



Available online at <http://www.ifgdg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 17(7): 2998-3007, December 2023

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

International Journal  
of Biological and  
Chemical Sciences

**Original Paper**

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

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

## Caractérisation physico-chimique des composts élaborés à base des fientes de volaille et des déchets phosphatés du Togo

Ablam Lazare AFANOU\*, Magnoudéwa Bassaï BODJONA, Ida DIRIBISSAKOU,  
Ayi Kévin AJAVON, Komlavi Hubert EDOH et Gado TCHANGBEDJI

*Laboratoire GTVD (Gestion, Traitement et Valorisation des Déchets), Faculté Des Sciences, Université de Lomé, BP : 1515, Lomé, Togo.*

*\*Auteur correspondant ; E-mail : [ablamlazare@gmail.com](mailto:ablamlazare@gmail.com); Tel : (00228) 90633430.*

Received: 20-08-2023

Accepted: 24-11-2023

Published: 31-12-2023

### RESUME

Le traitement des phosphates naturels du Togo génère des déchets phosphatés (les refus de crible et la boue phosphatée) qui causent d'énormes problèmes environnementaux immédiats. L'objectif de ce travail était de valoriser ces déchets avec les fientes de volaille en compost. Quatre composts ont été élaborés : le compost A constitué de 66,7% de fientes de volaille et 33,3% de boue phosphatée ; le compost B constitué de 66,7% de fientes de volaille et 33,3% de refus de crible ; le compost C constitué de 66,7% de fientes de volailles, 16,7% de boue phosphatée et 16,7% de refus de crible puis le compost D constitué de 100% de fientes de volaille. Tous les composts ont présenté une température supérieure ou égale à 60°C pendant le processus de maturation. Le compost D seul a présenté un rapport C/N >10. Les teneurs en CaO dans les composts variaient de 55,30 à 73,16 mg/gMS et celles en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> variaient de 34,40 à 140 mg/gMS. Les teneurs en Na<sub>2</sub>O et en K<sub>2</sub>O variaient respectivement de 15,13 à 24,01 mg/gMS et 12,60 à 36,80 mg/gMS. Tous les composts produits étaient riches en nutriments et pouvaient être utilisés pour restaurer les sols.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés** : Compost, boue phosphatée, refus de crible, rapport C/N, éléments fertilisants.

## Physico-chemical characterization of composts made from poultry droppings and phosphate wastes from Togo

### ABSTRACT

The processing of natural phosphates in Togo generates phosphate wastes (sieve residues and phosphate mud) which cause many immediate environmental problems. The objective of this research work was to recover these wastes with poultry droppings in compost. Four composts have been elaborated: compost A made up of 66.7% poultry droppings and 33.3% phosphate mud; compost B made up of 66.7% poultry droppings and 33.3% sieve residue; compost C made up of 66.7% poultry droppings, 16.7% phosphate mud and 16.7% sieve residue and compost D made up of 100% poultry droppings. All the composts presented a temperature greater than or

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i7.30>

9494-IJBACS

equal to 60°C during the maturation process. Compost D alone had a C/N ratio of >10. The CaO contents in the composts varied from 55.30 to 73.16 mg/gMS and those of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> varied from 34.40 to 140 mg/gMS. The Na<sub>2</sub>O and K<sub>2</sub>O contents varied respectively from 15.13 to 24.01 mg/gMS and 12.60 to 36.80mg/gMS. All the composts produced were rich in nutrients and could be used to refurbish soils.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Compost, phosphate mud, sieve residue, C/N ratio, nutrients.

