

Valorisation de glume de mil et balle de riz par compostage : caractérisations physico-chimiques des composts

Ousmane GARBA¹, Mamane Tchicama MELLA¹, Saidou ADDAM KIARI^{2*},
M. Hamissou I. GREMA¹ et Adamou ZANGUINA¹

¹ Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Chimie,
Laboratoire Matériaux-Eau-Environnement (LAMEE), BP 11662 Niamey, Niger

² Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) BP 429 Niamey, Niger

* Correspondance, courriel : kaddam2001@yahoo.fr

Résumé

Le compostage présente des intérêts tels que l'amélioration de la fertilité et de la qualité du sol, favorisant ainsi une augmentation de la productivité agricole, une meilleure biodiversité du sol. C'est dans cette optique que s'inscrit la présente étude. L'objectif de cette étude est de valoriser des déchets de culture (glume de mil et balle de riz) par compostage. Deux (2) types des composts ont été élaborés : compost C₁ à base de glume de mil, cendre de balle de riz et fumier ; compost C₂ à base glume de mil, cendre de balle de riz, fumier et phosphate naturel de Tahoua selon la technique de compostage en fosse. Le compostage a duré trois mois durant lesquels nous avons effectué périodiquement des contrôles des paramètres physico-chimiques (T°, pH et C/N) de déchets dans les composteurs. Les résultats d'analyse physico-chimique des échantillons prélevés montrent que les composts obtenus contiennent des teneurs en carbone (C₁ : 11,70 % et C₂ : 10,58 %), en azote (C₁ : 1,23 % et C₂ : 1,17 %) ; en phosphore total (C₁ : 3867,92 et C₂ : 3866,67 mg/kg), en potassium (C₁ : 8886,79 et C₂ : 6400 mg/kg), en calcium (C₁ : 851,46 et C₂ : 385,35 mg/kg), en fer (C₁ : 11 et C₂ : 18,1 mg/kg), en cuivre (C₁ : 1,98 et C₂ : 2,74 mg/kg) et en zinc (C₁ : 4,5 et C₂ : 9 mg/kg) et des rapports C/N (C₁ : 9,512 ; C₂ : 8,996). Ces résultats montrent que les composts produits sont mûrs et de qualité acceptable et peuvent être utilisés comme amendements aux sols.

Mots-clés : *résidus de culture, fertilisant, compost.*

Abstract

Valorization of millet glume and rice husk by composting : Physicochemical characterizations of composts

Composting has advantages such as improving fertility and quality of soil, thus promoting an increase in agricultural productivity and better soil biodiversity. This is the aim of this study. The objective of this study is to recover crop waste (millet glume and rice husk) by composting. Therefore, two (2) types of composts were produced : C₁ compost made up of millet glume, rice husk ash and manure; C₂ compost made up of millet glume, rice husk ash, manure and natural phosphate from Tahoua. Pit composting technique was used. The composting lasted three months whereby periodical checks have been carried out on the physico-chemical parameters (T °, pH and C / N) of the residue in the composters. The physico-chemical analysis of the samples

show that the composts produced contain rates in carbon (C_1 : 11.70 % and C_2 : 10.58 %), in nitrogen (C_1 : 1.23 % and C_2 : 1.17 %), in total phosphorus (C_1 : 3867.92 and C_2 : 3866.67 mg / kg), in potassium (C_1 : 8886.79 and C_2 : 6400 mg / kg) in calcium (C_1 : 851.46 and C_2 : 385.35 mg / kg), in iron (C_1 : 11 and C_2 : 18, 1mg / kg), in copper (C_1 : 1.98 and C_2 : 2.74 mg / kg) and zinc (C_1 : 4.5 and C_2 : 9 mg / kg) and C / N ratios (C_1 : 9.512; C_2 : 8.996). The results show that the produced composts are matured and of acceptable quality. Therefore, it can be used as soil amendment.

