



Préparation et Traitement des Déchets Urbains d'Industrie Agro-Alimentaire pour la Production d'un Engrais Organique Liquide en Ville de Butembo

Masika Lwayikondera Olga¹, Muyisa Muyandula Jean², Kakule Kaibumba Jean-Bosco³,
Muhesi Mwigha Jean Baptiste⁴

Résumé

Cette étude a pour but d'utiliser les déchets urbains (os, sang desséchés, corne torréfiée, fumier de vache, fumier de chèvre), des industries agro-alimentaires de ménage (bagasse, épiluchures de bananes) et des plantes fixatrices d'azote (cassia occidentalis L, robinier pseudo acacia) pour un engrais organique liquide. L'étude a été constituée de 18 essais d'analyse repartis en deux préparations par rapport aux types d'ingrédients utilisées avec une variation d'eau pour la préparation de l'engrais liquide (12 litres, 15 litres et 18 litres). Pour chaque cas, trois types de traitement étaient utilisés (brut, clarification et distillation). Un total de dix-huit a été soumis à l'analyse physico-chimique pour déterminer la densité, le pH et la teneur en N-P-K. L'étude a montré que tous les fertilisants produits et traités représentent en moyenne un rapport en N-P-K de 4-2-5 et que tous sont basiques avec un pH variant entre 7,471-9,230. Quant à la préparation et au type de traitement utilisé, la densité et le pH ne dépendent pas de ces derniers ; tandis que la teneur en azote, en phosphore et en potassium dépendent de la préparation et du traitement utilisé. Il ressort des résultats que l'engrais organique liquide produit à base de déchets agricoles et des industries agroalimentaires peut être recommandée aux agriculteurs. La vulgarisation de la formule de production pourrait contribuer d'une part à la pratique de l'agriculture intensive et d'autre part à l'assainissement de l'environnement du milieu urbain comme la ville de Butembo.

Mots clés : Préparation, traitement, déchets, engrais, liquide, Butembo

Abstract

This study aims to use urban waste (bones, dried blood, roasted horn, cow manure, goat manure), household food industries (bagasse, banana peelings) and nitrogen-fixing plants. for a liquid organic fertilizer. The study consisted of 18 analysis tests divided into two preparations in relation to the types of ingredients used with a variation of water for the preparation of liquid fertilizer (12 liters, 15 liters and 18 liters). For each case, three types of treatment were used (raw, clarification and distillation). A total of eighteen were subjected to physico-chemical analysis to determine the density, pH and N-P-K content. The study showed that all the fertilizers produced and treated represent on average an N-P-K ratio of 4-2-5 and that all are basic with a pH varying between 7.471-9.230. As for the preparation and the type of treatment used, the density and the pH do not depend on these; while the nitrogen, phosphorus and potassium content depend on the preparation and the treatment used. It appears from the results that the liquid organic fertilizer produced from agricultural waste and agro-food industries can be

¹ Assistant 1 à l'Institut Supérieur de Chimie Appliquée de Butembo, olgamasika66@gmail.com

² Assistant 2 à l'Institut Supérieur de Chimie Appliquée de Butembo, muvisamuyandula@gmail.com

³ Assistant I à l'Institut Supérieur de Chimie Appliquée de Butembo, kaibumbajbosco@gmail.com

⁴ Assistant 2 à l'Institut Supérieur de Chimie Appliquée de Butembo

recommended to farmers. The popularization of the production formula could contribute on the one hand to the practice of intensive agriculture and on the other hand to the sanitation of the environment of urban areas such as the city of Butembo.

Keywords: Preparation, treatment, waste, fertilizer, liquid, Butembo

Introduction

L'accroissement de la population urbaine qui s'opère dans les pays en développement entraîne une augmentation des déchets solides et liquides. Des travaux comme ceux de Mougeot & Moustier (2004) soulignent que d'ici 2030, la production de déchets et d'effluents quadruplera dans les villes. La gestion de ces déchets apparaît alors comme un enjeu majeur pour le développement des villes des pays en développement. Le nombre croissant d'habitants et l'extension souvent inorganisée du territoire urbain rendent la gestion des déchets complexe et onéreuse (Pierrat, 2006). L'auteur ajoute qu'à Dar Es-Salaam, l'enlèvement des déchets par rapport à la quantité produite était très insuffisant (10%), 47% à Bamako (2002), et 60% à Abidjan (1995).

Les politiques doivent concevoir l'assainissement des villes de façon globale, en construisant la filière déchets : collecte, transport, traitement. Ce dernier implique de maximiser la valorisation des déchets par différents procédés (recyclage, compostage, lagunage, etc.), et vise à limiter le traitement d'élimination des refus à la mise en décharge des déchets ultimes. C'est dans cette optique que nous avons entrepris une étude sur la valorisation de déchets urbains d'abattoir, d'industries agro-alimentaires comme ceux de ménages dans la production d'un engrais organique liquide en ville de Butembo. L'agriculture saurait relever les défis en conditions d'établir des rapports rationnels entre le sol, les techniques de la fertilité du sol, l'amélioration génétique des semences, etc. (Barbier, 1995).