## INTRODUCTION

Le phosphate est un minerai utilisé dans les industries pour la production des engrais chimiques. C'est une combinaison d'atomes de phosphore et d'oxygène et qui existe en abondance dans différentes régions du globe (Boughzala et al., 2015). Le Togo dispose ce minerai dans son sous-sol qu'il exploite pour contribuer au développement de son économie. Lors de son traitement pour avoir le phosphate marchand, il se crée des déchets phosphatés notamment les refus de crible et la boue phosphatée. Cependant les refus de crible sont entassés sur le site de lavage alors que la boue phosphatée est déversée dans l'eau de mer. Cette manière de gérer ces déchets, surtout la boue phosphatée a fait l'objet d'une étude comparée menée par Bodjok (2003) sur deux (2) échantillons d'eaux de mer (prélevées respectivement à 400 m de la côte et sur la côte au lieu du rejet à Goumoukopé). Il en sortait de cette étude que l'eau de mer normale qui était basique (pH = 8,7) est devenue légèrement acide (pH = 6,5) à cause de la pollution, la turbidité passait de 14,2 NTU pour l'eau non polluée à 60.000 NTU pour l'eau polluée. Par ailleurs, une étude caractéristique de ces déchets phosphatés menée par Koriko et al. (2021) a montré que la boue phosphatée et les refus de crible contiennent respectivement jusqu'à 14,2% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 20% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Au regard de ce taux élevé du phosphore dans ces déchets, leur valorisation locale en agriculture est nécessaire car certaines recherches (ITRA, 2019a, 2019b) ont montré que les sols agricoles du Togo sont très déficients en phosphore. En effet la technique du compostage est la voie la plus simple de valorisation des déchets et qui offre non seulement l'avantage d'apporter du phosphore assimilable aux plantes mais aussi constitue une source importante de matière organique pour le sol (Ablede et al., 2020). Pour cela, le

présent travail s'est fixé pour objectif de contribuer à la valorisation de ces déchets avec les fientes de volailles en compost.

## MATERIEL ET METHODES

### Site d'étude

L'étude a été conduite d'avril à août 2022 sur la plateforme de valorisation agronomique des sous-produits avicoles du Centre d'Excellence Régional sur les Sciences Aviaires (CERSA) de l'Université de Lomé (Togo). Les coordonnées géographiques d'un point de cette plateforme sont : 6°10'27" de latitude Nord et 1°12'36" de longitude Est avec une altitude de -2 m.

### Matériel

#### *Matières premières de compostage*

Les matières premières utilisées pour monter les andains étaient :

- Les déchets phosphatés qui proviennent du site de lavage des phosphates naturels du Togo à Kpémé situé à 40 km à l'Est de Lomé.
- Les fientes de volaille qui proviennent des poulaillers du CERSA de l'Université de Lomé.

#### *Matériel utilisé*

Pour monter les andains, le matériel suivant est nécessaire : Une pelle, un arrosoir, la houe, les bâches, les gants, les bottes, une balance pont bascule, un thermomètre à sonde.

#### **Préparation des matières premières et leur mise en andain**

Pour éviter trop de lacune dans les andains, les matières premières (déchets phosphatés et fientes de volailles) ont été broyées à une granulométrie inférieure à 8 mm. Avant la mise en andain, les teneurs en éléments fertilisants (P, Ca, Mg, Na, K) des matières premières ont été déterminées. Le carbone organique total (COT), l'azote total

kjeldhal (NTK) et le rapport C/N sont déterminés également pour les fientes de volailles. Quatre (4) andains (A, B, C, D) pesant chacun 255 kg sont lancés le même jour et leurs proportions en substrat sont indiquées dans le Tableau 1. La Figure 1 montre la photo de quelques andains en évolution et couverts avec des sachets.

### Arrosage et retournement des andains

Pour moduler le taux d'humidité et garder ainsi le compost ni trop sec, ni trop humide, chaque andain a été régulièrement humidifié (Dieng et al., 2019; Lo et al., 2019; Nangué et al., 2012). Au premier jour, les andains A, B et C ont été arrosés avec 180 litres d'eau chacun et l'andain D avec 120 litres d'eau. Après 3 semaines de compostage, les andains A, B et C ont été arrosés avec 80 litres d'eau chacun et l'andain D avec 50 litres d'eau. Pour l'aération, chaque andain est retourné au 7<sup>ième</sup>, 14<sup>ième</sup>, 20<sup>ième</sup>, 27<sup>ième</sup>, 36<sup>ième</sup>, 45<sup>ième</sup>, 55<sup>ième</sup>, 65<sup>ième</sup>, 75<sup>ième</sup>, 85<sup>ième</sup>, 95<sup>ième</sup> et 105<sup>ième</sup> jour du compostage.

### Paramètres de suivi du processus

Un certain nombre de paramètres ont été suivis lors du processus du compostage à savoir : la température, le pH, la matière organique (MO). Du 1<sup>er</sup> au 120<sup>ième</sup> jour du compostage, la température de chaque andain est prise tous les 2 jours à l'aide d'un thermomètre à sonde de type «TP 300» ; le pH est déterminé toutes les 2 semaines à l'aide d'un pH-mètre à électrode en verre de marque « HANNA instrument », la matière organique (MO) est aussi déterminée toutes les 2 semaines par calcination avec un four de marque SNOL.

