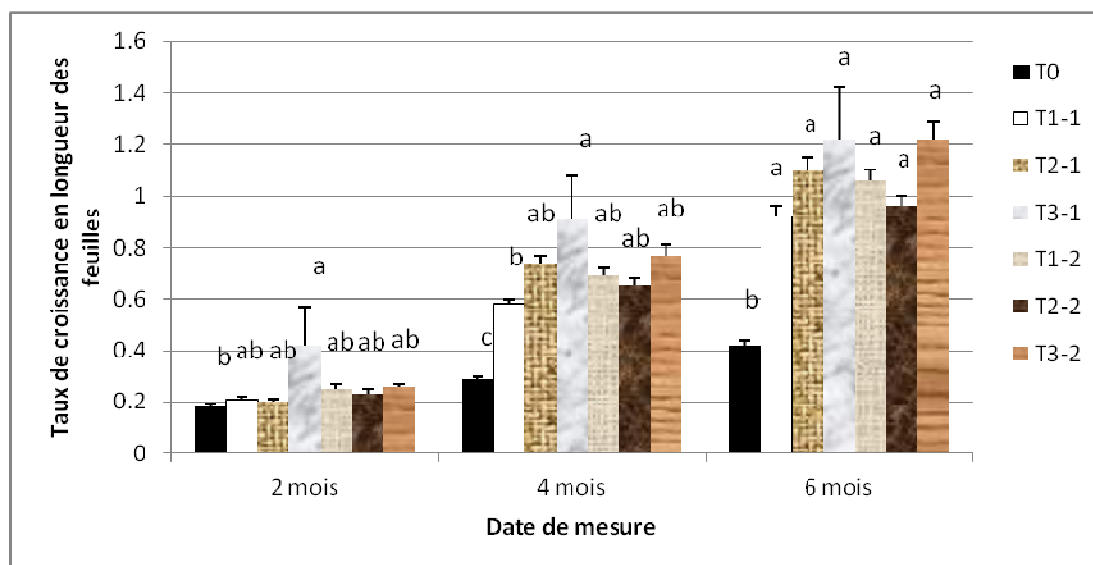


Figure 2 : Effet de différentes combinaisons de fertilisants organiques sur le taux de croissance en longueur des feuilles après 2, 4 et 6 mois

Les moyennes de la même date portant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 1%. T0 : Témoin sans fertilisant ; T1-1 : Bouse de vache à 155,28 g/plant ; T2-1 : Urine à 28,1 g/plant ; T3-1 : Combinaison bouse de vache (77,64 g) + Urine

(14,05 g)/plant ; T1-2 : Bouse de vache à 310,56 g/plant ; T2-2 : Urine à 56,2 g/plant ; T3-2 : Combinaison bouse de vache (155,28 g) + Urine (28,1 g)/plant.

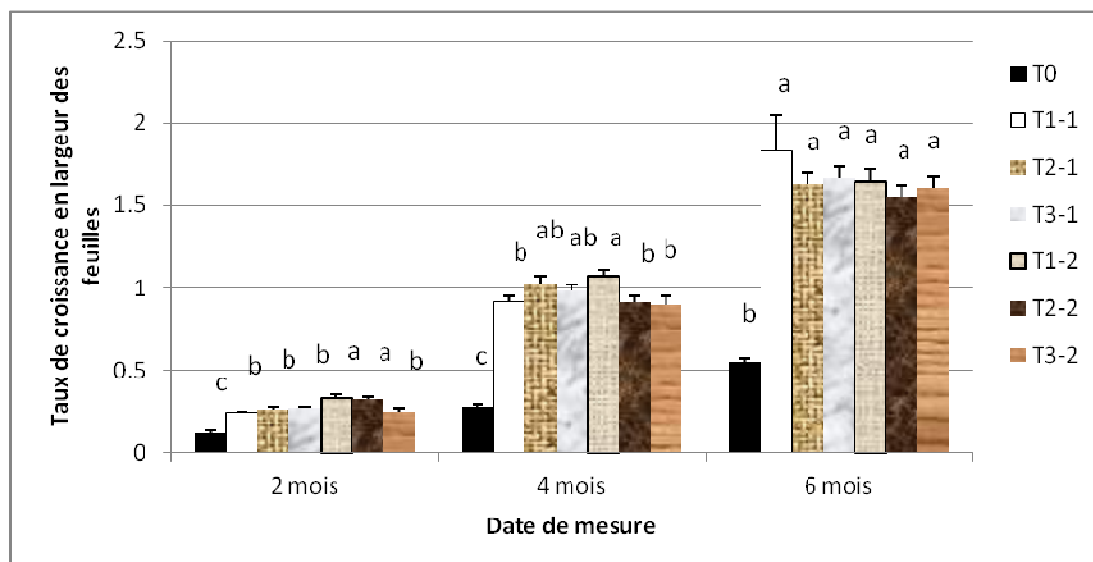


Figure 3 : Effet de différentes combinaisons de fertilisants organiques sur le taux de croissance en largeur des feuilles après 2, 4 et 6 mois

Les moyennes de la même date portant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 1%. T0 : Témoin sans fertilisant ; T1-1 : Bouse de vache à 155,28 g/plant ; T2-1 : Urine à 28,1 g/plant ; T3-1 : Combinaison bouse de vache (77,64 g) + Urine

(14,05 g)/plant ; T1-2 : Bouse de vache à 310,56 g/plant ; T2-2 : Urine à 56,2 g/plant ; T3-2 : Combinaison bouse de vache (155,28 g) + Urine (28,1 g)/plant.