Keywords : *crop residues, fertilizer, compost.*

1. Introduction

La croissance démographique et le développement industriel ont permis de réaliser des progrès considérables notamment en matière de production agricole. Ce progrès s'accompagne d'une dégradation environnementale. Il s'agit de la production de déchets et de la surexploitation des sols, ce qui occasionne une diminution de la fertilité des sols [1]. La baisse de la fertilité des sols est l'un des facteurs les plus limitants pour l'amélioration de la production agricole au Niger [2]. Face à cette situation, le Niger importe des engrais de synthèse, qui sont généralement recommandés pour corriger les insuffisances en éléments fertilisants [3] et augmenter la fertilité du sol à court terme. Il faut signaler que leur utilisation entraîne à long terme une diminution de la matière organique et une acidification des sols entraînant une réduction du rendement [4, 5]. Il existe pourtant une solution simple, écologique, économique et bénéfique pour l'Homme et pour l'environnement : *le compostage* [6, 7]. Le compostage présente des intérêts tels que l'amélioration de la fertilité et de la qualité du sol, favorisant ainsi une augmentation de la productivité agricole, une meilleure biodiversité du sol, une réduction des risques écologiques et un environnement plus favorable [8]. Le compost est un bon engrais organique du fait qu'il contient des substances nutritives ainsi que de la matière organique et qu'on peut fabriquer à faible coût [9]. Selon leur origine, les composts peuvent avoir des qualités fertilisantes différentes. Les composts des déchets agroalimentaires sont exempts de germes pathogènes, de métaux lourds, donc sont de meilleure qualité par rapport aux composts des déchets urbains [10, 11]. Ainsi l'élaboration de nouveaux types de composts à base de la matière organique et des matériaux tels que le fumier, les phosphates naturels et la cendre devient une priorité pour une agriculture biologique [1] et il est souhaitable de comparer plusieurs composts sur diverse cultures [12] pour estimer les valeurs agronomiques. Au Niger, les ressources organiques ne sont disponibles en raison d'autres utilisations compétitives. Cependant, la glume de mil (résidus laissés après le battage des épis de mil) est disponible dans la plupart des villages du Niger et représente une source potentielle de matière organique réutilisable [2]. L'objectif de ce travail vise l'élaboration, à partir des déchets organiques (glume de mil et cendre de balle de riz), des composts dans la perspective d'améliorer la production agricole et de maintenir durablement la fertilité des sols.

2. Matériel et méthodes

Les travaux sont menés au niveau du jardin botanique de la Faculté de Sciences et Technique de l'Université Abdoul-Moumouni de Niamey durant la période de Janvier 2019 à Mai 2019. La méthode en fosse aérée a été utilisée pour l'élaboration des composts. Les composts sont élaborés dans des cuves de dimensions 1,04 m x 0,67 m x 0,68 m. Les cuves sont couvertes par des bâches sous un hangar afin de protéger les composts contre les fortes pluies, l'excès de soleil et les eaux de ruissellement, évitant ainsi le lessivage ou l'assèchement du compost. La **Figure 1** présente des cuves de compostage.



Figure 1 : *Simple cuve de compostage (a) et cuve de compostage avec bâche (b)*

2-1. Matériel expérimental

Pour l'élaboration des différents composts les ingrédients suivant ont été utilisés :

- ❖ glume de mil comme source de carbone ;
- ❖ cendre de balle de riz comme source de potassium
- ❖ du fumier sec de vache comme source d'azote et de potassium ;
- ❖ du phosphate naturel de Tahoua en poudre comme source du phosphore.

2-2. Composition du mélange de base

Afin de respecter le rapport C/N dans chaque fosse, le compost a été préparé à travers un mélange de matières premières comme suit :

- Compost C₁ : 100 % de la matière organique contenant 45,72 % de glume de mil + 37,14 % de fumier de vache + 17,14 % de cendre de balle de riz.
- Compost C₂ : 95 % de la matière organique (42,86 % de glume de mil + 35 % de fumier de vache + 17,14 % de cendre de balle de riz) et 5 % du phosphate naturel de Tahoua.

Le **Tableau 1** présente les quantités en kg de la matière utilisée.

Tableau 1 : *Composition des mélanges utilisés au cours du compostage*

Composition	Glume de mil (kg)	Cendre de balle de riz (kg)	Fumier (kg)	Phosphate (kg)
Compost C ₁	32	12	26	-
Compost C ₂	30	12	24,5	3,5

Chaque traitement est répété 3 fois et le contenu des fosses a été retourné chaque semaine jusqu'à la maturation afin d'assurer une bonne aération et de permettre une fermentation aérobie.