### Protocole des analyses physiques et chimiques

Les températures des andains étaient obtenues par la moyenne arithmétique de 5

mesures effectuées de chaque côté des andains à des profondeurs variables. La matière organique était déterminée par perte au feu sur les andains en utilisant la norme NF U 44-160. Le pH était effectué sur des suspensions aqueuses suivant la norme AFNOR NF ISO 10-390 de novembre 1994. L'azote (NTK), somme de l'azote ammoniacal et de l'azote organique fut déterminé par la norme AFNOR ISO 11261 de Juin 1995 et selon Bieckre et al. (2018). Le phosphore total est déterminé en deux étapes suivant la méthode de Bustamante et al. (2008) selon laquelle : 10 g d'échantillon étaient digérés en milieu acide (transformation de tout le phosphore en orthophosphate) suivi du dosage spectroscopique des ions orthophosphates à 660 nm. Le carbone organique total, COT fut déterminé suivant la méthode de Walkley et Black (1934). Le rapport C/N fut calculé à partir des valeurs de COT mesurées par oxydation et de la quantité d'azote (N) mesurée par la méthode Kjeldahl. Les teneurs en éléments fertilisants (Ca, Mg, Na, K) ont été déterminées à l'aide de la spectrométrie d'absorption atomique (SAA) après la minéralisation des échantillons à l'eau régale suivant la méthode normée NF ISO 11466.

### Traitement statistique des résultats

Les paramètres statistiques ont permis l'exploitation des résultats. Pour apprécier la distribution et les écarts sur les valeurs obtenues à partir des différents protocoles utilisés, une moyenne  $\bar{X}$  et un écart type ( $\sigma$ ) étaient déterminés pour chaque mesure (Formules 1 et 2).

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \times X_i \text{ (Formule 1) ;}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} \text{ (Formule 2)}$$

$\bar{X}$  = moyenne arithmétique ;  $X_i$  = la mesure  $i$  ;  $n$  le nombre de mesures

**Tableau 1** : Composition en substrat des différents andains.

Andain	Fientes de volailles (FV)		Boue phosphatée (BP)		Refus de crible (RC)	
	m (kg)	P (%)	m (kg)	P (%)	m (kg)	P (%)
A	170	66,7	85	33,3	0	0
B	170	66,7	0	0	85	33,3
C	170	66,7	42,5	16,7	42,5	16,7
D	255	100	0	0	0	0



**Figure 1** : Photo de quelques andains en évolution.

## RESULTATS

### Matières premières de compostage

Le pourcentage en phosphore total (PT) exprimé et en %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et les teneurs en : calcium (CaO) ; magnésium (MgO) ; sodium (Na<sub>2</sub>O) et potassium (K<sub>2</sub>O) exprimées en mg/g de matière sèche (mg/gMS) des matières premières sont répertoriées dans le Tableau 2. L'analyse de ce tableau a montré que les plus fortes teneurs en ces éléments (PT ; CaO ; MgO ; Na<sub>2</sub>O et K<sub>2</sub>O) qui étaient respectivement : 13,1%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ; 416,75 mg/gMS ; 6,13 mg/gMS ; 7,41 mg/gMS et 6,65 mg/gMS se sont retrouvées essentiellement dans les déchets phosphatés (boue phosphatée et refus de crible). Les pourcentages en COT, en MO, en NTK et le rapport C/N des fientes de volailles sont répertoriés dans le Tableau 3.

### Suivi du processus

L'évolution de la température en fonction du temps lors du processus du compostage est mentionnée sur la Figure 2. Au premier jour de compostage les températures des 4 composts A, B, C et D étaient respectivement égales à : 31,96°C, 32,44°C, 32,6°C et 34,2°C. Du 1<sup>er</sup> au 14<sup>ième</sup> jour de compostage, les températures de tous les composts en cours de maturation ont atteint leur valeur maximale. Cette température était de : 60,7°C pour le compost A, 60°C pour le compost B, 60,2°C pour le compost C et 64°C pour le compost D. Ces températures ont commencé par diminuer et sont pratiquement

constantes à partir du 80<sup>ième</sup> jour jusqu'à la fin du processus.