L'articulation de la gestion des déchets à l'agriculture urbaine et périurbaine concerne les déchets riches en matières organiques et minéraux. Ceux qui intéressent particulièrement sont les déchets solides ménagers, d'abattoirs, de milieux scolaires, de restauration, etc. bien que la gestion des effluents représente un enjeu tout aussi important au niveau environnemental et au niveau de la santé publique (Mougeot & Moustier, 2004). A l'instar des autres pays en voie de développement, l'économie de la R.D. Congo repose essentiellement sur l'agriculture. Substrat premier de l'agriculture, le sol du Nord Kivu est soumis à toutes formes de pression : modes d'exploitation abusifs, croissance démographique accélérée, capital foncier en continuelle dégradation mettant en péril les systèmes de production. La péjoration climatique, la pression démographique et les pratiques agropastorales inadéquates ont eu pour conséquences la dégradation des sols et une baisse notable de la fertilité de ces derniers (Dapola, et. al, 2008).

Bien que des technologies intégrées pour la fertilisation du sol aient été développées au Nord Kivu, très peu de paysans les ont déjà adoptées. Ce qui constitue un handicap et même un freinage de la promotion du rendement des cultures sur des sols longtemps cultivés sans restitution d'éléments nutritifs perdus. Pour pallier à cette difficulté, les agriculteurs ont souvent cherché à restaurer la fertilité du sol par l'usage d'engrais chimiques (Diallo, 2002). L'utilisation de ceux-ci, de par leur action bénéfique immédiate sur la productivité des cultures, constituerait une des solutions alternatives, mais suite à leur coût élevé et leur indisponibilité, sont presque inaccessibles aux petits paysans (Useni, et.al, 2012).

Cependant, pour Mulaji (2011), les problèmes écologiques et environnementaux causent la fertilisation minérale, et l'engrais chimique de ne pas maintenir pendant longtemps la fertilité du sol. Leur utilisation exclusive entraîne une augmentation de l'acidité, une dégradation du statut physique, et une baisse de la matière organique du sol. FAO (2010), de plus, montre que de la production de engrais chimique et la fertilisation minérale, et leur transport contribuent à l'émission de gaz à effet de serre. Soing & Vaysse (1998) montre que

la maîtrise de la fertilisation doit s'inscrire dans le contexte agro-environnemental et doit répondre aux besoins quantitatifs et qualitatifs d'une production attendue et tenant compte de l'aspect environnemental. Bourguignon (1980), quant à lui, les engrais chimiques détruisent l'humus du sol et dégrade la terre au point de le rendre compacte, incapable d'absorber l'eau de pluie. Ce qui constitue une catastrophe.

Il est observé que l'engrais peut aussi affecter la santé des plantes et la qualité des produits récoltés de la même façon qu'une alimentation déséquilibré provoque chez l'homme des maladies de mal nutrition (Du Priez & De Leene, 1987). Les fortes doses d'engrais rendent les fruits ou les feuilles moins nourrissants, plus fragiles, et le goût moins appréciable. C'est ainsi que les chercheurs ont démontré que l'excès d'azote peut provoquer dans quelques plantes comme carottes, épinards, etc., une accumulation de nitrates susceptibles de se transformer en nitrites toxiques chez les nourrissons. L'utilisation d'engrais chimiques entraîne des risques de pollution qui concernent essentiellement d'excédents éventuelles de nitrate et de phosphate non utilisés par le sol et qui peuvent par infiltration ou par lessivage contaminer les rivières et les nappes phréatiques (Busby, et al, 2007). Dans une situation d'insécurité alimentaire, marqué par la baisse du niveau de fertilité de sol et la pratique de l'agriculture minière, il devient impératif de rechercher d'autres sources des nutriments pouvant permettre une agriculture durable (CIRAD & GRET, 2002 ; KIBA, 2005).

La fertilisation organique pourrait constituer une solution appropriée pour la restauration de la fertilité du sol et l'amélioration de la production. L'utilisation d'engrais organique vise à augmenter la biodiversité et l'activité biologique de sol. Elle permet ainsi d'atteindre les systèmes naturels optimaux qui sont socialement, écologiquement et économiquement durable (Yerima *et al*, 2014). C'est pourquoi cette étude a pour but d'utiliser les déchets urbains comme ceux de l'abattoir de Butembo (os, sang desséchées, corne torréfié, fumier de vache, fumier de chèvre), des industries agro-alimentaires de ménage (bagasse, épiluchures de bananes) et des plantes fixatrices d'azote (cassia occidentalis L, robinier pseudo acacia) pour une mise au point d'un engrais organique liquide avec les moyens disponibles chez les exploitants agricoles. Ainsi deux questions ont fait l'objet de notre recherche :

1. Le type de déchets de la ville de Butembo et le mode de préparation et de traitement présentent-ils une influence sur la qualité physico-chimique (densité, pH et éléments minéraux NPK) d'un engrais organique liquide produit localement ?
2. Existe-t-il une différence statistiquement significative entre la teneur qualitative physico- chimique de l'engrais liquide (densité, pH et éléments minéraux NPK) et des modes de production ?