2-3. Caractérisation physico-chimique

Les principales caractéristiques physico-chimiques ont été déterminées sur des échantillons de compost prélevés après deux semaines d'incubation selon le protocole assigné. La composition chimique en éléments fertilisants et oligo-éléments des composts a été déterminée à la fin du compostage. Dans le but d'évaluer et confirmer la qualité des composts produits dans les composteurs, des échantillons des composts élaborés ont subi des analyses physico-chimiques. Les appareils utilisés sont :

- Le spectrophotomètre à UV visible ;
- Le photomètre à flamme ;
- Le spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme.

Les paramètres physico-chimiques déterminés dans les composts produits sont :

- Au premier mois du compostage la température est prélevée chaque jour avec un thermomètre digital, EUROLAB à sonde puis 3 jours après jusqu'à la fin du processus de compostage [13].
- Les composts séchés ont été fractionnés à l'aide de tamis de 2 mm selon le protocole assigné.
- Le pH_{eau} , le carbone organique (Walkley-Black), l'azote total (Kjedhal), le phosphore total, le potassium total et le phosphore assimilable (Bray-I) ont été déterminés [14].

Il faut noter par ailleurs que toutes les analyses chimiques ont été réalisées au laboratoire des analyses des sols, d'engrais, eau et végétaux de l'Institut National de Recherche Agronomique du Niger (INRAN) de Niamey.

2-4. Composition chimique des matières premières (déchets)

Pour élaborer un compost il est évident de connaître la composition chimique des déchets à composter. C'est ainsi qu'une série d'analyses a été réalisée et a donné les résultats regroupés dans le **Tableau 2**.

Tableau 2 : Composition chimique des déchets utilisés pour le compostage

Déchets	glume de mil	Cendre de balle de riz	Fumier
% C-total	55,21	10,91	48,61
% N-total	2,63	0,34	1,74
C/N	21	32,08	27,93

Les résultats obtenus (**Tableau 2**) montrent que la glume de mil et le fumier sont riches en carbone total et en azote total que la cendre de balle de riz.

3. Résultats

3-1. Température

Le compostage étant un processus aérobie ; le suivi de la température est un indicateur pertinent de l'activité microbienne et les températures élevées sont caractéristiques d'une activité microbienne importante [15]. La **Figure 2** présente les variations de températures des composts. Tous les composts ont atteint rapidement des températures $\geq 55^\circ\text{C}$ dès la première semaine de décomposition et maintenues jusqu'au 22^{ème} jour avec un maximum de $65,6^\circ\text{C}$ dans le compost C_1 et $62,3^\circ\text{C}$ dans le compost C_2 . Après le 22^{ème} jour, on observe une baisse générale des températures. On remarque une évolution de température du 1^{er} au 2^{ème} jour du compostage allant de température ambiante à 43°C pour les deux composts étudiés. Ce qui correspond ainsi à la phase mésophile (Température optimale comprise entre $25 - 45^\circ\text{C}$) et est la conséquence de la dégradation des composés facilement biodégradables (lipides, glucides, et protéines) par les bactéries mésophiles. À la fin du processus du compostage les températures chutent pour atteindre la température ambiante (31°C à 32°C).