Effet des différents fertilisants sur la hauteur des plants : La figure 4 présente l'effet des traitements sur le taux de croissance en hauteur des plants. Après 2 mois, on note une augmentation significative ($p < 0,05$) du taux de croissance en hauteur des plants sous l'effet des fertilisants utilisés par rapport au traitement témoin T0 (figure 4). Ce taux est compris entre 0,13 et 0,25. Les meilleures valeurs sont observées au niveau des traitements T1-1, T2-1, T3-1 et T1-2. Après 4 mois et 6 mois, on note une augmentation très hautement

significative ($p < 0,0001$) du taux de croissance en hauteur des plants sous l'effet des fertilisants utilisés par rapport au traitement témoin T0 (figure 4) mais les 6 autres traitements ne diffèrent pas significativement dans leur effet. Ce taux est compris 0,36 et 0,73 après 4 mois ; et entre 0,58 et 1,09 après 6 mois (figure 4). Les valeurs les plus élevées après 6 mois sont observées au niveau des traitements T2-1, T3-1, T1-2, T2-2 et T3-2.

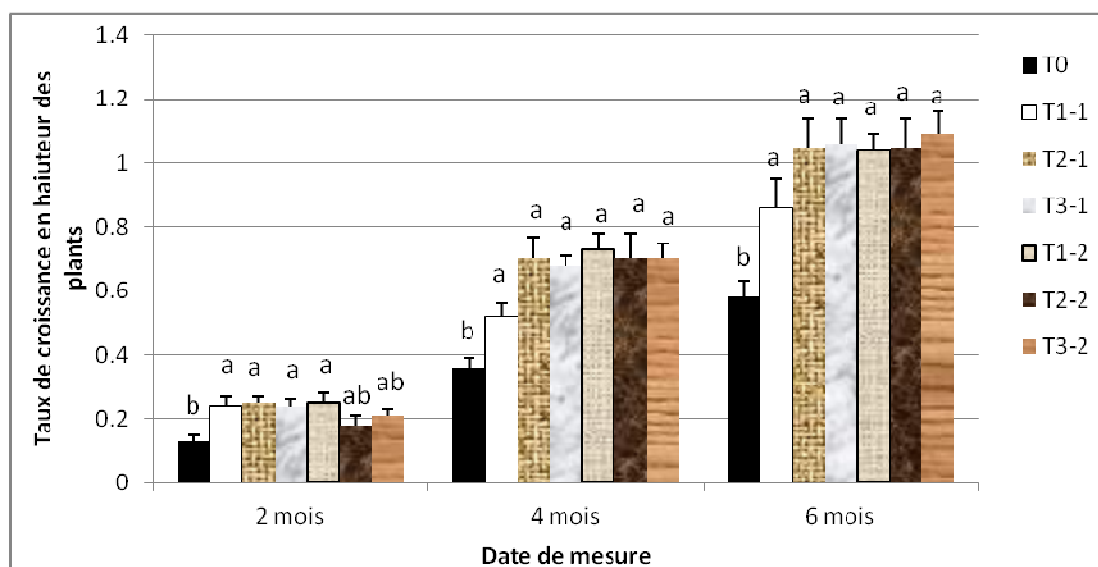


Figure 4 : Effet de différentes combinaisons de fertilisants organiques sur le taux de croissance en hauteur des plants

Les moyennes de la même date portant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 1%. T0 : Témoin sans fertilisant ; T1-1 : Bouse de vache à 155,28 g/plant ; T2-1 : Urine à 28,1 g/plant ; T3-1 : Combinaison bouse de vache (77,64 g) + Urine (14,05 g)/plant ; T1-2 : Bouse de vache à 310,56 g/plant ; T2-2 : Urine à 56,2 g/plant ; T3-2 : Combinaison bouse de vache (155,28 g) + Urine (28,1 g) /plant.

Effet des différents fertilisants sur la circonférence au collet des plants : La figure 5 montre l'effet des traitements sur le taux de croissance en circonférence au collet des plants. Après 2 mois, le taux est compris entre 0,25 et 0,33 et la valeur la plus faible est observée au niveau du traitement T2-1 ; une augmentation très hautement significative ($p < 0,0001$)

du taux de croissance de la circonférence des plants est observée uniquement au niveau du traitement T3-2 (figure 5). Après 4 mois, ce taux est compris entre 0,69 et 1,10. On note une augmentation du taux de croissance de la circonférence des plants sous l'effet des fertilisants utilisés par rapport au traitement témoin T0 ; mais cette augmentation n'est significative ($p < 0,0001$) que pour le traitement T3-2 (figure 5). Après 6 mois, le taux de croissance de la circonférence au collet des plants est compris entre 0,93 et 1,44. On note une augmentation de ce taux sous l'effet des fertilisants utilisés par rapport au traitement témoin T0 et cette augmentation n'est significative ($p < 0,0001$) que pour les traitements T3-1 et T3-2 (figure 5). La meilleure valeur est obtenue au niveau du traitement T3-2.