Approche méthodologique

Pour réaliser cette recherche, la méthode documentaire et la méthode expérimentale avaient été utiliser. D'une part, consulter les divers documents en rapport avec le sujet pour avoir les informations utiles afin de concevoir la revue de la littérature pour comparer les résultats. D'autre part, concevoir un protocole expérimental basé sur la préparation et le traitement de l'engrais organique liquide. Ce dernier sera analysé au laboratoire afin de déterminer les caractéristiques physico-chimiques de nos échantillons d'engrais organique liquide. Les techniques potentiométrique, spectrophotométrique et kjeldhal permettront de vérifier la densité, le pH, la teneur de l'azote, du phosphore et du potassium et de l'Azote dans nos différents échantillons d'engrais organique liquide. L'analyse statistique descriptive et inférentielle sera réalisée avec un logiciel informatique SPSS version 20.0.

Cette étude était circonscrit dans l'espace et dans le temps. Sur le plan spatial, les expérimentations (production d'engrais) se sont réalisées au Centre de Recherche Agro-Alimentaire ISCA Butembo (CRAA) situé en cellule Vuhumbi, Q. de l'Évêché, Commune Bulengera en ville de Butembo. Les analyses de cet engrais ont été effectuées au laboratoire, central de recherche de l'université catholique du Graben (U.C.G).

Site d'étude

Cette étude a été conduite au Centre de Recherche Agroalimentaire (CRAA) de l'Institut Supérieur de Chimie Appliquée (ISCA) Butembo et au Laboratoire Central de Recherche de l'Université Catholique du Graben (UCG) dans l'intervalle de Février 2018 et Novembre 2019. Ce site se localise en ville de Butembo, Nord Kivu, en RDC. A l'Est, cette ville se trouve dans les coordonnées géographiques suivantes : 0° 07' 40" latitude Nord, 29° 17' 15" longitude Est.

Matériels

Matériels biologiques

Nous avons utilisé les déchets biologiques d'origine animale et végétale qui nous ont servi à la préparation de nos fertilisants. Il s'agit des os sous forme de la poudre, du sang sous forme de la farine, de corne torréfiée, des fumiers de vache et de chèvre, la bagasse de la canne à sucre et pelure de la banane plantain sous forme de cendre et les feuilles de légumineuses (*Cassia occidentalis L* et *Robinia pseudo acacias*).

Matériels de préparation et traitement

Les matériels qui ont concourus à la réalisation de nos essais sont :

- La balance pour peser les bio-déchets ;
- Les sots en plastic de capacité de 20 litres pour la minéralisation ou la fermentation ;
- Sot à plastic de 10 litres pour la clarification ;
- Tamis plus linge filtre pour filtrer la préparation ;
- Une vase de mesure pour mesurer la quantité d'eau à utiliser ;
- Cache-nez, gants et tablier pour de mesure sécuritaire ;
- Un montage de distillation artisanal pour la distillation des différentes préparations ;
- Bidon à plastic de 1 litre pour le conditionnement.

Matériels d'analyse

Les analyses chimiques ont été réalisées grâce aux matériels et appareils suivants :

- La balance analytique pour peser les échantillons ;
- Un bécher de 250 ml pour échantillonnage lors du prélèvement et de la détermination du pH ;
- Une éprouvette de 250 ml pour mesurer le volume ;
- Pipettes jaugées pour prélever un volume précis ;
- Pissettes d'eau distillée : pour dissoudre, diluer les liquides dans une fiole jaugé au ballon ;
- Erlen Meyer : pour placer les solutions à doser ou à pipeter ;
- Un pH-mètre : pour déterminer l'état de pH de nos produits ;
- Un dispositif complet du montage de distillation à reflux pour distiller les échantillons ;
- Un Kits Kjeldahl : pour doser l'Azote ;
- Un spectrophotomètre : pour doser le phosphore et le potassium ;
- Four à moufle pour la calcination lors de la détermination de cendre ;
- Etuve : pour la détermination de l'humidité ;
- Le dessiccateur : pour refroidir les échantillons ;
- Statif complet + Burettes pour le dosage.

Population et échantillonnage

Notre population d'étude a été constituée de 18 essais d'analyse repartis en deux préparations par rapport aux types d'ingrédients utilisées. Nous avons fait varier la quantité d'eau pour la préparation de l'engrais liquide : 12 litres, 15 litres et 18 litres. Pour chaque cas, trois types de traitement ont été utilisés : brut, clarification et distillation.