L'évolution de la matière organique des andains en fonction du temps est montrée sur la Figure 3. L'analyse de cette figure a révélé qu'au premier jour de compostage, les matières organiques des composts A, B, C et D étaient respectivement égales à : 54,2%MS ; 54,9%MS, 53,52%MS et 62,3%MS. Du 1<sup>er</sup> aux environs du 80<sup>ième</sup> jour de compostage, ces matières ont considérablement diminué. Au 80<sup>ième</sup> jour de compostage, les pourcentages en matière organique (%MO) des composts A, B, C et D étaient respectivement 20,98%MS, 19,25%MS, 18,09%MS et 40,55%MS. Du 80<sup>ième</sup> jour jusqu'à la fin du processus, ce paramètre était quasiment constant pour tous les composts.

Sur la Figure 4 est montrée l'évolution du pH en fonction du temps au cours du compostage. Au premier jour de compostage le pH des composts était compris entre 6,1 et 6,7 pour tous les tas. Il était de 6,2 pour le compost A ; 6,5 pour le compost B ; 6,7 pour le compost C et 6,1 pour le compost D. En suite le pH a augmenté en cours du compostage et atteint une valeur comprise entre 8 et 9 pour tous les composts en fin de processus.

### Les composts finaux

Le Tableau 4 a montré les caractéristiques chimiques des composts produits. Le pH était basique pour tous les composts (compris entre 8,2 et 9,7). Le %COT

des 4 composts était compris entre 10,44 et 22,92. Le plus grand pourcentage de COT (22,92%COT) est détecté dans CD. Les 4 composts (A, B, C et D) avaient une teneur en azote comprise entre 1,22%N et 2,02%N. Le plus grand pourcentage d'azote est analysé dans le compost D. Le rapport C/N des composts était compris entre 7,2 et 11,34.

Cependant, le compost D présentait le rapport C/N le plus élevé (11,34).

**Eléments fertilisants**

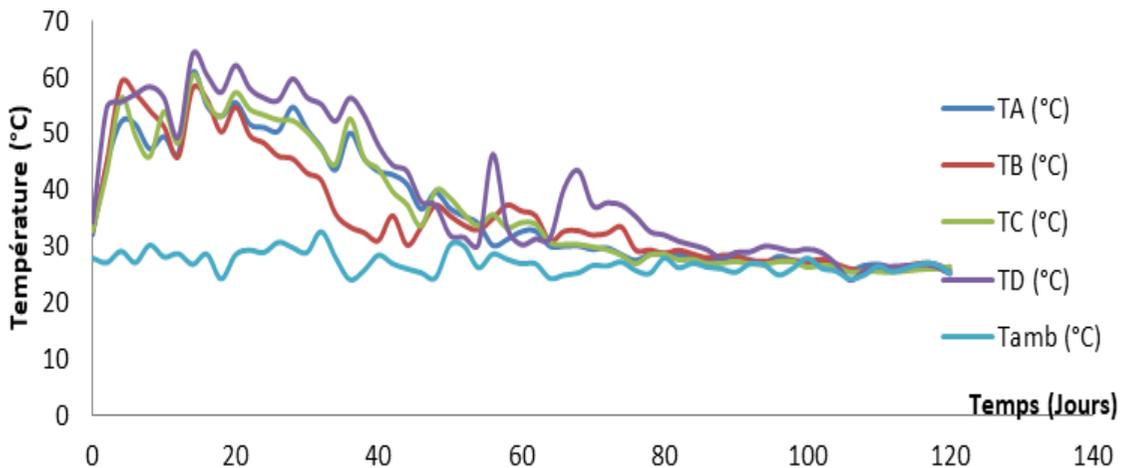
Les teneurs en éléments fertilisants des composts dépendent des matières premières de base. Les teneurs en éléments fertilisants (CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O et P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) des composts produits sont consignés dans le Tableau 5.

**Tableau 2 :** Les éléments fertilisants (PT, CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O et K<sub>2</sub>O) des matières premières.