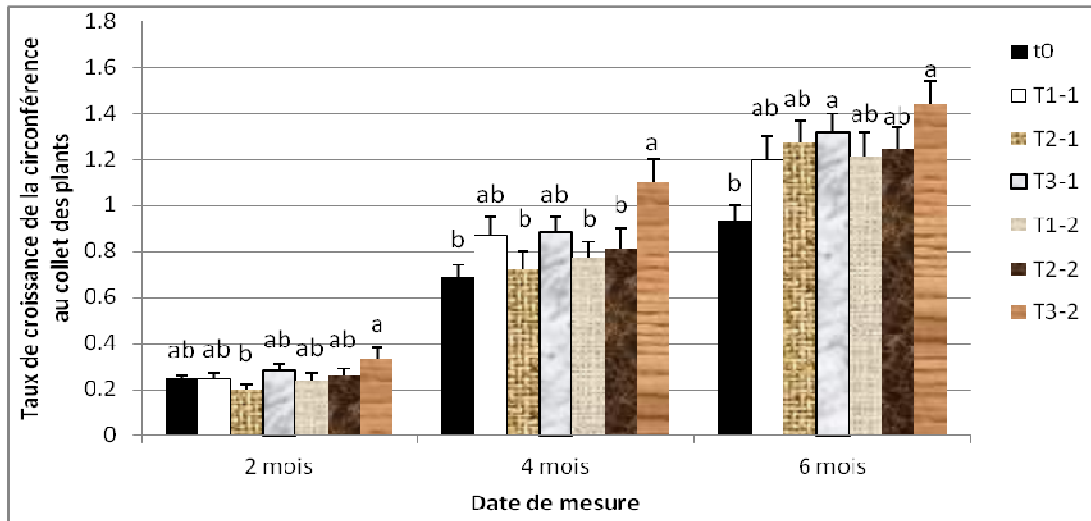


Figure 5 : Effet de différentes combinaisons de fertilisants organiques sur le taux de croissance de la circonférence au collet des plants

Les moyennes de la même date portant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 1%. T0: Témoin sans fertilisant; T1-1: Bouse de vache à 155,28 g/plant; T2-1: Urine à 28,1 g/plant; T3-1: Combinaison bouse de vache (77,64 g) + Urine (14,05 g)/plant; T1-2: Bouse de vache à 310,56

g/plant; T2-2: Urine à 56,2 g/plant; T3-2: Combinaison bouse de vache (155,28 g) + Urine (28,1 g)/plant. La figure 6 (a, b, c et d) présente une vue générale des parcelles correspondant respectivement aux traitements T0, T1, T2 et T3 après 6 mois de traitement.