Nous sommes partis de deux formulations de préparation de l'engrais liquide en nous référant aux résultats d'analyses de matières premières (les Bio déchets):

- *Préparation 1* : Poudre d'os, Farine de sang, Fumier de vache, Cendre de la bagasse de canne à sucre, Cassia occidentalis L. et de l'eau.
- *Préparation 2* : Poudre d'os, Corne torréfié, Fumier de chèvre, Cendre de peau de banane plantain, *Robinia pseudo accacia* et de l'eau

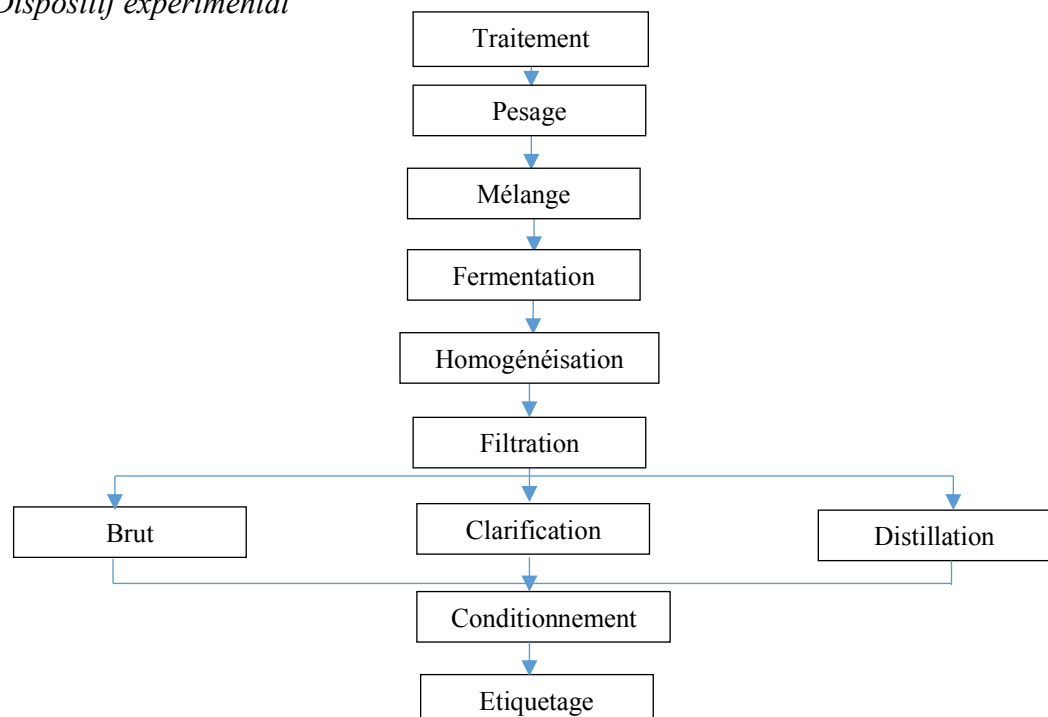
Les déchets étaient prélevés et subissaient un traitement pour préparation d'engrais brut liquide après maturation/fermentation de 21 jours. Après fermentation, nous avons soumis l'engrais brut liquide à la clarification au charbon actif et à la distillation. Les échantillons ont été conditionnés dans de flacons pour analyse au laboratoire. Pour chaque préparation, nous avons réalisé 3 fertilisants, la quantité de bio déchets restants constant mais en faisant varier la quantité d'eau. Ce qui avait fait un total de 6 fertilisants en raison de 3 fertilisants pour chaque préparation. Ainsi nous avons eu F1, F2 et F3 pour P1 et F1, F2, F3 pour P2. Du point de vue quantité de l'eau, il n'y avait pas de différence entre F1 de P1 et F1 de P2, F2 de P1 et F2 de P2 ainsi que F3 de P1 et F3 de P2. Chaque fertilisant avait été soumis à trois traitements dont F, F' et F". C'est-à-dire qu'il y avait eu F=Fertilisant Brut, F'=Fertilisant clarifié et F"=Fertilisant distillé pour chaque fertilisant de toutes les deux préparations (formulation). C'avait ramené le nombre d'échantillons à analyser à un total de 18 cas.

Techniques de la collecte de données

Présentation du dispositif expérimentale

La figure ci-dessous constitue un diagramme de synthèse des étapes de préparation d'un engrais organique liquide brut :

Figure 1. Dispositif expérimental



Analyse physico-chimique

Mesure de la densité

Principe

La détermination de la densité se fait sur base de la méthode au pycnomètre.

Mode opératoire

- Nettoyer au préalable le pycnomètre, au besoin avec un détergent neutre approprié ; le rincer soigneusement d'abord à l'eau, puis à l'alcool, le sécher dans l'étuve à 50°C au maximum et le laisser refroidir dans un dessiccateur ;
- Peser le pycnomètre vide avec une balance analytique ;
- Remplir en suite complètement le pycnomètre avec de l'eau distillée, et ensuite procéder à la pesée ;
- Vider et sécher ou rincer alors plusieurs fois le pycnomètre avec le liquide à analyser, finalement, remplir le pycnomètre avec ce liquide (engrais) et procéder à la pesée comme décrite précédemment.

Calcul

$$d = \frac{P_2 - P_1}{P_3 - P_1}$$

Avec

P₁ = poids du pycnomètre vide

P₂ = Poids vide + engrais liquide

P₃ = poids vide + eau distillée.