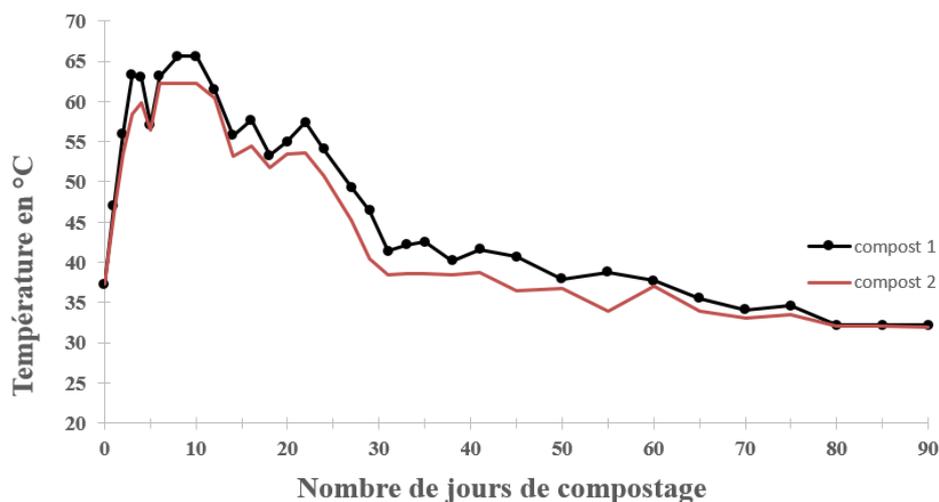


Figure 2 : Courbes d'évolution de la température au cours du compostage

3-2. pH

Le pH est un paramètre important dans le processus de compostage, car permettant de déterminer l'acidité ou l'alcalinité du substrat. L'évolution du pH au cours du compostage est représentée par la **Figure 3**. On remarque que le pH des composts C₁ et C₂ est resté constamment basique au cours du compostage. La capacité d'échange cationique (CEC) d'un compost est liée à sa capacité à retenir des cations. Elle représente la quantité maximale de cations (ions positifs) que la matrice peut adsorber. La CEC évolue dans le même sens que le pH, du fait de la libération de charges négatives avec l'augmentation du pH. Le processus d'humification produit des groupements fonctionnels et l'oxydation de la matière organique entraînant une élévation de la capacité d'échange cationique. Celle-ci varie parallèlement avec le pH.

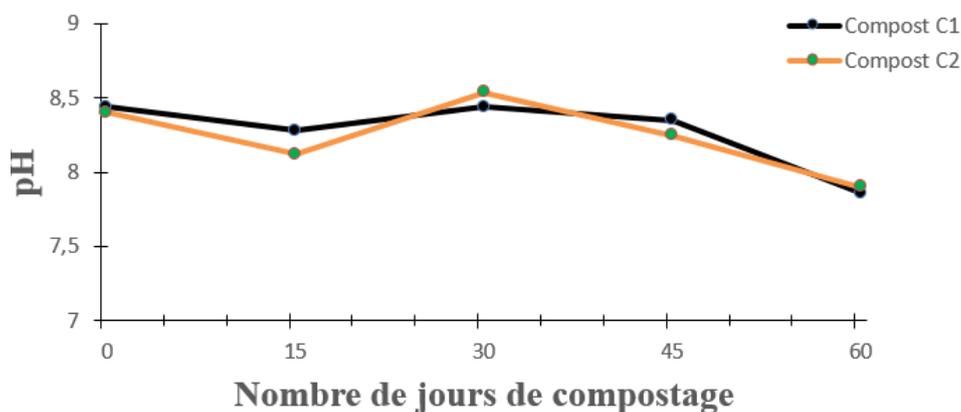


Figure 3 : Courbes d'évolution du pH au cours du processus de compostage

3-3. Éléments fertilisants

Le compost joue un important rôle dans l'amélioration de la structure et de la stabilité structurale du sol. En effet, parmi les différents éléments minéraux présents dans le sol, les argiles s'associent à la matière organique du sol (l'humus) et aux micro-organismes pour former, sous l'action stabilisatrice du calcium, le complexe argilo-humique. Le dosage des différents éléments nutritifs dans les composts à la fin du processus de compostage nous a permis d'obtenir des résultats consignés dans le **Tableau 3** qui suit.