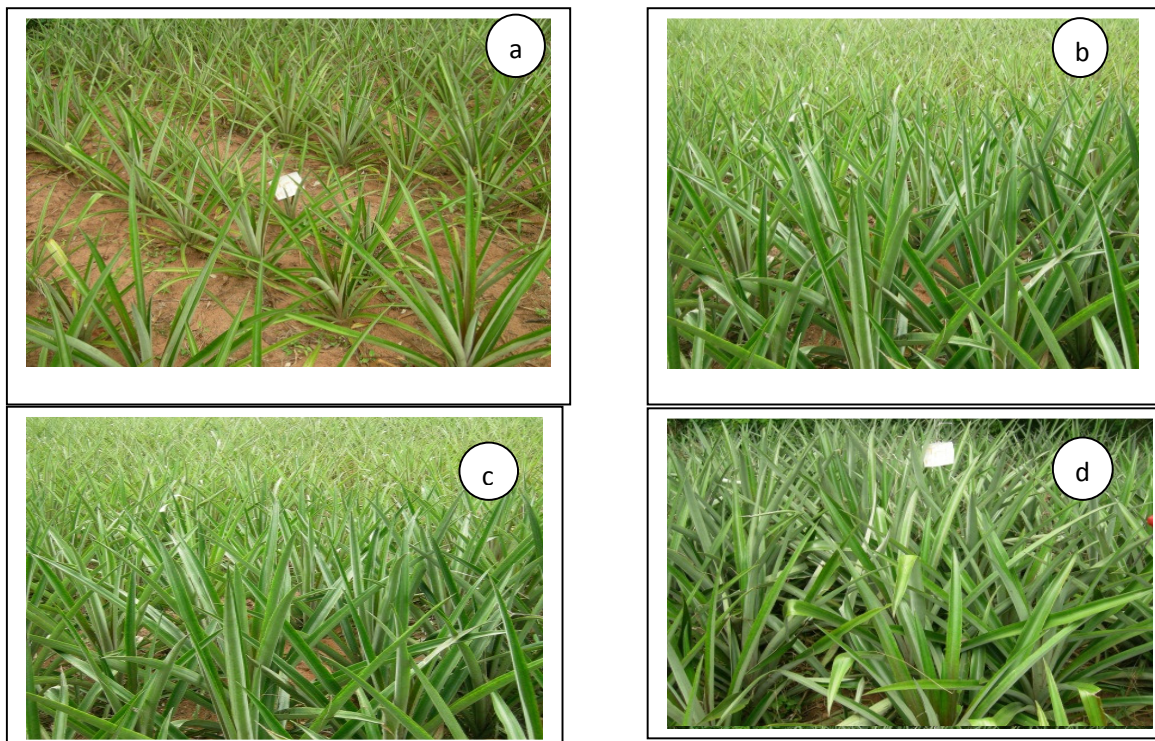


Figure 6 : Vue générale des parcelles expérimentales : a : traitement T0 ; b : traitement T1-2 ; c : traitement T2-2 ; d : Traitement T3-2.

On observe que les plantes au niveau des traitements T1, T2 et T3 présentent une couleur des feuilles vert foncée comparativement aux plantes du traitement T0 avec des feuilles vert-pâle. De même, le meilleur développement végétatif des plants au niveau des traitements T1, T2 et T3 se traduit par une meilleure couverture du sol par les plantes comparativement aux plantes du traitement T0.

Effet des différents fertilisants sur le poids des fruits : Le tableau IV présente l'effet des traitements sur le poids des fruits d'ananas à maturité avec et sans couronne. Le poids des fruits avec couronne est de 0,95 ; 1,14 ; 0,87 ; 1,18 ; 1,25 ; 1,02 et 1,24 kg respectivement pour les traitements T0, T1-1, T2-1, T3-

1, T1-2, T2-2 et T3-2 ; tandis que celui des fruits sans couronne est de 0,83 ; 1,00 ; 0,75 ; 1,02 ; 1,10 ; 0,90 et 1,06 kg respectivement pour les mêmes traitements. Ces résultats indiquent que les fertilisants utilisés présentent un effet significatif (($p < 0,05$) sur le poids à maturité des fruits avec couronne et les poids les plus élevés sont observés au niveau des traitements T1-2 et T3-2 (Tableau 4) avec une augmentation de poids supérieure à 27% par rapport au traitement témoin T0. Le traitement T2-1 présente le poids des fruits le plus faible. Par contre, l'effet des fertilisants sur le poids des fruits sans couronne n'est pas significatif par rapport au témoin.

Tableau 4 : Poids moyen (Kg) des fruits d'ananas avec ou sans la couronne en fonction des traitements fertilisants (n = 4, moyenne \pm erreur standard)

Traitement	Avec couronne	Sans couronne
T0	0,95 \pm 0,07ab	0,83 \pm 0,07a
T1-1	1,14 \pm 0,10ab	1,00 \pm 0,11a
T2-1	0,87 \pm 0,11b	0,75 \pm 0,10a
T3-1	1,18 \pm 0,10ab	1,02 \pm 0,10a
T1-2	1,25 \pm 0,05a	1,10 \pm 0,05a
T2-2	1,02 \pm 0,10ab	0,90 \pm 0,09a
T3-2	1,24 \pm 0,08a	1,06 \pm 0,09a

Les moyennes de la même colonne portant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 1%. T0 : Témoin sans fertilisant ; T1-1 : Bouse de vache à 155,28 g/plant ; T2-1 : Urine à 28,1 g/plant ; T3-1 : Combinaison bouse de vache (77,64 g) + Urine (14,05 g)/plant ; T1-2 : Bouse de vache à 310,56 g/plant ; T2-2 : Urine à 56,2 g/plant ; T3-2 : Combinaison bouse de vache (155,28 g) + Urine (28,1 g)/plant.

DISCUSSION

Le sol expérimental est caractérisé par des teneurs relativement élevées en matière organique, en carbone organique, en phosphore assimilable et en potassium (Tossou *et al.*, 2006). Par contre, le sol est pauvre en azote (0,09%). Le rapport C/N de l'ordre 12,44 correspond à une matière organique plus ou moins décomposée traduisant un sol peu dégradé selon la classification des sols en fonction du rapport C/N présentée dans les travaux de USDA (1999), Wild *et al.* (2013) et Gentsch *et al.* (2015). Les résultats indiquent que les plants utilisés dans les différents traitements ont présenté à peu près des valeurs similaires pour les différents paramètres mesurés avant l'application des fertilisants. L'application des fertilisants a amélioré, d'une manière générale, la croissance des plants. Ces résultats révèlent l'importance de ces fertilisants organiques pour la production de l'ananas. En effet, Amadji et Migan (2001), Amidou *et al.* (2005) et