Matière première	PT en %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO (mg/g)	MgO (mg/g)	Na <sub>2</sub> O (mg/g)	K <sub>2</sub> O (mg/g)
Fientes de volailles	1,1±0,1	57,57±1,53	4,93±0,38	5,86±0,42	4,22±0,48
Boue phosphatée	11,3±0,3	312,06±1,17	6,13±0,37	7,41±0,10	6,65±0,52
Refus de crible	13,1±0,4	416,75±1,67	5,39±0,55	4,09±0,18	3,66±0,28

**Tableau 3 :** Pourcentage en COT, MO, N et le rapport C/N des fientes de volailles.

%COT	%MO	%N	C/N
35,6 ± 1,77	61,37 ± 1,05	2,45 ± 0,15	14,53



**Figure 2 :** Evolution de la température en fonction du temps au cours du compostage.

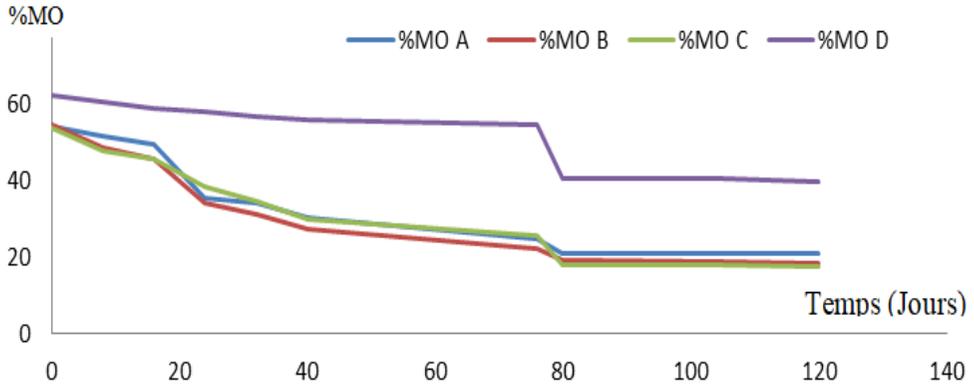


Figure 3 : Evolution de la matière organique en fonction du temps.

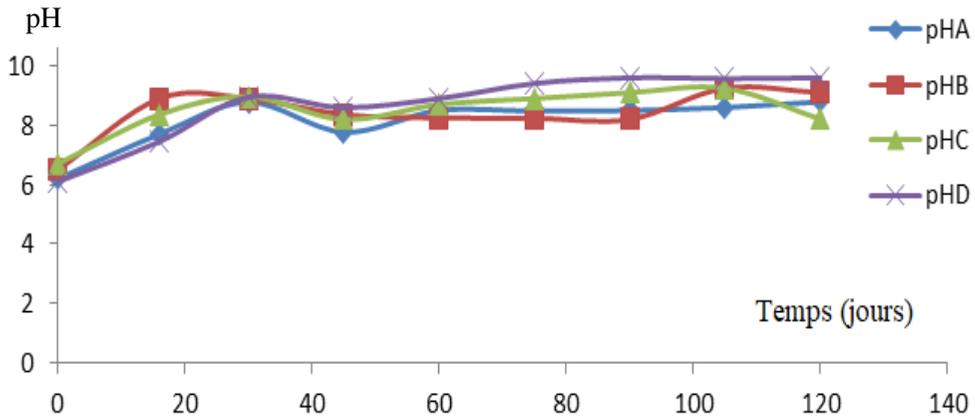


Figure 4 : Evolution du pH en fonction du temps.

Tableau 4 : Caractéristiques chimiques des différents composts produits.

Compost	A	B	C	D	Séma et al. (2018)
pH (u pH)	8,80 ± 0,6	9,1 ± 0,4	8,2 ± 0,4	9,7 ± 0,8	9,3±0,3
%COT	12,07±0,67	11,02±0,70	10,44±0,60	22,92±1,20	11±1
%N-NTK	1,22±0,22	1,27±0,09	1,45±0,07	2,02±0,45	0,7±0,1
C/N	9,89	8,68	7,20	11,34	16

Tableau 5 : Teneurs en éléments fertilisants des composts.