Tableau 3 : Compositions chimiques des composts élaborés

Caractéristiques chimiques	Compost C ₁	Compost C ₂
pH	7,86	7,9
C (%)	11,115	15,405
N (%)	1,12	1,148
C/N	9,92	13,41
P (ppm)	3467,92	3866,67
K (ppm)	8886,79	6400
Ca (ppm)	385,35	851,46

Le **Tableau 3** présente les caractéristiques chimiques des composts produits, on remarque que la teneur du carbone organique total est de 11,115 % pour le compost C₁ contre 15,405 % pour le compost C₂. La teneur en azote total est de 1,12 % pour le compost C₁ et 1,148 % pour le compost C₂. La teneur en carbone organique total et celle d'azote total ont permis de calculer le rapport C / N (carbone / azote) qui est un critère d'évaluation du degré de maturité d'un compost [16]. Les rapports C / N de 9,92 et 13,41 respectivement dans les composts C₁ et C₂ se situent dans le domaine indiqué dans la littérature [1]. La teneur en phosphore total est de 3467,92 mg / kg et 3866,67 mg / kg respectivement dans les composts C₁ et C₂. La teneur en potassium est de 8886,79 mg / kg pour le compost C₁ et de 6400 mg / kg pour le compost C₂ et la teneur en calcium est de 385,35 mg / kg et 851,46 mg / kg respectivement dans les composts C₁ et C₂. Les caractéristiques chimiques des composts finis de résidus de culture présentent de bonnes valeurs fertilisantes et respectent les normes d'une matière organique de très bonne qualité. Ils peuvent agir sur les propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol, améliorent la rétention en eau des sols légers, améliorent la structure des sols plus lourds.

3-4. Éléments traces métalliques

Le **Tableau 4** présente les teneurs en éléments traces métalliques dans les composts produits.

Tableau 4 : Teneur en éléments traces métalliques

Métal	Compost C1	Compost C2
Fe (ppm)	11	18,1
Cu (ppm)	1,98	2,74
Zn (ppm)	4,5	9

Les teneurs en éléments traces métalliques Fe, Cu et Zn sont respectivement 11 ; 1,98 et 4,5 mg / kg pour le compost C₁ et de 18,1 ; 2,74 et 9 mg / kg dans le compost C₂. On remarque les teneurs des éléments traces métalliques sont relativement faibles dans les composts.

4. Discussion

4-1. Température

La température a évolué pratiquement de la même manière dans les deux composts au cours du processus de compostage. Les montées en température pour chaque type de compost apparaissaient nettement après chaque retournement. L'élévation des températures, en début de compostage, serait liée à la forte activité des micro-organismes thermophiles due à l'abondance de matières organiques facilement biodégradables [17]. En effet, les relatives fortes et rapides montées de températures seraient imputables à la nature et à la

composition des mélanges initiaux, et aux organismes présents dans le compost qui ont entamés leurs activités ; ce qui a permis la dégradation des substrats [18]. La production de chaleur par les micro-organismes est proportionnelle à la masse du tas or le volume du tas de composts élaborés est important. Ainsi les tas baissent progressivement au cours du processus. En effet cette baisse du tas est expliquée par la consommation de la matière organique par les organismes présents dans le milieu ce qui explique par conséquent la baisse de la température La baisse de température observée après 22^{ème} jour du processus de compostage est due à une faible activité des micro-organismes liée à l'épuisement des matières organiques facilement dégradables [19]. La variation de température indique l'activité microbienne et en occurrence le processus de décomposition [20]. Les résultats montrent que la température maximale pour le compostage des résidus de culture est comprise entre 62-66°C. Une température de 55°C permet d'éliminer les microorganismes pathogènes et d'éliminer une grande partie des substances phytotoxique [21]. Des semblables évolutions des températures lors du compostage ont été notées pendant le compostage des résidus de *Jatropha curcas* L. au Burkina Faso [20].

4-2. pH

Le pH des composts C₁ et C₂ est resté constamment basique au cours du compostage. Cela serait dû à la forte proportion (17,14 %) de la cendre de balle de riz riche en bases échangeables, notamment le potassium [1]. Ces composts peuvent contribuer alors à réduire l'acidité des sols [22] et à diminuer ainsi les risques de transfert des métaux lourds des sols vers la plante [23].