Sissoko *et al.* (2009) ont évoqué la nécessité de l'apport des matières organiques qui améliorent la pénétration des racines dans le sol, la circulation de l'air et de l'eau dans le sol, ainsi que la formation et l'entretien du complexe argilo-humique. Ces auteurs rapportent que les engrais organiques permettent au sol d'avoir une grande capacité de rétention des éléments nutritifs et de l'eau, et une grande capacité d'échange cationique. L'amélioration des paramètres de croissance des plants suite à l'application des différents fertilisants est perceptible dès le deuxième mois après application. Ces résultats peuvent se justifier par le fait que les éléments nutritifs contenus dans la bouse de vache et l'urine sont immédiatement disponibles pour les plants. Cette observation est confortée par le rapport de Jansson *et al.* (2004), cité par Yahaya (2009), qui a indiqué que 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. Ainsi, on peut admettre que le processus de minéralisation préalable de 3 mois adopté pour la bouse de vache a été efficace et que les éléments nutritifs provenant de ces excréments étaient déjà bio-disponibles pour les plants dès le deuxième mois après l'application. Cette période de latence est d'au-moins 2 mois pour les fumures organiques en général (Squire, 1990) ou même pour les effluents de l'élevage de la volaille (UIFA, 2000). L'application de la bouse de vache seule a provoqué une amélioration de la croissance de la plante et du poids du fruit par rapport au traitement témoin. Les meilleures valeurs sont obtenues avec le traitement T1-2 fournissant 310,56 g/plant, notamment pour les principaux paramètres que sont le nombre de feuilles, la hauteur de la plante et le poids du fruit. Dans leurs travaux sur *M. oleifera*, Foidl et al. (2001) ont trouvé que la bouse de vache seule a amélioré suffisamment la croissance des plantes comparée à l'engrais NPK. Ces auteurs ont expliqué ce résultat par l'aptitude de la bouse de vache à enrichir le sol en azote de façon naturelle. La richesse de la bouse de vache utilisée dans nos travaux en matières organiques, en carbone organique et en phosphore contribue indéniablement à l'amélioration de la croissance des plants et du fruit. Il est connu que l'utilisation des composts produits par les déchets organiques augmente la fertilité des sols (Weber et al., 2007 ; Kitiaba et al., 2016) en améliorant leur structure, leur capacité de rétention en eau et en nutriments, et en stimulant l'activité microbienne, augmente les rendements (Kowaljaw et Mazzarino, 2007). Par ailleurs, la viabilité d'une terre dépend avant tout de sa richesse en humus (Tognetti et al., 2008), 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 par l'agriculture biologique (Reganold et al., 2001). L'application de l'urine seule a provoqué une amélioration de la croissance végétative de la plante par rapport au traitement témoin. Les meilleures valeurs sont obtenues pour le traitement T2-2 comprenant l'urine à 56,2g/plant notamment au niveau des principaux paramètres de croissance végétative que sont le nombre de feuilles et la hauteur de la plante. Au niveau du poids des fruits, le traitement T2-1 (urine à 28,1g /plant) présente la valeur la plus faible, plus faible que celle du témoin. Le poids du fruit augmente au niveau du traitement T2-2 pour atteindre des valeurs similaires à celles des traitements T1-1 et

T1-2. D'une manière générale, il n'y pas de différence significative entre les traitements T1 (bouse de vache seule) et T2 (urine seule). L'urine est une source précieuse de nutriments utilisés depuis les temps anciens pour améliorer la croissance des plantes notamment les légumes à feuilles (Dembélé, 2008). Il est établi que la plupart des éléments nutritifs contenus dans les urines sont sous une forme facilement utilisable par les plantes. Selon Jansson et al. (2004), cité par Yahaya (2009), 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'ammonioacide ou de peptides. Cette composition combinée aux activités biochimiques des uréases qui transforment les urées en ammoniac et en dioxyde de carbone (Vinneras et al., 1999) indique que les nutriments de l'urine peuvent être directement assimilés par les plantes. Calvert et al. (2004) avancent que la plus grande partie de l'azote contenue dans les urines initialement sous forme d'urée est rapidement transformée en ammoniac à l'intérieur d'un récipient de collecte et de stockage. Cependant, la quantité d'ammoniac perdue dans l'air peut être réduite par un stockage dans un réservoir couvert avec une ventilation restreinte comme cela a été le cas pour les urines que nous avons collectées. Aussi Gonidanga et al. (2004) ont-ils 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 (Guyton, 1992 cité par Yahaya, 2009). Des travaux présentés par Richert et al. (2011) ont montré que, sur une durée de trois ans, 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. 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 (Kirchmann et Pettersson, 1995 ; Johansson et al., 2000; Simons et Clemens, 2004). Ces auteurs ont cependant indiqué que les ratios P/N et K/N qui en découlent sont inférieures aux besoins des cultures. Ces valeurs sont de l'ordre de 0,023 et 0,243 respectivement pour P/N et K/N pour l'urine utilisée dans notre étude contre 0,292 et 1,637 pour la bouse de vache. Par ailleurs, Richert et al. (2011) 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. Il a été rapporté que le rendement atteint grâce à la fertilisation à l'urine varie en fonction de nombreux facteurs dont l'état des sols (Kpéra, 2014). L'effet de l'urine, tout comme celui des engrais chimiques, serait donc certainement un peu plus faible sur un sol qui a une faible teneur en matière organique que sur un sol ayant plutôt une teneur élevée. Le fait que le sol utilisé dans cette expérimentation est bien pourvu en matière organique (1,92%) peut expliquer l'effet bénéfique direct de l'urine. Les résultats indiquent que les traitements T3 combinant la bouse de vache et l'urine, notamment le traitement T3-2 (combinaison bouse de vache (155,28 g) + urine (28,1g)/plant) ont donné les meilleurs résultats pour les principaux paramètres de croissance comparativement aux traitements constitués de bouse de vache seule ou de l'urine seule à l'exception du poids des fruits au niveau du traitement T1-2. Ces résultats peuvent s'expliquer par un ratio équilibré entre l'azote, le phosphore et le potassium dans la combinaison des deux fertilisants. D'ailleurs, les travaux de CSIR (2008) en Afrique du Sud ont révélé un ratio équilibré de NPK dans les déjections (2:1:1 urine+excrément) plus tôt que dans l'urine (10:1:4). Nos résultats corroborent ceux de Richert *et al.* (2011) qui ont recommandé la combinaison de l'urine avec les fèces notamment la bouse de vache, en raison de leur forte teneur en matière organique et des fortes concentrations de P et K. L'utilisation des excréta humains en agriculture présente cependant des risques et nécessite des précautions. Pour Calvert *et al.* (2004), l'urine est en général stérile et ne constitue un danger

CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons abordé pour la première fois au Bénin l'utilisation de la bouse de vache et de l'urine pour la fertilisation de l'ananas. Nos résultats indiquent que la bouse de vache et l'urine, seules ou en combinaison, permettent une amélioration de la croissance végétative des plants d'ananas et le poids des fruits. Toutefois, les traitements T1-2 (bouse de vache seule à 310,56 g/plant) et T3-2 (combinaison des deux fertilisants avec 155,28 g de bouse de vache + 28,1 g d'urine humaine par plant) apparaissent comme

que dans certains cas. Les pathogènes les plus fréquents existant dans l'urine peuvent provoquer la typhoïde, la paratyphoïde et la bilharziose. Pour Adissoda *et al.* (2004), l'utilisation des urines est recommandée sur les cultures destinées à l'alimentation humaine, à condition qu'il n'y ait pas de contact direct entre les parties comestibles et l'urine (ex. céréales, fruits). Par ailleurs, les urines peuvent être utilisées sur les cultures destinées à l'alimentation animale qu'elles que soient les conditions (Adissoda *et al.*, 2004). Selon ces mêmes auteurs, dans le cas général, en particulier pour les cas où il y a possibilité de contact entre les parties comestibles et l'urine, le temps de stockage recommandé pour les urines est de deux mois avant utilisation ; après un mois de stockage, seuls les virus survivent et après six mois de stockage, il n'y a probablement plus de virus dans les urines. Dans notre expérimentation, l'urine a été conservée pendant un minimum de un mois avant utilisation. De plus, elle a été apportée directement au pied dans plants et la fertilisation a été arrêtée au moment du traitement d'initiation florale (TIF), ce qui exclut toute possibilité de contamination des fruits d'ananas par l'urine. Sur le plan physiologique, Ganrot *et al.* (2007) rapportent que l'utilisation de l'urine seule comme fertilisant peut être une source d'ennui pour les producteurs des zones arides en ce sens qu'elle pourrait provoquer un stress salin pour les cultures à cause de sa teneur élevée en NaCl pouvant aller jusqu'à 8,8 g/l. Les principales zones de production de l'ananas au Bénin étant des zones plutôt humides, le risque de salinisation des terres dû à l'utilisation de l'urine humaine dans la fertilisation de l'ananas reste négligeable. Dans l'ensemble, la fertilisation par la bouse de vache et l'urine peut contribuer à l'amélioration de la production de l'ananas biologique ou non destiné à l'exportation au Sud-Bénin.

les meilleurs. Ainsi ces traitements peuvent être conseillés aux producteurs pour une meilleure production de l'ananas destiné à l'exportation. Cependant, une étude approfondie de l'effet de ces fertilisants biologiques sur la qualité nutritionnelle de l'ananas de même que l'étude de la rentabilité économique de l'utilisation de ces fertilisants pour la production de l'ananas sont nécessaires pour une meilleure exploitation des résultats.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Dr Séraphin A. Zanklan du Laboratoire de Physiologie Végétale et d'Étude des