Compost	A	B	C	D	(Tahraoui Douma, 2013)
CaO(mg/gMS)	71,57±1,05	73,16±1,02	70,62 ± 1,08	55,30±1,95	15,27
MgO(mg/gMS)	13,20±1,22	15,16 ± 1,22	15,13 ± 1,22	16,55±1,09	4,00
Na <sub>2</sub> O(mg/gMS)	24,01±1,20	15,13 ± 1,22	19,00 ± 1,30	19,08±1,10	7,66
K <sub>2</sub> O (mg/gMS)	15,10±0,51	12,60 ± 1,18	16,30 ± 1,11	36,80±1,18	9,64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/gMS)	74,20±1,80	140,70 ± 1,45	91,5±1,59	34,40±0,84	8,61

## DISCUSSION

La production de la chaleur dans les quatre tas a fait que la température a commencé par s'augmenter dès le 2<sup>ème</sup> jour de compostage. Cependant, au cours du compostage, les composés organiques sont dégradés par les microorganismes suivant le phénomène de fermentation. Pour Bieckre et al. (2018), une forte production de chaleur et de gaz carbonique accompagne ce mécanisme biochimique. Les travaux de Inckel et al. (2005) ont indiqué que cette production de chaleur est due à l'action de certains microorganismes dans le processus de compostage. L'augmentation de la température pendant les 14 premiers jours de compostage pour les composts A, B, C, D respectivement de 31,96°C à 60,7°C ; 32,44°C à 60°C ; 32,6°C à 60,2°C et 34,2°C à 64°C pourrait s'expliquer par un apport des décomposeurs thermophiles par les fientes de volaille présentes dans les tas. Leclerc en 2000 avait rapporté que les fumiers de volailles mis simplement en tas dégagent de la chaleur. Dans le processus de compostage, au total quatre (4) phases ont été distinguées à savoir : la phase mésophile qui correspond à une montée de la température, la phase d'échauffement ou phase thermophile, la phase de refroidissement, et la phase de maturation ou phase de stabilisation de la température. Pour tous les tas, la phase mésophile a commencé dès le deuxième jour du compostage et se poursuit jusqu'aux environs du 14<sup>ème</sup> jour. Ceci est dû à la présence des matières organiques facilement biodégradables (bactéries et champignons) entraînant une forte activité microbienne qui est à l'origine de la production d'une forte chaleur et une montée rapide de la température au cœur du compost (Francou, 2003). Du 14<sup>ème</sup> jour aux environs du 30<sup>ème</sup> jour de compostage, tous les tas ont atteint leur température maximale qui étaient comprises entre 60°C et 64°C. Cette phase est appelée phase thermophile car seuls les microorganismes thermorésistants (essentiellement les bactéries) peuvent survivre à ces températures. Dans cette phase, une part importante de matière organique est perdue sous forme de CO<sub>2</sub>, et un assèchement du compost lié à l'évaporation de l'eau est

observé. Après la phase thermophile, la diminution sensible de la température jusqu'aux environs du 80<sup>ème</sup> jour de compostage est appelée phase de refroidissement. Cette diminution de température était due à la diminution de la quantité de matières organiques facilement dégradables qui fut à l'origine de la baisse de l'activité microbienne. Au cours de cette phase, les microorganismes mésophiles colonisent à nouveau le compost (Francou, 2003). Du 80<sup>ème</sup> jour jusqu'à la fin du processus c'est-à-dire jusqu'au 120<sup>ème</sup> jour, la température de tous les tas était quasiment constante : cette phase est appelée la phase de maturation. Dans la phase de maturation, le processus d'humification prédomine dans tous les tas ainsi que la dégradation lente des composés résistants. Des phases similaires ont été rapportées par Bieckre et al. (2018) pour les composts à base de fumiers de poulet.

La diminution de la matière organique de tous les tas dans les 80 premiers jours de compostage pourrait s'expliquer par la dégradation des matières organiques facilement dégradables. Cette diminution est rapportée à la minéralisation de la matière organique par les microorganismes (Grigatti et al., 2004; Laos et al., 2002). La stabilité de la matière organique à partir du 80<sup>ème</sup> jour indiquait le ralentissement de la minéralisation et le début de la phase de maturation.

La légère acidité constatée en début du compostage pour tous les composts est attribuée à la formation des acides organiques pendant la décomposition de substrats organiques et la volatilisation de l'ammoniac initial dans le processus d'ammonification qui suit la dégradation des acides organiques (Mustin, 1997). Par la suite l'augmentation du pH est liée à la disparition des matières organiques facilement biodégradables et à la minéralisation (McKinley et Vestal, 1985). Le pH dans les composts subit des fluctuations. Ces effets sont liés au retournement des andains lors du processus. Les effets similaires sont rapportés par Tahraoui Douma (2013).