4-3. Éléments fertilisants

La plante trouve tous ces éléments essentiels dans deux milieux : l'air et le sol. L'air fournit le carbone (assimilé sous forme de CO₂) et l'oxygène, fixé grâce à la photosynthèse. Le sol fournit les éléments minéraux et l'eau. Parmi les éléments minéraux essentiels, trois sont nécessaires en grande quantité pour la plante, d'où le qualificatif de primaire ou majeur, ce sont l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K). C'est pourquoi ces trois éléments sont intégrés dans la composition de la majorité des composts et des engrais chimiques et trois éléments secondaires requis en moins grande quantité que les éléments primaires. Ce sont le soufre (S), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg). Les teneurs en carbone, azote, phosphore, potassium et calcium sont acceptables. Le rapport C/N des composts à base de résidus de culture répond aux normes d'un bon compost fini [24]. L'ajout du minerai de phosphate naturel dans la matière organique a augmenté la teneur en phosphore total du compost C₂ (**Figure 4**) et ce, dû à l'action des anions organiques (citrate et oxalate) provenant de la décomposition de la matière organique [25]. Les composts de résidus de culture étudiés ont des teneurs en éléments fertilisants acceptables et peuvent alors être utilisés comme fertilisants.

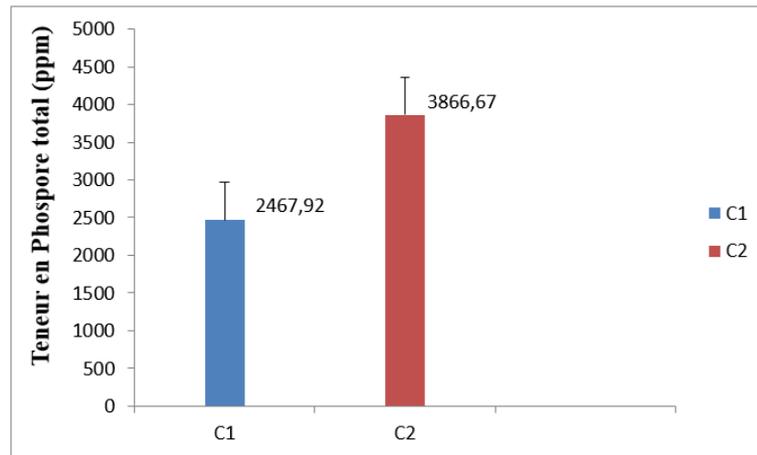


Figure 4 : Teneur en phosphore total des composts élaborés

Le compost constitue un amendement organique de qualité. Dans le sol, il libère des éléments nutritifs qui vont permettre la croissance des plantes et la régénération des micro-organismes. L'utilisation de compost permet par ailleurs de diminuer le recours aux produits fertilisants issus de la pétrochimie, souvent importés. Le compost apporté aux sols, a augmenté la capacité d'échange cationique (CEC) et amélioré la teneur en cations échangeables des sols. Le compost augmente la CEC des sols donc augmente leur capacité à retenir les éléments nutritifs [7]. Les substances humiques forment avec les colloïdes minéraux du sol des complexes négativement chargés appelés complexes argilo-humiques. Ces complexes améliorent la capacité d'échange cationique du sol. Ils fixent les cations et agissent donc comme des réservoirs d'éléments nutritifs. Et de plus, l'ajout de l'urée en début de compostage pourrait accélérer la minéralisation et la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol [26].

4-4. Éléments traces métalliques

Les teneurs en métaux des composts sont relativement importantes bien qu'elles soient inférieures aux valeurs limites. Cependant l'utilisation de ce produit doit être contrôlée et réglementée dans la mesure où les métaux lourds peuvent s'accumuler dans le sol et peut à long terme passer dans la chaîne alimentaire ou polluer la nappe phréatique [27 - 29]. Certains composts ont souvent des effets phytotoxiques sur les cultures [30] comme l'arachide et le mil.

5. Conclusion

La valorisation des déchets par compostage est un mode de traitement visant à obtenir un compost qui contribue à améliorer la fertilité des sols et à limiter l'utilisation des engrais chimiques. C'est ainsi que les résidus de culture (glume de mil et balle de riz) ont été compostés pendant trois mois, avec le fumier et le phosphate naturel dans le but d'avoir des composts à valeur fertilisante améliorée. Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les composts à base de glume de mil et balle de riz montrent que les composts sont matures et stables. Les éléments fertilisant (azote, phosphore, potassium, calcium) sont présents dans les composts avec des teneurs acceptables. L'ajout du phosphate naturel dans la matière organique a augmenté la valeur fertilisante des composts. En plus, les composts élaborés ont un pH basique ($\text{pH} = 7,9$). Ces résultats prouvent la qualité des composts élaborés et peuvent être appliqués sur les sols acides comme fertilisants. Leurs structures en feuillet leur confère de puissantes charges négatives permettant à une certaine quantité de cations libres de la solution du sol de s'y fixer (Ca^{2+} , K^+ , NH_4^+ , HPO_4^- ; Na^+ , etc.).