Stress Environnementaux (FAST/UAC) pour les corrections apportées au manuscrit.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abiassi E, Quenum B, 2010. Méthodologie de recherche en sciences économiques et de gestion. Cours de maîtrise (FASEG/UAC).
- Adissoda Y, Guillibert P, Oldenburg M, 2004. Assainissement Écologique : mode d'emploi. www.2.gtz.de/ecosan/download : Bénin-mode d'emploi.pdf.
- Aivodji J, Anasside A, 2009. Élaboration des règles de soutien et de stabilisation des prix pour la filière ananas. ONS/PASREA. 62p.
- Allagbé CM, Adjanooun A, Azon EGD, Tossou CC, 2012. Évaluation des effets de doses de compost et la couverture du sol sur le rendement et la rentabilité de l'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr) au Sud-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, Numéro spécial Agriculture & Forêt* : 28-34.
- Amadji GL et Migan DZ, 2001. Influence d'un amendement organique (compost) sur les propriétés physico-chimiques et la productivité d'un sol ferrugineux tropical. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*. 2: 123 - 139.
- Amidou M, Djènonatin AJ, Wennink B, 2005. Valorisation des résidus de récolte dans l'exploitation agricole au nord du Bénin : utilisation du fumier produit dans le parc de stabulation des bœufs. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*. 47 : 19-25.
- Batiana A, Mokwunye AU, 1991. Rôle des résidus d'engrais et de récolte en allégeant des contraintes de fertilité du sol à la production végétale en se référant tout particulièrement aux zones sahéliennes et soudaniennes de l'Afrique Occidentale. *Fer. Res*. 29: 117-125.
- Calvert P, Morgan P, Rosemarin A, Sawyer R, Xiao J, 2004. Ecological Sanitation. *Revised and enlarged edition*, Winblad U, Simpson-Hébert M (Editors). Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, Sweden, ISBN 91 88714 98 5, 147 pp.
- CENAGREF, 2010. Appui aux Actions Nationales dans le cadre du Programme de Travail de la CDB sur les Aires Protégées (PoWPA), 37 pp.
- Cosinus Conseil, 2016. Étude de la qualité du jus d'ananas béninois dans le contexte de marché régional : cas des pays de l'hinterland (Burkina Faso, Niger) et de Nigeria, et Sénégal, Rapport Final, 68 p.
- CSIR, 2008. Human Excreta and Food Security in South Africa. Project report Nr 59P1039, Submitted to L Austin, CSIR – Built Environment, PO Box 395, Pretoria, South Africa, 0001.
- Dembélé DD, 2008. Effets des urines humaines hygiénisées sur la productivité du riz irrigué, *Oryza sativa* Variété « Bouaké 189 » à Katiola (Centre de la côte d'Ivoire) 56 pp.
- DPQC, 1999. Guide pratique pour une production d'ananas de qualité au Bénin y compris Fiche synthétique et modèle de fiche technique de suivi d'une plantation. MAEP/FAO/ Porto-Novo. 41 pp.
- Esrey SA, Gough J, Rapaport D, Sawyer R, Simpson-Hebert M, Vargas J, Winblad U, 1998. Ecological Sanitation. *Revised and enlarged edition*, Winblad U, Simpson-Hébert M (Editors). Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, Sweden, ISBN 91 88714 98 5, 147 pp.
- Foidl N, Makkar HPS, Becker K, 2001. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. What development potential for Moringa products ? October, 20th - November 2nd, 2001. Dar Es Salaam. Available at http://miracletrees.org/moringa-doc/the_potential_of_moringa_oleifera_for_agricultural_and_industrial_uses.pdf.
- Ganrot Z, Dave G, Nilsson E, 2007. Recovery of N and P from human urine by freezing, struvite precipitation and adsorption to zeolite and active carbon. *Bioresource Technology* 98 : 3112-3121.
- Gentsch N, Mikutta R, Alves RJE, Barta J, Čapek P, Gittel A, Hugelius G, Kuhry P, Lashchinskiy N, Palmtag J, Richert A, Šantrůcková H, Schneckner J, Shibistova O, Urich T, Wild B, Guggenberger G, 2015. Storage and transformation of organic matter fractions in