Mesure du pH

Pour mesurer le pH sur les échantillons, la méthode de potentiométrie avait été utilisé avec un pH-mètre en procédant de la manière suivante :

- Prélever 50ml d'échantillon ;
- Plonger l'électrode du pH-mètre dans ce dernier ;
- Lire la valeur du pH à l'écran à 20°C.

Dosage de l'Azote

Méthode

Pour déterminer le taux de l'Azote dans l'engrais nous avons utilisé la méthode Kjeldahl telle que décrite par Pauwels, et. al. (1992).

Principe de la méthode

La matière organique était détruite par H₂SO₄ qui était concentrée en présence de substance élevant le point d'ébullition du mélange et d'un catalyseur. L'azote de la matière organique était fixé sous la forme de (NH₄)₂SO₄ tandis que le carbone et l'hydrogène étaient oxydés en CO₂ et H₂O gazeux. La solution sulfurique de (NH₄)₂SO₄ était diluée dans l'eau puis alcalinisée par NaOH. Le NH₃ s'était libéré et titré par un acide de titre connu. On avait en déduit la teneur en Azote contenue dans la prise d'essai. La détermination de l'Azote par la méthode Kjeldahl s'effectue en trois étapes : la digestion ou minéralisation de l'échantillon, la distillation de l'ammoniac et le titrage de l'ammoniac (ISSEP, 2014).

Mode opératoire

Etape 1 : Minéralisation de l'échantillon,

- Peser 2g de l'échantillon,
- Mettez l'échantillon pesé dans le tube
- Ajouter 5g de sulfate de potassium (K_2SO_4)
- Ajouter 0,5g de sulfate de cuivre
- Ajouter 20ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentrée à 98%
- Aller au Kjeldahl jusqu'à une coloration verdâtre.

Note : La minéralisation a pour but la transformation de la matière organique en matière minérale.

Etape 2 : Distillation de l'Ammoniac

- Prélevez 10ml de l'échantillon que vous mettez dans un ballon à distiller.
- Ajoutez 3 gouttes de phénolphthaléine (indicateur)
- Faire le montage de distillation
- Piquez l'échantillon avec 10ml d'une solution de NaOH 30%
- Faire la distillation et recueillir le distillat dans un bécher contenant 20ml de HCl + 5 gouttes de Rouge de Méthyl.

Etape 3 : Titrage de l'ammoniac

- Titrer le distillat avec la solution de NaOH 0,1N
- Lire le volume.
- Piquez l'échantillon avec 10ml d'une solution de NaOH 30% ;
- Faire la distillation et recueillir le distillat dans un bécher contenant 20ml de HCl + 5 gouttes de Rouge de Méthyl.
- 3 : Titrage de l'ammoniac
- Titrer le distillat avec la solution de NaOH 0,1N ;
- Lire le volume ;
- On fait le blanc en mettant tous les réactifs sauf l'échantillon pour soustraire l'ammoniac contenue dans les réactifs de l'ammoniac contenu dans l'échantillon.

$$\text{Calcul : } \% \text{ Azote} = \frac{(V_a - V_b) \cdot 1,4}{P}$$

Avec : V_a = Volume de NaOH pour le blanc d'acide

V_b = Volume de la base (NaOH) lue pour l'échantillon

P = Prise, le poids de l'échantillon qu'on a prélevé.

Dosage du potassium

Principe

Le résidu de calcination (cendre totale) était dispersé à chaud dans l'acide fort dilué. Après filtration, les ions calcium, magnésium, sodium et potassium étaient dosés par la méthode spectrophotométrie après formation des réactions colorées avec des réactifs appropriés pour chacun.

Mode opératoire

- Peser 0,5g de cendre, ajouter 20ml d'acide Nitrique dilué à 20% et chauffer au bain marie bouillant pendant 30 minutes, refroidir à température ambiante ;
- Transférer quantitativement dans un ballon jaugé de 100ml et porter au volume avec de l'eau distillée, agiter et filtrer ;

- Ajuster le pH autour de 7 en utilisant la solution de NaOH 30% (quelques gouttes pour ne pas trop influencer le volume final) ;
- Ce filtrat constitue la solution d'essai qui sert au dosage des ions précipités
- Pour le potassium : préparer la solution de travail en mélangeant réactif 1 et réactif 2 dans les proportions 1 : 1, homogénéiser et reposer à température ambiante pendant 30 minutes avant usage ;
- Prélever à l'échantillon (filtrat) selon le protocole (10cl d'échantillon), ajouter 1ml du réactif que vous mettez dans un tube à essai ;
- Prélever le blanc (ou standard) 100cl de solution de travail, ajoute 100cl d'eau distillée
- Prélever le standard ;
- Mélanger et laisser reposer pendant 5 minutes ;
- Lire l'absorbance (Abs) du standard et des échantillons contre le blanc (solution de travail) entre 5 et 30 minutes à 578Nm.

Calculs

- Conc potassium (meq/l) = $\frac{AbsEchantillon - AbsBlanc}{Absstandard - Absblanc} \times \text{conc. Standard.}$
- Pourcentage potassium dans le résidu = %K = CK x 0,39.