Un pH basique en fin de compostage constituerait un indicateur de bon déroulement du processus de compostage alors qu'un pH

acide est lié à la présence des acides acétique et lactique dans les tas (Beck-Friis et al. 2001). Un pH compris entre 8 et 9 dans les composts finaux est rapporté aux ions  $\text{NH}_4^+$  libérés dans ceux-ci (Tang et al., 2004). Nos résultats ont corroboré ceux de Albrecht (2007) qui a trouvé un pH compris entre 7 et 9 pour les composts matures issus des boues de station d'épuration et des déchets verts.

Les rapports C/N des différents composts étaient faibles (variaient de 7,2 à 11,34) comparativement à celui obtenu par Sema et al. (2021) et qui est :  $\text{C/N} = 16$  pour les composts à base des déchets ménagers des quartiers de Lomé. Cette différence était due à la différence qui existait entre les matières premières de base. Pour Huang et al. (2006), plus le rapport C/N est faible, plus la minéralisation de l'azote est rapide. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Bieckre et al. (2018) et qui varient entre 7,91 et 12,64. Pour Charnay (2005), un rapport C/N compris entre 10 et 15 caractérise un compost mature.

La présence d'éléments fertilisants (Ca, Mg, K, Na) dans les composts était un avantage pour l'amendement des sols. Les composts produits étaient plus riches en éléments fertilisants que ceux de Tahraoui Douma (2013). Ceci serait dû aux matières premières utilisées pour le compostage.

### Conclusion

Le compostage en andain des fientes de volaille et des déchets phosphatés a permis d'obtenir des composts riches en matières minérales et organiques. Tous les composts (A, B, C et D) élaborés étaient plus riches en éléments fertilisants ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  et  $\text{Na}_2\text{O}$ ) en comparaison avec les résultats de la littérature. La valorisation en compost des déchets phosphatés qui sont rejetés dans la mer ou entassés sur le site de lavage des phosphates naturels serait une victoire dans la protection de l'environnement. Cependant, pour prouver l'efficacité des composts élaborés, un essai agronomique s'avère nécessaire.

### CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Tous les auteurs ont contribué à la réalisation de ce travail et à la rédaction du manuscrit.

### REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le laboratoire de Gestion, Traitement et Valorisation des Déchets (GTVD) du département de chimie de l'Université de Lomé (Togo) et le laboratoire Sols-Eaux-Végétaux-Engrais (SEVE) de l'Institut Togolais de Recherche Agronomique (ITRA) du Togo pour leurs contributions dans la réalisation des analyses des différents paramètres physico-chimiques des composts.

### REFERENCES

- Ablede K A, Koudjega K, Ganyo K, Kpemoua EK, Lombo Y. 2020. Solubilisation des phosphates naturels par compostage à base des déchets animaux pour leur utilisation efficiente en agriculture. Fiche Togolaise des Sciences Techniques et Innovations (FTSTI), p.11.
- Albrecht R. 2007. Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : Nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique. Sciences de la Terre. Thèse de doctorat Unique, Université de droit, d'économie et des sciences - Aix-Marseille III, 2007. Français. p.190.
- Beck-Friis B, Smars S, Jonsson H, Kirchmann H. 2001. SE-Structures and Environment: Gaseous emissions of carbon dioxide, ammonia and nitrous oxide from organic household waste in a compost reactor under different temperature regimes. *Journal of Agricultural Engineering Research*, **78** : 423-430. DOI: <https://doi.org/10.1006/jaer.2000.0662>.
- Bieckre AHT, Tié BT, Dogbo DO. 2018. Caractéristiques physico-chimiques des