- cryoturbated permafrost soils across the Siberian Arctic. *Biogeosciences* 29: 4525–4542. DOI : 10.5194/bg-12-2697-2015.
- Gonidanga SR, Amah K, Adrien A, Cheik T, 2004. Étude du processus d'hygiénisation des urines en vue d'une utilisation saine en agriculture. Communication au premier forum du réseau CREPA (2004) : 39-40.
- Johansson M, Jönsson H, Höglund C, Richert-Stintzing A, Rodhe L, 2000. *Urine separation – closing the nutrient cycle. Final report on the R&D project "Source-separated human urine – a future source of fertiliser for agriculture in the Stockholm region?"* Stockholm Vatten. [Online] http://www.stockholmvatten.se/pdf_arkiv/english/urinsep_eng.pdf
- Jönsson H, Richert-Stintzing A, Vinneras B, Salomon E, 2004. Guidelines on the use of urine and faeces in crop production. EcoSanres publication Series Report 2004-2. Stockholm Environment Institute, Sweden, 6 pp. Available at www.ecosanres.org.
- Kirchmann H, Pettersson S, 1995. Human urine – chemical composition and fertilizer efficiency. *Fertilizer Research* 40:149-154. DOI : 10.1007/BF00750100
- Kitabala MA, Tshala UJ, Kalenda MA, Tshijika IM, Mufind KM, 2016. 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.* 102:9669 – 9679. [http://dx.Doi.org/10.4314/jab.v102i1.1](http://dx.doi.org/10.4314/jab.v102i1.1).
- Kobenan K, Assienan AB, Yao NT, Gnonhoury GP, Kouassi KS, 2005. Bien cultiver l'ananas en Côte d'Ivoire. Fiche technique, Ed. Centre national de recherche agronomique. 4 pp.
- Kowaljaw E, Mazzarino MJ, 2007. Soil restoration in semi arid Patagonia : chemical and biological response to different compost quality. *Soil Biol.Bioch.* 39: 1580-1588.
- Kpéra A, 2014. Effet de différentes doses de bouse de vache, d'urine humaine et de leur combinaison sur la croissance végétative de l'ananas [*Ananas comosus* (L.) Merr. 1917], Mémoire de Master en Production végétale, UATM GASA Formation, Cotonou, République du Bénin, 50 p.
- Loeillet D, 2005. Cyclope 2005 : les marchés mondiaux. Paris. *Economica* 339-341.
- MAEP, 2006. Contribution à la promotion des filières porteuses au Bénin, MAEP, Cotonou, Benin.
- Reganold JP, Glover JD, Andrews PK, Hinman HR, 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. 21- 40.
- Richert A, Gensch R, Jönsson H, Stenström T, Dagerskog L, 2011. Conseils pratiques pour une utilisation de l'urine en production agricole. Stockholm Environment Institute (SEI), *EcoSanres Series 3* : 54 pp.
- SAS Institute, 1992. SAS/STAT user's guide, Vol. 1 ; Release 6.03, ed. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- Sideris CP, Krauss BH, 1934. Preliminary studies on the growth and water absorption behavior of pineapple roots. *Pineapple quarterly* 4 (1) : 42 - 47.
- Simons J, Clemens J, 2004. 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, Rabiega 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. 595-600.
- Sissoko D, Coulibaly N, Doumbia M, Kéita S, 2009. Analyse économique de l'essai de fertilisation du maïs à base de fiente de volaille dans la zone périurbaine du District de Bamako. *Les Cahiers de l'Economie Rurale* 7 : 2-10.
- Sohinto D, 2008. Analyse de la rentabilité économique des chaînes de valeurs ajoutées de l'ananas au Bénin. 76 pp.
- Squire GR, 1990. The physiology of tropical crop production. CAB. International. Oxon. 143-177.
- Tognetti C, Mazzarino MJ, Laos F, 200). Compost of municipal organic waste : effects of different management practices on degradability and nutrient release capacity. *Soil Biol. Bioch.* 49: 2290-2296.
- Tossou CC, 2001. Impact de la culture de l'ananas sur l'environnement dans le département de l'Atlantique. DEA. Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 109 pp.
- Tossou R, Vodouhè S, Fanou J, Babadankpodji P, Kouévi A, Aholoukpè H, 2006. Caractéristiques physico – chimiques et aptitudes culturales de sols de la conurbation Abomey – Bohicon, UAC, Abomey-Calavi,

- FSA, Document de travail Ecocité n°9, www.ecocite.org, 23 pp.
- UIFA, Union des Industries de la Fertilisation Azotée, 2000. Fertilisants et qualité des produits alimentaires. Paris. 4 pp.
- USDA, 1999. Soil Taxonomy: A Basic System of Classification for Making and Interpreting Soil Surveys, 2nd Edn., United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Vinneras B, Höglund C, Jönsson H., Stenström T, A 1999. Characterisation of Sludge in Urine Separating Sewerage Systems. In: Klöve B., Etniner C., Jenssen P., Maehlum T. (eds). Proceedings of the 4th international Conference - Managing of the Wastewater Resource Ecological Engineering for Wasterwater Treatment. Norway June 7-11, 1999.
- Vinneras B, Palmquist H, Balmer P, Jönsson H, 2006. The characteristics of household waste water And biodegradable solid waste A proposal for new Swedish design values. *Urban Water* 3(1) : 3-11.
- Weber J, Karczewska A, Drozd J, Lieznar M, Lieznar S, Jamroz E, Kocowicz A, 2007. Agricultural and ecological aspects of sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biol. Biochem.* 39: 1294-1302.
- Wild B, Schnecker J, Bárta J, Čapek P, Guggenberger G, Hofhansl F, Kaiser C, Lashchinsky N, Mikutta R, Mooshammer M, Šantrůcková H, Shibistova O, Urich T, Zimov SA, Richert A, 2013. Nitrogen dynamics in Turbic Cryosols from Siberia and Greenland, *Soil Biol. Biochem.* 67: 85-93. doi:10.1016/j.soilbio.2013.08.004.
- Yahaya I, 2009. 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, 39 pp.