Dosage du phosphore

La minéralisation est identique à celle de potassium et le dosage est fait par la méthode spectrophotométrie.

Réactifs

- Nitro vanado molybdate
- Acide Nitrique 0,2N
- Phosphate de potassium (2meq P/ml) pour la préparation standard (ou étalon).

Mode opératoire

- Après minéralisation de la cendre comme pour le potassium, filtrer en état tiède dans une fiole de 50ml, laisser refroidir le filtrat et compléter le volume.
- Prélever de ce filtrat 2ml, ajouter 6ml d'eau distillé et 2ml de réactif Nitro Vanado molybdate.
- Prélever le Blanc qui est constitué de 2ml de HNO₃ + 6ml d'eau distillée + 2ml de réactif Nitrovanado-molybdate que vous mettez dans un tube à essai.
- Prélever 2ml d'étalon ou standard qui est du phosphate de potassium + 6ml d'eau distillée + 2ml de réactif Nitrovanado molybdate et mettez dans un tube à essai.
- Homogénéiser et laisser réagir 1 heure
- Doser au spectro à 430Nm.

Calculs

- Concentration en phosphore (meq/l) = $\frac{AbsEchantillon - Absblanc}{Absstandard - Absblanc} \times \text{conc standard}$
- % phosphore = $\frac{ConcPhosph..10^{-6}.50.100}{Prise}$

Résultats et Discussions

Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats de notre travail, faire une analyse statistique des données et afin mener une discussion des résultats.

Teneur en N, P, K, pH et densité de différents fertilisants liquides en fonction de chaque préparation

Par rapport à la valeur du pH, l'analyse des valeurs moyennes de potentiel d'hydrogène par préparation montre que celles-ci se situent entre 8,0336 pour P₁ et 8,84567 pour P₂. La différence notée entre ces moyennes n'est pas cependant significative (S=0,002 <0,05) selon le test de Fischer au seuil de 5%. Cependant par rapport à la densité, nous avons une moyenne de 0,993278 pour P₁ contre 1,001667 pour P₂. La différence de densité entre ces deux préparations ne pas cependant significative (S=0,027). Pour la valeur des éléments N.P.K, l'analyse de ce tableau montre une différence moins significative entre les moyennes de teneur en Azote (N) qui sont de 3,5578 pour P₁ et 3,5578 pour P₂ et dont S=0,000. Elle montre ensuite une différence significative entre les moyennes du phosphore 2,05414 pour P₁ contre 2,05411 pour P₂ avec S=0,277 et du potassium 4,96867 pour P₁ contre 4,68222 pour P₂ avec S=0,16. Les préparations qui sont constituées de type de matériels biologiques ou ingrédients utilisés n'influencent aucunement le pH, la densité et la teneur en Azote ; mais elles influencent plus la teneur en phosphore et en potassium.

Tableau 1 Écart types et moyenne du Ph, d, N, P, K en fonction de chaque préparation

Paramètres et échantillons	N	Descrip			Inférence			
		Moyenne	Écart-type	Min.	Max.	F	Signification	
Ph	P1	9	8,03367	,449655	7,471	8,663		
	P2	9	8,84567	,472990	8,002	9,230	13,933	,00
Densité	P1	9	,993278	,0047243	,9850	,9990		
	P2	9	1,001667	,0091924	,9850	1,0110	5,929	,02
Teneur Azote	P1	9	3,8033	,12777	3,5	3,9		
	P2	9	3,5578	,07997	3,4	3,7	23,886	,00
Teneur phosphore	P1	9	2,13567	,216065	2,039	2,710		
	P2	9	2,05411	,024405	2,037	2,100	1,266	,27
Teneur Potassium	P1	9	4,96867	,127067	4,740	5,110		
	P2	9	4,68222	,291667	4,190	5,040	7,296	,01

Teneur en N, P, K, pH et densité de différents fertilisants liquides selon le traitement

Les résultats du Tableau 1 montrent que la moyenne de pH pour le traitement brut (F) est de 7,91400 contre 8,67650 pour les fertilisants clarifiés, et de 8,72850 (F') pour le fertilisant distillée (F''). La différence n'est pas significative (S=0,024). La moyenne de densité pour le Fertilisant Brut (F) est de 1,0025 comparativement aux fertilisant clarifié (F') qui est de 1,0083, et fertilisant distillée (F'') qui est de 0,89083. La moyenne de la teneur en Azote 3,6983 pour le fertilisant brut (F), 3,6989 pour le fertilisant clarifié (F') et 3,6000 pour le fertilisant distillée. La moyenne de la teneur en phosphore pour fertilisant brut (F) est de 2,06333 contre 2,16233 pour le clarifié (F') et 2,05900 pour le fertilisant distillée (F''). La différence est cependant significative (S= 0,452). La teneur moyenne en potassium 4,84300 pour le brut contre 5,00667 pour le traitement clarifiée (F') et 4,62667 pour le fertilisant distillée (F''). La différence se montre très significative (S=0,91).