Références

- [1] - S. TCHEGUENI, "Contribution à la valorisation des déchets agro-alimentaires en compost : caractérisation physico-chimiques des composts et étude de leur minéralisation dans deux sols agricoles de Togo", Thèse Unique, Université de Lomé, Togo, (2011) 2 p.
- [2] - B. B. ISSOUFA, "Composting millet glume for soil fertility improvement and millet/cowpea productivity in semi-arid zone of NIGER", Thesis, University of Science and Technology, Kumasi, Ghana, (2015) 2 p.
- [3] - FAO, "Utilisation des phosphates naturels pour une agriculture durable", édition de F. Zapata et R. N. Roy, Rome, (2004)
- [4] - M. TRAORE, H. B. NACRO, W. F. DOAMBA, R. TABO, A. NIKIEMA, *Tropicultura*, 33 (2015) 19 - 25
- [5] - B. KOULIBALY, O. TRAORÉ, D. DAKUO, P. N. ZOMBRÉ, D. BONDÉ, *Tropicultura*, 28 (2010) 184 - 189
- [6] - M. T. MELLA, A. ZANGUINA, K. S. ADDAM, M. M. LAOUALI, Composting of the Urban Garbage: Assessment of the Nutrient Elements for the Plants, Case of Niamey in Niger. *International Journal of Scientific Engineering and Science*, Vol. 2, Issue 12, (2018) 12 - 19 p. ISSN (Online) : 2456 - 7361
- [7] - M. T. MELLA, A. ZANGUINA, K. S. ADDAM and B. S. CHOLLANI, Assessment of the Mineralization of Composts and the Availability of the Fertilizing Elements in Two Soils in Niger. *International Journal of Plant & Soil Science*, 26 (2) (2018) 1 - 8, ISSN: 2320-7035 DOI: 10.9734/IJPSS/2018/46006
- [8] - R. V. MISRA, 'Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole' FAO, (2005) 16 p.
- [9] - M. INCKEL, T. TERSMETTE, T. VELDKAMP, *Agrodok*, N° 8 (2005)
- [10] - S. TCHEGUENI, A. K. KOFFI, M. BODJONA, M. KORIKO, M. HAFIDI, G. BABA, G. TCHANGBEDJI, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6 (3) (2012) 1381 - 1389
- [11] - K. E. KOLEDZI, G. BABA, G. TCHANGBEDJI, G. K. AGBEKO, G. MATEJKA, G. FEUILLADE, J. BOWEN, *Asian j. appl. Sci.*, 4 (4) (2011) 378 - 391
- [12] - T. OUTÉNDÉ, Evaluation des caractéristiques chimiques et agronomiques de cinq composts de déchets et étude de leurs effets sur les propriétés chimiques du sol, la physiologie et le rendement du maïs (*Zea mays* L. Var. Ikenne) et de la tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Var. Tropimech) sous deux régimes hydriques au Togo. Sciences de la Terre. Université de Limoges; Université de Lomé (Togo), Français. NNT: 2016LIMO0020. tel-01589050, (2016)
- [13] - A. ZANGUINA, M. T. MELLA, S. K. ADDAM, O. GARBA, *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*. Vol. 43, N°1 (2018)
- [14] - C. MATHIEU et F. PIETTAIN, "Analyse chimique des sols : méthodes choisies", Ed. Tec & Doc, Paris, France, (2003)
- [15] - M. S. OUSMANE, "Caractérisations physico-chimiques, amélioration de l'efficacité agronomique par phosphocompostage des phosphates naturels du Niger", Thèse Unique, Université Abdou Moumouni de Niamey, NIGER, (2018) 68 p.
- [16] - M. S. OUSMANE, A. ZANGUINA, S. TCHEGUENI, S. LAOUALI, N. D. LAMSO et I. NATATOU, *Afrique SCIENCE*, 13 (2) (2017) 179 - 189
- [17] - E. TEMGOUA, E. NGNIKAM, H. DAMENI, G. S. KOUDEUKAMENI, "Valorisation des ordures ménagères par compostage dans la ville de Dschang, Cameroun". *Tropicultura*, 32 (1) (2014) 28 - 36
- [18] - F. LOMPO, Z. SEGDA, Z. GNANKAMBARY, N. OUANDAOGO, "Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs". *Tropicultura*, 27 (2) (2009) 105 - 109
- [19] - D. BAMBARA, J. SAWADOGO, A. BILGO, E. HIEN, D. MASSE, "Monitoring of Composting Temperature and Assessment of Heavy Metals Content of Ouagadougou's Urban Waste Composts". *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, Vol. 8, N° 1 (2019) 72 - 81 p.
- [20] - M. B. POUYA, Z. GNANKAMBARY, O. M. SAVADOGO, N. OUANDAOGO, M. P. SEDOGO et F. LOMPO, *Afrique SCIENCE*, 16 (5) (2020) 81 - 92