- composts à base de sous-produits de ferme de Songon en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **12**(1): 596-609. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1.45>.
- Bodjok K. 2003. Etude chimique de l'impact sur l'environnement du rejet dans la mer des effluents du traitement des phosphates de Hahotoé-Kpogamé (Togo). Mémoire d'Ingénieur des Travaux en GEE /ESTBA, Université de Lomé, Togo, P. 6-30.
- Boughzala K, Jaouadi A, Fattah N. 2015. Traitement et valorisation des rejets de phosphates de Gafsa. *Revue Science des Matériaux (Laboratoire LARHISS)*, **4** : 2352-9954. <https://www.univ-biskra.dz/revues/index.php/sdm/article/view/1261>.
- Bustamante MA, Paredes C, Marhuenda-Egea FC, Perez-Espinosa A, Bernal MP. 2008. Co-composting of distillery wastes with animal manures : Carbon and nitrogen transformations in the evaluation of compost stability. *Chemosphere.*, **72**(4): 551-557. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2008.03.030.
- Charnay F. 2005. Compostage des déchets urbains dans les Pays en Développement : Élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de doctorat Université de Limoges, p.277.
- Dieng M, Diedhiou A, Sambe F. 2019. 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**(6) : 2914-2929. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i6.3>.
- Franco C. 2003. Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage-Recherche d'indicateurs pertinents. Thèse de Doctorat Unique, Institut National Agronomique Paris-Grignon, p.292.
- Grigatti M, Ciavatta C, Gessa C. 2004. Evolution of organic matter from sewage sludge and garden trimming during composting. *Bioresource Technology*, **91**(2): 163-169. DOI: 10.1016/S0960-8524(03)00170-6.
- Huang GF, Wu QT, Wong JWC, Nagar BB. 2006. Transformation of organic matter during co-composting of pig manure with sawdust. *Bioresource Technology*, **97** : 1834-1842. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.08.024>.
- Inckel M, Peter D, Tersmette T, Veldkamp T. 2005. La fabrication et l'utilisation du compost. *Agrodok*, **8** : 73.
- ITRA. 2019a. Carte de fertilité des sols agricoles et recommandations en unités fertilisantes des principales cultures : Cas de la région des savanes. Institut Togolais de Recherche agronomique. Rapport d'études, Lomé, Togo, p.20.
- ITRA. 2019b. Carte de fertilité des sols agricoles et recommandations en unités fertilisantes des principales cultures : Cas de la région de la Kara. Institut Togolais de Recherche agronomique. Rapport d'études, Lomé, Togo, p.21.
- Koriko M, Zounon D, Tcheguèni S, Bafai DD, Degbe, KA, Fiatty K, Drogui P, Tchangbedji G. 2021. Physicochemical and Mineralogical Characterizations of Wastes Coming from Phosphate Ore Processing of Hahotoe and Kpogame Mines. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, **9**(4): 390-405. DOI: <https://doi.org/10.4236/jmmce.2021.94027>.
- Laos F, Mazzarino MJ, Walter I, Roselli L, Satti P, Moyano S. 2002. Composting of fish offal and biosolids in northwestern Patagonia. *Bioresource Technology*, **81**(3): 179-186. DOI: 10.1016/S0960-8524(01)00150-X.

- Leclerc B. 2000. Le compostage en agriculture biologique. *Echo Mo*, **22** : 3.
- Lo M, Sonko E, Dieng D, Ndiaye S, Diop C, Seck A, Gueye A. 2019. Co-compostage de boues de vidange domestiques avec des déchets maraîchers et des déchets de poissons à Dakar (Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(6): 1991-8631. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i6.38>
- McKinley VL, Vestal JR. 1985. Biokinetic analyses of adaptation and succession: Microbial activity in composting municipal sewage sludge. *Appl. Environ. Microbiol.*, **47**: 933-941. DOI: <https://doi.org/10.1139/m85-172>.
- Mustin M. 1997. *Le Compost: Gestion de la Matière Organique*. Ed François Dubusc; p.954.
- Ngangué NM, Naquin P, Ngnikam E. 2012. Compostage des déchets ménagers dans les pays en développement: Modalités de mise en place et de suivi d'installations décentralisées pérennes. Centre Francophone de Recherche Partenariale sur l'Assainissement, les Déchets et l'Environnement, p.57.
- Sema AIM, Kolédzi EK, Krou NM, Tcha-Thom M. 2021. Etude comparée de la ventilation naturelle et automatique à l'aide de tuyaux perforés et du procédé classique de retournements des andains en compostage. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **15**(1): 354-366. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i1.30>.
- Tahraoui Douma N. 2013. Valorisation par compostage des résidus solides urbains de la commune de Chlef, Algérie. Thèse de Doctorat Unique, Université de Limoges en co-tutelle avec l'Université de Blida, p.244.
- Tang JC, Kanamori T, Inoue Y, Yasuta T, Yoshida S, Katayama A. 2004. Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by the quinone profile method. *Process Biochemistry*, **39** : 1999-2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2003.09.029>.
- Walkley A, Black JA. 1934. An examination of the Detjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromatic acid titration method. *Soil Science*, **37**(1) : 29-38. DOI: <http://dx.org/10.1097/00010694-193401000-00003>.