A la lumière de cette analyse, les différents types de traitement (Brut, clarifié, distillée) montrent aucune influence sur la variation du pH et de la densité de fertilisant tandis que ces mêmes traitements influencent la teneur en Azote, en phosphore et en potassium.

Tableau 2 Moyenne et écart type du pH, d, N, P, K selon le traitement

Paramètres et nature d'échantillons		Descri					Inférence	
		N	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum	F	Signification
Ph	F	6	7,91400	,581405	7,471	8,965	4,824	,024
	F'	6	8,67650	,568697	8,060	9,230		
	F''	6	8,72850	,338244	8,245	9,100		
	Total	18	8,43967	,612340	7,471	9,230		
Densité	F	6	1,002500	,0062209	,9960	1,0100	9,088	,003
	F'	6	1,000833	,0069113	,9940	1,0110		
	F''	6	,989083	,0044093	,9850	,9960		
	Total	18	,997472	,0083004	,9850	1,0110		
Teneur Azote	F	6	3,7433	,19356	3,50	3,99	1,244	,316
	F'	6	3,6983	,15804	3,50	3,92		
	F''	6	3,6000	,12361	3,45	3,78		
	Total	18	3,6806	,16326	3,45	3,99		
Teneur phosphore	F	6	2,06333	,020675	2,042	2,085	,837	,452
	F'	6	2,16233	,269088	2,037	2,710		
	F''	6	2,05900	,024470	2,039	2,100		
	Total	18	2,09489	,154951	2,037	2,710		
Teneur Potassium	F	6	4,84300	,200155	4,500	5,048	4,401	,031
	F'	6	5,00667	,089592	4,890	5,110		
	F''	6	4,62667	,317028	4,190	5,010		
	Total	18	4,82544	,263344	4,190	5,110		

Discussion

L'analyse des résultats relatifs à la composition minérale des fertilisants (F₁, F₂, F₃) montre d'une part que ce dernier est riche en azote (N), phosphore(P), potassium(K) et d'autres part que tous les fertilisants testées sont basiques. La caractérisation a montré que ces différents fertilisants sont riches en potassium suivi de l'azote et moyennement riche en phosphore dans un rapport 4-2-5 en N-P-K en moyenne après arrondissement. Leur richesse en potassium pourrait s'expliquer par leur forte proportion en cendre de pelure de banane Plantin et de bagasse. Selon Biego, et. al. (2010), le potassium provient essentiellement des nervures des peaux mures du plantain. Persee (2019) confirme ces résultats en montrant que la cendre de la bagasse est riche en potasse.

Quant à la préparation et au traitement, les résultats du Tableau 1 et 2 révèlent qu'il existe des différences significatives pour le deux cas (S=0,31 pour P₁ et P₂ ; et S=0,16 pour les différents traitements). L'analyse des résultats prouve qu'il y a une différence significative, c'est-à-dire que la teneur en phosphore est influencée par la préparation et le type traitement utilisé. Pour la teneur en azote, les travaux de Thiombiono (2008) confirment les résultats que les feuilles de *Cassia occidentalis* possèdent le taux le plus élève en azote (50g/kg). Le Fumier de vache et de chèvre renfermant 5% et 6,1% d'Azote, selon l'Institut de l'élevage du pays de la Loire (2003) et Claude Aubert (2005), de Farine de sang et de corne Torrifié peut-être à la base de la richesse en azote.

La différence des moyennes de l'Azote est non significative pour les préparations P₁ et P₂ (S=0,000). Elle est significative pour le traitement (S=0,316). Les traitements appliqués (Brut, clarifiée et distillée) ont eu des effets relativement plus importants sur la teneur en azote ; tandis que les préparations n'ont pas cependant influencés cette dernière. Les résultats montrent que la richesse en phosphore est due à une forte proportion en farine d'os dans ces intrants qui représente 1,36% de phosphore. Toutefois, selon Marchal (1997) la poudre d'os

contient 12% de phosphore. L'analyse de résultats montre aussi qu'il y a une différence significative de moyennes de teneur en phosphore pour les différentes préparations (P_1 et P_2) et traitement (Brut, clarifiée et distillée) dont $S=0,16$ pour P_1 et P_2 ; $S=0,452$ pour traitement. A la lumière de cette analyse, nous pouvons dire que la teneur à phosphore dépend de la préparation et du type de traitement utilisée.

Concernant le caractère chimique des mélanges les résultats montrent que la valeur du pH de ces différents fertilisants est très variable. Selon Lamey & Angers (2012), cette variabilité proviendrait de la composition des intrants ou matériels biologique et de l'intensité de nitrification de ces produits organique pendant le stockage et la fermentation. Aussi l'effet additionnel de cendre de peau du plantain et de bagasse au mélange a augmenté le pH.