- [21] - F. LOMPO, Z. SEGDA, Z. GNANKAMBARY, N. OUANDAOGO, "Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs". *Tropicultura*, 27 (2) (2009) 105 - 109
- [22] - B. P. BOUGNOM, J. MAIR, F. X. ETOA & H. INSAM, "Composts with wood ash addition: A risk or a chance for ameliorating acid tropical soils?", *Geoderma*, 153 (2009) 402 - 407
- [23] - N. S. BOLAN, D. C. ADRIANOB, R. NATESANA & B.-J. KOOB, "Effects of Organic Amendments on the Reduction and Phytoavailability of Chromate in Mineral Soil". *Journal of Environmental Quality*, 32 (2003) 120 - 128
- [24] - A. AGAPIOU, A. VASILEIOU, M. STYLIANOU, K. MIKEDI, A. A. ZORPAS, "Waste aroma profile in the framework of food waste management through household composting. *Journal of Cleaner Production*", Vol. 257, (1 June 2020) 120340. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120340> (8 août 2020)
- [25] - E. COMPAORÉ, E. FROSSARD, J. C. FARDEAU, J. L. MOREL & M. P. SÉDOGO, "Efficacité d'un phosphate naturel de Kodjari, de son dérivé partiellement acidifié et d'un compost estimé par la méthode des cinétiques d'échange isotopique". *Science et Technique*, 24, 1 (2000) 67 - 81
- [26] - K. S. ADDAM, B. ALHOU, M. ADAM and A. HASSANE, Effect of compost amended with urea on crops yields in strip cropping system millet/cowpea on sandy soil poor in phosphorus. *Research Journal of Agriculture and Environmental sciences*, Vol. 1, issue 2, (2014) 23 - 28 p.
- [27] - E. COMPAORÉ & L. S. NANÉMA, "Compostage et qualité du compost de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso", *Tropicultura*, 28, 4 (2010) 238 - 237
- [28] - TANG, J. ZHANG, L. ZHANG, J. REN, L. ZHON, Y. ZHENG, Y. LUO, L. YANG, Y. HUANG, H. and A. CHEN, Physicochemical features, metal availability and enzyme activity in heavy metal-polluted soil remediated by biochar and compost. *Science of the Total Environment*. Vol. 701, (20 January 2020) 134751. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134751>
- [29] - M.² MCLAUGHLIN, Heavy metals in agriculture with a focus on Cd. Ecuador Soil Congress. CSIRO Land and Water Fertilizer Technology Research Centre, *Waite Research Institute, University of Adelaide*, (2016)
- [30] - M. DIENG, A. S. DIEDHIOU et F. M. SAMBE, Valorisation par compostage des déchets solides fermentescibles collectés à l'Ecole Supérieure Polytechnique de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar: Etude de l'effet phytotoxique sur des plants de maïs et d'arachide, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13 (3) (June 2019) 1693 - 1704, ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)