Les résultats du tableau 4 montrent le pH de la cendre de l'épluchure du plantain (11,2%) et de bagasse (11,01%) sont en adéquation avec ceux obtenus par Afcas (2015) et Jorge (sd) qui ont trouvé successivement les valeurs de 7,5-11,5% et 11,4%. Quant à la préparation et aux types de traitement utilisée, les résultats nous ont montré que la différence de moyenne de pH n'est pas statistiquement significative ($S=0,002$ pour P_1 et P_2 , $S=0,024$ pour traitement Brut, clarifiée et distillée). Disons donc que la préparation et le type de traitement utilisée n'influence aucunement le pH.

Conclusion

Cette étude de la valorisation des déchets urbains d'industries agro-alimentaires pour la production d'un engrais organique liquide. Après analyse et interprétation des résultats, nous avons constaté que la composition minérale des fertilisants (F_1 , F_2 , F_3) a montré d'une part que ce dernier est riche en azote (N), phosphore (P), potassium (K) et d'autre part que tous les fertilisants testés sont basiques. La caractérisation a montré que ces différents fertilisants sont riches en potassium suivi de l'azote et moyennement riche en phosphore dans un rapport 4-2-5 en N-P-K en moyenne après arrondissement. L'étude a montré que tous les fertilisants produits et traités représentent en moyenne un rapport en N-P-K de 4-2-5 (après arrondissement) et que tous sont basiques avec un pH variant entre 7,471-9,230.

Par rapport à la préparation et au traitement les résultats révèlent qu'il existe des différences significatives pour les deux cas ($S=0,31$ pour P_1 et P_2 ; $S=0,16$ pour les différents traitements). Les résultats prouvent aussi qu'il y a une différence significative, et que la teneur en phosphore a été influencée par la préparation et le type de traitement utilisé. Quant à la préparation ou le traitement, la différence de moyennes pour l'Azote est non significative pour les préparations P_1 et P_2 ($S=0,000$) et mais elle reste significative pour le traitement ($S=0,316$).

Les traitements appliqués (Brut, clarifiée et distillée) ont des effets relativement plus importants sur la teneur en azote; tandis que les préparations n'ont pas cependant influencés cette dernière. L'analyse de résultats montrent qu'il y a une différence significative de moyennes de teneur en phosphore pour les différentes préparations (P_1 et P_2) et traitement (Brut, clarifiée et distillée) dont $S=0,16$ pour P_1 et P_2 ; $S=0,452$ pour traitement. A la lumière de cette analyse, nous pouvons dire que la teneur à phosphore dépend de la préparation et du type de traitement utilisée.

Il ressort des résultats obtenus que l'engrais organique liquide produit à base de déchets agricoles et des industries agroalimentaires peut être recommandée aux agriculteurs parce qu'il est accessible, moins coûteux et simple à préparer. La vulgarisation de la formule de production ou préparation pourrait contribuer d'une part à la pratique de l'agriculture intensive et d'autre part à l'assainissement de l'environnement du milieu urbain comme la ville de Butembo où le taux de déchets augmente du jour au lendemain. En perspective, il serait judicieux de conduire l'étude jusqu'à effectuer une analyse des micro éléments et à appliquer ce produit sur différentes

cultures, enfin d'évaluer l'impact de ce dernier sur les propriétés physico-chimiques des sols ainsi que son efficacité par le calcul du rendement.

Références

- Diallo, L. (2002). *Effet de l'urée et du fumier sur la culture de maïs*. Mémoire d'ingénieur du développement Rural /Option Agronomie. IDR/UPB. Burkina-Faso,
- Dupriez, H., & De Leener, P. (1987). *Jardins et verges d'Afrique*, éd. Terri et vie, Paris.
- Jorge, S. (sd). *Recyclage de déchets dans le sol de Guadeloupe*
- Mougeot, A. & Moustier, P. (2004). *Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone*. Enjeux, concepts et méthodes. Canada : CRDI, CIRAD. 1-173.
- Mougeot, L. & Moustier, P. (2004). *Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone* : Enjeux, concepts et méthodes. Dakar.
- Mulaji, K. (2011). *Utilisation des compostes de bio-déchets ménagers pour l'amélioration de la fertilisation de sols acides de la province de Kinshasa (République Démocratique du Congo*, Thèse université de Liège, Belgique.
- Pauwels J.M & Alii, 1992. *Méthodes d'analyse des sols et de plantes, équipement, gestion de stocks de verrerie et de produits chimiques ; Manuel de Laboratoire de Méthodologie* ; Bruxelles.
- Pierrat, A., 2006 : *La gestion des déchets à Tananarive : étude de la valorisation de déchets urbains en produits fertilisants. Approche géographique. Mémoire de Master 1 en Géographie*, Univ 1 Panthéon-Sorbonne, Paris.
- Useni, S. (2012). *Effets des apports, combinés de bio-déchet et de fertilisants inorganiques sur le rendement de trois variétés de team ays L. cultivées dans la région de Lubumbashi* : J. ApplBio scie 54.
- Yerima, A. (2014). *Réponse de deux variétés de tournesol (Heliantus SP) à la fertilisation à base de fiente de poule sur un Halpi-Humic Ferralsol du Yonka Western High lands Reseau garden park (YWHRGP)*.